

Línea 4: Infraestructuras técnicas abiertas

ID documento de política pública: 4.1

Hardware libre

Recomendaciones para el fomento de la innovación ciudadana

Buen Conocer - FLOK Society¹

v. 1.3.2

28/01/2015

Editores/curadores: Alan Lazalde², David Vila-Viñas³

Autores: Alan Lazalde², Jenny Torres⁴ y David Vila-Viñas³

ABSTRACT: El documento propone vías para la adopción en Ecuador de herramientas y modelos basados en el hardware libre. El hardware libre es una forma de innovación donde los diseños se distribuyen bajo el amparo de licencias libres, pues éstas aseguran que cualquier conocimiento derivado beneficie a la comunidad.

Uno de los principales argumentos para impulsar el desarrollo sustentable con hardware libre es la producción acelerada, innovadora y activa de bienes comunes. Además, el hardware libre es una tecnología idónea para impulsar espacios de innovación ciudadana con impacto social, esto es, laboratorios como FabLabs y makerspaces que agrupen universidades, empresas, gobierno y ciudadanía en general.

En la primera parte, introducimos el concepto de hardware libre y damos contexto, entre otros temas, sobre sus usos, retos y casos de éxito. En la segunda, ofrecemos un panorama del marco político que permitiría la adopción de hardware libre en el Ecuador. En la tercera y última parte, reunimos recomendaciones de políticas públicas basadas en lo precedente.

KEYWORDS: hardware libre, FLOK, innovación ciudadana, propiedad intelectual, política pública, Ecuador

1 Proyecto realizado bajo convenio con el Ministerio Coordinador del Conocimiento y Talento Humano, la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador (IAEN).

2 M. en Cs. Universidad Iberoamericana, Campus Santa Fe, México. Contacto: alan.lazalde@gmail.com.

3 Investigador principal proyecto Buen Conocer / FLOK Society. Investigador postdoctoral Prometo (SENESCYT, Gobierno de Ecuador), Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) de Ecuador.

4 Investigadora FLOK-Society en el IAEN. Responsable de la línea de investigación 4 sobre “infraestructuras técnicas abiertas”.

Antecedentes: Este documento tuvo una primera versión (v.0.1) elaborada por Jenny Torres⁵, como parte del equipo de investigación Buen Conocer / FLOK Society y coordinadora de la línea 4 sobre “infraestructuras técnicas abiertas”. Dicha versión tuvo una primera etapa de discusión pública a la que siguió la mantenida, junto a las cuestiones de ciberseguridad, en la mesa de trabajo 11 en la Cumbre del Buen Conocer, de la que participaron, amén de los y las autoras, Alfredo Velasco (Usuarios Digitales Ecuador), Clara Rupay (Radialistas), Cristian Salamea (desarrollador), Andrés Delgado (SENESCYT) y diversos representantes de la Secretaría de Inteligencia y de la Subsecretaría de Gobierno Electrónico de Ecuador. A todos/as ellos/as les reiteramos nuestro más sincero agradecimiento por las aportaciones a las propuestas finales.

How to cite this document: Torres, J.; Lazalde, A. y Vila-Viñas, D. (2015) Hardware libre (v.1.2). Buen Conocer - FLOK Society documento de política pública 4.1. Quito: IAEN (Instituto de Altos Estudios Nacionales).

Copyright/Copyleft 2014 FLOK Society - Buen Conocer, Jenny Torres, Alan Lazalde y David Vila Viñas: GFDL and Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

GFDL: Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license can be found at <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>

CC-by-sa: You are free to copy, distribute and transmit the work, to adapt the work and to make commercial use of the work under the following conditions: a) You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). b) If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one. Full license conditions can be found at <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

Figure 1 is Copyright Paula Callan and Sara Brown 2014 under a Creative Commons Attribution 4.0 license [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>].

5 Ver <https://flokociety.co-ment.com/text/eehsg8QcYn/view/>.

Índice de contenido

Hardware libre	1
Resumen ejecutivo	3
1. Contexto tecnológico	3
1.1. Problemas y retos	5
1.2. Democratización de la innovación y fabricación distribuida.....	6
1.3. Innovación en licencias.....	7
1.4. Proyectos e iniciativas.....	8
1.4.1. Laboratorios de innovación ciudadana	9
1.4.2. Arduino	11
1.4.3. Computadoras libres en el ámbito educativo	13
1.4.4. Políticas de hardware libre en Venezuela	15
2. Marco jurídico – político ecuatoriano.....	16
3. Propuestas	17
3.1. Principios generales para la política pública.....	17
3.2. Recomendaciones	19
4. Referencias bibliográficas.....	22

Resumen ejecutivo

La *Declaración de principios* del hardware libre (HL) lo define como “un un hardware cuyo diseño se pone a disposición del público de modo que cualquiera puede estudiar, modificar, distribuir, hacer y vender el diseño o el hardware que se sustente en dicho diseño”. Así el HL utiliza elementos y materiales inmediatamente disponibles, procesos estandarizados, infraestructura abierta, contenido no restringido y herramientas de diseño libres brindando la posibilidad de controlar su tecnología mientras comparten el conocimiento y alientan el comercio a través del intercambio abierto de diseños.

A partir de estos principios, el uso de HL ofrece distintas ventajas a una sociedad y en particular a sus sectores más innovadores. Entre ellas destaca la mejora de la sostenibilidad y soberanía tecnológicas, así como la adopción de las citadas libertades a imagen y semejanza de los principios del software libre. Además, el fortalecimiento de ecosistemas de innovación y producción basados en los principios de HL y análogos favorece el empoderamiento de las comunidades y la utilidad social y apropiabilidad en el uso de las tecnologías, debido a su potencial reducción de costes respecto al diseño propietario, su eventual valor educativo al insertarse en procesos de aprendizaje y de trabajo necesariamente colaborativo. Un ecosistema productivo con estas características puede responder mejor a las necesidades reales de sus comunidades de referencia, dando eficacia a distintos modelos posibles de co-gobierno, y acelerar el desarrollo endógeno, reduciendo la dependencia tecnológica de muchos estados en el capitalismo cognitivo globalizado.

Más allá de sus principios y ventajas sobre el papel, se han identificado distintos proyectos clave en la implementación de iniciativas económicas basadas en HL, como los laboratorios de innovación ciudadana (hackerspaces, makerspaces, FabLabs, etc.), la iniciativa Arduino y

sus ramificaciones, diferentes acciones de introducción de computadoras de HL en los sistemas educativos, así como un análisis de conjunto de distintas políticas de impulso del HL en un contexto próximo como el de Venezuela.

El interés de los modelos de HL para Ecuador procede de su potencial como régimen de producción y distribución de tecnología, así como de generación de comunidades y nuevos vínculos sociales en torno a ella. Ello resulta especialmente relevante en contexto emergentes como éste, donde la incorporación de capas crecientes de la población a los procesos de innovación es una condición indispensable para poder completar la transición hacia la economía social del conocimiento, toda vez que la apuesta por la hegemonía de las grandes corporaciones tecnológicas es difícil, a la par que poco compatible con el marco constitucional y del PNBV. En este sentido y aunque el HL tiene notables ventajas comparativas, la situación de partida del país invita a prestar atención al hardware desarrollado bajo todo tipo de licencias con el objetivo de que su expansión favorezca el crecimiento de la economía del conocimiento en Ecuador, sin que tal desarrollo limite el brillante potencial del HL para la economía del país y de la región. Con este objetivo, se presentan recomendaciones sobre las condiciones de circulación y licenciamiento del hardware, de socialización de su relevancia, de potenciación económica e inserción en la economía nacional, así como de investigación y dotación de una institucionalidad que asegure su proliferación.

