SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS EN INGENIERÍA:

Fundición, electricidad y entornos virtuales

AUTORÍA

Jorge Holguin Anzules
Alejandro Sebastián Sánchez Mendoza

EDICIONES RISEI

COLECCIÓN:
Sistematización de Experiencias Educativas

Sistematización de experiencias educativas en ingeniería: fundición, electricidad y entornos virtuales

Autores

Jorge Tomas Holguin Anzules
Alejandro Sebastián Sánchez Mendoza

© Ediciones RISEI, 2025.
Todos los derechos reservados.
Este libro se distribuye bajo la licencia Creative Commons Atribución CC BY 4.0 Internacional.
Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la posición de la editorial.

Editorial: Ediciones RISEI.
Colección Sistematización de Experiencias Educativas.
Título del libro: Sistematización de experiencias educativas en ingeniería: fundición, electricidad y entornos virtuales.
Autoría: Jorge Tomas Holguin Anzules / Alejandro Sebastián Sánchez Mendoza .
Edición: Primera edición.
Año: 2025.
ISBN: 978-9942-596-32-1.
DOI: https://doi.org/10.63624/risei.book-978-9942-596-32-1

Coordinación editorial: Jorge Maza-Córdova y Tomás Fontaines-Ruiz.
Diagramación y diseño: Unidad de Diseño.
Revisión por pares: Sistema doble ciego de revisión externa.

Machala — Ecuador, diciembre de 2025.

Este libro fue diagramado en LaTeX.
Disponible en: https://editorial.risei.org/
Contacto: info@risei.org

Prólogo

El presente libro reúne dos experiencias educativas que evidencian el valor transformador de la sistematización como herramienta para comprender, fortalecer y compartir prácticas docentes en el ámbito de las ingenierías. Ambos capítulos, desarrollados en contextos y asignaturas distintas, convergen en un propósito común: demostrar que las metodologías activas de aprendizaje requieren no solo ser aplicadas, sino también documentadas, analizadas y reflexionadas para mejorar su impacto formativo.

El primer capítulo expone una propuesta de aprendizaje activo orientada al diseño y fabricación de piezas mediante procesos de fundición. Allí, la sistematización permitió registrar los desafíos reales enfrentados por los estudiantes, visibilizar la relación entre liderazgo ético y logro técnico, y subrayar la necesidad de estandarizar el rol docente para garantizar la transferencia de conocimientos. Esta experiencia muestra cómo la reflexión estructurada convierte la práctica en conocimiento replicable, capaz de orientar futuras intervenciones en el ámbito de la ingeniería.

El segundo capítulo presenta la incorporación de entornos virtuales, específicamente Tinkercad, para potenciar la comprensión de la electricidad básica en estudiantes de Tecnologías de la Información. A través de un proceso de investigación-acción, la sistematización permitió identificar dificultades conceptuales, valorar la motivación estudiantil y evidenciar que el aprendizaje práctico puede sostenerse incluso en ausencia de laboratorios físicos. Los resultados demostraron mejoras notables en el desempeño académico y una alta transferibilidad de la estrategia a otros escenarios de formación.

Ambas experiencias confirman que la sistematización no es solo un mecanismo de recuperación de lo vivido, sino una estrategia epistemológica que otorga sentido, orden y perspectiva a la práctica docente. Cuando los docentes sistematizan, adquieren la capacidad de interpretar sus acciones, reconocer los factores que condicionan el aprendizaje y construir marcos de mejora sostenibles basados en evidencia propia. Esto impulsa una docencia más crítica, reflexiva y estratégica, capaz de responder a las demandas contemporáneas de la educación superior.

Además, el libro destaca la importancia de institucionalizar la sistematización como parte del desarrollo profesional docente. Al promover procesos formativos en los que los profesores aprendan a documentar, analizar y difundir sus experiencias, las universidades fortalecen la innovación pedagógica, fomentan la colaboración académica y amplían el repertorio de buenas prácticas disponibles para sus comunidades. Esta obra, por tanto, se constituye en un insumo valioso para quienes buscan transformar la enseñanza desde una mirada integral, reflexiva y orientada a la mejora continua.

