

Tecnologías tecnologizantes. Los modelos de la Computadora Industrial Abierta Argentina, del desarrollo experimental a la producción (2013-2023) ^ξ

Technologising technologies. The models of the Computadora Industrial Abierta Argentina, from experimental development to production (2013-2023)

*Antonela Isoglio **

Resumen

Este artículo presenta la experiencia de producción de computadoras industriales de diseño nacional y abierto, impulsada en la última década por el proyecto CIAA. Este proceso abarca un conjunto de iniciativas que comparten un rasgo común: la convergencia de esfuerzos de actores de diferentes sectores (público estatal, público no estatal y privado). El objetivo de este trabajo es documentar los procesos productivos, recuperar los principios de vinculación y cooperación que los sustentan, y extraer lecciones aprendidas desde la perspectiva de los participantes para que esta experiencia pueda iluminar futuros proyectos de desarrollo tecnológico orientados al bien común.

Palabras clave: información digital; bienes de producción; vinculación; pymes nacionales; bien común

Códigos JEL: O32 Gestión de la Innovación Tecnológica y de I+D; M11 Gestión de la Producción; L63 Microelectrónica, Ordenadores, Equipos de comunicaciones

Abstract

This article presents the experience of production of industrial computers of national and open design, promoted in the last decade by the CIAA project. This process encompasses a set of initiatives that share a common feature: the convergence of efforts of actors from different sectors (state public, non-state public and private). The objective of this work is to document the productive processes, recover the principles of linkage and cooperation that sustain them, and extract lessons learned from the perspective of the participants so that this experience can illuminate future technological development projects oriented to the common good.

Keywords: digital information; productive assets; linkages; domestic small and medium-sized enterprises; common good

JEL codes: O32 Management of Technological Innovation and R&D; M11 Production Management; L63 Microelectronics, Computers, Communication Equipment

^ξ Recibido 26 de septiembre 2024 / Aceptado 7 de noviembre 2024.

* Dra. en Ciencia y Tecnología. CONICET y UNC. Correo electrónico: aisoglio@unc.edu.ar

1. Introducción

Este artículo presenta una experiencia de producción de computadoras industriales de diseño nacional y abierto cuyos orígenes se remontan al Simposio Argentino de Sistemas Embebidos (SASE). Este evento ha promovido la formación, la investigación y la vinculación sobre dicha temática desde sus orígenes en 2010. Con el tiempo, el SASE se convirtió en un punto de encuentro clave para la comunidad de sistemas embebidos, atrayendo a estudiantes, profesionales y empresas de todo el país.

En una reunión realizada en el SASE 2013, con participación de entidades colectivas de la industria, la academia y el gobierno, se discutió la posibilidad de desarrollar un controlador lógico programable de diseño nacional, que disminuyera la dependencia tecnológica de las pequeñas y medianas empresas (pymes) argentinas. Los académicos reunidos en la Asociación Civil para la Investigación, Promoción y Desarrollo de los Sistemas Embebidos (ACSE) sugirieron el desarrollo colaborativo de una computadora de código abierto para aplicaciones industriales. De esta manera, nació el proyecto Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA), cuyas finalidades fueron: fomentar el desarrollo tecnológico nacional, mejorar la competitividad de las pymes y promover círculos virtuosos de formación y empleo (Versino y Guido, 2016).

Para alcanzar estos propósitos, un gran abanico de actores aportó esfuerzos: la ACSE, la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL), alrededor de veinte pymes nacionales, alrededor de doce universidades públicas nacionales, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), una empresa grande de capital argentino, numerosos alumnos de escuelas secundarias y contribuyentes voluntarios. En lugar de depender de grandes inversiones estatales o estructuras rígidas de organización, el proyecto CIAA se nutrió de las voluntades y los recursos que aportaron los participantes, quienes apostaron al potencial de la computadora industrial de diseño argentino y abierto.

En el transcurso del desarrollo experimental, la comunidad productiva decidió crear modelos alternativos del medio de producción,¹ con el fin de ofrecer diseños con microcontroladores de diferentes fabricantes, y versiones de bajo costo con fines educativos.² Así lo relata un titular de pyme participante del proyecto CIAA:

[...] la idea era que, en la medida de lo posible, cada una iba a tener su particularidad por el procesador que tenía, pero, de alguna manera, había un montón de *hardware*, un montón de desarrollo que era independiente del fabricante. La idea era no estar casado con nada de *software* ni nada de *hardware*, que sea abierto y que pueda ser versátil para que cualquier empresa lo adapte como esté o lo modifique a su necesidad y haga su propio desarrollo. (J. A. Cecconi, comunicación personal, 11 de noviembre de 2022)

Además, surgieron nuevos modelos orientados a usos industriales o educativos determinados. Por un lado, se trata del desarrollo de plaquetas electrónicas para aplicaciones de alto costo computacional, de seguridad crítica, o para integrar sistemas embebidos de uso industrial, como son los casos de la CIAA-ACC, la CIAA-Safety y la

1 Se trata de los modelos: CIAA-NXP, CIAA-ATMEL, CIAA-FSL y CIAA-NUCLEO-FSL, CIAA-INTEL, CIAA-PIC, CIAA-RX, CIAA-ST, y CIAA-TI, los cuales utilizan microcontroladores de las empresas: NXP Semiconductors, Atmel Corporation, Freescale Semiconductor, Intel Corporation, Microchip Technology, Renesas Electronics Corporation, STMicroelectronics, y Texas Instruments, respectivamente.

2 Los desarrollos de versiones de bajo costo con fines educativos son los de: EDU-CIAA-NXP, EDU-CIAA-FSL y EDU-CIAA-INTEL.

PicoCIAA, respectivamente. Por otro lado, surgieron propuestas de desarrollo de computadoras para enseñanza y aprendizaje de sistemas embebidos, tales como la EDU-CIAA-xilinx, que implementa tecnologías *Field Programmable Gate Array* (FPGA), y la CIAA-Z3R0, para aplicaciones de bajo consumo y proyectos de robótica educativa. Según el anterior titular de pyme: “Fue como que, de golpe, empezó a armarse una familia de CIAA, con distintas prestaciones cada una” (J. A. Cecconi, comunicación personal, 11 de noviembre de 2022).

Incluso proliferaron procesos de desarrollo de placas de expansión, cuya finalidad es extender la funcionalidad de algún modelo del medio de producción. Estas cuentan con un isologotipo que las representa específicamente. En palabras del gerente industrial de una pyme participante del proyecto CIAA:

En su momento, [...] surgió la necesidad de que, a esta plaqueta, la EDU-CIAA, hay que ponerle un interfaz para que se pueda comunicar con otras cosas. Y, ahí, surgieron varios diseños, uno que diseño para una interfaz A, otro que diseño para otra interfaz B, y eso en la *wiki* del proyecto lo vas a encontrar como *ponchos*. ¿Por qué *ponchos*? Porque se pone arriba de la otra. Le pusieron un nombre súper creativo. Entonces vos tenés la EDU-CIAA y el poncho, que es la interfaz que va arriba. Hubo varios diseños. (G. Lagoa, comunicación personal, 23 de noviembre de 2022)

El proyecto CIAA también funcionó como un imán, atrayendo y consolidando los resultados de un proceso de diseño de tecnologías FPGA llevado a cabo internamente por un grupo de investigación y desarrollo (I+D) de una universidad pública nacional. Se trata de la EDU-FPGA, que, tras su difusión en el contexto del proyecto CIAA, se la denomina EDU-CIAA-FPGA.

Los resultados de los desarrollos de los diversos modelos del medio de producción se encuentran disponibles en una colección del proyecto CIAA en la plataforma GitHub, que reúne treinta repositorios de *hardware*, *firmware*, *software* y contenidos (CIAA, 2022). Además, su documentación técnica está disponible en el *wiki* alojado en el sitio web de la iniciativa (CIAA, 2017). El conjunto de resultados fue regulado bajo BSD 3-Clause License, a excepción de un pequeño número de productos de *firmware*, *software* y contenidos que presentan otras licencias libres o abiertas, tales como GNU General Public License v.2.0 o Creative Commons Attribution 4.0.

