

## **DESARROLLO DE HARDWARE LIBRE PARA LA APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍA DE PROCESOS AGRÍCOLAS EN CASAS DE CULTIVO**

Dhionel Díaz, Santiago Roca, Jorge Moreno.

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL), Mérida, Venezuela.

E-mail: [ddiaz@cenditel.gob.ve](mailto:ddiaz@cenditel.gob.ve), [sroca@cenditel.gob.ve](mailto:sroca@cenditel.gob.ve), [morenomeccia@yahoo.com](mailto:morenomeccia@yahoo.com).

Recibido: 28 de septiembre de 2012

Aceptado: 15 de diciembre de 2012

Vol. (1) No.(5) Año:(2013)

### **Resumen**

La producción en cultivos bajo techo requiere el mejor entorno posible para su mantenimiento, puesto que puede ser especialmente sensible a algunos parámetros ambientales. El control de esos parámetros mediante un sistema automatizado facilita la tarea de conservarlos en condiciones óptimas. Sin embargo, este tipo de desarrollo debe ejecutarse desde un enfoque educativo que facilite la apropiación crítica de la tecnología y de los procesos de producción. Así, se presenta el desarrollo de un autómata programable, que atiende principalmente el riego de los cultivos y supervisa las variables ambientales más importantes. Adicionalmente, puede configurarse de acuerdo con los requerimientos específicos de cada cultivo. La propuesta se desarrolló dentro del paradigma del hardware y el software libre, con la expectativa de fomentar iniciativas comunitarias para su mejoramiento. Se inició con la determinación de las necesidades y de los procesos existentes en algunos cultivos, para luego generar una propuesta que pudiera adaptarse al ámbito de cada unidad de producción. Con vista a la conformación de procesos de aprendizaje tecnológico, se proponen un conjunto de aspectos para la apropiación del dispositivo por los productores, facilitando la implementación y el escalamiento.

**Palabras clave:** hardware libre, autómata programable, casas de cultivo, apropiación tecnológica, sistema sociotécnico.

## **Introducción**

En este trabajo se exponen los fundamentos, las características y los resultados actuales de un proyecto que integra el desarrollo de hardware libre con el fomento de la apropiación de conocimientos en el área de los procesos agrícolas para cultivos bajo techo. De este modo, se establece una vinculación entre dos dimensiones que comúnmente se consideran separadas: el desarrollo de hardware y software para, en este caso, el control de procesos agrícolas y, del otro lado, la concienciación sobre las dinámicas de generación de conocimientos con el propósito de impulsar procesos de apropiación de saberes que faciliten la adopción de dicho dispositivo.

En síntesis, el objetivo del proyecto es desarrollar un sistema para el control de procesos agrícolas desde un enfoque que integre el desarrollo del dispositivo con el despliegue de dinámicas de apropiación sociotécnica. Tomando en cuenta esto, tenemos dos objetivos específicos asociados con el mismo. En cuanto al desarrollo tecnológico, nos propusimos diseñar un autómata programable para atender determinadas actividades vinculadas con los cultivos bajo techo. Las características del mismo se describirán en el título correspondiente. El segundo objetivo es la formulación de modos organizacionales que impulsen la apropiación del saber vinculado con la utilización del dispositivo desarrollado. En la sección correspondiente se mostrará qué entendemos por apropiación tecnológica y cómo la visualizamos durante el despliegue del proyecto.

### **1. Desarrollo colaborativo de hardware libre para el control de cultivos bajo techo**

#### **1.1. En torno al desarrollo de hardware libre**

El hardware libre es un enfoque de desarrollo en el cual se crean dispositivos “cuyo código fuente, especificación de procesos de fabricación y diseño conceptual están disponibles de forma tal que ofrezcan: libertad de uso, de estudio y modificación, de distribución, y de redistribución de las mejoras” (Plataforma de desarrollo en hardware libre, 2012a). Esto quiere decir que un desarrollo de este tipo permite que cualquier persona acceda libremente a las fuentes de diseño y programación para que pueda replicar o mejorar la fabricación de un dispositivo. Ahora bien, en un nivel algo más complejo, lo que se propone en el desarrollo de hardware libre no es solamente el acceso a la información, sino la creación de comunidades de trabajo colaborativo en las cuales se le da respuesta a determinados problemas. En otras palabras, el hardware libre implica tanto una relación de apertura del saber (de especialistas y usuarios) como una transformación de las relaciones de trabajo.

En un nivel técnico, este género de desarrollo requiere que se cumplan un conjunto de procedimientos, con el propósito de garantizar las cualidades de un dispositivo de hardware libre y participación de diferentes perspectivas en el proceso (véase gráfico 1). En resumen, los pasos a seguir incluyen la conceptualización (análisis del problema, búsqueda de alternativas de hardware, vinculación de actores y formulación del proyecto); la administración (descripción de la aplicación, selección de estándares, conformación de la comunidad, plan por iteración y seguimiento); y desarrollo (especificaciones de hardware y programación, simulación, fabricación de prototipos y pruebas) (Plataforma de desarrollo en

hardware libre, 2012b). Como se explicó, estos pasos se cumplen de una manera que favorecen un ciclo de trabajo abierto e interactivo, con el cual pueda integrarse las expectativas y los esfuerzos de diversos actores relacionados con el desarrollo de una aplicación de hardware.

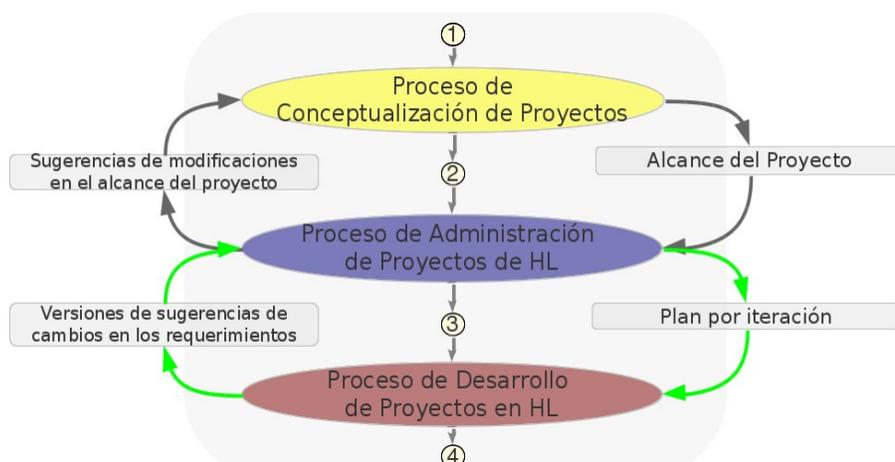


Gráfico 1. Metodología de desarrollo de hardware libre (fuente: Plataforma de desarrollo en hardware libre, 2012b).

## 1.2. Diseño y desarrollo del hardware para el control de procesos agrícolas

Como hemos mencionado, el primer objetivo del proyecto es el desarrollo de un autómata programable para el control de procesos agrícolas en cultivos bajo techo (hidropónicos, organopónicos, etc.). La infraestructura que cobija este tipo de cultivos generalmente es bastante sencilla, sin embargo, las necesidades de los rubros de producción deben ser atendidas con rigurosidad, puesto que este modo de producción se basa en la posibilidad de sostener un ambiente de condiciones controladas en el cual puedan potenciarse las variables que inciden en la calidad de la producción.