Índice general

Prólogo i

1. Práctica guiada en procesos de manufactura como estrategia de enseñanza 1
1.1. Introducción 3
1.2. Experiencia y delimitación 10
1.3. Identificación de Conceptos Estructurantes 11
1.4. Formulación de Dimensiones 12
1.5. Construcción de Indicadores 14
1.6. Fuentes y Métodos de Verificación 16
1.7. Justificación Teórica del Conjunto 17
1.8. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera 19
1.9. Ecosistema estratégico 25
1.10. Transición hacia la Evaluación 35
1.11. Instrumentos de evaluación 36
1.12. Indicadores de Evaluación y Criterios de Validez 37
1.13. Análisis Preliminar de Evidencias 39
1.14. Reflexión Crítica 42
1.15. Balance y Proyección de la Experiencia 44
1.16. Reflexión Crítica sobre la Experiencia de Fundición en Aluminio 45

2. Experiencia de enseñanza de Tinkercard en el electricidad y magnetismo 57
2.1. Introducción 59
2.2. Fundamentación conceptual y operativa de la experiencia 64
2.3. Dimensión institucional 67
2.4. Dimensión subjetiva 67
2.5. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera 70
2.6. Ecosistema estratégico 77
2.7. Evaluación: Indicadores, Instrumentos, Análisis. 87
2.8. Reflexión crítica y proyección transformadora 96

1

Práctica guiada en procesos de manufactura como estrategia de enseñanza

Jorge Tomas Holguin Anzules [1]

La sistematización describe la aplicación de una metodología de aprendizaje activo para reducir la brecha entre teoría y práctica profesional. Su objetivo fue evaluar el autoaprendizaje y el trabajo en equipo en condiciones de incertidumbre y búsqueda de recursos. Se diseñó y fabricó una pieza mediante fundición usando un protocolo de autogestión basado en actas de conflicto. Los resultados mostraron correlación entre liderazgo ético y precisión dimensional, destacando la necesidad de estandarizar el rol docente y replicar esta metodología.

[1] Universidad Estatal de Milagro, `jholguina7@unemi.edu.ec`.

Índice

1.1. Introducción 3
1.2. Experiencia y delimitación 10
1.3. Identificación de Conceptos Estructurantes 11
1.4. Formulación de Dimensiones 12
1.5. Construcción de Indicadores 14
1.6. Fuentes y Métodos de Verificación 16
1.7. Justificación Teórica del Conjunto 17
1.8. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera 19
1.9. Ecosistema estratégico 25
1.10. Transición hacia la Evaluación 35
1.11. Instrumentos de evaluación 36
1.12. Indicadores de Evaluación y Criterios de Validez 37
1.13. Análisis Preliminar de Evidencias 39
1.14. Reflexión Crítica 42
1.15. Balance y Proyección de la Experiencia 44
1.16. Reflexión Crítica sobre la Experiencia de Fundición en Aluminio . . 45

1.1. Introducción

La experiencia de innovación didáctica que se sistematiza se circunscribe al contexto de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), específicamente dentro de la Facultad de Ingeniería. El escenario didáctico se sitúa en la asignatura de Procesos de Manufactura, materia esencial de la carrera de Ingeniería Industrial. Esta ubicación es crucial, pues la asignatura exige la conexión directa entre la teoría de los procesos productivos y su aplicación práctica, un desafío recurrente en la formación de ingenieros en entornos universitarios masivos. La sistematización se enfoca en cómo la metodología activa logró cerrar la brecha formativa entre el conocimiento conceptual y la ejecución técnica.

La población participante en esta metodología de enseñanza innovadora está constituida por la totalidad de estudiantes matriculados en la asignatura de manufactura del primer semestre del año 2025, un grupo intacto de jóvenes hombre y mujeres cuyas edades oscilan entre 18 y 25 años. Estos futuros ingenieros industriales poseen una base teórica inicial, pero carecen de experiencia práctica en la manipulación directa de procesos técnicos industriales. Dicho perfil, caracterizado por la expectativa de una formación altamente técnica, presentó un terreno fértil para la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que fomentaran el liderazgo y la resolución de problemas mediante el trabajo en equipo. La experiencia se convirtió en un laboratorio social que trascendió los lineamentos de instrucción técnica y aprendizaje aplicado.

