

Detalle Figura 1.

# LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y PROTOTIPADO, nuevas dinámicas en escuelas de arquitectura

## Research and prototyping laboratories, new dynamics in architecture schools

**Alexandre Carbonnel**  <https://orcid.org/0000-0001-7593-6637> alexandre.carbonnel@usach.cl **Carla Chacón**  <https://orcid.org/0009-0000-5360-4594>  
**Daniel Escobar**  <https://orcid.org/0000-0003-0354-281X> **Hugo Pérez**  <https://orcid.org/0000-0002-8610-573X> **María Paz Jiménez**.

U. de Santiago de Chile. Recibido: 26/06/2024 - Aceptado: 07/08/24

### Resumen

Los laboratorios de investigación y prototipado se han posicionado en el último tiempo como espacios de manufactura y creación en los entornos de aprendizaje de la disciplina del diseño y la arquitectura. El artículo aborda tres ideas transversales; los laboratorios de investigación y prototipado como espacios de aprendizaje y creación iterativos, los procesos relacionales entre personas, herramientas y tecnologías, y las capacidades distribuidas generadas de sus integrantes. La integración de estas relaciones, ha permitido la consolidación progresiva de estos espacios y sus prácticas como un complemento a los procesos de aprendizaje de la disciplina. Gracias a métodos deductivos y exploratorios de creación, y el desarrollo de prototipos, se permite el fallo contenido como resultado, lo cual nos aproxima a una comprensión no solo del para qué se diseña un material, componente o producto, sino también al cómo hacerlo. Administrando así, los límites del método desde técnicas productivas hacia técnicas de exploración.

Palabras clave: laboratorio de fabricación; tecnologías; diseño; prototipado.

### Abstract

Research and prototyping laboratories have been recently standing as spaces for manufacturing and creation in design and architecture learning environments. The article relates three transversal ideas; research and prototyping laboratories as spaces for iterative learning and creation, the relational processes between people, tools and technologies, and the distributed capabilities generated from their members. The integration of these relationships has allowed the gradual strengthening of these spaces and their practices as a complement to the learning processes of the discipline. Through deductive and exploratory methods of creation, and the prototype's development, controlled shortcoming is an allowed result, which enables us to approach an understanding of why a material, component or product is designed, and also how to do it. Accordingly, the limits of the method are revealed, shifting from productive to exploration techniques.

Keywords: architecture schools; Laboratories; technologies; design; prototyping.

La arquitectura ha estado frecuentemente ligada a procesos de diseño y creación. Dichos procesos han estado, en gran medida, condicionados por técnicas específicas de producción dentro de una interacción compleja entre la creación de imágenes, el diseño de objetos y las posibilidades materiales (Benjamin, 2013).

Ahora bien, este diálogo entre técnicas de producción, fortalecido por la re-producción a escala análoga o digital, se ha visto desde hace algún tiempo estimulado por la aparición de espacios integrados de creación, fabricación e investigación en relación directa con herramientas e instrumental específico, caracterizando la expansión de laboratorios de fabricación, investigación y prototipado, o en su abreviación anglosajona, FabLab (siguiendo el modelo de laboratorio del Massachusetts Institute of Technology: MIT). Muchos de ellos han irrumpido denotando prácticas y relaciones emergentes –a ratos disruptivas–, articulando de paso un giro disciplinar hacia nuevos escenarios de acción.

Según esto, el artículo busca relevar tres conceptos transversales que pueden articularse en los espacios de investigación y prototipado relacionados a entornos de aprendizaje de la disciplina del diseño y la arquitectura; los laboratorios de investigación y prototipado como espacios de aprendizaje y creación iterativos, los procesos relacionales entre personas, herramientas y tecnologías, y las capacidades distribuidas generadas de sus integrantes.

Para abordar estos conceptos, lo primero es preguntarse ¿qué dimensiones se relevan en un laboratorio de investigación y prototipado en el ámbito del diseño y la arquitectura?, seguido de un segundo cuestionamiento ¿por qué son espacios necesarios en los entornos de aprendizaje de la arquitectura y el diseño?