El proyecto CIAA se abocó principalmente al desarrollo experimental de los modelos del medio de producción. Esto no sólo abarcó el diseño, sino también comprendió la gestión de la articulación y cooperación entre los actores participantes, dirigida a favorecer la fabricación de prototipos y la prueba de las plaquetas electrónicas. Se generó una sinergia entre los involucrados en la iniciativa, que condujo a un conjunto de procesos de producción de prototipos y bienes finales en pequeñas y grandes cantidades. Por consiguiente, la comunidad productiva pudo mostrar que las plaquetas diseñadas funcionan.

Dado que la modalidad de organización del desarrollo experimental fue analizada en profundidad en un trabajo previo, este artículo se enfoca en seguir la ruta del desarrollo a la producción, para caracterizar a los paquetes tecnológicos resultantes. A continuación, se presentan algunos aspectos conceptuales y metodológicos de la investigación de la cual se deriva este trabajo. Les siguen apartados que exponen la experiencia, ofrecen una mirada retrospectiva sobre el proyecto CIAA transcurrida una década desde su comienzo, y plasman reflexiones sobre esta experiencia.

2. Aspectos conceptuales

Este trabajo deriva de una investigación cuyo marco conceptual articula dos tradiciones de pensamiento: el *materialismo cognitivo*, que sienta las bases para la comprensión de los flujos de conocimientos en los procesos productivos (Zukerfeld, 2017), y el *pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y desarrollo*, en especial los aportes analíticos y empíricos en torno al desarrollo de una capacidad autónoma para manejar la tecnología (Sábato, 1975; Sábato y Mackenzie, 1982).³

Desde la perspectiva teórica del materialismo cognitivo se advierte que los resultados del diseño de los modelos de la CIAA constituyen *bienes informacionales primarios*, en particular *software* y contenidos en forma de información digital. Este tipo de bienes se caracteriza por no sufrir desgaste con su consumo (Zukerfeld, 2005). Para explicar esta característica, debemos partir de una de las propiedades del conocimiento, que es su *perennidad* (Zukerfeld, 2010).

La *perennidad* significa que el conocimiento no sufre desgaste ni se consume con el uso. En cambio, los que se desgastan son los soportes materiales en los cuales este se asienta. Dado que el conocimiento no existe como un ente independiente sino como una propiedad emergente de la materia/energía, esta se torna un soporte que lo incluye y, de alguna manera, lo *corrompe*.

Sin embargo, cuando el conocimiento se codifica digitalmente en un medio objetivo, la *perennidad* se funde con la tendencia a la *replicabilidad* característica de la información digital. De este modo, la capacidad de reproducir estos bienes con costos cercanos a 0, propia de la información digital, efectiviza la perennidad del conocimiento (Yansen y Dughera, 2011). Aunque los soportes materiales de los bienes informacionales pueden corromperse, la información que portan es perenne: no sufre desgaste con el consumo, y su uso reiterado y aún simultáneo en una multitud de locaciones no la afecta ni merma la cantidad disponible para otros (Zukerfeld, 2005). Esto los convierte en *bienes intrínsecamente no-escasos*.

Estas propiedades económicas de los bienes informacionales le otorgan rasgos específicos a la realización de su valor de uso. Por un lado, permiten la conformación de redes productivas, es decir, la integración en forma reticular de procesos productivos dispares. Esto se produce cuando el resultado de un proceso productivo informacional pasa a ser objeto o medio de trabajo en otros procesos productivos, multiplicando la información en juego (Zukerfeld, 2005). Parafraseando a Marx (2010), será la función que cumple en el proceso productivo lo que determine que un valor de uso sea considerado materia prima, medio de producción o producto.

Por otro lado, la unidad dialéctica entre valor de uso y valor de cambio, que era indisoluble en la mercancía característica de la etapa industrial del capitalismo, se rompe en los bienes informacionales, dado que su valor de uso tiene la posibilidad de no enajenarse al realizar su valor de cambio (Yansen y Dughera, 2011). Dicho con otras palabras, la capacidad de aprovechamiento de los bienes informacionales no se agota en

³ De acuerdo con Sábato (1983), sólo mediante el desarrollo de una capacidad autónoma para manejar la tecnología podrá una nación comenzar a marchar en la dirección que le permitirá disponer, en cada caso, de la tecnología más ajustada a sus propios objetivos, más respetuosa de su acervo cultural, más conveniente para sus propias necesidades y más adecuada a sus dotaciones de recursos y factores.

el intercambio de mercancías. Por lo tanto, el comercio de los bienes informacionales no requiere de la resignación de su uso para el vendedor.

3. Aspectos metodológicos

La investigación en la que se apoya esta presentación de experiencia utilizó el método de estudio de caso. Atento a la tipología de diseños que clasifica Yin (2014), el estudio empírico adoptó el diseño de caso único integrado (*embedded-single-case design*), el cual se caracteriza por presentar un caso único que, a su interior, involucra múltiples unidades de análisis.

El caso único de esta investigación reside en el proceso productivo informacional de la CIAA, originado en la República Argentina en el año 2013. Se trata de una cadena de flujos de conocimientos que va desde el desarrollo experimental a la producción de los artefactos electrónicos.

Además, se recupera la propuesta del *paquete* como unidad de análisis en el estudio de la tecnología (Sábato y Mackenzie, 1982).⁴ El *paquete* hace referencia al conjunto de conocimientos organizados que componen una tecnología determinada, los cuales pueden provenir de cualquier fuente —conocimientos científicos o empíricos, por ejemplo— y de cualquier método, incluyendo el espionaje industrial y la ingeniería inversa, entre otros. No se trata de una metáfora ni de un auxiliar didáctico: el empleo de esta unidad de análisis en el estudio empírico hace posible seguir la ruta de los saberes productivos que se objetivan en bienes informacionales primarios y secundarios.⁵

En el diseño de caso único integrado, la estrategia metodológica del materialismo cognitivo, consistente en seguir la ruta de conocimientos, se funde con la propuesta del paquete como unidad de análisis. Mientras que el caso único está dado por la cadena de flujos cognitivos desde el desarrollo colaborativo a la producción de los artefactos electrónicos, los paquetes obtenidos constituyen las múltiples unidades de análisis hacia el interior del caso.

La recolección y el análisis de los datos se llevaron a cabo en tres fases. La primera fase implicó una inmersión inicial en el caso de estudio, a través de la revisión documental y la observación de sitios web. En la segunda fase, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con 17 participantes del proceso productivo de la CIAA, seleccionados a través de perfiles predefinidos y empleando la técnica de bola de nieve para identificar informantes clave. La saturación de información determinó el tamaño final de la muestra. Las entrevistas se realizaron entre octubre y diciembre de 2022. La tercera fase se centró en completar la investigación y documentación del caso, a través de la observación de las plataformas de colaboración, consultas a bases de datos y análisis de documentos adicionales.

4. CIAA: una *matrioska* de procesos productivos informacionales

⁴ Los autores usan de manera indistinta los términos *paquete* o *paquete tecnológico* (Sábato y Mackenzie, 1982).

⁵ Los bienes informacionales secundarios producidos constituyen combinaciones de flujos de conocimientos, que específicamente toman la forma de tecnologías de la información digital y analógica, y flujos de materia/energía inermes.

A partir de la investigación empírica realizada, este apartado ofrece una perspectiva completa del proceso productivo informacional de la CIAA. Lejos de tratarse de un único y lineal flujo de conocimientos, este se compone de múltiples procesos productivos. La presentación se organiza a partir de los paquetes obtenidos, los cuales se agrupan en paquetes producidos en grandes o pequeñas cantidades, paquetes fabricados en forma de prototipo, y paquetes diseñados de manera completa o parcial. A continuación, se develan los diferentes flujos de conocimientos del proceso productivo informacional de la CIAA, como si se tratara de una *matrioska*.

