



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
DEPARTAMENTO DE FRUTICULTURA Y ENOLOGÍA



Informe Residencia Fitomonitorio y Fertirrigación

Alberto Ormazábal Araya

Indice

Introducción	1
I.- Oficina de Don Luis Gurovich: 6 de Agosto – 7 Septiembre 2001	3
EscriVir 2.0	3
Administrador Fitomonitores Chiñihue y Los Carrizos	4
Fitomonitor Chiñihue	4
II.- CivilTec Ltda.: 7 de Septiembre – 1° de Enero 2002	8
Fitomonitorio	8
Montaje Fitomonitor Polpaico: Uva de mesa	8
Asistencia técnica Copiapó, instalación y configuración del MODEM celular	10
Traspaso de las líneas celulares a los clientes	12
Puesta en marcha fitomonitor Los Paltos	12
Venta de Materiales de riego	15
Equipo de Fertirrigación: Diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo de fertirrigación en la Agrícola y Ganadera Palena VI Región.	16
Cabezales de fertirrigación	17
Inyectores	18
Automatización del proceso de fertirrigación	19
Caudalímetro	23
Instalación de Caudalímetro Agrícola y Ganadera Palena	24
Problemas en el funcionamiento y puesta en marcha del caudalímetro	28
Bomba sopladora	31
Diseño de la bomba sopladora	32
Otras actividades	34
Conclusiones	35
Anexos	38
Distintos sensores y su lugar de utilización dentro de la planta	39
Sensor de diámetro de tallos: SD-5	40
Sensor de flujo de savia: SF-5	41
Sensor de radiación solar:	44
Sensor de temperatura y humedad relativa del aire	45
Sensor de temperatura de la hoja	46
Sensor de diámetro de frutos	47

Introducción

En la industria moderna, la transformación de materias primas en bienes con un mayor valor agregado implica la ejecución coordinada de distintas acciones, ya sean en la adquisición, almacenamiento, y entrega de los insumos, como también en la manufactura misma, distribución y servicios postventa del bien final. Es así que la información no es sólo un producto agregado a la operación de la empresa, sino que en sí es uno de los promotores de la misma. La información puede llegar a ser un el elemento decisivo en la toma de decisiones y puede determinar el éxito o fracaso de un negocio.

Desde hace algunos años, la agricultura ha empezado a incorporar en la toma de decisiones el recurso información a todos los niveles de la producción y gestión agrícola. Es así que en muchas de las estrategias agronómicas que antiguamente eran tomadas basadas en la experiencia o la intuición, son hoy generadas estableciendo cuantitativamente el comportamiento fisiológico que estas acciones conllevarán.

Sin embargo, no es sólo generar la información conducente a la aplicación de un acertado manejo, sino que es necesario crear sistemas capaces de recolectar, almacenar y gestionar dicha información. De esta forma podemos implementar sistemas de control efectivos para nuestro proceso industrial.

El presente informe tiene como objetivo dar a conocer el trabajo realizado tanto en dependencias del departamento de Fruticultura de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile y en las oficinas de CivilTec Ltda.. En estos lugares se realizaron las actividades correspondientes a la Residencia en Fruticultura para optar al título de Ingeniero Agrónomo, y que tuvo como tema principal la implementación, puesta en marcha, administración y mantención de los equipos de Fitomonitorio correspondientes al proyecto FONTEC “Optimización del Riego en Frutales y Viñas con el Uso de Fito-monitorio”

La mayor dificultad que tiene la producción agronómica es la obtención de parámetros y modelos con las que se pueda implementar sistemas de control industrial, es decir, el poder basar las decisiones de manejo para lograr un determinado objetivo.

Hasta hace poco tiempo, la cantidad de variables cuantificables que permitían determinar la aplicación de manejos tan importantes como son el riego, la fertilización, la aplicaciones de agroquímicos, de raleos, podas, etc., eran muy pocas o temporalmente inútiles. Por ejemplo, en la determinación de la reposición de una lámina de agua en el suelo para un cultivo se opera únicamente con parámetros ambientales y con una estimación del gasto de la planta basado en su estado fenológico (K_c). El productor mismo proporciona con base a su propia experiencia, intuición y algunos análisis de laboratorio.

El problema no sólo consiste en la dificultad para coordinar la respuesta a corto y largo plazo de las plantas. Existe la opinión de que es prácticamente imposible desarrollar formas utilizables para evaluar directamente el desempeño del cultivo (Challa H., J.C. Bakker, 1995) porque no siempre y no todos los factores ambientales son críticos con respecto al tiempo; esto significa que sus valores instantáneos actuales son menos importantes que los acumulados y promedio.

El fitomonitorio es una tecnología agrícola que también se concentra en control de las plantas (Ton, Nilov, 1996). Pero a diferencia del abordaje de la planta hablante su principal objetivo no consiste en medir el desempeño del cultivo, sino en detectar y evaluar las condiciones de estrés en el mismo. Como opción acompañante, la técnica de fitomonitorio, proporciona una interpretación fisiológicamente valiosa de los datos medidos en relación con la planta

OFICINA DE DON LUIS GUROVICH: 6 de Agosto 2001 - 7 de Septiembre 2001**EscriVir 2.0**

Ante la petición de la Dirección de Agronomía e Ingeniería y cumpliendo con un acuerdo entre ésta y SESICO, el curso de Principios y Métodos de Riego se aunó al esfuerzo de los docentes de la escuela, para generar y mantener el material de cátedra en formatos compatibles con los protocolos htlm correspondientes al software desarrollado por este servicio.

Para poder cumplir con la tarea propuesta, se asistió a las sesiones de introducción y manejo del software con el objetivo de estar capacitado para utilizar esta herramienta correspondiente al formato de la página web estándar para todos los cursos de la universidad. Este software denominado Escribir sirve de plataforma para introducir ordenadamente tanto al material relacionado con el curso, como a la información y noticias que de este se emite.

Los tópicos a los cuales el alumno puede recurrir para la página del curso son:

- Material del curso:
 - Material de clases.
 - Actividades.
 - Guías de estudio.
 - Material complementario.
- Información Administrativa:
 - Programa del curso.
 - Calificaciones.
 - Asistencia.
 - Calendario.
- Comunicación:
 - Correo.
 - Foro de discusión.
 - Noticias.
 - Chat.

Las opciones de conversación en línea con el profesor o algún invitado ocasional (chat), y las de grupos de conversación, también llamados “foros de discusión”, no fueron implementados en esta etapa, porque se estableció que este servicio requería de una mayor coordinación y experiencia en el manejo global del software.

Este trabajo se llevó a cabo desde el día 13 de agosto hasta el día 6 de septiembre del 2001, momento en el cual se trasladaron las funciones de fitomonitorio a las dependencias de CivilTec en la comuna de Huechuraba.

Administrador Fitomonitores Chiñihue y Los Carrizos

Durante la administración del fitomonitor de Chiñihue y Los Carrizos en las dependencias del departamento de Fruticultura y Enología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se realizaron las primeras aproximaciones a la tecnología de fitomonitorio:

- Se me instruyó en la instalación y manejo del software Phytec; además del manejo de los archivos de datos del tipo Access mediante el cuál, el software opera.
- Se estudiaron casos particulares y se realizaron los primeros intentos en ajustar las alarmas de estrés.

Fitomonitor Chiñihue

En la localidad de Chiñihue, se encuentran dos fitomonitores los cuales son propiedad de Agricom S.A., y que permiten la bajada de datos desde paltos y limones. Los equipos instalados corresponden a dos LPS-05 GSM y cuyos grupos de sensores se describen en las figuras 1 y 2 respectivamente:

Figura 1: Sensores correspondientes al Fitomonitor Chiñihue Limones. Los elementos de la izquierda de la figura corresponden a la forma en que los sensores son desplegados por el software TestPhyto de Phyttech Ltd.
































	LT-2 / 1	<input type="radio"/>	Temperatura de hoja
	LT-2 / 2	<input type="radio"/>	Temperatura de hoja
	SF-4 / 3	<input type="radio"/>	Flujo de savia
	FI-MN / 5	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	DE-13 / 7	<input type="radio"/>	Diámetro de tronco
	DE-13 / 9	<input type="radio"/>	Diámetro de tronco
	FI-3 / 11	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	FI-3 / 13	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	FI-3 / 15	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	TIR-4 / 17	<input type="radio"/>	Radiación solar
	AT-1 / 18	<input type="radio"/>	Temperatura del aire
	RHS-2 / 19	<input type="radio"/>	Humedad Relativa del aire
	SMS-2 / 20	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	Volt / 28	<input type="radio"/>	-----
	VPD	<input type="radio"/>	Déficit de presión de vapor
	DPT	<input type="radio"/>	Punto de rocío
	LATD - 1	<input type="radio"/>	Diferencial de temperatura hoja/aire
	LATD - 2	<input type="radio"/>	Diferencial de temperatura hoja/aire

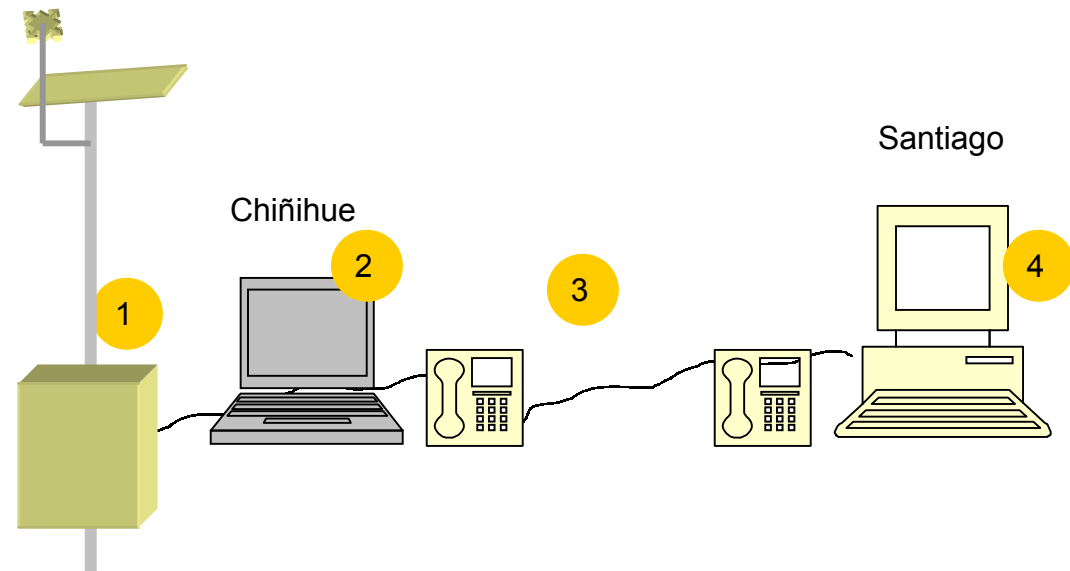
Figura 2: Sensores correspondientes al Fitomonitor Chiñihue Paltos. Los elementos de la izquierda de la figura corresponden a la forma en que los sensores son desplegados por el software TestPhyto de Phyttech Ltd.