Básicamente, se propone brindar un apoyo a pequeños productores agrícolas a través del diseño y fabricación de un sistema de hardware que proporcione asistencia para el control de las variables y procesos de diferentes cultivos. Para ello, el dispositivo debe ser configurable de manera que pueda controlar diversas actividades asociadas con la producción, tales como la ejecución automática de riego, manejo de motores y luces, suministro de nutrientes, entre otros. También, se requiere que el dispositivo tenga la capacidad de medir diferentes variables de entorno; específicamente, temperatura, humedad y luminosidad.

Por otra parte, el dispositivo debe ser suficientemente sencillo para que pueda ser replicado por otros especialistas o productores, para lo cual es posible acceder a los recursos de diseño electrónico y software. Además debe permitir que se realicen modificaciones donde se agreguen nuevos controles para la realización de tareas específicas. En función de ello, se trató de garantizar la posibilidad de que los usuarios tengan la oportunidad de estudiar el dispositivo, así como programarlo, repararlo, modificarlo o fabricarlo por su propia cuenta o

con apoyo de otros actores (unidades educativas, entes públicos, etc.). Además, el dispositivo debe ser adaptable al entorno en el que se va a utilizar, lo que implica que debe adaptarse a la infraestructura productiva de los cultivos bajo techo, y poseer cierta resistencia a las condiciones ambientales existentes en los mismos.

Ahora bien, el desarrollo de este dispositivo se realizó de forma colaborativa con algunos productores ubicados en zonas aledañas al centro de investigación (particularmente en El Valle, Estado Mérida). En función de esto se desplegaron los siguientes pasos:

1. Realización de un diagnóstico de las necesidades tecnológicas de automatización para los espacios de cultivo bajo techo. Así mismo, se hizo un reconocimiento de las condiciones educativas y sociales presentes en los espacios de producción.
2. Diseño del dispositivo y adaptación a los requerimientos especificados entre los productores y los desarrolladores.
3. Desarrollo del código que controla el funcionamiento de los componentes del dispositivo (firmware), y programación de la interfaz principal y algoritmos de control.
4. Fabricación del hardware que incluye tarjetas de circuito impreso (PCB) y carcasas, con su respectivo ensamble y montaje.
5. Pruebas de laboratorio e implementación en el campo de producción.
6. Publicación de los códigos fuente del dispositivo, incluyendo las especificaciones para los actuadores necesarios para el control de variables de cultivo.

Entre las actividades ejecutadas, se realizaron visitas a los espacios de producción seleccionados para el levantamiento de la información sobre necesidades, recursos y procedimientos que realizan, en los cuales podría participar el dispositivo. Igualmente, se aprovechó este momento para reconocer las condiciones formativas de los productores involucrados en la experiencia. Posteriormente, se realizó el estudio del modelo base disponible en CENDITEL para adaptarlo a las especificaciones técnicas y funcionales definidas previamente en conjunto con los productores. Como resultado, se realizaron modificaciones del diseño físico y electrónico, incorporando nuevos componentes.

Así mismo, se realizó la programación del dispositivo, que incluye una interfaz completa de configuración, que consta de un grupo de pantallas y acciones organizadas al estilo de menús. Del mismo modo se desarrollaron los módulos correspondientes al manejo y funcionamiento de cada uno de los componentes electrónicos. En lo que concierne a la fabricación y prueba del dispositivo, se fabricaron las tarjetas y se ensamblaron los componentes necesarios, los cuales fueron integrados posteriormente en el panel frontal de la carcasa. Además se validó el funcionamiento de las tarjetas, conexiones y componentes externos, y se realizaron todas las pruebas eléctricas correspondientes, incluyendo manejo de potencia.

### 1.3. Criterios de diseño y protecciones

El circuito del dispositivo se planteó de forma modular, y está integrado por dos tarjetas, cada una con funciones diferenciadas, de manera que el diseño pueda ser modificado y evolucione de forma independiente.

La primera tarjeta se refiere a la “tarjeta de control”, siendo esta la principal del sistema y la que interconecta todos sus componentes. En primer lugar, esta tarjeta se acopla con la placa Arduino UNO<sup>1</sup>, la cual incorpora el microcontrolador (ATMEGA328) y extiende sus puertos de entrada y salidas (digitales y analógicas) para la comunicación con los demás componentes del dispositivo. La tarjeta de control también incorpora un reloj de tiempo real – RTC – (DS1307), una memoria estática adicional – EEPROM – (42C2048) y un expansor de puertos para el manejo de LEDs (PCF8574). Así mismo, esta tarjeta también establece comunicación con el sistema de sensores utilizados, que incluye un sensor integrado de doble función para medir temperatura y humedad relativa (SHT15) y otro sensor integrado para medir luminosidad (TEMT6000). Los elementos de interacción del panel del dispositivo, como pulsadores, pantalla LCD y LEDs indicativos; también son manejados desde la tarjeta de control.

Por otro lado, la segunda tarjeta representa la “tarjeta de salidas”, la cual se encarga de manejar directamente las salidas del sistema a través de relés que pueden accederse desde el panel externo del dispositivo. Esta tarjeta cuenta con un conjunto de ocho optoacopladores (TLP3542) con sus respectivas protecciones de sobrecarga y sobrevoltaje, los cuales pueden manejar actuadores externos con líneas de 24VDC utilizando contactores de potencia adecuados. Los optoacopladores en la tarjeta de salida se manejan internamente mediante un expansor de puertos (PCF8574). La tarjeta de salidas es controlada por la tarjeta de control haciendo uso del protocolo i2c, y se conectan físicamente entre sí mediante tres hilos.

La interfaz física de usuario consta de un grupo de cuatro botones que sirven como entradas para la configuración del dispositivo, y también una pantalla LCD de arreglo 16x2 que permite visualizar las salidas del sistema. A nivel lógico, la interfaz está integrada por un conjunto de pantallas, las cuales permiten mostrar información de forma organizada y ejecutar diferentes acciones (tales como el ajuste de hora, las alarmas, modificación de umbrales de variables y configuración de salidas). En primer lugar, la pantalla inicial muestra en tiempo real la monitorización de las variables en medición, así como la fecha y hora. Desde ahí se puede acceder a la pantalla de control de las salidas y al menú de configuración del sistema.

En el equipo se encuentran configuradas las tablas de riego que se determinaron utilizando la información proporcionada por los agricultores en la fase de requerimientos. Estas tablas se guardan en los llamados “perfiles de riego”, dentro de las pantallas de configuración, para

---

<sup>1</sup> Arduino es una plataforma para la fabricación de prototipos de hardware, de fuente abierta, que incluye especificaciones de hardware y software (<http://www.arduino.cc/>). La placa UNO contiene un microprocesador y otros componentes para su programación directa a través del puerto USB.

ser ejecutadas automáticamente a través de alarmas programadas. Así mismo, pueden re-programarse según las necesidades existentes. Para ello, se presenta el acceso a las tablas de riego y se seleccionan las horas y los intervalos que se deseen activar o desactivar. También es posible modificar los umbrales de variables medidas, los cuales se utilizan como referencia para el control de las salidas a través de algoritmos definidos. Estos umbrales también forman parte del perfil de riego, y allí pueden seleccionarse las variables que estarán involucradas, bien sea temperatura, humedad relativa, luminosidad, o una combinación de ellas. Finalmente, se configuran las salidas para su manejo manual o automático, las cuales pueden ejecutarse independientemente según el perfil de riego asignado a cada una de ellas, de acuerdo con la tabla de riego y las variaciones presentes en los umbrales considerados.

