

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Proyecto de Graduación

Sistema hidropónico en seco
para pequeñas o medianas producciones

Para optar por el título de Ingeniero en Diseño Industrial
con el grado académico de Bachillerato

Fanny Calvo Calderón (200511015)
Ana Lucía Guzmán Sancho (200255856)

Cartago Junio, 2010

“El progreso consiste en el cambio”
Miguel Unamuno

Indice de contenido

Capítulo 1 Planteamiento del proyecto

Realidad nacional _____	3
Problemática _____	4
Justificación _____	5
Planteamiento de necesidad _____	6
Síntesis _____	7
Problema y objetivos _____	8
Definición del proyecto _____	
-Árbol de problemas _____	9
-Árbol de objetivos _____	10
-Análisis de involucrados _____	11
-Soporte lógico _____	12
-Estrategias _____	13
-Cronograma _____	14
-Metodología de cada fase _____	15

Capítulo 2 Análisis general

Sobre la técnica _____	17
-¿Qué es hidroponía en seco? _____	18
-Características del cultivo _____	19
-Características de sustratos _____	20
-Clima en Costa Rica _____	21
-Necesidades de los cultivos _____	22
-Principios físicos involucrados _____	22
Antecedentes _____	23
-Determinación de sectores involucrados _____	24
-Análisis de involucrados _____	25
-Perfil del hidrocultor _____	26
-Características de los hoteles _____	27
-Relacion hoteles - hidroponía _____	28
Análisis de lo existente _____	29
-Análisis de patentes _____	30
-Análisis de sistemas nacionales _____	32
-Análisis de sistemas internacionales _____	35
-Características de los invernaderos _____	36
Análisis perceptual _____	37
-Categorías semánticas _____	37
-Formal – cromático _____	37
Análisis ergonómico _____	38
Análisis tecnológico _____	39

Capítulo 3 Conceptualización y propuestas

Funciones del sistema _____	42
Requisitos y requerimientos _____	43
Arbol de conceptos _____	44
Exploracion de posibles soluciones _____	45
Propuestas _____	46
Pruebas experimentales _____	55
Evaluacion de propuestas _____	56
Selecion de propuesta _____	57

Capítulo 4 Propuesta final

Evolucion de propuesta _____	59
Descripcion general _____	61
Funcionalidad del sistema _____	61
Agregacion de modulos _____	66
Sistema de riego _____	67
Pasos de armado _____	68
Interaccion con usuario hidrocultor _____	69
Estabilidad del sistema _____	70
Aspectos perceptuales _____	71
Entorno de uso _____	71
Costos _____	72
Gradientes de mejoramiento _____	73
Aportes del proyecto _____	75
Conclusiones y recomendaciones _____	76
Bibliografia _____	77
Anexos _____	78

Indice de figuras

Fig. 1: Prevalencia de obesidad	3
Fig. 2: Consumo de agroquímicos en C.R.	3
Fig. 3: Grupos más afectados por uso de plaguicidas	3
Fig. 4: Factores de calidad	5
Fig. 5: Árbol de problemas	9
Fig. 6: Árbol de objetivos	10
Fig. 7: Grafico de involucrados	11
Fig. 8: Grafico soporte lógico	12
Fig. 9: Mapa regiones de Costa Rica	21
Fig. 10: Mapa hoteles sostenibles por zona en Costa Rica	27
Fig. 11: Grafico ubicación de los hoteles en el país	28
Fig. 12: Grafico interés en implementar el sistema	28
Fig. 13: Categorías semánticas	37

Indice de tablas

Tabla1: Sinless de logistica	7
Tabla2: Estrategias del proyecto	13
Tabla3: ¿Por qué hidroponía en seco?	18
Tabla4: Producción de legumbres hidropónicas en seco	18
Tabla5: Productividad en cultivos hidropónicos (ton/año)	18
Tabla6: Hortalizas más frecuentes en hidroponía	19
Tabla7: Hortalizas más frecuentes en hidroponía	20
Tabla8: Variaciones del clima según la zona y la estación	21
Tabla 9: Análisis de involucrados	25
Tabla10: Distribución de nutrientes por semana	26
Tabla 11: Demanda acorde a un sondeo	27
Tabla 12: Características de materiales	39

Realidad nacional

A continuación se presentan datos sobre el deterioro ambiental, la problemática en el marco de salud pública y la situación actual de la hidroponía en el país.

Deterioro ambiental por técnica hortícola tradicional

Terreno disponible En Costa Rica se pierden 860 millones de toneladas de suelo valioso por año debido a la erosión causada por la deforestación principalmente para la implementación de urbanizaciones y complejos turísticos en zonas verdes no protegidas. Fuente: página Mongabay.com (marzo 2004).

Consumo y calidad del agua El sector agrícola es el mayor extractor de agua con un 28.3% del total de oferta de agua superficial (proviene de los ríos Tárcoles, Reventazón, Tempisque, Térraba, Sarapiquí, y el Río San Carlos). El 96% de las aguas residuales urbanas recolectadas por los alcantarillados sanitarios desemboca en los ríos, sin ningún tratamiento, de ellas, un 70% de las aguas residuales sin tratar se descargan en los ríos Virillas y Reventazón.

Agroquímicos El informe de 2005 de la Contraloría General de la República indica que en los últimos 10 años ha habido un aumento del uso de plaguicidas agrícolas importados de toxicidades agudas y probables cancerígenos. El informe también señala limitaciones de políticas, normatividad para controlar y disminuir el uso de estas sustancias, garantizar su calidad y reducir los riesgos asociados con la salud y el ambiente. Hoy día en Costa Rica se tiene el más alto consumo de agroquímicos de la región Centroamericana, y este insumo afecta los suelos, el ambiente, y se filtra hasta generar daño en los mantos acuíferos.

Salud pública en el país

La última Encuesta Nacional de Nutrición 2008-2009, elaborada por el Ministerio de Salud determinó que un 60% de los costarricenses adultos sufren de sobrepeso, y existe un incremento de la obesidad en los niños, hoy, dos de cada diez menores tienen sobrepeso, entre los 5 y los 12 años. Y solo el 6% de los niños está por debajo del peso recomendado.

Las intoxicaciones de agricultores por el uso excesivo de plaguicidas continúa siendo un importante problema de salud pública en las zonas de alta explotación agrícola. Costa Rica forma parte de los países con mayor uso de plaguicidas en el mundo (2kg/persona/año).

Hidroponía en Costa Rica

La hidroponía en Costa Rica se viene dando desde hace 10 años, cuando el INA inicia la enseñanza de la técnica en el país, sin embargo los sistemas que existen en el mercado son altamente tecnificados y excesivamente costosos, ó elaborados empíricamente de materiales reutilizados (madera y plástico) pero con poca durabilidad, demandan mucho tiempo por su poca eficiencia, no se adaptan al cultivo y están expuestos a cambios climáticos, al sol y la lluvia.

Fig1: Prevalencia de obesidad

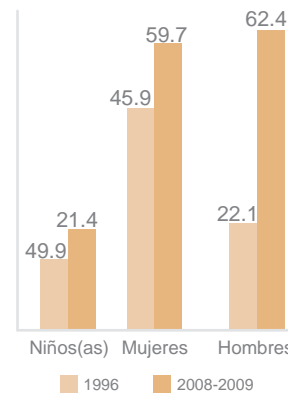
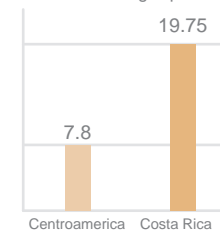


Fig2: Consumo de agroquímicos en C.R.

Desde 1992 Costa Rica es el país de América Latina con mayor consumo de plaguicidas, por hectárea y por trabajador.

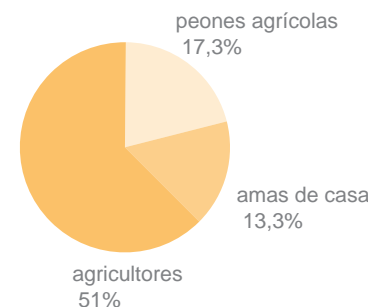
En 2008 se estimó que el consumo de plaguicida era de 2.5 kg de ingrediente activo por costarricense.

Consumo de agroquímicos en el 2000



Fuente: www.progai.ucr.ac.cr

Fig3: Grupos más afectados por uso de plaguicidas



Enfermedades provocadas por agroquímicos

- Anemia
- Alergias
- Esterilización
- Cáncer de piel
- Cáncer de cerviz
- Cáncer de pene
- Cáncer de hígado
- Daños en la vista
- Malformaciones de embriones
- Daños en cromosomas
- Deterioro de material genético
- Leucemia: Hasta 200 niños con cáncer cada año; 35% de ellos, leucemia

Problemática que impulsa el proyecto

Las hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecibles porque tienden a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades.

Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto.

Contaminación con pesticidas y productos químicos, infraestructura de almacenamiento inapropiado, transporte no apto, mala planificación de la producción y de la cosecha, es en parte lo que aumenta el deterioro del cultivo.

El transporte tiene grandes implicaciones, sobre todo con medios no aptos y en zonas alejadas ya que el cultivo presenta estrés debido a altas temperaturas, poca ventilación, contenedores inapropiados y sobrecargados, además que agrega un costo del 20% al 30% del costo final.

Además de la pérdida de calidad, los sistemas que existen en el mercado son altamente tecnificados y excesivamente costosos, ó elaborados de materiales reutilizados (madera y plástico) pero con poca durabilidad, fabricados empíricamente por los mismos hidrocultores; demandan mucho tiempo y esfuerzo por su poca eficiencia, no se adaptan a las necesidades del cultivo, están expuestos a cambios climáticos, al sol y la lluvia, y la utilización de espacio y recursos no es la óptima.

Debido a la poca investigación y desarrollo de esta técnica en el país son pocos los sectores de consumo beneficiados, ya que en la actualidad se implementa a muy pequeña escala (consumo doméstico) o a gran escala (por ejemplo proveedores de wallmart).

Justificación

La producción de múltiples cultivos de calidad que permita a pequeños y medianos productores ampliar su mercado, y la diferenciación de sus productos en el mercado es de suma importancia.

En cuanto a mantener los parámetros de calidad se ha considerado necesario establecer centros productivos dentro de las zonas de consumo, esto por que es más factible para el pequeño - mediano productor establecer sus contactos directos sin intermediarios, y disminuir los costos por transporte, así también se asegura un producto fresco y con menos manipulación de agentes externos.

Uno de los interesados en establecer este sistema propuesto es el sector hotelero, según el ICT de aproximadamente 2300 hoteles registrados, existen 98 en el país Certificados para la Sostenibilidad (CST) y buscan una interacción equilibrada de tres factores: la administración apropiada de los recursos naturales y culturales; la mejoría de la calidad de vida de las comunidades vecinas y el éxito económico el cual contribuye a otros programas del desarrollo nacional.

La implementación en hoteles es tomado como plan piloto, ya que nos permite establecer la demanda según la temporada del año y cantidad de personal, tomamos en cuenta aspectos necesarios en cuanto a disponibilidad de recursos, parámetros de calidad, sostenibilidad ambiental y reglamentación del ICT. Eventualmente puede ser aplicado en restaurantes o Instituciones interesadas.

De ahí nuestro interés de desarrollar un sistema de producción hidropónica en seco que ayude a incentivar una producción agrícola regional de las hortalizas de mayor demanda que permita involucrar a poblaciones excluidas en el desarrollo económico de la zona donde viven, esto al brindarle sus productos a hoteles que desean tanto incorporarse al CST como los que desean aumentar de categoría.

Algunos de los retos que se pueden identificar a este nivel del proyecto son: lograr una unidad y mayor eficiencia del sistema, con carácter funcional y estético mejorado.

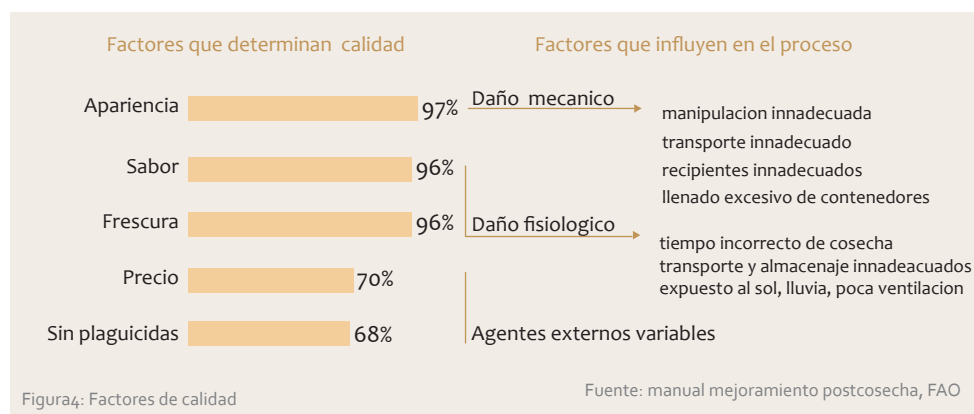


Figura4: Factores de calidad

Fuente: manual mejoramiento postcosecha, FAO

En el mundo...

La hidroponía es el método de producción hortícola más eficiente e intensivo a nivel mundial, hay más de 25.000 hectáreas en el mundo dedicadas a la técnica. Holanda, Japón, Israel, Alemania y España son pioneros en la técnica, cultivan en tierras desgastadas, disminuye la contaminación del suelo y mantos acuíferos, reducen el uso de agroquímicos y fertilizantes (bromuro de metilo) aumentan la cantidad y calidad de producción en igual superficie, hay generación de empleo en zonas que podrían estar en abandono y permite trabajar en forma más tecnificada y predecible.

Planteamiento de la necesidad

Debido al acelerado crecimiento turístico de nuestro país en los últimos años y la cantidad de turistas (nacionales y extranjeros) que demandan alimentación durante su estadía, es posible establecer un vínculo entre el pequeño hidroculor y el mercado hotelero nacional por medio de la estrategia de sostenibilidad establecida por el ICT.

Según la situación actual y el contexto en que nos encontramos, planteamos que es de suma importancia desarrollar un *sistema hidropónico que facilite al hidroculor su proceso tanto de aprendizaje de la técnica como el proceso de producción agrícola de hortalizas, de una forma segura, sin que se exponga a mayores riesgos* que puede ser insertado en las distintas zonas turísticas del país.

"En el país se cultivan 35000 hectáreas/año de hortalizas, el 80% son pequeños y medianos agricultores con fincas de menos de 3 hectáreas, y genera empleo directo a unos 150,000 personas directas"

Fuente: Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno

En síntesis

<i>Realidad nacional</i>	<i>Problemática</i>	<i>Solución</i>	<i>Especificación</i>													
Pérdida de 860 millones de toneladas de suelo valioso por año debido a la erosión	Reducción del espacio disponible para la producción hortícola	Sistema propuesto	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tradicional</th> <th>Hidroponica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plantas por m²</td> <td>6 - 8 unidades</td> <td>28 - 30 unidades</td> </tr> <tr> <td>Cosechas por año</td> <td>3 - 4 por año</td> <td>hasta 10 por año</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Se debe evaluar el rendimiento del sistema propuesto</td> </tr> </tbody> </table>			Tradicional	Hidroponica	Plantas por m ²	6 - 8 unidades	28 - 30 unidades	Cosechas por año	3 - 4 por año	hasta 10 por año	Se debe evaluar el rendimiento del sistema propuesto		
	Tradicional	Hidroponica														
Plantas por m ²	6 - 8 unidades	28 - 30 unidades														
Cosechas por año	3 - 4 por año	hasta 10 por año														
Se debe evaluar el rendimiento del sistema propuesto																
El sector agrícola extrae un 28,3% del total de oferta de agua superficial	Uso excesivo e inadecuado del recurso hídrico	Técnica hidropónica	La hidroponia consume el 10% del agua que requiere el cultivo en tierra													
Costa Rica tiene el más alto consumo de agroquímicos de la región Centroamericana	Contaminación de suelo, aire y de mantos acuíferos	Técnica hidropónica	La hidroponía no requiere de agroquímicos													
El Estado gasta millones en el tratamiento de enfermedades por contaminación química y biológica de hortalizas	Enfermedades provocadas por el mal manejo de los cultivos durante las etapas de crecimiento	Técnica hidropónica	La técnica hidropónica es preventiva, el sistema tradicional se basa en control de plagas y enfermedades													
		Sistema propuesto	El sistema propicia las óptimas condiciones para el desarrollo del cultivo													
Los costos de transporte representan un 20 - 30% de los costos totales en zonas alejadas	Costos de hortalizas elevados para el consumidor final	Logística propuesta	Generar nuevos núcleos productivos en zonas estratégicas cerca del mercado de consumo													
En nuestro país se dan pérdidas de calidad de cultivo entre un 40 y 60% por mal manejo poscosecha.	Cultivo de baja calidad es adquirido por el consumidor final	Sistema propuesto	Propicia el crecimiento de la planta adecuado													
		Logística propuesta	Disminuye pérdida de calidad por transporte excesivo e inapropiado													
		Técnica hidropónica	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tradicional</th> <th>Hidroponica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vida útil</td> <td>5 días refrigerado</td> <td>14 días refrigerado</td> </tr> <tr> <td>Nutrición</td> <td>Segun el suelo</td> <td>Equilibrada</td> </tr> </tbody> </table>			Tradicional	Hidroponica	Vida útil	5 días refrigerado	14 días refrigerado	Nutrición	Segun el suelo	Equilibrada			
	Tradicional	Hidroponica														
Vida útil	5 días refrigerado	14 días refrigerado														
Nutrición	Segun el suelo	Equilibrada														

Problema y objetivos de diseño

Necesidad general

Facilitar al productor la producción de variedad de cultivos de buena calidad, a una baja o mediana inversión inicial.

Problema

Los sistemas de hidroponía actuales no satisfacen las necesidades de instalación, utilización ni puesta en sitio del producto de los pequeños o medianos sectores alimentarios.

Objetivo general

Generar un sistema que permita alojar cultivos hidropónicos acorde a las producciones alimentarias de pequeños y medianos sectores

Objetivos específicos

- Permitir el óptimo crecimiento del cultivo por medio de un sistema que permita almacenar, contener y distribuir todos los elementos necesarios
- Facilitar al productor el mantenimiento del cultivo por medio del mejoramiento de la interfaz a nivel funcional y estético.
- Diseñar un sistema de fabricación nacional por medio de la viabilidad tecnológica y materiales disponibles en el país.

Árbol de problemas

Establece las relaciones causa - efecto entre los factores negativos de la situación existente.
En este caso particular, lo que genera la disconformidad actual con los sistemas hidropónicos, y como se manifiestan

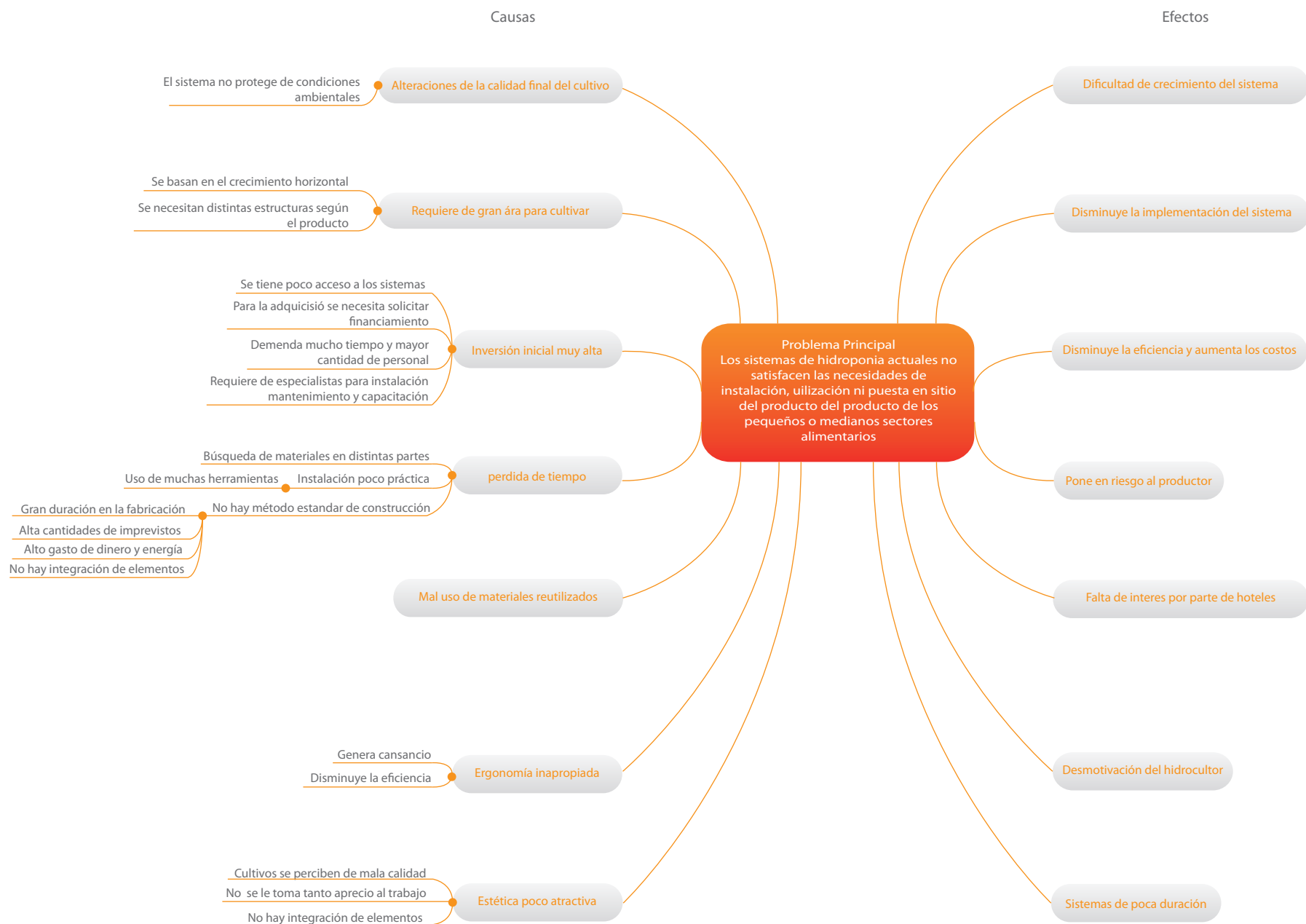


Fig. 5: árbol de problemas

Árbol de objetivos

Son las soluciones de los problemas establecidos en el árbol anterior.
Permite percibir las posibilidades de mejora y como se puede implementar en el sistema propuesto

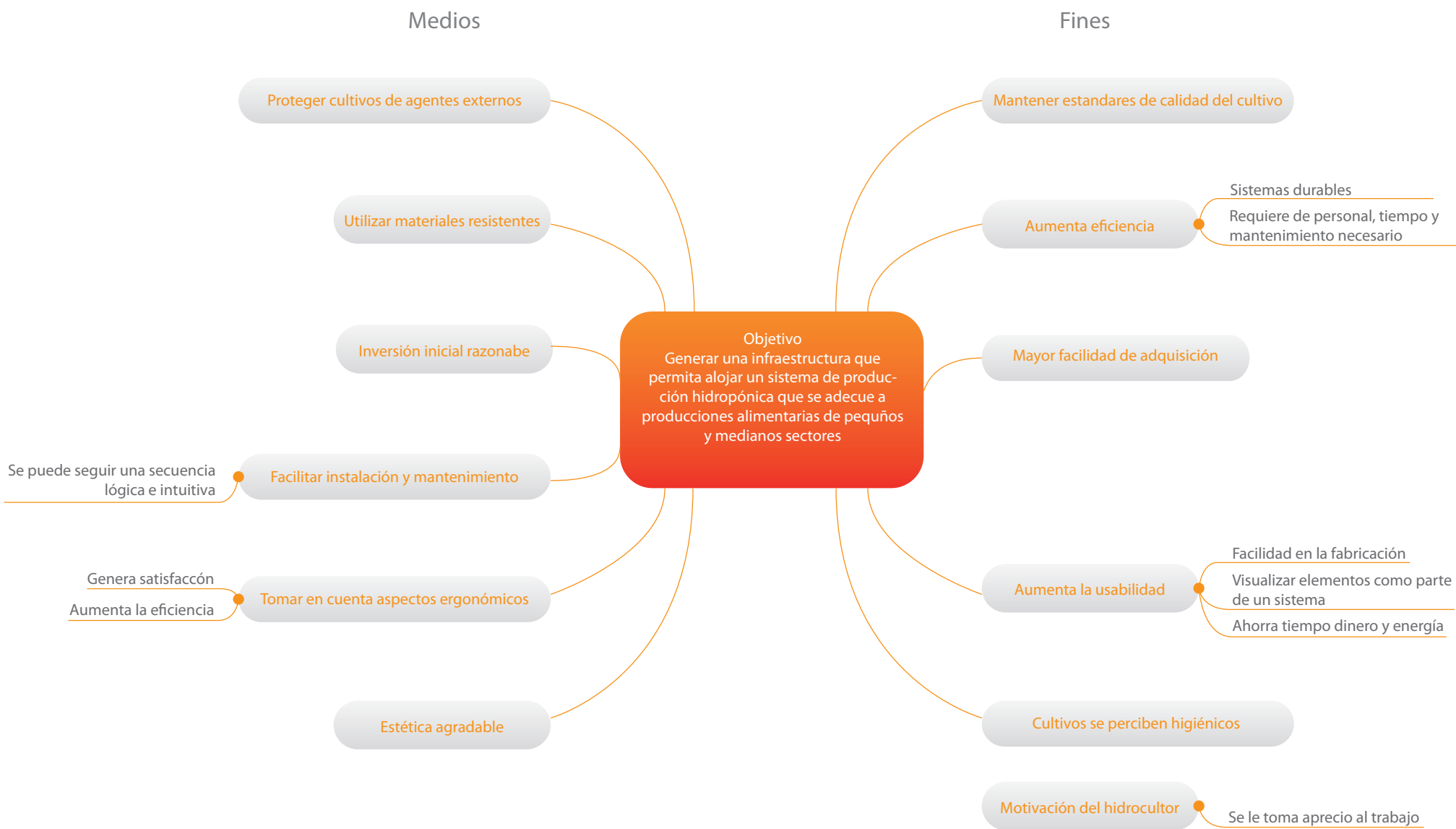


Fig. 6: árbol de objetivos

Involucrados

A continuación se presentan las personas involucradas en el proceso que se han tomado en cuenta para el desarrollo del proyecto, y las necesidades particulares de cada uno.

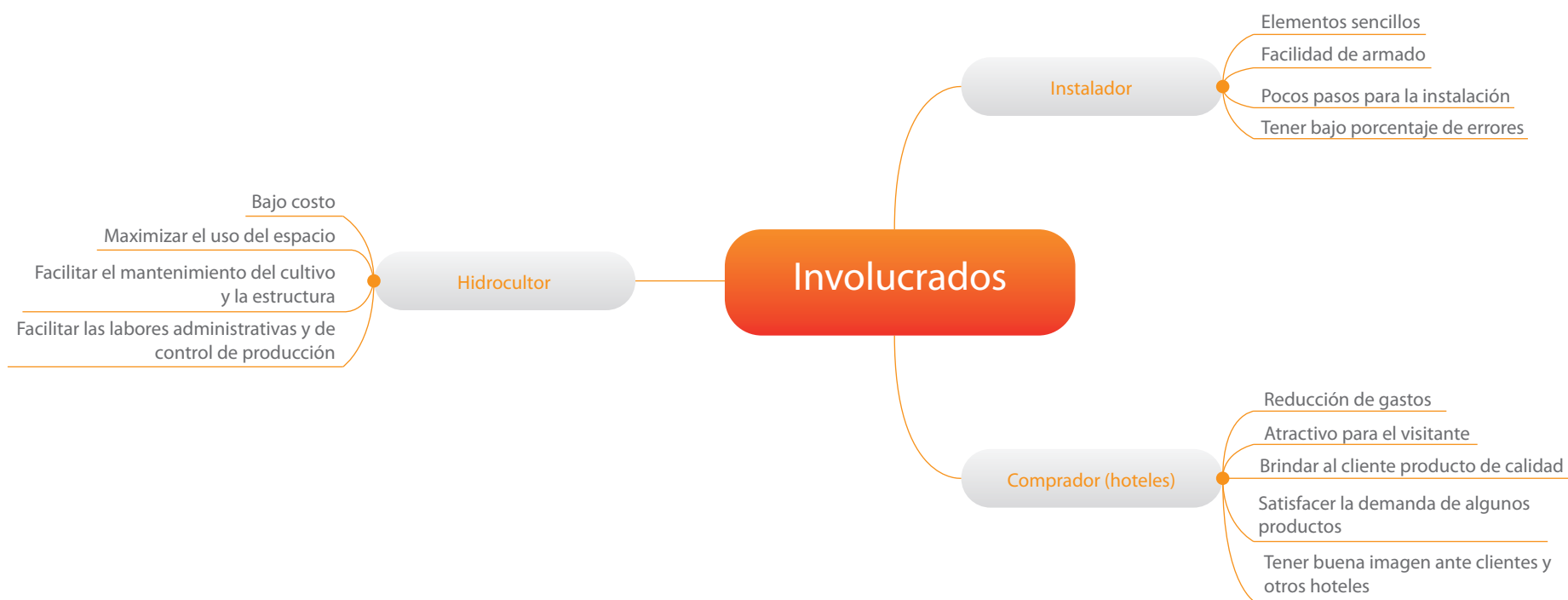


Fig. 7: grafico de involucrados

SopORTE lógico

Se expone la situación actual del proyecto, lo que se dispone, las limitantes del proyecto, los alcances y beneficios del mismo. Delimitan y marcan el camino a seguir.