1. Contexto tecnológico

La *Declaración de principios* del HL, realizada por freedomdefined.org⁶ y auspiciada por diferentes individuos y organizaciones, proporciona tanto unos principios generales como una definición de la noción que permite evaluar el carácter de las licencias para los diseños de hardware:

"El hardware libre es un hardware cuyo diseño se pone a disposición del público de modo que cualquiera puede estudiar, modificar, distribuir, hacer y vender el diseño o el hardware que se sustente en dicho diseño... el diseño a partir del cual se construye está disponible en el formato que se prefiera para que se hagan modificaciones en él.

Idealmente, el hardware libre utiliza elementos y materiales inmediatamente disponibles, procesos estandarizados, infraestructura abierta, contenido no restringido y herramientas de diseño libres para aumentar al máximo la capacidad de los individuos de hacer y utilizar el hardware. El hardware libre brinda a los individuos la libertad de controlar su tecnología mientras comparten el conocimiento y alientan el comercio a través del intercambio abierto de diseños".

El HL deriva sus principios del movimiento del software libre y ha incrementado su importancia a partir de la última década. Internet hizo posible el intercambio de diseños de hardware, el éxito comercial del software libre le dio visibilidad ante el público y la reducción en costo de las herramientas de producción lo hicieron factible (OSHOWA, 2013).

⁶ <http://freedomdefined.org>. Aquí puede verse la traducción al castellano de la Declaración, realizada por David Cuartielles (Arduino): <http://freedomdefined.org/OSHW/translations/es>. En este documento, referimos a la versión 1.0; no obstante, está en camino una nueva versión

El HL ofrece una oportunidad para contribuir a salvar la brecha tecnológica y educativa entre los países desarrollados y aquellos emergentes. De hecho, pese a ser un fenómeno reciente, existen unos 84 grupos de investigación en 17 países⁷, que apuntan a los ideales del software libre y aproximadamente 71 países lo están comercializando, incluido el Ecuador (Making Society, 2014).

Una de sus principales ventajas es la sostenibilidad tecnológica que aporta, en cuanto a capacidad de persistir.

Avanzar hacia la sostenibilidad constituye un reto social que involucra políticas internacionales y nacionales, así como el cambio de estilos de vida individuales concentrados hacia la reducción del impacto en términos de recursos humanos y de huella ecológica. Aunque buena parte de pobreza y la contaminación ambiental en el mundo podrían reducirse a través de las tecnologías conocidas, no existe suficiente acceso a la información clave para un desarrollo sustentable. En tal sentido, las opciones tecnológicas son clave para mejorar esta condición de sostenibilidad⁸. La noción de *tecnología adecuada* (*Appropriate technology*, Pearce, 2012a), apoyada en el concepto de software libre, se enfoca en la creación de un modelo tecnológico para el desarrollo sustentable, considerando especialmente los aspectos ambientales, éticos, culturales, sociales, políticos y económicos de las comunidades locales para quienes se pretende dicha tecnología. Una *tecnología adecuada* está integrada por tecnologías de componentes y materiales inmediatamente disponibles, al igual que por procesos estandarizados. El objetivo fundamental del uso de esta tecnología es crear un paradigma en el que cualquiera puede aprender cómo hacer y utilizar las tecnologías necesarias sin las restricciones de la propiedad intelectual; aportar al ecosistema de conocimiento colectivo del software libre mediante ideas, diseños y observaciones; así como compartir planes y experiencias tecnológicas a través de una red de trabajo colaborativo para un mundo sustentable.

Uno de los mejores ejemplos de esta *Tecnología Adecuada de Software Libre* (OSAT, por sus siglas en inglés) quizá sea la fundación Appropedia, un sitio en Internet de soluciones colaborativas sobre sostenibilidad, reducción de la pobreza y desarrollo internacional, que aprovecha el potencial de la revisión distribuida entre pares y un proceso transparente de colaboración⁹. Esta iniciativa muestra a la vez cómo el paradigma del software libre es cada vez más relevante en el hardware, con dispositivos como las plataformas de prototipado electrónico (Arduino, Raspberry Pi). Estas plataformas tienen múltiples potencialidades, entre ellas, utilizarse para construir una impresora 3D auto-replicable (RepRap)¹⁰, capaz de fabricar piezas sólidas y complejas, sin necesidad de una infraestructura industrial costosa. En este caso, el software RepRap y los diseños de impresora son libres y gratuitos, sin mencionar que la impresora puede producir la mayoría de sus propios componentes.

1.1. Problemas y retos

7 <http://open-source-hardware.meetup.com>

8 Ver Bauwens (2011) para una relación entre la sostenibilidad y el hardware libre

9 http://www.appropedia.org/Welcome_to_Appropedia

10 Ver el artículo de George Dafermos (2014a) para el proyecto Buen Conocer / FLOK Society sobre fabricación distribuida para profundizar en estas iniciativas.

En el contexto tecnológico actual existen muchos problemas para el desarrollo de un hardware sustentable. Uno de los principales problemas son los altos costos de producción, habitualmente derivados de la dependencia tecnológica que afecta a muchos países, como Ecuador. Dado el acceso limitado a la tecnología, el consumidor debe tomar el producto que se oferta en el mercado, que a menudo no satisface los requerimientos específicos de un consumidor particular. Además, en el hardware propietario existe mucho diseño redundante que lleva a “reinventar la rueda”, en vez de utilizar el conocimiento anterior e innovar en nuevas áreas de la investigación y producción. Se trata de un desperdicio de tiempo que ralentiza la investigación científica¹¹.

Por otra parte, los fabricantes de hardware, las editoriales, los titulares de los derechos de autor y los individuos aplican la Gestión de Derechos Digitales (DRM, por sus siglas en inglés) para controlar el uso de contenidos y dispositivos digitales. Esta acción cerca el conocimiento, privatizándolo en grandes industrias de fabricación y creando así ineficiencias económicas, incluso para los propios consumidores directos de estos productos. Con la reducción de costos de computación y con el trabajo colaborativo propio de tecnologías como el HL, la mejora en la innovación es sustancial y mayor la soberanía tecnológica impedida por mecanismos como los DRM.

Frente a esto, el HL es relativamente barato y está profundamente integrado en los niveles de alta innovación tecnológica. Además, puede ser fácilmente estudiado y modificado a fin de servir ciertos propósitos educativos que motiven la cooperación humana y el intercambio de conocimiento, de modo que puede constituir un impulso importante a la producción local en aquellos países que no han podido desarrollarla suficientemente.

1.2. Democratización de la innovación y fabricación distribuida

En años recientes se ha puesto en boga el término *innovación centrada en el usuario*, que es la democratización de la innovación cuando pasa a manos de las personas. El término fue definido a finales de los años noventa por el Profesor Eric Von Hippel de MIT: es la “innovación creada por el usuario para obtener mayor valor para él que con la innovación comercial de las compañías” (Rosted, 2005).

