

Innovar en la formación inicial de futuros ingenieros: Un análisis multidimensional situado de sostenibilidad de prácticas educativas mediatizadas integrando un Fab Lab

Innovating in the initial training of future engineers: A situated multidimensional analysis of the sustainability of mediated educational practices integrating a Fab Lab

Guillermo Luján Rodríguez^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-7112-5116>
 Patricia Silvana San Martín²  <https://orcid.org/0000-0001-7543-045X>
 Lucía Manero²  <https://orcid.org/0000-0002-3322-6079>
 Verónica D'Angelo²  <https://orcid.org/0000-0002-3170-4313>
 Daniel Ades¹  <https://orcid.org/0009-0003-3269-8685>

Recibido 15 de abril de 2024, aceptado 22 de octubre de 2025
Received: April 15, 2024 Accepted: October 22, 2025

RESUMEN

Este artículo presenta un análisis multidimensional de la sostenibilidad de una innovación pedagógica implementada en la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica” en una universidad pública argentina. La innovación está centrada en el FabLab UNR, un laboratorio certificado por la red internacional Fab Lab Foundation que fomenta la apropiación creativa de tecnologías. El marco teórico emplea el concepto de Prácticas Educativas Mediadas en redes sociotécnicas-culturales (PEM-DID) y establece un modelo analítico para evaluar la sostenibilidad de la innovación. La investigación adopta una metodología cualitativa con un diseño de estudio de caso exploratorio, examinando cuatro dimensiones: político-institucional, infraestructura, social e intermedial, cada una con indicadores específicos.

Los hallazgos revelan que, a pesar de ser una experiencia altamente positiva y motivadora tanto para docentes como para estudiantes, la sostenibilidad de la innovación está principalmente amenazada por factores institucionales. Actualmente, FabLab UNR opera sin regulaciones formales ni estructuras de gobernanza. Este vacío normativo expone la iniciativa a potenciales reducciones presupuestarias o discontinuidad, particularmente sin un sólido respaldo de políticas institucionales. En consecuencia, la viabilidad a largo plazo y la integración interdisciplinaria del FabLab dentro del currículum universitario permanecen en riesgo.

Palabras clave: Prácticas educativas mediatizadas, Fab Lab, Introducción a la Ingeniería.

ABSTRACT

This article presents a multidimensional analysis of the sustainability of a pedagogical innovation within the “Introduction to Mechanical Engineering” course at a public university in Argentina. The innovation is centered at FabLab UNR, a laboratory certified by the international Fab Lab Foundation network that

¹ Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Rosario, Argentina. Email: guille@fceia.unr.edu.ar; adesda@fceia.unr.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Universidad Nacional de Rosario. Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación. Rosario, Argentina. Email: sanmartin@irice-conicet.gov.ar; manero@irice-conicet.gov.ar; dangelo@irice-conicet.gov.ar

* Autor de correspondencia: guille@fceia.unr.edu.ar

encourages the creative appropriation of technology. The theoretical framework employs the concept of Mediated Educational Practices within sociotechnical-cultural networks (PEM-DID) and establishes an analytical model to evaluate the innovation's sustainability. The research adopts a qualitative methodology with an exploratory case study design, examining four dimensions: political-institutional, infrastructure, social, and intermedial, each with specific indicators. Findings reveal that despite the highly positive and motivating experience for both faculty and students, the innovation's sustainability is primarily threatened by institutional factors. Currently, FabLab UNR operates without formal regulations or governance structures. This regulatory gap exposes the initiative to potential budget reductions or discontinuation, particularly without robust institutional policy support. Consequently, the long-term viability and cross-disciplinary integration of the FabLab within the university's curriculum remain at risk.

Keywords: Mediatized educational practices, Fab Lab, introduction to engineering.

INTRODUCCIÓN

La dinámica exponencial y disruptiva de la sociedad globalizada que caracteriza al siglo XXI, entendida como un entorno físico-digital (virtual) facilitado por los avances informáticos y comunicacionales, está marcada por el manejo de grandes volúmenes de datos (Big Data), la aplicación de la inteligencia artificial, la robótica, la realidad virtual, la impresión 3D, entre otros avances.

En este contexto, las recomendaciones de la UNESCO, especialmente las que surgen desde la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible [1], subrayan la necesidad de promover enfoques educativos integradores y activos, tales como el modelo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Según Tsupros, Kohler y Hallinen [2], este enfoque insta a que los conceptos disciplinarios estén profundamente conectados con las problemáticas del entorno del estudiante, lo que exige el desarrollo de metodologías de trabajo interdisciplinarias y una mayor vinculación entre los espacios educativos y el mundo real.

Autores como Guyotte, Sochacka, Costantino, Walther y Kellam [3], así como Liao [4], proponen que también debe integrarse la dimensión artística, considerando la complejidad que todo diseño conlleva en su relación con las ciencias humanas. De este modo, la noción de STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) se presenta como una propuesta emergente que busca ofrecer un enfoque integral de la educación, capaz de fomentar la creatividad, la innovación y el espíritu emprendedor [5].

En coherencia con este enfoque, surgen espacios que permiten experiencias de aprendizaje integradoras a través de las tecnologías actuales, fundamentadas en una línea teórica construccionista. Siguiendo el planteamiento de Papert [6], se sostiene que el aprendizaje es más eficaz cuando el individuo participa activamente en la construcción de un producto significativo. En este sentido, uno de los ejemplos más representativos son los espacios “Fab Lab” (acrónimo de laboratorio de fabricación digital), diseñados bajo una perspectiva construccionista para fomentar el aprendizaje y la innovación. Estos laboratorios se configuran como entornos que facilitan y promueven el desarrollo de habilidades para trabajar con tecnologías de vanguardia, permitiendo la creación de un diseño digital a partir del cual se produce un objeto físico de alta relevancia para su creador o para la comunidad [7], [8].

El concepto de “Fab Lab” nació a principios de la década de 2000 en el MIT Media Lab del Massachusetts Institute of Technology (MIT) como un espacio creativo para la universidad. El impacto generado por este modelo fue tan significativo que rápidamente se replicó en diversos lugares del mundo bajo ese nombre. Actualmente, existen más de dos mil laboratorios que forman parte de la red oficial de Fab Lab [9].

En este contexto, a principios de 2020, la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica” de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (FCEIA-UNR, Argentina) impulsó la creación y puesta en marcha del “FabLab UNR”, integrado a su propuesta pedagógica. Este laboratorio cumplió con todos

los requisitos y condiciones necesarias para formar parte de la red oficial de Fab Lab [10]. Cabe destacar que esta innovación también representa un desafío a nivel institucional, lo que ha llevado a analizar su sostenibilidad, teniendo en cuenta las diversas dimensiones que implican estas prácticas educativas y las posibilidades de extenderlas a otras cátedras de la carrera.

A partir de lo expuesto, el presente artículo abordará un marco teórico y metodológico que respalda la propuesta innovadora, así como el modelo analítico multidimensional de sostenibilidad aplicado en su análisis. A continuación, se presentarán los resultados, la discusión y las conclusiones de esta primera experiencia presencial llevada a cabo durante el año 2022. Es importante señalar que, aunque el “FabLab UNR” adhiere en términos generales a los lineamientos internacionales relacionados con la formación STEAM y la Fab Lab Foundation, su objetivo es profundizar en dinámicas que favorezcan una apropiación creativa de la tecnología en prácticas educativas mediatizadas (PEM), bajo un enfoque sociotécnico-cultural.

MARCO TEÓRICO

En 2014, se implementó un nuevo plan curricular para la carrera de Ingeniería Mecánica en la FCEIA-UNR. En este contexto, la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica” adoptó una visión integradora, basada en el enfoque STEAM [11] y el aprendizaje basado en proyectos [12], [13], dentro del marco de las prácticas educativas mediatizadas (PEM). Esta asignatura se ubica curricularmente en el primer cuatrimestre del primer año, en modalidad presencial. Tras las restricciones derivadas de la pandemia de COVID-19, en 2022 se retomó la modalidad presencial y se llevó a cabo una experiencia pedagógica innovadora que integró el nuevo espacio FabLab.