El momento cumbre de la práctica se manifestó durante el módulo de Fundición, al implementar la estrategia de aprender haciendo. Los estudiantes recibieron el desafío de construir un horno para la fundición de materiales no ferrosos, su funcionabilidad tenía que estar ligado al uso exclusivamente de materiales reciclados y de llevar a cabo la fundición de aluminio a partir de latas de bebidas recuperadas. La escena del desarrollo de cada una de las etapas de metodología fueron impactantes: los grupos, inicialmente estaban un poco desconcertados, seguían los procedimientos, más sin embargo en las primeras instancias varios integrantes mostraban resistencia ante el desafío planteado, pero a medida que el desarrollo de la práctica avanzaba comenzó una activación en cada uno de los integrantes, llevándolos a contagiarse activamente en este nuevo ambiente de aprendizaje, además claramente se logró evidenciar un liderazgo espontáneo que dinamizó el desarrollo del aprendizaje significativo. La intensidad de la actividad, que demandó ingenio y coordinación grupal, culminó en una alta tasa de éxito y notablemente, en resultados de

evaluación espectaculares, demostrando que esta estrategia influyo significativamente el rendimiento de los de los estudiantes de marera positiva.

Las condiciones que favorecieron el éxito de la experiencia radicaron en la intencionalidad del diseño metodológico. La orientación del proyecto hacia el reciclaje de aluminio y la contribución al medio ambiente generó un sentido de propósito que transformó la actividad de una tarea académica a un ejercicio de ética y sostenibilidad crucial para la Ingeniería Industrial. Este enfoque estimuló un ambiente propicio para el autoaprendizaje, donde los estudiantes se apropiaron del desafío. Sin embargo, se enfrentaron limitaciones significativas que se convirtieron en oportunidades formativas. La primera fue la carencia de un lugar seguro y formal dentro de la universidad para realizar la fundición, lo cual obligó a los grupos a ejercer una autogestión de recursos y negociación de espacios, simulando la complejidad de un entorno industrial real. En segundo lugar, la ausencia total de experiencia previa de los participantes en procesos de alta temperatura no solo requirió una tutoría intensiva, sino que hizo imperativo el uso riguroso del Equipo de Protección Personal. Este factor de seguridad, junto a la necesidad de seleccionar herramientas adecuadas que mitigaran el riesgo inherente a la inexperiencia, se convirtió en el eje de un aprendizaje práctico sobre la normativa de riesgos laborales que es fundamental para el ejercicio profesional.

Este contexto, está basado en la realidad operativa de la asignatura Procesos de Manufactura, resulta esencial y fundamental porque permite comprender que la experiencia innovadora no se apertura en el vacío metodológico. Por el contrario, surgió como una respuesta directa a una necesidad formativa concreta y urgente, que permite enlazar la enseñanza tradicional en las carreras de ingeniería y la práctica rigurosa que exige la industria, apartando el vacío que existe entre la teoría y la práctica. Esta propuesta no solo hizo posible la asimilación del conocimiento técnico de fundición, sino que también transformó el aula en un espacio autogestionado de seguridad industrial y liderazgo ambiental. De este modo, la práctica sistematizada se establece como el cimiento que justifica la inminente problematización de este capítulo.

El principal problema identificado en la asignatura reside en la resistencia disciplinar y la profunda falta de experiencia práctica en los estudiantes de Ingeniería Industrial. Esta dificultad crea un vacío formativo que limita radicalmente la transferencia de conocimiento conceptual a la acción práctica rigurosa y segura. Esta carencia no es exclusiva de lo técnico, sino que refleja un desafío transversal en la educación superior, pues la transición a la cultura disciplinar exige una alfabetización que trasciende el aula (Andrade, 2015).

La práctica de fundición evidenció que el desafío superaba la carencia de información, incidiendo directamente en la disciplina de trabajo, el manejo de la presión y la capacidad de autogestión. Además, este déficit se agrava por la falta de conocimiento de protocolos críticos como el uso correcto del equipo de protección personal, transformando la falta de experiencia en un riesgo alto. Esta brecha entre la teoría y la praxis en contextos de riesgo define la urgencia del problema Granados Romero et al. (2020), pues sin una práctica disciplinada y segura, el ingeniero es incapaz de responder a las exigencias de un entorno industrial moderno que demanda exigencia en conocimiento y habilidades.

