
DESARROLLO DE HARDWARE LIBRE PARA LA APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍA DE PROCESOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS BAJO TECHO

Díaz Dhionel, Roca Santiago, Moreno, Jorge
Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres
(CENDITEL), Mérida
ddiaz@cenditel.gob.ve

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. 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. El prototipo está dirigido a su implementación en invernaderos, por lo cual se hace énfasis en la posibilidad de replicarlo a través de dinámicas educativas de apropiación tecnológica. La propuesta se desarrolló dentro del paradigma del hardware y el software libre, con la expectativa de fomentar iniciativas comunitarias para su mejoramiento. Con vista a la conformación de procesos de aprendizaje tecnológico, se proponen un conjunto de elementos para la apropiación del dispositivo por los productores, facilitando su implementación en cada contexto particular, así como el escalamiento del prototipo.

Palabras clave: hardware libre, tecnología, procesos agrícolas, apropiación

Introducción

En este trabajo se exponen los fundamentos, las características y los resultados actuales de un proyecto que se propone desarrollar un sistema para el control de procesos agrícolas, desde un enfoque que integra el desarrollo del dispositivo con el despliegue de dinámicas de apropiación sociotécnica. En cuanto al desarrollo tecnológico, nos propusimos diseñar un autómata programable para atender determinadas actividades vinculadas con cultivos bajo techo. Adicionalmente, nos planteamos la formulación de modos organizacionales que impulsen la apropiación del conocimiento, vinculado con la utilización del dispositivo. En las secciones correspondientes se mostró cómo se aborda cada una de estas líneas de trabajo.

Desarrollo colaborativo de hardware libre para cultivos bajo techo

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, 2012)

a). En un nivel algo más complejo, lo que se propone 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. 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 resumen, los pasos a seguir incluyen la conceptualización, la administración y el desarrollo (Plataforma de desarrollo en hardware libre, 2012).

b). Como se ha mencionado, el primer objetivo del proyecto es la fabricación de un autómata programable para el control de procesos agrícolas en cultivos bajo techo. Básicamente, se plantea proporcionar apoyo a pequeños productores agrícolas a través del diseño y fabricación de un sistema de hardware que asista al control de variables de cultivo, tales como temperatura, humedad y luminosidad. Además, el dispositivo debe controlar diferentes actividades asociadas con la producción, tales como el riego y el suministro de nutrientes. 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 realizaron los siguientes pasos:

Se elaboró un diagnóstico de las necesidades tecnológicas de automatización para los espacios de cultivo bajo techo, con reconocimiento de las condiciones educativas y sociales presentes en los espacios de producción. Diseño del dispositivo y adaptación a los requerimientos especificados entre los productores y los desarrolladores.

Desarrollo del código que controla el funcionamiento de los componentes del dispositivo (firmware), y programación de la interfaz principal y algoritmos de

control.

Fabricación del hardware que incluye tarjetas de circuito impreso (PCB) y carcasas, con su respectivo ensamble y montaje.

Pruebas de laboratorio e implementación en el campo de producción.

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 cuáles podría participar el dispositivo. Posteriormente, se realizó el estudio del modelo base disponible 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.

El circuito del dispositivo se planteó de forma modular, y está integrado por dos tarjetas, cada una con funciones diferenciadas. La primera tarjeta es la “tarjeta de control”, la principal del sistema y la que interconecta todos sus componentes. Esta tarjeta se acopla con la placa Arduino UNO, la cual incorpora el microcontrolador y extiende sus puertos de entrada y salidas (digitales y analógicas) para la comunicación con los demás componentes del dispositivo. Es necesario aclarar que Arduino es una plataforma para la fabricación de prototipos de hardware, de fuente abierta

(<http://www.arduino.cc/>), y que la placa UNO contiene un microprocesador y otros componentes para su programación directa a través del puerto USB. La tarjeta de control también incorpora un reloj de tiempo real, una memoria estática adicional y un expansor de puertos para el manejo de LEDs. 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 y otro sensor integrado para medir luminosidad. 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 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. 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 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 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 cuáles 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. Los archivos asociados con los resultados del proyecto se encuentran en la dirección: <http://fsl.cenditel.gob.ve/projects/hapa/>