En el ámbito nacional, existe una trayectoria visible que viene desde la fabricación digital, consolidándose en los laboratorios de fabricación o fablabs desde hace más de una década, agrupados estos desde el 2019 en Red Chilena de Fab Labs (Valenzuela et al., 2021). Con más de 10 FabLab entre las principales universidades (Fab lab Universidad de Chile, Fab Lab UAI, Fab lab Centro de Innovación UC, Fab lab UTFSM, ProteinLab UTEM, y Centro Innovación USACH entre otros), los espacios de fabricación han

abierto un dominio de exploración que integra procesos de manufactura aditiva y sustractiva, programación, electrónica y prototipado, a la vez que los conceptos de creación, innovación y transferencia tecnológica, se han introducido rápidamente en estos entornos de aprendizaje.

Este escenario, propiciado por los Fablabs, ha empezado a convivir con la aparición de laboratorios de investigación relacionados al diseño, que integran procesos y metodologías de validación interdisciplinaria para el desarrollo de componentes, prototipos de evaluación y productos semiterminados, como el laboratorio LABVA de Valdivia orientado a los biomateriales o el laboratorio Lema de la Usach focalizado en el desarrollo de materiales de construcción a partir del reciclaje mecánico de plástico y nanotecnología.

### 1. Los laboratorios de investigación y prototipado como espacios de aprendizaje y creación iterativos

Inicialmente, es necesario considerar que los laboratorios de investigación, fabricación y prototipado son entornos de aprendizaje y creación, donde se genera una interacción directa entre tecnologías y personas. En ese sentido, según Milara podemos reconocer cuatro dimensiones humanas; experiencia y conocimiento, confianza, motivación, y diversión, las cuales dialogan estrechamente con cuatro dimensiones tecnológicas; diseño 2d/3d, prototipos y electrónica, programación, y uso de herramientas y máquinas (Milara et al., 2017). La complejidad y profundidad de este diálogo es incierto, y dependerá del entorno específico de aprendizaje, máquinas, herramientas e instrumentos en interacción. Esto se debe en medida a que la interpretación de conceptos como técnica, tecnología y creación, si bien se enmarcan en un lenguaje de uso común, pueden entenderse de múltiples maneras dependiendo del entorno.

Ahora bien, a partir de las dimensiones tanto humanas como tecnológicas mencionadas, podemos identificar como inherente a los laboratorios de investigación y fabricación, una búsqueda por transformar ideas en prototipos, servicios y productos tangibles. Existe, por lo tanto en ello, un quehacer de producción material que se combina con una necesidad de exploración y experimentación. Dicho de otra forma, el desarrollo de competencias mediante la fabricación distribuida, se centra en poder resolver

problemas reales y prácticos, donde el destinatario final terminará valorando la novedad, la deseabilidad y viabilidad de lo producido (Soomro et al., 2022).

Expuesto de esta forma, pareciera que los laboratorios de investigación orientados al prototipado, son máquinas de producción al servicio del mercado, próximos a una herencia tardía del capitalismo productivista. No es fortuito que a principios del siglo XX ya se reconociera que la gran mayoría de las invenciones técnicas, tienen lugar en la perspectiva de su posible valorización pecuniaria (Sombart, W. 2002). Sin embargo, es en este punto donde las dimensiones tanto humanas como tecnológicas mencionadas, establecen un marco de integración a lo menos distinto a la pura producción desde un enfoque crematístico. Dado que a diferencia de la técnica entendida, como aquellos procedimientos de los cuales nos servimos para la producción de bienes materiales específicos, limitando y restringiendo la técnica como dimensión productiva (Sombart, W. 2002), la técnica en los laboratorios de investigación, fabricación y prototipado, transita hacia dinámicas relacionales entre personas, herramientas y tecnologías, que buscan explorar soluciones semiterminadas donde los procesos adquieren valor por sobre el producto o resultado final.