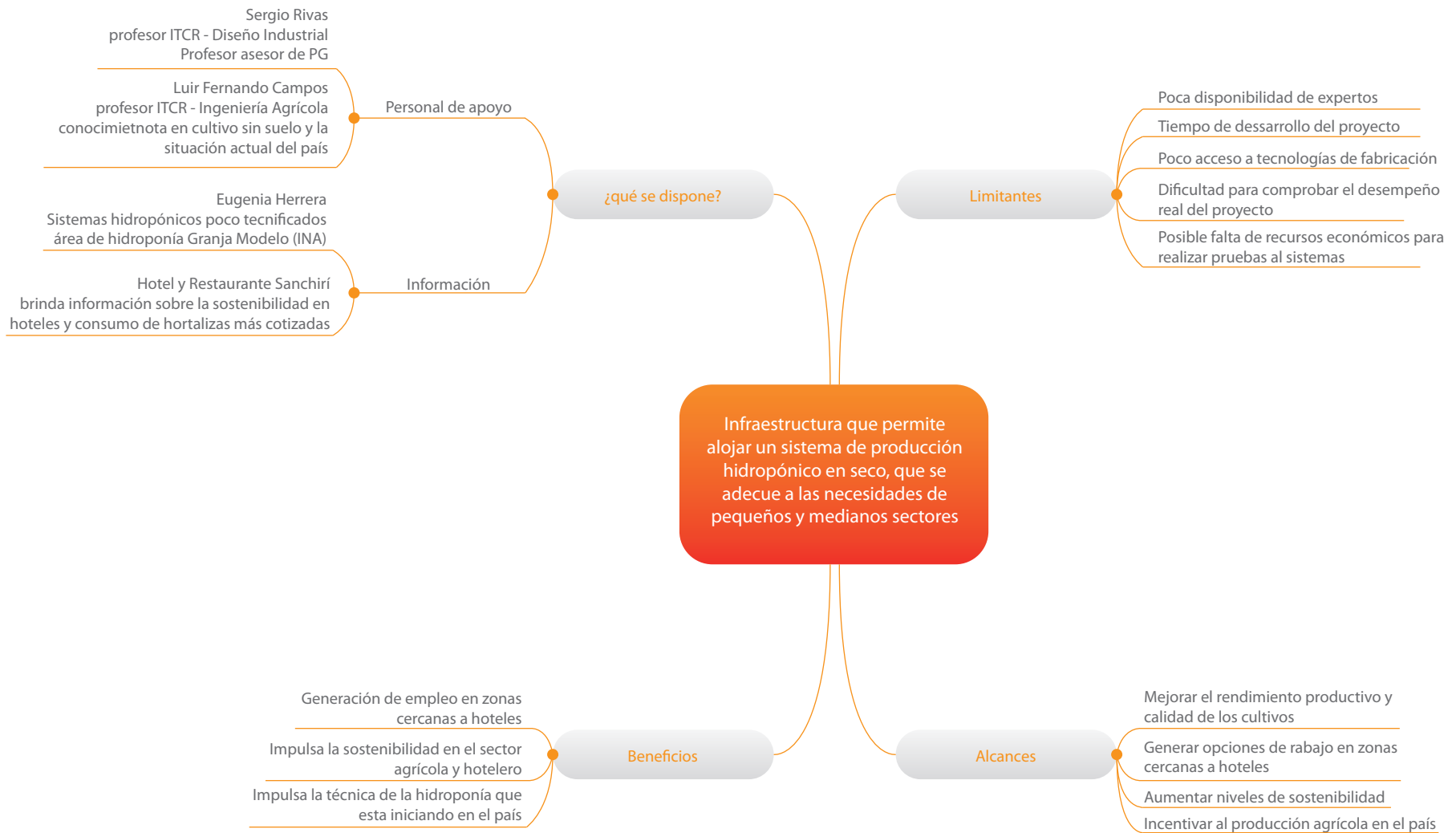


Fig. 5: grafico soporte lógico

Estrategias

Son posibles caminos a seguir, diferentes enfoques que se le pueden dar a la propuesta, analizando cada situación con la disponibilidad de recursos, alcance de objetivos y fabricación nacional

Fines	Estrategia ¿Que debe hacerse?	Tactica ¿Como se lleva a cabo?	Recursos disponibles	Probabilidad de alcanzar objetivos	Probabilidad de fabricacion nacional
Sistema simple	Simplificar el sistema	Minimos componentes	Pocos: se pueden adaptar partes complementarias de sistemas actuales	Alta: no existen conflictos entre objetivos y tactica	Alta: pocas dificultades tecnicas
		Versatilidad de componentes	Inicia desde cero: no existen componentes que se puedan adaptar	Medio: depende del grado de versatilidad buscado	Media: posibilidad de dificultades tecnicas
		Sistemas de ensamble sencillos	Altos: existen uniones estandar que se pueden implementar	Alta: no existen conflictos entre objetivos y tactica	Alta: pocas dificultades tecnicas y hay gran variedad en el mercado
Eficiente capacidad productiva	Producir segun la demanda	Capacidad de crecimiento vertical	Iniciar desde cero: No existen sistemas que se puedan adaptar	Medio - alto: No existen muchos conflictos entre objetivo y la tactica	Alta: pocas dificultades tecnicas
		Adaptable a distintos espacios	Iniciar desde cero: Los sistemas actuales son muy rigidos no se pueden descomponer	Medio - baja: Poca probabilidad de adaptacion a la gran mayoría de terrenos, se debe delimitar el espacio	Media: posibilidad de dificultades tecnicas
Que proporcione cultivos de alta calidad	Mantener estandares de calidad	Implementacion de sistemas de control	Medio: Se cuenta con sistemas de riego, sensores de humedad, temperatura, cronometros, de referencia	Medio - alto: No existen muchos conflictos entre objetivo y la tactica	Alta: pocas dificultades tecnicas
		Proteccion de agentes externos	Medio: Los sistemas actuales son muy costosos pero pueden tomarse de referencia otros productos no relacionados con el tema	Medio: Depende del grado de proteccion que se les quiera brindar	Media - alta: pocas dificultades tecnicas

Programación de trabajo

Por medio del diagrama de Gantt, se presentan las actividades según la fase y la duración de cada actividad en el periodo de tiempo establecido por la escuela.

Fase 1

- Investigación situación actual
- Definición de problema y objetivos
- Desarrollo del concepto

Fase 2

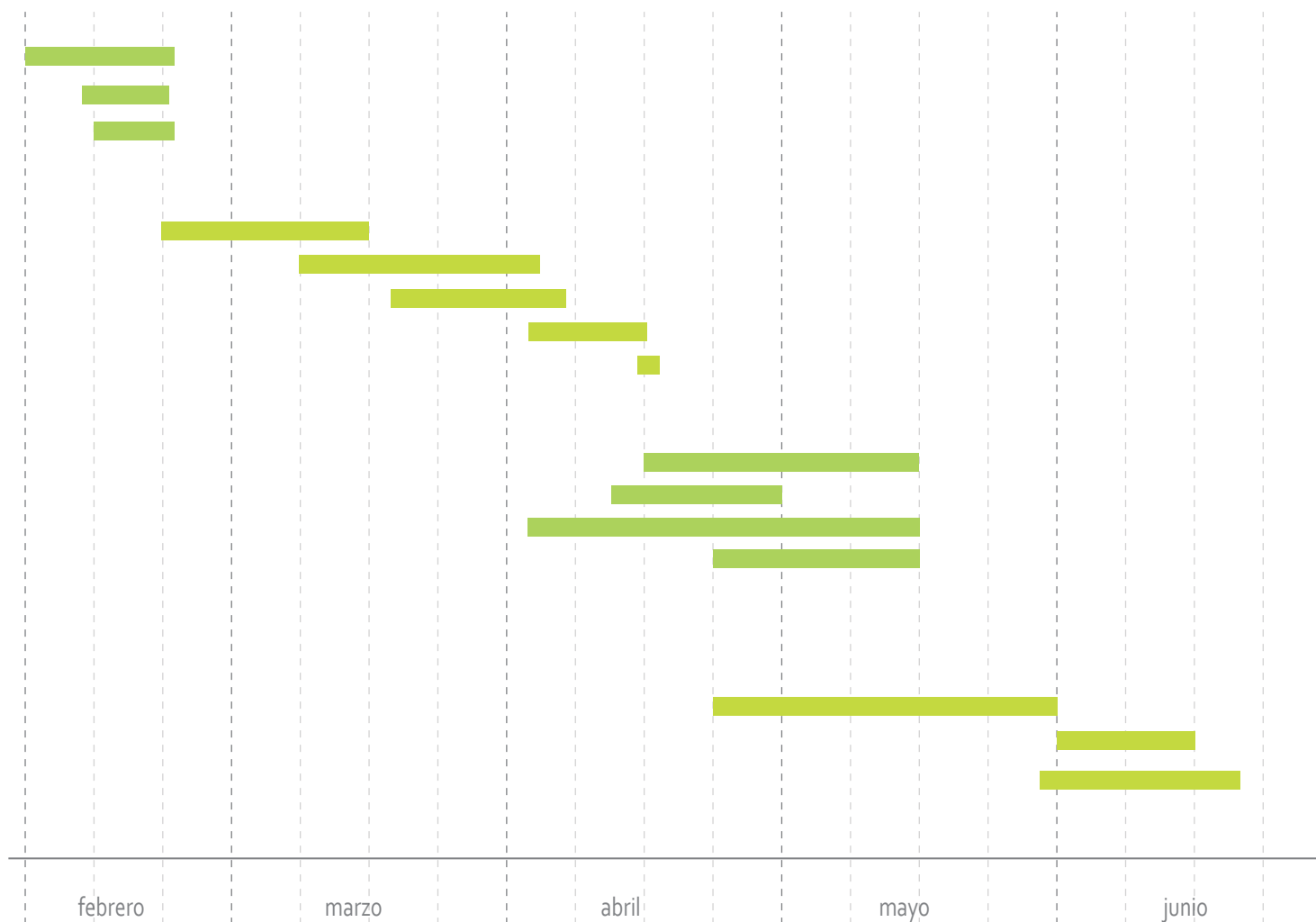
- Investigación aspectos técnicos hidroponía
- Investigación materiales y manufactura
- Desarrollo de propuestas
- Evaluación de propuestas
- Selección de propuestas

Fase 3

- Detalles técnicos, formales de propuesta final
- Modelado de propuesta
- Realización de infografía, ilustraciones
- Costos

Fase 4

- Informe final
- Resumen ejecutivo
- Presentación pública



Metodología

Capítulo 1 Planteamiento del proyecto

- Determinar la problemática actual
- Establecer las necesidades del usuario
- Justificar la importancia y necesidad del proyecto
- Establecer el problema y objetivos del proyecto
- Determinar las personas involucradas con el sistema
- Establecer los alcances, limitaciones beneficios y lo que se dispone actualmente
- Proponer posibles estrategias que puedan guiar el desarrollo del proyecto
- Concretar el cronograma

Capítulo 2 Análisis general

- Investigación de campo
 - Determinar aspectos sobre la técnica
 - Características de los cultivos, y demanda del mercado
 - Requerimientos para el buen crecimiento de los cultivos
 - Establecer las necesidades de los involucrados
 - Determinar la logística del funcionamiento del sistema en el mercado
- Análisis
 - De lo existente
 - Patentes
 - Sistemas actuales nacionales e internacionales
 - Perceptual
 - Funcional
 - Tecnológico
 - Ergonómico

Capítulo 3 Conceptualización y propuestas

- Establecimiento de requerimientos, funciones y necesidades
- Realización del árbol de conceptos que es la base para generación de propuestas
- Desarrollo de propuestas con base en el árbol de conceptos
- Evaluación, validación y selección de propuesta

Capítulo 4 Propuesta final

- Verificación y realización de pruebas
- Validación por interacción con el usuario, entorno de uso, cultivos posibles y detallado de los componentes y materiales de cada subsistema
- Factibilidad, cotizaciones, procesos, materiales, tecnología
- Detallado del prototipo y planos constructivos

Marco teórico

Sobre la técnica

¿qué es? . cultivos . requerimientos . principios físicos

Hidroponía en Seco

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. La palabra hidroponía proviene del griego, hydro = agua y ponos = trabajo.

Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta; pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un **medio inerte** al que se le llama **sustrato**; la hidroponía en seco es necesariamente con el uso de sustratos, ya que es el medio que sirve de sostén para la raíces de las plantas. Debe cumplir dos requisitos: permitir la retención de la humedad y facilitar una buena oxigenación, en el desarrollo del marco teórico se explicarán las características que debe cumplir un buen sustrato, así como los tipos y posibles combinaciones de los mismos.

Este método es implementado mayoritariamente por personas que se están iniciando en el proceso de aprendizaje, producción y comercialización, ya que es más fácil de trabajar, es mucho más accesible y menos contaminante que algunos de los sistemas en agua.

La propuesta se enfoca estratégicamente para hoteles sostenibles, pero puede ser implementada en múltiples sectores que requiera de un sistema que facilite el mantenimiento del cultivo, y maximice la utilidad del espacio disponible de una manera ordenada y atractiva.

Se muestra en la tabla las características del uno de los sistemas implementados a mator escala a nivel nacional: el sistema de camas horizontales, esto para tener una referencia y como punto de partida para el análisis de eficiencia y rentabilidad del sistema propuesto.

Tabla3: ¿Por qué hidroponía en seco?

- Requiere de menor inversión inicial.
- Requiere menor tiempo para aprendizaje.
- Hay menor porcentaje de error en el mantenimiento del cultivo.
- Permite distribuir los cultivos tanto de forma horizontal como vertical, y con ello se da la posibilidad de maximizar la utilidad del espacio.
- Permite tener mayor control sobre plagas, hongos, bacterias y enfermedades del cultivo.

Tabla4: Producción de legumbres hidropónicas en seco por medio del sistema de camas horizontales

Características	Cantidades
Cosechas por año	10
Volumen de la cama	1000 cm ³ 1m x 1m x 0.1m
Cantidad de sustrato	800 cm ³
Litros de agua por día por cama	3 litros
Solución Mayor (A) por día por cama	0.015 litros
Solución Menor (B) por día por cama	0.0075 litros

Aplicable a todos los cultivos que tienen ciclo de 2 meses y requieren los mismos nutrientes durante el crecimiento

Tabla5: Productividad en cultivos hidropónicos (ton/año)

Cultivo	Hidropónico/ Cosechas(*)	Tradicional
Tomate	375 2	100
Pepino	750 3.3	30
Lechuga	313 10	52
Pimentón	96 3	16
Repollo	172 3	30

(*) Número de cosechas al año.

Características de cultivos más cotizados

Este es el listado de los cultivos de mayor consumo a nivel nacional, el método hidropónico más utilizado para su producción, el tipo de nutrientes y especificaciones técnicas de cada cultivo como el ciclo de cosecha, producción por metro cuadrado y espacio que requiere en el sistema actual.

Tabla6: Hortalizas más frecuentes en hidroponía

Cultivo	Días para cosechar	Producción por m ²	Tipo de sistema	Profundidad (cm)	Espacio entre plantas (cm)	Tipo de nutrición	
Apio	65 a 75	35 unid	Camas, mangas, mixto	10	20	tradicional	consumo básico
Cebolla	65 a 70	6 a 8 Kg	Camas	15 - 20	10	tradicional	
Culantro	50 a 55	25 rollos	Camas, mangas, mixto	10	5	tradicional	
Chile	80 a 85	15 a 20 plantas	Camas	15 - 20	30	por edad	
Lechuga	35 a 45	20 a 25 unid	Camas, mangas, mixto	10	20	tradicional	
Tomate	80 a 85	5-8 kg por planta	Sistema vertical		30	por edad	
Zanahoria	90 a 95	ND	Camas	25	15	tradicional	
Brocoli	85	ND	Camas	20 - 25	25	tradicional	importante
Pepino	45 a 50	ND	Sistemas verticales		30	tradicional	
Repollo	60 a 65	10 - 12 Kg	Camas	15	25	tradicional	
Albahaca	60	3 a 4 Kg	Camas, mangas, mixto	10	10	tradicional	Complementario
Cebollino	65 a 70	30 rollos	Camas	10	8	tradicional★	
Perejil	50 a 55	15 rollos	Camas, mangas, mixto	10	12	tradicional	
Puerro	60 a 65	30 rollos	Camas	15 - 20	10	tradicional	
Rabanito	35 a 45	20 rollos	Camas, mangas, mixto	10	5	tradicional	
Remolacha	60 a 65	30 unidades	Camas	15 - 20	10	tradicional	
Acelga	70 a 75	25 unid	Camas	15 - 20	20	tradicional	bajo
Berros	85	ND	mangas		10	tradicional★	

El consumo básico es tanto a nivel nacional (hogares) como en hoteles sostenibles investigados

★ Consumidos a mayor escala por restaurantes orientales

Fuente: Hidroponia, Granja Modelo, INA 2003 . Información brindada por Ing. Luis Fernando Campos . Especialistas del área de Mercadeo de Hortifruti

Sustratos

Requisitos de un sustrato

- Las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0,5 y no superior a 7 milímetros, así se garantiza un óptimo drenaje
- Retengan una buena cantidad de humedad, pero que además faciliten la salida de los excesos de agua que pudieran caer con el riego o con la lluvia
- No retengan mucha humedad en su superficie
- No se descompongan o se degraden con facilidad-mayor vida útil
- Tener preferiblemente coloración oscura
- No contengan elementos nutritivos, así no incorporan nutrientes al cultivo que no se deseen
- No contengan micro organismos perjudiciales a la salud de los seres humanos o de las plantas
- No contengan residuos industriales o humanos
- Ser abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar
- Ser de bajo costo.
- Ser livianos

Tabla7: Hortalizas más frecuentes en hidroponía

Sustrato	Densidad	Retención de humedad	Drenaje	Tasa de descomposición	Aireación
Granza de arroz	0,12 - 0,13 g/ml	0,10 - 0,12 l/l	medio	baja	alta
Estereofón molido	inferior a 50 Kg/m ³	baja capacidad	medio	baja	alta
Fibra de coco	0,020-0,094g/cm ³	110-797ml/l	bueno	media	22,2-90,5
Arena gruesa	2,0 g/ml	media (20 % del peso y más del 35 % del volumen)	disminuye con el tiempo	baja	disminuye con el tiempo por compactación
Perlita B-12	0,143 g./cm ³	24,6 %	bueno	baja	29,1%

Clima promedio en Costa Rica

Características del clima

En las zonas más calidas y de mayor humedad en el país sus picos tanto en la época lluviosa como en la seca afectan el desarrollo del cultivo. Además el cambio climático crea variaciones constantes y las temperaturas se aumentan en todas las zonas del país.

- Humedad relativa alta fomenta la formación de hongos
- A temperaturas muy elevadas las lechugas se tornan amargas
- A temperaturas muy bajas los cultivos se secan

Posibles soluciones

- Uso de cultivos tropicalizados
- Crear estructura que evite los rayos UV
- Crear un ambiente para el cultivo (invernadero)



Fig. 9: Regiones de Costa Rica Fuente: ICT

Zona	Dirección de Viento
Valle Central	Este a Noreste
Zona Norte	Este a Noreste
Pacífico Norte	Julio y Agosto: Noreste
	Mayo y Junio: Oeste-Noroeste
	Setiembre y Octubre: Sur
Pacífico Central	Día: Sur Noche: Este
Pacífico Sur	Día: Oeste Noche: Noreste
Caribe	Día: Noreste Noche: Suroeste

Normalmente no llegan a alcanzar una velocidad mayor a los 15 Km/h, pero en Enero y Febrero pueden alcanzar los 30 Km/h.
Fuente: Instituto Meteorológico Nacional

Tabla 8: Variaciones del clima según la zona y la estación							
Zona	Época Seca		Época Lluviosa		Promedio anual		
	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura	Precipitación
Valle Central	65%	30	87%	18	75%	19 - 24	900 - 2.500 mm
Zona Norte	75%	30	85%	15	80%	20 - 28	2.500 - 3.500 mm
Pacífico Norte	60 - 65%	36	80 - 85%	20	60 - 75%	25 - 28	1.400 - 2.500 mm
Pacífico Central	67%	32	90 %	25	70 - 80%	17 - 27	2.300 - 4.300 mm
Pacífico Sur	81%	33	91%	17	81 - 91%	25 - 30	3.000 - 4.000 mm
Caribe	84%	31	88%	20	86 %	26 - 30	3.000 - 4.500 mm

época seca: desde diciembre hasta marzo, lluviosa: desde mayo a octubre, se considera que abril y noviembre son meses de transición
Fuente: <http://geografia.laguia2000.com/climatologia/costa-rica-clima-y-vegetacion>

Requerimientos del sistema

Al estudiarse la técnica de cultivo sin suelo se determinan las características indispensables para que el sistema funcione correctamente

Profundidad del sistema según cultivo

-De 5 a 10 cm

Lechuga, culantro, apio, perejil, albahaca, acelga, rabanito, cebollín

-De 15cm a 20cm

Remolacha, camote, zanahoria, rábano grande, cebolla, repollo

-A 20 cm máximo sobre el suelo

Tomate y pepino

Distribución

Las plantas no deben traslaparse entre sí, es preferible la distribución intercalada para maximizar el uso del espacio disponible.

Riego del cultivo

Debe realizarse dos veces al día con solución nutritiva y si es verano o de clima caliente proporcionar agua si la planta lo requiere.

Nutrientes

3 litros de solución nutritiva diaria, dos veces al día por 6 días y el séptimo día agua.

Color

Blanco el exterior de la estructura para así reflejar la luz y evitar la creación de algas

Clima

-Temperatura: 18°C a 24°C

-Humedad relativa: 60% a 70%

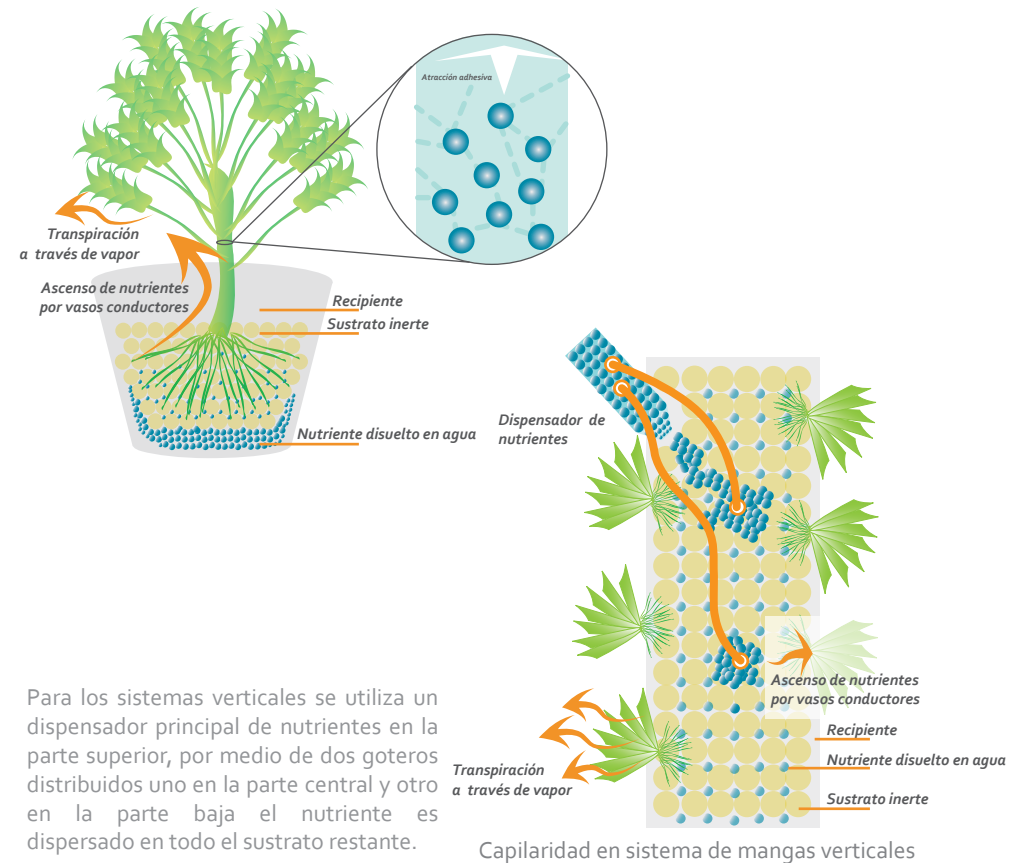
-Luz solar: mínimo 6 horas diarias, preferiblemente mañanas, el eje longitudinal mayor que esté orientado hacia el norte

Principios físicos involucrados

Principio de capilaridad

La capilaridad es una propiedad física del agua por la que ella puede avanzar a través de un canal minúsculo (desde unos milímetros hasta micras de tamaño) siempre y cuando el agua se encuentre en contacto con ambas paredes de este canal y estas paredes se encuentren suficientemente juntas.

Esta propiedad es la que distribuye el agua por los micro-espacios de aire que quedan entre las partículas del suelo o sustrato. Allí queda el agua retenida hasta que finalmente es encontrada por las raíces de las plantas siendo absorbida por unos pelillos que tienen las mismas, que son los encargados de cumplir con esta misión de absorción.



Marco teórico

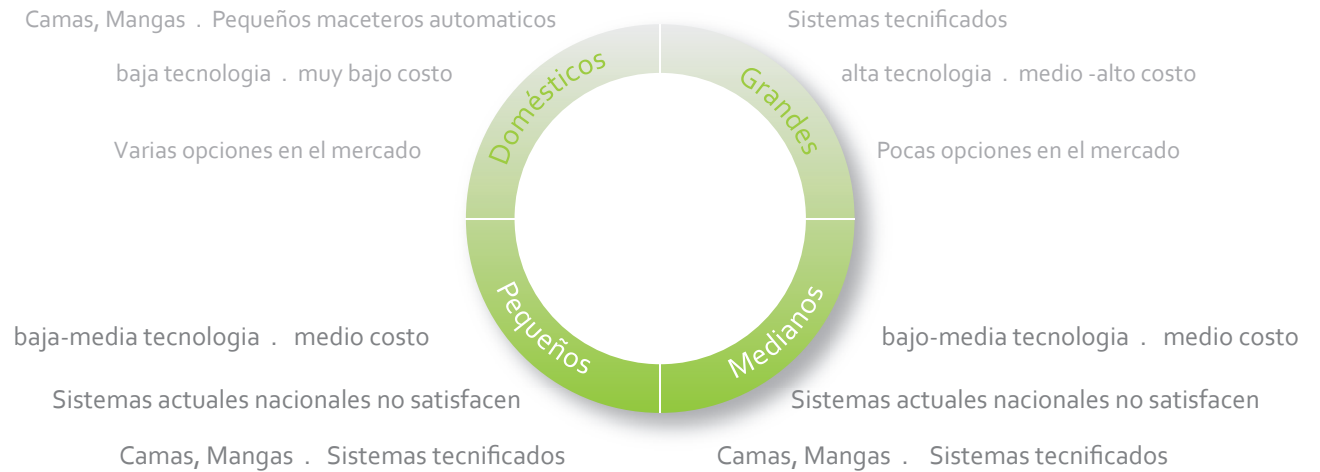
Antecedentes

Involucrados . perfil de usuario . sectores de interés . logística

Determinación de sectores involucrados

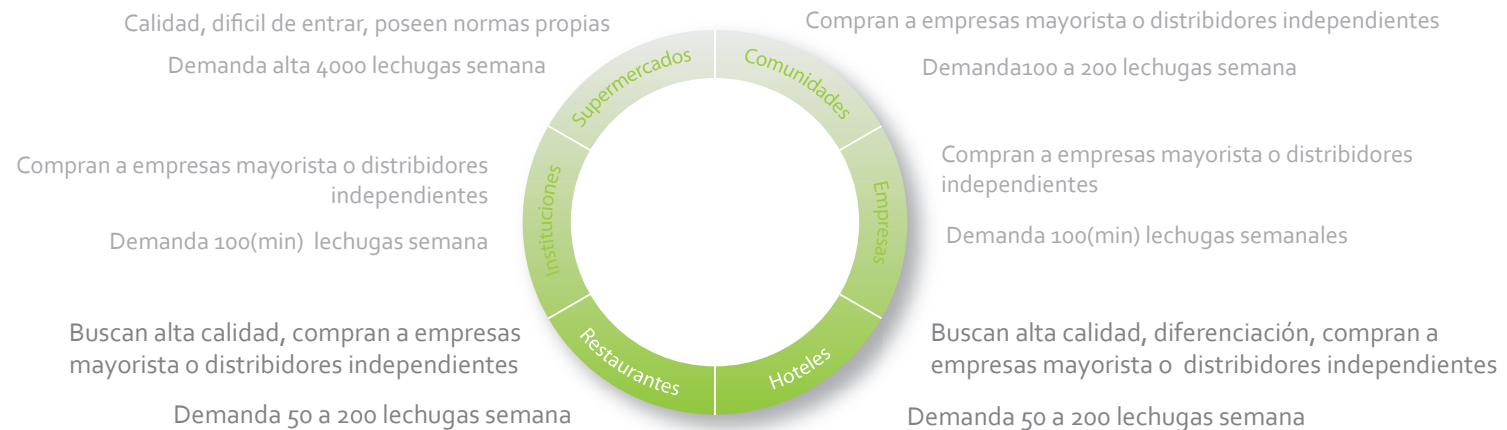
Selección de tipo de productor

Se establecen como productores de interes a los pequeños y medianos ya que los sistemas existentes no satisfacen sus necesidades.



