



FORMULARIO INFORME TECNICO

GIRAS DE INNOVACIÓN 2015

Nombre de la gira de innovación
Tecnologías eficientes de climatización y cultivo para invernaderos y salas de proceso.
Código FIA
GIT-2015-0491
Fecha de realización de la gira
07/12/2015 – 24/12/2015
Ejecutor
Marco Antonio Aguilar Figueroa
Coordinador
Abdo Fernández Verdugo
País (es) visitado (s)
Estados Unidos
Firma del coordinador

1. Identificación de los participantes de la gira de innovación

Nombre y apellido		Entidad donde trabaja	Profesión, especialización	Correo electrónico	Teléfono	Dirección
1	Marco Aguilar	Cultivos Aguilar	Productor			
2	Abdo Fernández Verdugo	Independiente	Ingeniero, innovador.			

2. Itinerario realizado en la gira de innovación

Entidad (institución/empresa/ productor)	Ciudad y país	Describe las actividades realizadas	Nombre y cargo de la persona con quien se realizó la actividad en la entidad visitada	Temática tratada en la actividad	Fecha (día/mes/año)
Desert Mountain High School	Scottsdale (Phoenix), Arizona, EE.UU.	Visita guiada de los sistemas de aire acondicionado alimentados por energía solar térmica y fotovoltaica.	Daniel Stelzl, Site Manager & Operations Manager.	Descripción en terreno de las instalaciones con detalle de cada uno de sus sistemas, confiabilidad, facilidad de operación, condiciones y parámetros de operación. Adaptabilidad de los sistemas a explotaciones agrícolas.	08/12/2015
Fisher Ranch Corporation	Blythe, California, EE.UU.	Visita guiada de salas de proceso y empaque de vegetales climatizadas por una unidad de producción combinada de electricidad y calor (frío). Se visitaron	Andrew Fisher, General Manager.	Descripción en terreno del funcionamiento de todos los sistemas de generación, almacenamient	09/12/2015

		también las salas de máquinas y los bancos de baterías de almacenamiento de energía.		o, recuperación y utilización de energía eléctrica y térmica. Funcionamiento de las salas de proceso y conservación refrigerada (2°C)	
Bright Agrotech LLC.	Laramie, Wyoming, EE.UU.	Visita guiada observando diversas tecnologías desarrolladas por la empresa, principalmente de cultivo hidropónico vertical.	Harrison Welshimer, ZipGrow Consultant	Diseño y desarrollo de sistemas de cultivo vertical de columna utilizable con hidroponía y acuaponía, incluyendo aspectos de riego, fertilización e iluminación tanto a escala de producción industrial como domiciliaria.	11/12/2015
Greenhouse in the snow	Alliance, Nebraska, EE.UU.	Visita guiada a invernaderos con sistema de climatización con intercambiadores de calor aire-tierra.	Russ Finch, Owner.	Diseño e implementación del sistema, parámetros ambientales y de funcionamiento. Evolución del sistema de acuerdo a los aprendizajes adquiridos con la experiencia. Alternativas de implementación	13/12/2015

				junto a otros sistemas como bombas de calor aerotérmicas.	
--	--	--	--	---	--

2.1 Indicar si hubo cambios respecto al itinerario original

Con el objetivo de coordinar mejor los horarios de los vuelos y optimizar los alojamientos, la visita a Bright Agrotech fue postergada un día, realizándose el día 11 de diciembre en lugar del 10 como estaba inicialmente programado. Por otro lado la visita a Greenhouse in The Snow fue adelantada en un día con el objetivo de utilizar una ventana de buen tiempo entre varios días de tormenta, para eso contamos con la amabilidad de Russ Finch, quien nos recibió en sus invernaderos el día domingo 13 de diciembre.

3. Indicar el problema y/o oportunidad planteado inicialmente en la propuesta

Actualmente en Chile los pequeños agricultores ven presionados los precios de sus productos a la baja debido a la acción de los intermediarios, quienes a su vez venden estos productos a precios mayores y sin asumir ningún riesgo. Esto hace que los productores se encuentren permanentemente endeudados y con bajas rentabilidades en sus operaciones. El aplicar nuevas y eficientes tecnologías de control climático para invernaderos y packing, agregaría valor, mejoraría la calidad del producto y posibilitaría a estos pequeños productores acceder a vender sus productos de forma directa en el mercado HORECA, así como en supermercados. Con esto el pequeño agricultor, quien está corriendo el riesgo asociado a la producción, puede capturar una mayor proporción del valor que genera con sus productos.