4.1. Paquetes producidos en grandes o pequeñas cantidades

4.1.1. CIAA-NXP

El diseño de este modelo fue organizado bajo la modalidad de producción entre pares híbrida, la cual se caracteriza por tratarse de un desarrollo colaborativo que cuenta con participación empresarial y presenta bajo grado de centralización en el control de las plataformas de colaboración por parte de alguna institución en particular.

La fabricación de prototipos fue llevada a cabo mediante donaciones de diversas pymes nacionales, tales como Componentes Electrónicos ELCO S.A., Electrocomponentes S.A., Ernesto Mayer S.A., Dai Ichi Circuitos S.A., Asembli S.A. y Assisi S.A., entre otras, las cuales proveyeron los componentes electrónicos, fabricaron los circuitos impresos y llevaron a cabo el montaje de las placas electrónicas. Además, estas empresas participaron en la fabricación de plaquetas electrónicas en pequeñas producciones y a precio de coste. Esto permitió contar con unidades para pruebas y desarrollo.

La producción de plaquetas electrónicas a gran escala fue llevada a cabo por EXO S.A., una empresa grande de capital nacional. La producción en serie utilizó tecnologías específicas, como *Surface Mount Technology* (SMT), junto con el conocimiento especializado de los trabajadores para programar las máquinas y realizar las pruebas. Durante el proceso de manufacturar las plaquetas electrónicas, la empresa también contribuyó a la mejora del diseño de *hardware* y al desarrollo de *firmware* del medio de producción. En palabras del gerente de ingeniería de la compañía: “[Uno de los logros fue] haber demostrado que ese producto, que se diseñó acá [en el país], era también industrializable” (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022).

La comercialización se realizó a través de diferentes canales, incluyendo ventas directas y distribuidores nacionales. El precio de venta de la CIAA-NXP rondaba los 200-250 dólares.

4.1.2. EDU-CIAA-NXP

Este modelo consiste en una versión de bajo costo de la CIAA-NXP y fue creado para tornar asequible la placa con fines educativos. El proceso incluyó el diseño, la fabricación y la distribución, con la participación de varias pymes nacionales. La EDU-CIAA-NXP también cuenta con una gran cantidad de material didáctico creado para apoyar su uso en las universidades. Su adopción fue amplia en las carreras de ingeniería electrónica.

El desarrollo de este modelo fue encarado por docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos y diversos actores participantes del proyecto CIAA contribuyeron a la producción entre pares. En particular, docentes de la Universidad Nacional de Catamarca, la Universidad Nacional del Comahue, la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional, y tecnólogos del INTI, entre otros. Este modelo tuvo una versión preliminar, que fue sometida a pruebas. A partir de su revisión, se creó una segunda versión, que es la que fue fabricada y comercializada.

La fabricación de la EDU-CIAA-NXP involucró una red de empresas argentinas. El Comité Técnico y Ejecutivo del proyecto CIAA propició la articulación entre las empresas participantes para la fabricación de la EDU-CIAA-NXP y la ACSE participó en la distribución de las plaquetas electrónicas a los usuarios finales. Para garantizar su accesibilidad, el precio de la EDU-CIAA-NXP se fijó en aproximadamente 50 dólares, lo que implicó un esfuerzo conjunto de todas las partes involucradas.

4.1.3. PicoCIAA

Este modelo se destaca por su tamaño pequeño, bajo costo y compatibilidad con computadoras industriales, buscando ser una herramienta accesible para estudiantes y empresas. La PicoCIAA fue concebida y diseñada por Vicda Argentina, una pyme nacional, con el aporte de colaboradores del proyecto CIAA. La motivación de la empresa fue desarrollar un producto que complementara su catálogo de computadoras industriales, al tiempo que resultara atractivo para estudiantes, universidades y empresas. Los resultados del desarrollo de esta plaqueta electrónica fueron distribuidos dentro del proyecto CIAA bajo las regulaciones BSD 3-Clause License y GNU General Public License v2.0.

El proceso de fabricación de prototipos y bienes finales fue financiado por Vicda Argentina, que también llevó a cabo la comercialización de las plaquetas electrónicas. El ensamble se realizó mediante la contratación de unidades productivas localizadas en Argentina, Estados Unidos y China. Según el titular de esta pyme: “Comercialmente yo lo pensé, en el sentido de: quiero probar todo, [...] a ver qué me deja. Y, hoy por hoy, me siento con la seguridad y tranquilidad de poder hacer un diseño y tener claro que según el destino final de ese producto lo ensamblaría en un lugar distinto” (J. Mouriño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022).

La comercialización de las plaquetas electrónicas fue a precio de costo y varias unidades fueron donadas a estudiantes. En palabras del titular de la pyme:

A mí creo que me salieron en su momento entre 40 y 45 dólares, [...] si lo convertíamos en pesos, es a lo que yo las estaba vendiendo. [El precio no alcanzaba a cubrir los gastos] porque encima para participar también financiábamos eso. [...] Debe haber unas 200. Yo tengo algunas en *stock*. [...] no sé si se vendieron más de 120. El resto se regalaron. Las he regalado, la mayoría, a estudiantes. [...] a mí me parecía muy interesante que los chicos tuvieran la posibilidad de usarlas, de probarlas, y justamente en donde veía esa necesidad o ese querer, ahí es donde iban. Entonces me daba una tranquilidad a mí de que, aunque sea, las iban a probar y decir: “Wow! Qué bueno”. Y tenía una respuesta rapidísima, tal vez, de los chicos de decir: “Esto está flojo”, o “estaría bueno mejorar tal cosa”, y así fueron surgiendo las nuevas versiones. (J. Mouriño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022)

Este modelo cuenta con una segunda versión, cuyo diseño fue completado, pero no alcanzó la fase de fabricación.

4.1.4. CIAA-ACC

La particularidad de este modelo reside en su utilidad para la computación de alto rendimiento. Sus campos de aplicación incluyen radares, seguridad biométrica, realidad aumentada, control de procesos de alta confiabilidad, procesamiento de imágenes de alta resolución y de grandes volúmenes de datos, entre otros.

El desarrollo de este modelo se financió a través de un subsidio de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica. El monto total otorgado fue de 105.000 ARS (alrededor de 11.329 USD), en el contexto de la convocatoria PICT 2014. El diseño fue realizado mediante un esfuerzo colaborativo entre tecnólogos de INTI y la pyme nacional Emtech S.A., entre otros colaboradores.

El subsidio de la ANPCYT posibilitó que el modelo pudiera alcanzar la fabricación de prototipos. Para ello, se articuló con empresas participantes del proyecto CIAA, de manera similar a como ocurrió en los procesos de producción de la CIAA-NXP y la EDU-CIAA-NXP. Sin embargo, la producción en serie no fue viable por el alto costo de la placa (alrededor de 1.000 USD por unidad).

A pesar de la producción limitada que la CIAA-ACC tuvo en el país, su diseño abierto atrajo la atención del International Centre for Theoretical Physics (ICTP), que dispuso fabricar una pequeña cantidad de unidades para el uso en sistemas de instrumentación nuclear, en el contexto de colaboraciones científicas con el Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) de Italia y el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN). El proceso de fabricación fue coordinado desde el ICTP, pero se contrató a una empresa con casa matriz en Shenzhen (China) para la producción de las plaquetas electrónicas. Este proceso fue llevado a cabo a partir del diseño abierto, con pequeños ajustes de la serigrafía de la placa de circuito impreso. El testeado de las plaquetas fabricadas fue realizado por un tecnólogo del INTI en el contexto de su estancia doctoral en el ICTP.

4.1.5. CIAA-Z3R0

La CIAA-Z3R0 se destaca por la simplicidad de uso. Al igual que la PicoCIAA, este modelo es de tamaño compacto, pero, a diferencia de la primera, su objetivo principal es facilitar la enseñanza y aprendizaje de sistemas embebidos en todos los niveles educativos y ser accesible a aficionados que deseen experimentar con estas tecnologías. El desarrollo fue llevado a cabo dentro del proyecto CIAA, y la fabricación y comercialización de plaquetas electrónicas estuvo a cargo de la pyme nacional Asembli S.A., cuya finalidad no fue obtener ganancias, sino facilitar el acceso a la placa.