Si estas dimensiones se insertan adecuadamente en un entorno tecnológico de soporte, es posible estimular disruptivamente la reflexión crítica y la creación en los procesos de diseño y fabricación. Entonces, ¿qué podríamos entender como adecuado?, retomando algunos estudios (Soomro et al., 2022), un factor diferenciador parece ser la posibilidad de equivocarse y fallar tanto para alumnos, docentes, investigadores, fabricantes y emprendedores, dado que ese fallo contenido permite transitar desde procesos inductivos de aprendizaje y entendimiento, a procesos de deducción, razonamientos abductivos y/o especulaciones materiales, las cuales, en última instancia puede fomentar el desarrollo de la autonomía, la creación, la cooperación y la innovación.

Lo que emerge finalmente, es la posibilidad de integrar complejidades interdisciplinarias; de sumergirse en procesos de exploración – mediante prototipos y dispositivos de diseño – para establecer soluciones posibles, validables y escalables, lo que se enmarca en la definición

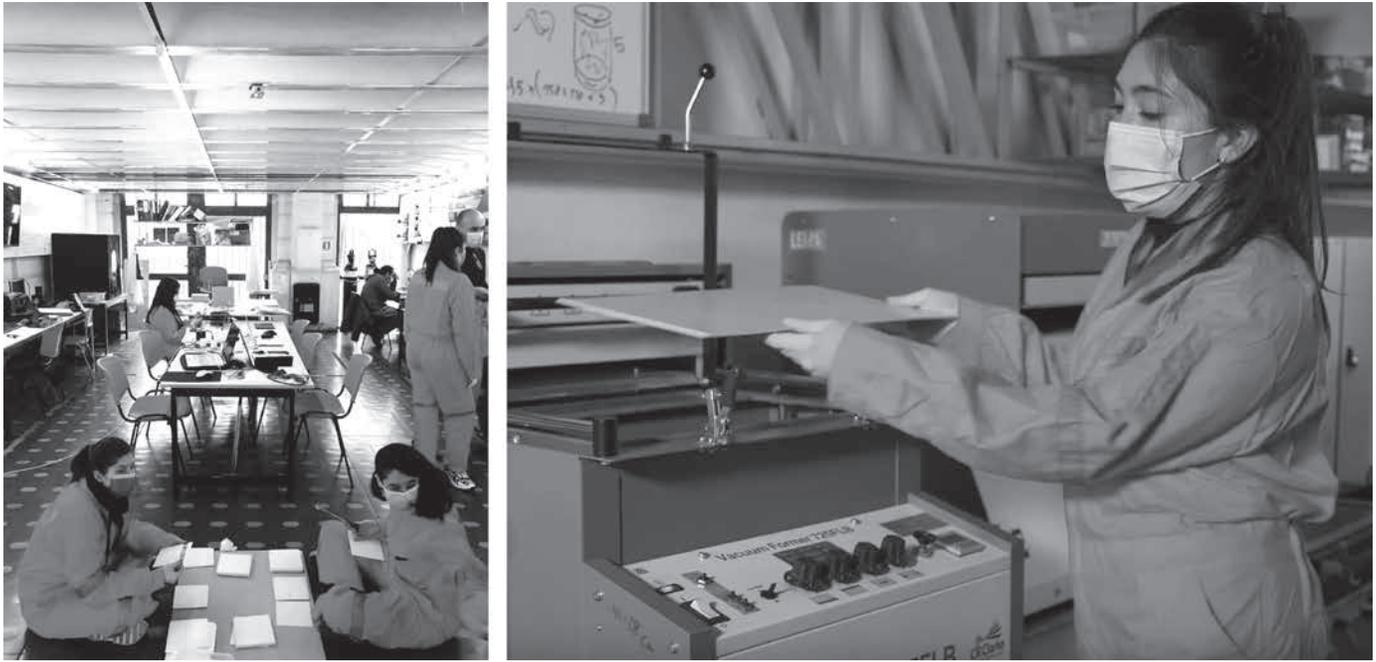


Figura 1. Espacio de investigación y reciclaje mecánico de plástico Laboratorio Lemaa USACH. Fuente: Elaboración propia.

de prototipo, recuperada de Soomro, se entiende como “una representación concreta de partes o de todo un sistema interactivo como un artefacto tangible y no una descripción abstracta que requiere interpretación” (Soomro et al., 2021). Si observamos algunos tópicos de la disciplina del diseño y la arquitectura, como las viviendas de emergencia, la resiliencia urbana, la industrialización de los sistemas constructivos, los materiales avanzados, o el confort ambiental de la habitabilidad, las posibilidades que nos entregan los laboratorios de investigación enfocados a prototipos son diferenciatoras, dado que nos permiten integrar conocimientos multiscales, valorando el fallo contenido a través del análisis, evaluación y validación iterativa del proceso.