4. Indicar el objetivo de la gira de innovación

Visitar instalaciones que den cuenta del estado del arte en lo referente a innovación tecnológica en el ámbito energético, aplicado a la producción agrícola intensiva. Así mismo se pretende establecer contactos con los desarrolladores de estas instalaciones o tecnologías para rebajar las barreras ante una futura implementación en las operaciones propias.

5. Describa clara y detalladamente la o las soluciones innovadoras encontradas en la gira

Climatización con ciclos de absorción y refrigeración solar

El Enfriamiento solar es una tecnología que aprovecha la radiación solar para producir enfriamiento, presentando la ventaja adicional que justamente cuando más radiación solar hay, mayor es la necesidad de refrigeración. Una primera forma de hacer refrigeración solar es acoplando paneles fotovoltaicos a un ciclo tradicional de refrigeración por compresión y la segunda es utilizando un ciclo termodinámico de absorción, que no usa energía eléctrica, sino que calor como fuente de energía. Esta última logra una mayor eficiencia en la conversión de energía debido a utilizar menos etapas intermedias que la degraden, así, se considera que aproximadamente por cada unidad de energía (kWh) capturada por el sistema solar térmico, se obtiene la misma unidad de enfriamiento. En el caso del sistema visto en la escuela Desert Mountain High School, este se diseñó para

satisfacer totalmente las necesidades de aire acondicionado de todas las dependencias en la época más cálida, contando con una potencia de enfriamiento de 1.758 (kW).

El caso visto en Fisher Ranch constituye un buen ejemplo de eficiencia en el aprovechamiento de la energía, puesto que el rancho cuenta con unidades generadoras de electricidad movidas por motores de combustión interna que utilizan gas natural como energético, produciendo energía eléctrica para utilizar en sus operaciones, vender al sistema eléctrico o directamente a sus vecinos y también almacenar en un enorme banco de baterías compuesto por 9 contenedores de 40 pies de largo. Además este proceso, como toda operación de un motor de combustión interna, produce aproximadamente la misma cantidad que se produjo como energía eléctrica en calor de desecho, el que es aprovechado por varios ciclos de refrigeración por absorción para la producción de frío. Este frío lo utilizan en sus salas de proceso y bodegas de almacenamiento (a 2°C), así como en la producción de escamas de hielo para la venta cuando no se utiliza todo en las operaciones internas. Este rancho cuenta con más de 100 años de historia y entre sus equipos de refrigeración hay algunos que vienen funcionando desde los años '70, por lo que la distribución de sus sistemas y operaciones puede resultar algo caótica al observador ya que se han ido agregando sistemas con el correr de los años. Lo valorable sin embargo es que, a diferencia de lo visto en la escuela de la primera visita, estos sistemas, también alimentados por calor, sí alcanzan temperaturas adecuadas a salas de proceso y bodegas de almacenamiento horto-frutícola. Esto da luces de que, utilizando el enfriador por absorción adecuado, sí se pueden enfriar salas de proceso y bodegas mediante el uso de energía solar térmica.

Tubos de aire enterrados

Siguiendo con la climatización, se visitó el proyecto "Greenhouse in The Snow" del emprendedor Russ Finch en la ciudad de Alliance, en Nebraska. Ahí se pudo ver funcionando un invernadero que logra producir cítricos y flores, entre otros, en un lugar donde en invierno pueden llegar a temperaturas mínimas de -30°C. Esto lo logra manteniendo una temperatura moderada, entre 12 y 27°C, mediante la utilización de un sistema de tubos enterrados a unos 2m de profundidad por donde recircula el aire del invernadero, ganando o entregando calor a la tierra según sea la estación sin otro consumo de energía que el utilizado por un ventilador. Esto se logra pues la tierra posee una oscilación térmica significativamente menor que el aire ambiental, la que disminuye más a mayor profundidad. En este caso en particular, el sistema no se utiliza para pre-calentar o pre-enfriar el aire de renovación del invernadero, sino sólo como sistema de recirculación. Sin embargo existen otros casos de aplicación de esta tecnología, muy sencilla y barata de implementar, en que sí se utiliza para dichos fines y logra grandes ahorros de energía en la climatización de edificios comerciales, habitacionales o productivos como los invernaderos. Se discutieron con el propio Russ Finch algunas posibles variaciones y mejoras a su diseño, determinando que es posible evaluarlas para mejorar la eficiencia.