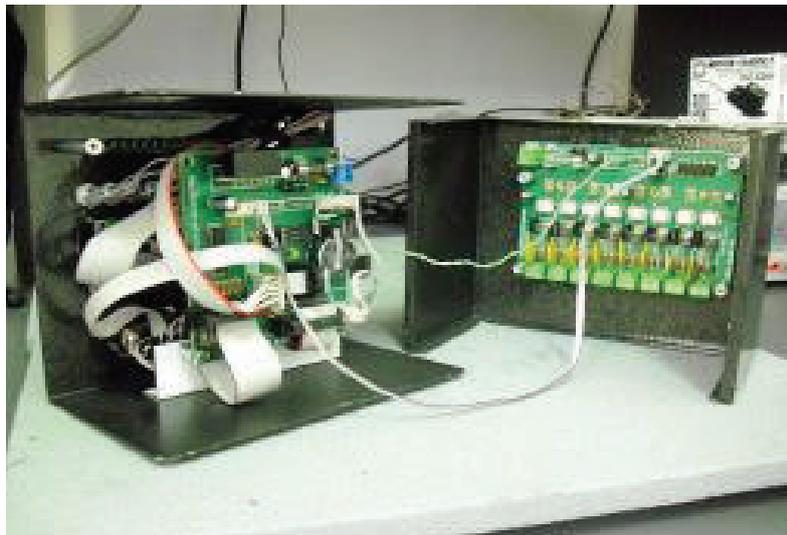




Figura 1. Hardware para el control de procesos agrícolas

La apropiación social de un proyecto de hardware libre

El fenómeno de la tecnología, en cuanto que actividad humana, se encuentra integrado por un conjunto de dinámicas sociales y cognitivas que cristalizan la generación de conocimientos. De este modo, como afirma Varsavsky (2006), la tecnología posee una dimensión física y una dimensión social, la elección que hagamos en una u otra dirección determinará necesariamente la concepción que tengamos del problema de la apropiación del conocimiento. Desde el enfoque estrictamente instrumentalista (Martínez y Suárez, 2008), el papel del usuario consiste en adaptarse a los requerimientos del dispositivo 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, de forma tal que pueda asumir un papel funcional en el mismo. En contraste, desde el enfoque constructivista/sociotécnico [Feenberg, (2002); Tomas y Fressoli, (2009)], 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. Así que, un enfoque sociotécnico, como un proceso auto-organizado de integración entre el conocimiento técnico-tecnológico y la dinámica social está presente en un contexto determinado (Tomas y Fressoli, 2009).

Ahora bien, para observar y participar en un proceso de apropiación de conocimientos se requieren dos condiciones: reconocer las cualidades del contexto sociotécnico y el despliegue de un proceso el cual es eminentemente

educativo y facilite la integración entre distintos saberes y culturas cognitivas. Para canalizar estas condiciones, consideramos los siguientes pasos:

Elaboración de un mapa de las dinámicas sociotécnicas existentes en el espacio de apropiación del conocimiento. 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 (Thomas y Fressoli, 2009: 120).

Reconocimiento de las dimensiones y variables que comprende la apropiación del conocimiento. Las dimensiones que se observaron fueron las siguientes (adaptado de Thomas y Fressoli, 2009):
Procesos de producción de conocimientos (subsistema socio-cognitivo).

Tecnologías implementadas (subsistema socio-técnico/tecnológico).

Modelo socioproductivo (subsistema socio-productivo).

Factores “institucionales” (subsistema socio-político).

Acompañamiento de la experiencia de apropiación del conocimiento y monitorización de las variables observadas a través de la observación participante.

Sistematización de los resultados y elaboración de una propuesta estratégica para reforzar continuamente el proceso de apropiación del conocimiento.

La pertinencia de este enfoque se encuentra porque facilita que se abarque no sólo la dimensión del “uso” de dispositivos, sino aspectos más amplios (tales como saberes tácitos y explícitos, estructurados y no estructurados); así como la generación de conciencia en torno a condiciones sociales del

despliegue técnico y productivo. En tanto que proceso educativo, busca formar sujetos creativos que construyan el sistema tecnológico, por lo que la forma de trabajo debe tener un sentido *dialogico* y debe tributar a la concienciación de los sujetos que participan. La idea de “concienciación” implica hacer evidentes las condiciones que determinan el sistema sociotécnico, es decir, el conjunto de relaciones simbólicas y materiales que lo configuran de tal o cual manera. De ahí viene el auto-reconocimiento del sujeto como participante en ese contexto y, particularmente, como cocreador de cultura y de relaciones sociales [Freire, (1969); Freire, (1970); Contreras et al., (2010)]. 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. Sólo que estos saberes no se consideran en abstracto, sino como parte de un conjunto de relaciones en las cuales los sujetos participan histórica y culturalmente.