Volviendo a la pregunta inicial, las dimensiones que se relevan finalmente son las humanas (experiencia y conocimiento, confianza, motivación y diversión) y las tecnológicas (diseño 2d/3d, prototipos y electrónica, programación, y uso de herramientas y máquinas), pero dentro de un marco de aprendizaje que permite el fallo contenido en un relacionamiento transversal entre actores; diseñadores, investigadores, estudiantes, fabricantes, lo que conduce a relaciones y lógicas deductivas, abductivas y exploratorias, y no solo inductivas.

Finalmente, podríamos entender que son estos procesos relacionales generados, lo que les confiere una relevancia necesaria a estos espacios en los entornos de aprendizaje de la arquitectura y el diseño.

## 2. Procesos relacionales entre personas, herramientas y tecnologías

El desarrollo de proyectos y prototipos dentro de los laboratorios de investigación y fabricación puede aproximarse desde diferentes enfoques. Sin embargo, destacando una aproximación desde la investigación por diseño (Cross, 1982), comparecen como imperativos la distinción y administración de variables de naturaleza disímil pero vinculante. En este sentido, cada una de estas variables, tiende a articularse como un campo de acción relacional, capaz de interrogar simultáneamente tanto por la parametrización de un proceso manufacturero en torno a la confección de un prototipo o producto, así como por el desempeño de este y su potencial aplicación.

Este panorama de campos de acciones relacionales, permite ir aunando la participación de personas - dentro y fuera de los espacios - en sincronía con el funcionamiento de máquinas e instrumental para ensayos y mediciones, articulando convivencias heterogéneas dentro de una gradiente de ámbitos espacios-temporales, correlativamente confinados a plazos y

montos específicos de financiamiento de los mismos laboratorios de investigación y fabricación, su capacidad material de manufactura, y las competencias de diseño y prototipado de sus integrantes.

En ese sentido, la posibilidad de usar y explorar a través de instrumentos, herramientas, máquinas y procesos de manufactura, permite comprender no solo para qué se diseña un componente, como por ejemplo un revestimiento arquitectónico, sino también el cómo se hace, develando así los límites del método a partir de las técnicas de exploración. Dentro de los laboratorios de investigación y fabricación, por ejemplo, articular comprensiones desde la manufactura sustractiva (CNC, etc.) y aditiva (impresión 3D), la modelación y programación, hasta el análisis y la caracterización de ensayos de materiales, nos obliga a re-pensar nuestras interpretaciones sobre los resultados cuando diseñamos un objeto, un componente o un material. Resulta pertinente constatar que al revisar conceptos de la literatura relacionados al diseño y los laboratorios de fabricación (Fig 1), emergen una serie de conceptos precisamente relacionados a los procesos de exploración, creación y evaluación de desempeño, los cuales pueden agruparse en tres categorías.