Cultivos verticales de columna

Los Cultivos verticales constituyen una forma de aprovechar no sólo la superficie de un invernadero, sino también su volumen, multiplicando de esta forma la superficie productiva y por lo tanto la producción que es posible realizar incurriendo en los mismos costos de climatización que si sólo se utilizase la superficie. El optimizar el uso del volumen de un invernadero implicará además menores costos iniciales para un volumen de producción dado, ya que toda la infraestructura será más pequeña, facilitando el acceso a los pequeños y medianos agricultores. Con esto en mente, acudimos a la empresa Bright Agrotech en la localidad de Laramie, Wyoming, quienes han desarrollado un sistema de cultivo hidropónico simple pero

efectivo y eficiente. Este consiste en torres de cultivo provistas de un sustrato especial de característica hidrofóbica con un inserto hidrofílico y un simple pero efectivo sistema de riego mediante goteros que proveen de solución nutritiva a cada torre. En la visita se pudo apreciar la calidad de las hortalizas de hoja y flores que es posible obtener por este método y, en este caso, sólo con iluminación artificial LED. Además se pudo comprobar la adaptabilidad que puede tener este sistema a distintos niveles de infraestructura, desde carros de acero fabricados especialmente hasta simples tubos colgados en una pared. Así mismo se pudo observar que el sistema es aplicable a distintas escalas sin mayor modificación, pudiendo utilizarse en grandes espacios productivos así como en pequeños cultivos domésticos.

6. Indique la factibilidad de implementar en el país la o las soluciones innovadoras encontradas en la gira

Mediante **la tecnología de refrigeración solar** sería posible facilitar la instalación de salas de proceso y packing con las adecuadas condiciones ambientales a los pequeños y medianos agricultores, utilizando además los subsidios que existen para la implementación de ERNC en la agricultura. Considerando estos subsidios y el hecho de que los proyectos que incorporan ERNC presentan una fuerte inversión inicial y costos operacionales muy bajos, es que aparece como más atractivo aún para el pequeño y mediano agricultor, pues de esta forma podría procesar de mejor forma sus productos, agregando valor sin aumentar significativamente sus costos operacionales. El punto en contra por ahora es que este tipo de tecnología de climatización ha sido diseñada para potencias de enfriamiento grandes, lo que dificultaría su implementación en campos de baja producción. Para abordar esto se recomendaría tomar dos estrategias paralelas, primero el estudio de toda la oferta disponible de enfriadores de absorción y colectores solares adecuados, realizando luego el diseño conceptual de un sistema de tamaño mínimo para la aplicación de esta tecnología, determinando luego los volúmenes mínimos de producción para los que serían adecuados estos sistemas, y en segundo lugar evaluar la posibilidad de establecer cooperativas de pequeños agricultores que puedan alimentar con productos un sistema funcionando mínimo en su óptimo.

La tecnología de tubos de aire bajo tierra se aplicará en los invernaderos del proyecto PYT-2015-0055 “Invernadero Pasivo con Apoyo de Energía Geotérmica y Métodos Intensivos de Cultivo para Hortalizas”, actualmente en construcción, donde se probará y evaluará su utilización, así como sus costos de construcción y operación en las regiones Metropolitana y de Aysén. Así, con lo visto y conversado con Russ Finch más la experiencia de este proyecto en Chile, se podrá tener un panorama claro de su aplicabilidad en el país, extendiendo luego su evaluación y uso a otras regiones. A priori parece una tecnología muy prometedora por su relativamente bajo nivel de inversión y operación, su prácticamente nulo mantenimiento y su capacidad de operar por sí sola, sin apoyo de otros sistemas de climatización, en climas sin grandes extremos como los presentes en la mayor parte de Chile.

El cultivo vertical en torres es algo que se ha probado en el país sin mucho éxito, a juicio de este coordinador debido a errores cometidos en la climatización de los espacios y en los sustratos utilizados, es decir a un pobre control de las variables ambientales, en el amplio sentido, a que se someten las plantas. En ese sentido la experiencia de Brigh Agrotech viene a aportar mostrando que es posible desarrollar estos sistemas de optimización de los espacios de cultivo cubiertos, pero que hay que poner gran atención en cómo lograr las condiciones óptimas para las plantas de forma consistente en el tiempo a través de un sustrato que sea duradero, económico y fácil de trabajar. Esta empresa posee su propio sustrato, que declaran se fabrica especialmente para ellos, por lo que una opción sería establecer una alianza para la provisión de sus sistemas, pero otra más atractiva sería aterrizar los conceptos y desarrollar algún sustrato de origen local o que se pueda obtener en el mercado internacional por un bajo precio. En este sentido también el proyecto PYT-2015-0055 “Invernadero Pasivo con Apoyo de Energía

Geotérmica y Métodos Intensivos de Cultivo para Hortalizas” realizará su aporte al probar al menos 2 o 3 tipos de sustrato, evaluando sus costos en el largo plazo y los beneficios de cada uno.