4.1.6. Poncho PLC y Poncho Educativo de la UNSJ

Además de los modelos del medio de producción descritos anteriormente, se encuentran las placas de expansión o *ponchos* de la CIAA. Estos se conectan sobre alguna plaqueta electrónica de la familia CIAA para extender su funcionalidad.

Del conjunto amplio de ponchos diseñados, los que alcanzaron la producción en pequeñas cantidades fueron el Poncho PLC y el Poncho Educativo de la UNSJ. Ambos

fueron desarrollados para ser montados en la EDU-CIAA-NXP. Las instituciones educativas involucradas en el desarrollo de estas placas de expansión son la Escuela de Educación Secundaria Técnica N° 5 de Temperley, ubicada en el Partido de Lomas de Zamora de la Provincia de Buenos Aires, en el caso del Poncho PLC; y el Laboratorio de Electrónica Digital de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, en el caso del Poncho Educativo. Los resultados del desarrollo de estas placas de expansión están disponibles en el sitio *wiki* y en el repositorio Ponchos de la colección del proyecto CIAA en la plataforma GitHub.

Con respecto a su fabricación, cabe señalar que fue coordinada por el proyecto CIAA. La pyme nacional Asembli S.A. fue la que llevó a cabo la producción de las placas de expansión y se ocupó también de su comercialización a precio de costo, priorizando su asequibilidad.

4.1.7. EDU-CIAA-FPGA

La EDU-CIAA-FPGA se destaca entre los modelos de la familia CIAA por ser la plaqueta electrónica de más reciente producción en la Argentina. Al igual que la CIAA-ACC, implementa tecnologías FPGA, que se aplican en las industrias espacial, nuclear, ferroviaria, entre otras. A diferencia de los microprocesadores tradicionales, las tecnologías FPGA permiten configuraciones personalizadas de circuitos internos, logrando una capacidad computacional superior.

Con todo, el rasgo más distintivo que presenta la EDU-CIAA-FPGA constituye su acoplamiento con la comunidad productiva del proyecto CIAA, tras haber sido desarrollada de forma interna por parte de un grupo de I+D de una universidad pública nacional. Se trata entonces de un flujo de conocimientos independiente que se une al torrente cognitivo del proyecto CIAA.

El proyecto de desarrollo, que nació bajo el nombre de EDU-FPGA, estuvo dirigido a diseñar una plaqueta electrónica para la divulgación de las tecnologías FPGA. Los usuarios previstos fueron profesionales que trabajan en diversas unidades productivas, estudiantes de universidades, institutos terciarios y escuelas secundarias, y entusiastas del campo de los sistemas embebidos. El desarrollo de la EDU-FPGA fue propuesto y llevado a cabo por el Grupo de Aplicaciones en Sistemas Embebidos (ASE) de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Haedo, localizada en el Partido de Morón de la Provincia de Buenos Aires. Las actividades involucradas en el proyecto de la EDU-FPGA incluyen tanto el diseño del *hardware* y del *software* de la plaqueta electrónica, como la generación de contenidos didácticos y de divulgación en diversos formatos acerca de tecnologías FPGA.

El grupo ASE también encaró la fabricación de prototipos de la EDU-FPGA, para lo cual recurrió al servicio de ensamblaje prestado por un grupo de I+D dedicado a la soldadura superficial en la misma unidad académica. La placa de circuito impreso fue fabricada en China y llegó a manos de los desarrolladores por intermedio de un desarrollador que había sido becario de I+D en el equipo.

La difusión pública de las tecnologías cristalizadas en la plaqueta electrónica diseñada y fabricada en versión prototipo fue el motivo que llevó al acoplamiento del proyecto de desarrollo EDU-FPGA con el proyecto CIAA. De esta manera, los bienes informacionales primarios obtenidos del proyecto de la EDU-FPGA fueron compartidos

en el *wiki* del proyecto CIAA, con enlaces al repositorio de Hardware en GitHub, el *wiki* con material didáctico e instalación de herramientas y el repositorio de ejemplos que aquel proyecto había preparado originalmente en la plataforma GitLab, y videos del canal EDU CIAA FPGA en la plataforma YouTube. Para ello, se adoptó la regulación de acceso a los conocimientos seleccionada por la comunidad productiva del proyecto CIAA, es decir, BSD 3-Clause License.

La producción en pequeñas cantidades y la comercialización fueron llevadas a cabo por la pyme nacional Outsource S.R.L. Se buscó que el precio de venta posibilitara la asequibilidad de la placa a estudiantes, docentes e investigadores. Cabe agregar también que la empresa hizo aportes al diseño de la plaqueta electrónica, los cuales permitieron aminorar los costos variables, por ejemplo, de compra de componentes electrónicos.

Al momento de la realización del estudio, el equipo de desarrollo continúa brindando soporte a la comunidad de usuarios y trabaja en el desarrollo de una nueva versión de la placa.

4.2. Paquetes fabricados en forma de prototipo

En el conjunto de paquetes que alcanzaron a ser fabricados en forma de prototipo se encuentran dos modelos orientados a aplicaciones industriales y uno al uso educativo. Además, cuatro tipos de placas de expansión para ser montadas en la EDU-CIAA-NXP.

4.2.1. CIAA-FSL

Su particularidad radica en ser una de las primeras alternativas barajadas en el proyecto CIAA para variar el microcontrolador utilizado en el diseño de la computadora orientada a aplicaciones industriales. En este caso, se trata del chip K60 del fabricante Freescale Semiconductor, que al momento de su selección se encontraba disponible a través de dos distribuidores nacionales. Una de estas empresas proveedoras del componente electrónico y participante del proyecto CIAA es la que propuso el diseño del modelo basado en este microcontrolador, llevado a cabo mediante la forma organizativa de producción entre pares híbrida.

En el diseño de la CIAA-FSL, los sujetos involucrados fueron principalmente los trabajadores de las empresas Electrocomponentes S.A. y Vortex Technologies S.R.L., y del Centro de Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario (CMNB) del INTI. En el transcurso de la actividad productiva, los actores reutilizaron conocimientos generados en el proceso de desarrollo de la CIAA-NXP y objetivados en las plataformas de colaboración del proyecto CIAA, tales como los diagramas esquemáticos que fueron adaptados durante el proceso de diseño de la CIAA-FSL.

Este modelo logró alcanzar la fase de fabricación, gracias a la articulación entre diferentes empresas y entidades sin fines de lucro participantes del proyecto CIAA, de manera similar a la producción de prototipos de la CIAA-NXP. Pero, a diferencia de esta última, la CIAA-FSL no llegó a ser producida en serie ni comercializada.

4.2.2. CIAA-Safety

CIAA-Safety es un modelo creado con el objeto de establecer e impulsar una metodología de desarrollo y una plataforma tecnológica de referencia como estándar argentino para el desarrollo de sistemas de seguridad crítica.

El desarrollo de esta versión para aplicaciones de seguridad crítica tuvo lugar en el contexto del Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTS) titulado: *Desarrollo de una Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA) para aplicaciones críticas que requieran de seguridad funcional certificada*. En el proceso de desarrollo de la CIAA-Safety participaron docentes del Grupo de Sistemas de Tiempo Real (GSTR) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, del Laboratorio de Sistemas Embebidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Catamarca. Se logró concretar una primera versión de CIAA-Safety, que fue fabricada en forma de prototipo por el GSTR.

El primer diseño fue sometido a análisis por parte de trabajadores del INTI. Sin embargo, tras la revisión, no se desarrolló una nueva versión.

4.2.3. EDU-CIAA-INTEL

Este modelo consiste en la versión de bajo costo, con fines educativos, de la CIAA-INTEL, basada en un microcontrolador del fabricante Intel Corporation. No obstante, la CIAA-INTEL no superó la fase de diseño.