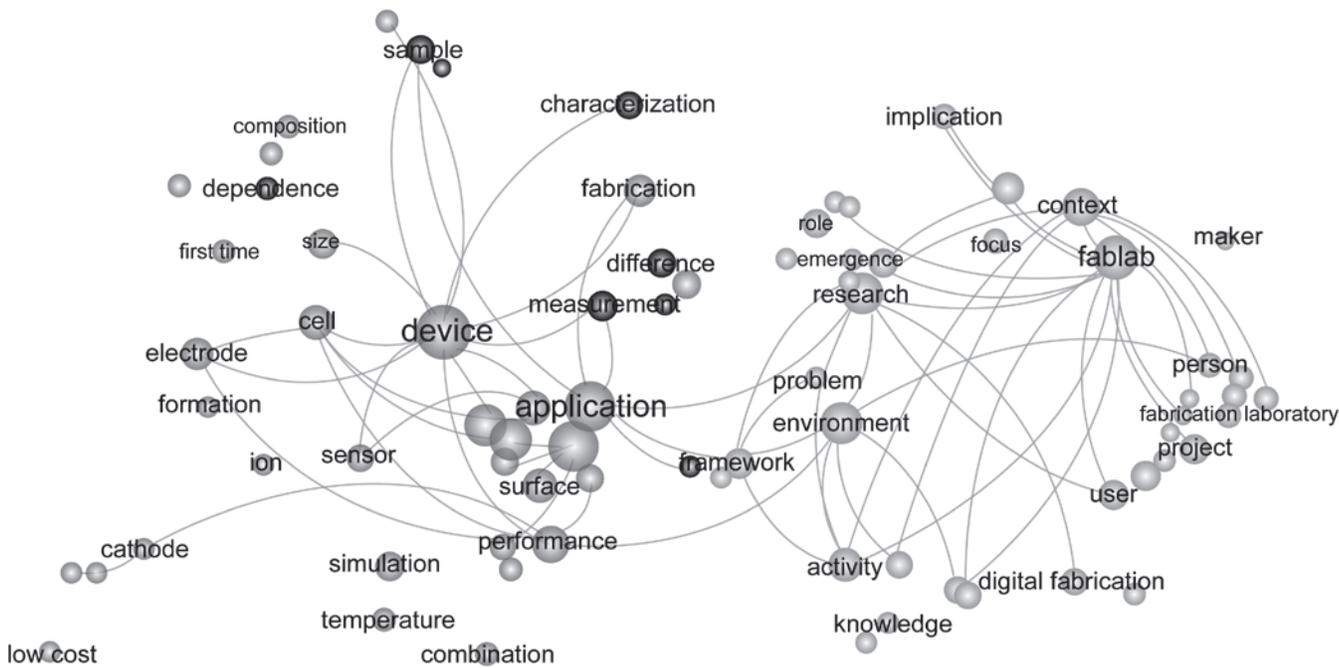


Figura 2. Ocurrencia de conceptos relacionados a los criterios de búsqueda diseño y laboratorios de fabricación en publicaciones WOS<sup>1</sup>. Fuente: Elaborada por los autores a partir del Software VosViewer, abril de 2024.

1. Categoría creación: fabricación, entorno, investigación, proyecto, problematización, contexto, implicación, marco, conocimiento.
2. Categoría exploración: caracterización, medición, muestras, dependencia, diferencias.
3. Categoría evaluación: desempeño, aplicación, dispositivo, simulación, sensorización.

Es interesante constatar que los conceptos relacionados al diseño y los laboratorios de fabricación, nos orientan justamente a la exploración y validación, esto dialoga directamente con la necesidad de incorporar de manera más directa enfoques interdisciplinarios para dar respuesta a los problemas complejos actuales, lo que se ve reflejado en la consolidación de laboratorios de innovación social (Osorio et al., 2024) y tecnológica. En ese sentido, los laboratorios de investigación orientados al desarrollo de prototipos, buscan una aplicabilidad de lo manufacturado, en cuanto a artefacto tangible.

Si por lo general dentro de la práctica del diseño y la arquitectura, estamos habituados a diseñar mediante técnicas representativas y de modelamiento, dependiendo de la escala, la manufactura o fabricación en manos del artesano o la fábrica, actualmente con las posibilidades que nos brindan los laboratorios de investigación y fabricación,

nos vemos confrontados al desafío de entender el desempeño y comportamiento de los componentes y materiales (una fachada o panel aglomerado), no solo desde su resolución como detalle técnico y constructivo, sino desde sus propiedades intrínsecas, dentro de un proceso de diseño del material y su potencial aplicación.

En perspectiva, y extrapolando al quehacer de otros laboratorios nacionales e internacionales, se ha inscrito parte de un territorio abierto y fértil para la coexistencia de nuevos campos de acción, deshaciendo, en el mejor de los casos, diferencias alojadas en la disciplina arquitectónica donde se segmenta los niveles de aproximación al objeto de estudio como "micro" y "macro", y entre "dentro" y "fuera". (Latour, 1983). En ese sentido, el proceso de investigación y prototipado, diluye separaciones, siendo estas abordadas desde su potencial materialización.