	FI-M-42 / 1	<input type="radio"/>	Diámetro del fruto
	FI-M-42 / 3	<input type="radio"/>	Diámetro del fruto
	DE-1 / 5	<input type="radio"/>	Diámetro de brote
	SMS-2 / 23	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	TIR-4 / 24	<input type="radio"/>	Radiación solar
	WSM / 25	<input type="radio"/>	Velocidad del viento
	AT-1 / 26	<input type="radio"/>	Temperatura del aire
	RHS-2 / 27	<input type="radio"/>	Humedad relativa del aire
	FI-M-42 / 17	<input type="radio"/>	Diámetro del fruto
	FI-M-42 / 18	<input type="radio"/>	Diámetro del fruto
	DE-1 / 19	<input type="radio"/>	Diámetro de tronco
	SMS-2 / 20	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	Volt / 28	<input type="radio"/>	-----
	VPD	<input type="radio"/>	Déficit de presión de vapor
	DPT	<input type="radio"/>	Temperatura punto de rocío
	LATD - 1	<input type="radio"/>	Diferencial de temperatura hoja/aire

Debido a que la zona presenta problemas técnicos y geográficos, el rescate remoto de los datos no fue factible, por lo que estos debieron ser vaciados desde

el data logger o unidad de almacenamiento de datos del equipo hacia un computador personal portátil, para luego ser enviados a través de correo electrónico a Santiago para su análisis (figura 3).

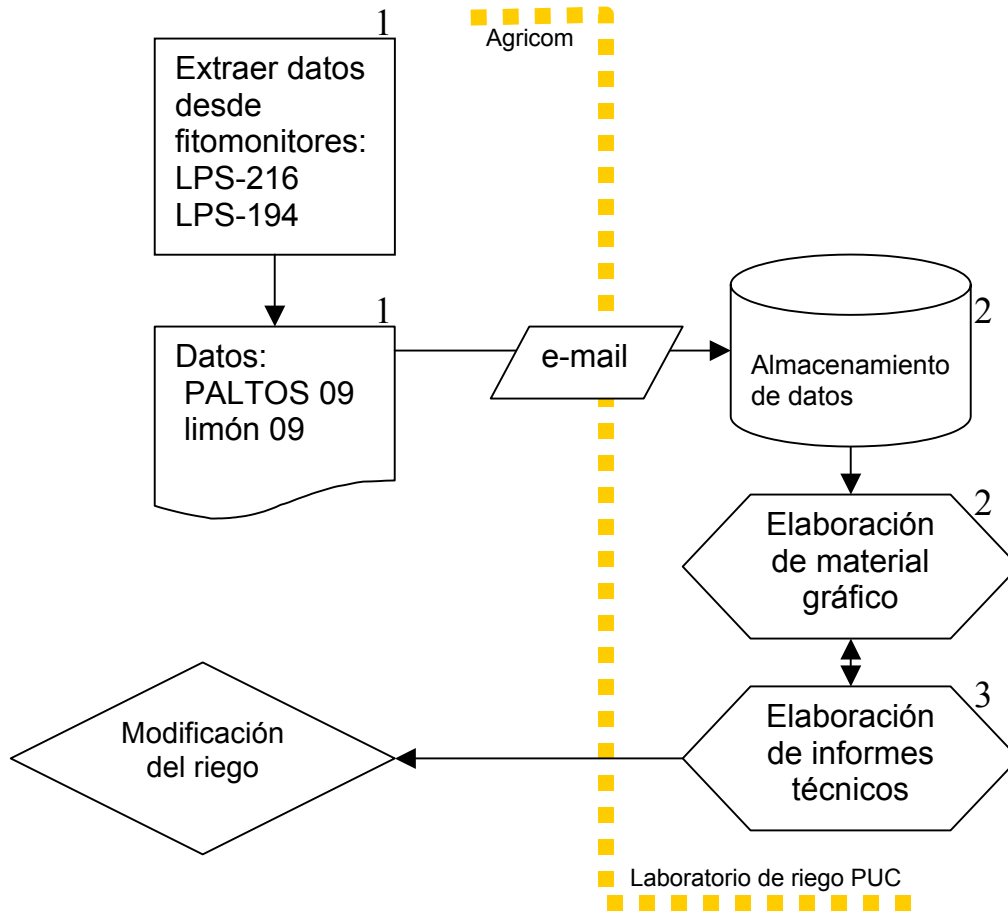
Figura 3: Diagrama recuperación de datos desde Fitomonitor Chiñihue: 1. Captura y almacenamiento de datos desde los sensores en equipo fitomonitor; 2. Recolección de datos desde Data logger del fitomonitor en el computador portátil de la agrícola; 3. Transmisión de los datos a través de correo electrónico al computador del administrador de fitomonitoring (Santiago).



Para organizar la metodología se realizaron 4 reuniones en Chiñihue de las cuales participé en 2, y cuya finalidad correspondió a la presentación de los encargados de administración del fitomonitor, breve explicación de los objetivos del estudio y la asignación de tareas.

La asignación de las tareas se resumen en un diagrama de flujo en la figura 4.

Figura 4: Diagrama de flujo correspondientes a la metodología utilizada para el rescate, envío y procesamiento de los datos recolectados por los sensores correspondientes a los Fitomonitores Chiñihue: Limones y Paltos.



1. Silvia Quiroz: encargada de rescatar y enviar los datos desde Chiñihue al laboratorio de Riego de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
2. Alberto Ormazábal: encargado de coordinar la entrega de datos desde y hacia Chiñihue y preparar el material para la elaboración de los informes técnicos.
3. Luis Gurovich: encargado de elaborar los informes técnicos

CIVILTEC (desde el 7 de septiembre hasta 1° de Enero)

Desde el 7 de Septiembre del 2001 se traslada la administración del fitomonitorio a las dependencias de CivilTec en la comuna de Huechuraba, donde además se brindará apoyo en diversas labores de la empresa.

Fitomonitorio

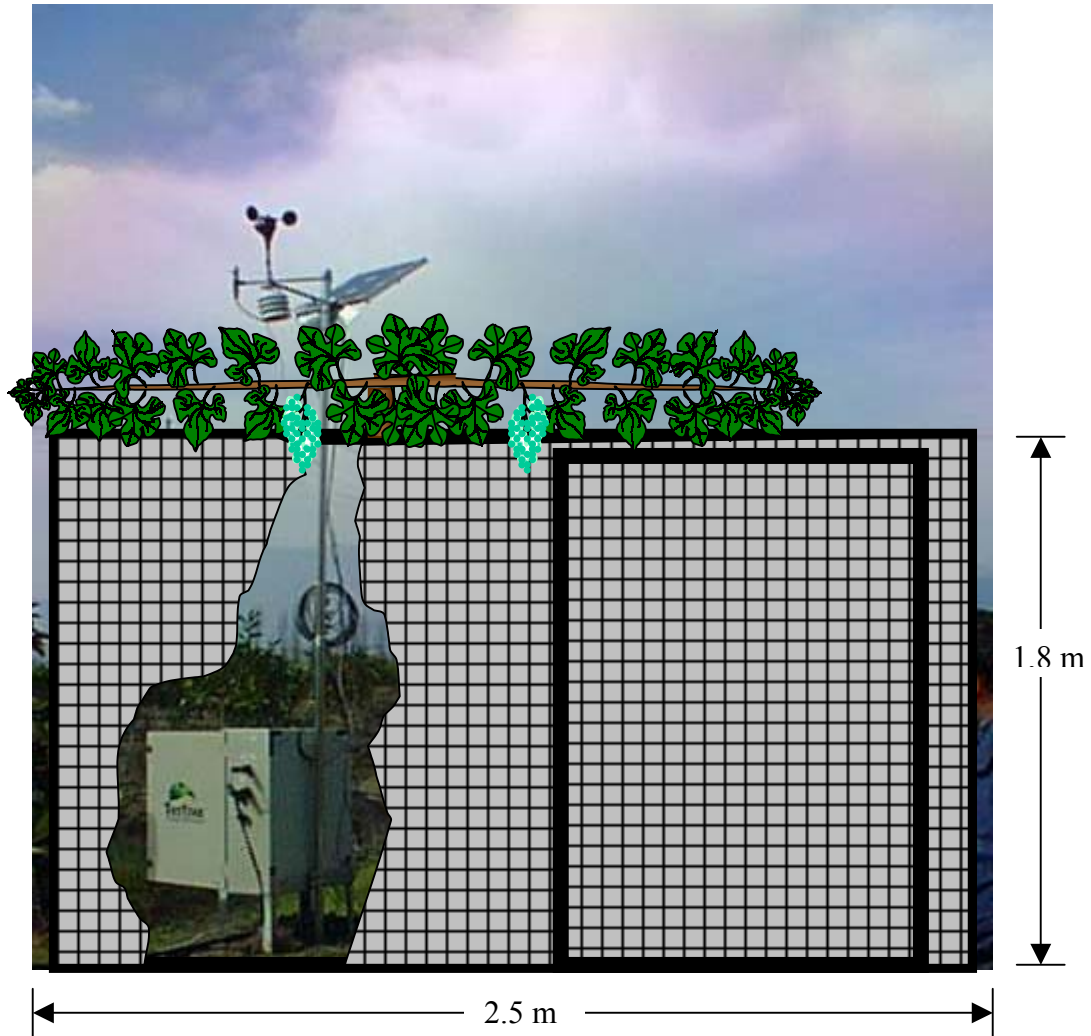
La administración del fitomonitor, ya sea en la recepción de los datos vía email desde los equipos ubicados en los distintos predios y el procesamiento de la información enviada, siguió durante la primera semana a cargo de Alberto Ormazábal, sin embargo, frente a necesidades de la empresa este cargo fue traspasado a Francisco Suárez.

Montaje fitomonitor: Polpaico /Uva de mesa.

En primer termino se preparó el lugar de montaje del equipo, por lo que se mandó a construir las protecciones necesarias para evitar el hurto del equipo o de cualquiera de sus piezas. Este corresponde a un cierre perimetral con una estructura de acero y malla ACMA, la cual está empotrada en el suelo mediante cuatro pollos de concreto a una profundidad de 50 cm de la superficie de la entrehilera (figura 5).

Una vez instalado el cierre protector, se realizó el montaje del fitomonitor correspondiente a la empresa Frupol S.A.

Figura 5: Cierre perimetral protector para el equipo instalado en la localidad de Polpaico.