La trascendencia de esta problemática se fundamenta dos pilares elementales: el sustento teórico que exige la praxis ingenieril y la formación de la identidad profesional del futuro egresado. El enfoque tradicional de la enseñanza, basado en la instrucción teórica, es insuficiente; no logra mitigar el miedo a los trabajos prácticos ni la inexperiencia técnica, elementos que resultan cruciales para el futuro ingeniero industrial. Tomando en cuenta también la poca capacidad para trabajar bajo presión y la dificultad logística para manejar los insumos en el campo practico se configuran como obstáculos reales. Por ello, se vuelve fundamental que los estudiantes no solo conozcan los procesos, sino que participen activamente en la construcción del conocimiento, asumiendo roles profesionales de la industria. Esta apropiación requiere trascender el conocimiento conceptual e integrar las habilidades blandas, la logística de recursos y la cultura de la seguridad dentro del diseño curricular, asegurando una formación competente y alineada con las demandas del sector industrial productivo.

De no haberse atendido este problema significativo de disciplina, las implicaciones para la formación de estos futuros ingenieros serían complejas extremadamente compleja. Los estudiantes habrían continuado reproduciendo un patrón de riesgo e ineficiencia sistemática, en el cual la totalidad de los protocolos teóricos de seguridad industrial quedaban confinados a la memorización, sin llegar a ser analizados ni aplicados en el entorno de practica real. Esta desconexión tiene consecuencias operativas inmediatas: la inacción conduce a la interacción de prácticas fallidas y tiempos muertos, evidenciadas en el cuantioso desperdicio de materiales como el aluminio fundido y el uso excesivo de tiempo para la ejecución de tareas críticas, comprometiendo gravemente la eficiencia productiva del proceso. Más alarmante aún, esta deficiencia aumenta exponencialmente el riesgo de accidentes laborales, como quemaduras severas o fracturas, directamente atribuibles al manejo indebido de equipos y a la falta de disciplina en el uso estricto los equipos de protección personal. Esta incapacidad para trasladar la teoría a una ejecución segura, efectiva

y con recursos limitados representa una falla de transferencia que, en la vida profesional, deriva en un bajo liderazgo técnico y en un profesional que requiere un reentrenamiento intensivo al egresar, limitando su preparación integral y su competitividad en el campo laboral (Henao-Calad & Rodríguez-Lora, 2012).

Una evidencia tangible de la dificultad en la transferencia del conocimiento se cristalizó durante la fase de ejecución de la práctica de fundición con materiales autogestionados. La manifestación del problema fue inmediata, en los grupos predominó un notable desconocimiento inicial de los protocolos de manejo seguro de recursos, además de una profunda inexperiencia técnica, incluso para tareas consideradas básicas dentro de la manufactura.

A modo de ilustración, describimos una anécdota singular de un equipo: para suplir la escasez de materia prima (aluminio), los estudiantes se vieron obligados a organizar mingas de limpieza comunitaria en sus barrios. Si bien este ejercicio resolvió la logística de insumos y demostró una notable capacidad de autogestión social, expuso simultáneamente su nula conexión previa con las cadenas de suministro industrial. De forma más preocupante, la inexperiencia en materia de seguridad se hizo evidente cuando el desconocimiento del manejo del óxido de metal les impuso la necesidad urgente de recibir charlas con proveedores de EPP para aprender el uso correcto de una mascarilla con filtro activado. Finalmente, la indisciplina en el manejo riguroso de protocolos técnicos tuvo un costo operativo y económico inmediato: la omisión de los tiempos adecuados de enfriamiento resultó en moldes con vacíos significativos en la fundición, forzando a los equipos a repetir el proceso. Estas fallas ilustraron de manera tangible el alto costo del error técnico y la absoluta necesidad de desarrollar la paciencia y el rigor disciplinar.