El desarrollo de la EDU-CIAA-INTEL fue encarado por integrantes del Laboratorio de Procesamiento Digital de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Este equipo también se ocupó de la fabricación de los primeros prototipos de este modelo. No se hallaron evidencias de su producción en serie ni comercialización en el contexto del proyecto CIAA.

4.2.4. Poncho Osciloscopio, Poncho Robot Sumo, Poncho Interfaz de Usuario y Poncho de Adquisición de Biopotenciales

Las placas de expansión Poncho Osciloscopio, Poncho Robot Sumo, Poncho Interfaz de Usuario y Poncho de Adquisición de Biopotenciales están diseñadas para ser montadas en la EDU-CIAA-NXP. En este conjunto, tres se encuentran documentadas en el *wiki* del proyecto CIAA.

Ciertamente, el Poncho Interfaz de Usuario consiste en un desarrollo realizado dentro del proyecto OpenMolo, destinado a crear una plataforma Open Hardware para el desarrollo de sistemas de control basados en Arduino. Se trata entonces de un *shield* desarrollado para ser montado sobre una plaqueta electrónica Arduino, el cual fue posteriormente adaptado para su aplicación en la EDU-CIAA-NXP.

Las cuatro placas de expansión mencionadas con anterioridad alcanzaron la fabricación en forma de prototipo, a través de procesos encarados por los equipos de desarrollo correspondientes. Sin embargo, no se hallaron evidencias de la producción en serie ni la comercialización de estos ponchos.

4.3. Paquetes diseñados de manera completa o parcial

Finalmente, se encuentran los paquetes que llegaron a completar la fase de diseño, pero no avanzaron a la fase de prototipado, y los que quedaron a medio camino de su desarrollo.

Por una parte, en el conjunto de paquetes que completaron la fase de diseño se encuentran dos modelos del medio de producción orientados a aplicaciones industriales (CIAA-PIC, CIAA-NUCLEO-FSL) y dos a usos educativos (EDU-CIAA-FSL, EDU-CIAA-xilinx); así como 18 placas de expansión para la EDU-CIAA-NXP, una para la Pico-CIAA, y expansores para la CIAA-NXP y la CIAA-FSL.

En cuanto a las aplicaciones industriales, se halla un modelo alternativo a la CIAA-NXP respecto del chip: la CIAA-PIC, que utiliza un microcontrolador del fabricante Microchip Technology. Seguidamente, se encuentra una versión minimalista y modular derivada de la CIAA-FSL: la CIAA-NUCLEO-FSL, también conocida como NUCLEO-FSL o FSL-MINI.

Respecto de los modelos del medio de producción y las placas de expansión orientados al uso educativo, la EDU-CIAA-FSL, que consiste en la versión de bajo costo de la CIAA-FSL, y la EDU-CIAA-xilinx, que constituye una plataforma de bajo costo para el aprendizaje de los sistemas embebidos implementados con *softcores* sobre FPGA, lograron completar la fase de diseño sin pasar al prototipado.

En cuanto a las placas de expansión cuyo diseño se completó, se hallan las siguientes, para aplicar a la EDU-CIAA-NXP: Poncho ESP-WROOM-32, Poncho GPS L86, Poncho MIDI, Poncho Expansor de Puertos, Poncho Wifi-BT CESE ESP-WROOM-32, Poncho Control de Temperatura, Poncho Joystick, Poncho Ethernet, Poncho FPGA ICE40, Poncho Educativo 1, Poncho Audio, Poncho Celda de Carga, Poncho Detector de Caídas, Poncho ECG, Poncho IoT, Poncho Misión SAE, Poncho Oxímetro, y Poncho Simon. Además, se encuentra el Poncho WiFi PicoCIAA para aplicar a la plaqueta homónima. Por último, se encuentran los *Expansores para CIAA*, que constituyen prolongadores para los conectores de expansión de la CIAA-NXP y la CIAA-FSL.

En relación con los desarrollos que quedaron incompletos, uno de los docentes de universidad pública participante en el proyecto CIAA reflexiona:

En los proyectos abiertos muchas veces surgen voluntades que duran poco tiempo y la verdad es que eso no ayuda. Tienen ganas de hacer algo muy puntual, se embalan en algo... y es una lástima, porque se trabaja mucho sobre cosas que no llegan a ningún destino. La verdad es que eso es una cosa que deberíamos aprender, nosotros que por ahí estamos un poco más en la gestión del proyecto, a modular esas fuerzas y hacer que vayan para donde suponemos que deberían ir. Si vos te ponés a fijar en la página, vas a ver que hay muchos proyectos. [...] son placas que, o están inconclusas, o el proyecto quedó en papel, y la verdad es que es una lástima que haya quedado en ese sentido. Pero, bueno, son aprendizajes, ¿no? Yo, particularmente, nunca había trabajado en un proyecto así, y menos tan grande, y, bueno, gran parte del aprendizaje creo que hoy sirve para ver los errores que uno cometió, ¿no? (E. Filomena, comunicación personal, 15 de noviembre de 2022)

5. Proyecto CIAA, una década después

Este apartado ofrece una mirada retrospectiva del proyecto CIAA, a partir de las perspectivas de los participantes, tras una década del comienzo de la producción colaborativa. A través de sus voces, se exploran los momentos de mayor auge, los desafíos que enfrentaron y las razones que llevaron al estado actual de inactividad del proyecto.

El período inicial del proyecto CIAA estuvo marcado por una intensa actividad y una amplia difusión pública, en especial entre 2014 y 2015. El primer coordinador general del

proyecto recuerda: “El proyecto llegó a tener momentos de mucho movimiento. Hubo una época en la que yo casi todas las semanas viajaba [...] a dar alguna charla de divulgación, contar el proyecto, así la gente se entusiasmaba” (A. Lutenberg, comunicación personal, 18 de octubre de 2022).

El desarrollo experimental de la CIAA fue objeto de numerosas distinciones y reconocimientos por parte de instituciones públicas estatales o entidades sin fines de lucro en el transcurso del año 2014. En este sentido, la CIAA fue declarada de interés por la Cámara de Diputados de la Nación, a partir del proyecto de resolución presentado por el diputado por el distrito cordobés Martín Rodrigo Gill en carácter de titular de la Comisión de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, el cual fue aprobado por unanimidad. Por su parte, el desarrollo colaborativo fue distinguido por la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI), a través del Premio Sadosky; el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, mediante el Premio al Producto Innovador del Concurso Nacional de Innovaciones (INNOVAR); y la Asociación Amigos del Museo de la Industria, localizada en la ciudad de Córdoba, con el Premio Estatuilla Brig. My. Juan Ignacio San Martín.

No obstante, la prematura difusión de la CIAA-NXP, cuando ya se había completado el diseño de su *hardware* pero aún su *software* no se había desarrollado y la plaqueta electrónica todavía no podía ser adquirida comercialmente, representó un obstáculo para su adopción. En este sentido, el primer coordinador general del proyecto CIAA reflexiona:

La plaqueta, la primera versión, la de 200 o 250 dólares, ya estaba lista pero todavía nadie la vendía, nadie la fabricaba. Entonces era como que, bueno, está pero no está, o sea, existe pero, si la quiero comprar, no la puedo comprar. Y a los programas les faltaba un montón, entonces fue medio como que hubo una difusión como muy anticipada, muy prematura. Es una lección que a mí me quedó para después, aprendí que si es algo que ya difundí tenía que tener la posibilidad de ser... que si había demanda, que la pueda satisfacer. (A. Lutenberg, comunicación personal, 18 de octubre de 2022)

En cuanto a la visibilidad que adquirieron los diversos diseños de computadoras industriales abiertas, algunas visiones resaltan la influencia sutil pero presente que el proyecto CIAA ha tenido en el ámbito de las pymes nacionales:

[...] si vos preguntás a las pymes, para mí, que no conozcan la CIAA o que no hayan incluso usado algún... yo creo que todas, o conocen, o conocen a alguien: “Ah, sí, yo trabajé con una persona...”. O sea, siempre creo que está ahí, un poco en el trasfondo, no es visible pero está. (P. Ridolfi, comunicación personal, 24 de octubre de 2022)

[...] hubo un gran éxito, que no lo estamos viendo ahora, pero yo creo que, en diez años más, lo vamos a ver palpablemente en la industria argentina, que es que se fabricó escuela. Y que los conceptos de la CIAA, no tal vez como CIAA, pero sí como conceptos ingenieriles, como conceptos de desarrollo, como cultura, van a perdurar muchísimos años en la Argentina. (M. Ribelotta, comunicación personal, 10 de noviembre de 2022)

Perspectivas empresariales señalan que los modelos del proyecto CIAA no lograron alcanzar, en el ámbito nacional, la misma circulación que presentan otros diseños de computadoras de código abierto, pese a la robustez y las prestaciones específicas para entornos industriales que tienen los primeros:

En esa iniciativa, nosotros desde la empresa y desde CADIEEL intentamos apoyarlos y ver cuál era la forma de convertir esa idea en un producto que pudiera servir para diferentes fines. [...] [una] expectativa era que eso pudiera reemplazar en el ámbito industrial a otros sistemas de electrónica o desarrollos que hay, como Arduino u otro tipo de programas de ese tipo. [...] había una expectativa de que los productos *hobbistas* que no estaban cumpliendo determinados tipos de ensayos, ciertos

requerimientos que algo industrial requería (por ejemplo, esta placa se ensayó en el INTI, pudiendo tener ensayos de seguridad), [...] Pero la realidad fue que, ante la facilidad de uso de unas u otras, la gente tomó las plataformas de Arduino, que tiene muchas librerías, tiene mucho elemento para rápidamente llegar a un producto. Puede ser que no tuviera la misma seguridad o solidez, pero ahí el mercado dijo: “Esto no lo valoro y vamos por otro lugar”. [...] Con el desarrollo de la CIAA, en particular, las empresas, como te dije antes, no fue una adopción. (J. Viqueira, comunicación personal, 17 de noviembre de 2022)

Arduino tomó un volumen mundial. La CIAA yo creo que ni siquiera llegó a tomar un volumen nacional, porque eran algunas pocas entidades, algunas pocas instituciones que conocían el proyecto, y, si le ibas a preguntar quizás a algún ingeniero electrónico, es muy probable que no haya escuchado nunca de ese proyecto, por ejemplo. (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)

Por otra parte, los testimonios de docentes de universidades públicas nacionales revelan un interés en desarrollar nuevas versiones de los modelos EDU-CIAA-NXP y EDU-CIAA-FPGA. Aunque estos modelos se utilizan activamente en la enseñanza de electrónica embebida, existe una aspiración de actualizar los diseños debido al avance tecnológico. Sin embargo, a lo largo del tiempo ha cambiado la situación de los colaboradores, les han surgido nuevas prioridades laborales, todo lo cual denota la imprevisibilidad de la producción entre pares, una labor sin remuneración específica.

A pesar de los anhelos que pueden presentar grupos de trabajo particulares, como aquellos mencionados con anterioridad, los testimonios obtenidos de diferentes perfiles de entrevistados ponen de manifiesto que el proyecto CIAA, en sentido amplio, se encuentra inactivo al momento de realización del estudio. En palabras de su primer coordinador general:

[...] el *hardware* [...] acá era colaborativo y no se pagaban sueldos ni nada así. Y el *software* también, en realidad lo mismo, también se fue haciendo de manera colaborativa, distintas personas que fueron aportando su *expertise*, y en algunos momentos con picos, de algunas personas más, incluso más cantidad de personas, con algunos más coordinando, y después, bueno, en algún punto terminó siendo algo de muy poquitas personas, terminó siendo una sola persona que aportaba porque lo articuló con una tesis de maestría, y después terminó la tesis de maestría, y no aportó más nada, y quedó el *software* ya sin mantenimiento. Entre que el *hardware* empezó a ponerse un poco viejito y el *software* no tenía mantenimiento, ni mejoras, bueno, se agotó, se apagó. [...] No hubo un evento que lo frene, no hubo algo puntual, viste, qué se yo, una pelea personal, no hubo ningún hecho, pero fue perdiendo velocidad. [...] Se fue apagando un poco la cosa, se evaporó. (A. Lutenberg, comunicación personal, 18 de octubre de 2022)

[...] no hay ninguna comunidad de desarrollo al día de hoy, ni de hace varios años. Nunca nos terminamos de disolver formalmente, no hubo un día que dijimos: “Se cerró la empresa, se fundió, bueno, listo, la cerramos”. Pero en los repositorios podés ver más o menos que a fines de 2019, o por ahí, ya la última persona hizo el último aporte al *firmware*, a los programas que corren en la placa o que se utilizan para desarrollar programas que corren en la placa. (A. Lutenberg, comunicación personal, 20 de octubre de 2022)

Algunos participantes del equipo de Coordinación General, en diferentes períodos, reflexionan acerca de las causas del ocaso de la producción colaborativa en el proyecto CIAA. Hacia el interior de la comunidad productiva se destaca la predominancia de un enfoque centrado en los aspectos técnicos y de diseño, relegando a un segundo plano el establecimiento de prácticas que pudieran atraer y mantener colaboradores y garantizar que el conocimiento y la experiencia se transmitieran a las nuevas generaciones de participantes. En un plano más amplio, se observa la ausencia de una base sólida de recursos institucionales y financieros, provenientes del sector privado o del público estatal, que asegurara la sostenibilidad de la producción colaborativa a lo largo del tiempo.

A veces es necesario, también, para que las cosas florezcan, que uno también las riegue con tiempo, ¿viste?, como una plantita, haciendo la analogía. Y pasa eso, que a veces, entre una cosa, entre una ocupación y otra, si vos no cimentás, lo que nos faltó cimentar, la difusión, cimentar que se renueve la gente, que vaya entrando gente nueva que lo pueda seguir, ahí es donde creo que nos faltó esa parte. Estábamos todos muy enfocados en lo técnico, en el resultado, en los diseños, y faltó esa pata de, te diría, sí, esa pata social de la difusión, de renovar la gente, de buscar traer nuevos talentos y que continúen de alguna manera la idea. [...] Yo creo que lo principal es que no hay que descuidar el factor del impacto social, que creo que fue lo que, te diría, lo repetí varias veces porque es un poco lo que me quedó como aprendizaje. Porque en lo técnico éramos todas personas que la parte técnica quizás la conocíamos muy bien. Y, quizás, por una cuestión de zona de confort o algo así, nos quedamos siempre enfocados en eso, en buscar el mejor modelo, la mejor tecnología, la mejor herramienta, y descuidamos un poco la comunidad. Entonces yo buscaría hacer fuerte a la comunidad, porque después lo otro viene. Vimos que no era difícil esa parte, sino que lo difícil fue después mantener a la comunidad, la cohesión, para seguir agregando valor, y seguir involucrados. Y que no, de alguna manera, que no se detenga el aporte de valor a la industria, que es lo que terminó pasando, se terminó deteniendo. Entonces diría eso, diría que tiene que haber personas en ese grupo enfocadas en el aspecto de las personas y en cómo se miden esos impactos. Porque tampoco, ves que siempre soy vago cuando hablo de las métricas de qué impacto tuvo, y la verdad es que no sé, porque te hablo un poco de lo que conozco, pero son imprecisiones, al fin y al cabo, me parece. No hay, y eso es un poco lo que faltó, tener métricas de eso, de hacer seguimiento a estas pymes, a ver en que están, si después de tantos años se sigue usando. “¿Te sirvió después de tres años? ¿Tuviste una mejora en los rendimientos de tu empresa gracias a esto?”. Ahí creo que faltó. Eso sería el consejo que daría. No dejarlo. No quedarse solo en: sí hicimos el aporte y todo muy lindo, sino, también, en hacer ese seguimiento que vos me preguntás ahora. Eso tendríamos que haberlo hecho mientras estaba ahí el proyecto, para saber cómo seguir y para también enganchar a más gente que después puede tomar tu lugar y puede seguirlo. Así que eso, me parece, eso fue un aprendizaje *a posteriori*. (P. Ridolfi, comunicación personal, 24 de octubre de 2022)