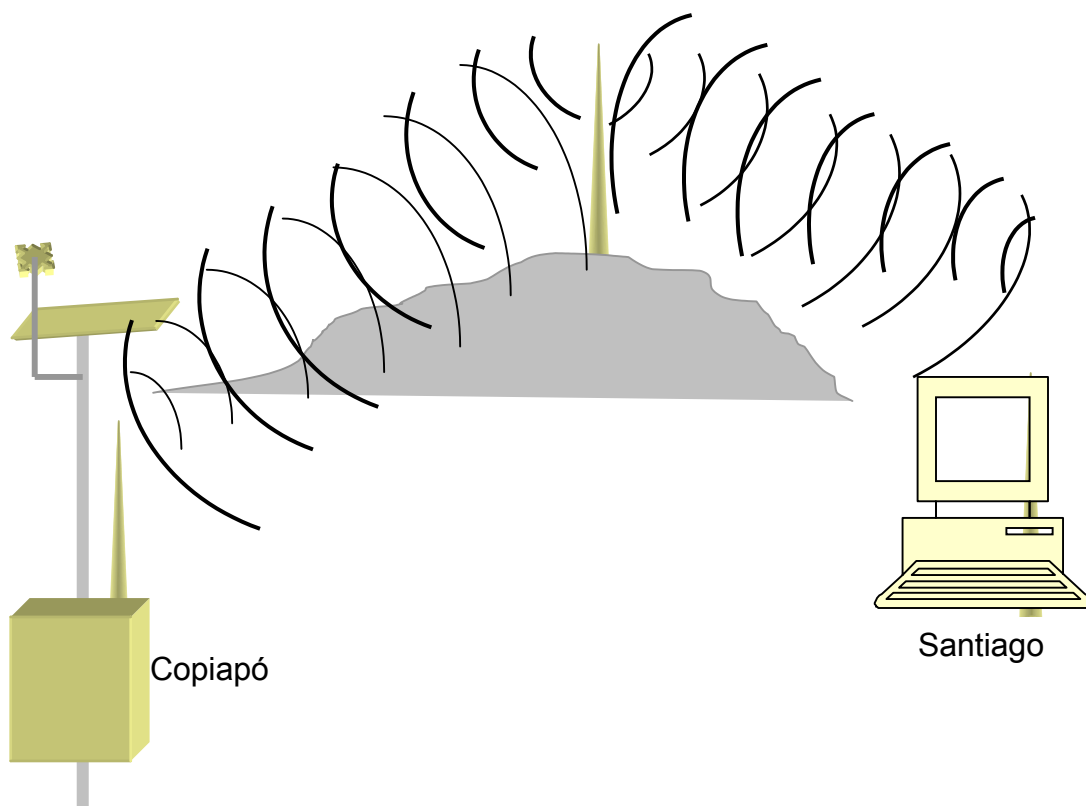
Terminado este proceso se procedió a realizar las pruebas correspondientes a la puesta en marcha equipo. Esto se realiza tomando lecturas directas desde los sensores del equipo por medio de una conexión a través del puerto RS-232 de un computador personal portátil y el equipo fitomonitor.

Asistencia técnica Copiapó, instalación y configuración de MODEM celular

Se realizó una visita de asistencia técnica a la ciudad de Copiapó, para responder dudas en la operación y mantención del equipo y a la instalación de un sistema de transmisión de datos remoto, correspondiente a un modem celular y accesorios.

El modem corresponde a un equipo wavecom que trabaja a 9000 hz., de esta forma el fitomonitor es capaz de enviar los datos recolectados hasta un computador personal previamente enlazado con este por medio de la red celular de ENTEL PCS.(figura 6)

Figura 6: Diagrama de transmisión de datos del Fitomonitor Valle Dorado, Copiapó


















Previamente es necesario configurar el modem, para que trabaje a una determinada velocidad de transmisión, además el modem debe trabajar sólo para el envío de datos, bloqueando las opciones de fax y voz. Esta operación se realiza mediante una conexión con el puerto RS-232 de un computador personal y a través de la herramienta Hyper Terminal de Windows y la cooperación del departamento técnico de la empresa proveedora del servicio celular.

Se instruyó al personal de campo en la colocación de los sensores, principalmente los correspondientes a diámetro de tallo y fruto, y las regulaciones correspondientes para estar en el rango de lectura de los sensores.

El equipo instalado en Copiapó para la agrícola Valle Dorado corresponde al LPS-05 GSM y cuyo set de sensores se describen en la figura 7.

Figura 7: Sensores correspondientes al Fitomonitor Valle Dorado: Vid de mesa. Los elementos de la izquierda de la figura corresponden a la forma en que los sensores son desplegados por el software TestPhyto de Phyttech Ltd.

	AT-1 / 1	<input type="radio"/>	Temperatura del aire
	RHS-2 / 2	<input type="radio"/>	Humedad Relativa del aire
	SD-5 / 3	<input type="radio"/>	Diámetro de brote
	SD-6 / 5	<input type="radio"/>	Diámetro de tronco
	FI-S / 7	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	SMS-2 / 25	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	TIR-4 / 26	<input type="radio"/>	Radiación solar
	WSM / 27	<input type="radio"/>	Velocidad del viento
	FI-S / 17	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	SD5 18 / 18	<input type="radio"/>	Diámetro de brote
	SD6 19 / 19	<input type="radio"/>	Diámetro de tronco
	BAT 28 / 28	<input type="radio"/>	-----
	VPD	<input type="radio"/>	Déficit de presión de vapor
	DPT	<input type="radio"/>	Temperatura punto de rocío
	LATD -1	<input type="radio"/>	Diferencial de temperatura hoja/aire

Traspaso de líneas celulares a clientes

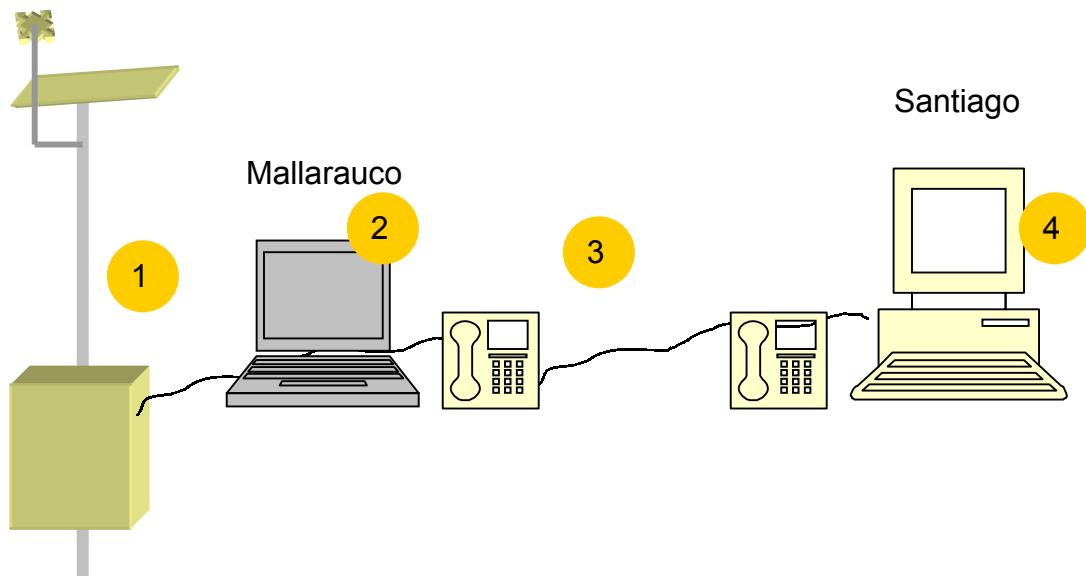
Debido a que las líneas para la transmisión remota de datos, uno hasta este momento, fueron adquiridas por CivilTec Ltda., estas debían ser traspasadas a su propietario final, en este caso a Agrícola Valle Dorado de Copiapó. Por tal motivo, se realizaron los contactos y preparación de la documentación necesaria para que ENTEL PCS traspasara estas líneas.

Puesta en marcha fitomonitor Los Paltos.

El Fitomonitor Los Paltos, perteneciente a la Agrícola Los Paltos Ltda., presentó problemas técnicos tanto en el equipo, como en el computador portátil adquirido particularmente por la agrícola. Por estas razones sólo pudo estar operativo después de 1 mes después de su instalación.

La zona de Mallarauco debido a que es un valle cerrado por cadenas de cerros, presenta problemas en la cobertura celular, por esta razón no fue posible instalar un modem celular asociado al equipo y el rescate de los datos debió realizarse a través de un computador portátil para luego enviar los datos vía e-mail al computador de CivilTec (figura 8)

Figura 8: Diagrama recuperación de datos desde Fitomonitor Los Paltos-Mallarauco: 1. Captura y almacenamiento de datos desde los sensores en equipo fitomonitor; 2. Recolección de datos desde Data logger del fitomonitor en el computador portátil de la agrícola; 3. Transmisión de los datos a través de correo electrónico al computador del administrador de fitomonitoreo (Santiago)



El computador portátil que la Agrícola Los Paltos adquirió para el rescate de los datos desde el fitomonitor, correspondía a un pentium I de 400 Mhz, con una capacidad del disco duro muy limitada. Los problemas técnicos asociados a este computador fueron:

1. Imposibilidad de cargar el software desde los discos de instalación, ya que no poseía lector de discos compactos.
2. Al ser un computador usado, se debió formatear el disco duro y la posterior reinstalación de software.
3. Baja capacidad del disco duro
4. Reinstalar el software del sistema operativo, y las herramientas mínimas de Office requeridas.
5. Incompleta instalación de las aplicaciones de Office por la capacidad del disco duro.
6. Incompatibilidad del software Phygraf con el programa de Access instalado.

Luego de analizar la situación se determinó tratar de dejar operativo este equipo con lo que las soluciones parciales fueron:

1. Formatear el disco duro.
2. Montar un by-pass entre el computador de la agrícola y uno de CivilTec, a través de los puertos paralelos. De esta forma se podía compartir las unidades de disco entre los dos computadores.
3. Reinstalar el sistema operativo y las aplicaciones de Office necesarias
4. Instalar un software del fitomonitor de una versión más baja.

Con estas soluciones parciales, el fitomonitor logró estar operativo sólo a través de la lectura de los datos en forma directa, es decir leyendo datos recogidos por el equipo en el instante y no desde su data-logger.

Este problema se debió a un descuido en la instalación en terreno del fitomonitor: La tarjeta de control se desconectó del bus de datos, y al no estar visible, se tomó la errada decisión de pedir el reemplazo de la pieza a Israel.

















Al llegar la pieza de reemplazo se procedió a su instalación, momento en el cual se corroboró la real falla del equipo, la que fue solucionada en el momento.

Para poder realizar la selección de las estrategias de riego que se evaluarán en este ensayo, se colocaron dos tensiómetros convencionales a 30 y dos a 60 cm., con los que se espera medir el contenido y tensión del agua y determinar el estrés hídrico a la que son sometidas las plantas.

Actualmente el Fitomonitor de Los Paltos cuenta con un computador portátil nuevo para el rescate de los datos, con lo que se eliminan los riesgos de pérdida de datos inherentes a la utilización de un equipo en malas condiciones de operación.

El equipo instalado corresponde a un LPS-05 GSM, cuyo set de sensores se describen en la figura 9.

Figura 9: Sensores correspondientes al Fitomonitor Valle Dorado: Vid de mesa. Los elementos de la izquierda de la figura corresponden a la forma en que los sensores son desplegados por el software TestPhyto de Phytech Ltd.