Los procesos de innovación centrados en el usuario son muy diferentes del modelo tradicional basado en el fabricante, según el cual los productos y servicios son desarrollados por unos fabricantes que trabajan en modo cerrado, utilizando patentes, derechos de autor y otras protecciones para impedir la reproducción de sus innovaciones. La tendencia hacia la democratización de la innovación está guiada por el continuo mejoramiento de herramientas libres para la innovación (en software, hardware y diseño) que los usuarios distribuyen de forma coordinada a través de Internet.

La estrategia de monetización de HL es la fabricación (Cicero 2013), que resulta lógico organizar como *fabricación distribuida*, que involucra grupos más pequeños con producción

¹¹ Puede verse un conjunto de evidencias que desmienten el argumento de que las restricciones asociadas a la propiedad intelectual potencian la innovación, aplicadas a este contexto, en Dafermos (2014a: 2-3)

independientemente de diseños compartidos para su distribución local. A través de esta fabricación distribuida, el producto estaría disponible en muchos lugares, evitando el costo relacionado a la fabricación y distribución de modo separado (Bauwens *et al.*, 2012). En contraste con éste, en el régimen de *fabricación centralizada*, un fabricante hace el producto y lo vende a múltiples distribuidores. Cada distribuidor recarga el producto y lo revende a sus consumidores, lo que lo hace disponible en muchos lugares pero a un precio más elevado para el consumidor, puesto que el fabricante y el distribuidor obtienen una parte. Otra alternativa que siguen muchos fabricantes de hardware de código abierto es el modelo artesanal, en el que ellos mismos producen y distribuyen los productos. Aunque tal modelo reduce los costos, puede limitar la disponibilidad del producto solo a aquellos lugares al alcance del productor.

1.3. Innovación en licencias

Las licencias de HL constituyen un elemento fundamental en el régimen de propiedad intelectual asociada a estos bienes, al regular el uso, la copia, la modificación y la distribución de la documentación de diseño del hardware, así como la fabricación y distribución de productos.

Las nuevas licencias de HL se explican, a menudo, como el “equivalente en hardware” de las licencias de software libre (“OSS” por sus siglas en inglés, tales como la licencia GPL, LGPL o BSD). A pesar de las similitudes con las licencias de software, la mayor parte de licencias de hardware son fundamentalmente distintas, puesto que suelen inscribirse en el marco normativo de patentes y no en el de derechos de autor. Mientras que una licencia de derechos de autor puede controlar la distribución del código fuente o de los documentos de diseño, una licencia de patente puede controlar el uso y la fabricación del dispositivo físico elaborado a partir de los documentos de diseño. Sin embargo, aunque el concepto de HL no es todavía tan conocido como el concepto de software libre, comparten el mismo principio, por el que cualquiera debería ser capaz de ver el código fuente (la documentación de diseño en el caso del hardware), de estudiarlo, modificarlo y compartirlo.

Entre las nuevas licencias que se han propuesto para HL pueden destacarse:

- **Licencia de Hardware Libre TAPR**¹²: Elaborada en 2007 por la comunidad de radioaficionados TAPR (Tucson Amateur Packet Radio) con el fin de garantizar la libertad de compartir y de crear, no solo con la documentación, sino también con el propio hardware. El texto de la licencia fue redactado por el abogado especializado John Ackermann y revisado por los líderes de la comunidad OSS, Bruce Perens y Eric S. Raymond. Entre otras indicaciones, la licencia menciona que es “posible modificar la documentación y construir productos a partir de ella”. El proyecto Open Graphics Project utiliza la licencia TAPR para desarrollar tarjetas gráficas abiertas.
- **Licencia Balloon Open Hardware**: Elaborada en 2007 para el proyecto “Balloon”¹³. En esencia se trata de una licencia GPL aplicada a la documentación del hardware,

¹² Ver <http://www.tapr.org/ohl.html>.

¹³ Proyecto de mapeo ciudadano y distribuido. Puede verse un kit en <http://publiclab.org/wiki/balloon-mapping>.

por lo que los productos de hardware derivados heredan la libertad de compartir y crear siempre y cuando se siga respetando la licencia.

- **Licencia Hardware Design Public:** Elaborada por Graham Seaman en el 2000, como parte del proyecto [Opencollector.org](http://opencollector.org)¹⁴, una comunidad de noticias sobre diseño de circuitos electrónicos, sin embargo inactiva al día de hoy. También se trata de una licencia basada en la GPL.
- **Licencia Solderpad**¹⁵: Versión de la Licencia Apache. La versión 2.0 fue enmendada por el abogado Andrew Katz para hacerla más apropiada para el uso de hardware. La licencia no es copyleft, sino permisiva, de modo que los trabajos derivados podrían ser no libres. Katz argumenta que la reproducción del hardware es más cara que la de software, lo que, de otro modo, la haría poco práctica. Esta licencia se utiliza en solderpad.com (al parecer inactivo en la actualidad) para hacer posible la distribución de diseños electrónicos.
- **Licencia CERN de Hardware Libre (OHL)**¹⁶: Publicada en 2011 para su uso en el Open Hardware Repository, un repositorio con decenas de diseños electrónicos aportados por una comunidad de científicos y aficionados. Otros proyectos que utilizan la OHL son Tinkerforge (conjunto de chips que funcionan como bloques interconectables para crear diferentes dispositivos) y Simplemachines.it (equipo de creadores de hardware y software). La OHL se autodenomina la licencia GPL del hardware: cualquiera debe tener la posibilidad de ver la fuente (la documentación del diseño del hardware, en este caso), estudiarla, modificarla y compartirla.

También hay algunos proyectos de HL que utilizan las licencias de software libre:

- **Opencores**¹⁷: Esta comunidad de hardware libre utiliza las licencias LGPL y licencias BSD modificadas para distribuir sus diseños y productos. Esta comunidad cuenta con más de 200,000 usuarios registrados al día de hoy.
- **FreeCores**¹⁸: Esta es una comunidad derivada de Opencores que utiliza licencias GPL y Apache.
- **La Open Hardware Foundation**¹⁹: promueve la licencia copyleft (originaria del software libre) y otras licencias permisivas en la creación de hardware.
- **Raspberry Pi**²⁰: Computadora incrustada sobre una placa de hardware reducida que utiliza la licencia BSD para distribuir diferentes partes del diseño.
- **Arduino**²¹: Placa de hardware diseñada principalmente para crear prototipos electrónicos y uno de los ejemplos más relevantes del HL. Arduino utiliza la licencia Creative Commons para distribuir y compartir su diseño. La licencias Creative Commons comprenden un conjunto de licencias publicadas desde 2002 por un equipo dirigido por el abogado Lawrence Lessig. Su uso abarca prácticamente

14 <https://web.archive.org/web/20140209071318/http://www.opencollector.org/>

15 <http://solderpad.org/licenses/>

16 Ver <http://www.ohwr.org/projects/cernoahl/wiki> para atender las distintas versiones y proyectos en que se aplican.

17 Ver <http://opencores.org/opencores,faq#whatlicense>

18 Ver <http://sourceforge.net/projects/freecores/>

19 Ver <http://www.oshwa.org/>

20 Ver <http://www.raspberrypi.org/>

21 Ver <http://www.arduino.cc>. Más adelante (sección 1.4.2) se ofrece un análisis ampliado del proyecto

cualquier producto creativo o cultural, desde películas hasta libros y sitios web. En particular, Arduino utiliza la versión Creative Commons Share Alike (para “compartir de la misma manera” los trabajos derivados).