El fundamento de esta propuesta radica en la importancia de que los estudiantes de primer año puedan experimentar, desde el inicio de su formación, los aspectos característicos del perfil ingenieril. Este enfoque resulta estratégico para fomentar el compromiso responsable necesario para afrontar los desafíos y esfuerzos propios de la educación superior universitaria, así como para promover el desarrollo de las competencias y

habilidades que los futuros profesionales requieren en su campo [14], [15].

Las mencionadas PEM se materializan en la acción conjunta y participativa dentro del marco de una red denominada Dispositivo Intermedial Dinámico (PEM-DID), sustentada en una perspectiva sociotécnica-cultural [16]. Esta perspectiva se aparta de visiones deterministas que separan “la tecnología” y “la sociedad” como elementos diferenciados y sostiene que la dicotomía entre ambos constituye un obstáculo epistemológico que impide abordar la temática en toda su complejidad. Además, se entiende que la tecnología es una construcción social y cultural, y, al mismo tiempo, la sociedad se construye tecnológicamente [17], [18].

En cuanto a los DID, estas redes tienen finalidades específicas, integran tecnologías heterogéneas en el contexto físico-virtual actual y promueven procesos de interactividad plurales y no excluyentes, vinculados con la apropiación creativa de tecnologías, el derecho a la ciencia y la co-construcción de “intersaberes” [19]. En el ámbito social, estas redes se co-construyen generalmente a partir de alianzas interinstitucionales y organizacionales estratégicas que vinculan sectores educativos, académicos, culturales o comunitarios. Se considera que un DID alcanza condiciones de sostenibilidad cuando se evidencia una validación social y una perdurabilidad en el tiempo, lo que demuestra un despliegue multiagencial de la alianza estratégica capaz de hacer efectivas las finalidades de apropiación creativa consensuadas [20].

Si la finalidad del DID es educativa, los procesos de enseñanza y aprendizaje de las PEM-DID se desarrollan en contextos situados (histórica y políticamente), mediante una modalidad híbrida de taller físico-virtual no excluyente. Este enfoque implica que los participantes sean sujetos activos en la resolución de posibles barreras de accesibilidad en su sentido más amplio. Entre las estrategias empleadas, se destaca el uso de diversos canales multimodales de comunicación, con el fin de que cada sujeto, desde su singularidad, se apropie de los contenidos de manera experiencial y exploratoria.

En este marco, los saberes se co-construyen a través de una dinámica interactiva, sostenida por una red colaborativa, abierta y democrática, que se fundamenta en el derecho a la educación [21].

Esta co-construcción de saberes genera recorridos singulares, tanto a nivel individual como grupal, profundamente vinculados a experiencias, intereses y vivencias derivadas del contexto socio-cultural y comunitario de los participantes. En esta dirección, las PEM-DID de la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica” (FCEIA-UNR), plantean la actividad curricular fundamentada en perspectivas pedagógicas activas, desarrolladas en una modalidad de taller físico-virtual. De esta manera, se lleva a cabo un análisis práctico sobre casos reales, abordando los fundamentos de la Ingeniería Mecánica dentro del marco interactivo y comunicacional proporcionado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

En esta combinación de interacciones entre los espacios físicos y las mediaciones digitales, surge una práctica participativa a través de las diversas actividades propuestas, alineadas con los objetivos planteados. Los desarrollos teóricos y prácticos se trabajan de manera interrelacionada, promoviendo el aprendizaje colaborativo y la producción cooperativa. Para las introducciones conceptuales, se consideran los preconceptos, prejuicios y supuestos básicos de los estudiantes. Posteriormente, la reflexión y discusión de los distintos temas se construyen a partir de exploraciones o recreación de artefactos y producciones analíticas realizadas en pequeños grupos [22].

Así, un aspecto central de las PEM-DID es facilitar una apropiación creativa, crítica y reflexiva tanto de las tecnologías como de los contenidos disciplinares y no formales involucrados. En este sentido, se entiende que la apropiación es siempre un proceso dialéctico: a través de mecanismos identificatorios y creativos, la tecnología modifica al sujeto (al integrarla como parte de su identidad), mientras que el sujeto transforma a la tecnología desde su singularidad [23].

De manera general, se puede afirmar que el proceso de apropiación creativa de la tecnología propuesto por la noción de PEM-DID impulsa procesos de innovación, favoreciendo la colaboración interinstitucional e interorganizacional en una amplia diversidad de campos disciplinares. Este enfoque se vincula de manera multiagencial con contextos socio-comunitarios situados y está alineado con las directrices internacionales sobre el desarrollo sostenible.

El modelo analítico multidimensional de sostenibilidad PEM-DID [24] está orientado al estudio de casos en el ámbito educativo, los cuales integran y utilizan tecnologías en contextos específicos. Este modelo está compuesto en principio por cuatro dimensiones interrelacionadas: político-institucional, técnica, social e intermedial. Dichas dimensiones, junto con sus variables e indicadores, son complementarias entre sí, sin presentar una relación jerárquica ni un orden secuencial prefijado. Es importante mencionar que, este modelo es abierto y permite adecuar las dimensiones según el requerimiento. Las mismas, están compuestas por indicadores empíricos que se refieren a propiedades de diversa índole, todo lo cual contribuye al análisis multidimensional de la sostenibilidad PEM-DID. Lo propuesto también presenta flexibilidad tanto en la cantidad como en el tipo de indicadores analíticos asociados a cada dimensión. Por ejemplo, en el análisis que se presentará a continuación, se han considerado solo aspectos específicos de la experiencia pedagógica que integró el reciente FabLab UNR.

La sostenibilidad analizada en este modelo se refiere, en primer lugar, a las condiciones favorables o desfavorables para la co-construcción de las PEM-DID, necesarias para la ejecución de la actividad proyectual. También posibilita estudiar la implementación a lo largo del tiempo de los proyectos construccionistas, sustentados en la dinámica DID, abordando de forma relacional los aspectos institucionales, sociales, pedagógicos y simbólicos derivados de la interacción entre los diversos actores involucrados.

De este modo, el análisis global de la sostenibilidad vincula las dimensiones del modelo analítico dentro de un marco sistémico complejo [25], lo que permite identificar qué aspectos son favorables o no para que el proceso formativo experiencial pueda desplegarse y expandirse a lo largo del trayecto de la carrera.

MARCO METODOLÓGICO

La metodología adoptada para el análisis multidimensional de las PEM-DID implementadas en el primer cuatrimestre de la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica” (FCEIA-UNR) se enmarca dentro de un estudio de caso exploratorio [26], bajo un enfoque interdisciplinario [27]. La adaptación

del modelo PEM-DID al presente caso de estudio se implementó mediante el análisis de cuatro dimensiones con indicadores específicos, enfocados principalmente en la integración del nuevo espacio FabLab (Figura 1), a saber:

- Dimensión Político-institucional: Se examinaron los diversos factores que pueden potenciar o restringir la acción docente dentro de la institución, incluyendo normativas, políticas de innovación y estructuras de apoyo organizacional.
- Dimensión de Infraestructura: Se evaluó si FabLab UNR dispone de los recursos físicos, técnicos y herramientas necesarios para el desarrollo efectivo de las PEM-DID, considerando aspectos como equipamiento, conectividad y espacios de trabajo.
- Dimensión Social: El análisis se centró en la percepción de los estudiantes sobre su relación con las tecnologías y los contenidos abordados, explorando sus experiencias previas y el contexto sociocultural en el cual han desarrollado sus procesos de apropiación tecnológica.
- Dimensión Intermedial: Se focalizó en dos aspectos complementarios: el metodológico (procesos de enseñanza y de aprendizaje) y el productivo (artefactos y textualidades físicas o digitales generadas durante la experiencia educativa).