7. Indique y describa los contactos generados en el marco de la realización de la gira de innovación

Nombre del contacto	Institución a la que pertenece	Descripción de su trabajo en la institución	Teléfono	Correo electrónico	Dirección
Daniel Stelzl	S.O.L.I.D.	Gestión de operación y mantenimiento del sistema de climatización solar de la escuela Desert Mountain High School			
Johannes Luttenberger	S.O.L.I.D.	COO			
Andrew Fisher	Fisher Ranch Corp.	Gerente comercial			
Harrison Welshimer	Bright Agrotech, LLC	ZipGrow Consultant			
Russ Finch	Greenhouse in the snow	Dueño, emprendedor.			

8. Indique posibles ideas de proyectos de innovación que surgieron de la realización de la gira

Lo más relevante fue la posibilidad de estudiar y establecer una instalación piloto de packing y almacenamiento refrigerada por energía solar térmica. A priori se estima que esta integración tecnológica puede representar importantes ventajas para los pequeños y medianos agricultores en el sentido de poder agregar valor a sus productos y evitar intermediarios, accediendo a mejores precios como consecuencia de ello.

Las otras dos tecnologías visitadas ya se encuentran siendo implementadas en un proyecto de innovación, por lo que cabe esperar sus resultados para estimar si se deben complementar con estudios adicionales o ya se encuentran maduras para su implementación en la industria agrícola chilena.

Por otro lado, durante la gira se pudo observar el gran desarrollo que tiene la producción de 4ta gama en los Estados Unidos, así como también los problemas ambientales que esto genera a través de la utilización de envases plásticos (PET) para su comercialización. Por lo mismo, una idea interesante sería el desarrollo de un proyecto para innovar en envases que generen menores pasivos ambientales o bien en la cadena de distribución para lograr disminuir el uso de estos envases.

9. Resultados obtenidos

Resultados esperados inicialmente	Resultados alcanzados
Conocer y entender las oportunidades de agregar valor mediante el uso de tecnologías innovadoras de climatización y cultivo.	No sólo se conocieron y entendieron las oportunidades, sino que se vio cómo ello tiene impacto directo en la comercialización y por lo tanto en la rentabilidad del negocio.
Conocer tres tecnologías puntuales en su desarrollo y aplicación real para evaluar su implementación en Chile.	Se conocieron las tecnologías en cuanto a su génesis y aplicación, entendiendo sus aspectos claves para poder estudiar la factibilidad de implementarlas.

10. Actividades de difusión de la gira de innovación

Fecha (día/mes/año)	Tipo de actividad (charla, taller de discusión de resultados y/o publicación)	Tipo de participantes (indicar hacia quien está orientada la actividad)	N° de participantes
NA	NA	NA	NA

11. Indique cualquier inconveniente que se haya presentado en el marco de la realización de la gira de innovación



ANEXOS

- 1) Anexo 1: Documentos técnicos recopilados en la gira de innovación
- 2) Anexo 2: Material audiovisual recopilado en la gira de innovación
- 3) Anexo 3: (NA) Lista de participantes de la actividad de difusión, indicando nombre, apellido, entidad donde trabaja, teléfono, correo electrónico y dirección
- 4) Anexo 4: (NA) Material entregado en las actividades de difusión

Anexo 1: Documentos técnicos recopilados en la gira de innovación

Toda la información técnica acerca de los sistemas visitados se encuentra publicada en internet, razón por la cual no se recopilaron documentos técnicos. Sólo un folleto comercial que muestra los lugares donde se encuentra implementada la tecnología de refrigeración solar. Se presenta aquí un escaneo de una página de este folleto con un esquema general de una instalación de este tipo.

SOLID Control

The SOLID control system is a proprietary solution for Solar Cooling and Heating installations under all different climatic conditions around the globe and can be adapted and/or enlarged in a very flexible way for integration of adjacent energy infrastructure.

It has interfaces to different building management systems for SOLID's different clients. In detail it splits into 2 separate systems:

- One, using a protected internet access, is used by the technicians for supporting the clients around the globe and optimizing the system.
- The second one, which can be installed as an additional option, is independently displaying the system via a normal web browser. Many of SOLID's clients are using this browser based version for easy system access for non-technicians

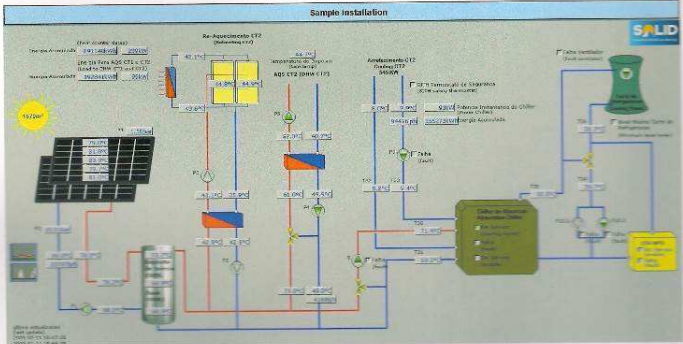
and for promotional purposes, showing their stakeholders live data of the "green" energy they produce.