Selección de tipo de mercado

Se establecen como mercado de interes a hoteles y restaurantes por que requieren de alta calidad de cultivos, variedades especificas y estan dispuestos a pagar mas por calidad.



Análisis de involucrados

Se analizan todas las personas involucradas en el desarrollo del proyecto. Debido a la facilidad de acceso a información en cuanto a cantidad de personas y la demanda, se ha tomado como sector modelo a los hoteles. Se toman dos usuarios (instalador e hidrocultor) por diferenciación de funciones, pero en realidad es la misma persona

	Intereses	Problemas	Recursos	Interés en estrategias	Conflictos
Usuario Instalador	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad de armado Considerar peso y tamaño de componentes Sistemas que requieran pocos pasos para la instalación Que evite el porcentaje de errores por parte del usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de muchas herramientas Muchas personas necesarias Tamaño, peso, transporte Mucho tiempo de instalación Muchos pasos para el armado Sistema no se adapta a diferentes terrenos Búsqueda de materiales en diferentes lugares 	<ul style="list-style-type: none"> Dinero Ganas de iniciar Mucha herramienta y en ocasiones es muy especializada y costosa. 	<ul style="list-style-type: none"> Interés medio, ya que es preferible que la instalación sea sencilla, simplificada, rápida y acertada. 	<ul style="list-style-type: none"> Instructivo difícil de leer Desorganización grupal Mala interpretación del instructivo Gastos de dinero en herramienta innecesaria Aumento de trabajo y tiempo para adaptar el terreno Percepción de incapacidad de instalación
Usuario Hidrocultor	<ul style="list-style-type: none"> Bajo Costo Utilización de poco espacio Facilitar el manejo de la producción Reducir el porcentaje de error y el tiempo de aprendizaje Tener las demandas administrativas necesarias Que permita controlar la producción de una manera eficiente y sencilla Facilidades del mantenimiento tanto del cultivo como de la estructura soportante 	<ul style="list-style-type: none"> Alto costo, Inversión inicial alta Falta de protección ante variaciones climáticas Diversidad de sistemas que requiere según el tipo de cultivo Demanda de mucho tiempo y personal por tener sistemas indeficientes Requiere de mucho espacio para cultivar Genera cansancio, fatiga y desmotivación debido a que no se toman en cuenta aspectos de usabilidad, ergonómicos ni estéticos 	<ul style="list-style-type: none"> Interés Tiempo Conocimiento de las normativas para producción de cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> Alto al iniciarse en un nuevo proyecto productivo que es amigable con el ambiente, genera mayor producción por el tipo de técnica aplicada (hidroponía), la calidad del cultivo final es de alta, requiere de menos trabajo y se puede programar la producción con anterioridad. 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad del cultivo dudoso Resistencia al cambio de método hidropónico
Hoteles	<ul style="list-style-type: none"> Es un atractivo para el visitante Reducir gastos a largo plazo Satisfacer su demanda de algunas hortalizas Brindarle al cliente alimento de calidad Aumentar categoría de CST ó al menos dar una buena imagen a los visitantes y a otros hoteles 	<ul style="list-style-type: none"> Relación presupuesto vrs beneficio no sea del alcance esperado No desean usar el espacio físico para ese fin Los productores no estén interesados en trabajar para el hotel Demanda de mayor responsabilidad por parte del hotel 	<ul style="list-style-type: none"> Económicos Espacio físico Prestigio ante el público Conoce la demanda del cultivo según la temporada 	<ul style="list-style-type: none"> Baja, no dependen directamente del sistema, es visto como un plus, ya que genera bienestar en cuanto a la imagen que se proyecta, la calidad del cultivo que se le proporciona al cliente final y al bienestar económico que se genera en la zona cercana al hotel. 	<ul style="list-style-type: none"> No satisface su demanda de consumo No se implementa por conflictos internos sobre la calidad del cultivo Cultivo final no es del agrado del chef

Perfil del usuario hidrocultor

Generalmente quienes se hacen cargo del cultivo son hombres o mujeres de edad adulta con un grado de conocimiento básico en la técnica hidropónica. Son personas sencillas con un grado académico básico y estatus medio, viven en zonas rurales, tienen algo de experiencia con el trabajo agrícola y conocimiento del mercado, la demanda de los productos y las cualidades que debe poseer un cultivo de calidad.

Con el interés de implementar este sistema, buscan invertir el tiempo necesario en tareas poco desgastantes que le permita controlar fácilmente la producción de una manera eficiente. Por lo tanto, lo que se pretende con el proyecto, es un sistema que permita facilitar el mantenimiento del cultivo, disminuir en lo posible la demanda de cuidados y de personal capacitado pero manteniendo los estándares de calidad del cultivo asegurando la satisfacción de la demanda.

Los cuidados que se le deben brindar al cultivo se pueden subdividir en el tipo de cuidado y momento específico en que deben llevarse a cabo:

Cuidados Eventuales

- Para mantener el sustrato limpio de impurezas es necesario cada final de cosecha lavarlo con 50cm³ de cloro por litro de agua, se deja reposar sobre el sustrato por media hora, luego se lava con solo agua y está listo para lo próxima cosecha.
- Dependiendo del tipo de sustrato así será la cantidad de cosechas que puede ser utilizado.
- Un problema especialmente en época seca o en zonas muy calientes son los mosquitos, para ello se aconseja la utilización de repelentes naturales como el chile y el ajo.
- También debe tomarse en consideración que los excesos de agua aumentan la humedad relativa y con ello se da la proliferación de hongos.

Cuidados Constantes

Para el desarrollo de hidroponía en seco se requiere de una mezcla de agua con nutrientes; para una cama de madera de 1m x 1m y 10cm de altura y un sistema de riego por goteo, es necesario 15cc de solución nutritiva A (mayor) y 7,5cc de solución nutritiva B diluidos en 3 litros de agua.

Esto se hace 6 días a la semana: 1.5 litros en la mañana y 1.5 litros en la tarde; el día restante sólo se le proporciona agua para lavar excedentes de sales que pueden quemar el cultivo.

Tabla 10: Distribución de nutrientes por semana

Agua + Nutrientes						Agua		
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Distribucion de agua + nutrintes durante el dia						Distribucion de agua durante el dia		
Mañana	Medio día	Tarde	Mañana	Medio día	Tarde			
○	●	○	●	●	●			
1.5 litros Agua + Nutrientes	Agua si la planta lo requiere	1.5 litros Agua + Nutrientes	1.5 litros Agua	si la planta lo requiere	1.5 litros Agua			

Aplicable a todos los cultivos que tienen ciclo de 2 meses y requieren los mismos nutrientes durante el crecimiento

Demanda y consumo del sector hotelero

Para efectos del desarrollo del proyecto se ha utilizado como estrategia trabajar con **hoteles pequeños y sostenibles** (capacidad de 20 a 30 personas diarias), por que nos permite tener más acceso a información sobre el tipo de productos de mayor demanda, frecuencia de uso, requerimientos que deben cumplir los cultivos de calidad; además de la asesoría en el aspecto de las normativas del CST bajo las que se rige el ICT para establecer el grado de sostenibilidad.

Para esto, se ha trabajado con el hotel Sanchirí, ubicado en Cartago, el cual posee categoría 3 estrellas y CST3. Existe en el país 98 hoteles sostenibles y de ellos 37 están ubicados en la Zona Central.

Dentro de los parámetros de calidad que toman en cuenta están el peso, la frescura y la apariencia del producto. Lo que ellos no pueden cultivar de forma orgánica lo adquieren por medio de CENADA. Sin embargo están dispuestos a producir bajo el sistema hidropónico por que poseen el espacio (300 m²), personal capacitado, es un atractivo mas en el hotel, genera productos de buena calidad que abastece sus necesidades, y en caso de exceder la producción lo venderían en la feria del pueblo.

Cantidad de cultivo por semana

- Esto nos sirve para determinar la demanda de este sector y así dimensionar el sistema.
- Capacidad máxima de 100 lechugas y 50 kg de tomate semanales

Cultivo	Temporada alta	Temporada baja	
Lechuga	60 - 100	30 - 50	+ consumo - consumo
Tomate	50 kg	25 kg	
Chile	70 unidades	30 unidades	
Zanahoria	18 Kg	10 kg	
Culantro	20 rollos	10 rollos	
Pepino	8 Kg	5 Kg	
Hierbas: 2-3 rollos por semana Cebollin, Tomillo, Culantro, Perejil, Albahaca, Romero, Hierbabuena, Espinaca			

Tabla 11: con la demanda acorde a un sondeo realizado en 30 hoteles



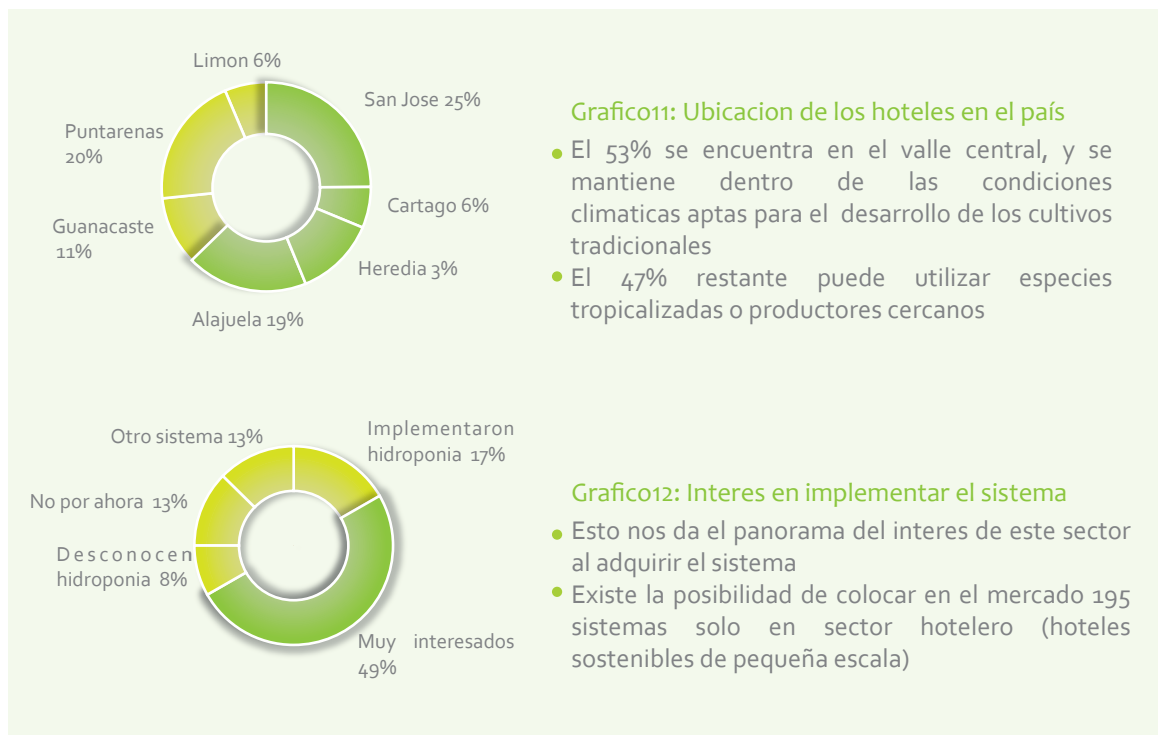
Fig. 10: Distribucion de hoteles sostenibles por zona en Costa Rica
Fuente: ICT



Tipo de cultivos que consumen

Relacion hidroponia - sector hotelero

Estadísticas Tamaño de la muestra: 30 hoteles



Beneficios

- ✓ Suple las necesidades de consumo de hortalizas en el hotel
- ✓ Aseguran la inocuidad de alimentos
- ✓ Se evita notable pérdida de calidad y producto durante el transporte, (la calidad nutritiva disminuye con el tiempo)
- ✓ Reducción de costos de un 20 a 30% de los costos totales debido al transporte desde áreas alejadas del país
- ✓ Es un atractivo más dentro del hotel
- ✓ Brindan trabajo a personas de la comunidad
- ✓ Facilita la adquisición de un grado mayor de sostenibilidad (CST)

Logística

- La lógica de funcionamiento del sistema se basa en cercanía del mercado demandante; esto quiere decir que se pretende establecer núcleos productivos en la zona propia de consumo del producto final, esto para garantizar calidad y frescura de los cultivos.
- El sistema puede implementarse dentro del hotel si se desea, de no ser así puede implementarse en zonas aledañas, donde personas de la comunidad se hagan cargo del mantenimiento del cultivo, bajo los controles de calidad y supervisión del hotel.
- La idea es beneficiar tanto a los habitantes de la zona como al sector hotelero, que se ha tomado como referencia por la facilidad de acceso a la información, y por tener datos específicos de demanda según la temporada.
- En cuanto al 37% de los hoteles establecidos en zonas costeras, el sistema puede implementarse bajo la utilización de especies tropicalizadas, variedades de cultivos específicas para estas condiciones, o bien se puede implementar en zonas con clima más fresco pero más cercanas.

Necesidades de hoteles

- Requieren producto de calidad, por lo que están a dispuestos a pagar por ello
- Suplir sus necesidades manteniendo el volumen acorde a las variaciones de temporada
- Reducción de costos de materia prima
- Cultivos específicos acorde a sus necesidades (variedades específicas de cultivos)
- Mantener o aumentar sus estándares de sostenibilidad

Marco teórico

Análisis de lo existente

tipos de sistemas . perceptual . funcional . ergonómico . tecnológico

Análisis de lo existente

Patente: Sistema de crecimiento hidropónico y método

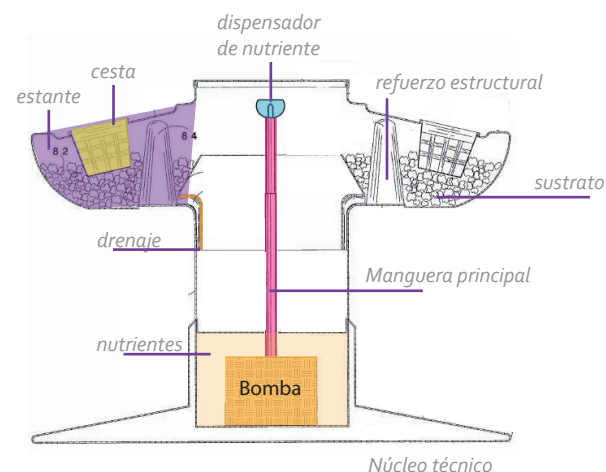
Número de patente: 5,502,923

Fecha: 2 abril 1996

Generalidades:

El sistema consta de una serie de módulos circulares similares a un tazón, en la parte inferior se coloca el sustrato y en la parte superior la superficie posee 8 agujeros donde se coloca la cesta que contiene la planta.

Los módulos se unen de forma vertical de manera concéntrica por medio de un tubo central, dentro de este se coloca el sistema de distribución de nutrientes que va de la bomba en la base hasta cada cesta de cada módulo.



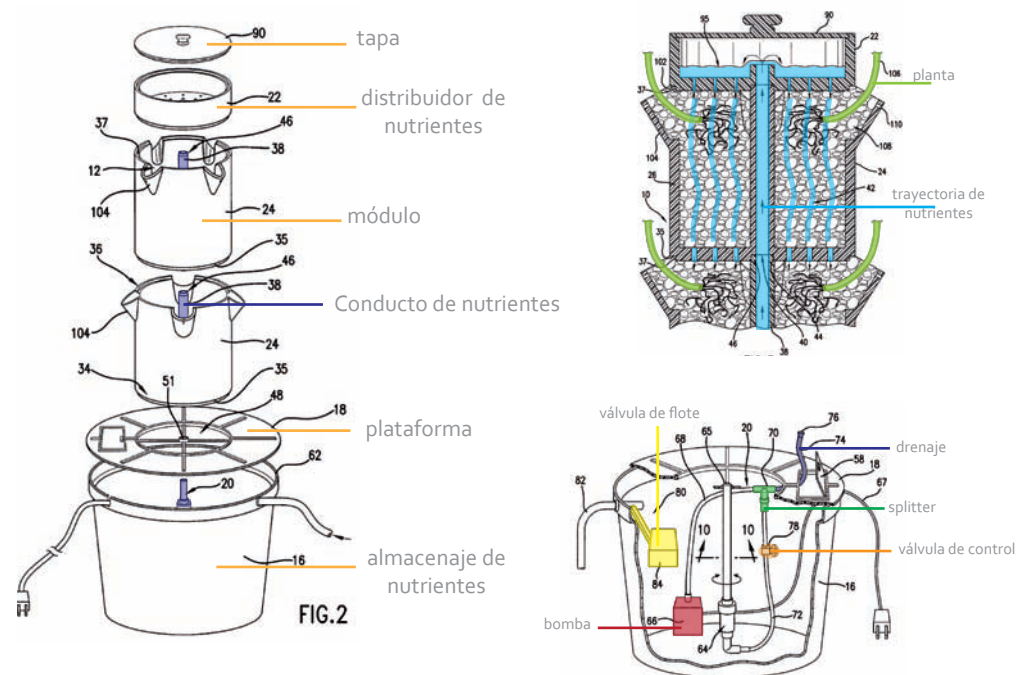
Patente: Hydroponic plant cultivating apparatus

Número de patente: US 7,055,282 B2

Fecha: 6 Junio 2006

Generalidades:

El sistema forma una columna a partir de módulos cada uno con 4 entradas para plantación. La base de la columna es donde se encuentra la reserva de agua, la cual se transmite a los módulos mediante conducto interno hacia la parte superior y luego esta se distribuye a las plantas.



Patente: Rotary plant growing apparatus

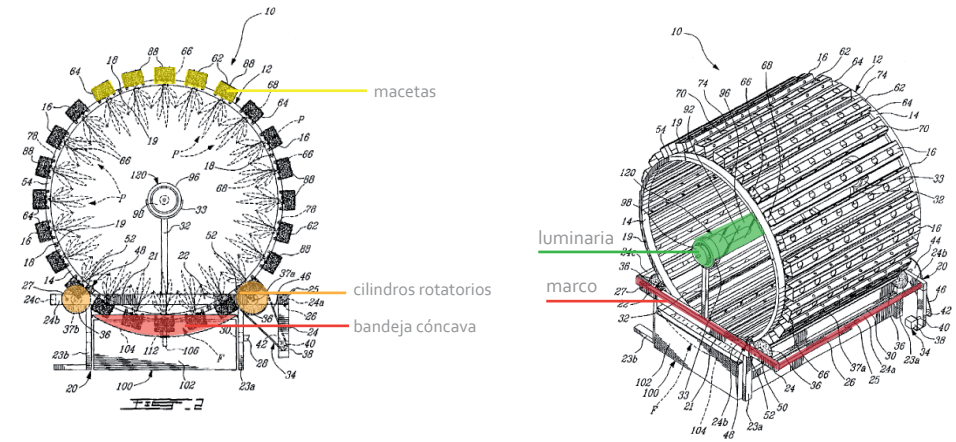
Número de patente: US 6,840,007 B2

Fecha: 11 Enero 2005

Generalidades:

El sistema se forma a partir de una estructura cilíndrica rotatoria en el eje x, donde las plantas son colocadas en su interior y el sustrato que es en el exterior, la estructura rota para sumergir el sustrato y alimentar las plantas.

Las plantas son expuestas a luz a una fuente de luminosidad central ubicada en el interior del cilindro



Patente: Modular plant growing apparatus

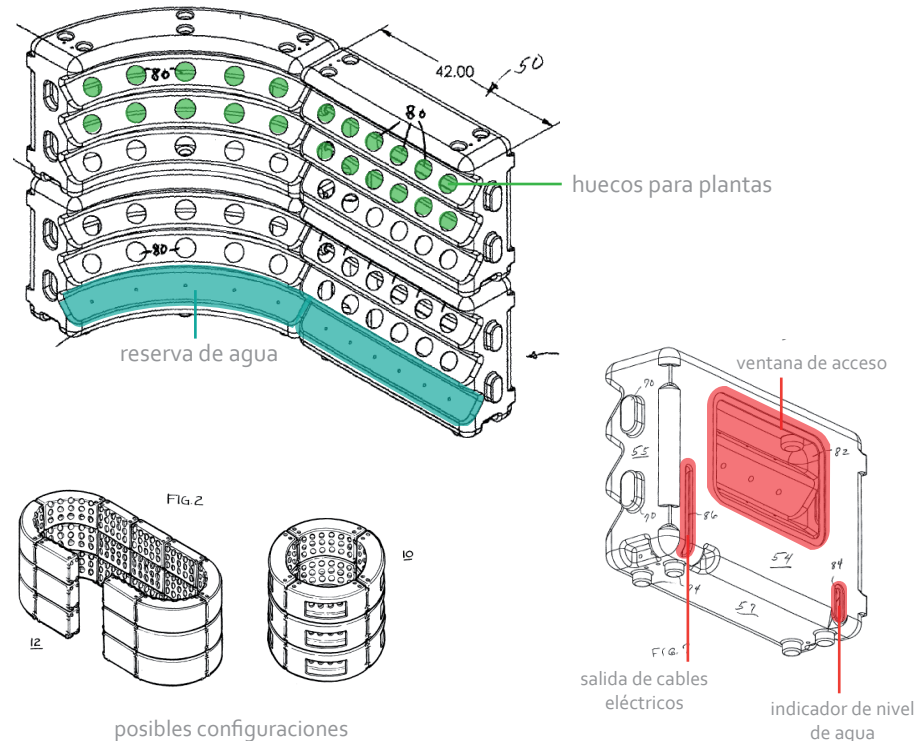
Número de patente: US 7,080,482 B1

Fecha: 25 Julio 2006

Generalidades:

El sistema se forma a partir de dos tipos de módulos que crecen verticales y horizontalmente según conveniencia del usuario, el ensamble entre módulos es mediante el tipo macho y hembra.

La reserva de agua se sitúa en parte inferior de los módulos inferiores donde una bomba impulsa el agua hacia las plantas.



posibles configuraciones

Análisis de lo existente y funcional

Sistemas Nacionales hidropinía en seco

La hidroponía en seco en Costa Rica utiliza comúnmente 4 sistemas
- Camas -Mangas -Pirámides -Macetas

Sistemas de mangas



Dimensiones:

L 1.25 m
D 20 cm

Cultivos alojables: lechuga, culantro, cebollín, albahaca (hortalizas livianas)

Sustratos posibles: carbón mineral, granza de arroz, cascara de macadamia, fibra de coco

Cantidad de plantas por manga: Según el tamaño del cultivo así es la distancia entre plantas (16 plantas de lechugas)

Problemas en el sistema

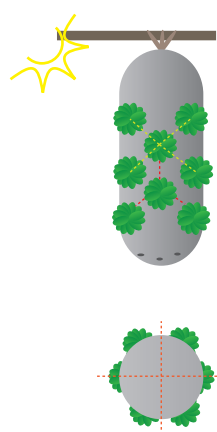
- Solo puede alojar hortalizas livianas al igual q sustratos
- Genera mucho peso en un solo punto de apoyo
- Poco volumen de cultivo
- Mangas no se pueden unir entre sí

Ventajas del sistema

- Crecimiento vertical

Distribución en el sistema

Opción 1

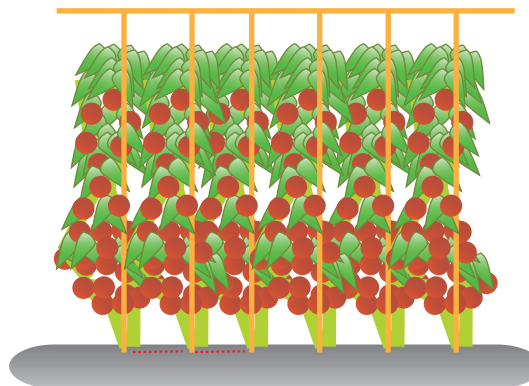


- ☀️ Distribución alternada
- ⋯ Espacio necesario entre planta
- Agujeros para el drenaje

Logra cultivar mayor cantidad cumpliendo con los requisitos de espacio entre plantas

Todos los cultivos reciben luz por igual abarca 360°

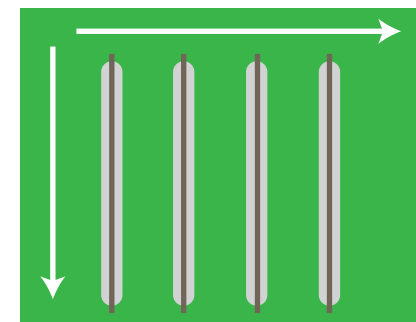
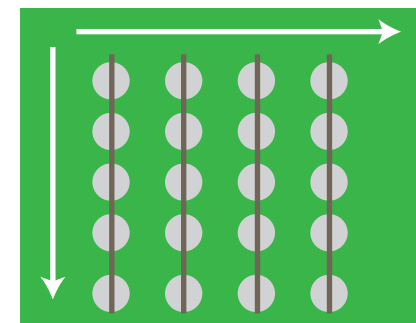
Opción 2



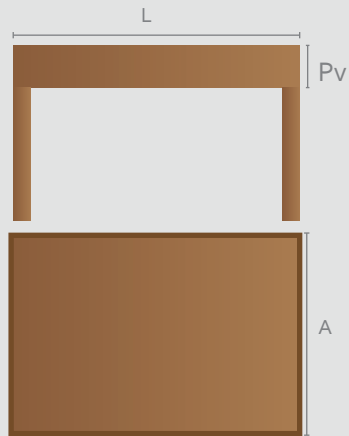
- ⋯ Espacio necesario entre planta

Solo crece horizontalmente. Longitud mayor 50 m

Distribución en el terreno



Sistemas de Camas



Dimensiones:

L definido por usuario
 P 10 a 25 cm definido por el cultivo
 A usualmente 100 cm

Cultivos alojables: lechuga, cebollín, culantro, apio, albahaca, zanahoria, remolacha, cebolla

Sustratos posibles: todos

Cantidad de plantas por metro cuadrado:

Con disposición lineal son 99 plantas de lechuga, de forma intercalada son 137.