	FI-M / 1	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	FI-M / 3	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto
	DE-1 / 5	<input type="radio"/>	Diámetro de
	SMS-2 / 23	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	TIR-4 / 24	<input type="radio"/>	Radiación solar
	WSM / 25	<input type="radio"/>	Velocidad del viento
	AT-1 / 26	<input type="radio"/>	Temperatura del aire
	RHS-2 / 27	<input type="radio"/>	Humedad Relativa del aire
	FI-M / 17	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto árbol 2
	FI-M / 18	<input type="radio"/>	Diámetro de fruto árbol 2
	DE-1 / 7	<input type="radio"/>	Diámetro de
	SMS-2 / 20	<input type="radio"/>	Humedad del suelo
	Volt / 28	<input type="radio"/>	-----
	VPD	<input type="radio"/>	Déficit de presión de vapor
	DPT	<input type="radio"/>	Temperatura punto de rocío
	LATD - 1	<input type="radio"/>	Diferencial de temperatura hoja/aire

Venta de Materiales de Riego

Con motivo de financiar las operaciones de CivilTec, se le encomendó la venta de materiales de riego al menudeo. Para cumplir con esta tarea, se traspasó la responsabilidad de administración de los fitomonitores a Francisco Suárez y la de venta de materiales e instalación de equipos de fitomonitorio y fertirrigación a Alberto Ormazábal.

Con el fin de interiorizarme con los equipos, piezas y materiales de riego, se realizaron trabajos en la bodega, ayudando en la recolección de materiales para los distintos proyectos en ejecución y que eran solicitados para ser despachados a su respectivo lugar de instalación

Una vez, reconocido los distintos materiales, las medidas utilizadas y sus aplicaciones, Se procedió a cumplir con las tareas de confección de listas de precios, cotizaciones, ordenes de compra y solicitud de materiales.

Las cotizaciones son generadas ante un pedido de cotización impartida directamente por el cliente vía telefónica, junto con la cual se recomiendan alternativas y/u orienta para una correcta decisión; o mediante una orden de cotización del cliente vía fax, generalmente en esta última se contacta al cliente para conocer sus necesidades y realizar la respectiva recomendación y orientación.

Luego de enviar respectiva cotización al cliente y al ser aprobada por este mediante una orden de compra, se genera una solicitud de materiales a bodega. En bodega, las solicitudes de materiales son ejecutadas reuniendo el material solicitado. Si este no se encuentra en stock, se solicita al respectivo proveedor .

Para hacer más fácil las cotizaciones y ordenes de compra de parte de los clientes se comenzó la confección de un catálogo de materiales. Este catálogo, posee junto a la descripción de la pieza y su precio, una foto; de este modo el catálogo puede ser distribuido a los clientes mediante un medio de almacenamiento (disquete, CD, etc), e-mail, o para ser incorporado a la página web de CivilAgro.

Con el fin de realizar una correcta orientación y recomendación en la venta de materiales y equipos de riego, se asistió a reuniones técnicas dadas por los proveedores:

- Dan Sprinklers: diferentes emisores y sus usos
- Reinke: Sistemas de riego por pivot central y de Avance lateral,
- Arkal: Filtros de anillos

Equipo de fertirrigación: Diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo de fertirrigación en la Agrícola y Ganadera Palena.

El concepto de fertirrigación implica la inyección de los fertilizantes en el agua de riego. Esta inyección puede realizarse de diferentes formas y puede ser mas o

menos complicada en función de las necesidades del usuario, y se realiza y controla desde un “cabezal” de fertirrigación.

Cabezales de fertirrigación.

Se entiende por cabezal de fertirriego al conjunto de dispositivos situados al principio de toda la instalación de riego con la finalidad de:

- Medir y controlar la cantidad de agua aportada en cada sesión de riego.
- Incorporar, medir y controlar la cantidad de fertilizantes aportados en cada sesión de fertirriego.
- Filtrar, regular caudales y presiones, y ejecutar la programación de riego preestablecida
- Filtrado de soluciones

El filtrado del agua y de las soluciones de fertirrigación tiene como objetivo la de evitar los efectos perjudiciales que esta puede infringir sobre el sistema el uso de aguas cargadas con partículas sólidas en suspensión, orgánicas o minerales, y que pueden provocar obstrucciones en los conductos estrechos de los emisores y dañar los dispositivos que tengan elementos móviles.

Las obturaciones llevan asociada una disminución de los caudales y de la uniformidad del riego (generalmente no detectables), por lo hacen descender la eficiencia de la riego y fertilización.

El tipo de filtros a utilizar dependerá de las partículas disueltas que se deseen eliminar y sus características de filtrado dependerán del diámetro mínimo del paso por el emisor. En general son de tres tipos: hidrociclones, filtros de arena y filtros de mallas o anillas. En ocasiones debe recurrirse a un desbaste previo a la entrada del agua en el cabezal debido a la gran carga de sustancias en solución que presenta en agua; en estos casos puede, si las partículas son minerales, utilizarse una separación por sedimentación en un deposito de decantación; si son

de origen orgánico su flotabilidad hace necesaria la utilización de rejillas o filtros gruesos con una luz de paso adecuada.

Inyectores

Existen diferentes formas de introducir los fertilizantes químicos en el agua de riego. La decisión sobre el sistema de inyección a utilizar depende de diversos factores:

- La naturaleza de los fertilizantes que se pretende inyectar: sólidos o líquidos. Los líquidos generalmente no requieren agitación en los estanques acumuladores, mientras que los sólidos si la necesitan.
- El peligro potencial de las sustancias químicas a inyectar: La mayoría de los fertilizantes químicos nitrogenados no requieren precauciones especiales, sin embargo, los ácidos deben manejarse con mayor cuidado.
- Disponibilidad de energía. En algunos casos, no se dispone de energía eléctrica, por lo que los inyectores deben moverse por el agua, motores de combustión interna u otros métodos.
- Uniformidad de los sistemas

En los sistemas de fertirrigación fijos deben tenerse en cuenta dos características fundamentales en el aspecto de la uniformidad en la aplicación de los fertilizantes:

- **Uniformidad de aplicación temporal:** La aplicación de fertilizantes durante una sesión de fertirrigación no varía a lo largo del tiempo de aplicación. Las posibles variaciones espaciales en la distribución de los fertilizantes no se deben a diferencias en la velocidad de aplicación de cada sesión.
- **Uniformidad de distribución espacial:** La aplicación de los fertilizantes durante una sesión de fertirrigación debe ser tan uniforme como lo sea la aplicación del agua de riego. Es decir, la distribución punto por punto del

cultivo debe ser la misma si los fertilizantes se han mezclado uniformemente con el agua de riego.

Automatización del proceso de fertirrigación

La uniformidad en el riego lograda con las técnicas de alta frecuencia localizada, al efectuarse una distribución forzada, y con una cobertura total de la superficie de cultivo, junto a la posibilidad de llevar a cabo otro tipo de labores como aplicación de fitosanitarios y otros productos químicos (quemigación), posibilita la aparición a nivel comercial de sistemas de fertirrigación con un mayor grado de automatización pueden traducirse en reducciones de los requerimientos de las instalaciones, y de los costes energéticos de funcionamiento consumiendo electricidad en horas de tarifa reducida.

Las ventajas que presenta el equipo presentado para concretar el proyecto en la Agrícola y Ganadera Palena son:

- **Flexibilidad total del sistema:** Se pueden controlar gran variedad de parámetros útiles a la hora de programar el riego, como pH, conductividad eléctrica (C.E.), caudal efectivo, etc. (figura 12)
- **Control de situaciones anormales:** alarmas y detención o corrección de procesos ante situaciones de emergencia como valores extremos de presión o caudal, averías en la red de riego, etc. (figura 12)
- **Facilita el registro de datos:** con lo que se dispone de una completa y permanente información de lo que acontece en la instalación y de los procesos ejecutados y de un registro histórico de los eventos acaecidos en cada sesión de riego. (figura 12)

Los equipos automáticos de fertirrigación constan de una serie de elementos de regulación y manejo que, intercalados o no en la red de riego, asegurando un control racional y exhaustivo del proceso de riego y fertilización.

Según la dosificación de fertilizantes u otros productos químicos: (figura 11)

- Aplicación de un programa de fertilización asociando a un programa de riego
- Dosificación volumen/volumen: Se realiza la solución nutritiva basándose en la mezcla de volúmenes prefijados de soluciones madre de los distintos fertilizantes con un determinado volumen de agua de riego.
- Dosificación según C.E. y pH: se adicionan soluciones madre de fertilizantes en porcentajes predeterminados hasta alcanzar en la solución nutritiva final un valor de C.E. o un incremento de la misma previamente fijado. De la misma manera se dosifica ácido (o una base en su caso) hasta lograr el pH predeterminado en la solución nutriente final.
- Aplicación de fertilización con un riego antes o después, localizando el fertilizante.

Figura 11: Panel de control para programar la aplicación de fertilizantes

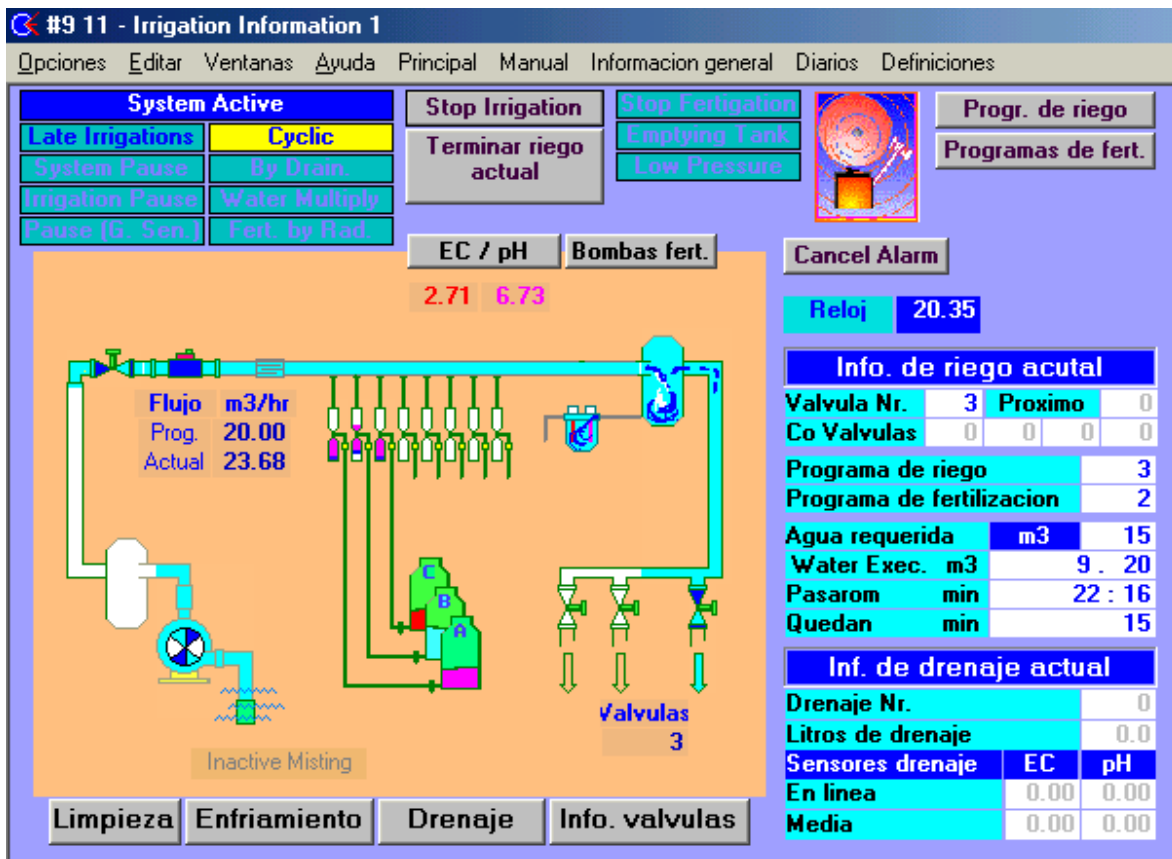
Programa Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fert. 1 L/m3	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 2 L/m3	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 3 L/m3	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 4 L/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 5 L/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 6 L/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 7 L/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fert. 8 L/m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agua antes de fert. m3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua despues de m3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EC requerido	2.15	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH Requerido	7.00	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Selector de fert. (0-5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Otras características del equipo en cuestión son:

- Registro y almacenamiento de la información relativa a cada uno de los procesos ejecutados y en curso.