El estudio contó con la participación de un equipo multidisciplinario compuesto por el profesor titular de la cátedra, cinco docentes auxiliares, dos investigadoras especializadas en psicología y educación, y doscientos estudiantes. La experiencia se desarrolló durante el primer cuatrimestre académico, entre marzo y junio de 2022.

La asignatura se impartió bajo una modalidad de cursado presencial que se complementó con un entorno virtual de aprendizaje alojado en la plataforma Moodle “Comunidades” del Campus Virtual UNR. Este espacio digital proporcionó diversas herramientas de interacción, comunicación y seguimiento del proceso formativo.

Además de las clases tradicionales impartidas en las aulas regulares de la Escuela de Mecánica, se implementaron actividades específicas en el espacio FabLab UNR donde los estudiantes interactuaron con tecnologías avanzadas. Estas actividades presentaron las siguientes características:

- Duración: Sesiones semanales de 3 horas reloj.
- Organización: Grupos reducidos de máximo 6 estudiantes por sesión.
- Requisito de aprobación: Participación obligatoria en al menos dos de las actividades ofrecidas.

Áreas Tecnológicas Implementadas: se diseñaron cinco actividades enfocadas en tecnologías clave para la formación en ingeniería mecánica: 1) Maquinado por control numérico computarizado (CNC); 2) Robótica; 3) Impresión 3D; 4) Electroneumática; y 5) Estructuras estáticas.

Estructura Didáctica: Todas las actividades siguieron una secuencia pedagógica estructurada en tres fases:

- Presentación y Diagnóstico Los estudiantes compartían sus experiencias y conocimientos previos respecto a las tecnologías presentadas, estableciendo una base común y facilitando la identificación de saberes preexistentes en el grupo.

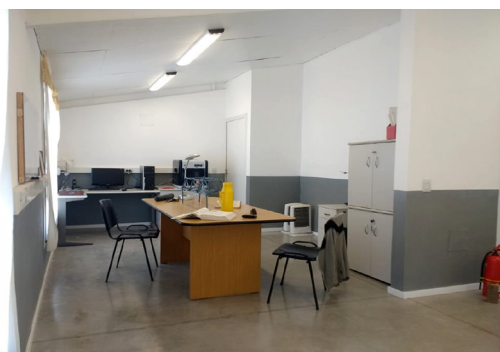


Figura 1. Vista parcial del FabLab UNR.

- **Encuadre Teórico-Colaborativo:** El equipo docente proponía estrategias específicas para fomentar el trabajo grupal colaborativo. Introducía conceptos fundamentales relacionados con la tecnología a abordar. Facilitaba espacios de reflexión sobre las aplicaciones potenciales de estas tecnologías en diversos campos de la ingeniería.
- **Práctica Exploratoria y Evaluación:** Los estudiantes, organizados en equipos de trabajo, desarrollaban experiencias concretas a partir de consignas orientadoras. Se utilizaban activamente las tecnologías disponibles en el FabLab UNR. La actividad culminaba con una instancia evaluativa de socialización, donde los participantes presentaban sus producciones; se generaba un espacio de reflexión colectiva sobre la experiencia vivida y se articulaban los aprendizajes prácticos con los fundamentos teóricos de la asignatura.

Recopilación y Análisis de Datos: La investigación implementó un diseño metodológico mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para la recopilación de datos, en línea con lo propuesto por investigaciones previas en el área [28], que buscan un abordaje integral y complementario. Los instrumentos implementados fueron:

- **Encuesta específica:** Diseñada y validada para evaluar la experiencia de aprendizaje en la actividad *maker*, permitiendo obtener datos estadísticos sobre la percepción y satisfacción de los participantes.
- **Entrevistas semiestructuradas:** Realizadas a actores clave del proceso educativo, explorando en profundidad sus perspectivas y valoraciones.
- **Bitácoras docentes:** Registros sistemáticos elaborados por el equipo docente después de cada sesión, documentando observaciones, incidencias y reflexiones pedagógicas.
- **Observaciones participantes:** Conducidas por el equipo de investigación mediante un sistema de rotación programada, garantizando la cobertura de diferentes días y horarios para captar la diversidad de experiencias desarrolladas.

Finalmente, el estudio procesó y analizó un corpus significativo de datos provenientes de:

- 49 experiencias *maker* documentadas en el marco de la actividad curricular.

- 39 bitácoras docentes con registros detallados del proceso educativo.
- 5 entrevistas en profundidad a actores clave del proyecto.
- 228 encuestas estudiantiles completadas, que representan una muestra estadísticamente significativa de la población estudiada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se exponen los hallazgos obtenidos para cada dimensión de análisis, estableciendo vinculaciones directas con los indicadores propuestos en el marco metodológico. Los datos provienen del procesamiento sistemático de los instrumentos descritos previamente: encuestas estudiantiles, entrevistas a actores clave, bitácoras docentes y observaciones participantes. Considerando las limitaciones de extensión del presente trabajo, se ha optado por sintetizar la información más relevante mediante tablas mencionando los datos más significativos para cada dimensión e indicador. Tras la presentación tabular de los datos, cada dimensión se acompaña de una síntesis analítica interpretativa que destaca los hallazgos principales y patrones identificados, establece conexiones con el marco teórico-metodológico propuesto y señala implicaciones para la sostenibilidad de la innovación pedagógica estudiada.

El FabLab UNR presenta actualmente un grado de institucionalización incipiente dentro de la estructura universitaria. Transcurridos dos años lectivos desde su implementación inicial, se evidencia una significativa brecha en cuanto a su formalización administrativa. Hasta la fecha de este escrito, no se han emitido resoluciones oficiales, ni por parte de la Facultad ni del Rectorado de la Universidad, que formalicen un compromiso institucional para el desarrollo y fortalecimiento sostenido de esta iniciativa.

Vulnerabilidad normativa: Esta ausencia de marcos regulatorios específicos genera una notable fragilidad en términos de:

- Continuidad a mediano y largo plazo.
- Asignación de recursos presupuestarios estables.
- Reconocimiento formal dentro de la estructura académica.
- Integración sistemática en los planes de estudio.

En consecuencia, las estrategias, normativas y reglamentaciones institucionales vigentes no

proporcionan en la actualidad una prospectiva cierta de sostenibilidad para consolidar los procesos innovadores que propone la perspectiva PEM-DID mediante la integración del FabLab UNR en la formación académica (Tabla 1).

Sostenibilidad basada en iniciativas localizadas: La viabilidad actual del proyecto recae exclusivamente en:

- Respaldo académico limitado: Únicamente a través de la cátedra “Introducción a la Ingeniería Mecánica” se promueven los consensos y se legitima el proceso de integración tecnológica.
- Compromiso docente: El equipo de profesores opera como personal especializado, asumiendo roles que exceden sus funciones académicas básicas.
- Gestión autoorganizada: Tanto la administración de recursos económicos como materiales del FabLab UNR han dependido, hasta el momento, de la voluntad e iniciativa exclusiva del equipo docente de la asignatura mencionada, sin contar con mecanismos institucionales formales de respaldo.

Esta configuración, si bien ha permitido el funcionamiento inicial del espacio, plantea interrogantes significativos sobre su proyección y perdurabilidad en el entorno universitario a largo plazo.

La evaluación de la dimensión de infraestructura física y técnica (Tabla 2) revela que el FabLab UNR dispone de una dotación tecnológica inicial adecuada para sus objetivos pedagógicos y operativos. El laboratorio cuenta con:

- Recursos informáticos avanzados: Hardware y software especializados para diseño y modelado.
- Conectividad robusta: Redes de alta velocidad que facilitan el trabajo colaborativo y el acceso a recursos digitales.
- Equipamiento de fabricación digital: Impresoras 3D de diferentes tecnologías y capacidades; Kits de robótica educativa y experimental; Máquinas de control numérico computarizado; Herramientas manuales y eléctricas de precisión.