Por ende, reconociendo la integración de disciplinas, y tomando como ejemplo un componente constructivo desarrollado por el laboratorio Lemaa-Usach, consistente en un revestimiento (palmeta) fotocatalítico a partir de plástico reciclado, es necesario explorar tanto la escala nanométrica del material para incorporar aditivos (fotocatalizadores) al termoplástico mediante nanotecnología, como los factores de manufactura y

fabricación (dimensiones, materiales y moldes de inyección), y por último los factores de desempeño como su capacidad hidrofóbica, expansión y contracción térmica y su potencial de degradación de gases contaminantes.

Esta aproximación de desarrollo multiescalar, desde diferentes comprensiones a partir de los prototipos y la manufactura, responde finalmente a una dinámica relacional donde las máquinas y las tecnologías interactúan no solamente desde una respuesta instrumental y productivista, sino desde un soporte tecnológico donde las personas, con sus diversas competencias e intereses, se articulan en este fallo contenido hacia el desarrollo de artefactos tangibles, que les permitan no solo producir, sino comprender el qué y cómo se está manufacturando, en un cuestionamiento abierto sobre la utilidad misma y el desempeño técnico de lo producido.

Concluyendo, no parecieran existir respuestas finitas en el desarrollo de los prototipos, solo aproximaciones diversas y validables de posibles aplicaciones de los artefactos tangibles. Sin embargo, los resultados de estos procesos de diseño y manufactura en los laboratorios de investigación y fabricación no son neutros ni genéricos, por el contrario, dependiendo del entorno de aprendizaje y creación, generan una serie