An optimization period of 1 year is included in all SOLID turnkey projects, during which time energy output is optimized and adapted to the detailed system boundary conditions of the specific client. Experience shows that this approach often increases energy savings by more than 20%.

The sample system below shows solar energy sent to:

- Heating & Re-heating after de-humidification
- Warm water consumers
- Solar Air Conditioning/ Cooling

Sample Installation



Screenshot from Live-View
 More systems can be accessed via the "References" section of the SOLID website.

Anexo 2: Material audiovisual recopilado en la gira de innovación (se incluirá sólo en la versión digital para no mal utilizar tinta y papel en más de 20 páginas de fotos)



Ilustración 1: Paneles solares térmicos en el techo de la escuela Desert Mountain High School



Ilustración 2: Paneles solares térmicos techando el estacionamiento



Ilustración 3: Techo de la escuela

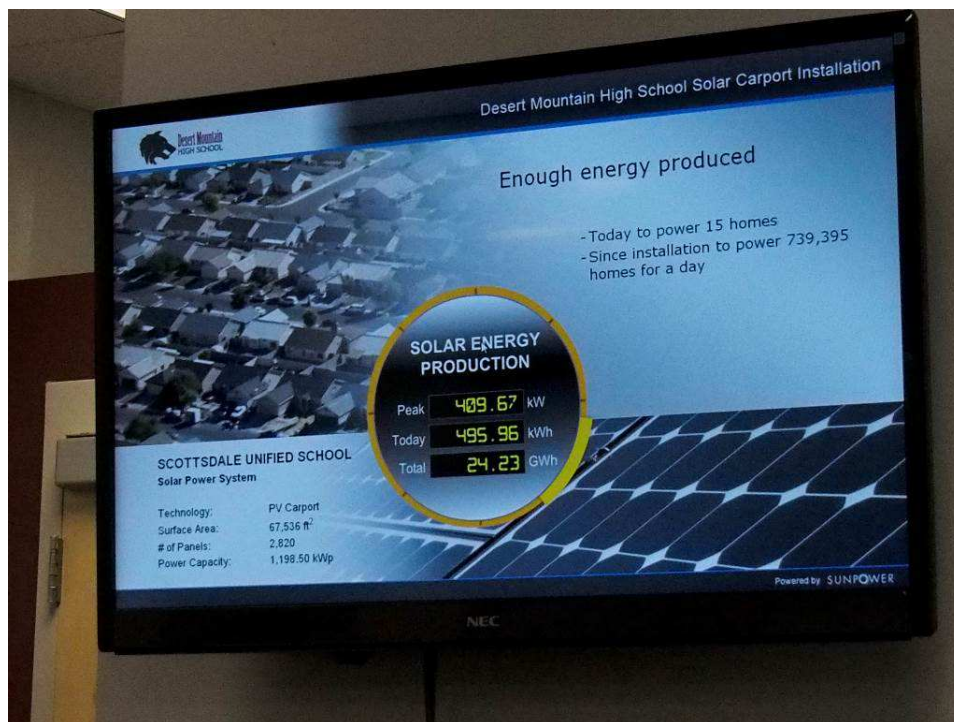


Ilustración 4: Panel testigo del ahorro generado por el campo solar fotovoltaico de la escuela



Ilustración 5: Enfriador (chiller) por absorción, el corazón del sistema.

中国2010年上海世博会全球合作伙伴

BROAD
远大

BROAD SINGLE-STAGE HOT WATER CHILLER

MODEL	BDH151X-83.3/95-34.4/29.4-7.2/12.7-83-200	CONDENSER W.PRESSURE LIMIT	174 psi
SERIAL NO.	11087741	HEAT SOURCE W.Outlet/INLET TEMP.	182/203 °F
SHIPMENT DATE	2011.08	HEAT SOURCE W.PRESSURE LIMIT	125 psi
COOLING CAPACITY	500 USRT	HEAT SOURCE W.FLOW RATE	810 GPM
CHILLED W.Outlet/INLET TEMP.	45/55 °F	VOLTAGE/FREQUENCY/PHASE	480V60Hz3 Φ
CHILLED W.FLOW RATE	1190 GPM	MIN.CIRCUIT AMPS	23.5 A
CHILLED W.PRESSURE DROP	5.8 psi	MAX.OVERLOAD PROTECTIVE	32.3 A
CHILLED W.PRESSURE LIMIT	174 psi	ABSORPTION TYPE	LiBr
CONDENSER W.Outlet/INLET TEMP.	94/85 °F	SOLUTION WEIGHT	8150 lbs
CONDENSER W.FLOW RATE	3180 GPM	MAX.UNIT SHIP WT.	43812 lbs
CONDENSER W.PRESSURE DROP	13.2 psi	USER	DESERT MOUNTAIN HIGH SCHOOL