La mayoría de los dispositivos tecnológicos incorporados son de última generación y alta *performance*, lo que constituye una ventaja significativa para:

1. Facilitar el despliegue de co-construcciones intermedias creativas e innovadoras.
2. Posibilitar la materialización de artefactos con potencial aplicación operativa en diversos campos de la ingeniería.
3. Aproximar a los estudiantes a las tecnologías contemporáneas utilizadas en entornos profesionales reales.

Es destacable la correspondencia entre los hallazgos del análisis técnico realizado en la presente investigación y la valoración altamente positiva manifestada por el estudiantado, como se evidencia en los datos cuantitativos presentados en Figura 2 y Figura 3. Esta convergencia entre la evaluación técnica objetiva y la percepción de los usuarios finales corrobora la adecuación de la infraestructura implementada para los objetivos pedagógicos propuestos.

Con respecto a la infraestructura tecnológica actual del FabLab UNR, se identifican diversas áreas de oportunidad cuya atención resultaría altamente beneficiosa para garantizar la sostenibilidad y potenciar el crecimiento de este espacio formativo. Se recomienda específicamente la incorporación de equipamiento avanzado de fabricación digital. Por ejemplo: Cortadora láser (pantógrafo láser) de baja potencia para trabajos de precisión, Impresora 3D con capacidad para materiales metálicos, Maquinaria especializada para carpintería de precisión.

Adicionalmente, resulta imperativo considerar un plan de mantenimiento y actualización permanente que contemple:

1. Renovación periódica de infraestructura informática:
 - Actualización de hardware computacional.
 - Licenciamiento y actualización de software especializado.
 - Ampliación de capacidades de almacenamiento y procesamiento.
2. Aprovechamiento continuo de insumos:
 - Establecimiento de un fondo permanente para la adquisición de materiales consumibles.
 - Planificación presupuestaria para garantizar la disponibilidad de insumos requeridos en las actividades de docencia, investigación y vinculación tecnológica con el medio socio-productivo.

Tabla 1. Dimensión político-institucional.

Indicadores	Insumos	Síntesis
1.1. Políticas, normativas y reglamentaciones con respecto a las Tecnologías 4.0 y otras disponibles.	– Entrevista Actor Clave (E.A.C.): “Todo el presupuesto para la compra de las herramientas, mobiliario y la construcción edilicia fue obtenido gracias a la gestión del equipo docente de la cátedra Introducción a la Ingeniería Mecánica”. – E.A.C.: “No existen normativas ni reglamentaciones específicas sobre la existencia del FabLab UNR”. – E.A.C.: “Se empezó a armar el espacio sin un proyecto institucional formalizado”. – E.A.C.: “la voluntad política por parte de la carrera de ingeniería fue permitir, pero no potenciar o fomentar el proyecto”. – E.A.C.: “No existen normativas sobre los talleres en escuela de ingeniería. Se hizo un intento de darle legitimidad a los talleres a través de un organigrama, pero nunca fue aprobado”.	En el contexto actual, se observa una ausencia de marcos regulatorios específicos en relación con la implementación y gestión de tecnologías emergentes dentro de la institución. En particular, el FabLab UNR opera sin políticas, normativas o reglamentaciones formales que definan explícitamente: • Su estructura organizativa y gobernanza. • Los procedimientos administrativos para su funcionamiento. • Los mecanismos de asignación presupuestaria. • Los protocolos de mantenimiento y actualización tecnológica. • Las directrices para su integración curricular en los distintos programas académicos.
1.2. Cantidad y calidad de proyectos que promueven apropiación creativa de las tecnologías.	– E.A.C.: “se presentó en 2005 un anteproyecto denominado “Taller Central de Desarrollo y Mantenimiento de Laboratorios - FCEIA” que buscaba ser un laboratorio de innovación. Nunca se viabilizó el proyecto”. – E.A.C.: “Como antecedentes existe la modalidad taller de los laboratorios de termodinámica, de materiales y de mecánica”. – E.A.C.: “En 2017 la FCEIA pone en marcha el “Espacio Maker”, a disposición de todas las carreras de ingeniería. El espacio se formalizó por resolución en el CD y se equipó con pantógrafo laser 2d, impresora 3d, entre otros”.	– Existen muy pocos antecedentes o proyectos similares al FabLab UNR y las iniciativas no logran concretarse. Los espacios con dinámicas más similares a los Fab Labs son los espacios curriculares de la Escuela de Ingeniería Mecánica con formato pedagógico de taller.
1.3. Dinámicas y tensiones organizacionales.	– E.A.C.: “Las iniciativas de espacios <i>maker</i> generan tensiones organizacionales, ya que, aunque había voluntad política de su puesta en marcha la selección de su personal quedaba en manos de la gestión de turno”. – E.A.C.: “a nivel de la cátedra, funcionamos como equipo, desde el principio, pintando las paredes del espacio, acondicionando...”.	– Las condiciones bajo las que se propone trabajar en propuesta similar al Fab Lab ofrecen una prospectiva incierta de trabajo dentro del proyecto por lo cual la Escuela de Ingeniería Mecánica emprende su propio Fab Lab.
1.4 Gestión de recursos.	– E.A.C.: “La cátedra de Introducción a la Ingeniería Mecánica, de manera autogestiva, logra que parte del financiamiento otorgado por el decanato de ingeniería FCEIA-UNR a la Escuela de Ingeniería Mecánica sea destinado a acondicionar un espacio para el FabLab UNR”. – E.A.C.: “de manera autogestiva la cátedra consigue donaciones de mobiliario de empresas y particulares, se presenta a convocatorias de subsidios de fundaciones, y solicita subsidios”.	– El FabLab UNR se equipa y pone en marcha de manera autogestiva e independiente por la cátedra de Introducción a la Ingeniería Mecánica.
1.5. Servicio de apoyo técnico.	– E.A.C.: “No contamos con servicio de apoyo técnico. Sería muy útil en un futuro para que el espacio esté siempre disponible para ser usado y no dependa de que los docentes de la cátedra estén presentes”.	– No se cuenta con servicio de apoyo técnico.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Dimensión de infraestructura (física y técnica).

Indicadores	Insumos	Síntesis
2.1. Disponibilidad de infraestructura edilicia.	Observación: espacio de 75 metros cuadrados sectorizado en 3 áreas funcionales: mecanizado y CNC, zona de diseño digital / ensambles y prototipado, área de impresión 3D. Observación: bocas de energía eléctrica monofásica (220v) y trifásica (3x380 volts), mobiliario para guarda de equipos: 11 módulos.	Se cuenta con un amplio espacio físico acondicionado y eléctricamente completo para el desarrollo del FabLab UNR.
2.2. Disponibilidad de herramientas.	Observación: se registran las siguientes herramientas: EMCO Concept Mill 55 Centro de mecanizado CNC, EMCO Concept Turn 55 Torno CNC, Amoladora de banco, Caladora de banco, Pasco máquina de ensayos de tracción, Pasco máquina de ensayos de torsión, Componentes robótica Arduino, 2 servomotores industriales SEW, Impresora 3D DaVinci Duo.	Se registra una considerable cantidad de herramientas y Tecnologías 4.0 a disposición del FabLab UNR.
2.3. Disponibilidad de ciberinfraestructura.	Observación: se constata señal de internet wifi de acceso abierto con conexiones 2.4 Ghz y 5.0 Ghz y capacidad hasta 300 usuarios simultáneos. También se registran bocas de conexionado de Internet, bocas de conexionado telefónico, 4 puestos PC 70 x 140 con sillas, 6 PCs con los siguientes softwares instalados: Arduino IDE (open source) miniBloq (open source) mBlock Inkscape (open source), FreeCAD (open source), PASCO wxMaxima (open source), Repetier-Host, etc.	Se registra internet, hardware y software apropiado para el desarrollo de un Fab Lab.

Fuente: Elaboración propia.