- Mantenimiento y limpieza de la red de riego: autolimpieza de filtros, alarmas que paralizan la actuación ante presiones o caudales anómalos, etc. (figura 12)
- Avisos y alarmas de otros parámetros de control del proceso de fertirrigación como son avisos y/o detención de la dosificación o del riego ante valores extremos previamente fijados de pH o C.E., bajo nivel en tanques de fertilizantes o cubas de mezcla, etc. (figura 12)

Figura 12: Panel de control con los respectivos avisos y alarmas de los parámetros de control del proceso de riego y fertirrigación



Para que este equipo funcione correctamente y con toda su potencialidad necesita de una serie de elementos que posibilitan el control y la automatización de los eventos programados los cuales son:

- Elementos eléctricos que controlan el cierre o apertura de las válvulas en cada sector
 - Elementos electrónicos: reloj, microprocesadores de control, placas de entradas-salidas (digitales y analógicas), ordenadores.
4. Elementos de regulación, control y medida de los caudales y las presiones (caudalímetros y manómetros)

CAUDALIMETRO

Generalmente los sistemas de riego no cuentan con equipos que determinan el volumen efectivo de agua de riego que se aplica en el predio, ya que se basan en tiempo de riego.

Por este motivo las estrategias de riego contemplan el conocer el caudal mediante el cual la bomba impulsa el agua, y con este dato junto con el tiempo de riego es posible conocer el volumen aplicado.

Los actuales programadores de riego, cuentan con la capacidad de programar el riego tanto por tiempo como volumétricamente, para este último caso, es necesario contar con un dispositivo que mida el caudal instantáneo en la matriz, y con ello determinar el volumen aplicado.

CivilTec, cuenta con la distribución de los fertirrigadores de Eldar Shany. Estos sistemas emulan electrónicamente a un PLC y cuentan con un software que despliega gráficamente el sistema de riego y el de fertirrigación. De este modo es posible visualizar el funcionamiento de los sistemas, sectores en riego y/o fertirrigación, caudales programados y en ejecución, pH y conductividad eléctrica del agua de riego o solución fertilizante aplicándose, y los eventuales problemas en el sistema o en el cumplimiento de la programación mediante alarmas visuales. Para poder realizar todas estas tareas, sobre todo la de aplicar volumétricamente un riego es necesario contar con un sensor de caudal o caudalímetro. Este instrumento se instala en la matriz a lo menos 1 metro de la salida del sistema de filtros.

Instalación de Caudalímetro agrícola y ganadera Palena

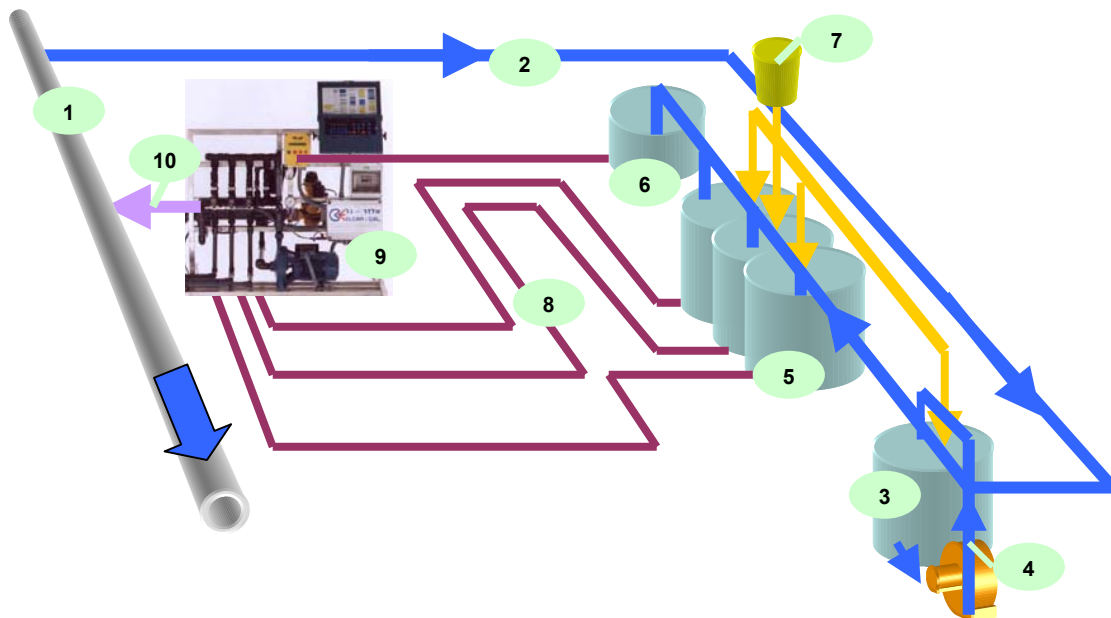
La agrícola y ganadera Palena posee en la localidad de El Huique que corresponden a viñedos para uva de mesa y para vino. Para la aplicación, el control y gestión de las aplicaciones del riego y de la fertirrigación se instaló un equipo Fertijet fabricado por la empresa Eldar Shany.

La implementación de esta mejora tecnológica en este predio se tuvieron que cumplir 3 etapas: Diseño, instalación y puesta en marcha.

La tarea de diseño le correspondió al ingeniero agrónomo Francisco Suárez y la de instalación y puesta en marcha a Alberto Ormazábal junto a un equipo de instaladores para la parte hidráulica (2) e instaladores para la eléctrica (2).

Para que este equipo quedara operativo fue necesario incorporar dentro del centro de control el nuevo programador, los estanques de fertilizantes y los circuitos hidráulicos para la inyección de fertilizantes y conexión a la matriz, todo esto con sus respectivos sistemas de control e impulsión (figura 13).

Figura 13: Esquema de las partes involucradas en la instalación del nuevo sistema de aplicación, control y gestión de riego y fertirrigación para la Agrícola y Ganadera Palena en la localidad del Huique VI Región.



1: Sección de la matriz entre los filtros de arena y de mallas; 2: Circuito de alimentación de agua desde el sistema de impulsión general del predio hasta los depósitos de fertilizantes; 3: Estanque de mezcla de fertilizantes sólidos; 4: Circuito de recirculación de la solución fertilizante (mezclado); 5: Estanques de acumulación de soluciones fertilizantes; 6: Estanque de ácido; 7: Soplador; 8: Circuito de alimentación del inyector de fertilizante (solución fertilizante); 9: Equipo fertirrigador; 10: Alimentación hacia el equipo fertirrigador con agua desde la matriz; 11: Alimentación hacia la matriz con solución fertilizante.

El equipo en cuestión tiene la capacidad de controlar hasta 250 válvulas en el sistema. En este sistema el equipo controla 24 válvulas las que están consideradas como una unidad final de irrigación siempre asociada a un área de irrigación específica y a un caudalímetro. Además controla una bomba multietapas para la inyección de fertilizante, pudiéndose controlar hasta 20 de ellas.

La bomba fertilizante es un componente independiente, el cual puede no estar anexado a otro componente en el sistema. Esta bomba puede estar programada para operar con cualquier válvula, sin embargo no podrá dar servicio a otra válvula al mismo tiempo con excepción de las coválvulas anexada a la válvula de irrigación.

Para este proyecto, se utilizó la unidad de agitación desarrollada y construida durante la presente residencia (ver bomba sopladora). En este caso, esta unidad, es programada y manejada a través del controlador del equipo Fertijet. Esto es posible por que, existen puertas de entrada/salida (I/O) para el control analógico o digitales, tanto sensores como efectores incorporados al equipo, de este modo se tiene la posibilidad de controlar su funcionamiento programando su actividad a través del software Gal Center.

Como las necesidades para el equipo soplador requerían sólo la activación (encendido) y desactivación (apagado), se utilizaron las salidas analógicas desde el panel de control (figura 14)

Figura 14: Salidas analógicas utilizadas para el control de válvulas de los sectores , y del encendido y apagado de la unidad de agitación de fertilizantes.

Terminal Controlador	Sector
2	Master Valve.
3	Viña 99 B1 sector 1
7	Viña 99 B2 sector 1
8	Viña 99 B3 sector 1
9	Viña 99 B4 sector 2
10	Viña 99 B5 sector 2
11	Viña 99 B6 sector 3
12	Viña 99 B7 sector 4
13	Viña 99 B8 sector 4
14	Ruby sector 5
15	Crimson sector 6
16	Flame sector 7
17	Red sedles sector 8
18	Thompson sedles sectopr 9
19	Cabernet parrónsector 10
20	Red Globe chica sector 11
21	Viña 98 sector 12
22	Viña 98 sector alto sector 13
23	Viña 98 sector alto sector 14
24	Bomba sopladora

Instalación

La instalación del equipo y puesta en marcha de este estuvo a cargo de Alberto Ormazábal, junto a una cuadrilla de técnicos especialistas en el montaje de circuitos hidráulicos y eléctricos en sistemas de riego de la empresa CivilAgro.

Las tareas realizadas correspondieron a la organización, supervisión, resolución de problemas y control de calidad.

Para la organización fue necesario realizar una lista de montaje, similar a una carta Gantt pero en la cual se describe el grado de avance y los temas pendientes según cuadrilla de trabajo. Esta forma de trabajar ayuda a redistribuir tareas para el siguiente día o etapa. Además se chequean las necesidades y distribución de los materiales para cumplir con cada tarea. En la figura 15 se muestra un ejemplo de la lista de montaje con su correspondiente lista de materiales y tareas pendientes.

Figura 15. Lista de montaje con su correspondiente lista de materiales y tareas pendientes.

La instalación eléctrica del equipo requirió personal especializado aportado por CivilAgro. Además fue necesario planificar las conexiones según el grado de avance de la cuadrilla de instalación hidráulica y las necesidades de la empresa CivilAgro en los proyectos en ejecución, esta tarea la realizó Alberto Ormazábal con la ayuda y supervisión del señor Francisco Suárez.