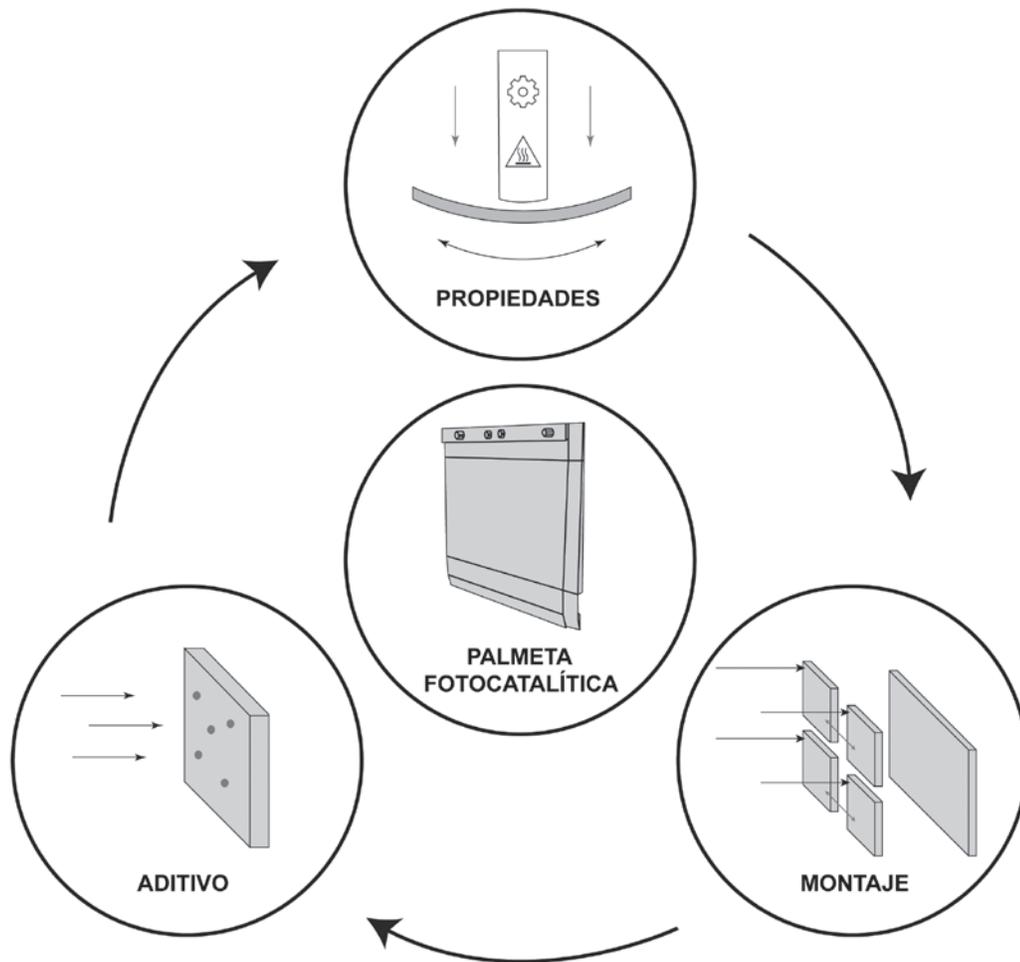


Figura 3. Esquema de revestimiento fotocatalítico de plástico reciclado a partir de integración de nanotecnología, diseño y caracterización de materiales.

de capacidades e intenciones distribuidas de sus integrantes donde prima lo colectivo, por sobre lo individual.

### 3. Capacidades distribuidas generadas de sus integrantes

Respondiendo finalmente al ¿por qué los laboratorios de investigación y prototipado son espacios necesarios en los entornos de aprendizaje de la arquitectura y el diseño?, podríamos aventurarnos en plantear que en esencia reconocen un cambio –o al menos una tendencia–, desde una lógica de soluciones de representación interpretativa e inductivas dentro de la disciplina del diseño y la arquitectura, hacia una dinámica relacional transversal, deductiva y exploratoria de herramientas, máquinas, tecnologías y actores – diseñadores, investigadores, estudiantes, fabricantes – en una búsqueda de artefactos tangibles mediante un proceso abierto de fallos contenidos.

El desarrollo de proyectos y prototipos, permite a los integrantes de estos espacios explorar tecnologías mediante la operación de máquinas e instrumentales específicos, emergiendo en dicho proceso, afinidades y capacidades que se van distribuyendo e interrelacionando. Estas capacidades o roles, han sido estudiadas desde el concepto de los laboratorios de innovación social. Si bien no entraremos en ello en profundidad, nos interesa rescatar que los laboratorios de investigación, fabricación y tecnologías emergentes entran en esta clasificación (Osorio et al., 2024). Si tuviéramos que sintetizar una condición de entrada, podríamos resumir que surgen como espacios de innovación y colaboración desde múltiples perspectivas y disciplinas para dar respuesta a interacciones y problemas complejos de nuestro medio social, técnico, ambiental y económico contemporáneo (cambio climático, sobrepoblación, migración, escasez

de recursos, etc.), donde el incremento permanente de conocimiento e información, establece escenarios inciertos.

Según esto último, la necesidad de desarrollar competencias diversas y distribuidas dentro de estos espacios. en la disciplina del diseño y la arquitectura, se transforma en una condición deseable y necesaria, con el fin de propiciar competencias técnicas, relacionales y de innovación que permitan una transferencia tecnológica efectiva hacia el medio. En esta línea, nos interesa destacar la síntesis de caracterización de competencias identificadas por Osorio, et al (2024) donde se reconocen cuatro grandes grupos de competencias y roles.

- Facilitador o coordinación de procesos de innovación; Rol vinculado a la mediación y moderación de los tiempos y métodos de desarrollo dentro del laboratorio, estableciendo estrategias, herramientas y

dinámicas que favorecen la participación, compromiso e integración de los diferentes miembros del laboratorio.

- Creador (maker) o materialización de soluciones; Rol relacionado a la metodologías de investigación, procesos creativos y de fabricación, combinando trabajo interdisciplinario y conocimientos técnicos mediante pensamiento sistémico para la resolución de problemas con grados altos de incertidumbre y necesidad de desarrollo de prototipos iterativos.
- Visionario o articulador de ideas y redes; Rol que permite integrar dinámicas de innovación y emprendimiento, estableciendo actores y redes de colaboración y comunicación, que permiten construir relatos comunes y de vinculación con el medio y su respectiva identificación de oportunidades de desarrollo.
- Gestor (manager) u organización y evaluación; Rol que establece los procesos de autoorganización, evaluación y gestión de proyectos y desarrollos, otorgando sentido y valor al quehacer del laboratorio, estableciendo hojas de rutas, perspectivas y factibilidades de continuidad, propiciando la proyección de los laboratorios dentro de sus ecosistemas.