En síntesis, la problemática central que motiva esta sistematización fue la evidente disonancia entre la instrucción teórica de la Ingeniería Industrial y la competencia para la acción operativa segura, autogestionada y disciplinada. Este déficit no solo generó prácticas ineficientes, cuantificadas en desperdicio de material y tiempos muertos, sino que también elevó el riesgo operativo en el taller de fundición, obstaculizando la capacidad de los estudiantes para asumir plenamente sus roles profesionales con el rigor ético y técnico que demanda la industria. La propia experiencia, al exponer a los actores (estudiantes como trabajadores, docente como supervisor) a la gestión del riesgo y la logística, demostró que el desafío pudo ser reconducido hacia una oportunidad formativa de alto impacto.

El propósito de este estudio es analizar y comprender la incidencia de la estrategia del aprendizaje significativo, aprender haciendo, en el rendimiento académico y técnico

de los estudiantes de la materia de procesos de manufactura de la carrera de ingeniería industrial, a partir de una práctica de fundición con gestión de riesgo controlado. con el fin de mostrar cómo esta metodología se convierte en una estrategia efectiva para el desarrollo de la disciplina operativa permitiendo cerrar la brecha entre la teoría y la práctica.

La razón fundamental para narrar esta experiencia docente trasciende el simple reporte de resultados. Se busca describir la práctica de fundición como un escenario de aprendizaje activo, evidenciando los beneficios concretos en el rendimiento de los estudiantes al migrar de metodologías expositivas tradicionales hacia el compromiso directo con el hacer. El objetivo es dejar de concebir la docencia como una transmisión de información para entenderla como un diseño de experiencias que obligan al estudiante a asumir un rol profesional, tal como se evidenció en la necesidad de gestionar equipos de protección personal y la logística de insumos. Este análisis constituye el paso esencial para transformar una intervención puntual en un modelo didáctico replicable que eleve las competencias técnicas y la disciplina Grinsztajn et al. (2015), marcando una ruptura metodológica con la inercia del aula clásica.

Este propósito resulta relevante tanto para los docentes y estudiantes participantes como para la comunidad académica en general. En el plano individual, el estudiante fortalece su identidad profesional al interiorizar la disciplina y el rigor del trabajo manual, mitigando el miedo a la práctica e influyendo en el rendimiento académico y técnico. En lo colectivo, la institución se beneficia al proyectar hacia afuera un modelo didáctico que resuelve una brecha formativa, fortaleciendo la calidad de la enseñanza de la Ingeniería Industrial. Como advierte Gallardo (2024), el foco en el aprendizaje activo es indispensable para el desarrollo de competencias en educación superior, se trata de un proceso de construcción de la identidad profesional en el que los estudiantes no solo asimilan contenidos, sino que también se reconocen como gestores del aprendizaje activo.

Esta experiencia consolida la idea de que la enseñanza es una línea de cambios constantes, exigiendo al docente una innovación incesante en el aula para responder a las demandas del entorno productivo. El principal aporte a los lectores es la demostración que se deben aplicar metodologías de enseñanzas y que se deben arriesgar conceptos didácticos tradicionales por una enseñanza de vanguardia, donde el aula debe ser diseñada como un entorno de simulación profesional. Los actores de la enseñanza ya no son solo los profesores: la práctica demostró que tanto los estudiantes (como gestores del riesgo y la logística) como las herramientas tecnológicas e incluso la Inteligencia Artificial (en la fase de planificación de procesos y seguridad) deben ser incorporados al proceso for-

mativo Rueda y Soriano (2024), Esto promueve un ambiente de liderazgo compartido y pensamiento crítico en los estudiantes.

El valor principal de esta experiencia radica en que constituye una estrategia innovadora de formación para estudiantes de ingeniería centrado en la autonomía de gestión y el manejo de riesgo controlado. Este es un aspecto poco abordado en los programas tradicionales, donde la práctica en laboratorio suele ser procedimental. Por lo tanto, esta sistematización merece ser leída y documentada por su capacidad para generar un cambio significativo formación de los estudiantes, demostrando que esta integración es el camino ideal para consolidar el conocimiento y la disciplina en los futuros egresados.