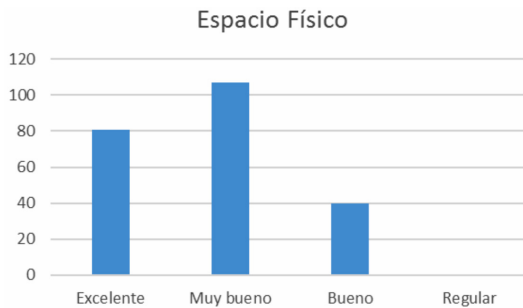


Figura 2. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Espacio físico.

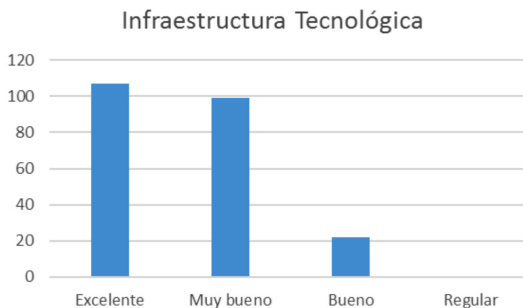


Figura 3. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Infraestructura tecnológica.

La implementación de estas mejoras no solo fortalecería la capacidad operativa del laboratorio, sino que ampliaría significativamente el espectro de posibilidades formativas y de investigación aplicada, consolidando al FabLab UNR como un espacio de referencia en innovación tecnológica dentro del ámbito universitario.

La implementación de las PEM-DID en los diversos espacios físicos y virtuales de la cátedra “Introducción a la Ingeniería Mecánica” han generado un ecosistema de aprendizaje caracterizado por la acción creativa y transformadora. En este contexto, tanto estudiantes como docentes establecen relaciones significativas con los objetos técnicos, trascendiendo la mera utilización instrumental para avanzar hacia procesos de: 1) Apropiación tecnológica contextualizada, 2) Modificación adaptativa según necesidades específicas 3) Resignificación crítica de las herramientas y sus potencialidades.

Las instancias de diálogo, construcción conjunta, incorporación tecnológica e innovación metodológica han recibido una valoración altamente positiva por parte de todos los actores involucrados (Tabla 3). El análisis detallado de los datos recopilados

Tabla 3. Dimensión social.

Indicadores	Insumos	Síntesis
3.1. Percepciones y acceso socio-técnico-cultural de los estudiantes a las tecnologías.	– Bitácora Docente 36: “se evidencia la diversidad de procedencia de escuelas secundarias, algunos de técnicas rosarinas, otros de técnicas de pueblos”. – BD 36: “En algunas escuelas disponían de impresoras y en otras no”. – BD 6: “Cuatro (de 8) de los estudiantes estudiaron en escuelas técnicas, y tenían ciertos conocimientos de Física”. – BD 11: “En el grupo es preponderante la formación media técnica”. – BD 17: “Antecedente de imprenta familiar; relación con maquinaria agrícola y automovilismo de competición; Antecedente fábrica familiar de secadoras de granos”. – Observación: se registran estudiantes de entre 18 y 23 años, con el secundario completo, predominantemente de formación técnica. En su mayoría se dedican de manera exclusiva al cursado. Acceso a las necesidades básicas.	El grupo social que participa del FabLab UNR se compone en su mayoría de jóvenes masculinos entre 18 y 20 años, con los estudios secundarios completos, predominando la formación técnica. Un grupo significativo posee antecedentes familiares con vínculos laborales o recreativos con la técnica.
3.2. Concepciones y valoraciones sobre las actuales tecnologías.	– BD 11: “Conjunto de avances que busca mejorar las cosas; Evolución humana”. – BD 17: “Innovación. Creatividad; Avance”. – BD 31: “Efectivizar el trabajo”.	Priman en su mayoría concepciones y valoraciones positivas sobre la tecnología.
3.3. Hábitos de usos tecnológicos y habilidades técnicas.	– BD 36: “algunos expresaron que no sabían utilizarlos” – BD 1: “No tenían conceptos formales aprendidos de programación”. – BD 4: “Un par había hecho algo de código g en la secundaria”. – BD 8: “5 de los 6 estudiantes tenían experiencia en programación y conocían conceptos de robótica”. – BD 8: “Todos tenían conceptos de programación que intentaban implementar en el código, sin embargo, les costaba conectarlo con la actividad específica”.	Gran parte de los estudiantes cuenta con conocimientos y habilidades técnicas previas que pudo poner en juego en las actividades propuestas.
3.4 Interactividad mediatizada, participación co-responsable y trabajo colaborativo.	– BD 36: “algunos expresaron que no sabían utilizarlos, pero no me preguntaron a mí, sino que se explicaron entre ellos mismos”. – BD 1: “El grupo trabajó muy bien en equipo, algunos ya se conocían entre ellos de las clases, y tuvieron una dinámica muy fluida y respetuosa”. – BD 5: “los estudiantes estaban sumamente relajados, hacían chistes entre ellos, se reían, lo que generaba un ambiente muy agradable para trabajar”. – BD 6: “comenzaron a probar y a conversar entre ellos con entusiasmo”.	Se constata una dinámica interactiva, lúdica y colaborativa entre los estudiantes.
3.5 Apropiación creativa.	– BD 22: “El grupo inserta una indicación en el programa miniblock y miran con evidente expectativa si funciona en el robot. El entusiasmo del grupo al ver que el robot realiza las tareas esperadas es plausible. Una de las estudiantes propone nombrar al robot “Arturito”. Festejan que “Arturito” logró seguir la cinta negra en el piso”. – BD 29: “Como tenían tiempo disponible, construyeron un chasis y le adosaron cuatro ruedas, tratando de imitar el chasis de un automóvil”. – BD 25: “El procedimiento consistía en ver un video y repetir exactamente lo que mostraba en un programa de mecanizado CNC, en un formato similar a un tutorial, paso a paso”.	Se observan indicios de apropiación creativa. No todas las actividades habilitan un uso lúdico y exploratorio y en cambio tienden a la repetición de un proceso. La falta de tiempo para realizar proyectos extensos dificulta la aparición de lo singular en la producción artefactual.

Fuente: Elaboración propia.

revela una apreciación particularmente favorable respecto a:

1. Factores estudiantiles evaluados:
 - Desarrollo de habilidades digitales avanzadas.
 - Complejidad y relevancia de las acciones realizadas.
 - Evolución de percepciones sobre las tecnologías utilizadas.
 - Calidad de las intervenciones creativas grupales e individuales.
2. Estrategias de inclusión implementadas:
 - Se documentaron iniciativas sistemáticas para identificar e incorporar a estudiantes con dificultades de participación.
 - Se desarrollaron adaptaciones metodológicas para integrar a quienes manifestaban menor involucramiento inicial.

El análisis revela que dos factores fundamentales han actuado de forma favorable en esta experiencia:

- Factor actitudinal: Las valoraciones y concepciones del grupo respecto a la tecnología mostraron una predisposición favorable hacia la innovación y el aprendizaje mediado.
- Factor sociotécnico-cultural: El nivel de acceso y familiaridad tecnológica de los participantes constituyó una base adecuada para el desarrollo de las PEM-DID en el entorno del FabLab UNR.

La investigación empírica proporciona evidencia contundente sobre la calidad de los vínculos construidos entre todos los participantes de esta experiencia educativa. Los indicadores de satisfacción, como se visualiza en Figura 4 y Figura 5, corroboran cuantitativamente las observaciones cualitativas, demostrando niveles significativamente elevados de compromiso, colaboración efectiva y percepción positiva de la experiencia formativa.

La confluencia entre diversos lenguajes y soportes, ya sea en un mismo dispositivo o a través de una red interconectada de artefactos, potencia formas emergentes de concebir y materializar la producción simbólica [29]. Las evidencias recopiladas mediante testimonios de docentes y estudiantes corroboran cómo esta noción de intermedialidad despliega un amplio espectro de instancias analítico-constructivas que responden a las múltiples alternativas modeladas

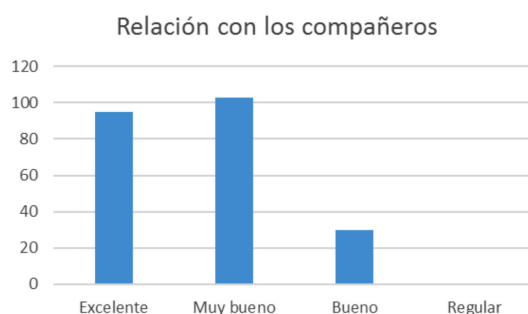


Figura 4. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Relación con los compañeros.