1.4. Proyectos e iniciativas

Entre las organizaciones e iniciativas que han ayudado a establecer el HL están OHANDA²², OSHW²³, OSHWA²⁴. Dentro de estas comunidades de OSHW, se publica información sobre los diseños y la comercialización de partes a fin de construir prototipos de HL. Mathilde M., miembro de Makingsociety.com, presentó un informe titulado “*The state of open hardware entrepreneurship in 2013*” durante la Open Hardware Summit 2013²⁵, en el que se indica que, de las cien compañías encuestadas, EE.UU. lidera la industria de empresas tecnológicas con OSHW con 68, detrás de quienes se encuentra Europa con 19 y finalmente Asia con 7. Con una tendencia ascendente en la creación de este tipo de empresas, se destaca que la mayor parte (63%) se encuadran en la industria electrónica, 15% en la de fabricación y menos del 5% en la del transporte, arquitectura y energía. En todo caso, es interesante notar que las plataformas de HL se están convirtiendo en las plataformas donde se efectúan los primeros emprendimientos y desarrollo de productos propios. De los 4000 ingenieros profesionales y más de 4000 estudiantes y aficionados encuestados, un 56% de los ingenieros dijeron que utilizarían con mayor probabilidad HL para sus proyectos, mientras que el 80% de los estudiantes y aficionados están interesados en utilizarlo (Hare 2013).

1.4.1. Laboratorios de innovación ciudadana

Los laboratorios de innovación ciudadana son espacios de trabajo colaborativo donde se diseñan y ejecutan proyectos de impacto social. Son el punto de encuentro de emprendedores, ingenieros, arquitectos, diseñadores y, cada vez más, artistas, periodistas, sociólogos, politólogos y toda clase de personas que comparten conocimientos. En la práctica, se han desarrollados distintos tipos de laboratorios de innovación ciudadana, básicamente como espacios de co-working o trabajo conjunto. A inicios del 2013, en Europa funcionaban más de 1200 espacios de *co-working*, superando, en menos de 5 años, al conjunto de centros incubadores y de innovación²⁶. Entre estos espacios podemos delimitar distintos tipos.

Por ejemplo, un *hackerspace* es una organización sin afán de lucro que mantiene un espíritu de igualdad. En un hackerspace, individuos con un interés común en la ciencia, la tecnología, el arte digital o electrónico pueden reunirse, socializar y colaborar en el intercambio de herramientas, equipos e ideas sin discriminación, incluso en relación a

22 Open Source Hardware and Design Alliance. Ver <http://www.ohanda.org/>

23 Open Source Hardware. Ver <http://freedomdefined.org>

24 Open Source Hardware Association. Ver <http://www.oshwa.org/>

25 Puede verse profundizarse en el encuentro en Revilla (2013).

26 <http://coworkingeurope.net/about-coworking-conference/>. Obviamente los centros incubadores y de innovación pueden incluir espacios de co-working. Se trata más bien aquí de contraponer dos modelos ideales de innovación.

individuos ajenos a dicho espacio (Bauwens *et al.*, 2012: 268 y ss). El número de *hackerspaces* llegó a unos 660 a inicios del 2012²⁷.

En cambio, *FabLab* define más bien a un laboratorio o taller que cuenta con un equipo para la fabricación de “casi cualquier cosa”. Los FabLab conforman una red que se expande por ciudades de todo el mundo, con el objetivo de mostrar que este modelo puede transformar no solo los métodos de producción, sino también los vínculos sociales.. Algunas implementaciones exitosas de *FabLabs* son (Menichinelli 2013a):

- **El proyecto FabCity de Barcelona**, que consiste en expandir el número de FabLabs en la ciudad de Barcelona, permitiendo que cada área de la ciudad sea autosustentable en la producción y fabricación (Menichinelli 2013a). Actualmente Barcelona tiene dos FabLabs, uno en el este de la ciudad y otro en la parte antigua. No obstante, se planea implementar otro en el vecindario de Ciutat Meridiana y un Green FabLab en las afueras septentrionales, que se enfocarán en tecnologías de fabricación digital sustentable.
- **FabLab Manchester** planifica abrir una red de trabajo de 30 Laboratorios en el Reino Unido en los próximos ocho años. No obstante, este proyecto no es parte de una política pública como tal, sino que pertenece y está administrado por The Manufacturing Institute, una entidad de sin ánimo de lucro financiada por diversos fabricantes y universidades.
- **FabLab@School**, fue el primer FabLab abierto por la universidad de Stanford en Moscú. Actualmente, el Ministerio Ruso de Desarrollo Económico financiará una red de trabajo de más de 20 laboratorios en Moscú y sus alrededores y se esperan otros 100 a lo largo y ancho del país.

La Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), órgano permanente de apoyo institucional y técnico a la Conferencia Iberoamericana y a la Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno, entre cuyos miembros está el Ecuador, reconoció en 2013 el impulso de una agenda de innovación ciudadana a 5 años. Uno de los primeros resultados es un documento colaborativo de *laboratorios ciudadanos*²⁸, “donde se genera trabajo colaborativo para el despliegue de la capacidad innovadora de la ciudadanía”.

Los laboratorios ciudadanos, espacios de *co-working* por excelencia, tienen beneficios como los siguientes:

- Las personas pueden desarrollar sus capacidades en proyectos que benefician al bien común y aportan a la inclusión social.
- Dan respuesta a la necesidad de la comunicación cara a cara, dado que las redes digitales no pueden suplir la potencia del trato directo.
- Permiten explorar en el espacio físico de las ciudades las nuevas formas de acción colectiva que están emergiendo en la red.

27 Fuente: directorio de *hackerspaces* en http://hackerspaces.org/wiki/List_of_Hacker_Spaces

28 Ver <http://ciudadania20.org/labsciudadanos>

- Hacen visible la idea de que las ciudades las construyen las personas.
- Acortan la distancia entre las personas y las instituciones, teniendo como uno de sus principales objetivos que los ciudadanos puedan implicarse en el diseño de políticas públicas.
- Las empresas pasan a tener un espacio para aprender y compartir su conocimiento, ya que aquéllas cada vez se consideran más como sistemas abiertos, que deben incluir en su desarrollo a comunidades de clientes, usuarios y afectados.
- Son un espacio idóneo para el emprendimiento, puesto que son incubadoras de proyectos y de comunidades.
- Suponen un espacio donde las universidades y los centros educativos pueden intercambiar conocimiento, ser más permeables a los problemas ciudadanos e incorporar saberes no expertos. Experimentar nuevos modelos de aprendizaje y producción de conocimiento.
- Proveen un espacio participativo y abierto para proyectos que tengan como objetivo desarrollar estrategias de resolución de problemas sociales y culturales, que pueden pasar a formar parte de acciones ciudadanas y de políticas públicas de mayor escala.

1.4.2. Arduino

Entre las implementaciones de HL más representativas está Arduino²⁹, una plataforma informática basada en un tablero microcontrolador simple y un ambiente de desarrollo para escribir software en él (Pearce 2014). Está dirigido a artistas, diseñadores, aficionados y demás interesados en crear dispositivos o ambientes interactivos. Este microcontrolador permite el funcionamiento de varios dispositivos derivados como el Arduino Geiger (detector de radiación), pHduino (medidor de pH), Xoscillo (osciloscopio) y OpenPCR (análisis de ADN).