### *Diseño mecánico.*

El equipo está destinado a estar instalado en el entorno de una casa de cultivo de hortalizas mediante proceso hidropónico. Se debe tomar en cuenta entonces que las condiciones de operación de ese entorno implican niveles de humedad elevados, posibilidad de un rango más o menos amplio temperaturas ambientales y la probable presencia de distintos tipos de insectos.

Las condiciones ideales para el funcionamiento de equipos electrónicos para automatización y control implican el ubicarlos en espacios cerrados en los cuales se tenga un control estricto de las variables ambientales de temperatura y humedad. Sin embargo, eso significa contar con equipos de apoyo para el enfriamiento y control de humedad y calidad de aire que probablemente sólo puedan estar disponibles en cultivos de grandes dimensiones. Por lo tanto, se hace importante que el diseño del equipo tenga suficiente robustez para adaptarse a condiciones de trabajo distintas a lo ideal.

En las casa de cultivo en las que se tiene previsto instalar los equipos la protección física que se podrá colocar será proporcionada por un gabinete estándar para equipos de automatización en exteriores, también denominado caja NEMA, similar a los que se utilizan para albergar equipos controladores de tráfico en las intersecciones con semáforos.

La construcción de la carcasa del equipo es cerrada de manera de evitar la entrada de polución externa, humedad o insectos. De esta manera se fortalece la primera línea de protección física del dispositivo. Ese tipo de carcasa hace más exigente el manejo del calor generado a lo interno del equipo, debido a que no es posible una ventilación pasiva o forzada directamente desde su zona interna. Sin embargo al tratarse de un dispositivo de bajo consumo la disipación de calor interno se puede mantener en un valor que no requiere esa ventilación.

### *Robustez eléctrica. Suministro de energía.*

Por otro lado, al estar a cargo del manejo de la irrigación del cultivo, la confiabilidad del funcionamiento del controlador es de gran importancia. Por esa razón, además de procurar la mejor protección física posible para el dispositivo, es indispensable que su diseño proporcione robustez ante las perturbaciones en el suministro de energía eléctrica, que la experiencia tanto en industrias, laboratorios y en áreas residenciales ha mostrado como es una de las principales causas de falla en los equipos electrónicos.

En ese ámbito es importante tomar en cuenta los resultados de un estudio realizado por Bendre *et al* (2004):

Voltage surges have often been blamed for unexplained equipment failure in the field. Extensive voltage monitoring data suggests that voltage sags occur much more frequently than voltage surges, and that current surges that accompany voltage sag recovery may be the actual culprit causing equipment damage (Bendre et al., 2004:1).

Anecdotal evidence from major manufacturers of PLCs, robots, motor drives, and medical equipment validate that damage to input power supply components is the most commonly reported field failure mechanism (Bendre et al., 2004:6).

El diseño del controlador atiende las preocupaciones en la calidad del suministro de energía eléctrica mediante tres estrategias:

1. Requerir el suministro de energía mediante corriente continua a una tensión de 24 Volt, siguiendo el estándar industrial para equipos de automatización.
2. Utilizar a la entrada del controlador dispositivos convertidores DC-DC que permitan un rango más o menos amplio de voltajes de entrada. A cada tarjeta interna se le colocó su propio convertidor.
3. Utilizar convertidores DC-DC aislados y colocar protecciones de sobretensión, sobrecorriente y cortocircuito en las entradas de suministro de energía de cada tarjeta interna.

Con la primera estrategia la complejidad que implica el garantizar la calidad del suministro energía es delegada a un sistema externo. El garantizar la mayor continuidad en el suministro de energía que sea posible es también delegada; internamente, el equipo se limita a mantener un reloj de tiempo real que le permita retomar las tareas programadas en cuanto sea posible. Para ello utiliza una pequeña pila de litio, similar a la que se encuentra en los equipos de computación de escritorio, cuya vida útil se estima en el rango de cinco a diez años.

En instalaciones de automatización los sistemas que garantizan la calidad en el suministro de energía a los equipos de control normalmente involucran la presencia de bancos de baterías que, además de asegurar estabilidad en el voltaje proporcionado, tienen la

posibilidad de proporcionar un primer nivel de protección ante cortes del suministro de energía principal. Además, el manejo de corriente continua para el suministro de energía a los equipos de automatización es más eficiente que el uso de equipos UPS con salida de corriente alterna, debido a que se elimina la necesidad de realizar una segunda rectificación y filtrado a lo interno del dispositivo.

La segunda estrategia permite, por un lado, dimensionar la capacidad de cada convertidor DC-DC según los requerimientos de la tarjeta a la que va conectado. De esa manera esos circuitos manejan corrientes menores que el caso donde la conversión DC-DC es centralizada en una sola tarjeta, con lo cual se mejora la robustez de ese subsistema. Esa robustez también se ve fortalecida al permitirse un rango de valores más o menos amplio para el voltaje de entrada, con lo cual se pueden tolerar fluctuaciones de mayor magnitud en el sistema externo de suministro de corriente continua. Esta estrategia también proporciona mayor flexibilidad en la evolución futura del diseño al contar con la posibilidad de conectar las tarjetas directamente a las líneas de suministro principales del controlador, simplificando la integración de tarjetas provenientes de distintas etapas o ciclos de desarrollo.

La tercera estrategia fortalece las líneas de defensa de cada tarjeta electrónica ante los distintos tipos de perturbaciones en el suministro de energía que se manifiestan como sobretensiones transitorias o sostenidas que pueden ser originadas por fallas en el suministro principal o fenómenos de interferencia electromagnética asociados a descargas eléctricas, arranque de máquinas de gran potencia o fenómenos naturales. En ese sentido, el incorporar aislamiento eléctrico entre las líneas de suministro de energía y los circuitos internos de las tarjetas electrónicas proporciona mayor tolerancia ante las distintas fuentes de interferencia electromagnética a la que pueda estar sometido el equipo.

Con estas estrategias se atienden las recomendaciones realizadas por Bendre *et al*, en las conclusiones del estudio arriba citado:

Given the widespread nature of the problem, a two part solution is required. In the long-term, equipment behavior with short duration voltage sags needs to be characterized and made part of an overall design specification. In the near-term, retrofit solutions such as voltage sag correctors can provide equipment ride-through as well as protection against the deleterious effects of voltage sags (Bendre et al., 2004:8).

En las casas de cultivo donde está prevista la instalación del equipo controlador solo cuentan con instalaciones de corriente alterna monofásica. Para el despliegue de los equipos se tiene entonces contemplado el uso de un convertidor AC-DC comercial, diseñado específicamente para aplicaciones de automatización y control, al cual se le agregaron protecciones de sobretensión, sobrecorriente y cortocircuito. El diseño de un convertidor AC-DC de esas características tiene complejidad considerable y está contemplado para un proyecto posterior.

### *Robustez eléctrica. Salidas*

Al implementar las estrategias descritas, se espera que la instalación del controlador pueda tolerar varios tipos de fallas en el suministro de energía: desconexión, transitorios, armónicos, etc. Sin embargo, otra fuente de fallas son los circuitos a los que estén conectados las salidas del controlador. En ellos pueden estar instalados contactores, relés, indicadores o otros dispositivos que pueden llegar a tener alguna falla interna, o las conexiones involucradas pueden ser afectadas por interferencia electromagnética o cortocircuitos.