MADE IN CHINA FOR INDOOR INSTALLATION ONLY

Certified by
Intertek
3018677

CONFORMS TO STD
ANSI/ASHRAE 90.9
CERTIFIED TO
CAN/CSA C22.2 NO.208

BROAD AIR CONDITIONING
远大空调设备有限公司

BROAD Town, Changsha, Hunan, China
TEL: 86-731-84088888 FAX: 86-731-84088888
http://www.broad.com.cn zip: 410138
BROAD U.S.A. Inc. http://www.broadusa.com
45 Haverhill Ave. Suite 503 Haverhill, MA 01830
TEL: 1-201-878-8070 FAX: 1-201-878-8071

11/10/2011 10:00 AM

Ilustración 6: Características técnicas de enfriador



Ilustración 7: Conjunto motor-generator en Fisher Ranch



Ilustración 8: Enfriador por absorción en Fisher Ranch



Ilustración 9: Banco de baterías por dentro

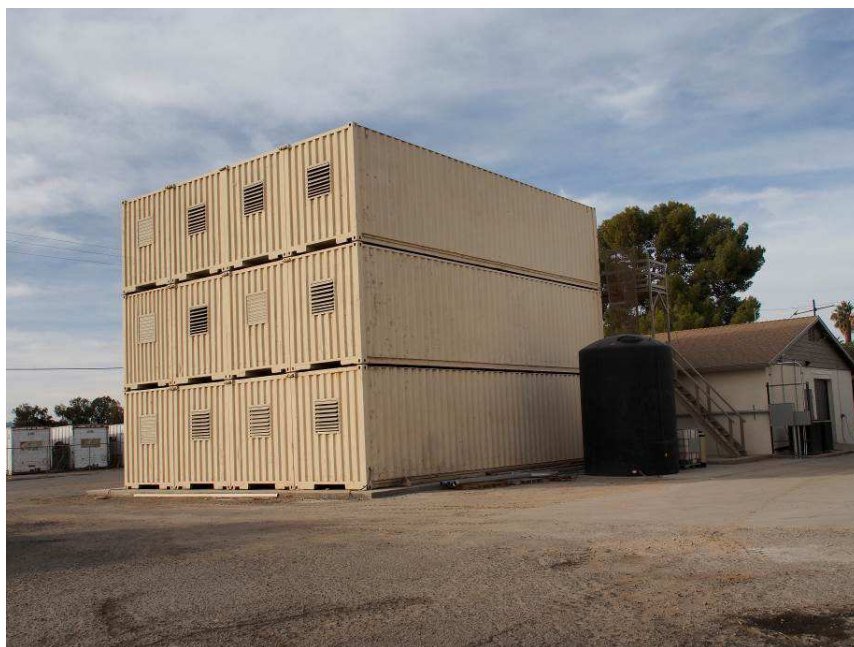


Ilustración 10: Banco de baterías por fuera