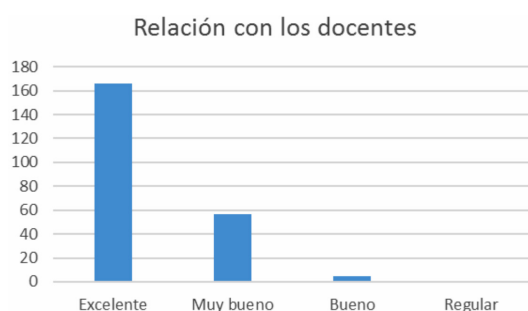


Figura 5. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Relación con los docentes.

por la materialidad técnica y simbólica de los recursos empleados (Tabla 4).

Un aspecto particularmente significativo de la metodología implementada fue la transformación del rol docente tradicional, caracterizado por la centralización del saber/poder y la distancia jerárquica que típicamente prevalece en el ámbito universitario. En consonancia con los principios de las PEM-DID, los docentes:

Propiciaron espacios de interrogación participativa.

- Facilitaron procesos de búsqueda autónoma de información sobre las problemáticas planteadas.
- Estimularon el desarrollo de procesos reflexivos en marcos dialógicos horizontales.

Desde la perspectiva teórica adoptada, quienes asumieron el rol tutorial se abstuvieron sistemáticamente de exponer anticipadamente las soluciones a los desafíos planteados. El foco de acción pedagógica se centró en: 1) Motivar y orientar al estudiantado en la activación y puesta

Tabla 4. Dimensión intermedial.

Indicadores	Insumos	Síntesis
4.1. Recursos metodológicos.	- BD 36: “La propuesta particular para este encuentro giraba en torno a la evaluación de la calidad dimensional de las impresiones”. - BD 36: “fui realizando diversas preguntas a modo de disparador para que se cuestionen y den respuestas grupalmente de qué hace falta para lograr eso”. - BD 8: “La última media hora trabajaron solos para ver si de esta manera podría dinamizarse un poco el trabajo el grupo, sin embargo, no pudieron concretar el ejercicio sin ayuda. Volvimos desde cero a escribirlo en el pizarrón y así logramos que el robot siguiera la línea”. - BD 9: “acerqué la fresa a la pieza y dejé que los alumnos resolvieran el recorrido final, con la diferencia que esta vez dejé la herramienta más lejos, obligándolos a hacer un par de maniobras para lograrlo”. - Observación: “El grupo se dispone a programar los motores del robot, el grupo duda y le demanda a la docente que le indique cómo proseguir. La docente se abstiene y los incita a que experimenten. el grupo erra en la programación del robot y recién ahí la docente interviene para reflexionar en conjunto y superar el obstáculo”. - BD 12: “Nos presentamos a cada una de las personas que estábamos haciendo el taller y dijimos nuestra experiencia en robótica o programación”. - BD 13: “Dejar a los alumnos usar la máquina les da gratificación y motiva”. - Observación: La cátedra propuso al equipo docente la elaboración de diarios de clase y a los estudiantes encuestas para revistar la práctica docente.	Cada actividad propuso su dinámica de trabajo y consignas a realizar, sosteniendo la misma carga horaria. Los docentes coincidieron en generar un espacio donde circule la palabra de manera horizontal. El docente ocupa un rol de guía, habilitando la exploración y el aprendizaje a través del error. Los docentes registraron su práctica en un diario de clase.
4.2. Dinámicas y tiempos para la producción artefactual.	- BD 2: “Durante el trabajo, que llevó alrededor una hora y media, el tutor se acercó para observar, pero no tenían dudas o dificultades que aclarar, trabajaban con seguridad”. - BD 2: “Durante los primeros minutos estudiaron los elementos con los que se disponía, en la medida que el tutor se los presentaba”. - BD 6: “Esta situación se sostuvo durante dos horas, y en ese periodo hubo acaloradas discusiones en especial entre dos de ellos. Al cabo de ese tiempo, el tutor se acercó para orientar, se logró bajar las expectativas y pudieron avanzar sobre una idea concreta”. - BD 10: “Pasada una hora y media del inicio de la actividad, ya tenían lista la estructura, rígida y estable”.	Cada grupo consta de 3 horas para llevar a cabo las consignas de cada actividad. El docente sólo interviene cuando observa una dificultad que obstaculiza el desarrollo de la actividad. Todos los grupos logran completar las actividades de manera exitosa.
4.3. Integración de contenidos.	- BD 13: “A pesar de haber hecho la experiencia de robótica no encontraron paralelismo con la programación”. - Encuesta: “apliqué el uso de diagrama de flujo, que se da en informática, así como muchos términos de geometría” - Encuesta: “Pude integrar conceptos de programación en C que utilicé en la secundaria”. - Encuesta: “Pudimos integrar un poco de la lógica que vimos en Cálculo, y la experimentación que vimos en Introducción a la Física”.	El cuerpo docente diseña las actividades propuestas en la asignatura Introducción a la Ingeniería Mecánica en vistas a que se articule con asignaturas de los años siguientes de la carrera y se articule con otras que el ingresante debe cursar durante el año. 95% de los alumnos declara haber podido integrar conceptos previos en las actividades.
4.4. Calidad de los artefactos producidos.	- BD 6: “estable. La grúa tenía la posibilidad de pivotar sobre un eje vertical”. - BD 10: “Se pudo comprender con claridad los sentidos de las fuerzas si trabajaban a tracción o compresión”. - BD 11: “La solución implementada funcionó correctamente, siendo la alternativa de mínimos componentes y conexionado”. - BD 12: “Los estudiantes mostraron gran capacidad de resolver problemas”.	La complejidad de los artefactos producidos varía según el grupo, sin embargo, todos logran completar de manera exitosa las consignas propuestas en las actividades.
4.5. Circulación y accesibilidad de los contenidos, discursos y artefactos.	- BD 36: “calculamos el precio de cada pieza impresa, para lo cual googlearon el precio del rollo de filamento”. - BD 1: “Introducimos algunos conceptos que manejaban intuitivamente como: bucle, tareas primitivas, sentencia condicional para tomar decisiones ‘if’”. - BD 11: “Se hacen circular los componentes individuales para iniciar tanto su conocimiento como manipulación. Se comenta la disponibilidad del pizarrón para realizar planteos previos o auxiliares”. - BD 13: “vimos los videos que tenía, que son muy efectivos para entender con claridad algunos conceptos simples”. - BD 14: “Varios de los estudiantes tomaron varias fotos”.	Dentro del FabLab UNR se utiliza el acceso a internet para consultar contenido pertinente a las actividades propuestas, encontrándose accesibles los contenidos. Respecto a los artefactos, no todas las herramientas pueden circular libremente debido a los riesgos de rotura de este o daño hacia los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia.

en obra de sus propios saberes, 2) Promover la experimentación y exploración grupal como metodología principal, y 3) Implementar sistemas de responsabilidades distribuidas para el desarrollo de los diversos proyectos.

Estos procesos sociocognitivos habilitaron la construcción de nuevos conocimientos que otorgaron mayor fundamentación teórico-práctica a las producciones grupales.

En el marco de esta propuesta pedagógica, el error y el fracaso no se conciben como eventos negativos sino como componentes intrínsecos del proceso creativo y elementos fundamentales para activar nuevos aprendizajes [23]. Bajo el principio orientador *failing is the new winning* (fallar es el nuevo ganar), se buscó resignificar radicalmente la concepción tradicional del error en los procesos de aprendizaje.