Para atender esos modos de falla se agregan otro grupo de protecciones:

1. Aislamiento independiente para cada salida.
2. Protecciones de sobretensión, sobrecorriente y cortocircuito en todas las salidas.

Al ser cada salida independiente en cuanto aislamiento y protecciones se reduce la posibilidad de propagación de perturbaciones entre los circuitos que estén siendo controlados. Con el conjunto de protecciones incorporadas se espera que las salidas puedan tolerar las fallas externas más probables y, en el caso más adverso, facilitar la contención de daños a sólo los circuitos de salida directamente involucrados en una falla de gran magnitud.

Las protecciones empleadas tanto en las salidas como en la entrada de suministro de energía pueden realizar recuperación automática de sobretensiones y sobrecorrientes de baja magnitud debido al uso de dispositivos PTC que absorben la energía de la sobrecarga e incrementan su resistencia, dejando desconectando la salida o entrada en pocos segundos. En el escenario más probable donde esas fallas son transitorias, con esta recuperación automática el equipo puede reanudar su funcionamiento normal sin requerir atención externa. El controlador es un equipo de automatización que está diseñado para funcionar desatendido la mayor parte del tiempo, por lo cual la recuperación automática en caso de fallas transitorias es una característica importante.

Por su parte la protección contra cortocircuitos en las entradas de suministro de energía y las salidas es realizada mediante fusibles convencionales, ellas están destinadas a manejar fallas de mayor magnitud. La recuperación de funcionamiento luego de una falla de esas características requiere la sustitución de los fusibles afectados.

### *Seguridad Industrial.*

Otro ámbito importante en el diseño del dispositivo es la seguridad en su manejo, para ello está incorporado aislamiento eléctrico entre los circuitos internos y la carcasa del equipo. Las entradas y salidas también cuentan con conectores que facilitan ese aislamiento. Con estas previsiones y una adecuada puesta a tierra de las instalaciones del sistema automatizado se puede reducir considerablemente la probabilidad de aparición de voltajes inapropiados en las superficies a las que se tiene acceso para el manejo y supervisión del equipo.

### *Control a lazo cerrado:*

En este momento la automatización realiza un proceso muy simple en el que se sigue una tabla programada por la usuaria u usuario, con sólo tomar en cuenta el registro de temperatura para posibles variaciones a esa tabla. Sin embargo es posible incorporar algoritmos para control automático a lazo cerrado que incorporen una mayor cantidad de inteligencia artificial, por cuanto se cuenta con espacio disponible en la memoria de programa del microcontrolador y están disponibles las señales de los sensores de humedad, temperatura e iluminación.

Esos algoritmos pueden ser incorporados con el equipo instalado en campo, a través de una interfaz de programación que usa el estándar USB. Con esta funcionalidad se facilita el desarrollo e investigación en esa área con una cooperación bastante cercana con las personas a cargo de los cultivos.

De este modo culmina el desarrollo del dispositivo, integrado por hardware y software<sup>1</sup> que permite la monitorización de variables atmosféricas y proporciona la posibilidad de programar diferentes procesos a través de ocho actuadores (véase gráfico 2). El dispositivo es re-programable y posee una interfaz para la configuración. Además cuenta con un algoritmo de optimización de riego que permite ordenar su funcionamiento a partir de la integración de los umbrales de las variables consideradas. Finalmente se trata de un desarrollo de código abierto, por lo que puede ser modificado y replicado por otras personas. Se prevé la creación de perfiles de riego disponibles para distintos tipos de cultivo y condiciones de entorno, de modo que pueda crearse un banco con la información que vaya sumándose en el futuro generada de encuentros con nuevos agricultores y estudios realizados en el país.

Actualmente el equipo se encuentran en proceso de pruebas en campo, que darán pie a la detección y diagnóstico de posibles fallas y sus correcciones, así como también la re-programación de sus funciones y el rediseño del dispositivo, sus tarjetas, y protocolos de comunicación.

---

1 En la dirección <http://fsl.cenditel.gob.ve/projects/hapa/> se encuentran ubicados los archivos asociados con los resultados del proyecto.



Gráfico 2. Hardware para el control de procesos agrícolas.

## 2. La apropiación social de un proyecto de hardware libre

### 2.1. En torno a un concepto de “apropiación”

Resulta pertinente responder cuál es el papel del concepto de apropiación del conocimiento en un proyecto de desarrollo de hardware, puesto que el desarrollo de tecnología – al estilo del dispositivo presentado – suele concebirse como propia del campo de los “especialistas”, en tanto que la “apropiación” corresponde más bien al ámbito de los usuarios – sean finales o intermediarios. Precisamente el interés de introducir el concepto de apropiación se encuentra en la necesidad de salvar esta diferenciación inicial, la cual, como veremos, posee varias implicaciones que es necesario sortear si queremos asegurarnos una implementación efectiva y socialmente integrada de un dispositivo/sistema tecnológico.

La introducción del concepto de apropiación del conocimiento requiere que se tenga conciencia de un principio conceptual básico. El fenómeno de la tecnología, en cuanto que correlativo a una actividad humana, se encuentra integrado por un conjunto de dinámicas sociales y cognitivas que inciden en la generación de conocimientos y, por lo tanto, no se limita exclusivamente al conjunto de dispositivos físicos con el que tendemos a identificarla en el uso común.

En este sentido, podemos abarcar al menos dos formas de concebir la tecnología. El primero estaría enfocado principalmente en las características físicas y funcionales de los dispositivos/sistemas tecnológicos, y sería una concepción principalmente “instrumentalista” por cuanto que los imperativos de la eficacia y la optimización de procesos determinan la elección de los medios para el control de las variables involucradas (Martínez et al, 2008). El segundo, se enfoca sobre todo en los marcos conceptuales y las estrategias prácticas en las que toman parte diversos colectivos sociales y que condicionan las variables cognitivas y físicas de lo que comprendemos como tecnología (Feenberg, 2002). Éste es un enfoque

pertenciente al campo amplio del constructivismo, por lo cual preferimos delimitarlo como un enfoque “sociotécnico” (Tomas y Fressoli, 2009). En el siguiente cuadro mostramos algunas características del enfoque instrumentalista y del enfoque constructivista/sociotécnico en tanto que lógicas predominantes del desarrollo tecnológico (tabla 1).

<b>Constructivismo</b>	<b>Instrumentalismo</b>
Énfasis en las estrategias prácticas y los marcos de interpretación	Énfasis en el control operativo de las variables de producción
La tecnología como proceso integrado por dinámicas cognitivas y sociales	La tecnología como producto físico-funcional
El desarrollo tecnológico está orientado por la concretización de las demandas de determinados grupos sociales	El desarrollo tecnológico está orientado por la tendencia a la optimización de la relación estructura-función de los sistemas tecnológicos
“Apropiación” como vinculación entre dinámicas cognitivas y sociales en función de la construcción de los sistemas técnicos-tecnológicos	“Apropiación” como adopción de los requerimientos funcionales de los dispositivos tecnológicos
Racionalidad democrática, orientada por valores	Racionalidad funcional, orientada por el imperativo de la eficacia
Reconocimiento de la presencia de intereses y valores	“Neutralidad” con respecto a intereses y valores

Tabla 1. Comparación entre los enfoques constructivista e instrumentalista.