Ilustración 11: Marco Aguilar frente a campo solar PV

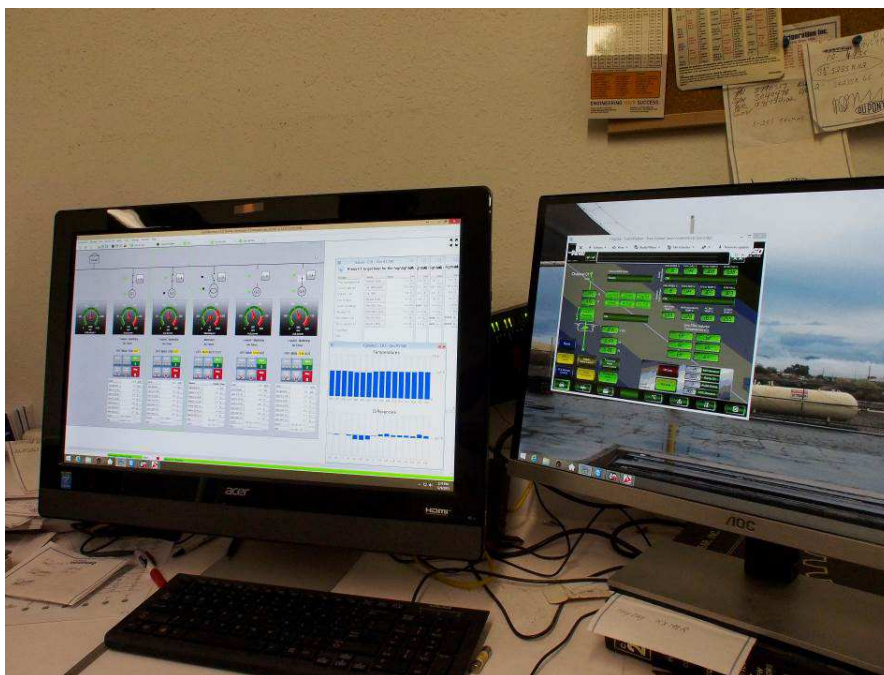


Ilustración 12: Panel de control de generación de electricidad, calor y frío



Ilustración 13: Bodega a 2°C



Ilustración 14: Marco Aguilar dentro de la bodega



Ilustración 15: Productos al interior de la bodega

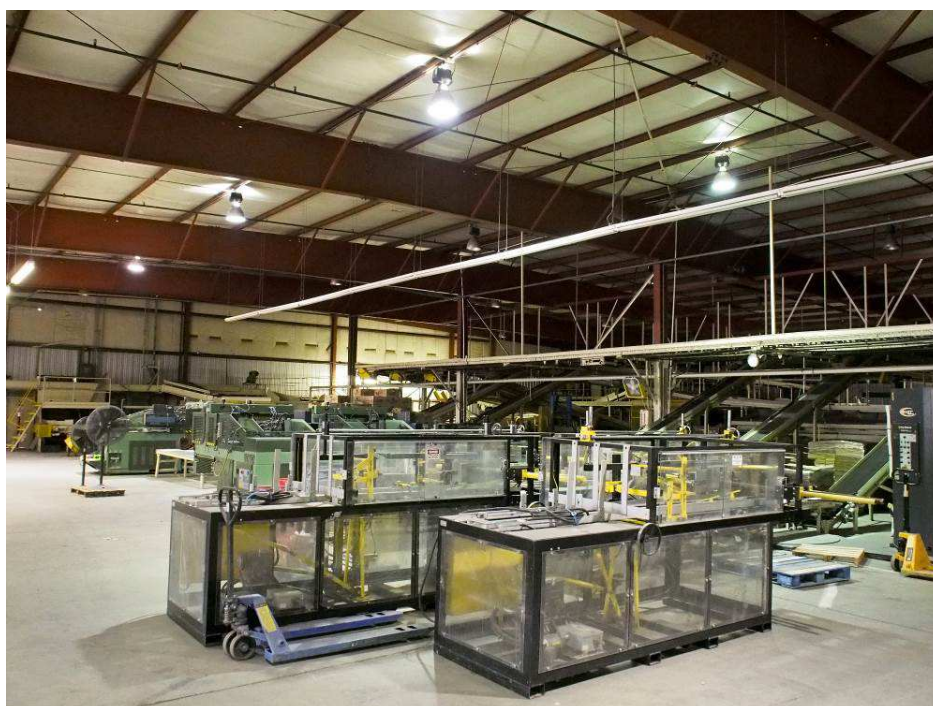


Ilustración 16: Sala de proceso climatizada



Ilustración 17: Bahía de embarque en Fisher Ranch



Ilustración 18: Incubadora para germinación en Bright Agrotech



Ilustración 19: Torres de cultivo vertical



Ilustración 20: Torres de cultivo con iluminación LED



Ilustración 21: Torres de cultivo con iluminación LED en longitudes de onda rojo y azul