Con el fin de ilustrar el enfoque sociotécnico en el caso del desarrollo del hardware para el control de procesos agrícolas, se presenta un resumen de la observación realizada sobre algunos aspectos expresados con anterioridad. 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., 2012); (Garrido, O., entrevista personal, entrevista personal, 23 de marzo de 27 de junio de 2012).

Tabla 1. Resumen del proceso de apropiación en el caso del hardware desarrollado.

Dimensión del Sistema sociotécnico	Descripción del Sistema sociotécnico	Acompañamiento de la apropiación de saberes
Cognitivo	<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 estado 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. 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 (El Pajonal, mismo sector), los cuales ya han cumplido varios ciclos de producción.</p>	<p>El sistema de control de procesos agrícolas comienza como una iniciativa que busca facilitar el proceso de producción del cultivo hidropónico. Se plantea la instalación de más de un prototipo. Sobre todo, es necesario presentar el prototipo desarrollado a todos los productores de la localidad. El proceso de aprendizaje sobre la herramienta incluye, además del adiestramiento instrumental, el conocimiento asociado con el 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.</p>

<p style="text-align: center;">Técnico tecnológico</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 y 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>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 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>La información sobre 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, lo cual implica generación y apropiación de conocimiento.</p>
---	---	--

<p>Productivo</p>	<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 prevee 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, y no de forma fragmentada. 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>
--------------------------	---	--

<p style="text-align: center;">Político</p>	<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 vinculadas con esta organización. 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 (ULA) 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 las actividades de los productores han sido apoyadas de varias formas. Así mismo, se encuentran activas las asociaciones de productores y las organizaciones de gobierno comunal, las cuales se reúnen periódicamente. Es necesario aprovechar la organización existente para dar a conocer el desarrollo tecnológico entre los productores organizados y entre otras instituciones públicas.</p>
--	--	--

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 cultivos bajo techo. En cuanto al primer objetivo, se mostraron las condiciones de diseño y fabricación de un dispositivo para el control de procesos agrícolas, el cual automatiza actividades tales como el riego y la adición de nutrientes; y

tiene la capacidad de medir 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. Este enfoque tiene como ventaja que permite un intercambio de saberes entre distintos sujetos involucrados en el proceso. Se prevé que el desarrollo de este dispositivo contribuya con la creación de una comunidad de trabajo en torno al mismo, que pueda contribuir a realizarle mejoras y adiciones de forma permanente.

En cuanto al segundo objetivo, se explicaron las bases de una perspectiva que concibe la apropiación tecnológica como un proceso sociotécnico más que como el efecto de determinadas acciones. Así mismo, se mostraron 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 y el intercambio de saberes.

Referencias Bibliográficas

ASODINTA. (2010). Diseño, construcción y dotación de un centro para la producción de bioinsumos para cultivos mucupónicos, organopónicos y fertirriego, [en línea]. <http://embedit.in/j2gvdSqqxb>

Contréras, J.; López H.; Roca, S. (2010). Esbozo de la Propuesta Educativa del

Proyecto Communitas. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, [en línea]. <http://wiki.cenditel.gob.ve/wiki/ralmo?action=AttachFile&do=view&target=Esbozo+de+la+Propuesta+Educativa+del+Proyecto+Communitas.pdf>

Feenberg, A. (2002). *Transforming Technology. A critical theory revisited*, Oxford University Press, New York.

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

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

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).

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

Plataforma de desarrollo en hardware libre. (2011). Reporte de necesidades y requerimientos. Proyecto Hardware para la Automatización de Procesos Agrícolas. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, [en línea]. http://fsl.cenditel.gob.ve/docman/view.php/71/204/HAPA_requerimientos.pdf

Plataforma de desarrollo en hardware libre. (2012) Metodología de desarrollo de hardware libre. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL), [en línea]. <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/>

- metodologia/
Plataforma de desarrollo en hardware libre. (2012). Hacia una definición de Hardware Libre. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL), [en línea]. <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/definicion/>
- Thomas, H.; Fressoli, M. (2009). En búsqueda de una metodología para investigar Tecnologías Sociales”. Dagnino, D. (comp.) Tecnología social: ferramenta para construir outra sociedade, IG/UNICAMP, Brasil.
- Varsavsky, O. (2006). Hacia una política científica nacional, Monte Ávila Editores, Venezuela.