Esencialmente una placa de hardware Arduino está compuesta por:

1. Una serie de puertos digitales y análogos para el ingreso de datos (que pueden proceder de una variedad de interruptores o sensores como el movimiento, la luz, sensores de proximidad, etc.)
2. Una serie de puertos de salida conectada a un actuador (por ejemplo, motor, luces, dispositivos computarizados, etc.)
3. Un procesador central con una memoria flash en la que el usuario escribe instrucciones para procesar datos de entrada hacia los puertos de salida.

Así, Arduino puede utilizarse para desarrollar objetos interactivos tomando datos de entrada de una variedad de interruptores o sensores y controlando una variedad de luces, motores y otros datos físicos. Los proyectos Arduino pueden ser autónomos o pueden comunicarse con software que funciona en un computador. Asimismo, las placas Arduino pueden ensamblarse a mano o adquirirse pre-ensambladas. El entorno de desarrollo es software

²⁹ Ver <http://arduino.cc/>

libre, así que pueden descargarse gratuitamente. Los archivos de diseño de Arduino están liberados bajo la licencia de Creative Commons "Attribution ShareAlike 3.0" (2010), lo que significa que:

- Quienquiera puede producir copias, rediseñarlo o incluso vender placas de hardware que copian el diseño, siendo innecesario pagar derechos al equipo Arduino o incluso solicitar su permiso.
- La licencia tiene una dimensión de "atribución", que significa que quienquiera que vuelva a publicar el diseño de referencia debe atribuirlo al equipo original de Arduino.
- Si alguien ajusta o cambia el tablero, el nuevo diseño debe utilizar la misma licencia de Creative Commons o similar, a fin de asegurarse de que las nuevas versiones del diseño de la placa no se cierren a través del copyright y pago de derechos, a la par que estén abiertas a futuras modificaciones y a su rediseño.

Una de las aplicaciones más importantes de Arduino son las impresoras 3D. En Grecia, Ioannina, la impresión en 3D con HL sirvió en un experimento educativo de dos escuelas secundarias (Kostakis 2013) en el que 33 estudiantes fueron educados en el diseño y producción colaborativa de objetos³⁰.

Una iniciativa con mayor impacto positivo en la comunidad es el proyecto Open Source Ecology de Marcin Jakubowski. En el proyecto, una red agricultores, ingenieros y voluntarios, tiene como meta el diseño y fabricación del Global Village Construction Set (GVCS), un grupo de 50 máquinas para construir una pequeña comunidad agrícola de forma eficaz y a bajo costo (Goodier 2011, Dafermos, 2014b). Comparado con los precios comerciales, GVCS es ocho veces más barato y su duración, cinco veces mayor en promedio. Otros desarrollos similares de *máquinas agrícolas libres* son los proyectos Slow Tools³¹, Farm Hack³² y ADABio Autoconstrucción³³.

En el ámbito ecuatoriano, los y las estudiantes han sido las principales impulsoras del desarrollo de proyectos de HL. En la Campus Party celebrada en Quito en 2013, estudiantes de la Universidad Politécnica de Chimborazo, la Universidad Técnica de Loja y la Universidad Salesiana de Quito desarrollaron dispositivos electrónicos basados en Arduino. Esteban Armendáriz, un estudiante ecuatoriano de 23 años de edad es uno de los pioneros en esta tecnología en el Ecuador, al fabricar dos tipos de impresora, una semiprofesional y otra 3D profesional, con costos que fluctúan entre \$1,299 y \$2,199. En una clave completamente distinta, otro ejemplo de HL producido en el Ecuador es el prototipo de una aeronave no tripulada llamada Gavilán UAV-2, diseñada por las Fuerzas Aéreas Ecuatorianas (FAE) para vigilar las fronteras y áreas de difícil acceso como la selva amazónica. El costo de Gavilán UAV-2 es de unos \$500,000, lo que significa un ahorro considerable para el Ecuador, que en el 2007 pagó \$20 millones a Israel por seis aeronaves dirigidas, es decir, casi 7 veces más que su equivalente con HL.

30 Puede ampliarse la información sobre estos dispositivos en Dafermos (2014a: 5-7).

31 Ver <http://www.stonebarnscenter.org/farm/news/slow-tools-fast-change.html>.

32 Ver <http://farmhack.net/home/>.

33 Ver <http://www.latelierpaysan.org/>.

1.4.3. Computadoras libres en el ámbito educativo

MobiStation (UNICEF Stories 2013) es un prototipo abierto desarrollado por UNICEF Uganda en el 2013 para mejorar la educación primaria. Mobistation es un juego multimedia, alimentado por energía solar, complementado con un computador portátil, proyector y escáner, todos ellos contenidos en un maletín. Funciona proyectando libros electrónicos, vídeos didácticos y otros contenidos multimedia en las escuelas rurales y centros de salud. El contenido educativo para la MobiStation es desarrollado y registrado por reputados/as maestros/as del país en materias como inglés, matemáticas, estudios sociales y ciencias (UNICEF Stories 2014).

El proyecto se despliega en un contexto de dificultades para el sistema educativo, marcado por el absentismo de los/as maestros/as, la instrucción de baja calidad y la falta de libros de texto. Por otro lado, también es útil en situaciones de emergencia para organizar escuelas temporales o centros de comunicación, incluso en lugares que carezcan de electricidad y conexión a Internet. Además y de acuerdo con los principios de innovación de UNICEF, MobiStation es una tecnología libre cuyas especificaciones técnicas estarán disponibles para que las personas o empresas las adapten según sus necesidades.

Otro proyecto paradigmático de HL es *One Laptop Per Child* (OLPC). Aunque el proyecto anunció el fin de sus operaciones como tal en marzo de 2014³⁴, se trata de un modelo paradigmático que ha abierto el escenario para iniciativas similares y otros proyectos independientes. OLPC distribuía pequeños computadores portátiles para proporcionar “a cada niño del mundo” acceso al conocimiento y a las tecnologías de la información. El computador portátil OLPC está basado en software libre y es de consumo energético eficiente, con un coste cercano a unos 100 USD, que en ocasiones se cubrían además desde contextos con mayor poder adquisitivo al del uso de los equipos. Estos computadores son capaces de conectarse entre ellos y a Internet desde cualquier lugar. En general, se cedían a los gobiernos, que los asignaban después a niños y niñas de diferentes escuelas.

Los computadores portátiles OLPC aseguran su sostenibilidad tecnológica por varias razones:

- Su tiempo de vida útil es de cinco años, frente a los dos años del *notebook* estándar.
- Tiene la mitad del peso que un computador normal.
- Sus baterías duran cuatro veces más que las estandarizadas.
- Consume diez veces menos energía que un computador portátil normal.
- Cumple las restricciones de sustancias peligrosas (RoHS, por sus siglas en inglés) en equipo eléctrico y electrónico.
- Existe un programa de reciclaje en todos los países en que se distribuye.

En Latinoamérica, Argentina, Uruguay³⁵, Nicaragua, Venezuela y Costa Rica han considerado adoptar esta plataforma para la educación pública. La meta es apoyar la

34 Ver http://www.olpcnews.com/about_olpc_news/goodbye_one_laptop_per_child.html

35El proyecto CEIBAL en Uruguay parte de una perspectiva análoga y está teniendo continuidad, si bien las valoraciones desde la perspectiva pedagógica son controvertidas, como hemos expuesto en el documento FLOK 1.1. sobre recursos educativos abiertos (Vila *et al.*, 2014).

educación general de los niños, al proporcionarles un computador portátil con contenidos educativos a los maestros y estudiantes de educación primaria en las escuelas públicas nacionales.