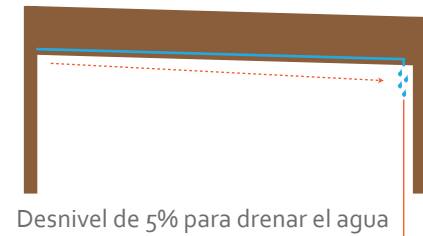
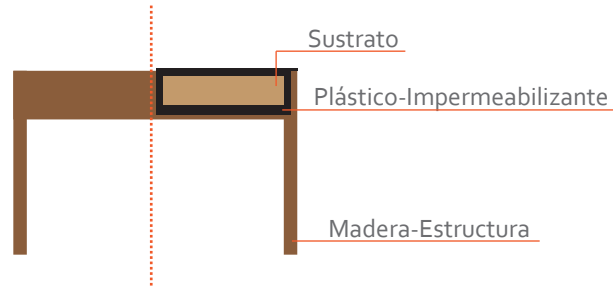
Problemas en el sistema

- Fabricación de nueva cama si se quiere cambiar de cultivo
- Utiliza amplio espacio horizontal
- Mucho elementos para su construcción
- Dificulta el mantenimiento a mayor área

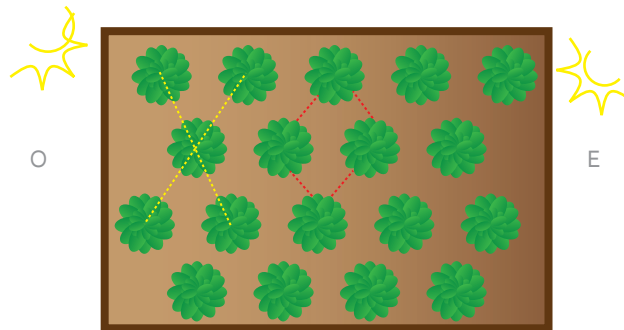
Ventajas del sistema

- Puede alojar diversos cultivos
- Poco consumo de energía

Estructura



Distribución en el sistema



- △ Distribución alternada
- ⋯ Espacio necesario entre planta

Tipos de terreno



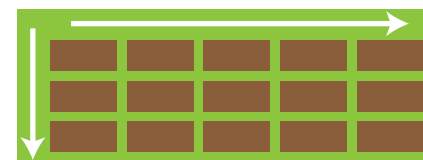
- Menos desechos
- Poco conocimiento técnico de construcción



- Mayor cantidad de desechos
- Más tiempo en construcción
- Problemas en crear el desnivel requerido para el drenaje

Distribución en el terreno

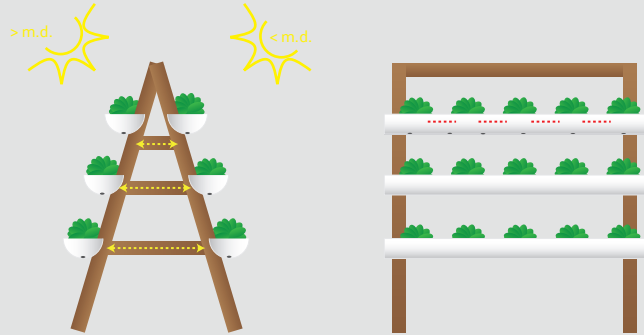
Logra cultivar mayor cantidad cumpliendo con los requisitos de espacio entre plantas
 Todos los cultivos reciben luz por igual



Las camas se acomodan en filas a lo largo y ancho según las condiciones del terreno

Sistemas de Piramide

Distribución en el sistema



- ↔ Crecimiento en pirámide mejora recepción de luz
- ⋯ Espacio necesario entre planta
- Agujeros para el drenaje

Dimensiones: Tubos de PVC de al menos 4 pulgadas cortados a lo largo por la mitad

Cultivos alojables: lechuga, rábano, perejil, apio, cebollino, culantro

Sustratos posibles: livianos y de menor tamaño para retener humedad

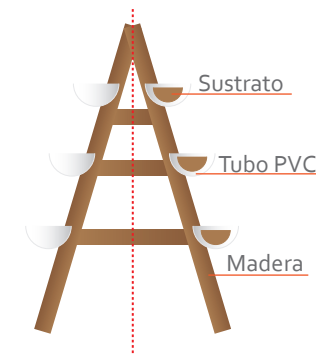
Problemas en el sistema

- Solo puede alojar hortalizas que su profundidad sea de 10cm o menor
- Hortalizas y sustratos deben ser livianas

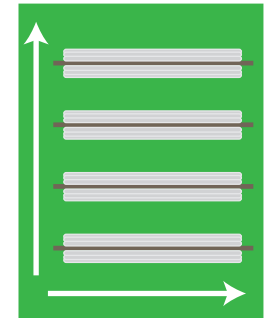
Ventajas del sistema

- Crecimiento vertical

Materiales

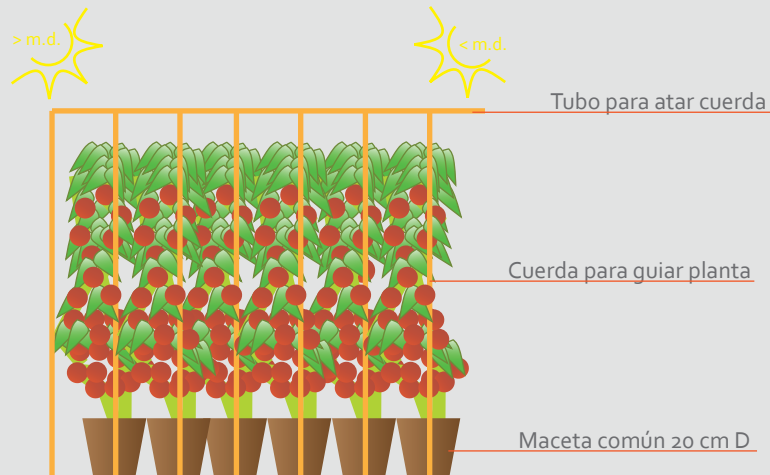


Distribución en el terreno



Sistemas de Macetas

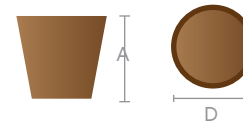
Distribución en el sistema



Usualmente se cultivan en invernaderos
La cuerda evita que la planta colapse por peso

Dimensiones:

A: 25cm
D: 20 cm



Cultivos alojables: tomate, chile y pepino. Estas plantas poseen un considerable crecimiento vertical y los frutos generan alto peso, deben de atarse a una guía vertical

Sustratos posibles: todos

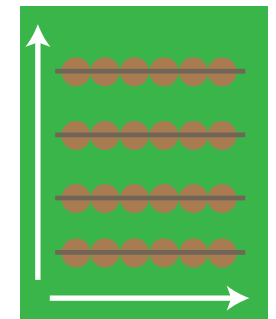
Problemas en el sistema

- Solo puede alojar una planta
- Necesita amplio espacio horizontal
- El sistema de riego debe extenderse mucho espacio

Ventajas del sistema

- Al ser sistemas individuales, pueden remplazarse y moverse con facilidad

Distribución en el terreno



El sistema se acomoda en forma de hileras a lo largo del terreno

Sistemas Internacionales de hidropinía en seco

Sistemas Verticales



Cultivos alojables: lechuga
Sustratos posibles: livianos y pequeño para retener humedad
Plantas por sistema: 144 aprox
País: UK
Problemas en el sistema
-Solo puede alojar lechugas
-Dificultad de acceso superior
Ventajas del sistema
-Crecimiento vertical
-Poco material



Cultivos alojables: lechuga
Sustratos posibles: livianos y pequeño para retener humedad
Plantas por sistema: 20 por supermodulo
País: USA
Problemas en el sistema
-Solo hortalizas de hojas
-Dificultad de acceso superior
Ventajas del sistema
-Crecimiento vertical



Cultivos alojables: fresas y hojas
Sustratos posibles: livianos
Plantas por sistema: 4 modulos-80 plantas
País: USA
Problemas en el sistema
- No puede alojar cultivos de raíz
Ventajas del sistema
-Crecimiento vertical
-Sistema simple

Sistemas Horizontales



Cultivos alojables: todos
Sustratos posibles: todos
Plantas por sistema: 24
País: USA
Problemas en el sistema
-Ocupa mucho espacio horizontal
-Solo un cultivo por modulo
-Uso de mucho material
Ventajas del sistema
-Sistema de riego no dependiente del usuario



Cultivos alojables: lechuga, perejil, culantro
Sustratos posibles: todos
Plantas por sistema: desconocida
País: UK
Problemas en el sistema
-Ocupa mucho espacio horizontal
-Solo aloja cultivos de hojas (lechuga, etc)
-Dificultad de acceso a los cultivos q se encuentran en el canal central



Cultivos alojables: tomates cherry e hierbas
Sustratos posibles: agua
Plantas por sistema: 80
País: Singapur
Problemas en el sistema
-Ocupa mucho espacio horizontal
-Solo aloja pocos cultivos de hojas
Ventajas del sistema
-Pocos elementos

Análisis de lo existente

Cobertores

Invernaderos en clima tropical

En los climas tropicales uno de los principales problemas son los efectos de la lluvia directa sobre los cultivos. Es una estructura resistente, con capacidad de soportar cargas de cultivo, con máxima ventilación y luminosidad que proteja las plantas de los efectos adversos de esas lluvias tropicales.

Los invernaderos tipo túneles:

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. Mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación.

Dimensiones

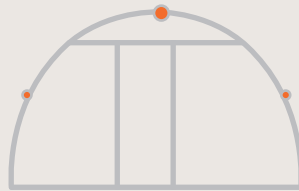
- Altura máxima: entre 3,5 y 5 m.
- Alturas de bandas laterales: de 2,5 a 4 m.
- Ancho: entre 6 y 9 m.

Ventilación

Mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero

Materiales

Los soportes son de tubos de hierro galvanizado



Los invernaderos tipo capilla:

Estructura más compleja en el techo, con un poco más de altura, para que el desagote del agua resulte rápido y más controlado.

Dimensiones

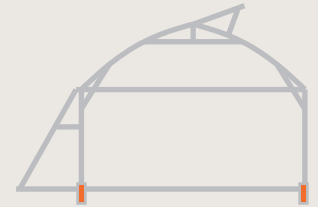
- Altura máxima: entre 3,25 y 4 metros.
- Ancho: 12 a 16 metros.
- Inclinación del techo: mayor a 25°

Ventilación

Por ventanas frontales y laterales.

Materiales

Estructura en hierro, y cobertura de plástico.



Cubiertas - tensadas



Cubiertas - individuales

Síntesis

Es recomendable la utilización de al menos un cobertor para brindarle la protección al cultivo de las lluvias, vientos y rayos ultravioleta

Análisis Perceptual

Cromática

Por trabajar con plantaciones que requieren de mucha luz, es necesario trabajar con colores como el blanco y materiales reflectantes, es similar a un laboratorio médico esterilizado, todo claro, con colores llamativos que destaquen aspectos importantes del sistema y que permita resaltar la limpieza del entorno.

La iluminación es de suma importancia y los expertos recomiendan el uso de luz blanca para las plantaciones por que permiten fotosintetizar de forma más rápida y efectiva.

El uso de la lona o mallas antiáfidos se recomiendan de color blanco por que evita la creación de algas, difumina la luz y deja ver claramente donde hay acumulación de suciedad para ser removida. Los plásticos protectores existen de diversos colores pero se utiliza con mayor frecuencia el transparente que refleje los rayos ultravioleta que daña a las plantas.

Categorías semánticas

Se busca determinar la tendencia de la propuesta al analizar los sistemas existentes en ejes opuestos, para nuestro caso, nos interesa buscar la simplicidad del sistema y que a la vez tenga una apariencia de salubridad por tratarse con alimentos.

Aspecto formal

Se busca la simplicidad, la maximización del uso del espacio por medio de curvaturas y superficies planas que faciliten la utilización, la limpieza y maximizar el uso del material.

Preferiblemente estructuras poco voluminosas, poco complejas, agradables a la vista.

Debe buscarse la integración de los diferentes subsistemas, es mucho mas agradable y da más seguridad al productor al adquirir un sistema de este tipo, entre menor cantidad de piezas menos mantenimiento requiere y menos probabilidad de falla.

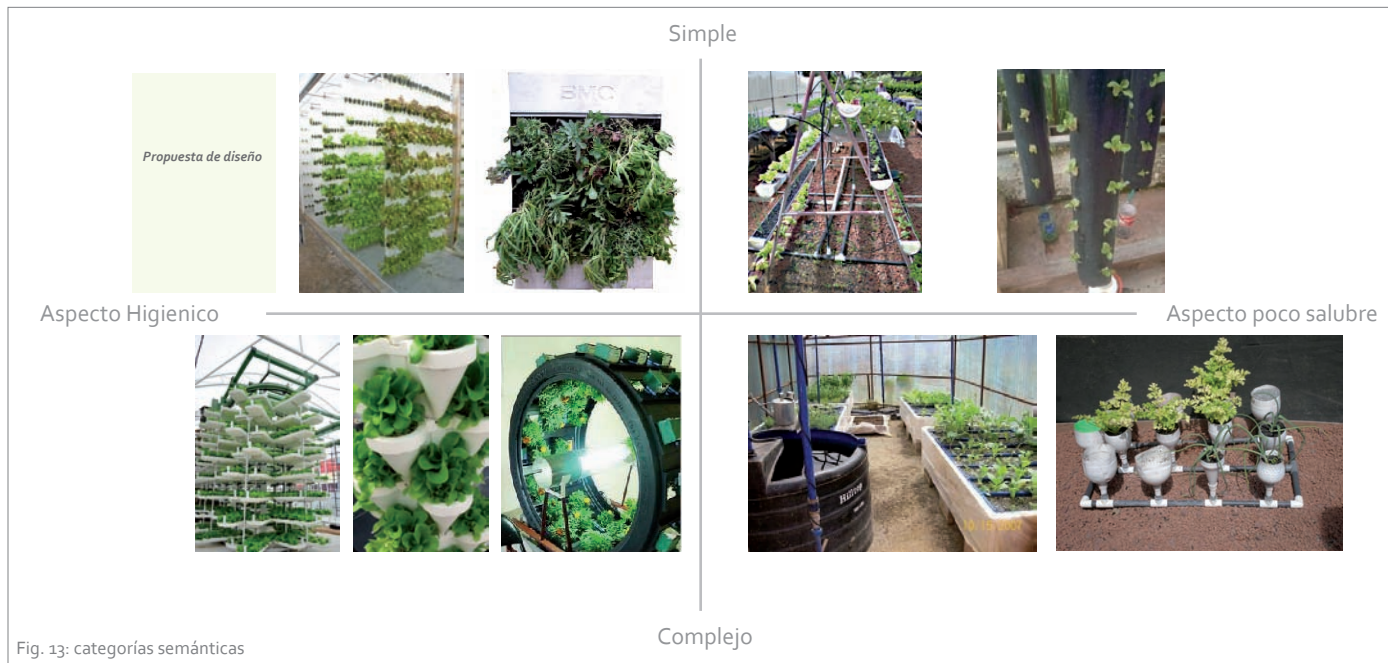


Fig. 13: categorías semánticas

Análisis Ergonómico

Interacción con el usuario

Por la variedad de sistemas artesanales que existen, se han seleccionado los más utilizados para describir parte de la disconformidad que existe en el momento de dar mantenimiento al cultivo.

Cultivos Horizontales

- Las "camas" artesanales son incómodas: alturas desproporcionadas (20 cm de separación entre la base de la cama y el piso) conllevan a posturas no naturales, o se utilizan de longitudes muy extensas (6 metros) lo que provoca largas distancias de desplazamiento.

Cultivos Verticales

- El principal problema ergonómico es que existen zonas de poco acceso o de acceso incómodo, según el tipo de cultivo así es el espacio que requiere, pero las aberturas son estándar, no se puede regular para distribuir plantas en espacios muertos.

Cultivos Verticales - Horizontales

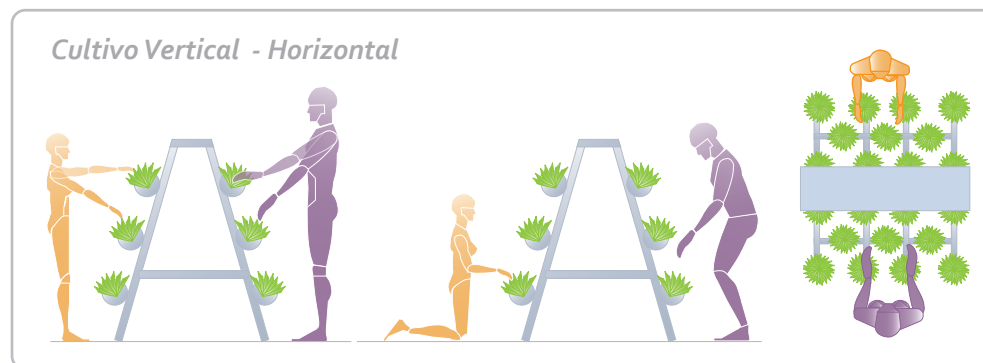
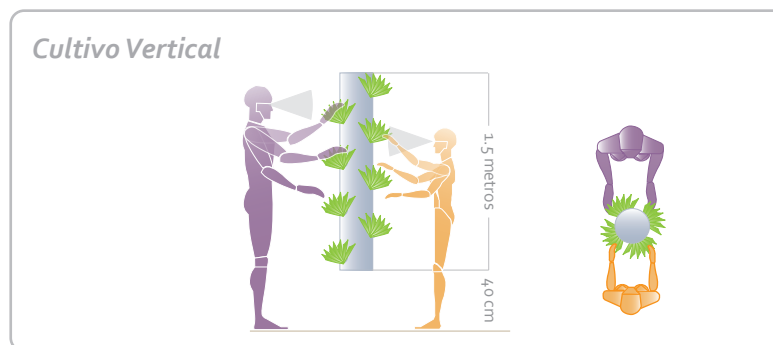
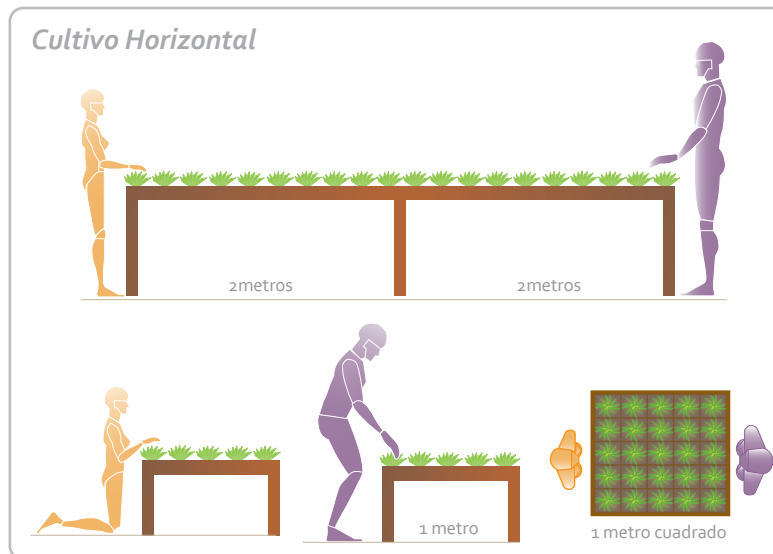
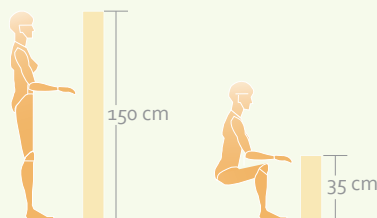
- De forma similar a los sistemas verticales tienen el inconveniente de que tiene poco acceso o acceso incómodo en algunas zonas del sistema.
- La extensión horizontal puede prolongarse para aumentar la producción, sin embargo se incurre en las dificultades que se generan en sistemas horizontales.

Síntesis

Eviatar proponer la altura de 150 cm de altura

Establecer como altura mínima los 35 cm

Establecer rutas de acceso de manera que se aproveche el espacio pero no se genera fatiga por desplazamiento



Análisis tecnológico

Características de materiales

En la siguiente tabla se analizan las características del material y sus posibles aplicaciones en los componentes del sistema, así como las ventajas, desventajas y cuidados a tomar en cuenta a mediano y largo plazo.

Materiales comunes para estos sistemas

Características

Ventajas

Desventajas

Metal

Dúctil y maleable.
Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga.
Combinación de propiedades.
Son brillantes.
Susceptibles a la corrosión.

Idóneo para **estructura** del sistema.
Requiere poco mantenimiento.
Tecnologías de transformación nacional
Costo medio de transformación.

Peso alto de los metales de bajo costo y los metales livianos son de un costo mas elevado.

Plastico

Ligeros.
Algunos son transparentes.
Mal conductor del calor y laelectricidad.
Hay permeables e impermeables.
Bajo costo.
Diversidad de colores y acabados.

Ideal para uso en **superficies**.
Casi no requiere mantenimiento.
Fácil de limpiar.
Bajo costo en laminas como PVC o acrílico.

Costo muy elevado para la fabricación de formas especializadas.
No sirve para estructuras.

Textiles o lonas

Flexibles y resistentes.
Fáciles de trabajar.

Ideal para **recubrimientos** o para **superficies** tensadas

No sirve para estructuras
La mayoría de los textiles son dados a ensuciarse con facilidad.
Requiere un mantenimiento continuo.

Materiales poco comunes

Madera

No conduce el calor ni electricidad.
Fácil de trabajar.
Resiste a la tensión mas que a compresión.
Poca durabilidad en ambientes externos (sin acabado).
Susceptible al fuego.

Bajo costo de obtención y transformación.
Tecnologías presentes en el país.
Posible uso para estructura

Requiere de mantenimiento constante para alargar su vida útil, sobre todo en exteriores

Ceramicas

Son fuertes y duros, aunque frágiles y quebradizos.
Transparente (solo vidrio).

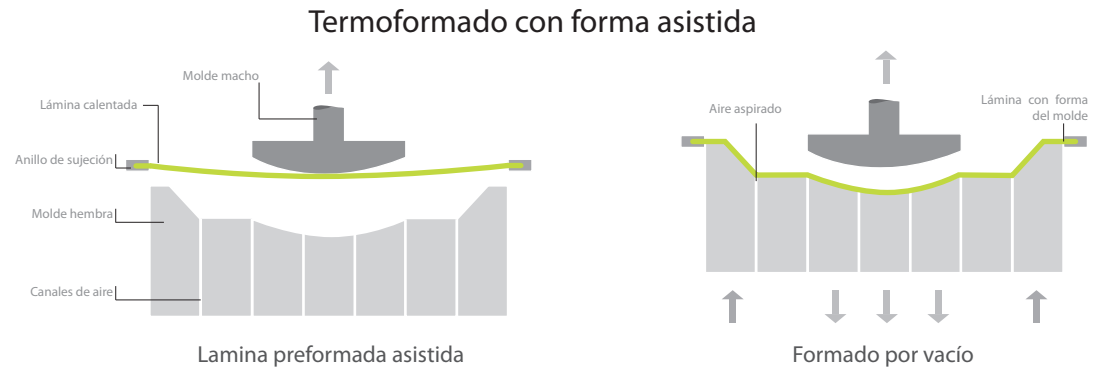
Son especiales para evitar la suciedad y las baterías.
Fáciles de limpiar.
Bajo costo de fabricación

Muy frágiles y pesados.
No sirven para estructurar.

Características de Procesos

Termoformado

Es un proceso de fabricación de piezas en el que se parte de una lámina de materiales plásticos previamente obtenida y que por la acción del calor proporcionado por una pantalla, placa u horno, eleva la temperatura de la lámina para que quede apta para la deformación. Luego, con la utilización de un molde, sumado a la acción de aire comprimido o vacío se hace adherir la lámina al molde, el cual, por estar frío, rigidiza la pieza.



Soplado

Es un proceso por medio del cual se producen objetos de plástico huecos, como botellas.

Es un proceso semicontinuo que incluye dos pasos, la extrusión del polímero fundido a través de un dado especial con un perfil tubular llamado párison y el inflado de este tubo en un molde, del cual toma la forma final el polímero extruido.



Funciones principales del sistema

Funcion de primer orden: Brindar las condiciones adecuadas para propiciar el crecimiento del cultivo

- Iluminacion adecuada
- Nutrientes necesarios
- Soporte o sosten
- Espacio adecuado para el crecimiento
- Temperatura adecuada
- Humedad necesaria

Funcion de segundo orden: Facilitar al hidrocultor el control, mantenimiento y cuidados tanto de las plantas como del sistema

- Tener acceso a todos los componentes
- Tener acceso a todas las plantas
- Controles sobre estado del nutriente
- Facilitar la cosecha
- Permitir un manejo adecuado de plagas y enfermedades
- Generar una percepcion agradable y amigable
- Propiciar la higiene

Funcion de tercer orden: Adaptarse a las necesidades de multiples cultivos y entornos de uso

- Optimizar el uso del espacio
- Adaptarse a las posiciones y limitaciones de la planta
- Soportar cargas (peso del cultivo, sustrato)
- Resistir agentes externos (sol, lluvia y viento)

Funciones, requisitos y requerimientos del sistema

Funciones del sistema	Requisitos del sistema	Características
Funcion de primer orden: Brindar las condiciones adecuadas para propiciar el crecimiento del cultivo	-Debe brindar iluminacion por 6 horas diarias	-Distribucion, espacio entre plantas y filas
	-Cada planta debe tener la alimentacion acorde a sus necesidades y etapas de crecimiento	-Sistema de riego y solucion acorde al cultivo
	-Debe tener la cantidad minima necesaria de sustrato para su sosten	-Forma y tipo de contenedor
	-Debe tener el espacio adecuado para el crecimiento	-Distribucion, espacio entre plantas y filas
	-Debe existir una temperatura entre 18 y 35 grados preferiblemente	-Acorde al clima de la zona y necesidades del cultivo
	-Debe haber humedad del 60% al 70%	
Funciones del sistema	Requerimientos del sistema	Características
Funcion de segundo orden: Facilitar al hidrocultor el control, mantenimiento y cuidados tanto de las plantas como del sistema	-Permitir el acceso en todas las zonas	-Distribucion, espacio entre plantas y filas
	-Facilitar el control de agua, nutrientes	-Debe tener controles e indicadores visibles
	-La percepcion debe propiciar la higiene y buena calidad del cultivo	-Utilizacion de matriales lisos, impermeables y faciles de limpiar
Funcion de tercer orden: Adaptarse a los requerimientos de multiples cultivos	-Configuraciones distintas para maximizar el espacio acorde al cultivo	-Distribucion, espacio entre plantas y filas
	-Estructura resistente a fuerzas, cargas y agentes climaticos	-Materiales y configuracion acorde al componente y sus respectivas funciones

Árbol de conceptos de diseño

Con base en el árbol de problemas se establece la base de diseño para la elaboración de las propuestas, y permite establecer parte de los criterios para selección de propuesta final