De este modo si, como afirma Oscar Varsavsky (2006), la tecnología posee una dimensión física y una dimensión social, la elección que hagamos en una u otra dirección, en un sentido prescriptivo, determinará necesariamente la concepción que tengamos del problema de la apropiación del conocimiento. Desde el enfoque estrictamente instrumentalista, el papel del usuario consiste en adaptarse a los requerimientos del dispositivo/sistema tecnológico con el propósito de explotar de forma más eficiente las capacidades del mismo. Por lo tanto, el usuario debe adiestrarse en el manejo del dispositivo/sistema, de forma tal que pueda asumir un papel funcional en el mismo. En contraste, desde el enfoque constructivista/sociotécnico, la apropiación del conocimiento implica no solamente el uso, sino también la participación del sujeto en la construcción del sistema tecnológico en el que se encuentra inmerso.

En suma, vemos la generación de tecnología como un fenómeno que no se limita a la dimensión física-funcional de los dispositivos, sino que contiene la integración entre dinámicas sociales y cognitivas. Desde esta perspectiva, la apropiación de conocimientos involucra aspectos como el saber tácito y explícito asociado con el desarrollo y la utilización de los dispositivos, las relaciones sociales de generación de saberes, y las dinámicas de producción de bienes tangibles e intangibles. Así, concebimos la apropiación de conocimientos, desde un enfoque sociotécnico, como un proceso auto-organizado de integración entre el conocimiento técnico-tecnológico y la dinámica social presente en un contexto determinado (Tomas et al, 2009: 112). De este modo, el término de “apropiación” hace referencia a un proceso de combinación entre sistemas sociales y sistemas

tecnológicos, en el cual se deben observar los flujos de comunicación entre las dinámicas sociales y cognitivas generadas a partir de la creación o la introducción de tecnología.

En la medida en que ocurre la interrelación entre los espacios sociales y los espacios tecnológicos, se definen las características y el propósito de todo sistema de producción. La dirección que sigue este proceso es el resultado de la combinación entre las estrategias significativas y prácticas de los agentes involucrados en la materialización de dicho sistema, por lo cual, éste es co-construido dentro de un complejo de relaciones de carácter social y funcional. De allí que se considera que la apropiación es sobre todo un proceso sociotécnico, más que un acto de asimilación de las funcionalidades de un dispositivo dado. Así, dado el carácter físico-funcional y social-simbólico de un dispositivo tecnológico, el proceso de apropiación implica la construcción significativa y funcional del sistema, en conjunto indivisible con las condiciones sociales en las cuales la misma adquiere sentido, y que se manifiesta en dinámicas presentes de producción material e intangible, la organización colectiva y la generación de conocimientos.

## **2.2. Acompañamiento y dinámica educativa para la apropiación tecnológica**

Ahora bien, ¿cómo observar y participar en un procesos de generación y apropiación de conocimientos desde un enfoque sociotécnico? Para pasar al ámbito de la aplicación del enfoque se requieren, al menos, dos condiciones: la capacidad para reconocer las cualidades del contexto sociotécnico, y el despliegue de un proceso – eminentemente educativo – que facilite la integración entre distintos saberes y culturas cognitivas. Como resultado de la construcción permanente del contexto tecnológico en un caso determinado (sistema sociotécnico) es que puede decirse que existe – o no – un proceso de apropiación tecnológica. Puesto que el proceso de construcción de los sistemas sociotécnicos implica la combinación de estrategias prácticas y significativas, consideramos necesario un procedimiento que nos ayudara a visibilizar la participación de determinados sujetos en el mismo. Para ello utilizamos los siguientes pasos:

1. Elaboración de un mapa de las dinámicas sociotécnicas<sup>1</sup> – actuales e históricas – existentes en el espacio de apropiación del conocimiento (mapa de actores y relaciones).
2. Reconocimiento de las dimensiones y variables que comprende la apreciación de la situación de apropiación del conocimiento. Las dimensiones que se observan son las siguientes (adaptado de Thomas et al, 2009):
  - (a) Procesos de producción de conocimientos (subsistema socio-cognitivo): dinámicas sociales para la convergencia de conocimientos en la generación de los sistemas tecnológicos.

---

1 Una dinámica sociotécnica se define como un “conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores. Este concepto sistémico sincrónico permite insertar en un mapa de interacciones, una forma determinada de cambio socio-técnico, por ejemplo, un proyecto de tecnología social, una serie de artefactos, una trayectoria socio-técnica, la construcción e interpretación de una forma de relaciones problema-solución” (Thomas et al, 2009:120).

- (b) Tecnologías implementadas (subsistema socio-técnico/tecnológico): generación e implementación formal de las técnicas y los dispositivos adoptados, así como del saber tácito y explícito asociado a los mismos.
  - (c) Modelo socioproductivo (subsistema socio-productivo): condiciones de producción de bienes tangibles e intangibles en la dinámica social.
  - (d) Factores “institucionales” (subsistema socio-político): carácter de las relaciones institucionales y de poder en la dinámica.
3. Acompañamiento de la experiencia de apropiación del conocimiento y monitorización de las variables observadas, a través de la observación participante en el espacio de producción.
  4. Sistematización de los resultados y elaboración de una propuesta estratégica para reforzar continuamente el proceso de apropiación del conocimiento.

El despliegue de estas actividades implica un proceso de investigación participativa, lo que supone que no se tiene como fin solamente generar información sobre el proceso de apropiación tecnológica, sino que intenta traer en evidencia los aspectos del sistema sociotécnico en el cual se despliega la relación entre todos los sujetos participantes. Con ello, se buscará alentar las dinámicas que favorecen la apropiación de conocimientos y atacar los nodos críticos que se presentan en el conjunto de relaciones. Dicho de otra forma, el proceso de acompañamiento de la apropiación de conocimientos busca, a través de la vinculación de “especialistas” y “productores”, crear conciencia sobre el contexto en el que se genera el conocimiento, para entonces reforzar las acciones que se encuentran dirigidas a potenciar la apropiación tecnológica.

El enfoque del acompañamiento para la apropiación sociotécnica tiene carácter educativo, porque la apropiación se concibe como un proceso de aprendizaje integral enmarcado en un contexto tecnológico. Ahora bien, resulta necesario enfatizar que, en cuanto que la apropiación tiene lugar como parte de la construcción del sistema tecnológico, la idea de educación que se implemente tienen que facilitar el diálogo entre distintas culturas cognitivas y de la formación de redes, puesto que todo el proceso depende del despliegue de marcos de interpretación compartidos y la formulación de estrategias colectivas. La pertinencia de una propuesta educativa para la apropiación se encuentra en la posibilidad facilitar que la acción abarque no sólo la dimensión del uso de las herramientas, sino aspectos adicionales (como los asociados al funcionamiento de un dispositivo y a los procesos de producción); así como la generación de conciencia en torno a condiciones sociales del despliegue técnico y productivo.

De ahí que este carácter educativo se encuentra basado en una forma de interacción no jerárquica, en la cual existe una distribución orgánica de tareas antes que una “división del trabajo” propiamente dicha. La superación de la brecha originada por la división del trabajo está orientada a influir en el modo de interrelación que necesariamente determina las formas de cooperación y la vinculación entre saberes. En tanto que el proceso educativo busca formar sujetos creativos que construyan el sistema tecnológico, el modo de integración de saberes y la forma de trabajo debe tener un sentido *dialogico* y no fragmentario (Freire, 1969, 1970; Contreras et al, 2010). Dado que los sujetos participantes se vinculan dentro de

un esquema relacional, dinámico y no estático, se espera que la distribución de recursos y competencias favorezca el despliegue de proyectos de tipo colaborativo, en los cuales el resultado de la acción colectiva sea más que el agregado de las preferencias individuales y emerjan subproductos intangibles que retornen a la dinámica social (tales como nuevos conocimientos arraigados localmente).