En esta misma área, un proyecto reciente de computadora libre es Novena³⁶, diseñada para usarse como computadora de escritorio, portátil o placa de hardware para cualquier otro uso. Otro proyecto de reciente popularidad es Raspberry Pi³⁷, un HL educacional que hace las veces de una micro computadora personal y que está siendo usada exitosamente en Reino Unido para enseñar programación a los niños.

1.4.4. Políticas de hardware libre en Venezuela

Entre las diferentes comunidades que trabajan en el diseño, desarrollo, evaluación y apoyo técnico de HL en Venezuela, se cuentan los proyectos Open Collector, OpenCores y GEDA. La comunidad de HL trabaja también desde comienzos del 2010 con el proyecto Pingüino Ve. Este proyecto estimula la producción local de tecnología y satisface diferentes necesidades sociales hacia una producción sustentable de dispositivos electrónicos en el país. Involucra el desarrollo software, al igual que diagramas para la construcción de dispositivos electrónicos con tecnología libre. Además de ello, también existen diferentes proyectos que apoyan la fabricación de HL como Proyecto VIT (computadores de escritorio y portátiles), el proyecto educativo Canaima³⁸ y los teléfonos celulares (Vergatario³⁹, Orinoco). La administración pública venezolana se encuentra involucrada en los siguientes proyectos:

- El programa de planificación de gestión pública, que permite la planificación para las necesidades de software y hardware en diferentes instituciones. Supone la adquisición de equipo informático, determinando el tiempo y la razón para adquirirlo. Este programa define las necesidades tecnológicas de las instituciones públicas y la mejor manera de solventarlas.
- La formación de recursos humanos para la certificación y evaluación en hardware, para nuevas tecnologías con beneficio social.
- El programa de reutilización y reciclaje de hardware, que pretende concientizar a la sociedad y a las industrias sobre la fabricación de computadores con elementos ecológicos y sobre la reutilización de los desechos tecnológicos. Este programa implica acuerdos nacionales e internacionales para reducir la contaminación y los residuos de desechos sólidos provenientes de la industria del hardware.
- El programa para la industria nacional de hardware, que fortalece la fabricación de computadores hechos en Venezuela, bajo estándares internacionales de calidad y necesidad, que permitan la creación de cooperativas tecnológicas.

2. Marco jurídico – político ecuatoriano

36 Ver <https://www.crowdsupply.com/kosagi/novena-open-laptop>

37 Ver <http://www.raspberrypi.org/>

38 Ver <http://www.canaimaeducativo.gob.ve/>.

39 Vergatario (http://es.wikipedia.org/wiki/ZTE_366_%22Vergatario%22) es el primer teléfono móvil ensamblado en Venezuela, al que han seguido nuevos modelos desde 2013.

"Ecuador tiene la oportunidad histórica de ejercer su gobernanza económica, industrial y científica de los sectores estratégicos con soberanía. Esto generará riqueza y elevará el estándar de vida general de nuestra gente (Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017: 313).

Este enunciado inaugura el Objetivo 11 del PNBV 2013-2017, relativo a “asegurar la soberanía y la eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica” y muy pertinente para las innovaciones propuestas en los distintos documentos de esta línea de investigación sobre infraestructuras técnicas abiertas⁴⁰. En particular, el Objetivo 11.3 señala la necesidad de “democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y de tecnologías de información y comunicación (TIC), (...) y profundizar su uso y acceso universal”.

A su vez y tras un análisis extendido de la situación real del Ecuador, el PNBV (pp. 329 y ss), en relación al Objetivo 11, declara las políticas y lineamientos estratégicos a fin de lograr las siguientes metas:

- Lograr un **índice de digitalización** del 41.7 (índice de digitalización en 2011: 32.8)
- Lograr un índice de **gobierno electrónico** de 0,55 (índice de gobierno electrónico en 2012: 0,49)
- Reducir el **analfabetismo digital** a 17,9% (analfabetismo digital de 15 a 49 años de edad en 2012: 21.4)
- Aumentar el porcentaje de **personas que emplean las TICs** al 50% (individuos mayores a 5 en el 2012: 41.4)

El diagnóstico del PNBV muestra una tendencia a la democratización del acceso a la información en los últimos años, al igual que una mejora de los servicios. La meta principal del Objetivo 11 del Plan para el Buen Vivir se concentra en la expansión del uso de las TICs en el Ecuador, con el objetivo de eliminar la brecha digital.

3. Propuestas

3.1. Principios generales para la política pública

El interés de los modelos de HL para Ecuador procede de su potencial como régimen de producción y distribución de tecnología, así como de generación de comunidades y nuevos vínculos sociales en torno a ella. Ello resulta especialmente relevante en contexto emergentes como éste, donde la incorporación de capas crecientes de la población a los procesos de innovación es una condición indispensable para poder completar la transición hacia la economía social del conocimiento, toda vez que la apuesta por la hegemonía de las grandes corporaciones tecnológicas es difícil, a la par que poco compatible con el marco constitucional y del PNBV.

Sin embargo y aunque el objetivo principal de las políticas públicas en este área debería ser la promoción del desarrollo incipiente del sector de producción y distribución abierta del

40 Además de este documento sobre hardware libre, se integran en esta línea el correspondiente a políticas sobre software libre y ciberseguridad (Petruzzo y Torres, 2014) y el relativo a cuestiones de conectividad y accesibilidad (Torres, 2014).

HL, la regulación debe prestar atención al hardware desarrollado bajo todo tipo de licencias con el objetivo de que su expansión favorezca el crecimiento de la economía del conocimiento en Ecuador. Para ello, lo principal es que la producción y distribución de hardware bajo cualquier forma de licenciamiento no limite el brillante potencial del HL para la economía del país y de la región. Con este objetivo, quería proponerse que la distribución de hardware, satisfaga estos criterios, cualquiera que sea su régimen de licenciamiento⁴¹:

1. Documentación. El hardware debe ponerse en circulación con documentación que incluya archivos de diseño y debe permitir la modificación y distribución de los mismos.
2. Alcance. La documentación del hardware deberá especificar claramente que parte del diseño, sino todo, se libera bajo la licencia.
3. Programas informáticos necesarios. Si el diseño bajo licencia necesita de un paquete informático, éste debe liberarse bajo una licencia aprobada por la OSI (Open Source Initiative) o debe contar con suficiente documentación de su interfaz de programación.
4. Obras derivadas. La licencia deberá permitir modificaciones y obras derivadas, y permitirá que éstas se distribuyan bajo los mismos términos que la licencia de la obra original. La licencia permitirá la fabricación, venta, distribución y uso de productos creados a partir de los archivos de diseño, los archivos en sí mismos, y derivados de cualquiera de los anteriores.
5. Libre redistribución. La licencia no podrá restringir a nadie de la venta o distribución de la documentación del proyecto. La licencia no podrá requerir el pago de derechos de autor por la mencionada venta. La licencia no podrá requerir ningún derecho de autor o tasa relacionada a la venta de obras derivadas.
6. Atribución. La licencia podría requerir que los documentos derivados y notificaciones de derechos de copia (copyright) asociadas con los dispositivos atribuyan la autoría del/los autor/es licenciante/s a la hora de distribuir ficheros de diseño, bienes manufacturados y/o productos derivados de los mismos.
7. No discriminación a personas o grupos. La licencia no puede discriminar ninguna persona o grupo de personas.
8. No discriminación a campos de aplicación. La licencia no puede restringir a nadie de hacer uso del trabajo (incluyendo el objeto manufacturado) en un campo específico de aplicación.
9. Distribución de la licencia. Los derechos proporcionados por la licencia deberán ser aplicados a todos aquellos a los que sea redistribuido el trabajo sin la necesidad de ejecutar una licencia adicional.
10. Los derechos proporcionados por la licencia no dependen de que el trabajo licenciado sea parte de un producto determinado. Es decir, si una parte de una obra licenciada se usa y distribuye bajo los términos de la licencia, todos aquellos a los que se les redistribuya la obra deberán tener los mismos derechos que proporcione la obra original.
11. La licencia no debe restringir otro hardware o software.

41 Se trata de los criterios de la OSHWA, que sintetizamos aquí en castellano. La versión completa, según la traducción de D. Cuartielles, J. Espinoza, PinguinoVE y C. Castellanos, puede encontrarse en <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>.

12. La licencia será neutra en términos tecnológicos.

De vuelta al potente campo del HL, conviene destacar que su expansión está ligada a nuevas prácticas de diseño (*Open Design* en su sentido más amplio o *Design Thinking* desde algunas metodologías⁴²), más abiertas y colaborativas. En particular, Massimo Menichinelli (2013b) ha realizado un conjunto de propuestas de política pública para el diseño abierto, donde éste “busca reestructurar la relación entre los actores involucrados en el proceso de diseño utilizando las ventajas ofrecidas por nuevos enfoques en la protección de la propiedad intelectual y las nuevas maneras de trabajo posibilitadas por la tecnología.” De ese interesantísimo conjunto de propuestas, queremos destacar algunos lineamientos destinados a fortalecer el rol de este sector en la economía social del conocimiento:

1. Incluir [habilidades de] diseño dentro de las redes de innovación e incubadoras de negocio (No. 7).
2. Crear lineamientos, códigos de prácticas, marcos legales y espacios experimentales para promover el uso de Open Design.
3. Aumentar el empleo de diseño o de diseñadores en la innovación dentro del sector público. Apoyar una mayor participación de diseñadores en espacios donde la innovación social y los servicios públicos representan retos críticos (No. 16)
4. Levantar el nivel de alfabetización en diseño para todos los ciudadanos, promoviendo una cultura del aprendizaje de diseño en los distintos niveles del sistema educativo (No. 20).

3.2. Recomendaciones

En general, la condición de HL de un producto se traduce en un precio ocho veces menor en comparación con los diseños comerciales. Aunado a esto, también existe un valor educativo añadido que se activa al poder estudiar cómo funciona realmente un diseño. Por último, es común el reconocimiento de la rapidez y facilidad con la que las comunidades de software y HL difunden los productos de la innovación. Si una idea o diseño es bueno, incrementar su proliferación y reducir los obstáculos que limitan su uso, llevarán a maximizar el beneficio para la sociedad. Parte del atractivo del HL es su enfoque de "hazlo tú mismo", pues permite a más individuos escudriñar un diseño e identificar errores y mejorar una característica, lo que deriva en mejores productos compartidos por toda una comunidad. Esto también significa que esos productos pueden estar disponibles incluso si el fabricante original deja de producirlos.

Por tanto, los principales argumentos para el desarrollo de políticas de adquisición y uso de HL son:

- Soberanía y seguridad nacional.
- Crecimiento y apoyo de estrategias de investigación y desarrollo.
- Mejoras en el área educativa.

42 El trabajo cercano del grupo Artefacto de la Universidad de Nariño, en Colombia (<http://artefacto.udenar.edu.co/>) ofrece buenos ejemplos ajustados a nuestro contexto de la utilidad social y las posibilidades de tejer comunidad de estas metodologías.

- Nuevas oportunidades en el área industrial.
- Mejora de la economía en general, convirtiendo al propio país en un cliente potencial, al dar prioridad a los productores y clientes domésticos. Ello implica también una reducción de los costes de distribución.
- Aceleración de la innovación ciudadana y creación de comunidades de innovación con impacto social.
- Mejora de la sostenibilidad tecnológica

En este punto, podemos sintetizar algunas recomendaciones sobre las políticas públicas en materia de HL, que se deducen de lo establecido hasta aquí:

- Crear lineamientos, códigos de práctica, marcos legales y espacios experimentales para promover el uso de *Open Design* (Menichinelli 2013b). Esto implica incrementar el nivel de alfabetismo en diseño para todos los ciudadanos en todo nivel del sistema educativo.

Dentro de esta incorporación de nuevos sectores a la comprensión tradicional del HL y de su expansión, son fundamentales las estrategias de alfabetización y sensibilización:

- Diseñar estrategias de comunicación para impulsar el HL para la soberanía tecnológica (entre otros beneficios) en universidades, centros de investigación y en la administración pública.

Conviene destacar las propuestas de carácter económico, destinadas a fomentar la innovación social en materia de HL e incorporar al sector a la economía social del conocimiento:

- Identificar oportunidades para la realización de las metas estratégicas nacionales y de un alto retorno de la inversión (ROI) en HL de uso científico.
- Realizar una búsqueda activa de fondos para desarrollar HL. Esto se puede lograr con la combinación de recursos propios del Estado y medios tradicionales como subvenciones, concursos públicos, empresa privada, etc., así como los más recientes de crowdfunding y análogos.
- Fomentar la economía popular a través de proyectos de innovación ciudadana basados en HL.
- Proporcionar incentivos fiscales para que los empresarios del Ecuador comiencen a producir estos equipos. El gobierno aprobará políticas de adquisición preferencial para HL "hecho en Ecuador".

Asimismo, en los distintos documentos de esta línea de investigación sobre infraestructuras técnicas libres hay consenso en la necesidad de dotar de una institucionalidad al sector, que permita una expansión coherente con su potencial:

- Crear una *Oficina de Evaluación de Tecnologías Libres*, cuya meta principal será identificar los mayores gastos actuales del país en equipo y el ahorro probable en caso de usar HL. Basados en lo anterior, clasificar todas las adquisiciones de hardware para ciencia, incluyendo aquellas de proveedores con fuentes

internacionales e identificar dispositivos de HL que puedan desarrollarse para constituir su alternativa.