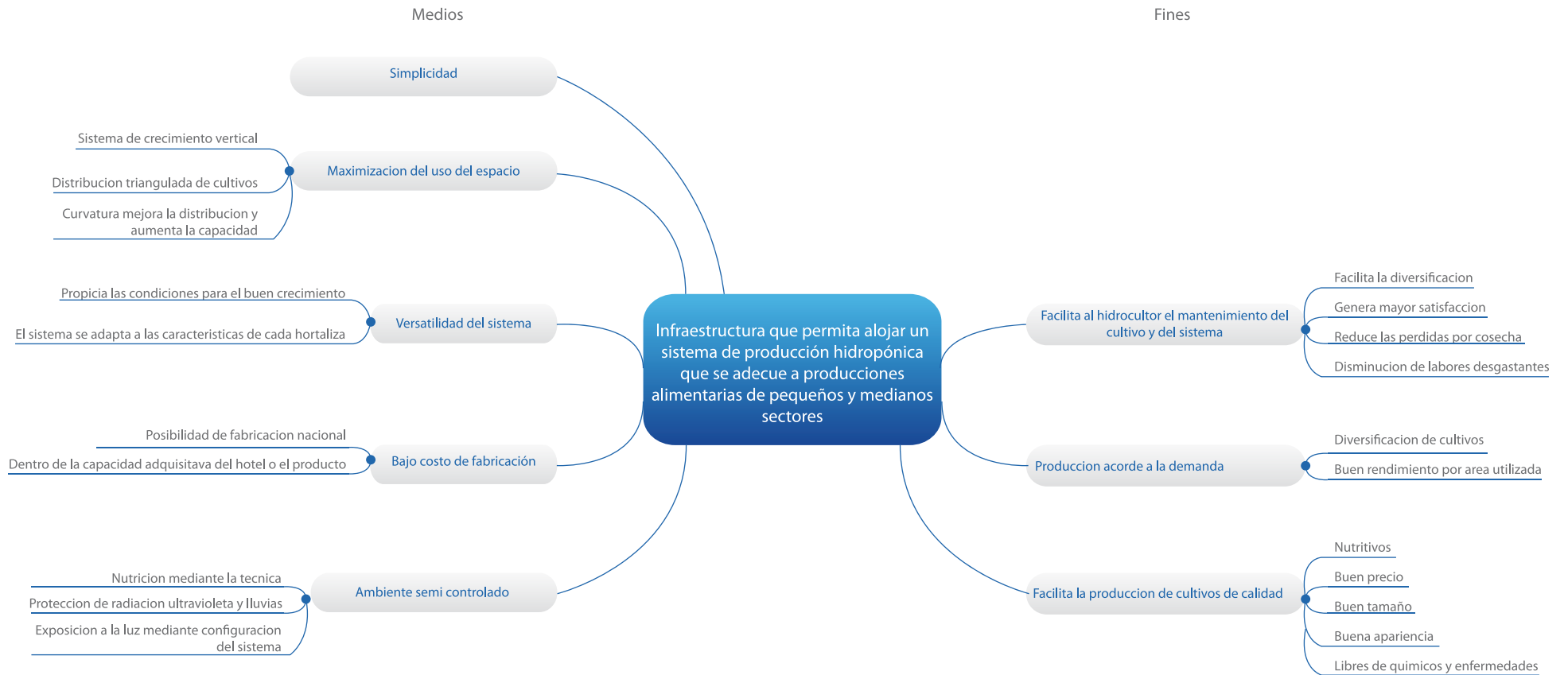
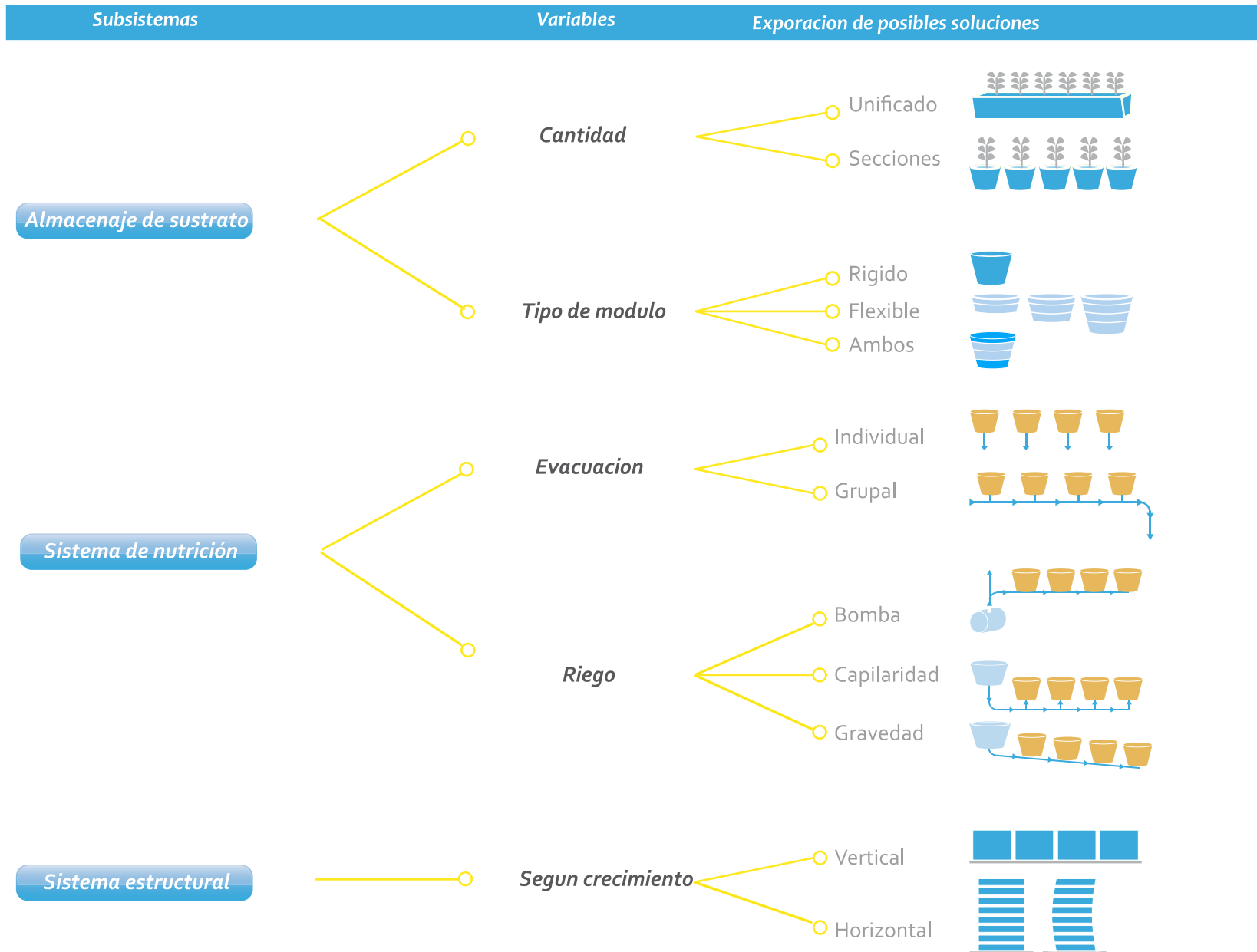
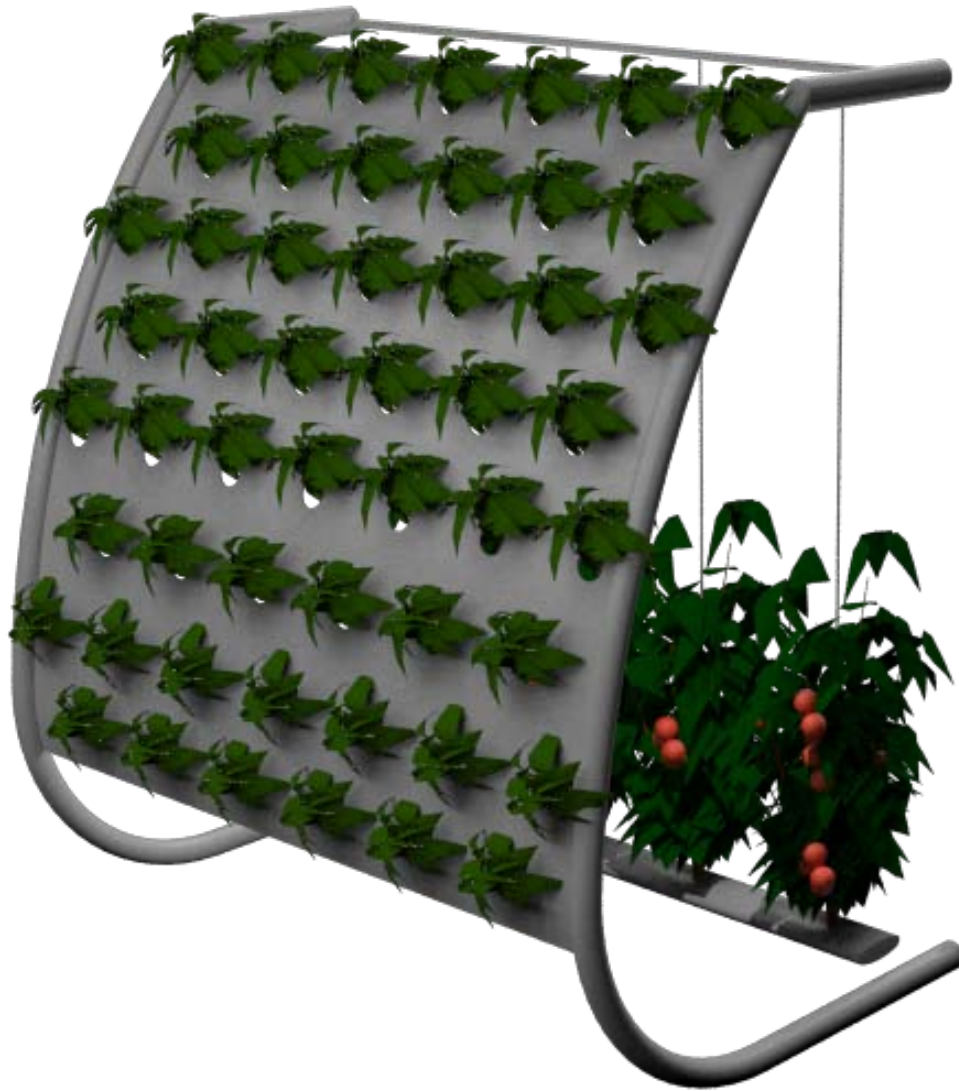


Fig. 14:Árbol de conceptos de diseño

Exploracion de posibles soluciones



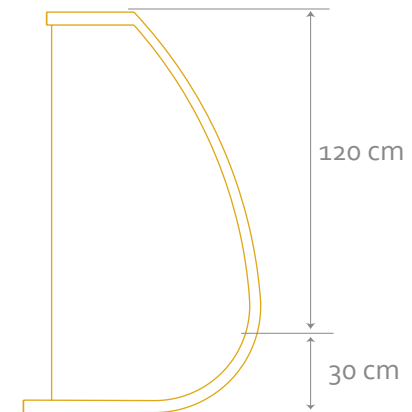
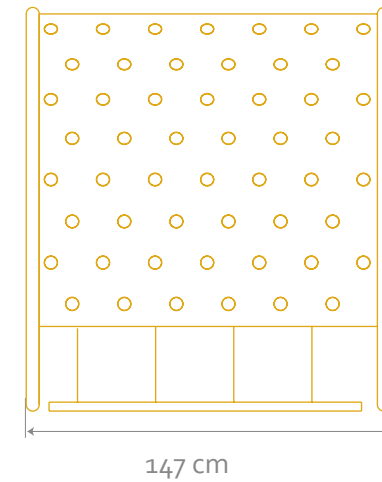
Propuesta 1



Descripción

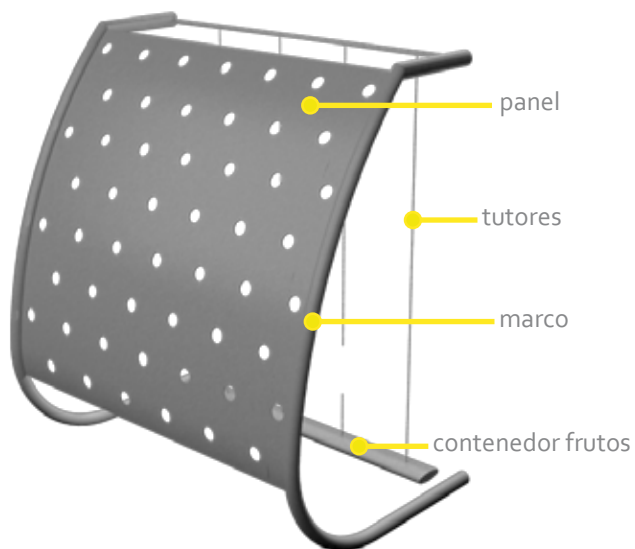
Puede almacenar dos cultivos simultáneamente, maximizando el uso del espacio. Almacena 4 plantas de frutos y 52 de hojas o raíz

Dimensiones

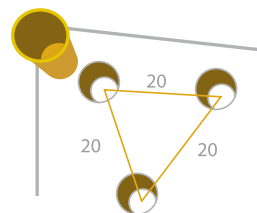


Componentes

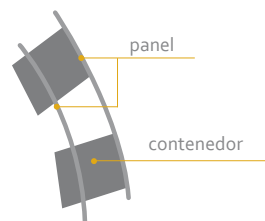
Estructura



Distribución de plantas



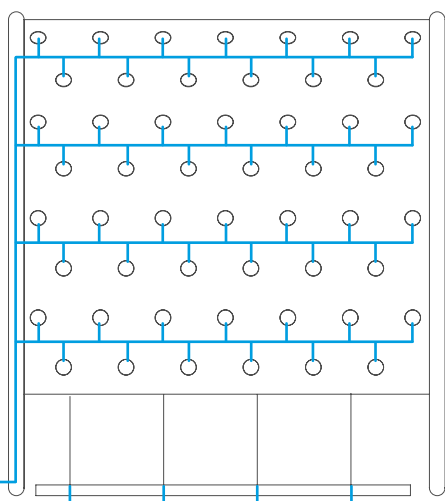
Doble capa



Posee contenedores individuales distribuidos en pata de gallo para maximizar el uso del espacio y mejorar recepción de luz

Posee dos paneles para sujetar los contenedores y crear un espacio interno para la tubería del riego

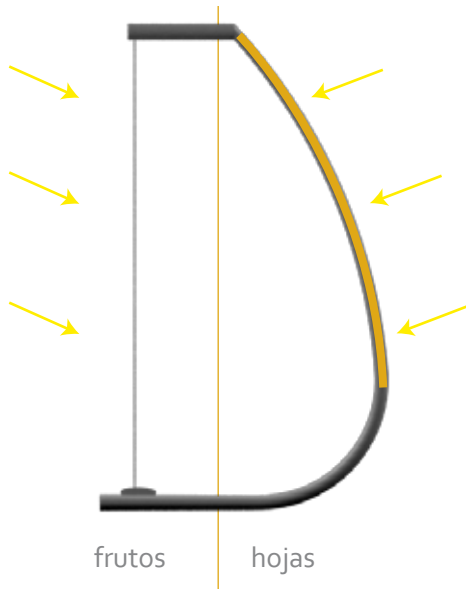
Sistema de riego



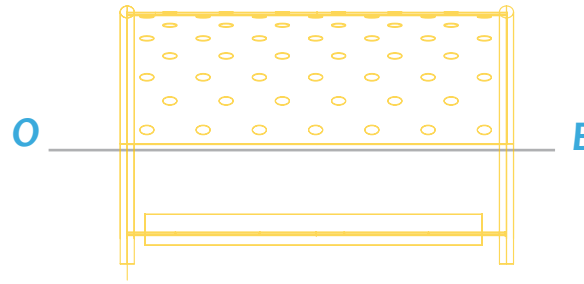
Posee dos paneles para sujetar los contenedores y crear un espacio interno para la tubería del riego

frontal

Recepción de luz



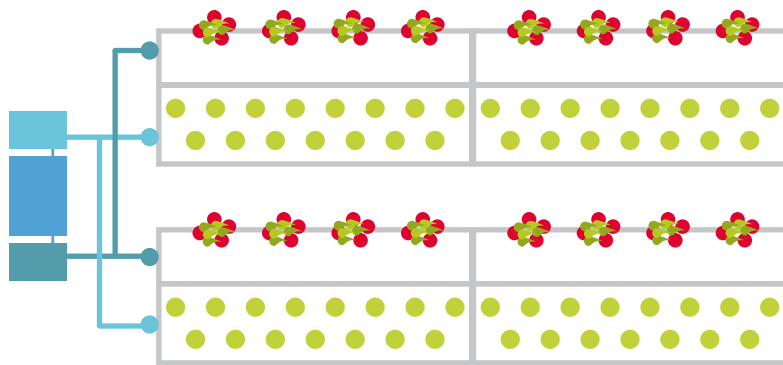
Orientación



La curvatura favorece la recepción de luz y la inclinación de los contenedores

Recibe luz durante todo el día

Crecimiento



2 sistemas
100 lechugas de 1 semana + algunos frutos

16 sistemas
para abastecer todo el año

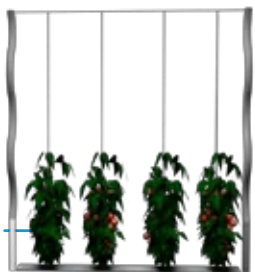
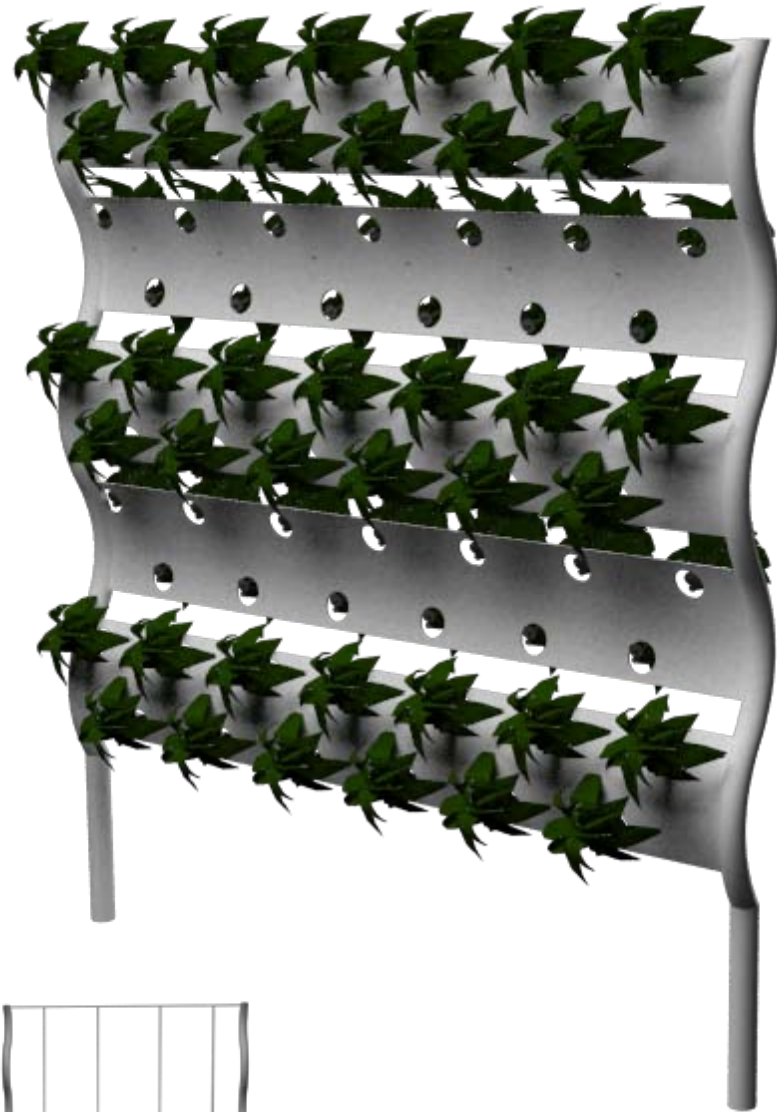
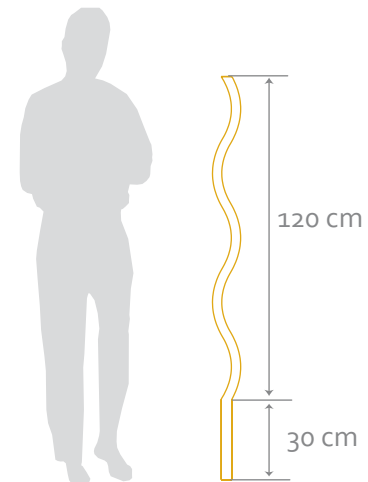
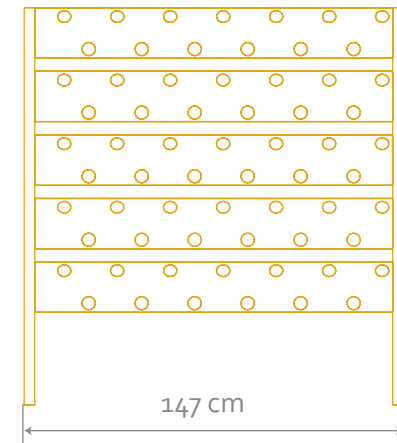
Sistema crece linealmente

Propuesta 2

Descripción

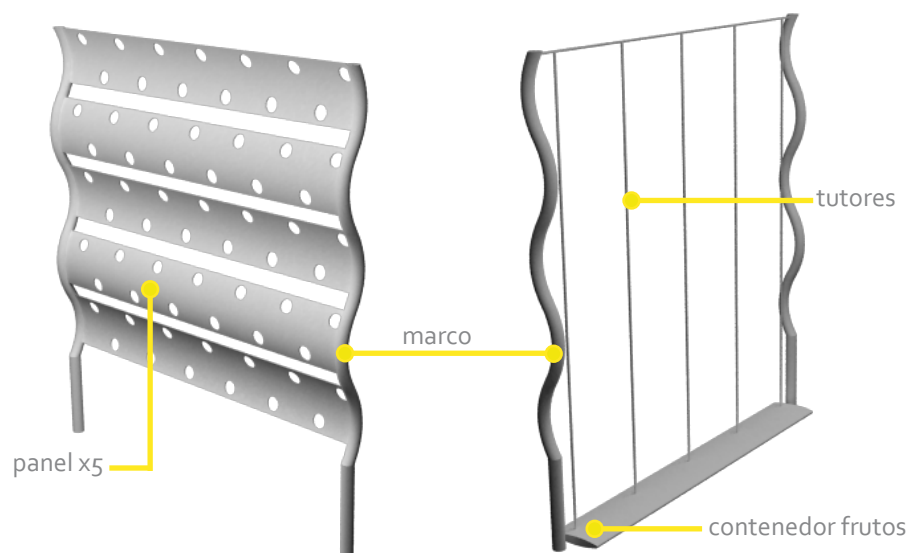
Puede almacenar distintos cultivos con cambios a la estructura base. Almacena 4 plantas de frutos y 65 de hojas o raíz

Dimensiones

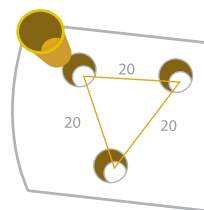


Componentes

Estructura

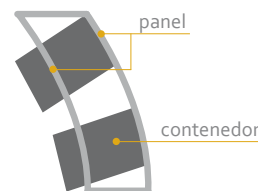


Distribución de plantas



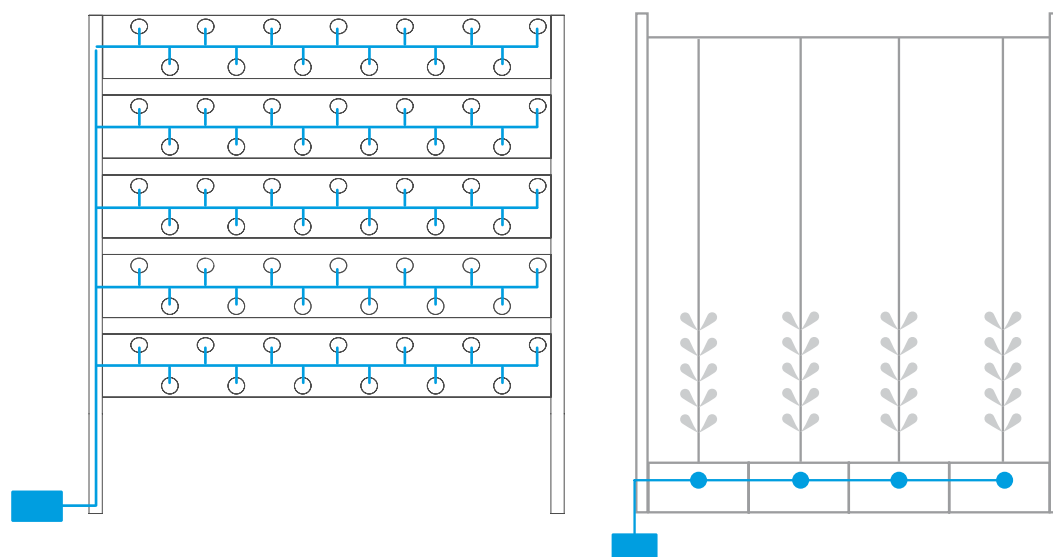
Posee contenedores individuales distribuidos en pata de gallo para maximizar el uso del espacio y mejorar recepción de luz

Doble capa



Existen dos paneles para dar soporte a los contenedores y dar crear espacio para la tubería

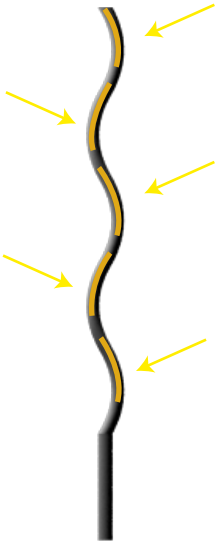
Sistema de riego



Existen dos paneles para dar soporte a los contenedores y dar crear espacio para la tubería

Aspectos formales

Recepción de luz



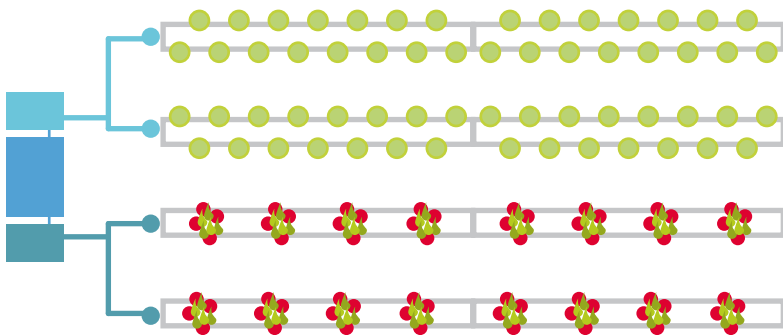
Orientación



Recibe luz durante todo el día

Mejor recepción de luz en la concavidades, se aprovechan ambos lados de la estructura

Crecimiento



4 sistemas
100 lechugas de 1 semana + algunos frutos

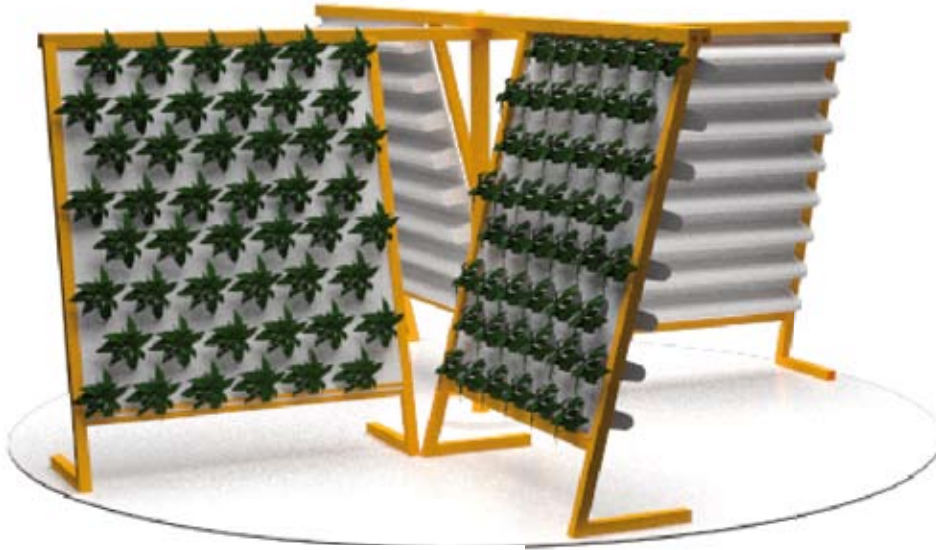
32 sistemas
para abastecer todo el año

Sistemas unidos de forma lineal al crecer

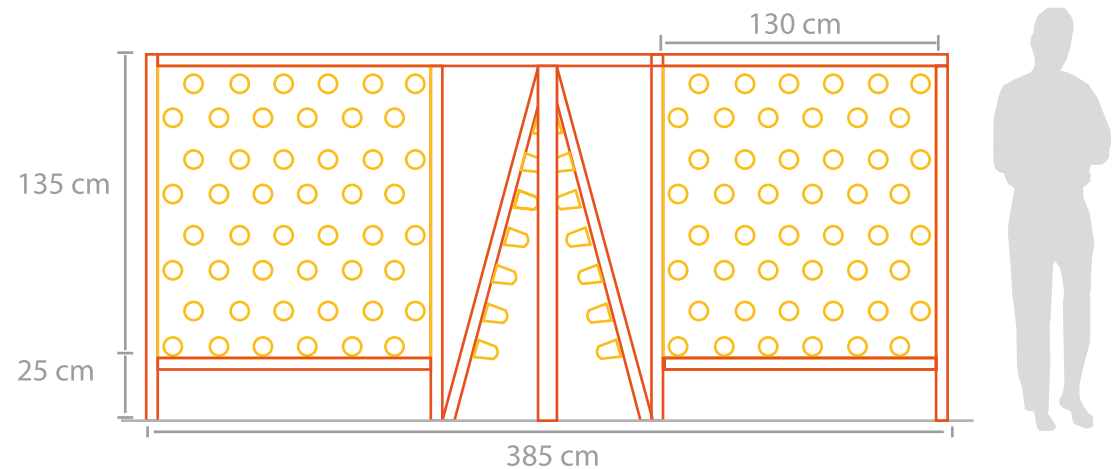
Propuesta 3

Descripción

Puede almacenar dos cultivos simultáneamente o por separado, maximizando el uso del espacio. Almacena 4 paneles con 48 hojas o raíz c/u y 4 hileras de frutos con 3 plantas c/u

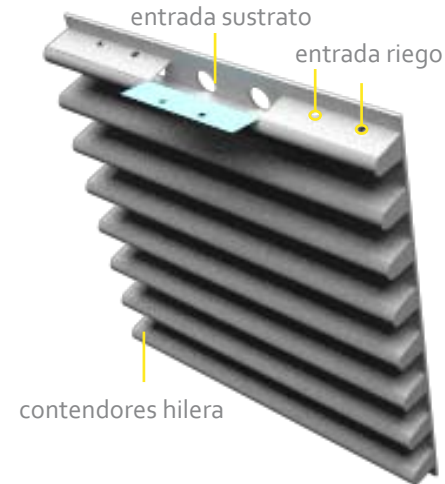
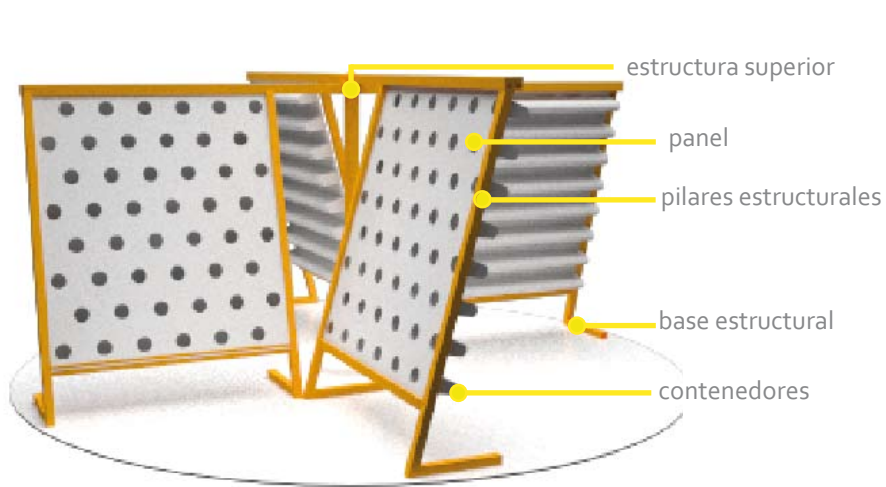


Dimensiones



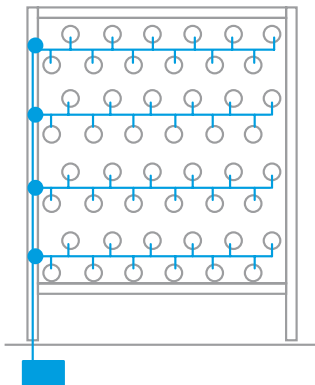
Componentes

Estructura

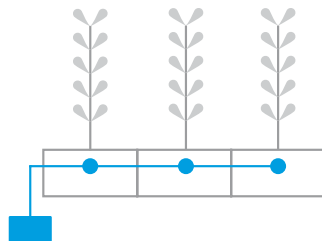


Posee contenedores por hilera para minimizar material, los orificios del panel se encuentran organizados en pata de gallo maximizando el espacio