[...] de hecho, decíamos: tenemos *manpower* infinito, porque tenemos todas las universidades a nuestra disposición, y montones de empresas a nuestra disposición, pero no contamos con [...] que es muy difícil que un chico, que está tratando de rendir sus finales y haciendo su trabajo final, logre el nivel industrial, o sea, el nivel de *software* que se necesita para un producto industrial, porque su objetivo es estarse recibiendo o aprobar la materia, es decir, estás exigiéndole a alguien que no está fogueado, que logre un nivel que no lo va a tener hasta que no entre al mercado. [...] en este sistema, que tenemos actualmente, de cátedras, que es muy difícil que vos estés trabajando y estudiando al mismo tiempo, y más trabajando de lo que estás estudiando es casi imposible. Es muy, muy difícil que una persona que está estudiando ingeniería electrónica esté trabajando de ingeniero electrónico al mismo tiempo, porque no te darían los tiempos. Es muy difícil. Entonces la persona que está estudiando o, digámosle, ese *manpower* que nosotros decíamos que teníamos, en realidad, no lo teníamos, o, si lo teníamos, estaba muy supeditado a lo que necesitaba el chico para recibirse. (M. Ribellotta, comunicación personal, 10 de noviembre de 2022)

Respondiendo a las preguntas, es un poco triste el resultado, como que, en muchas cosas, no se logró, no se pudo, no anduvo. Esa es la realidad. Lo que yo terminé, no porque me guste o me disguste, sino porque es lo que terminé viendo, es que las cosas funcionan si hay detrás un negocio o alguien que se haga cargo de correr con los costos. En el caso del proyecto CIAA es cierto que los docentes que, como parte de su trabajo, investigadores..., hicieron el desarrollo, es el Estado el que puso esas horas. También personas que, en sus ratos libres, por ser ñoños, amantes, altruistas, como lo quieras llamar, locos, colaboraron, pero en algún momento eso no se sostiene más. (A. Lutenberg, comunicación personal, 20 de octubre de 2022)

Numerosos testimonios coinciden en que el proceso productivo de la CIAA fue una patriada de la academia y la industria. En este sentido, algunos participantes plantean que se requirió un apoyo más decidido por parte de las entidades gubernamentales, a través de políticas e instrumentos, para promover el aprovechamiento de los diseños en la estructura productiva y asegurar que los logros de la iniciativa pública sean reconocidos, sostenibles y ampliados en el futuro.

Si no había un conocimiento previo de la CIAA, sería muy raro que algún profesional de automatización industrial pudiera elegirla para algún proyecto. Yo creo que ahí es un poco donde al proyecto le faltó un poquito más, ¿no? Le faltó un poquito más en la parte de la promoción y, quizás, esto debería haber venido acompañado desde algún otro tipo de organización [...] De la Facultad no creo, porque sé que ellos hicieron muchísimo por promover este proyecto. Pero a mí me parece que, hoy me da la impresión como que faltó en todo lo que es el ecosistema de este proyecto, como que faltó un jugador en el medio, que es el que lo pudiera introducir al mercado, promoverlo, ¿sí? Me parece que eso fue un poco lo que faltó. Faltó ese jugador que se encargara de esa parte. Estaba la gente de la Facultad que se encargaba del diseño, después había empresas privadas como nosotros que nos encargábamos de fabricarla y de la industrialización, y faltaba quizás esa parte de alguien que se encargue de darle algún tipo de incentivo a la industria para que adopten este producto, que me parece que tenía un valor agregado muy grande porque, hasta donde yo entiendo, es la única computadora [industrial de código abierto] que se diseñó en Argentina. (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)

[...] no sé si en su momento ciertas entidades nos apoyaron en la difusión y en ver el valor a futuro que había con esto. Y no lo digo con tintes políticos, porque la verdad es que ni de un lado ni del otro tuvimos un apoyo fuerte... [...] Entonces, eso es lo que noto como negativo, que, no te voy a mentir, lo tengo acá [señala su corazón]. Y cada vez que alguien me dice: “Podemos ayudar...”. “Sí, bueno, pará, seamos realistas”, porque ya pasé por eso en el proyecto [...] Entonces, si hubiera habido un apoyo un poco más fuerte del Estado, se podría haber hecho más masivo esto [...] (J. Mourriño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022)

No se fabricaron más porque es muy cara. [La CIAA-ACC] Es una placa que sale como mil dólares, mínimo mil dólares cada una. Entonces, si fuera para una aplicación en una universidad, es mucha plata, entonces no prosperó. [...] es muy importante por parte de las universidades que se lleven adelante este tipo de proyectos, que se acompañen también con fondos del Estado para concretarlos, porque son cosas que son muy caras para una universidad. Y es una pena que se haya frenado todo, porque era un proyecto que venía con mucho empuje y creo que es muy valioso. [...] Y cuando vos arrancás con esto y ves todo el apoyo que tenés de la comunidad de electrónica, que por ahí son 3000 o 4000 personas que te pueden llegar a ayudar en algo, vos no lo podés creer. Empresas privadas que ponen plata y te dicen: “Yo te armo la placa gratis”. Cuando ves eso no lo podés creer, porque vos decís: “¿Qué beneficio va a tener?”. Por ahí, tiene un poco de beneficio de publicidad o algo. Pero hay empresas como Electrocomponentes, que ya las conoce todo el mundo, no necesita publicidad. Sin embargo, Electrocomponentes fue y dijo: “Yo te compro todos los componentes para hacer diez placas”. Y así, cuando vos ves todo eso, decís: “Somos capaces de hacer lo que queremos”. [...] podemos hacer mañana un lanzador a la luna, pero tenemos que tener un buen líder y tenemos que tener plata del Estado para llevarlo adelante. (N. Scotti, comunicación personal, 30 de noviembre de 2022)

Yo, en eso, soy bastante idealista. Pienso que fue realmente algo que fue muy sano, ¿no? La universidad puso el saber hacer; la empresa puso también su saber hacer, desde otro lado, desde la manufactura; hubo un gran recibimiento; hubo gente que, tal vez, de otra forma no hubiese llegado a tener contacto con ese tipo de tecnologías. Mi lección fue que se podía. Era, un poco, una patriada, porque no sabíamos si, bueno, si esto va a funcionar o no va a funcionar, cuál va a ser el interés... pero la lección que me llevé fue que realmente había una generosidad ahí latente en la sociedad, en todos los ámbitos —en la universidad, en las empresas, en general—, de que este tipo de tecnología transversal, abierta, es posible. Ese fue el mayor aprendizaje, creo yo. Y creo que, además, lo hicimos con muy poco. Nosotros éramos un grupo chico, rentados éramos dos personas solas, y después había muchos becarios, que eran estudiantes, y bueno, gran parte del aporte fue así, como a pulmón, todo a pulmón. Hicimos todo el *marketing*, la gráfica, los videos, después las charlas, las producciones, todo fue así a pulmón. Y siempre me quedó la idea de ¿qué pasaría si, además de que esté la generosidad, realmente se pusieran más medios a disposición para que eso pueda ocurrir? Porque sí te reconozco que requirió muchos esfuerzos de gestión, yo diría, de gastarse los zapatos, ¿no?, de ir a hablar a la empresa, de convencerlos, de hablar con otras universidades, de buscar apoyo, de buscar que el proyecto se difunda [...] Me parece que lo que faltó, en general, en todo el proyecto CIAA, no solo en este, es, tal vez, mayor continuidad en el tiempo. Pero, para que eso ocurra, tiene que haber algo más institucionalizado, que creo que, hoy en la Argentina, el único actor que puede impulsar eso es el Estado, que tiene la visión y la constancia y los recursos suficientes

como para que eso realmente tenga una hoja de ruta que perdure en el tiempo. Porque, si no, un poco lo que hubo también fueron esfuerzos aislados, ¿no? Había un paraguas común, pero tal vez no hubo una continuidad en el tiempo. Eso, digamos, no como crítica, sino como algo que tal vez pienso que podría haber sido superador. [...] la verdad que fue un proyecto al que le dedicamos mucho tiempo, mucho esfuerzo, muchísimo esfuerzo... y, de vuelta, a pulmón, con buena voluntad de mucha gente. Es lindo que haya dado sus frutos y me alegro de que haya llamado la atención como para que se dé más difusión y se estudie, ¿no? Tal vez vos, estudiando esto, puedas trazar un mapa que nosotros no tenemos, más general, más sistémico, de este tipo de iniciativas. Y, en algún futuro, se pueda consolidar aún más, se puedan generar nuevas, se puedan desarrollar, ojalá, como una política de Estado, creo que eso sería ya suficiente pedir. (F. S. Larosa, comunicación personal, 25 de noviembre de 2022)