La distinción principal de esta práctica reside en la integración disruptiva de problemas reales en la planificación curricular. No fue una práctica tradicional de fundición, sino la simulación de un trabajo real donde el estudiante asumió la gestión completa del proyecto, desde la logística de insumos hasta la seguridad final. Esta aproximación al problema real motivó a los estudiantes ante el desafío, conduciéndolos hacia un aprendizaje significativo que rompe con la pasividad del laboratorio guiado. Al tomar una decisión pedagógica para resolver la brecha entre teoría y la experiencia (problema basado en la práctica), esta experiencia se enmarca en la tradición de la investigación y acción, la cual es una herramienta esencial para la transformación de la práctica universitaria mediante la reflexión sistemática del docente (Revelo-Rosero et al., 2020).

Los impactos observados fueron tangibles y se manifestaron en el ambiente de un aprendizaje donde la participación activa del profesor, estudiante e institución fueron de suma importancia. El principal efecto en los estudiantes fue la transformación de su percepción frente a la autogestión logística y el riesgo. En las primeras fases, los grupos expresaban inseguridad al planificar la obtención de insumos y al asumir la responsabilidad total de la seguridad, una actitud típica de la pasividad del laboratorio guiado. Sin embargo, al finalizar el proceso, lograron consolidar su capacidad de solución de problemas y una mayor disciplina operativa. Este cambio, donde el estudiante se vuelve autocrítico y responsable de su proceso, válida la estrategia didáctica como una vía para la autogestión del conocimiento esencial en la formación ingenieril (Metaute-Paniagua et al., 2020).

A nivel institucional, el proyecto resultó en un modelo de laboratorio de bajo costo y alto impacto formativo. El docente, por su parte, redefinió su rol a un supervisor, guía y asesor técnico, demostrando un aprendizaje reflexivo basado en la confianza y el acompañamiento. Los aspectos más valiosos de esta práctica de fundición son altamente transferibles a otros programas de enseñanza. Aunque esta experiencia surge en un contexto

específico de Ingeniería Industrial y con un componente de riesgo controlado, el modelo implementado es transferible porque se basa en principios pedagógicos universales de autonomía y rigor.

El diseño de la experiencia de aprendizaje activo, fundamentado en la autogestión de recursos y la simulación de problemas reales, puede ser adaptado a cualquier otra asignatura con componente práctico de la carrera como ejemplo podemos tomar las materias: ciencias de materiales, instrumentación industrial y procesos industriales. Que son parte de la formación del ingeniero. Estos elementos pueden ser extrapolados a distintas facultades o universidades que busquen transformar el rol pasivo del estudiante a uno de gestor y solucionador de problemas.

Por ello, esta metodología no debe ser vista como una anécdota, sino como un modelo pedagógico de alto impacto y baja inversión que es fácilmente transferible a otras asignaturas de componente práctico dentro del currículo de ingeniería. Se recomienda a la comunidad docente explorar la implementación de este enfoque basado en la responsabilidad total del estudiante, como un camino efectivo para renovar la práctica educativa y cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la experiencia profesional, cumpliendo con el rol transformador que se exige hoy a la docencia universitaria (Loja & Suco, 2021).

La dimensión principal de análisis de esta sistematización se centra en la metodología implementada para generar la autonomía en el laboratorio o ambiente prácticos. Esto incluye especialmente la transferencia de la responsabilidad logística, el manejo delegado de protocolos de seguridad y la integración de riesgo controlado con la planeación de la práctica. La atención no recae en los resultados técnicos de la fundición en referencia a la parte y pieza final, sino en el proceso inmediato de construcción de disciplina operativa y la transformación del rol del estudiante al ser investido de responsabilidad total. Este enfoque busca evidenciar cómo este diseño instruccional actúa como el principal catalizador para la adquisición de las competencias de gestión requeridas en la práctica profesional, un elemento esencial que, en la práctica tradicional, rara vez logra consolidarse en el perfil del egresado de Ingeniería (Silva Quiroz & Maturana Castillo, 2017).