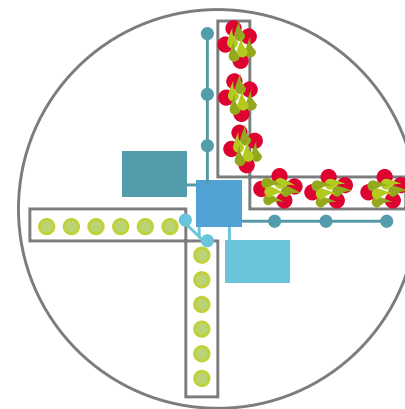
Sistema de riego



Frontal panel



Frontal contenedores frutos

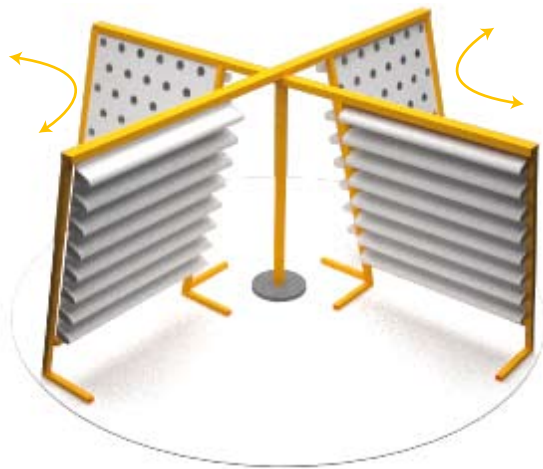


Superior unión del riego entre paneles

El sistema se unifica 2 paneles con un mismo sistema de riego, esto agrega mayor piezas y complejidad de instalación

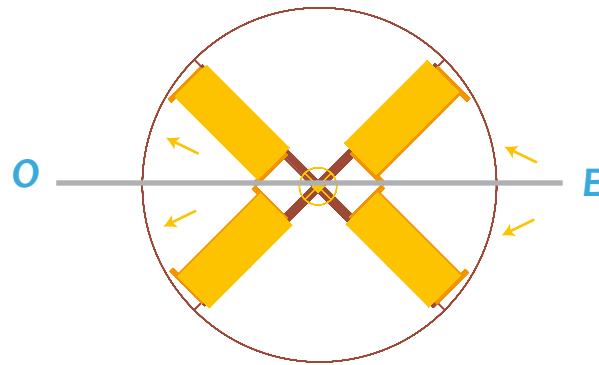
Aspectos formales

Recepción de luz

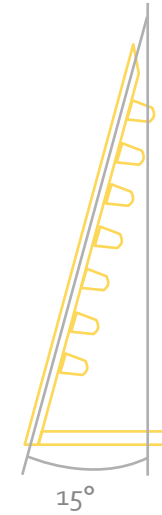


Paneles rotan en eje x

Orientación

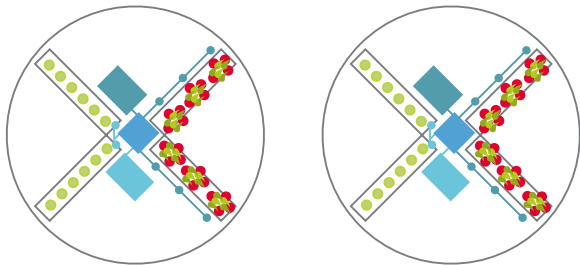


Recibe luz durante todo el día



Ángulo de 15° mejora recepción de luz, además se abren en el eje x para adquirir una mejor exposición

Crecimiento

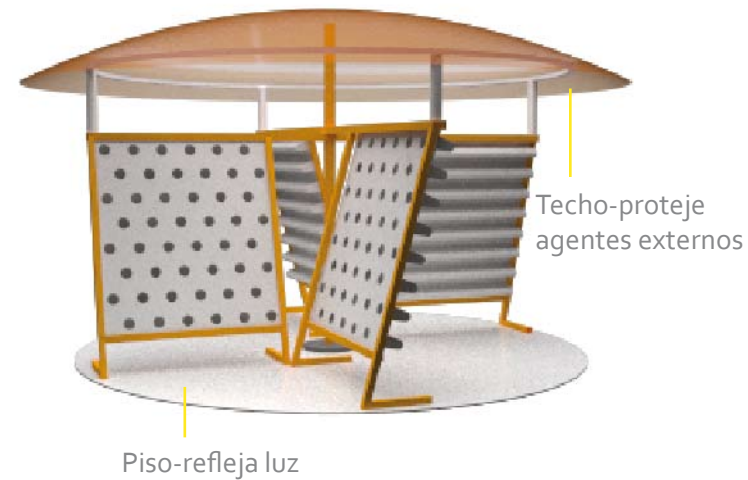


Sistemas separados al crecer

1/2 sistema
96 lechugas de 1 semana + algunos frutos

4 sistemas
para abastecer todo el año

Posibles extras



Piso-refleja luz

Techo-proteje agentes externos

Pruebas experimentales

Prototipos experimentales

Para asegurarnos el buen funcionamiento del sistema, se desarrollaron tres prototipos experimentales, tomando en consideración los aspectos formales y distancias entre plantas de cada propuesta, esto para evaluar:

1. Recepción de luz según la inclinación
2. Velocidad de crecimiento
3. Confort de la planta

Todos los sistemas se encuentran bajo las mismas condiciones, en el mismo lapso de tiempo y el cultivo es el mismo (rabanito).



Recepción de luz y confort de la planta

Según la observación realizada podemos determinar:

1. La curva amplia facilita la recepción de luz, las plantas crecen de forma perpendicular al sol, lo que facilita su crecimiento y es mucho más constante.
2. Lo contrario sucede en la curva angosta y en el plano, existe cierto grado de estrés ya que los mismos contenedores por la inclinación que poseen obligan al tallo de la planta a tomar ángulos de torsión innecesarios, retardando el crecimiento y disminuyendo las horas luz aprovechables por sistema.



Crecimiento en curva amplia



Crecimiento en sistema plano

Velocidad de crecimiento

A continuación se presenta el gráfico que demuestra la velocidad de crecimiento de cada planta según el sistema en que se encuentra:

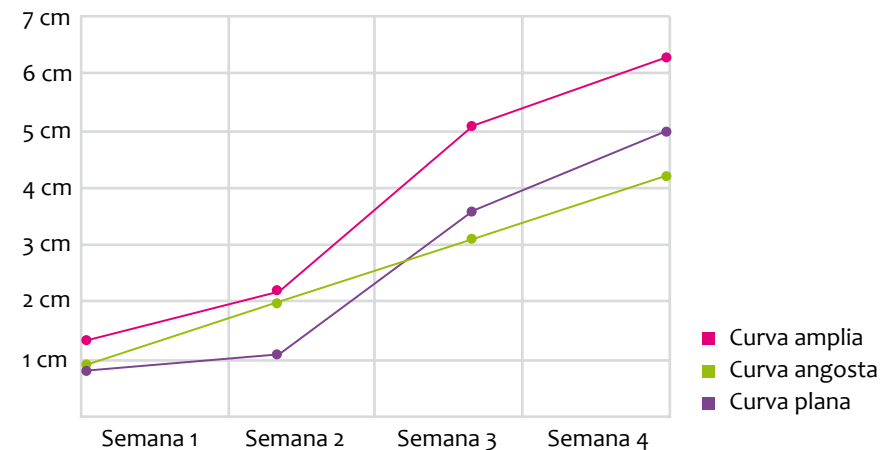


Figura15: Gráfico de velocidad de crecimiento

Parámetros de evaluación

Además de la curva de crecimiento se evaluarán en la siguiente tabla aspectos importantes que deben contemplarse en el diseño y reafirmarán la opción más acertada.

Criterios de evaluación	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Crecimiento de plantas Recepción de luz Crecimiento uniforme	Buena recepción de luz en todas las hileras Crecimiento uniforme +	Buena recepción de luz en todas las hileras Crecimiento uniforme +	Recepción de luz limitada en la parte inferior por inclinación, genera crecimiento no uniforme (15° inclinación insuficiente) -
Sistema simple Pocas partes Facilidad de instalación Facilidad de mantenimiento	Posee pocas partes e instalación simple El mantenimiento es regular ya que no permite control por secciones +	Mediana cantidad de piezas (estructura más compleja) Fácil de instalar Permite mantenimiento por secciones +	Posee muchos elementos aumentando dificultad de instalación Si hay facilidad de mantenimiento -
Unidad entre sistemas Crecimiento Área ocupada	Si hay unidad entre sistemas y aprovecha al máximo el espacio ya que se siembran dos cultivos simultáneamente +	Existe unidad entre sistemas y utiliza poca área +	No se unifica con otro sistema, es independiente, por lo que ocupa mayor área -
Sistema de riego Facilidad de instalar + crecimiento	Fácil de instalar (es un sistema común) y permite crecer fácilmente +	Fácil de instalar (es un sistema común) y permite crecer fácilmente +	Dificultad de instalar al unir los paneles en direcciones contrarias Si existe otro sistema requiere de un nuevo sistema de riego -
Alojamiento de varios cultivos Simultáneo Separado	Permite alojamiento simultáneo +	No aloja cultivos simultáneamente lo cual requiere de mayor cantidad de sistemas si se quiere cultivar de diferentes tipos (fruto ó hojas) -	Puede alojar simultáneo o por separado según se desee +
Fabricación Simple Nacional Costos	Posible fabricación nacional, pocas partes reduce costos +	Mayor complejidad de fabricación por curvas y cantidad de elementos (aumenta costos) Si es posible fabricación nacional -	Posible de fabricar nacionalmente, fácil de fabricar (piezas simples) Costo elevado por cantidad de elementos +

Tabla 14: Parámetros de evaluación de las propuestas

Síntesis de selección de propuesta

Según los parámetros de evaluación establecidos en la tabla anterior y al análisis de la curva de **crecimiento**, se selecciona la estructura de la propuesta 1 como preliminar.

Beneficios

Favorece crecimiento

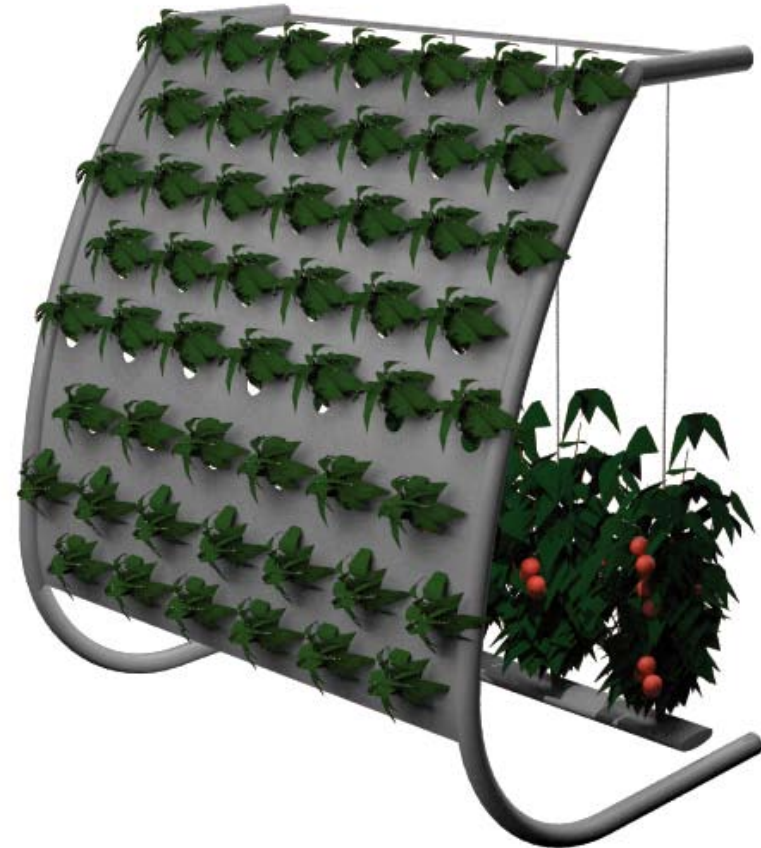
Permite el buen crecimiento de los cultivos, brindando buena recepción de luz en cada hilera por su curvatura

Estructura simple

Utiliza pocos elementos, permite el crecimiento del sistema sin abarcar gran área. Además el sistema de riego se facilita al crecer linealmente

Dos tipos de cultivos simultáneos

Máximo aprovechamiento del espacio al cultivar frutos y hojas simultáneamente; ya que no requiere de dos sistemas distintos (una para cada tipo).



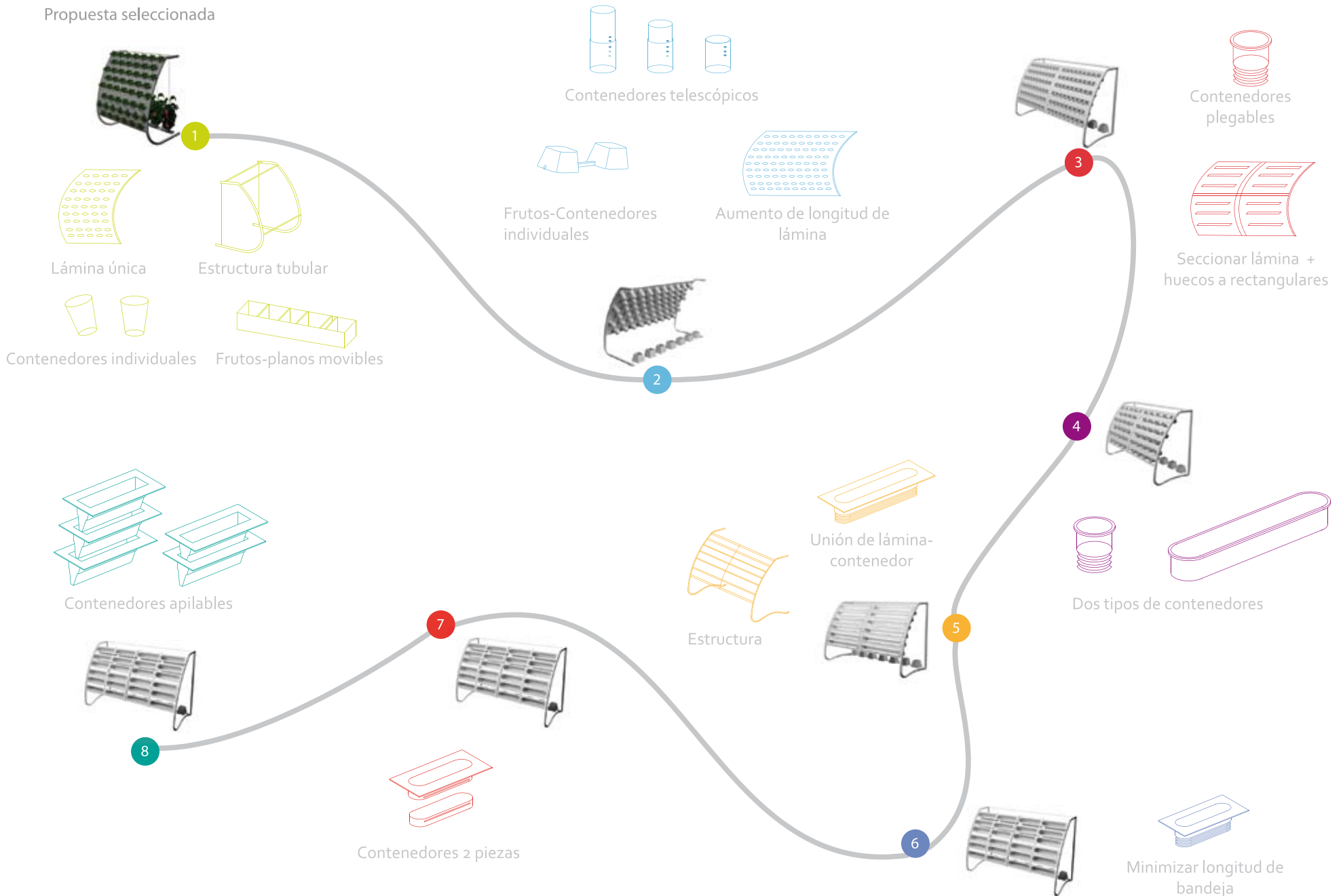
Siguiente etapa

Con esta base formal definida, en el capítulo 4 se desarrollarán propuestas y se definirá de la mejor solución del resto de componentes que conforman el sistema, siendo la **variedad de cultivos y mantenimiento** los aspectos más relevantes para la toma de decisión.

Evolución de la propuesta

En esta línea del tiempo se pueden visualizar las variaciones de los componentes en el proceso del diseño, las razones por las que se descartan y los aspectos positivos que se mantienen para la solución final.

Propuesta seleccionada



Evolución de la propuesta

1

La curvatura de la estructura permite mejor recepción de luz

2

El aumento en la longitud mejora el espacio entre plantas y se ocupan menos sistemas para obtener volúmenes altos de cultivo.
Los contenedores individuales minimizan el trabajo al momento de desplazarlos (no hay que sacar el sustrato del contenedor)

3

Los contenedores plegables brindan las profundidades requeridas por los cultivos en un solo contenedor
El seccionar la lámina facilita instalación y mantenimiento

4

Se proponen dos tipos de contenedores para disminuir el exceso de material y elementos en el sistema de riego

5

Se crea un solo contenedor el cual se pliega en la parte inferior y se coloca directamente sobre la estructura (sin lámina) disminuyendo así elementos en el sistema

6

Se disminuye la longitud del contenedor para mejorar la relación usuario-objeto

7

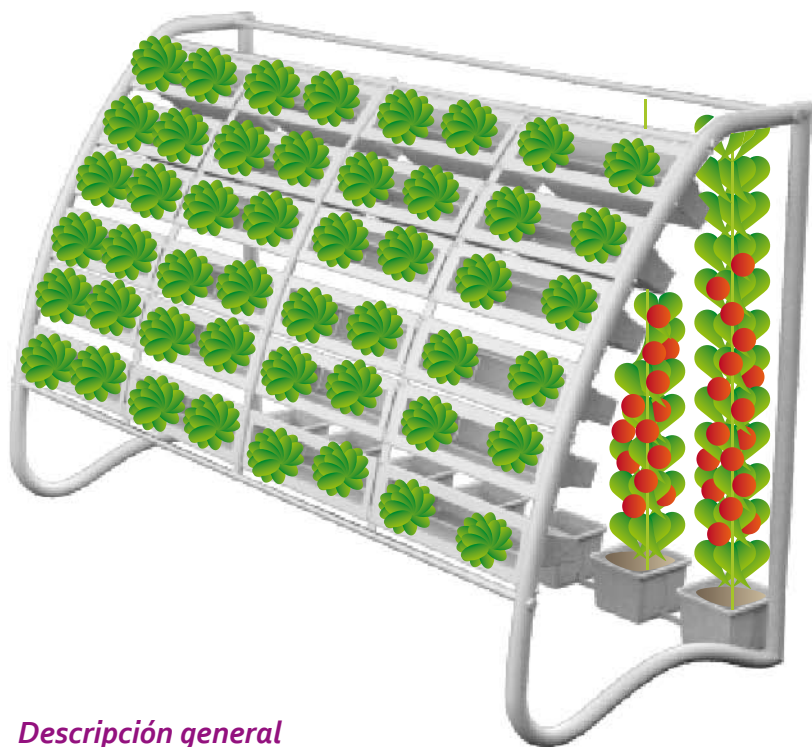
Se crea un contenedor de dos piezas que se unen mediante canales esto por la inhabilidad de fabricación en el país de la parte plegada

8

Se crea un contenedor apilable para disminuir espacio de transporte y almacenamiento

Propuesta definitiva

La propuesta muestra innovación ya que permite el alojamiento de gran variedad de cultivos, mediante contenedores removibles dentro de una estructura simple y fija



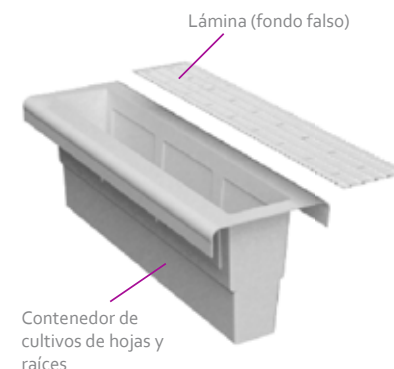
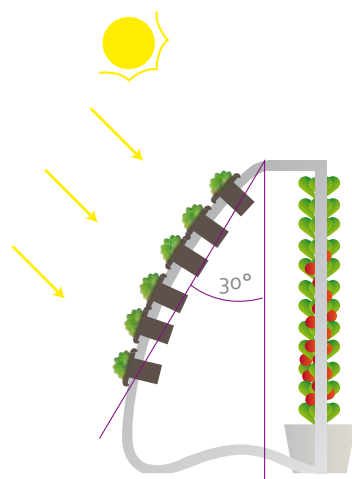
Descripción general

El sistema propuesto consta en dos espacios distintos cada uno diseñado para satisfacer los requerimientos de los cultivos que alojarán. El primer espacio albergará hortalizas de hojas o raíz. Posee contenedores dispuestos de forma vertical en una estructura con una curvatura de 30° para maximizar la recepción de luz con lo cual se asegura el buen crecimiento de las plantas.

El segundo espacio contendrá vegetales de frutos. En él se distribuyen los contenedores de forma horizontal brindando amplio espacio vertical para las plantas de grandes longitudes como el chile.

Primer espacio

Consiste en una pared de plantas formada por contenedores alargados dispuestos de forma vertical a lo largo de una curvatura con 30° de inclinación, esta curva dada por la estructura mejora la recepción de luz, ya que garantiza que los cultivos superiores no generen sombra a los inferiores, brindando así uniformidad de exposición a la luz, lo cual generará un óptimo crecimiento de los cultivos.



Funcionalidad de contenedor

Los contenedores se ajustan a las profundidades requeridas según el cultivo, esto para proporcionar un buen desarrollo de las raíces y de la hortaliza en sí. El mecanismo para realizarlo es un fondo falso, este plano permite el ahorro de sustrato, nutriente y de peso en el sistema. Las alturas son de 10 cm el primer nivel y 20 cm el segundo nivel, dentro de este rango se encuentra el requerimiento de profundidad de la mayor cantidad de plantas de raíz y hojas.

Unión a la estructura

El contenedor posee en sus extremos una curvatura para sujetarse a las barras de la estructura, esta unión permite que el usuario pueda instalar o retirar fácil y rápidamente el contenedor.

Características

El contenedor posee un sistema de drenaje en la parte inferior para eliminar excesos de líquido innecesarios.

El plano superior expuesto y de color blanco permite la reflexión de la luz, además reduce la generación de algas y hongos. La cavidad que presenta en el centro da paso a la profundidad del contenedor además de brindar mayor estructura y resistencia al material. Posee un alto relieve para darle rigidez al material. La curvatura en sus extremos sirve de agarre y enlace con la estructura principal.

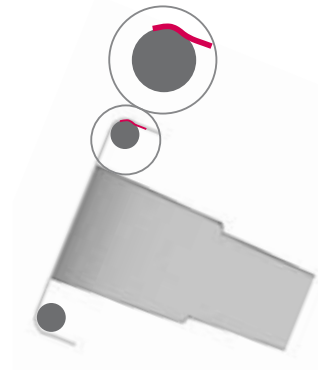
La lámina separadora de niveles tiene un estructura cuadrículada para darle mayor resistencia.

Fabricación

El contenedor y la lámina son fabricados con polipropileno de baja densidad en 1.5mm de espesor por medio del proceso de termoformado. Poseen un ángulo de inclinación de 3° facilitando la salida del molde en el proceso de fabricación.

Interacción

El contenedor posee 20 cm de profundidad 58 cm de largo y 16 cm de ancho lo que facilita su manipulación en el proceso. Cada contenedor posee un peso máximo de 5 Kg. recién terminado el riego, y un peso promedio de 4Kg, al momento del crecimiento máximo de la planta.



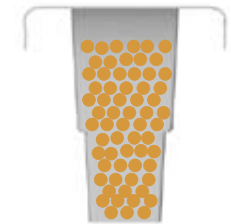
Esta pequeña curvatura proporciona un buen agarre de la estructura, al mismo tiempo que estabiliza el contenedor



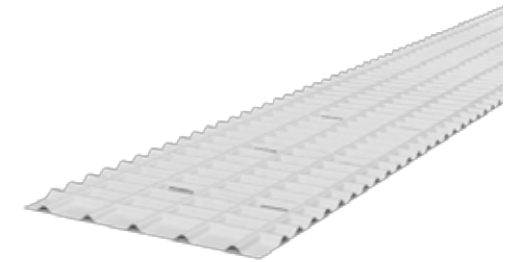
Alto relieve en la parte superior del contenedor brinda resistencia



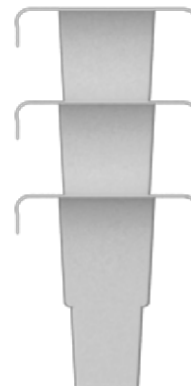
Nivel 1. Aloja cultivos de 10cm máximo de profundidad



Nivel 2. Aloja cultivos de 20cm máximo de profundidad



Estructura cuadrículada de la lámina



Contenedores apilables para ahorro del espacio en el almacenamiento y transporte



Huecos para drenar exceso de agua (lluvia principalmente)

Segundo espacio

Consiste en una hilera de contenedores ubicados a lo largo de una guía y una hilera de tutores(guía de crecimiento) situados en la parte superior, esto brinda un amplio espacio vertical libre para el correcto desarrollo de plantas que poseen grandes alturas como lo son el chile, el tomate y el pepino.

Funcionalidad del contenedor

Los contenedores son individuales ya que facilitan la manipulación al momento de desplazarlo según lo requiera el cultivo, evita el riesgo de perder nutriente por filtraciones y se utiliza el sustrato necesario por planta, las variaciones de distancias entre plantas van desde los 30cm hasta los 45cm.

Posee una forma de pirámide invertida que permite el ahorro de espacio para almacenamiento y transporte.

Características

La guía de contenedores garantiza que los contenedores se encuentren exactamente debajo de los tutores para brindarle así un apropiado soporte a la planta.

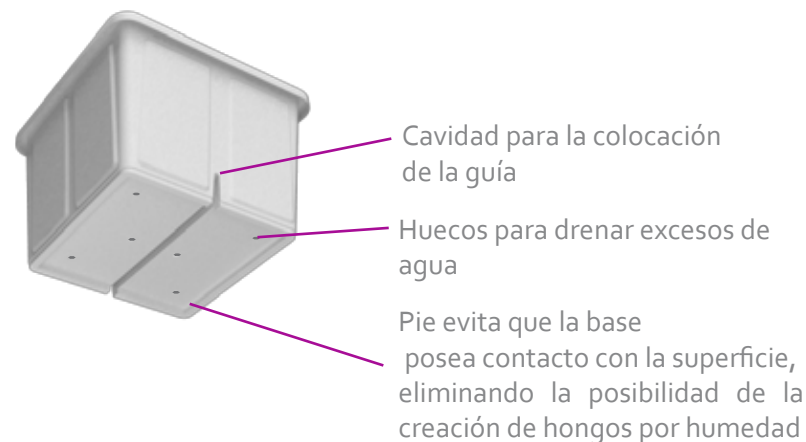
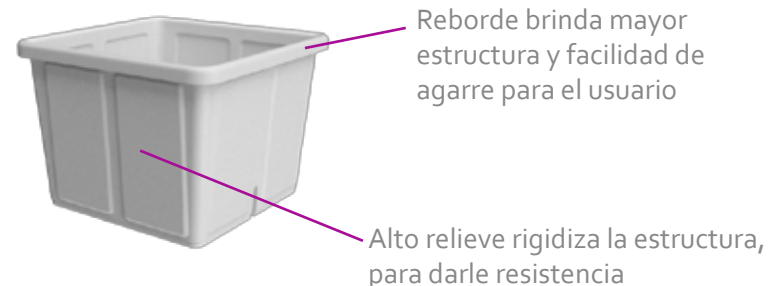
El contenedor posee un reborde para rigidizar el material y facilitar el agarre por parte del usuario, una cavidad en la parte inferior para situarlo en la guía, un drenaje para eliminar excesos de líquido innecesarios y un pie para evitar que toda la base del contenedor se encuentre en contacto con el suelo y produzca humedad con la salida de excesos de agua.

Fabricación

Este es fabricado con polipropileno de baja densidad en 1.5mm de espesor por medio del proceso de soplado.