Las intervenciones docentes en el FabLab UNR resultaron particularmente adecuadas en este sentido, ya que:

- Se abstuvieron deliberadamente de advertir a los grupos cuando estaban por cometer un error.
- Priorizaron que los estudiantes corroboraran por sí mismos, en la práctica, las consecuencias de sus decisiones.
- Cuando una acción programada resultaba no funcional, habilitaban espacios de reflexión para analizar conjuntamente los factores que pudieron haber fallado.
- Intervinieron estratégicamente cuando emergían ansiedades grupales frente a la posibilidad de errar.

Esta aproximación pedagógica logró que el error se resignificara como parte constitutiva del proceso exploratorio de aprendizaje, evidenciando la efectiva apropiación de la perspectiva PEM-DID por parte del equipo docente.

Las consignas abiertas y la metodología de trabajo característica del FabLab fueron recibidas positivamente por los estudiantes, como se evidencia en los datos presentados en Figura 6 y Figura 7. Esta aceptación facilitó una apropiación creativa y progresiva de las tecnologías disponibles, generando un proceso de aprendizaje concatenado a través de la sucesión de experiencias formativas.

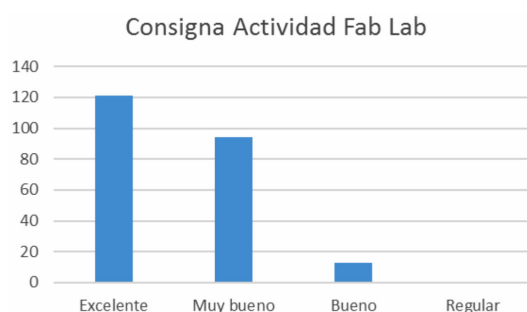


Figura 6. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Claridad de la consigna.

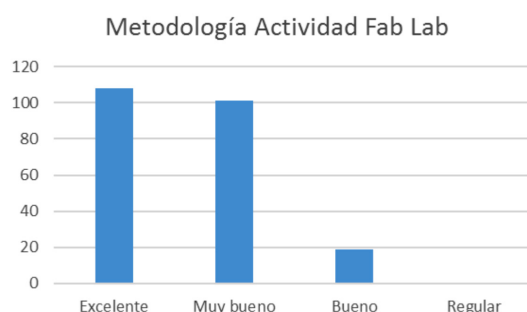


Figura 7. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Metodología de trabajo Fab Lab.

El análisis de la dimensión educativa revela un significativo nivel de activación de saberes previos y un notable desarrollo de habilidades y criterios funcionales en los participantes. Los datos cuantitativos obtenidos mediante las encuestas aplicadas (representados en Figura 8, Figura 9 y Figura 10) evidencian resultados altamente positivos en:



Figura 8. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Nube de palabras en torno a la Integración de saberes.



Figura 9. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Nube de palabras en torno a las Habilidades creativas.

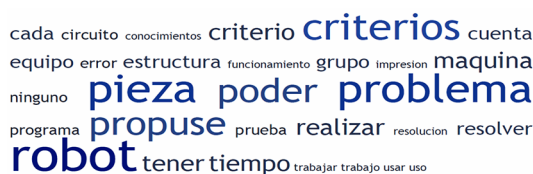


Figura 10. Resultado encuesta realizada a los estudiantes: Nube de palabras en torno a Criterios funcionales.

- Capacidad para relacionar conocimientos teóricos con aplicaciones prácticas.
- Desarrollo de competencias técnicas específicas asociadas a las tecnologías empleadas.
- Fortalecimiento de habilidades transversales como resolución de problemas, trabajo colaborativo y pensamiento crítico.
- Construcción progresiva de criterios funcionales para evaluar la efectividad de las soluciones propuestas.

Los resultados confirman que la intervención docente constituye un factor determinante para la integración efectiva del FabLab en la propuesta curricular. Esta mediación se manifestó como crucial en dos dimensiones complementarias:

1. Organización pedagógica:
 - Diseño de experiencias de aprendizaje estructuradas pero flexibles.
 - Secuenciación adecuada de actividades con complejidad progresiva.
 - Articulación coherente entre los contenidos curriculares y las potencialidades tecnológicas del FabLab.
2. Acompañamiento procesual:
 - Intervenciones estratégicas que promueven la autonomía mientras proveen orientación.

- Andamiaje cognitivo adaptado a las necesidades específicas de cada grupo.
- Facilitación de procesos reflexivos sobre la práctica y sus resultados.

Esta doble función del equipo docente se revela como un componente esencial para garantizar que la innovación tecnológica se traduzca efectivamente en aprendizajes significativos y coherentes con los objetivos curriculares establecidos.

Finalmente, es posible afirmar que en esta dimensión se concretizaron los contenidos y la co-construcción entre los saberes disciplinares y aquellos no académicos de producción en las creaciones en el marco de las PEM-DID.

CONCLUSIONES

La carrera de Ingeniería Mecánica incorporó un nuevo espacio para el desarrollo de prácticas educativas: el FabLab UNR, impulsado y gestionado desde la asignatura “Introducción a la Ingeniería Mecánica”. Esta implementación se inscribe en el marco de un proceso de innovación curricular orientado a enriquecer la formación de futuros ingenieros de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario.

El presente trabajo ha desarrollado un análisis multidimensional que permitió examinar la integración del FabLab tanto en el contexto institucional como en la dinámica particular de una práctica educativa situada. Desde esta perspectiva, se avanzó en una teorización sobre las características pedagógicas de la propuesta, conceptualizada como “Prácticas Educativas Mediatizadas en Dispositivos Intermediales Dinámicos” (PEM-DID).

Los resultados del análisis permiten concluir que la incorporación del FabLab UNR en la asignatura resultó relevante para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje que solicita la carrera. La propuesta fue valorada como pertinente y altamente motivadora por los estudiantes ingresantes, quienes transitan el primer cuatrimestre de la carrera, y presenta un potencial significativo para su implementación en otras especialidades de la ingeniería.

No obstante, se identificó como principal limitación el escaso tiempo disponible durante el cursado,

especialmente considerando la alta matrícula de la carrera. Esta restricción temporal afecta el desarrollo pleno de los proyectos, los cuales demandan mayores márgenes para promover procesos más profundos de apropiación creativa de tecnologías. Este desafío se ve reforzado por tratarse de una etapa crítica en la trayectoria académica, caracterizada por altos índices de deserción.

A pesar de ello, el enfoque sociotécnico-cultural adoptado favoreció la permanencia del estudiantado, promoviendo un involucramiento activo, motivado y comprometido con las propuestas de diseño y producción proyectual. Cabe destacar, además, la participación voluntaria de los estudiantes en las encuestas realizadas en el marco de esta investigación, lo que da cuenta de su interés y disposición para contribuir con el desarrollo de propuestas pedagógicas innovadoras.

Al concluir el análisis multidimensional orientado a evaluar la sostenibilidad de la propuesta y su integración transversal en el trayecto formativo de la carrera, se identifica como principal debilidad la dimensión institucional. Hasta la fecha de redacción del presente trabajo, las políticas institucionales orientadas a la incorporación de tecnologías de última generación y al impulso de proyectos que favorezcan espacios de integración STEAM, como el FabLab UNR, continúan siendo incipientes. Asimismo, se observa una notoria ausencia de propuestas internas de formación docente vinculadas con estos enfoques, así como la falta de normativas específicas que regulen el funcionamiento del FabLab o respalden formalmente su inserción dentro de la estructura académica.

La falta de institucionalización del FabLab UNR convierte al espacio en una estructura frágil, dependiente de decisiones coyunturales y, en particular, de la voluntad política de las gestiones de turno. Esta condición compromete seriamente su sostenibilidad a largo plazo y debilita las posibilidades de consolidar su presencia como parte integral del proyecto académico de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Para fortalecer la perspectiva teórico-metodológica de las PEM-DID, se vuelve imprescindible la implementación de instancias sistemáticas de formación docente que acompañen y fortalezcan

los procesos de innovación curricular mediante metodologías acordes con las prácticas educativas promovidas por el FabLab. Asimismo, la ausencia de una asignación presupuestaria específica para el mantenimiento y ampliación del equipamiento limita tanto el funcionamiento operativo como el crecimiento futuro del espacio.