Dentro de esta institucionalidad, no conviene olvidar la importancia de iniciativas aparentemente de menor escala y más difundidas por el tejido empresarial y asociativo del Ecuador:

- Crear un catálogo nacional de HL de uso científico libre, evaluado y validado con la lista de materiales, diseños digitales, instrucciones de ensamblaje, de operación y todo software relacionado.
- Crear laboratorios que fomenten la innovación ciudadana comenzando con programas piloto en las universidades públicas del Ecuador. Allí se implementarán *maker spaces* (espacios de fabricación), con acceso a HL, impresoras 3D, cortadoras láser y otras herramientas, que serán administradas por sus usuarios (estudiantes, profesores, y ciudadanos participantes). Estos son laboratorios de innovación ciudadana que:
 - Ofrecerán transparencia en la gestión, gobernanza y operación.
 - Serán un punto de contacto entre empresas, universidades y gobierno que, en iguales condiciones, propondrán proyectos ciudadanos de impacto social.
 - Proporcionarán un punto de contacto para las organizaciones y comunidades que pretendan crear espacios de fabricación, proporcionar información, valorar la sostenibilidad, aconsejar sobre el ciclo de vida del laboratorio, y mantener descripciones de sitios futuros y en funcionamiento.
 - Empoderarán a individuos y comunidades que ofrezcan los lineamientos correspondientes para su operación sustentable.
 - Fomentarán la participación ciudadana para resolver problemas de índole social.
 - Incentivarán a la población en el desarrollo de diferentes habilidades e intereses, de modo que accedan a las herramientas requeridas para progresar en la ciencia, tecnología e innovación.
 - Facilitarán su uso para capacitación, creación de trabajo, investigación y producción de infraestructura ciudadana para una gama de fines educativos individuales y colaborativos, comerciales, creativos y sociales.
 - Buscarán o aceptarán fondos de individuos, corporaciones, agencias gubernamentales u otras organizaciones privadas, a partir de un plan de sostenibilidad que permita su autogestión.
 - En conjunto, los laboratorios ciudadanos deberán formar una red nacional, con posibilidad de articulación internacional, de intercambio de información, experiencias y conocimiento libre.

4. Referencias bibliográficas

- Bauwens, M. (2011) *Why is open hardware inherently sustainable*. P2P Foundation, disponible en <http://blog.p2pfoundation.net/why-is-open-hardware-inherently-sustainable/2011/05/24> (última consulta, 20-1-2015)
- Bauwens, M., Iacomella, F. y Mendoza, N. (2012) *Synthetic overview of the Collaborative Economy*, P2P Foundation, Orange, disponible en <http://p2p.coop/files/reports/collaborative-economy-2012.pdf> (última consulta, 28-1-2015).
- Berchon, M. (2013) *The State of Open Hardware Entrepreneurship*, Open Hardware Summit, presentación disponible en <http://www.slideshare.net/makingsociety/the-state-of-open-hardware-entrepreneurship-in-2013> (última consulta, 20-1-2015).
- Buen Vivir (2013) Plan Nacional. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2013-2017, disponible en <http://www.buenvivir.gob.ec/> (última consulta, 20-1-2015).
- Cicero, S. (2013) *The Truth About Open Source Hardware Business Models*. *Open Electronics*, Source Electronic Projects, 20-9-2013. Disponible en <http://www.open-electronics.org/the-truth-about-open-source-hardware-business-models/> (última consulta, 20-1-2015).
- Dafermos, G. (2014a) "Distributed manufacturing. Commons Oriented Productive Capacity (v1.0)", policy paper 2.4 Buen Conocer / FLOK Society, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Disponible en <https://flokociety.com/ment.com/text/lZraETlaXK3/view/> (última consulta, 5-7-2014).
- Dafermos, G. (2014b) "Open and sustainable agriculture (v0.1)", policy paper 2.1 Buen Conocer / FLOK Society, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Disponible en <https://flokociety.com/ment.com/text/ZAea6mHLrqG/view/> (última consulta, 23-7-2014).
- Goodier, R. (2011) *Can open source hardware change how we farm?*, Engineering for change. Disponible en <https://www.engineeringforchange.org/news/2011/05/12/can-open-source-hardware-change-how-we-farm.html> (última consulta, 20-1-2015).
- Hare, C. (2013) *Big backers of open-source hardware*. EDN network, 10-10-2013, disponible en <http://www.edn.com/electronics-blogs/open-sourced/4422472/Big-backers-of-open-source-hardware> (última consulta, 20-1-2015).
- Kostakis, V. (2013) *Open Source 3D Printing as a Means of Learning: An Educational Experiment in Two High Schools in Greece*. P2P Foundation. Disponible en <http://blog.p2pfoundation.net/open-source-3d-printing-as-a-means-of-learning-an-educational-experiment-in-two-high-schools-in-greece/2013/11/18> (última consulta, 20-1-2015).
- Making Society (2014) *The worldwide list of open source hardware online stores*, disponible en <http://makingsociety.com/2013/03/the-worldwide-list-of-open-source-hardware-online-stores> (última consulta, 20-1-2015).
- Menichinelli, M. (2013a) *Policies for FabLabs*. Openp2pdesign.org. Disponible en <http://www.openp2pdesign.org/2013/fabbing/policies-for-fablabs/> (última consulta, 20-1-2015).
- Menichinelli, M. (2013b) *Policies for Open Design*. Openp2pdesign.org. Disponible en <http://www.openp2pdesign.org/2013/open-design/policies-for-open-design/>

- OSHOWA (2013) Brief History of Open Source Hardware Organizations and Definitions. Extraído de: <http://www.oshwa.org/research/brief-history-of-open-source-hardware-organizations-and-definitions>
- Pearce, J. M. (2012a) The case for open source appropriate technology. Environment, Development and Sustainability (14): 425-431
- Pearce, J. M. (2012b), Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware, Science Magazine, Vol Vol. 337 no. 6100 p. 1303-1304. Extraído de: <http://www.sciencemag.org/content/337/6100/1303.summary>
- Pearce, J. M. (2014) Open-Source Lab. How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs. 1St Edition. Elsevier.
- Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017). Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Disponible en: <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf> (última consulta, 23-7-2014).
- Revilla, J. M. (2013) Hardware abierto: una oportunidad para los emprendedores. ITespresso.es. Extraído de: <http://www.itespresso.es/hardware-abierto-oportunidad-para-emprendedores-116049.html>
- Rosted, J. (2005) User-driven innovation, Results and recommendation. The Ministry of Economic and Business Affairs' Division for Research and Analysis. Extraído de: <http://www.euc2c.com/graphics/en/pdfs/mod3/userdriveninnovation.pdf>
- Torres, J. (2014) "Connectivity (v1.0)", Documento de política pública 4.3 Proyecto Buen Conocer / FLOK Society, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Disponible en: <https://flokociety.co-ment.com/text/XxUDmDmMR2j/view/> (última consulta, 23-7-2014).
- Torres, J. y Petrizzo, M. (2014) "Software libre (v1.0)", Documento de política pública 4.2 Proyecto Buen Conocer / FLOK Society, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Disponible en: <https://flokociety.co-ment.com/text/vXCtMAGbwhq/view/> (última consulta, 23-7-2014).
- UNICEF Stories (2013) Open Source "Mobi-Station" Research Collaboration. Education and Learning, Innovation in Learning. Extraído de: <http://unicefstories.org/2013/08/14/open-source-mobi-station-research-collaboration/>
- UNICEF Stories (2014) Narrative of a Partnership: Open Source Hardware in Uganda. Education and Learning, Innovation in Learning. Extraído de: <http://unicefstories.org/2014/01/07/unicef-pioneers-high-tech-education-for-marginalized-children/>
- Vila-Viñas, D., Araya, D. y Bouchard, P. (2014) "Recursos para la educación abierta (v.1.0)", documento de política pública 1.1. Proyecto Buen Conocer / FLOK Society, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Disponible en: <http://flokociety.org/docs/Espanol/1/1.1.pdf> (última consulta, 20-1-2015).