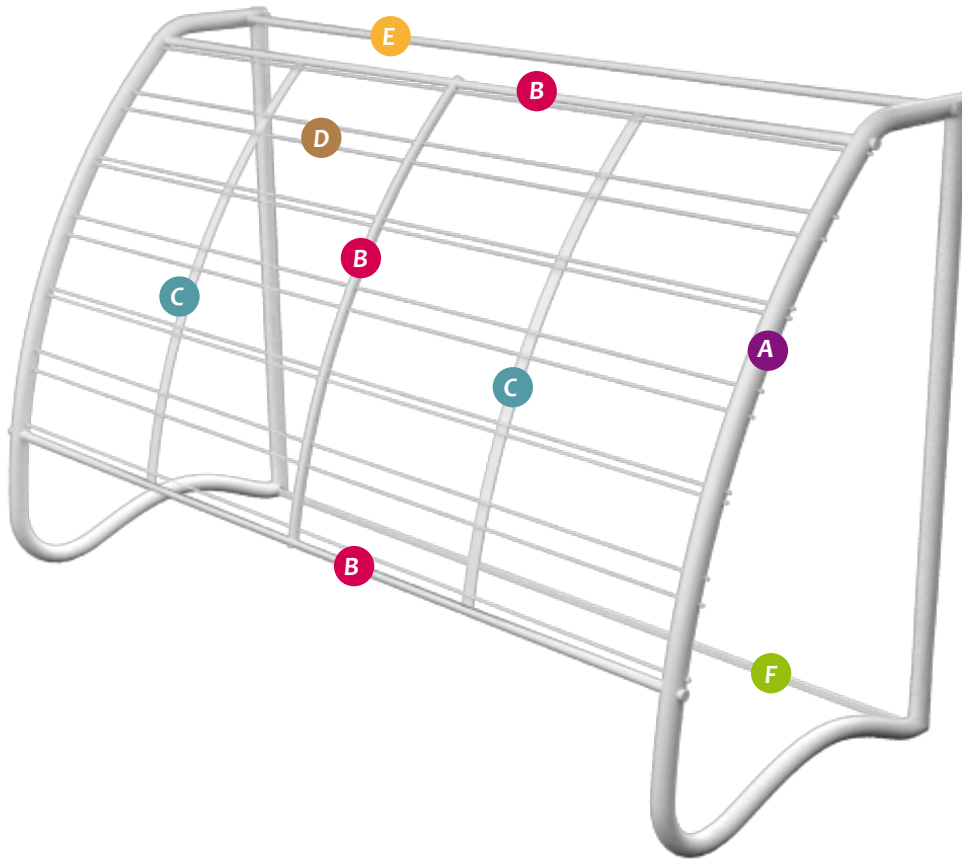
Interacción

El contenedor posee 15 cm de profundidad, 20 cm de base superior y 18 cm de base inferior. Cada contenedor posee un peso máximo de 8 Kg. recién terminado el riego, y un peso promedio de 6Kg con el crecimiento máximo de la planta.



Estructura

Se pueden visualizar claramente la distribución de cada componente en la estructura, las características del material que lo conforman y la cantidad de piezas que se requieren.



- A Marcos principales:** reciben todas las fuerzas del sistema, son lo que soportan todos los componentes.
- B Tubos redondos:** ayudan a distribuir las fuerzas a lo largo de la estructura brindando mayor estabilidad
- C Tubos redondos:** aumenta el soporte al generar mayor cantidad de puntos de apoyo (unión con barras) y mejoran la distribución de fuerzas, además funcionan como soporte para la tubería de riego
- D Tubo redondo:** son el soporte de los contenedores de hojas
- E Tubo redondo:** soporta el peso de las plantas de frutos
- F Angular:** es la guía de los contenedores de frutos

Pieza	Cantidad	Material
Tubo redondo 2 pulgadas (A)	2	Acero galvanizado
Tubos redondos 1 pulgada (B)	3	Acero galvanizado
Tubos redondos 1 pulgada (C)	2	Acero galvanizado
Tubos redondos 1 pulgada (D)	12	Acero galvanizado
Tubo redondo 1 pulgada (E)	1	Acero galvanizado
Angular 2" x 1/8 (F)	1	Acero galvanizado

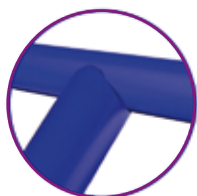
Uniones de la estructura

Se pueden visualizar la unión de cada elemento de la estructura y la razón por la cual se propone cada unión.

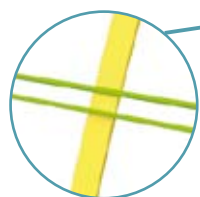
Se utiliza un retenedor para evitar que la barra se mueva e inestabilice el soporte de las plantas de frutos



Se utiliza soldadura para dar mayor rigidez y estabilidad a la estructura



Es la unión más importante del sistema, ya que debe soportar los esfuerzos de toda la estructura. Se realiza mediante un perno.



Se utiliza soldadura para dar mayor rigidez y estabilidad a la estructura

Se utiliza soldadura para cerrar el marco, lo cual lo convierte en un elemento muy fuerte capaz de soportar las fuerzas ejercidas por los demás componentes

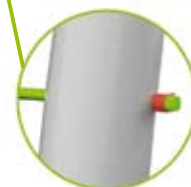


Al soldar los tubos, barras y platinas, genera una estructura muy estable, ya que se distribuyen mejor las fuerzas, facilita la instalación al convertirse en un sólo componente y evita errores de instalación que generen una estructura débil.

Se utiliza soldadura para dar mayor rigidez y estabilidad a la estructura



Se utiliza un retenedor para evitar que la barra se mueva e inestabilice el soporte de los contenedores de hojas



Agregación de sistemas y cubierta

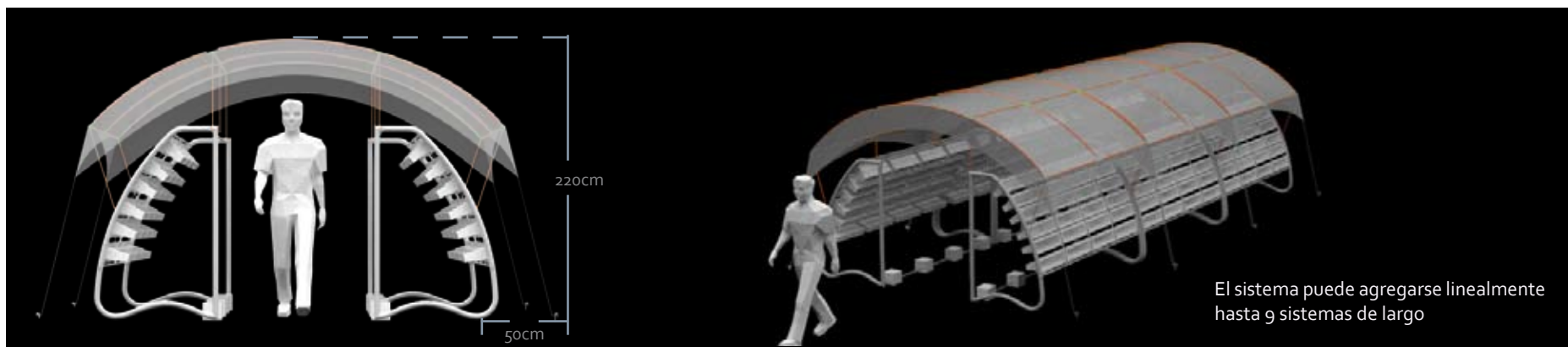
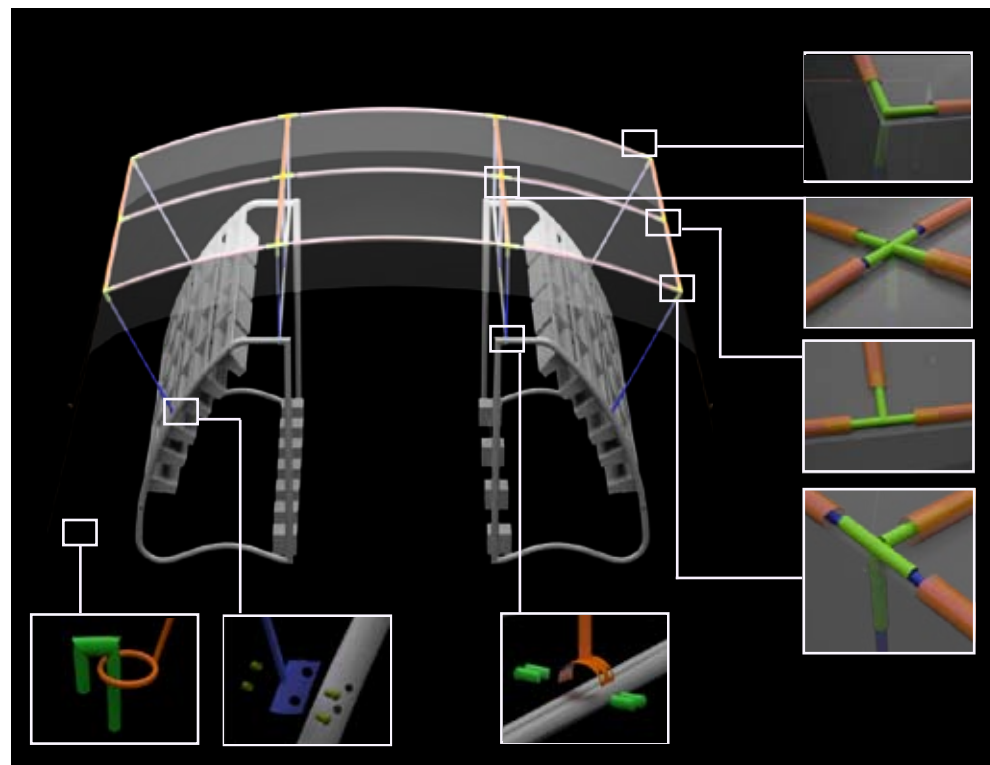
La agregación de sistemas consiste en unir módulos para hacerlos aun mas eficientes, la idea es utilizar la estructura base de dos de ellos y acoplar una tenso-estructura de superficie activa que permita proteger los cultivos de radiación ultravioleta y del impacto de la lluvia.

La estructura del cobertor consiste en tubos de aluminio de 3/8", que se acoplan por medio de uniones de aluminio de 7/16" y sobre el caparazón que se forma se coloca la cubierta tensada. Se fija al piso por medio de un anclaje y a la estructura por medio de tornillos.

Existe una distancia libre de 120cm entre sistemas para que personas y herramienta tenga espacio suficiente. La ventaja de esta cubierta en forma de túnel es que permite un ambiente semi controlado en el interior, protege el cultivo y brinda mayor estabilidad entre módulos.

Cubierta para clima lluvioso: Se propone utilización de polietileno transparente, para que de mas claridad y mayor protección de la lluvia

Cubierta para clima seco: Se propone sarán con un 30% de sombra para que proteja de sol excesivo, reduzca la temperatura y brinde mayor ventilación por la configuración del material



Sistema de riego

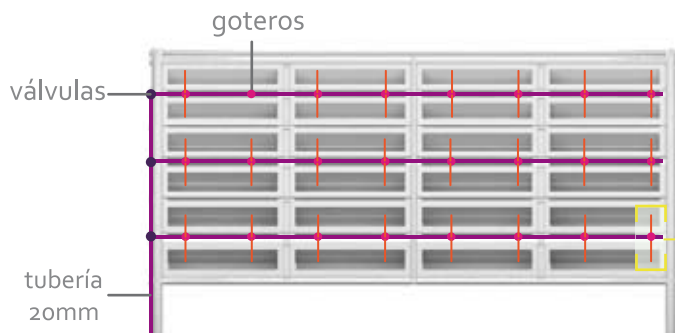
Funcionalidad

Este subsistema se encarga de transportar el nutriente desde la bomba hasta cada contenedor de plantas por medio de una serie de tuberías y conexiones.

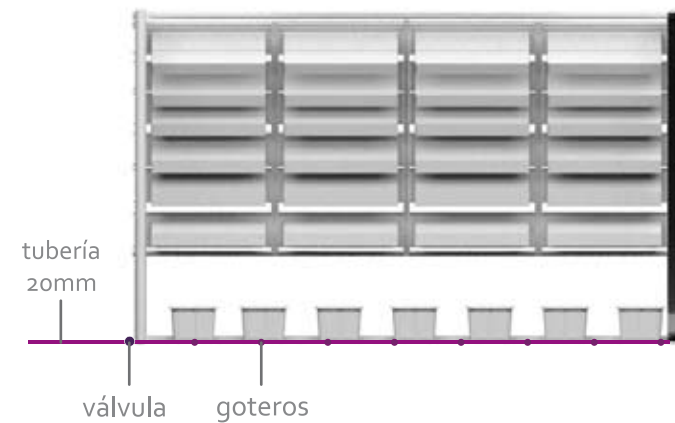
El sistema de riego se compone de una tubería principal que por medio de válvulas se separa en tuberías secundarias y estas se conectan a los goteros que distribuyen el nutriente a los contenedores por conductos pequeños llamados estacas.

Distribución en el sistema

Parte frontal

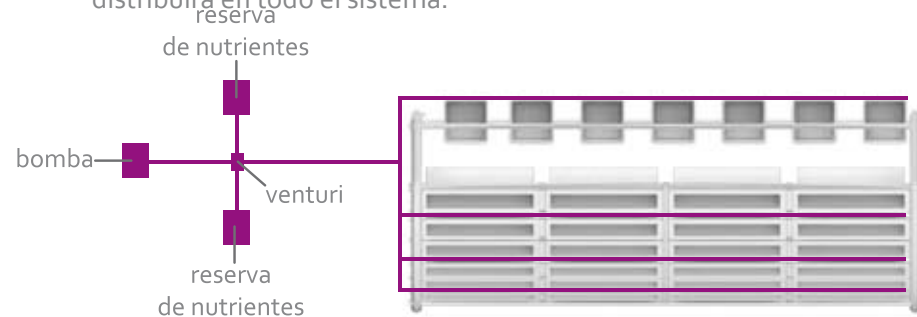


Parte trasera

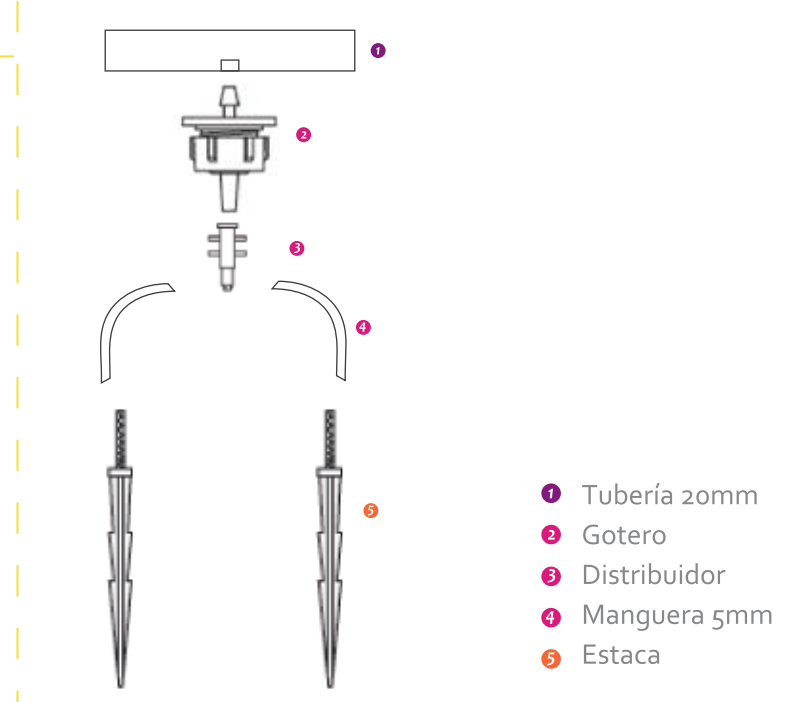


Distribución en planta

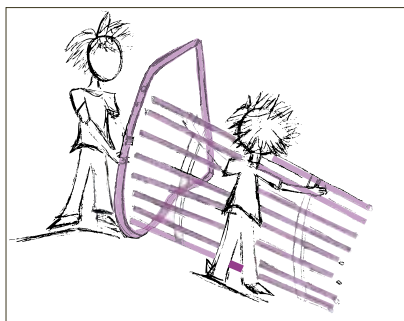
La bomba impulsa el nutriente hasta el último sistema con presión constante. El almacenamiento de nutrientes se separa en nutrientes para frutos y nutrientes para hojas, los cuales son succionados mediante un venturi y llevados hasta bomba que los distribuirá en todo el sistema.



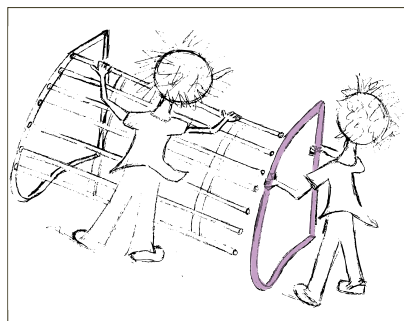
Unión gotero con estaca



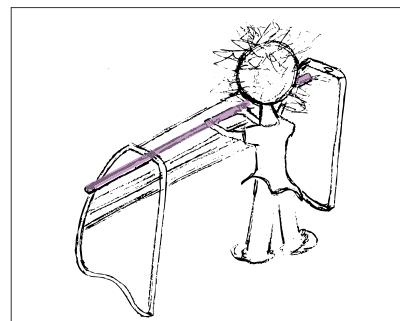
Secuencia de armado por subsistema Se muestra la secuencia de armado de cada subsistema y el tipo de uniones en cada etapa



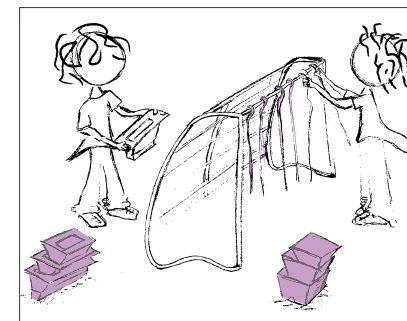
PASO 1:
Se une el primer marco a las barras horizontales



PASO 2:
Se une el segundo marco a las barras horizontales

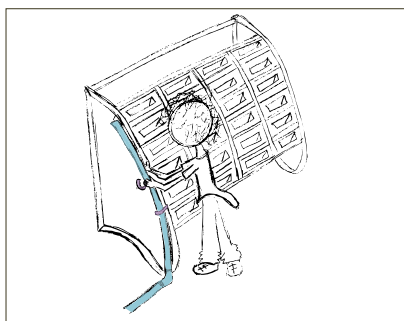


PASO 3:
Se coloca el tubo horizontal trasero

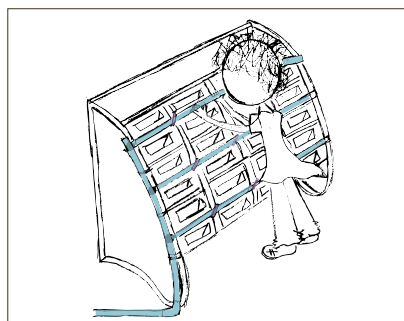


PASO 4:
Se colocan los tutores (guías) de plantas con fruto

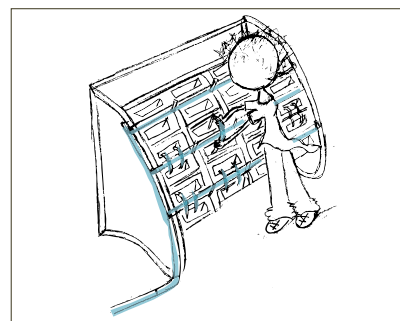
Estructura



PASO 1:
Se une la tubería principal al primer marco estructural

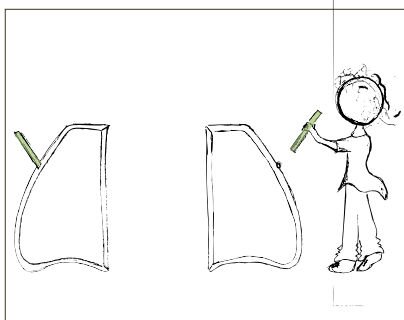


PASO 2:
Se unen las tuberías secundarias a las placas estructurales

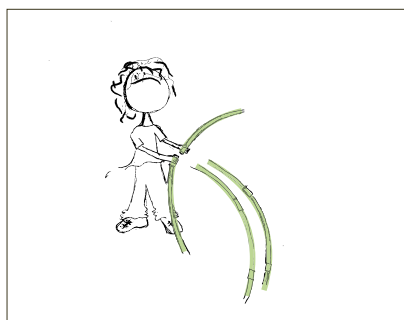


PASO 3:
Se colocan las estacas en cada contenedor

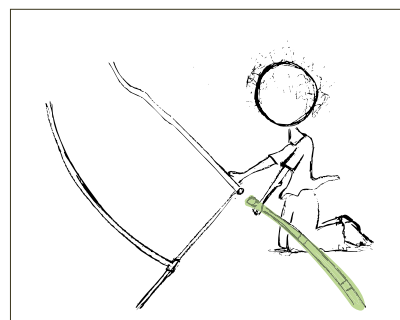
Sistema de riego



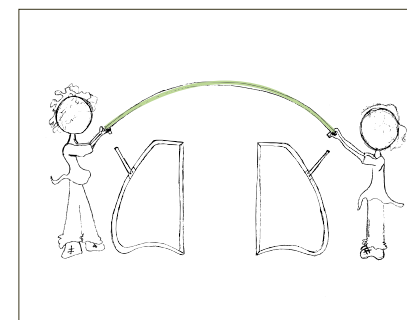
PASO 1:
Se unen las barras inclinadas a los marcos principales



PASO 2:
Se arman los tres marcos estructurales



PASO 3:
Se insertan los marcos en la cubierta



PASO 4:
Se fija la cubierta y los marcos a las barras inclinadas.

Cobertor

Interacción con hidrocultor

Tiene acceso a todos los cultivos

Altura máxima del sistema: 1m 50cm
Ancho máximo del contenedor: 60cm

Mantenimiento constante:

Instalar la bomba y dejarla regar por 3 minutos en la mañana y 3 en la tarde. Esto para cada tipo de nutrientes

Mantenimiento eventual:

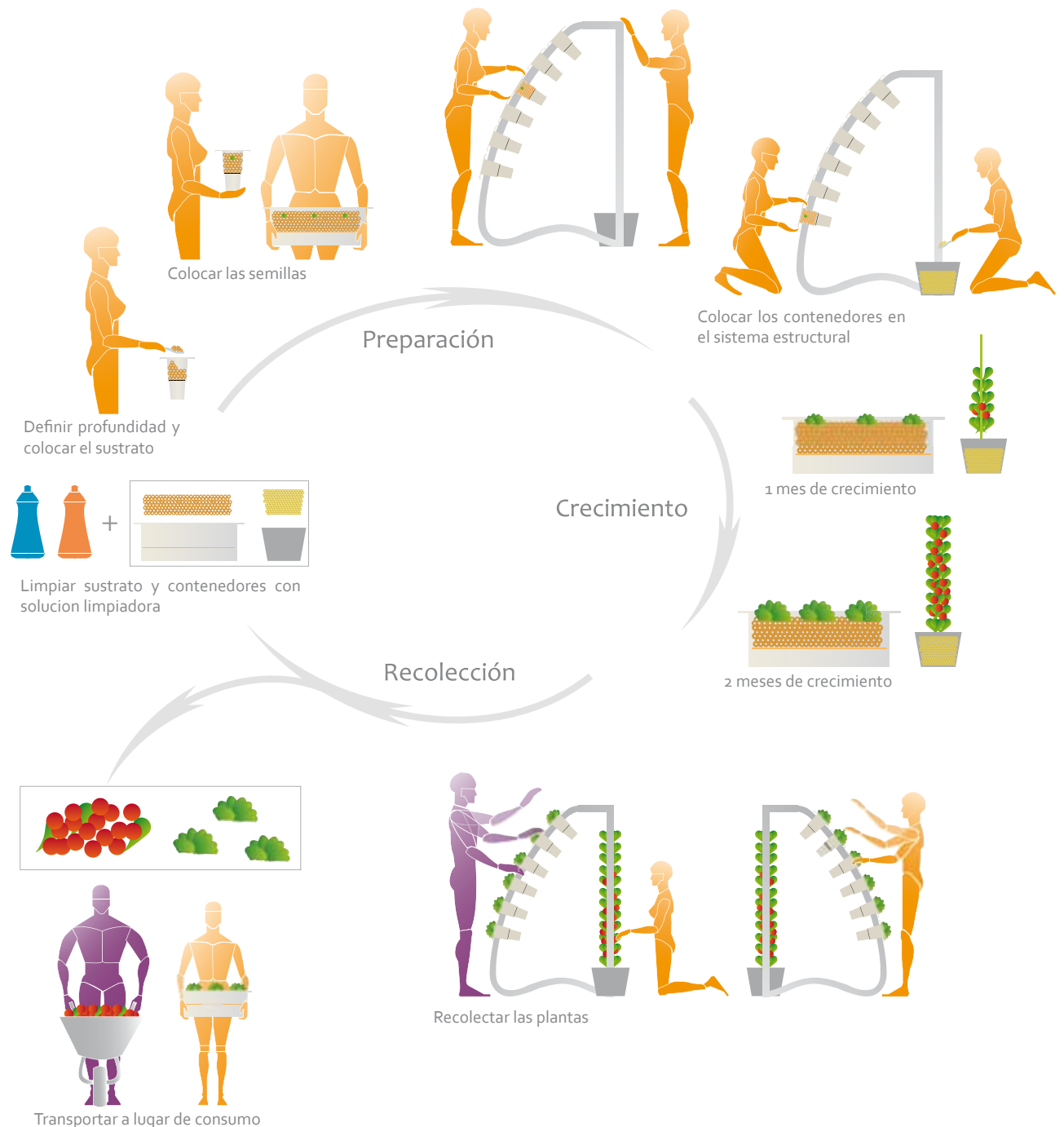
Después de cada cosecha debe extraer el cultivo y el sustrato

El sustrato y el contenedor deben lavarse con 50cc de cloro por litro de agua, y dejarlo reposar por media hora para eliminar impurezas.

Una vez limpios, seleccionar la profundidad del nuevo cultivo, colocar el sustrato limpio y las semillas para iniciar con la nueva cosecha

Transporte

Los contenedores pueden funcionar para transportar el cultivo de la zona de cosecha a la zona de uso



Estabilidad del sistema

El sistema presenta cuatro puntos de apoyo en la base que debe estar bien apoyada sobre el piso, todos los contenedores frontales se encuentran dentro de la zona segura

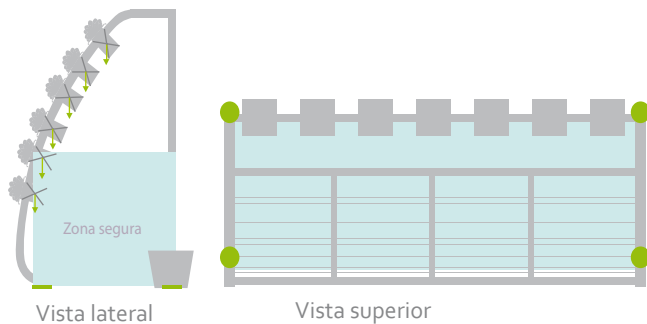
Presenta una base y un ancho muy amplio, lo que permite asentarse bien portener una altura no muy extensa (1.5m)

La curvatura que presenta el sistema permite aumentar la rigidización de los componentes estructurales, facilitando así la distribución de las cargas

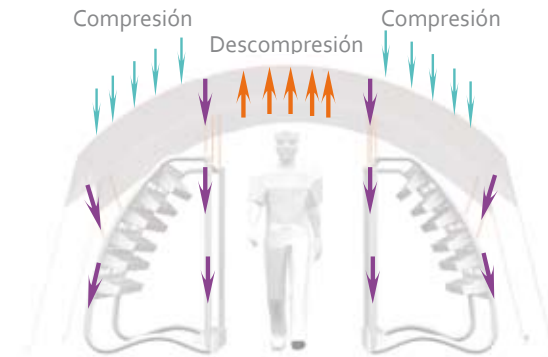
Los contenedores traseros, hacen el contrapeso que la estructura requiere para facilitar el equilibrio del sistema

El centro de masa se encuentra dentro del área segura sólo con la estructura o con plantas colocadas, es recomendable colocar las contenedores de arriba hacia abajo para asegurar la estabilidad

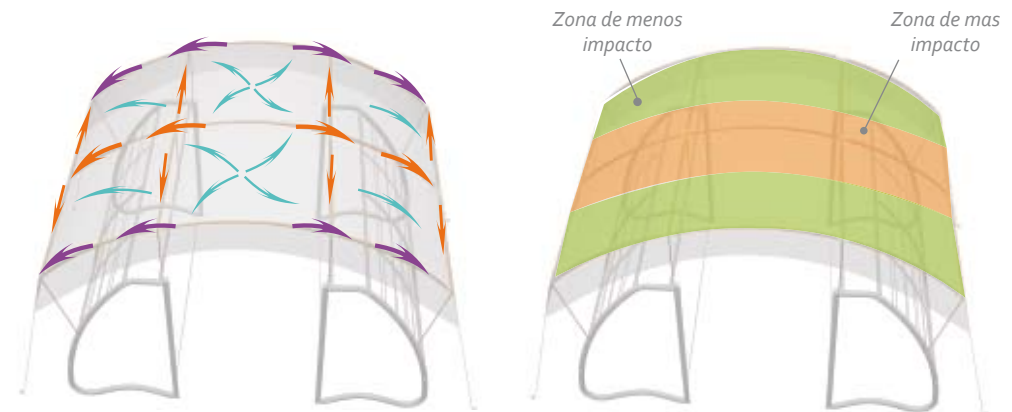
Las cargas externas como el viento o la lluvia tiene influencia importante sobre la estructura, pero al estar unidos dos sistemas mediante la cubierta, hace que el conjunto de elementos se estabilicen con facilidad



Puntos de apoyo y zona estable



La ventaja de que el cobertor sea simétrico y curvo, es que se facilita el transporte de las fuerzas externas, en condiciones normales, el viento tiende a generar una compresión en los extremos y una descompresión en la superficie central. Esta descompresión para la cubierta continua de polímetro es de 30Kg/m^2 . Si la cubierta tiene un 50% de permeabilidad como el saran la descompresión es de 19.60Kg/m^2



Sobre la cubierta las fuerzas se expanden debido a la concavidad, en esta estructura el soporte central tiene el doble de carga que los soportes exteriores, sin embargo, los refuerzos de la lona y el resto de esqueleto estructural le dan soporte y resistencia.