Otro aspecto importante de la instalación eléctrica correspondió a la conexión del sensor de flujo o caudalímetro, la cual presentó problemas que se detallan a continuación y que implicaron el retraso en la puesta en marcha del equipo para las funciones de riego volumetricamente.

Problemas en el funcionamiento y puesta en marcha del caudalímetro

El sensor de flujo o caudalímetro corresponde a un equipo marca “flow meter” que es distribuido en Chile por la empresa Bermat y su uso corresponde a la medición de flujos en líneas hidráulicas en redes de agua potable o en sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Se optó por la compra de este sensor, ya que se tenía información de una unidad de similar precio, pero que debía ser importada. Sin embargo el equipo ofrecido por Bermat presentaba un stock con disponibilidad inmediata, lo que sumado al servicio postventa en Chile y a la capacidad de programar la cantidad de volumen por pulso de salida, fue la opción que más se ajustó a los requerimientos del proyecto.

El primer problema correspondió a la alimentación del sensor ya que debía corresponder a 12 volts de corriente continua y el suministro desde el tablero eléctrico correspondía a 12 volts en corriente alterna. Con objeto de solucionar este problema el personal eléctrico procedió a corregir la corriente por medio de un condensador y sus respectivas resistencias, sin embargo aunque, se logró energizar el sensor, este no lograba emitir una señal de salida.

Consultando al proveedor se llegó a la conclusión que la alimentación se debía realizar correctamente mediante una fuente de poder a medida, ya que así era capaz de filtrar la corriente de salida.

Luego de instalar la fuente de poder solicitada, continuaron los problemas, lo que luego de desinstalar el equipo para su revisión en un banco de pruebas de la empresa y constatar que operaba satisfactoriamente, se pidió la concurrencia de personal técnico de Bermat para realizar la revisión en terreno.

El ingeniero a cargo luego de revisar las conexiones informó que el problema se debía a un error en el cableado del equipo e instruyó al técnico la correcta manera de hacerlo.

Frente a esta circunstancia, nuevamente se produjo un atraso en la puesta en marcha del equipo para la aplicación del riego por volumen, sin embargo a esta altura el equipo regaba normalmente basado en una programación por tiempo, al igual que la inyección de fertilizantes.

En resumen para el proyecto de la Agrícola y Ganadera Palena se trabajaron 26 días en la instalación del equipo y 23 días en la puesta en marcha y capacitación del personal a cargo. Este trabajo finalizó en su instalación el 15 de Octubre, y luego de una serie de modificaciones, fallas en el sistema, y reticencia para incorporar una nueva tecnología por parte del personal a cargo del riego, se logró concluir con las etapas planificadas el día.

La serie de problemas surgidas durante el proyecto, las que son enumeradas en el cuadro 1, finalizaron en la desconfianza en el equipo

Cuadro 1: Resumen de cada situación y la implicancias en el proyecto

Descoordinación entre el jefe de proyecto y el dueño del predio, sobre la fecha de inicio y el horario de ingreso para la instalación	Significó una mala disposición hacia el equipo de instalación y la imposibilidad de entrar al predio en varias oportunidades retrasando el inicio de la instalación.
Errores en el diseño hidráulico	Reconceptualización de los requerimientos y por ende retraso en la programación.

Errores en la lista de materiales	Devolución del material, elaboración de nueva lista de materiales y por ende retraso en la programación
Ineficiente sistema de restitución de materiales de bodega	Entrega parcial de materiales a la obra y por ende retraso en la programación.
Inexperiencia del supervisor de obras en actividades de instalación hidráulica y eléctrica.	Errores de planificación de obra y de tiempos requeridos. Fallas en las tomas de decisión. Retraso en la programación.
Error en las conexiones de alimentación eléctrica y de salida de señal de pulsos.	Posible daño en el equipo por error en la alimentación de este. Retraso por la detección de falla y realambrado del sistema.
Cambio de dos estanques por una mayor capacidad de almacenamiento (petición del dueño del predio y por filtración desde las costuras de uno de ellos)	Atraso en la entrega definitiva del sistema hidráulico debido a la necesidad de adaptar el circuito para instalar estanques de mayor tamaño en altura y diámetro.
No considerar los gastos correspondientes a la movilización y alimentación del personal a cargo	Disminución en las remuneraciones del personal a cargo, mala calidad en las relaciones posteriores entre el jefe de proyecto y el supervisor de obra.

Bomba sopladora

En los sistemas de fertirrigación es necesario tener disponible un determinado volumen de fertilizantes en estanques acumuladores. Desde estos estanques el fertilizante es inyectado a presión en la matriz de riego en forma controlada, y así la mezcla agua de riego y fertilizantes es conducida por la red de riego hasta el sector correspondiente. Sin embargo, los fertilizantes ocupados en fertirrigación no son totalmente solubles y muchos de sus componentes se mantienen en suspensión. Por esta razón, necesariamente hay que proceder a la agitación para mantener en suspensión los compuestos insolubles

Para agitar la solución fertilizante en los estanques es posible de tres formas:

- Mediante el uso de paletas o hélices movidas por un motor eléctrico. De este modo el líquido se mueve circularmente en el sentido de las paletas.
- Recirculando la solución con una bomba, así la solución fertilizante es sacada del estanque e impulsada mediante una bomba de baja potencia y vuelta a poner al estanque.
- Inyectando aire mediante una bomba sopladora, de este modo, el aire que ingresa por presión, agita la solución fertilizante suspendiendo las partículas insolubles de esta.

Esta ultima opción fue de Interés de desarrollar en los talleres de Civil Agro S.A., debido a que ya se habían probado e instalados unidades sopladoras similares con buenos resultados.

Las tareas realizadas en este proyecto correspondieron a:

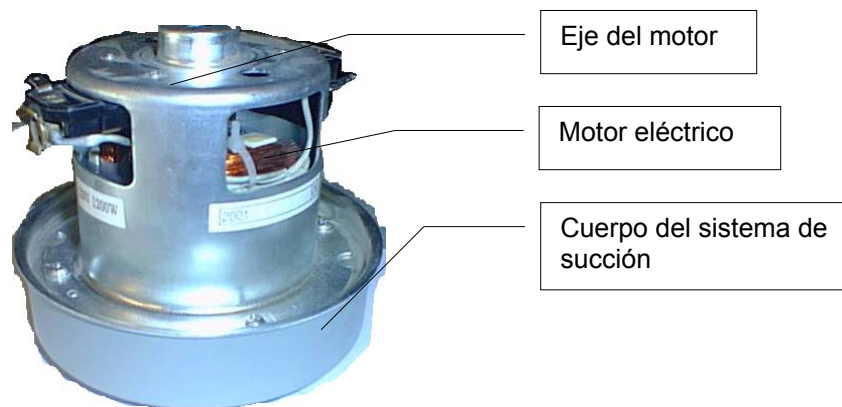
- Diseño del equipo
- Desarrollo de un prototipo funcional
- Pruebas del prototipo
- Confección de lista de materiales
- Búsqueda de los proveedores de los materiales necesarios y acordar precios y plazos de entrega

- Análisis de factibilidad técnica-económica del proyecto
- Ejecución del proyecto

Diseño de bomba sopladora

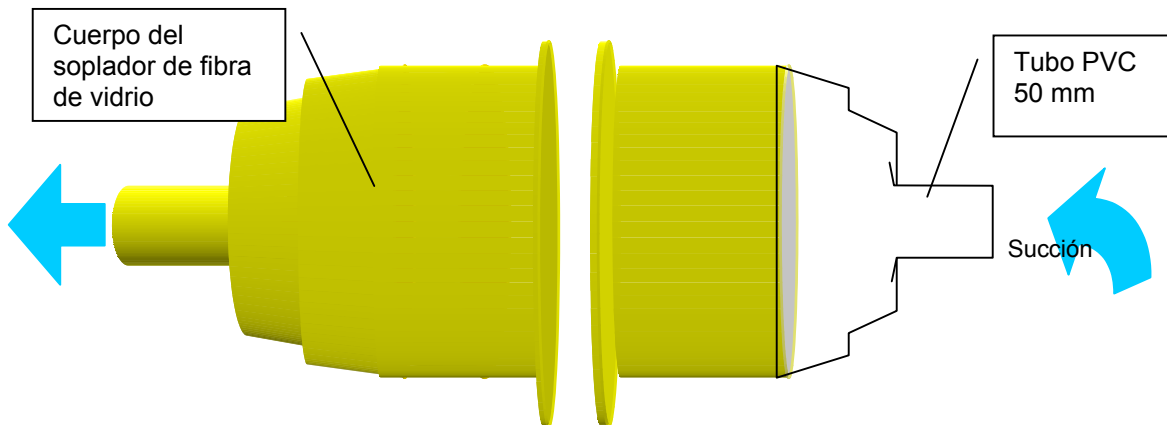
El motor utilizado corresponde a un motor de aspiradora de 1200 Watts de potencia y el diseño de la carcasa para alojar el motor y conducir el flujo de aire se realizó en torno a este. (figura 16)

Figura 16. Foto del motor de aspiradora utilizado en el prototipo de la bomba sopladora.



La carcasa se fabricó en fibra de vidrio en base a dos piezas iguales para disminuir el costo de fabricación de estas. Para la entrada y salida del aire se incorporaron secciones de PVC de 50 mm a cada extremo de las secciones correspondientes. (figura 17)

Figura 17: Carcasa de la bomba sopladora fabricada en fibra de vidrio y consta de dos segmentos completamente iguales, los cuales son unidos mediante tornillos.



Luego de tener un prototipo de la bomba sopladora se procedió a realizar las pruebas conducentes verificar la capacidad de empuje del motor. Para esto se montó un circuito de PVC para conducir el flujo de aire desde la salida de la bomba sopladora hasta un estanque de fibra con una capacidad de 5.000 litros logrando movilizar un volumen considerable de agua, lo que significaba una buena agitación

El costo de los materiales implicados en la construcción de cada unidad son:

Item	Valor por unidad	Cantidad	Subtotal
Motor de aspiradora	\$20000	1	\$20000
Carcasa de fibra de vidrio	\$1800	2	\$3600
Pernos allen	\$100	8	\$800
Tuercas	\$100	8	\$800
Pintura epóxica	\$2700	1/3	\$700
TOTAL:			\$25900

OTRAS ACTIVIDADES

Instalación de un filtro auto limpiante de mallas, marca amiad, serie SAF en el predio perteneciente a Diego Izquierdo, en la localidad del Huique, VI Región.

En esta oportunidad se ayudó al montaje del equipo siendo las tareas realizadas:

- Toma de medidas in situ para la instalación del filtro y diseño de piezas especiales en fierro.
- Desarrollo de lista de materiales para su instalación
- Diseño de las estructuras de apoyo del filtro
- Montaje del filtro
 - Conexión a la matriz
 - Conexión sistema de retrolavado
 - Puesta en marcha

Además se participó en el GTT de Mallarauco ofrecido por Dan Sprinklers y CivilAgro-CivilTec. El tema correspondió a las ventajas y desventajas técnicas en la aplicación de riego mediante microaspersión y goteo en plantaciones de paltos y la tecnología de fitomonitorio adoptada por el predio.