Claramente, en este modo educativo se concibe el proceso de enseñanza-aprendizaje como “orientada a procesos”, y no sólo como orientada a “productos” (adquisición de contenidos) o a “efectos” (internalización de conductas) (Kaplún, 1998). La instrucción como adquisición de contenidos o internacionalización de conductas correspondería mejor con un modo instrumental de comprender la tecnología, en cuanto que la apropiación se limitaría al uso de los dispositivos tecnológicos. Sin embargo en la orientación hacia el proceso de construcción de saberes se forjan las actitudes y relaciones que permiten la construcción del sistema tecnológico (lo cual no se encuentra reñido con aprender a utilizar los dispositivos tecnológicos, como se explica más adelante).

Otro aspecto que caracteriza este enfoque educativo es el énfasis en la concienciación de los sujetos que participan. La idea de “concienciación” implica que se traiga en evidencia las condiciones que determinan el sistema sociotécnico, es decir, el conjunto de relaciones simbólicas y materiales que lo configuran de tal o cual manera. Esto es seguido por el auto-reconocimiento del sujeto como participante en ese contexto y, particularmente, como co-creador de cultura y de relaciones sociales. El ejercicio educativo va dirigido a la asimilación y construcción de conocimientos, pero tiene además el propósito de generar conciencia sobre las condiciones en que se despliega el sistema tecnológico. Así, el proceso de aprendizaje tecnológico debe enmarcarse en un camino de generación colectiva de conciencia histórica sobre las características del sistema social y tecnológico.

En cuanto que proceso participativo, el ejercicio educativo no consiste meramente en el reconocimiento de información abstracta, sino que apunta hacia la retroalimentación de la propia dinámica sociotécnica a través de la integración de los participantes. Por eso se encuentra orientado a impulsar la dinámica sociotécnica en un sentido que favorezca la apropiación tecnológica, tomando como base los elementos descritos. Es necesario mencionar que el objeto del saber en cuestión es propiamente el que se refiere a la constitución del sistema tecnológico. En otras palabras, los sujetos participan en el proceso de apropiación a través de la mediación de los saberes vinculados con la actividad en la que se encuentran involucrados. Dichos saberes son tácitos y explícitos, estructurados y no estructurados; todos fundamentados sobre distintas culturas cognitivas. Sólo que estos saberes no se consideran en abstracto, sino como parte de un conjunto de relaciones en el cual los sujetos participan histórica y culturalmente. En resumen, la dinámica educativa adecuada al proceso de apropiación tecnológica busca la creación de espacios y dinámicas de diálogo y aprendizaje colectivo (Contreras et al, 2010), en las cuales se integre la mediación el reconocimiento de las condiciones del sistema, la activación de los sujetos participantes y la mediación a través de los saberes involucrados en la construcción del sistema tecnológico.

### **2.3. Desarrollo colaborativo y apropiación del sistema de control de invernaderos**

Entonces, ¿cómo se ha desplegado este enfoque en el caso particular del desarrollo del hardware para el control de invernaderos? Como se explicó anteriormente, el hardware desarrollado surge como parte de un proceso de colaboración entre técnicos y productores, en el marco de un contexto de relaciones establecidas localmente. Esto quiere decir que se constituyó una relación de generación colaborativa de conocimientos, la cual va más allá que el levantamiento de requerimientos y la especificación de funcionalidades, y se adentra en la comprensión común de un problema. El desarrollo colaborativo de hardware libre tiene como ventaja, desde el enfoque sociotécnico, que el ciclo de desarrollo es abierto y no cerrado, por lo cual se espera que otras personas participen en el mismo, además de que pueden generarse otras actividades vinculadas con su ejecución, tales como el desarrollo de otros dispositivos, la formación de espacios de aprendizaje tecnológico o incluso el surgimiento de nuevos proyectos.

De este modo, el conjunto de interrelaciones que tienen lugar en el espacio de producción hidropónico posee significado en varios sentidos, de ahí que retomemos las cuatro dimensiones o subsistemas del sistema sociotécnico que consideramos anteriormente:

1. La primera dimensión, de carácter cognitivo y sociocognitivo, engloba los marcos individuales y colectivos de conocimientos así como las estrategias para generarlo.
2. La dimensión técnica y tecnológica atañe a los saberes tácitos y explícitos puestos en práctica, así como los dispositivos existentes y generados como resultado de las dinámicas sociales.
3. La dimensión socioproductiva describe así mismo las condiciones cognitivas y tecnológicas de la producción, así como el carácter de las relaciones de producción en un espacio.
4. La dimensión sociopolítica nos habla del arreglo dinámico de las relaciones de poder y su expresión estructurada en las condiciones jurídicas y políticas determinantes en el momento histórico.

Estas cuatro dimensiones nos permiten identificar, en nuestro caso de estudio, diversos aspectos que participan en las formas de generación de saberes, partiendo de que, como hemos dicho, las estrategias prácticas y los marcos de sentido de los sujetos participantes son los que definen la creación tecnológica, y no solamente una racionalidad funcional inmanente a los dispositivos, orientada por la lógica de la optimización. Ahora bien, estas cuatro dimensiones describen al sistema sociotécnico: lo que entendemos como apropiación tecnológica emerge precisamente como una cualidad de una cierta configuración del sistema, por lo cual todos ellos, en diferente medida, se encuentran vinculados con el proceso “normal” de generación de conocimientos, así como con el proceso “formal” de apropiación tecnológica.

En suma, al trabajar el tema de la apropiación tecnológica en el terreno de la práctica interesará, como hemos dicho, conocer las condiciones generales del sistema de generación de saberes, para entonces comenzar a fomentar las acciones que faciliten la apropiación

sociotécnica de los dispositivos introducidos. Idealmente, el proceso no comienza con la introducción de respuestas “llave en mano” en el contexto de producción, sino que parte de la conceptualización de las respuestas organizacionales y tecnológicas, y culmina con el establecimiento de un “retorno social” que da cuenta del arraigo que dichas respuestas obtienen en la localidad.

Con el fin de ilustrar el enfoque sociotécnico en el caso del desarrollo del hardware para el control de procesos agrícolas vamos a presentar un resumen de la observación de las dimensiones presentadas anteriormente (véase tabla 2). Recordemos que nuestro interés aquí es intentar fijar las condiciones en las cuales se desenvuelve la generación y apropiación de conocimientos, para entonces proponer formas de incentivar medios y alternativas para motivar estos aspectos<sup>1</sup>. El despliegue de estas formas se está realizando actualmente puesto que se encuentra estrechamente relacionado con la implementación y las pruebas de campo del dispositivo.