Ilustración 22: Controlador de fertirrigación



Ilustración 23: Probando el Kale



Ilustración 24: Sustrato hidrofóbico e inserto hidrofílico



Ilustración 25: Sistema de cultivo vertical domiciliario

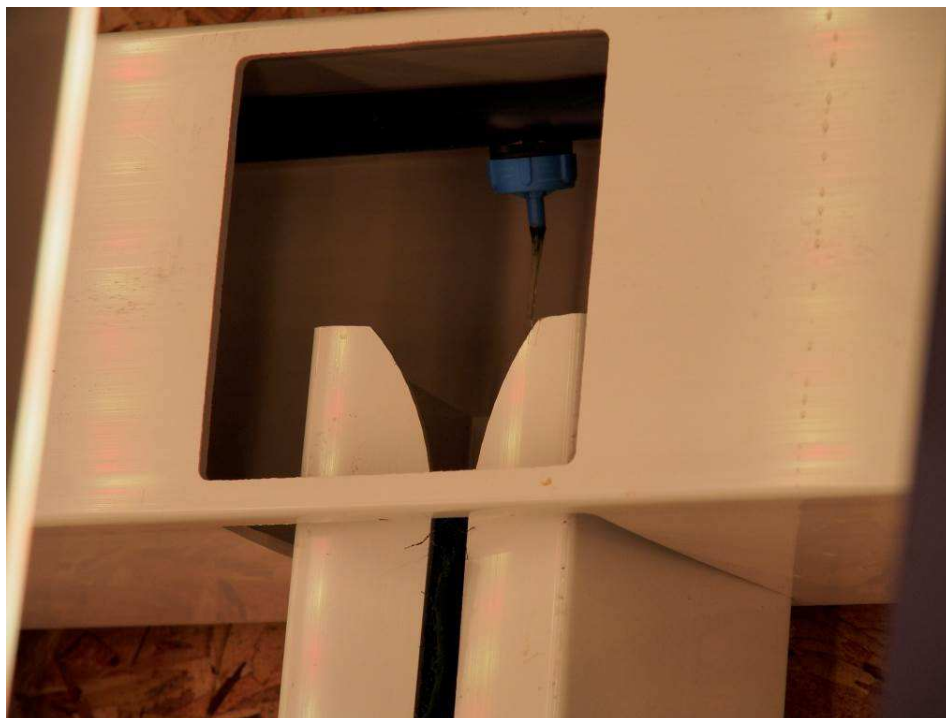


Ilustración 26: Gotero de riego



Ilustración 27: Depósitos y bombas de fertirrigación



Ilustración 28: Entrada de Greehouse in the snow



Ilustración 29: El invernadero por fuera



Ilustración 30: Russ Fich y el interior de su invernadero



Ilustración 31: Naranjas dentro del invernadero



Ilustración 32: Ventilador y entrada de aire a los tubos enterrados

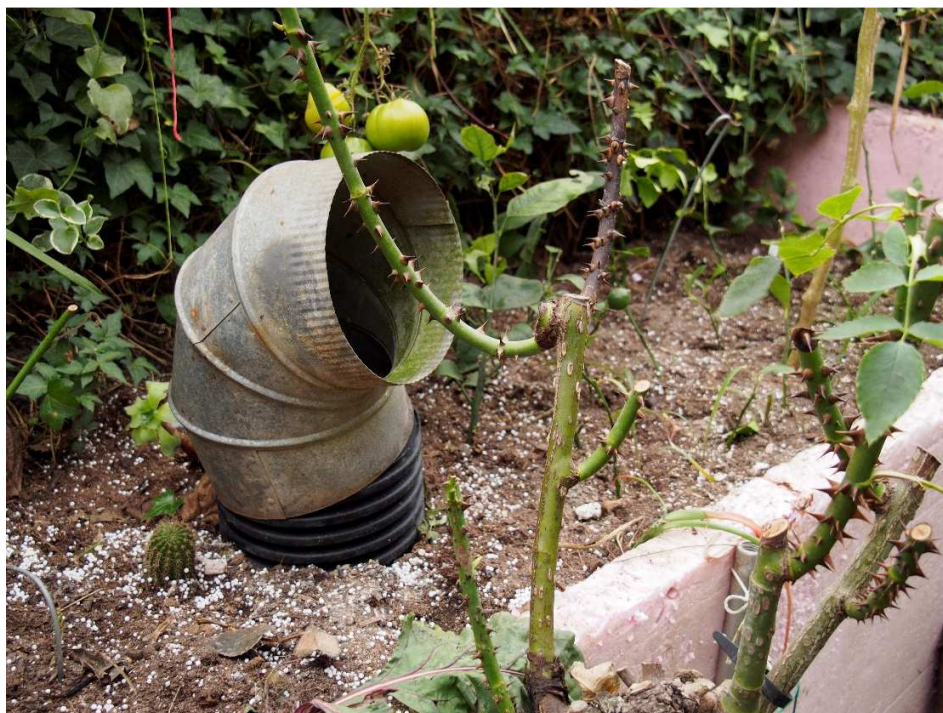


Ilustración 33: Salida de aire de los tubos enterrados



Ilustración 34: Marco Aguilar probando una Naranja



Ilustración 35: Naranja cosechada en el invernadero



Ilustración 36: Marco Aguilar y Russ Finch



Ilustración 37: Maqueta de los invernaderos de Russ Finch