Como parte de la empresa Civiltec, junto con el ingeniero agrónomo Francisco Suárez, nos correspondió mostrar el equipo que estaba en operación el predio:

- Partes que componen el equipo.
- Tipos de sensores y su función
- Métodos de recuperación de datos
- Bajada de datos a un PC portátil
- Despliegue de la información a través del software Phyttec.

Se valoraron las ventajas que iba a traer para el predio la incorporación de este equipo, como son la cuantificación del tamaño de troncos y frutos, temperaturas de hoja y del aire, humedad del suelo y relativa del aire, velocidad del viento.

Conclusiones

El objetivo del trabajo de residencia es la de que el alumno pueda ser incorporado a las labores de investigación de un docente y/o actividades en empresas relacionadas con el quehacer agronómico.

Esta experiencia sirvió para mi desarrollo profesional en los siguientes aspectos, separados por actividad:

Con respecto a las labores realizadas en el Laboratorio de riego de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se puede concluir que:

1. Durante el corto periodo en este laboratorio se logró iniciar la puesta en marcha de la entrega del material del curso a través de internet, en lo referente a programas del curso, clases y consultas.
2. Se efectuaron las labores conducentes a la entrega de los informes a los productores sobre el análisis de los datos arrojados por los respectivos fitomonitores.
3. Además de la entrega de conocimiento y experiencia al estar a cargo directamente del profesor Dr. Luis Gurovich, también puedo decir que al estar en otro plano de relación con el profesor, este me entregó su apreciación de la vida, cultura y sabiduría.

Con respecto al trabajo realizado en la empresa de riego CivilTec, se puede concluir que:

1. Interactuar con equipos de trabajo en distintas disciplinas tales como: docencia, asesoría agronómica, bodega y logística, diseño de riego, ventas e instalación de materiales y equipos de riego, etc.
2. Conocer el material y los equipos de riego en bodega, con lo cual permite conocer su funcionamiento más cerca y sin influir en las operaciones

normales de producción, tal como lo sería en el caso de materiales y equipos ya instalados.

3. Tener contacto con los proveedores de materiales y equipos de riego, y con ello optar a las sesiones de capacitación impartidas por los equipos de venta técnico de cada empresa, tanto nacionales como internacionales.
4. Diseñar, construir e implementar soluciones de ingeniería.

Con respecto a la tecnología de Fitomonitorio:

Esta nueva tecnología provee de una valiosa información a los profesionales que deben tomar decisiones en el manejo de cualquier producción vegetal de este modo permite:

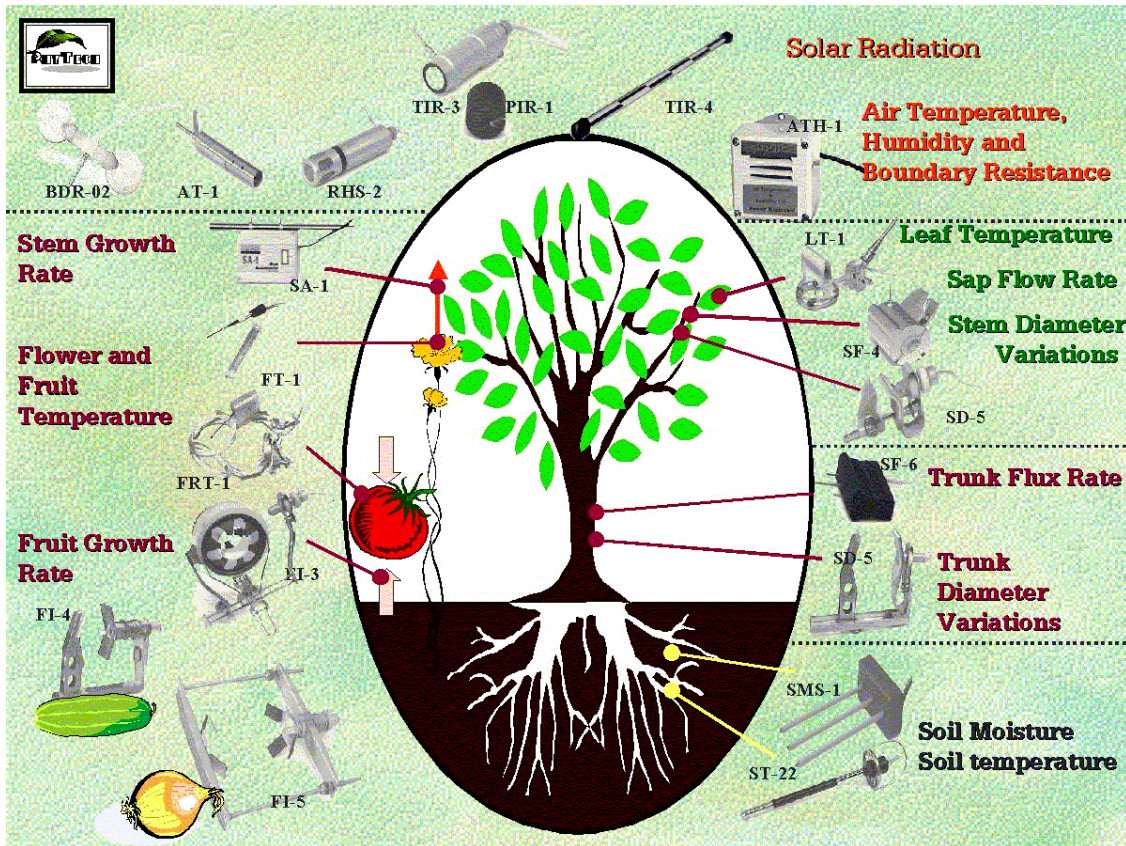
1. La medición y análisis a través del tiempo y en tiempo real, del crecimiento de diversos órganos de las plantas y el flujo de savia asociados a información edafoclimática del sitio, y así determinar en forma cuantitativa el comportamiento fisiológico de las plantas.
2. Mediante la información cuantitativa del comportamiento fisiológico frente a las condiciones específicas, definir estrategias agronómicas que permitan aumentar la eficiencia y productividad del cultivo.
3. En el uso del agua por la planta, el fitomonitorio posibilita no sólo mantener al huerto en una condición óptima de disponibilidad de agua, sino que establecer un verdadero equilibrio dinámico entre la velocidad de salida de agua hacia la atmósfera (transpiración) y la entrada de agua desde el suelo, minimizando las fases de contracción de estructuras conductoras (tronco, ramas, hojas) y reproductoras (flores y frutos) y por ende aumentar la eficiencia hídrica del cultivo.
4. Medir el comportamiento fisiológico del cultivo a diversas condiciones dados por el ambiente y/o generados por las prácticas agrícolas.
5. Determinar las tendencias de desarrollo y productividad de los cultivos, detectando desórdenes fisiológicos o condiciones de estrés en forma incipiente. 36

Finalmente doy gracias por la oportunidad de obtener mi título de Ingeniero Agrónomo mediante la alternativa de alumno residente del profesor Dr. Luis Gurovich, a la dirección de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile; al Departamento de Fruticultura de esta facultad y a la empresa CivilTec y especialmente a Francisco Suárez, donde pude desarrollar la mayoría del tiempo de mi residencia; y a mi profesor guía Don Luis Gurovich

Anexos

Distintos sensores y su lugar de utilización dentro de la planta	39
Sensor de diámetro de tallos: SD-5	40
Sensor de flujo de savia: SF-5	41
Sensor de radiación solar:	44
Sensor de temperatura y humedad relativa del aire	45
Sensor de temperatura de la hoja	46
Sensor de diámetro de frutos	47

Anexo 1: Distintos sensores y su lugar de su utilización dentro de la planta.



SENSOR DE DIÁMETRO DE TALLOS: SD-5

Descripción

El sensor SD-5 está diseñado para medir variaciones en el diámetro de tallos y pecíolos

El sensor incluye un transductor diferencial de inducción provisto de un gancho especial para posicionarla en la planta que está bajo investigación (Fig.1).

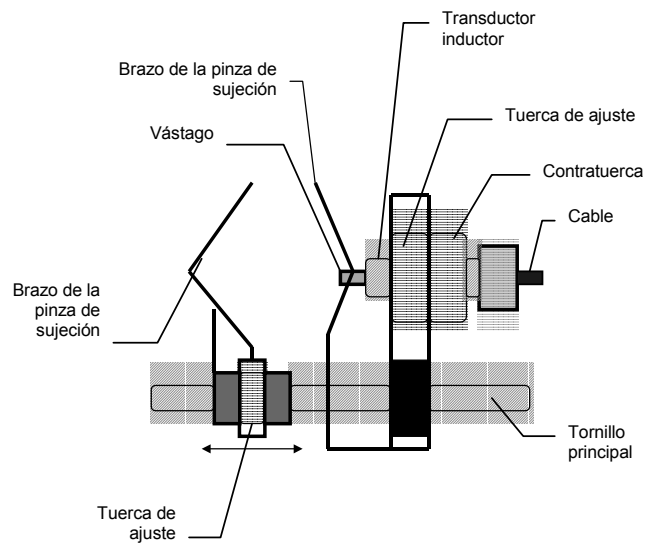


Fig.1. Vista general de Sensor SD-5

404040

SENSOR DE FLUJO DE SAVIA: SF-4 , SF-5

Descripción

Los sensores de flujo de savia fueron diseñados para monitorear los valores de flujo de la savia desde órganos axilares de las plantas (tallos).

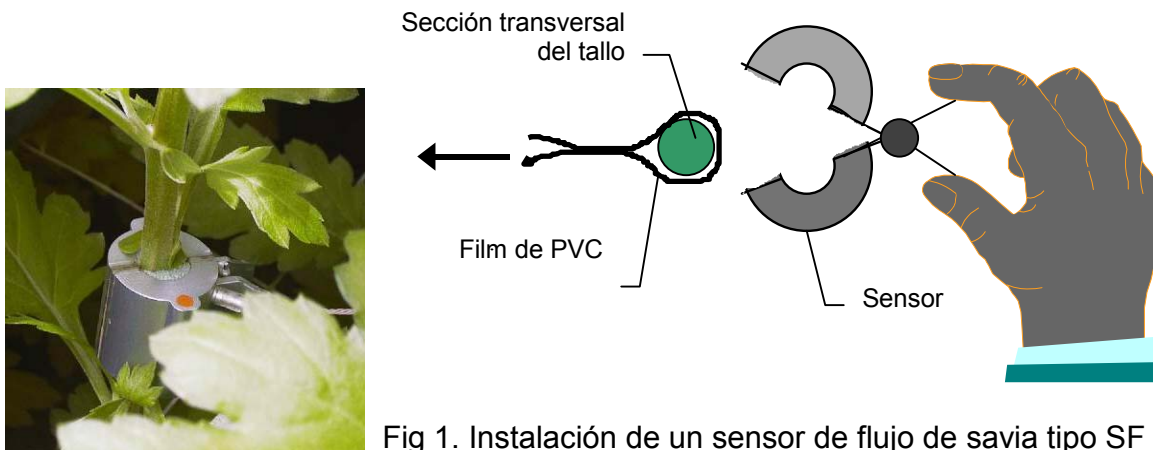


Fig 1. Instalación de un sensor de flujo de savia tipo SF sobre un tallo.