<b>Dimensión del Sistema sociotécnico</b>	<b>Descripción del Sistema sociotécnico</b>	<b>Acompañamiento de la apropiación de saberes</b>
<b>Cognitivo</b>	<p>Es patente la integración del conocimiento tácito y explícito de los productores, los cuales, a través de métodos empíricos, han logrado conocer las condiciones de producción de los rubros que trabajan. Específicamente, el responsable de la unidad de producción que participó en el estudio (Sr. Orlando Garrido, El Valle Edo. Mérida) posee experiencia personal con el cultivo hidropónico. La forma de aprendizaje es principalmente empírica, basada en ensayo y error, lo que no excluye que se integre conocimiento de otras fuentes. Existe conocimiento elaborado acerca de las condiciones del cultivo orgánico, el cual ha sido transmitido de forma oral y se encuentra escasamente registrado, aunque también se han desarrollado trabajos científicos de investigación agrícola en el área.</p> <p>Así mismo, otros productores de la localidad participan en la adquisición y generación de conocimientos sobre este tipo de cultivos. Específicamente, se han realizado ejercicios de formación a otros productores (en El Pajonal, mismo sector), los cuales ya han cumplido varios ciclos de producción. Actualmente existe alrededor de 14 módulos de cultivo donde se cosechan diversos rubros a través de métodos orgánicos, en un proyecto de carácter socioproductivo y habitacional apoyado por el MPPCPS. La relación se estableció</p>	<p>Construcción colaborativa del problema y de las alternativas técnicas y tecnológicas a desarrollar. El sistema de control de procesos agrícolas comienza como una iniciativa que busca facilitar el proceso de producción del cultivo hidropónico.</p> <p>Existe conciencia de la necesidad de trabajar colaborativamente entre productores e instituciones, así como de la importancia de las formas asociativas entre productores. De este modo, existe un escenario que facilita la creación de espacios de aprendizaje en torno a las herramientas tecnológicas, el conocimiento asociado y las condiciones del sistema sociotécnico.</p> <p>Se plantea la instalación de más de un prototipo. Sobre todo, es necesario presentar el prototipo desarrollado a todos los productores hidropónicos en la localidad. El proceso de aprendizaje sobre la herramienta incluye, además del adiestramiento instrumental, el conocimiento asociado con el</p>

1 La información presentada en este cuadro fue levantada a partir de varias entrevistas realizadas en el espacio de producción visitado y con material documental disponible (ASODINTA 2010; Plataforma de desarrollo en hardware libre, 2011; Garrido, O., entrevista personal, 23 de marzo de 2012; Garrido, O., entrevista personal, 27 de junio de 2012 ).

	<p>en cuanto que el Sr. Garrido proporcionó durante un año instrucción a los productores de El Pajonal sobre los modos de cultivo orgánico.</p> <p>Existe presencia activa de un grupo de investigación de tecnologías agrícolas (Asociación Civil en Red para el Desarrollo e Innovación en Nuevas Tecnologías Agrícolas - ASODINTA), el cual acompaña el espacio productivo del Sr. Garrido, y se encuentra integrado por otros productores y por profesionales universitarios. Esta organización participa activamente en la gestión de proyectos para los productores de la localidad (El Arado B-El Pajonal).</p>	<p>dispositivo (por ejemplo, sobre electrónica, variables y procesos de producción). Además debe indagarse en el contexto político y social en el que surge el dispositivo. Existen condiciones para propiciar el escalamiento del dispositivo a partir de las capacidades que se puedan encontrar en las unidades educativas de la zona.</p>
<p><b>Técnico-tecnológico</b></p>	<p>Se busca atender aspectos como el ciclo de riego para el cultivo hidropónico, a través del desarrollo de un autómata programable que administre dichas funciones y haga mediciones sobre condiciones ambientales (temperatura, humedad, luz). La automatización de determinados procesos como apoyo a la práctica del productor, así como el conocimiento asociado (electrónica, prácticas productivas, entre otros) son conocimientos emergentes de la dinámica.</p> <p>A través de un proceso de solubilización de fertilizantes simples y complejos, utilizando fertilizantes sólidos producidos por la petroquímica venezolana (PEQUIVEN) logran generar nutrientes necesarios para atender la producción hidropónica. Este proceso ha sido denominado “mucuponía” por el Sr. Garrido y el Colectivo de ASODINTA. Actualmente se trabaja con roca fosfórica para la obtención de fosforita líquida, que se está utilizando como fuente de fósforo en el sistema hidropónico.</p> <p>El sistema de cultivo cuenta con dos bombas hidráulicas que se alimentan de 220 Voltios AC y trabajan a 11,2 Amperios en el arranque y 5,6 Amperios en trabajo estable, y están conectadas a un sistema electromecánico que controla los riegos en forma automática. Tal sistema consiste en un reloj configurable que activa el encendido de la bomba hidráulica a través de la alimentación de un relé bipolar de juego sencillo. Por otra parte, se cuenta con instrumental simple como peachímetro y conductímetro, para realizar mediciones en el campo.</p> <p>Los invernaderos ubicados en El Pajonal, también vinculados con ASODINTA, son de construcción artesanal y de características similares. Cada invernadero está dotado de una bomba hidráulica, la cual es accionada manualmente en varias</p>	<p>Los cultivos actuales requieren de tres o cuatro riegos diarios, con una duración de 15 a 20 minutos cada uno. Los intervalos de riego varían según las condiciones climáticas. Las variaciones pueden estimarse a través de la medición de las variables de temperatura, humedad relativa y cantidad de luz en el ambiente.</p> <p>El conocimiento de las variables de producción medidas a través del dispositivo de control (temperatura, humedad y luz) permitirá obtener información sobre el proceso de producción y mejorarlo.</p> <p>Así mismo, está abierta la posibilidad de que puedan medirse otras variables, como por ejemplo las características de la solución de nutrientes, a través de la instalación de nuevos sensores y la programación del dispositivo. Por otra parte, se ha pensado en el desarrollo de dispositivos que, programados adecuadamente, puedan realizar mediciones y controlar procesos en más de una unidad de producción, con lo cual podría mejorarse el acceso de los productores a esta tecnología.</p>

	oportunidades al día.	
<b>Productivo</b>	<p>La unidad de producción del Sr. Orlando Garrido busca estabilizar ciclos de producción cerrados, lo que quiere decir que se reutilizan elementos como el agua de riego y restos vegetales, con lo cual se intenta disminuir el impacto ambiental. Directamente se producen diferentes clases de hortalizas, tales como tomate, calabacín, lechuga y acelgas. Existen numerosos subproductos del cultivo hidropónico: biofertilizantes, bactericidas e insecticidas naturales, abonos líquidos, nutrientes y semillas. Por otra parte, existen alrededor de catorce unidades de producción, pertenecientes a familias del sector, los cuales también utilizan métodos artesanales para el cultivo hidropónico.</p> <p>La producción se coloca directamente en mercados donde se comercializan productos orgánicos y, en el caso de los subproductos, se ponen a disposición de otros productores y entes públicos. De acuerdo con el propietario del espacio, la actividad de producción que ha realizado por al menos veinte años resulta rentable y sostenible.</p>	<p>Se prevé que la información suministrada por el sistema de control pueda ayudar a mejorar el diseño del sistema productivo en varios sentidos. La integración de otros productores a la experiencia puede reportar beneficios a la localidad como espacio productivo concebido integralmente. La posibilidad de programar el sistema de control puede contribuir a diversificar la producción de los espacios de cultivo bajo techo, para lo cual es necesario involucrar conocimientos sobre las necesidades de otros rubros de cultivo.</p>
<b>Político</b>	<p>Existen varias organizaciones presentes en el sector. ASODINTA es una asociación civil que promueve proyectos de corte agrícola, tales como la construcción artesanal de cultivos bajo techo (incluyendo infraestructura de producción) y el desarrollo de técnicas de cultivo, como la solubilización de macro y micronutrientes. Se afirma que las catorce familias ubicadas en El Pajonal también se encuentran asociadas a esta organización.</p> <p>También existe interacción con entes públicos como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el Instituto Nacional de Capacitación y Educación Socialista (INCES), Ministerio para las Comunas y Protección Social (MPPCPS), Universidad de Los Andes y la Fundación para la Ciencia y Tecnología en Mérida (FUNDACITE). La interacción con estos entes tiene diferentes objetivos: suministro de insumos y asistencia técnica para la producción, asistencia financiera para proyectos, creación de espacios de educación formal, proyectos socioproductivos, entre otros.</p>	<p>Existe un intercambio permanente con entes públicos que interactúan con la localidad, y sus proyectos han sido apoyados de varias formas. Así mismo, se encuentran activas las asociaciones de productores y las organizaciones de gobierno comunal, las cuales se reúnen periódicamente.</p> <p>Es posible aprovechar la organización existente para dar a conocer el desarrollo tecnológico entre los productores organizados y entre otras instituciones públicas. Sería interesante, por ejemplo, la vinculación con espacios de formación del INCES (electrónica, desarrollo de software y hardware, producción hidropónica), así como la integración de este tipo de desarrollos en los proyectos socioproductivos y de hábitat apoyados por el MPPCPS.</p>