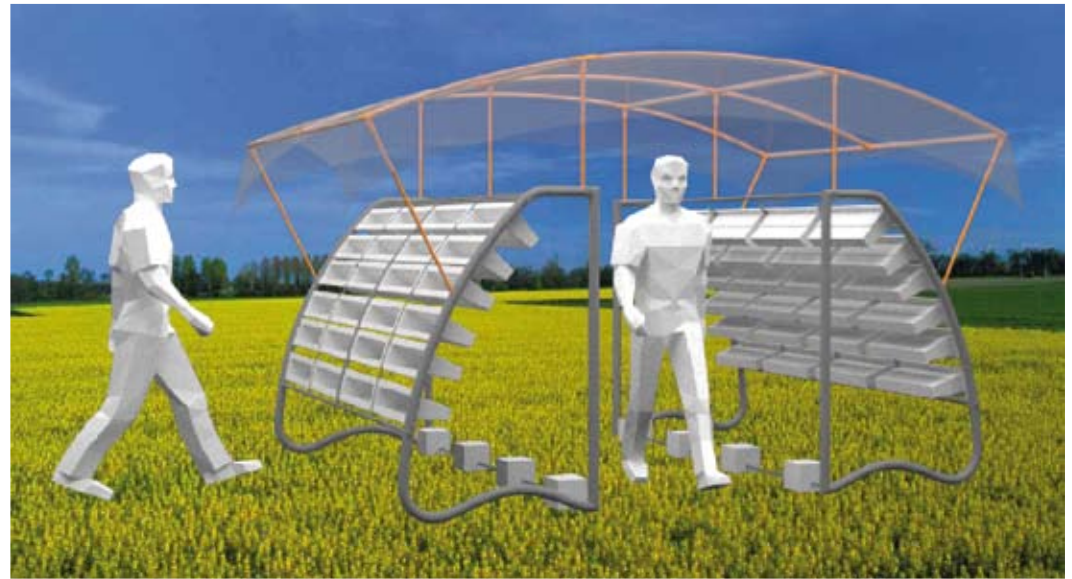
Distribucion de fuerzas de agentes externos en el sistema

Entorno de uso

El sistema debe situarse en exteriores, en un área libre, preferiblemente con el suelo nivelado para que la base tenga soporte en los cuatro puntos de apoyo.

Se recomienda colocar una capa de piedra blanca en el piso para que los excesos de agua y nutriente puedan drenarse con facilidad. Además el color blanco de la piedra sirve para generar un aspecto más higiénico y ayuda a reflejar la luz.

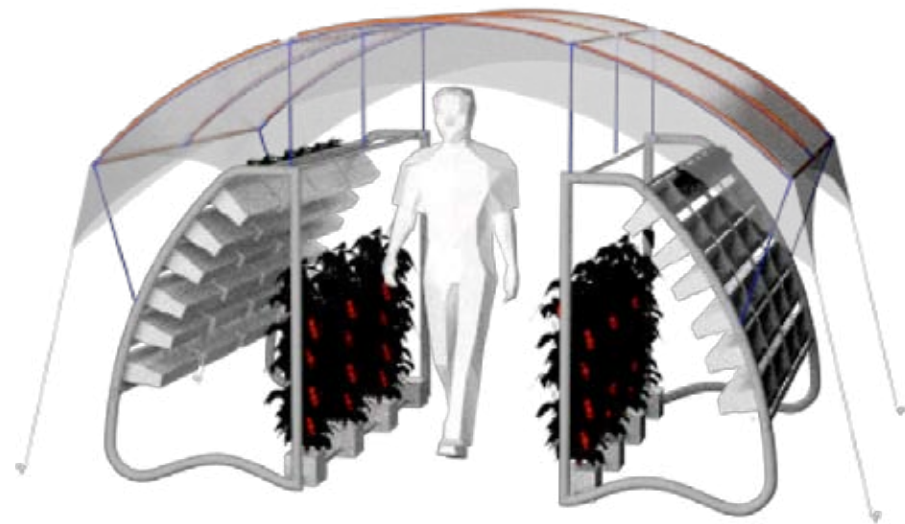
Un solo sistema requiere de 24.2 metros cuadrados. Para asegurar la producción de todo el año de 100 lechugas, es necesario implementar 16 sistemas por lo que se requiere de un área de 390.4 metros cuadrados.



Aspectos perceptuales

En general se busca una configuración más funcional que estética, sin embargo, la utilización de la curva como elemento ha facilitado la distribución de los cultivos de una forma eficiente manteniendo una estética con pocos elementos y a la vez un tanto dinámica.

Este sistema busca exaltar el cultivo, su cromática y sus texturas, por ello la sobriedad con la utilización de formas puras, el color plateado de la estructura busca ser discreto y el blanco en contenedores incentiva la limpieza, aspecto fundamental al tratar con alimentos.



Costos

Se desglozan los costos aproximados del sistema de riego y la fabricación de los contenedores para un sistema

Estructura

Acero Galvanizado	Cantidad	Precio(colones)
Tubo redondo de 2"	9 m	41 994
Tubo redondo de 1"	37.5 m	90 825
Angular de 2x1 1/8"	2.5 m	22 250
Platinas 1x1/8"	3.70 m	11 895
		<hr/>
		166 964

Contenedores (se plantea una serie de 1000)

	Proceso	Precio del molde	Precio del contenedor
Contenedor 1	Termoformado	\$6 770	\$6.77
Contenedor 2	Soplado	\$6 000	\$6.00
			<hr/>
			\$12.77 (4 6 764)

Riego

	Cantidad	Precio(colones)
Manguera de polietileno	3,50 m	413
Gotero autocompensado	8	1000
Gotero en estaca	16	560
Válvula lateral	4	476
Manguera PVC	16	560
Distribuidor	8	480
		<hr/>
		3 489

Total: 278 763 colones
Con 24 contenedores frontales y 7 traseros

Gradientes de mejoramiento

A nivel de sistema

Variedad de cultivo

Permite la diversificación de la producción al implementar dispositivos ajustables al cultivo

Gradiente

Las canoas solo pueden albergar plantas de hojas por la profundidad fija.

Deben existir dos tipos de camas, con profundidades distintas para albergar plantas de hojas (10 cm) y de raíz (20 cm).

El sistema se puede adaptar, economizando materia prima (componentes estructurales y sistema de riego) y el espacio que ocupa una cama con diferente profundidad.

Mejor utilización del espacio

Se maximiza la utilización del espacio al crear una pared vegetal y al utilizar la parte trasera para cultivo de hortalizas con fruto

Gradiente

Para albergar 64 plantas de hojas se requiere:

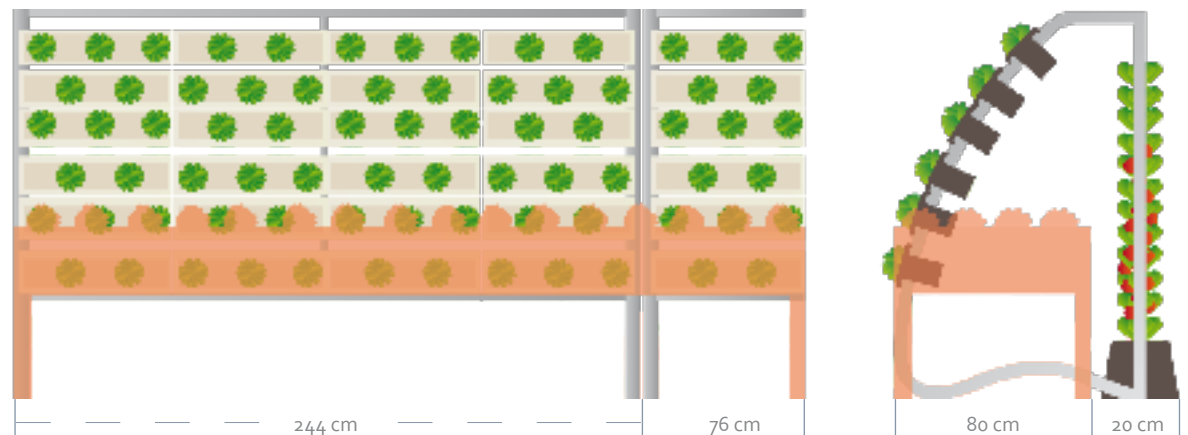
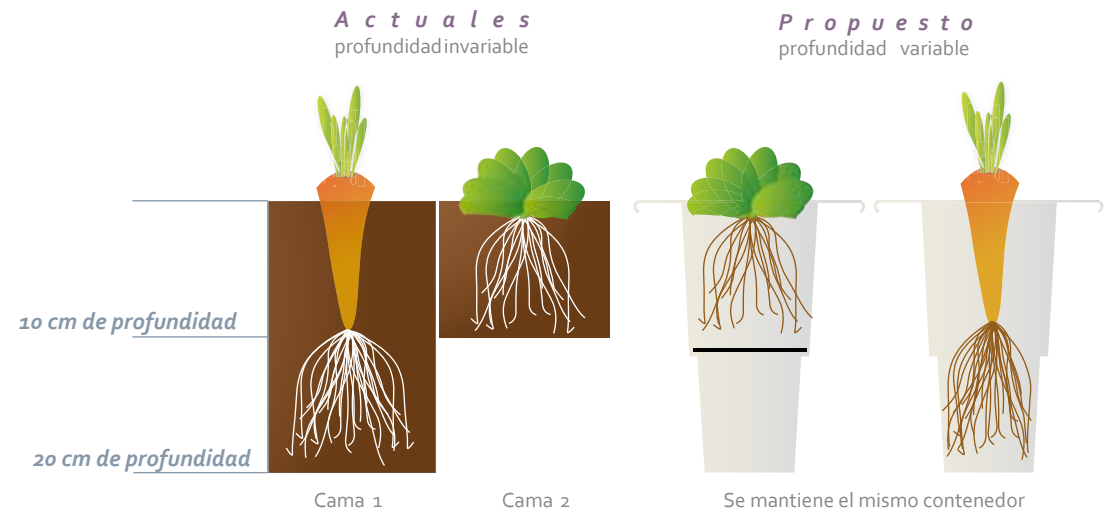
Una cama de 80cm de ancho x 320cm de largo

Un sistema de 100 cm de ancho x 244cm de largo

Por lo tanto:

En el espacio que requiere una cama para 64 lechugas cabe un sistema completo mas una fila (16 lechugas), es decir 80 plantas de hojas.

La variación de 20cm de ancho entre ambos sistemas es el espacio libre que se aprovecha para separar las plantas de fruto y las de hojas.



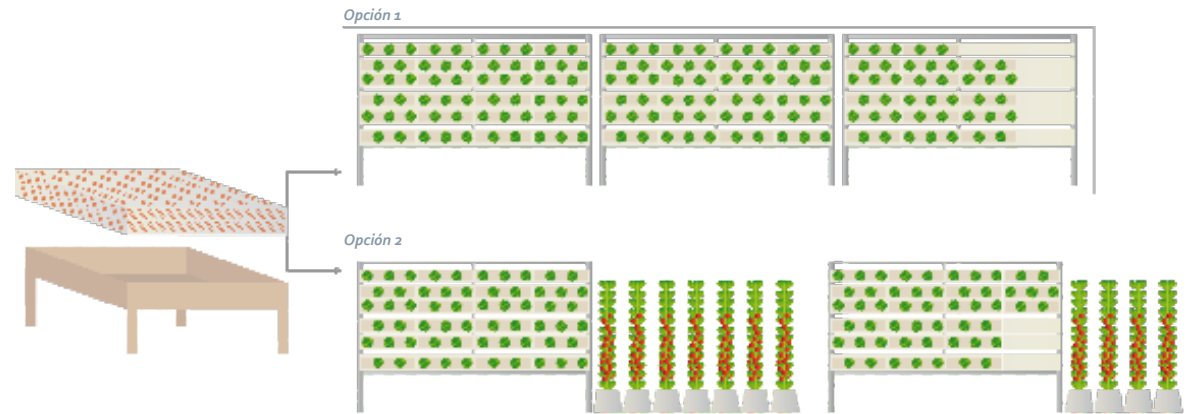
Mejor utilización de recursos Optimización del uso de sustrato

Gradiente

Para albergar 64 plantas de hojas:
 En una cama se requiere de 256 m³ de sustrato
 En un sistema se requiere de un volumen de 94.32 m³

Por lo tanto:
 El sustrato utilizado en 1 cama puede ser utilizado en 2.7 sistemas para implementar en contenedores de hojas, o bien en 1.9 sistemas completos (contenedores de hojas + contenedores de frutos).

Una manga contiene 12 plantas de hojas y un volumen de 37.68 m³ de sustrato. Con ese volumen de sustrato pueden suministrarse sustrato para 9 bandejas que contienen 24 plantas de hojas.



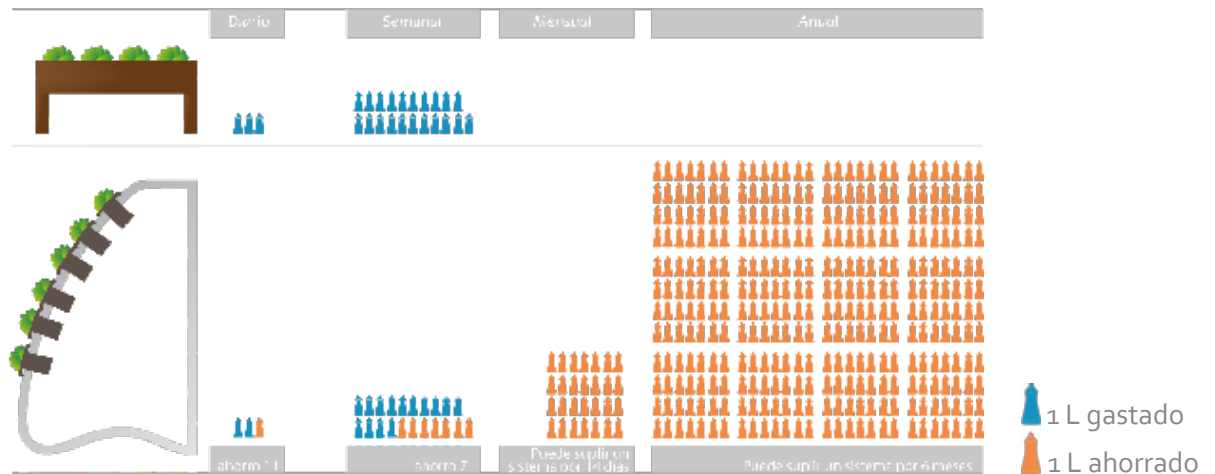
Mejor utilización de recursos Optimización del uso de nutriente

Gradiente

Para 64 plantas:
 Una cama requiere de 3 litros de solución nutritiva

Según las pruebas elaboradas, cada planta consume alrededor de 30 cm³ de nutriente diarios, para 64 plantas eso equivale a 2 litros diarios, por lo que se estaría economizando 1 litro diario.

Si se requieren de 16 sistemas para abastecerse de lechugas durante todo el año, se economizarían 16 litros diarios, 5840 litros anuales, que podrían suplir 8 sistemas en funcionamiento anual.



A nivel de instalador

- Este paquete tecnológico permite a la persona interesada la adquisición de las piezas prefabricadas necesarias, el sistema es simplemente de armar en el sitio.

- Requiere de herramienta y conocimiento muy básico

- Se puede armar entre dos personas

A nivel de hidrocultor

-Facilita las labores de mantenimiento y cuidado del cultivo

-El sistema busca maximizar la funcionalidad de los componentes, lo que permite tener menos piezas y mayor grado de confort

-Según la estrategia con el sector hotelero o grupos demandantes interesados facilita al hidrocultor la puesta en sitio del producto, tiene gran variedad y buena calidad, no solo de apariencia, si no que de gran valor nutricional.

Aportes del proyecto

A nivel de hoteles

Facilita la creación de vínculos con los habitantes de la zona, permite crear fuentes de empleo, el autoabastecimiento de todas o gran parte de las hortalizas que consumen, pueden asegurarse así los niveles de calidad, les brinda una imagen de hotel sostenible responsable con el ambiente, y además de ello, el sistema es un atractivo mas para visitar el hotel.

A nivel social

Es un incentivo para la creación de pequeños módulos productivos en diferentes regiones del país, el sistema brinda cultivos de alta demanda, alto valor nutritivo, y es una manera de incentivar un cambio, hacia la búsqueda de un estilo de vida mas saludable, mas conciente con el ambiente.

Conclusiones

Los elementos necesarios para el cultivo de hortalizas de alta calidad se pueden establecer en un espacio relativamente pequeño, siendo tan o más eficientes que los sistemas actuales.

Es posible desarrollar un sistema con pocos elementos que puedan adaptarse con facilidad para proporcionar confort y facilidad de mantenimiento al hidrocultor.

En el país hay gran posibilidad de implementar este tipo de sistemas, ya que los sistemas actuales tienen carencias en varios aspectos, y no existe en el mercado un sistema que reúna todos los beneficios, por lo que el sistema propuesto tiene gran ventaja competitiva.

La modularidad y la implementación de pocos elementos lo vuelven mucho más versátil y facilita su transporte.

Recomendaciones

La nivelación de la superficie es fundamental para mantener la estabilidad del sistema.

Establecer como mínimo 2 personas de mantenimiento en una producción de 100 lechugas semanales, ya que al ser un trabajo semi-tecnificado, se requiere de cuidados y vigilancia en cuanto a sanidad y crecimiento correcto del cultivo.

El sistema es de uso externo, no es recomendable el uso en interiores debido a la iluminación y ventilación que se requiere para esa densidad de plantas. (En un invernadero cerrado por completo existe 30% menos de luz que en el exterior, y la iluminación artificial favorece pero posee longitud de onda distinta disminuyendo la velocidad de crecimiento).

Es recomendable estar al tanto de las condiciones de la cubierta, si esta es de sarán puede ser cambiada cada 5 años con utilización bajo condiciones normales, si es polipropileno transparente se recomienda hacer el cambio cada 2 años.

Es importante limpiar y desinfectar los contenedores y el sustrato después de cada cosecha para mantener el aseo y evitar generación de hongos y proliferación de insectos o plagas.

Bibliografía

Páginas web consultadas

Sostenibilidad ambiental ICT (en línea) disponible en: <http://www.visitcostarica.com/ict/paginas/home.asp?ididioma=1> [15 marzo de 2010]

Mercadeo de productos frescos y pérdidas poscosecha (en línea) disponible en: http://www.fao.org/ag/portal/ag-home/es/?no_cache=1 [11 mayo de 2010]

Sistemas de crecimiento vertical (en línea) disponible en: www.agreenroof.com [29 marzo de 2010]

Tipos de sustratos (2010) (en línea) disponible en: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm [12 de marzo de 2010]

Métodos de cultivo (2010) (en línea) disponible en: http://agrarias.tripod.com/metodos_cultivo.htm [3 de marzo de 2010]

Hidroponía (2009) (en línea) disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14133793/Hidroponia> [21 de abril de 2010]

Clima de Costa Rica (2010) (en línea) disponible en: http://www.travelingcostarica.com/viajes/costa_rica/clima.htm [12 de marzo de 2010]

Hidroponía popular simplificada (2009) (en línea) disponible en: <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/> [12 de marzo de 2010]

5 al día por tu vida (2009) (en línea) disponible en: <http://www.pima.go.cr/Docs/Pimadoc/5%20al%20dia%20folleto.pdf> [17 de febrero de 2010]

Cultivo jitomate hidropónico (2009) (en línea) disponible en: http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=69&chapter=8 [12 de marzo de 2010]

Increased Yields with Hydroponic Systems (2010) (en línea) disponible en: http://www.nvsuk.org.uk/growing_show_vegetables_1/hydroponic-growing-greenhouse.php [17 de marzo de 2010]

Window Farm Vertical Garden (2010) (en línea) disponible en: <http://www.lushe.com.au/2009/11/09/window-farm-vertical-garden/> [17 de marzo de 2010]

Libros consultados

Alpízar Antillón, L. (2008). Hidroponía cultivo sin tierra, técnica simple Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Thompson, Rob. (2007). Manufacturing processes for design professionals: Editorial Thames y Hudson Ltd, London

Personas consultadas

Campos, Luis Fernando Campos. Profesor de Agropecuaria Administrativa del ITCR

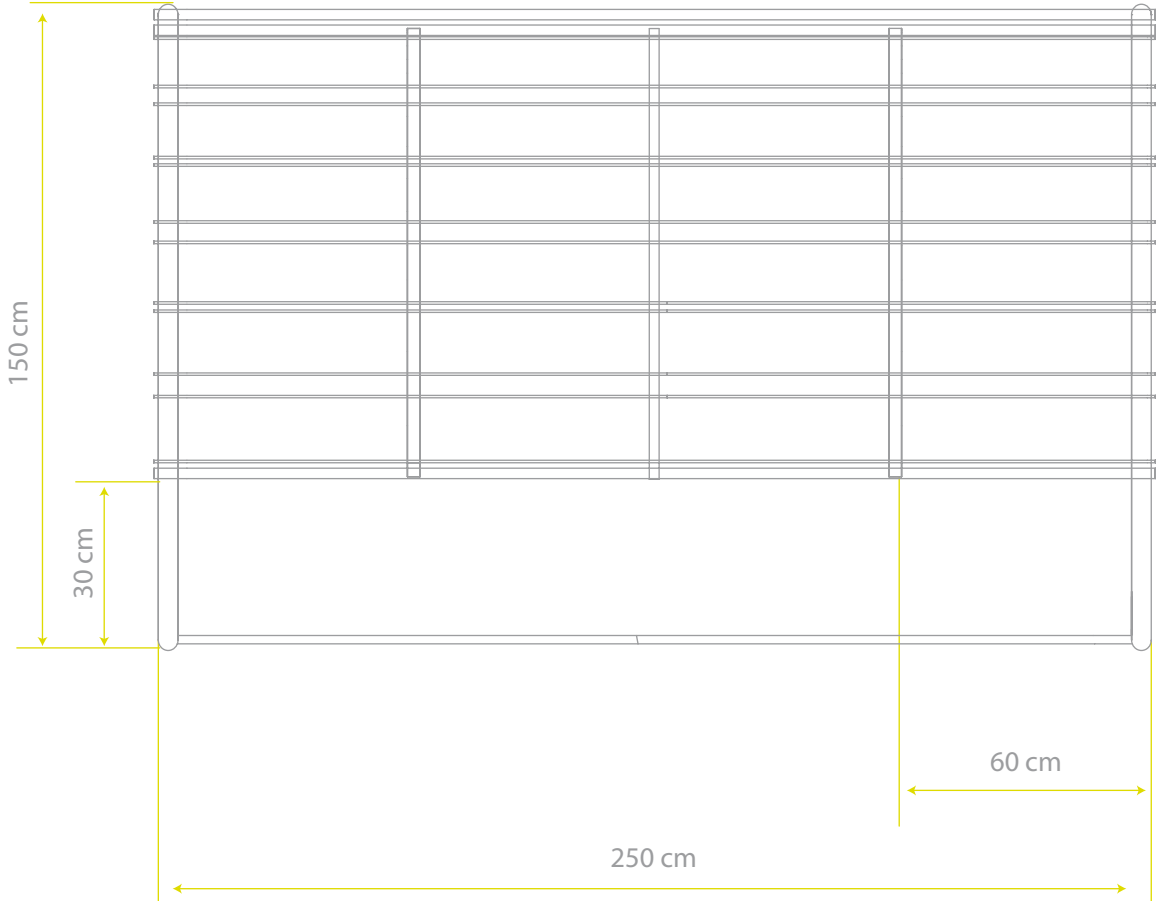
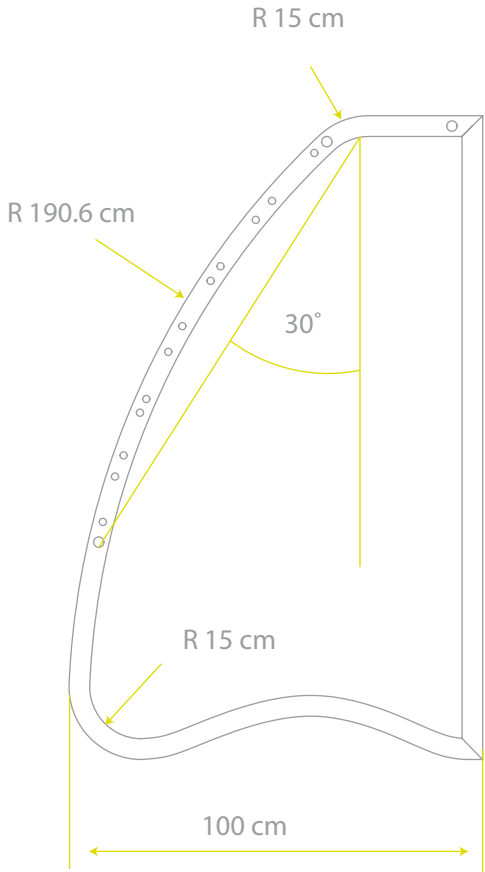
Herrera, Eugenia. Sistemas hidropónicos poco tecnificados área de hidroponía Granja Modelo (INA)

Ramírez, Edgar. Visita plantaciones hidropónicas Ecoplantur, Turrialba Cartago, Costa Rica

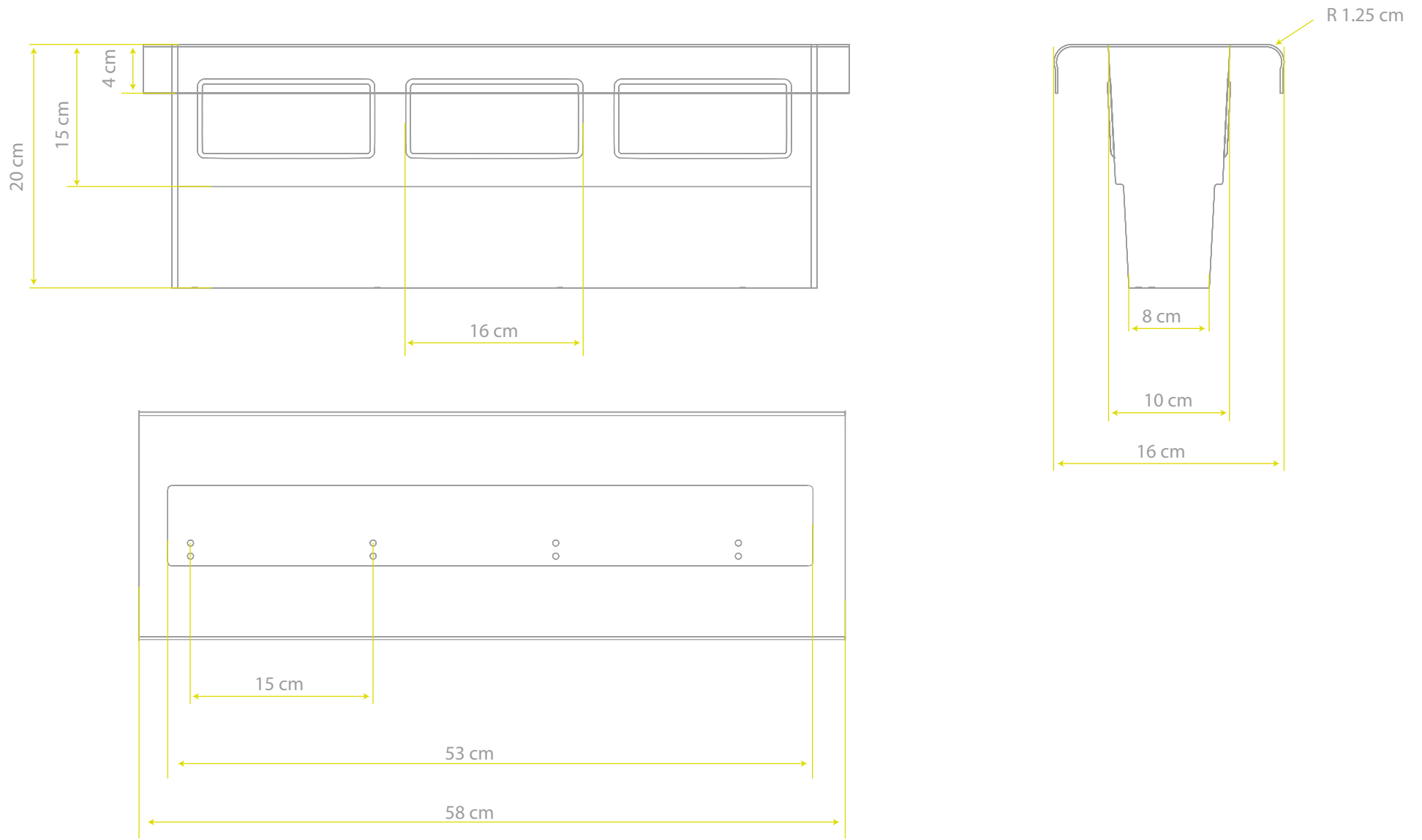
Romero, Diego. Encargado de la granja experimental de Interfruit, lagunilla de Heredia

Sánchez, Jhonny. Moldes y troqueles Motrosa, Heredia, Costa Rica

Estructura



Contenedor frontal



Contenedor trasero