Por último, en la dimensión social, las percepciones recogidas del estudiantado revelan una tensión en el enfoque pedagógico general de la carrera: mientras que el ingreso se caracteriza por una propuesta innovadora, alineada con estándares internacionales, dicha línea se diluye progresivamente en los años siguientes. Esta discontinuidad impacta negativamente en las expectativas, el sentido de pertenencia y la motivación de los estudiantes, poniendo en evidencia la necesidad de una planificación integral que garantice la coherencia y continuidad de las prácticas formativas a lo largo de toda la trayectoria académica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los financiamientos del Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnica a en el marco del Proyecto de Unidad Ejecutora 011/20: “Investigación, desarrollo e innovación para la apropiación creativa de tecnología en las escuelas de la provincia de Santa Fe” y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe a través del proyecto de Investigación Orientada 2018-00001: “Investigación e innovación para el desarrollo creativo de tecnología en primer año de Ingeniería Mecánica”.

REFERENCIAS

- [1] Organización de Naciones Unidas (ONU), “Objetivos de Desarrollo Sostenible”, un.org. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals>
- [2] N. Tsupros, R. Kohler, and J. Hallinen, *STEM education: A project to identify the missing components*, 1st ed. Pittsburgh, Pensilvania, USA: Carnegie Mellon University, 2009.
- [3] K.W. Guyotte, N.W. Sochacka, T. Costantino, J. Walther, and N.N. Kellam, “STEAM as social practice: Cultivating creativity in transdisciplinary spaces,” *Art Education*,

- vol. 67, no. 6, pp. 12-19, Nov. 2014, doi: 10.1080/00043125.2014.11519293.
- [4] C. Liao, "From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM - education", *Art Education*, vol. 69, no. 6, pp. 44-49, Oct. 2016, doi: 10.1080/00043125.2016.1224873.
- [5] G. Garcés y C. Peña, "Adapting engineering education to BIM and industry 4.0: A view from Kolb's experiential theory in the laboratory", *Ingeniare*, vol. 30, no. 3, pp. 497-512, 2022, doi: 10.4067/S0718-33052022000300497.
- [6] S. Papert, *Constructionism*, 1st ed. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press, 1991.
- [7] S. Tesconi, "El docente como maker. La formación del profesorado en making educativo", Tesis doctoral, Departamento de Pedagogía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, 2018.
- [8] Fab Lab Foundation, "Fab Labs around the world", fabfoundation.org. [Online]. Available <https://fabfoundation.org>
- [9] P. Blikstein, "*Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention*", in *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*, J. Walter-Herrmann and C. Büching, Eds., 1st ed. Bielefeld, Germany: Verlag, 2013, pp. 203-222.
- [10] G. Rodríguez, P. San Martín y L. Manero, "*Análisis de reflexiones docentes en torno a experiencias maker en una asignatura de Introducción a la Ingeniería*", en VI Congreso Argentino de Ingeniería UNNE-UTN, Corrientes y Resistencia, Argentina, 7-9 de Septiembre, 2022, pp. 33-43.
- [11] M. Khineand and S. Areepattamannil, *STEAM Education. Theory and practice*, 1st ed. Cham, Switzerland: Springer, 2019.
- [12] J. Bouwma-Gearhart, Y.H. Choi, C.A. Lenhart, I. Villanueva, L.S. Nadelson, and E. Soto, "Undergraduate students becoming engineers: The Affordances of University-Based makerspaces," *Sustainability*, vol. 13, no. 4, Art.no. 1670, Feb. 2021, doi: 10.3390/su13041670.
- [13] D. Braccialarghe, B. Introcaso y G. Rodríguez, "Hacia la construcción de la modalidad de taller como propuesta de integración entre introducción a la ingeniería y las ciencias básicas", *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, vol. 4, no. 9, pp. 41-50, 2015.
- [14] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), *Manual de Acreditación para Carreras de Ingeniería en la República de Argentina*, (2020). [En línea]. Disponible en: <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2021/05/LIBRO-VERDE-CONFEDI-PROPUESTA-DE-ACREDITACION-CARRERA-DE-GRADO-2000.pdf>
- [15] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), "Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina, Libro Rojo de Confedi", confedi.org.ar. Accedido: 01 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [16] P. San Martín, "Aspectos sociales y tecnológicos del Dispositivo Hipermedial Dinámico desarrollados en diferentes contextos educativos", *Revista de Educación*, vol. 5, no. 4, pp. 81-98, 2013. [En línea]. Disponible en: https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/703/722
- [17] P. San Martín y G. Andrés, "Creativa Monumento: Mediatization and sustainability of cultural landscape", *La Trama de la Comunicación*, vol. 25, no. 1, pp. 123-141, 2021.
- [18] H. Thomas, M. Fressoli y G. Santos, Eds. *Tecnología, desarrollo y democracia. Nueve estudios sobre dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social*, Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, 2012.
- [19] P. San Martín, M. Endere, N. Levran, G. Andrés y M. Mariano, "*Hacia un marco conceptual y metodológico para la construcción del Modelo de evaluación de la sustentabilidad PCI-Inclusión Social*", en *Patrimonio Cultural Inmaterial e Inclusión Social. Aportes Para la Agenda De Desarrollo de la era post-COVID en América Latina y el Caribe*, P. San Martín Ed., 1ra ed. Montevideo, Uruguay: UNESCO, 2022, pp. 49-68.

- [20] G. Andrés, P. San Martín y G. Rodríguez, “Análisis multidimensional de la sostenibilidad-DID en el contexto físico-virtual”, *Cuadernos.Info*, no. 54, pp. 1-22, 2023, doi: 10.7764/cdi.54.52515.
- [21] G. Rodríguez, G. Andrés, P. Gallucci, M.F. Sklate Boja y I. Esquivel, “Comunicación, integración tecnológica e innovación educativa. Análisis multidimensional de un caso en carreras STEAM”, *Mediaciones de la Comunicación*, vol. 19, no. 1, pp. 189-209, 2024, doi: 10.18861/ic.2024.19.1.3533.
- [22] G. Rodríguez, R. Guerrero y F. Nardoni, “Repensar la praxis educativa: integrando el hacer en primer año de una carrera de ingeniería”, *Propuesta Educativa*, vol. 2, no. 50, pp. 79-91, 2018.
- [23] P. San Martín, *La apropiación creativa de la tecnología en educación. Claves para su comprensión*, 1ra ed. Buenos Aires, Argentina: Teseo, 2023.
- [24] G. Andrés y P. San Martín, “Modelo analítico multidimensional para la construcción y la evaluación de Prácticas Educativas Mediatizadas”, *Revista Argentina de Educación Superior*, vol. 11, no. 18, pp. 88-104, 2019.
- [25] P. San Martín, G. Rodríguez y R. Pettinari, “La noción de Presencialidad-DHD para el despliegue de prácticas educativas mediatizadas no excluyentes”, *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. 2, no. 8, pp. 1-27, 2022, doi: 10.46377/dilemas.v9i2.3047.
- [26] R.K. Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, 3rd ed. London, UK: Sage, 2003.
- [27] R. García, *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, 1ra ed. Barcelona, España: Gedisa, 2006.
- [28] M. Borrego, E. Douglas, and C. Amelink, “Quantitative, qualitative, and mixed research methods in engineering education,” *Journal of Engineering Education*, vol. 98, no. 1, pp. 53-66, 2009. doi: 10.1002/j.2168-9830.2009.tb01005.x.
- [29] P. Bourdieu, *Las estrategias de la reproducción social*, 1ra ed. Buenos Aires, Argentina: Siglo Veintiuno Editores, 2011.