El sensor está fabricado en base a un cilindro aislado térmicamente con una cavidad longitudinal donde se aloja la porción de tallo a medir. En esta cavidad se encuentra un elemento calentador y un elemento termofilo que responde a la variación de temperatura mediante un cambio en la resistencia del material conductor, el cual es amplificado y usado como una señal analógica. Esta señal al ser integrada con el tiempo es interpretada como velocidad del flujo de savia.

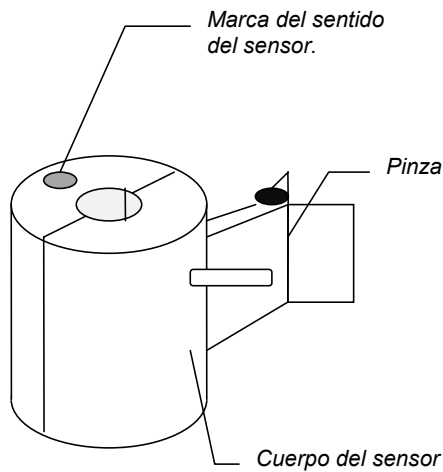


Figura 1. Vista General de un sensor de flujo de savia para tallo tipo SF

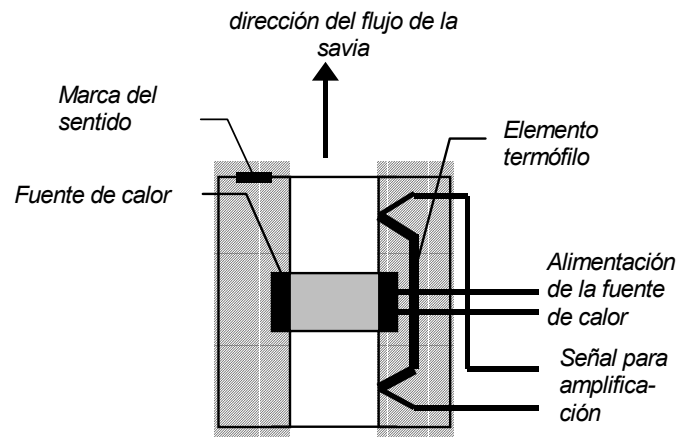
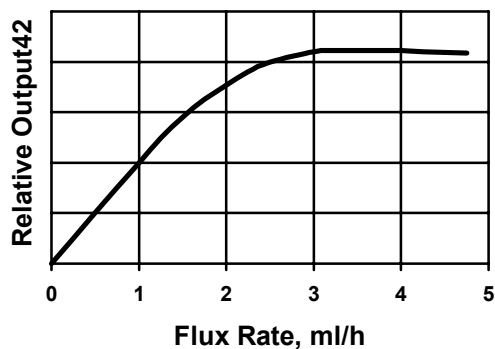


Figura 2. Detalles del sensor de Flujo de savia tipo SF

El sensor de flujo de savia está basado en una metodología que integra la constante de calentamiento con la disposición de un elemento termosensible. Una pequeña resistencia calienta una sección del tallo 2 a 3 grados sobre la temperatura ambiental. De este modo, los empalmes del material termófilo que están dispuestos equidistantes entre sí, sobre y bajo el calentador detectan este cambio de temperatura. Así si no hay flujo de savia en el tallo, la distribución de la temperatura en este es simétrica y la señal de salida del material termosensible es cero. Al contrario, cuando existe un flujo de savia la temperatura incrementa en la



dirección del flujo de esta, de modo que el elemento termófilo responde a este cambio de temperatura mediante una señal de salida. Sin embargo no existe una completa proporcionalidad entre el flujo de la savia y la señal (ver curva entre Flujo y señal de salida) El límite estimado para los sensores del tipo SF

es de 3 ml/h. De este modo la posición en la planta para este tipo de sensores está limitado a un flujo máximo de savia, lo que significa que este no puede ser colocado en tallos que soportan hojas con más de 50 cm², siendo el pecíolo de una hoja el lugar más recomendable.

SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR

Descripción	<p>El sensor de radiación solar está diseñado para monitorear la radiación total a campo abierto o en condición de invernadero.</p> <p>El sensor incluye un equipo detector de silicio compensado térmicamente con un cabezal sobre el sensor en sí.</p> <p>El sensor responde a un rango del espectro limitado de radiación el que es calibrado bajo las condiciones de luz natural y libre de obstrucciones. De este modo al ser instalado bajo invernadero o entre la canopia, las lecturas realizadas no son comparables con las de campo abierto o por estimaciones de estos datos. En condiciones de luz artificial o de zonas sombrías son necesarios la utilización de sensores especializados como son los sensores TIR-3, o de tubo solarímetros (piranómetros termosensibles) o PIR-1 Sensores de radiación fotosintética.</p>
--------------------	---

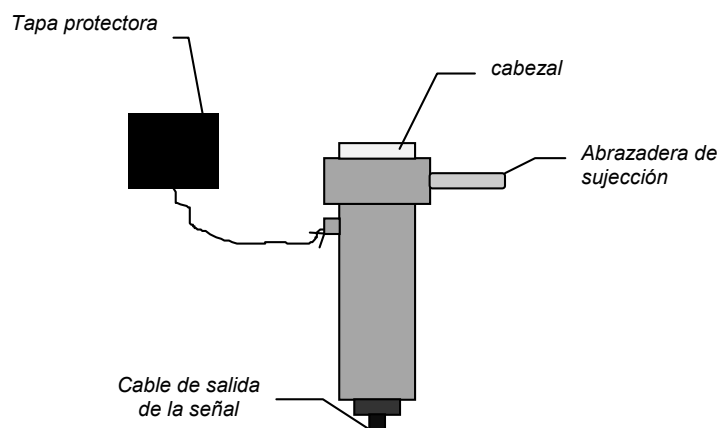


Figure 3. Vista general de un sensor de radiación solar TIR-3

SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

Descripción	<p>El medidor de temperatura y humedad relativa del aire está diseñado para monitorear estos parámetros en condiciones de invernadero.</p> <p>La unidad comprende un sistema de aspiración del aire, para poner en contacto a este con dos sensores de temperatura y sensores de humedad del aire en el interior del dispositivo</p> <p>Los rangos de lectura son de 5 a 50°C en el caso de la temperatura del aire y de 0 a 100% de humedad relativa.</p>
--------------------	--

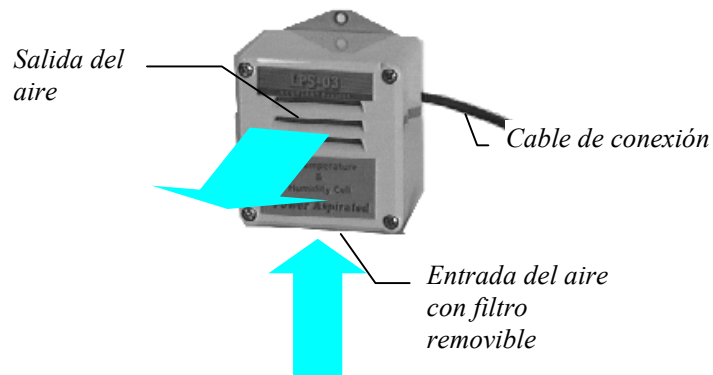


Figura 4. ATH-2 Medidor de temperatura del aire y Humedad relativa del aire. Las Flechas celestes muestran la dirección del aire.

SENSOR DE TEMPERATURA DE LA HOJA:

Descripción	<p>Los sensores de temperatura de la hoja están diseñados para monitorear la temperatura absoluta de las hojas.</p> <p>Los sensores del tipo LT corresponde a un semiconductor que responde a los cambios de temperatura mediante un cambio en la resistencia a la corriente o termosistor.</p> <p>El rango de medición de esta unidad es de 5 a 45°C con un error estimado en $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$</p>
--------------------	---

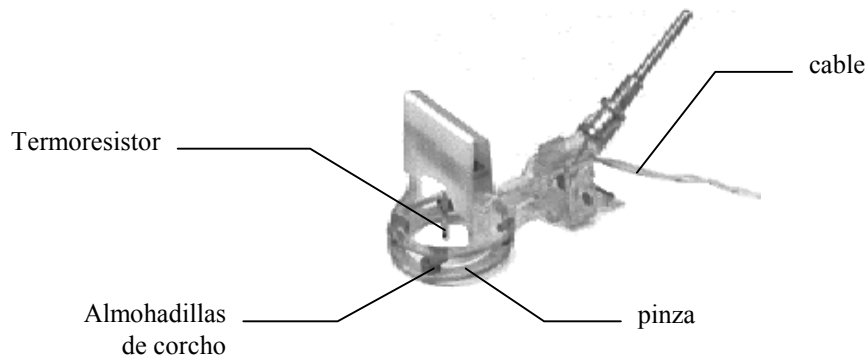


Figura 5. Vista general de un sensor LT-1

Para una correcta medición en la temperatura de la hoja es necesario minimizar el efecto de la temperatura del aire sobre el sensor mediante una correcta aislamiento a la radiación solar directa y un máximo contacto entre el sensor y la superficie de la hoja.

SENSOR DE DIÁMETRO DE FRUTOS

Descripción

Los sensores de diámetro de frutos están diseñados para monitorear el incremento en el diámetro del fruto.

El sensor comprende la utilización de un transductor inductivo provisto de una pinza que rodea a la fruta bajo medición (Fig.1 y 2).

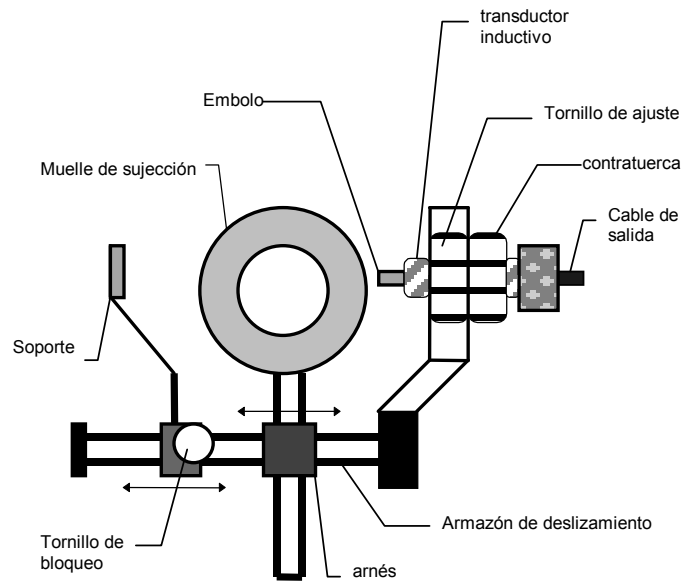


Fig.1. Vista general de un sensor de diámetro de fruto tipo FI-3