Esta definición de capacidades distribuidas puede ser cubierta por varios miembros de los equipos que integran los laboratorios de investigación y fabricación, a la vez que un integrante puede poseer varias de estas competencias (Osorio et al., 2024). Lo relevante, es identificar la necesidad de fortalecimiento de estas relaciones y dinámicas, dado que no basta con un adecuado soporte de infraestructura, máquinas y tecnologías, sino que se debe contar con un entorno de interrelaciones de competencias y roles para la materialización e implementación adecuada de estos espacios.

Sintetizando, debemos considerar que es necesario este rango amplio de competencias distribuidas para transitar controladamente en escenarios de incertidumbre al desarrollar prototipos y artefactos tangibles, los cuales, en última instancia deben resolver problemáticas complejas. Finalmente, son estos roles integrados los que facilitan procesos creativos y de innovación mediante

la manufactura y la investigación en entornos de aprendizaje relacionados al diseño y la arquitectura.

Concluyendo, los tres conceptos o ideas desarrolladas buscan exponer las condiciones de entrada que emergen en estos entornos. Dado que su existencia responde a una necesidad de la disciplina, donde se hace fundamental integrar – mediante los laboratorios de investigación, fabricación y prototipado – una exploración material y deductiva de artefactos tangibles, que permitan ensayar fallos contenidos. Esto último nos aproxima a entender cómo se hace o fabrica un determinado artefacto, transitando hacia técnicas exploratorias de diseño y manufactura de materiales y componentes. Se entiende en esto último, que los laboratorios de investigación orientados al desarrollo de prototipos, son una oportunidad para profundizar y complementar las competencias de aprendizaje del diseño y la arquitectura desde procesos deductivos y abductivos, que faciliten la resolución de problemas cada vez más complejos de nuestro habitar y entorno construido contemporáneo.

#### Referencias Bibliográficas

- Benjamin, A.** (2013). Architecture and technology: a discontinuous relation. *Foundations of science*, 18, 201–204.
- Cross, N.** (1982). Designerly ways of knowing. *DESIGN STUDIES*, Vol 3, (4), pp. 221–227.
- Latour, B.** (1983). Give me a Laboratory and I will Raise the World. En Knorr-Cetina y Mulkay (Eds.) *Science Observed* (237–257). London, Sage.
- Milara, I. S., Georgiev, G. V., Riekk, J., Ylioja, J., & Pyykkönen, M.** (2017). Human and technological dimensions of making in FabLab. *The Design Journal*, 20(sup1), S1080–S1092.
- Osorio, F., Cruz, F., Camargo, M., Dupont, L., & Peña, J. I.** (2024). Exploring team roles for social innovation labs: Toward a competence-based role self-assessment approach. *Journal of Engineering and Technology Management*, 71, 101799.
- Sombart, W.** (2002). Técnica y economía. En Maldonado T. (Comp.), *Técnica y cultura. El debate alemán entre Bismarck y Weimar.* (pp. 40–54). Ediciones Infinito.
- Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V.** (2021). Sustainable design and prototyping using digital

fabrication tools for education. *Sustainability*, 13(3), 1196.

**Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V.** (2022). A systematic review on FabLab environments and creativity: Implications for *Design. Buildings*, 12(6), 804.

**Valenzuela-Zubiaur, M., Torres-Bustos, H., Arroyo-Vázquez, M., & Ferrer-Gisbert, P.** (2021). Promotion of social innovation through Fab labs. The case of ProteinLab UTEM in Chile. *Sustainability*, 13(16), 8790.

#### Nota:

<sup>1</sup> Análisis realizado a partir del software VosViewer mediante una revisión bibliográfica de 413 publicaciones WOS, identificando a partir del título y el resumen, los criterios de búsqueda “diseño” y “laboratorio de fabricación”. Se visualizan los conceptos a partir de la ocurrencia de estos y la fuerte vinculación entre conceptos.