6. Conclusiones

Este artículo siguió la ruta del diseño de los modelos del medio de producción, en el contexto del proyecto CIAA, a la producción de los artefactos electrónicos, para ser empleados como bienes de producción en otros procesos productivos o como medios educativos para futuros productores de tecnología. Aquí se hizo patente el efecto multiplicador de la información digital, cuyas propiedades económicas le otorgan rasgos específicos a la realización de su valor de uso en la estructura productiva. Por esta razón, los modelos del medio de producción diseñados en el contexto del proyecto CIAA pueden ser caracterizados como *tecnologías tecnologizantes*, haciendo uso de una expresión acuñada por Sábato (1972, 2004, 2014).⁶

La vinculación y cooperación entre actores académicos y empresariales fueron aspectos clave de la producción de computadoras industriales de diseño nacional y abierto impulsada en la última década por el proyecto CIAA. El análisis de varios paquetes fabricados en grandes o pequeñas cantidades lo demuestra. En cuanto a la CIAA-NXP, las pymes nacionales no sólo aportaron al diseño, sino también posibilitaron la fabricación de los prototipos y las producciones en pequeñas cantidades. Además, la participación de una empresa grande con acceso a tecnologías específicas como SMT fue fundamental para pasar de la fase de desarrollo a la producción en serie. Por su parte, la adopción de la EDU-CIAA-NXP en las carreras de ingeniería electrónica se favoreció del carácter colaborativo y abierto del proyecto CIAA, que fomentó la participación efectiva de la comunidad académica y empresarial en todas las etapas del proceso. A pesar de que la CIAA-ACC tuvo una producción limitada en Argentina, ha servido como demostración de las capacidades tecnológicas de las entidades involucradas en su diseño y fabricación, y ha creado oportunidades de formación y participación en proyectos de investigación de organismos internacionales. Los procesos productivos de los *ponchos* PLC y Educativo de la UNSJ evidencian la colaboración entre escuelas secundarias y pymes nacionales, mediada por los participantes del proyecto CIAA.

El análisis de los paquetes que lograron ser fabricados en forma de prototipos muestra que la viabilidad de su producción se vio afectada por la disponibilidad comercial de otros modelos similares. Por ejemplo, la CIAA-FSL no logró trascender la fase de prototipado, al tiempo que la CIAA-NXP y su versión de bajo costo con fines educativos se posicionaron como las opciones más populares. A pesar de esto, el desarrollo de estos prototipos aportó conocimiento a la comunidad productiva del proyecto CIAA.

⁶ El autor emplea el término *tecnologías tecnologizantes* a partir del concepto acerca del efecto multiplicador de la tecnología, el cual fue introducido por J. B. Quinn por analogía con el multiplicador keynesiano (Sábato, 1972).

En cuanto a los paquetes diseñados de manera completa o parcial, si bien se destaca la consecución de diversos modelos y placas de expansión, la falta de continuidad en algunos desarrollos y la dificultad para canalizar los esfuerzos colectivos hacia objetivos comunes fueron desafíos con los que se topó la comunidad productiva del proyecto CIAA en el transcurso de la experiencia.

A pesar de su inactividad actual, el proyecto CIAA dejó un importante legado en la Argentina al promover la producción colaborativa de *hardware*, *firmware* y *software* de código abierto para aplicaciones industriales, con fines productivos, educativos y de investigación. Queda la esperanza de que, en el futuro, se recuperen sus principios de vinculación y cooperación, y se impulsen nuevos proyectos de desarrollo tecnológico orientados al bien común, que puedan optimizar su desempeño a partir de las lecciones aprendidas y compartidas generosamente por los participantes de esta experiencia.

Referencias

- Cecconi, J. A. (2022, noviembre 11). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- CIAA. (2017, junio 3). *Proyecto CIAA*. Computadora Industrial Abierta Argentina. <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>
- CIAA. (2022, julio 22). *CIAA*. GitHub. <https://github.com/ciaa>
- Filomena, E. (2022, noviembre 15). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Guido, L., y Versino, M. (2016). Despliegue territorial de un desarrollo de hardware libre aplicado a la industria: el caso de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA). *Horizontes Sociológicos*, 4(8), 107-122. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90404>
- Lagoa, G. (2022, noviembre 23). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Larosa, F. S. (2022, noviembre 25). *Comunicación personal* [Comunicación interpersonal].
- Lutenberg, A. (2022, octubre 18). *Comunicación personal* [Comunicación telefónica sincrónica].
- Lutenberg, A. (2022, octubre 20). *Comunicación personal* [Comunicación telefónica asincrónica].
- Marx, K. (2010). *El capital. Tomo I: El proceso de producción del capital* (P. Scaron, Ed.). Siglo XXI Editores.
- Miodowski, M. (2022, noviembre 24). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Mouriño, J. (2022, noviembre 18). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Ribelotta, M. (2022, noviembre 10). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Ridolfi, P. (2022, octubre 24). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].

- Sábato, J. A. (1972). *El comercio de tecnología* (AC/PE-4; p. 35). Organización de los Estados Americanos, Secretaría General, Departamento de Asuntos Científicos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Sábato, J. A. (1975). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Editorial Paidós.
- Sábato, J. A. (1983, noviembre). Reflexiones sobre ciencia y tecnología. *Informe industrial*, 1(70), 14-17.
- Sábato, J. A. (2004). *Ensayos en campera*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Sábato, J. A. (2014). *Estado, política y gestión de la tecnología: Obras escogidas 1962-1983* (S. Harriague y D. Quilici, Eds.). UNSAM Edita.
- Sábato, J. A., y Mackenzie, M. (1982). *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional*. Editorial Nueva Imagen.
- Scotti, N. (2022, noviembre 30). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Viqueira, J. (2022, noviembre 17). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Yansen, G., y Dughera, L. (2011). Los bienes informacionales: Una posible grieta económica y cultural en el capitalismo actual. *Revista Electrónica Gestión de las Personas y Tecnología*, 4(12), 78-85. <http://hdl.handle.net/11336/193842>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods*. SAGE Publications.
- Zukerfeld, M. (2005). *Bienes informacionales y capitalismo. En Concurso Pensar a Contracorriente* (Vol. 2). Editorial Ciencias Sociales. <https://e-tcs.org/wp-content/uploads/2011/11/Bienes-Informacionales-y-Capitalismo-2005-Concurso-pensar-a-Contracorriente-tomo-II.pdf>
- Zukerfeld, M. (2010). *Capitalismo y Conocimiento: Materialismo Cognitivo, Propiedad Intelectual y Capitalismo Informacional* [Tesis de Doctorado]. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Zukerfeld, M. (2017). *Knowledge in the Age of Digital Capitalism: An Introduction to Cognitive Materialism* (S. Wylie, Trad.). University of Westminster Press. <https://doi.org/10.16997/book3>