Tabla 2. Resumen del proceso de apropiación en el caso del hardware desarrollado

## Conclusiones

En este artículo se expusieron los resultados actuales de una línea de trabajo que se propone vincular el desarrollo de hardware libre con el despliegue de dinámicas para la apropiación de saberes, en el caso particular de procesos agrícolas para casas de cultivo.

En cuanto al primer objetivo, se mostraron las condiciones de diseño y fabricación de un dispositivo para el control de procesos agrícolas, el cual tiene la capacidad de automatizar actividades tales como el riego y la adición de nutrientes, además de que mide variables tales como humedad, temperatura y luz. Dicho dispositivo fue fabricado en el marco de una metodología para el desarrollo de hardware libre, la cual permite que el ciclo de desarrollo sea abierto e interactivo. Actualmente el dispositivo ha pasado las pruebas de laboratorio y se encuentra en evaluación en el espacio de producción previsto para ello.

El dispositivo tiene como ventaja que permite un intercambio de saberes entre distintos sujetos involucrados en el proceso. Pero aún más, se prevé que el desarrollo de este dispositivo contribuya a la creación de una comunidad de trabajo en torno al mismo, que pueda contribuir a realizarle mejoras y adiciones de forma permanente. Así mismo, es posible que otros colectivos de producción (tales como cooperativas o empresas de propiedad social) se dediquen a la fabricación del dispositivo, puesto que las fuentes de desarrollo se encuentra públicas. Finalmente, puede surgir otra clase de información asociada a este dispositivo, como por ejemplo, que progresivamente se vaya creando un banco de perfiles que sirva para el manejo de diferentes rubros de producción.

En cuanto al segundo objetivo, se explicaron los fundamentos de una perspectiva que concibe la apropiación tecnológica como un proceso sociotécnico más que como un efecto de determinadas acciones. Así mismo, se expusieron las características de un modo andragógico de concebir la apropiación en cuanto que construcción colectiva del contenido y las relaciones en el sistema tecnológico. Como resultado, se mostró la descripción del sistema sociotécnico existente en el espacio de producción escogido, así como las acciones propuestas para mejorar la apropiación tecnológica a través de la creación de espacios para el diálogo entre distintas culturas cognitivas y el intercambio de saberes. Se explicó que el diálogo es un concepto fundamental en un esquema educativo que se comprende como ejercicio democrático, orientado a construir identidades colectivas desde una perspectiva sociocultural, pero que además es una condición necesaria para el establecimiento de relaciones sociotécnicas que favorezcan la generación y apropiación de conocimientos.

Como parte de esta experiencia, se prevé el fomento de espacios para el conocimiento del hardware desarrollado, así como del saber asociado al mismo (p.e. electrónica o procesos agrícolas), en el contexto productivo y organizacional en el que se está implementando (El Valle, Edo. Mérida). Además se tiene planteada la implementación del dispositivo en otros espacios de prueba (como en La Pueblita, Edo. Mérida), lo cual creará la oportunidad de abrir otras dinámicas para el aprendizaje tecnológico.

## Referencias bibliográficas

Asociación Civil en Red para el Desarrollo e Innovación en Nuevas Tecnologías Agrícolas - ASODINTA, (2010), Diseño, construcción y dotación de un centro para la producción de bioinsumos para cultivos mucupónicos, organopónicos y fertirriego. Disponible en: <http://embedit.in/j2gvdSqqxb>. Consultado el 15 de abril de 2012.

Bendre A., Divan D., Kranz W., Brumsickle W., (2004), Equipment failures caused by power quality disturbances. Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2004 IEEE. Seattle, WA, USA. 3-7 Oct 2004. Disponible en: [http://www.pq-ride.co.kr/dataroom/files/\(%BF%B5%B9%AE\)Equipment%20Failures%20Caused%20by%20Power%20Quality%20Disturbances%20IAS.pdf](http://www.pq-ride.co.kr/dataroom/files/(%BF%B5%B9%AE)Equipment%20Failures%20Caused%20by%20Power%20Quality%20Disturbances%20IAS.pdf). Consultado el 27 de septiembre de 2012.

Contreras, J., López H., Roca, S., (2010), Esbozo de la Propuesta Educativa del Proyecto Communitas, Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres. Disponible en: <http://wiki.cenditel.gob.ve/wiki/ralmo?action=AttachFile&do=view&target=Esbozo+de+la+Propuesta+Educativa+del+Proyecto+Communitas.pdf>. Consultado el 25 de septiembre de 2012.

Feenberg, A. (2002), Transforming Technology. A critical theory revisited, Nueva York, Oxford University Press, pp 218.

Freire, P. (1969), La Educación como Práctica de Libertad, México, Siglo XXI, pp 151.

Freire, P. (1970), Pedagogía del Oprimido, México, Siglo XXI, pp 245.

Garrido, O.: entrevista personal, 23 de marzo de 2012. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL).

Garrido, O.: entrevista personal, 27 de junio de 2012. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL).

Kaplún, M. (1998), Una pedagogía de la comunicación, España, Ediciones de la Torre, pp 252.

Martínez, S. y Suárez E. (2008), Ciencia y tecnología en sociedad: el cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática, México, Limusa - Universidad Nacional Autónoma, pp 212.

Plataforma de desarrollo en hardware libre (2011), Reporte de necesidades y requerimientos. Proyecto Hardware para la Automatización de Procesos Agrícolas, Mérida, Venezuela, Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres. Disponible en: [http://fsl.cenditel.gob.ve/docman/view.php/71/204/HAPA\\_requerimientos.pdf](http://fsl.cenditel.gob.ve/docman/view.php/71/204/HAPA_requerimientos.pdf) Consultado el 25 de septiembre de 2012.

Plataforma de desarrollo en hardware libre (2012a), Hacia una definición de Hardware Libre, Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres. Disponible en: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/definicion/>. Consultado el 25 de septiembre de 2012.

Plataforma de desarrollo en hardware libre (2012b), Metodología de desarrollo de hardware libre. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres. Disponible en: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/>. Consultado el 25 de septiembre de 2012.

Thomas H. y Fressoli, M. (2009), En búsqueda de una metodología para investigar Tecnologías Sociales. Dagnino, D. (comp.) Tecnología social: ferramenta para construir outra sociedade, Brasil, IG/UNICAMP, pp 183.

Varsavsky, O. (2006), Hacia una política científica nacional, Venezuela, Monte Ávila Editores, pp 105.