La delimitación espacial y temporal de esta experiencia están, corresponden al primer semestre académico del año 2025. Esta sistematización se acota a la práctica de fundición realizada con 40 estudiantes del curso de Procesos de Manufactura, pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FACI) de la UNEMI. El alcance de la sistematización considera únicamente las evidencias generadas en el ambiente práctico, es decir, dentro de las instalaciones del laboratorio de la carrera. Dicha elección espacial se justi-

fica porque es el único entorno que permite la simulación del riesgo controlado, siendo crucial para el análisis de la disciplina operativa. El estudio se enfocará en las tres fases del proceso: la planificación logística (antes del laboratorio), la ejecución (interacción con protocolos de seguridad) y la evaluación inmediata de resultados. No se incluyen los impactos posteriores, ya que desbordan el marco temporal y espacial fijado. Esta circunscripción, garantiza la factibilidad y el rigor metodológico de la investigación, permitiendo un análisis profundo del fenómeno en un escenario concreto (Romero et al., 2023).

Se opta por esta delimitación porque permite concentrarse en el núcleo pedagógico del proceso: cómo la transferencia de responsabilidad operativa a los estudiantes de Ingeniería Industrial transforma su actitud y su gestión del riesgo. Partimos del supuesto de que el modelo tradicional de laboratorio, enfocado en el seguimiento pasivo de instrucciones, limita el desarrollo de competencias esenciales como la toma de decisiones bajo presión, el manejo presupuestario y la autogestión de recursos, dejando vacíos formativos en la disciplina profesional. El recorte realizado resulta pertinente, pues ofrece un terreno acotado y observable que facilita el análisis sistemático y evita la dispersión en los resultados técnicos a largo plazo. Como recuerda A. M. Rodríguez (2019), la sistematización adquiere fuerza cuando explicita sus límites, ya que esa claridad es fundamental para construir conocimientos transferibles y con rigor analítico, permitiendo a otros educadores comprender las condiciones precisas para replicar el aprendizaje basado en la autonomía.

1.2. Experiencia y delimitación

En la primera parte de este capítulo se presentó la experiencia y la delimitación del objeto de estudio, identificando la necesidad de transformar la clase tradicional por modelos pedagógicos más dinámicos. La sistematización se enfocó en el acompañamiento a los estudiantes, evidenciando la importancia de implementar estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje activo para que ellos asuma un rol central en la elaboración de su propio conocimiento frente a problemas reales. Los resultados preliminares destacaron no solo la urgencia de este cambio metodológico, sino también la necesidad de que el profesor esté debidamente capacitado para aplicar eficazmente las estrategias, asegurando que el aprender haciendo se traduzca en conocimiento significativo.

Habiendo justificado el problema y definido los límites de la experiencia, es necesario ahora cambiar el registro del texto para pasar del relato descriptivo a la fundamentación

conceptual y operativa que soporta la sistematización. Este segundo apartado proveerá el marco teórico que sostiene la innovación. Su enfoque principal será demostrar que el aprendizaje activo es una necesidad formativa en la educación superior, especialmente para los estudiantes de ingeniería, ya que la aplicación de estas estrategias es indispensable para mejorar su rendimiento, impulsar el autoaprendizaje y evidenciar notables mejoras en el trabajo en equipo y en la forma de enfrentarse a nuevos desafíos. Para ello, se definirán los conceptos clave y se presentarán las dimensiones e indicadores utilizados, centrándose en cómo el método de aprendizaje activo genera un aumento tangible en el rendimiento de las evaluaciones de desempeño de la materia, sirviendo este desempeño como el principal indicador de valor de la experiencia sistematizada.

1.3. Identificación de Conceptos Estructurantes

En el caso de la experiencia sobre estrategias de enseñanza, la transición del relato descriptivo de esta práctica nos lleva a una interpretación que requiere de un marco conceptual amplio que sostenga el análisis. El problema formativo inicial, centrado en el desinterés de los estudiantes y el bajo rendimiento, motivó una reestructuración en la enseñanza. Para fundamentar teóricamente esta transformación, se seleccionaron cuatro nociones esenciales que, interconectadas, permiten organizar y medir el impacto de la experiencia sistematizada.

Los conceptos clave que estructuran el análisis de esta experiencia se los describe a continuación: Los dos primeros, el Aprendizaje Activo y el Aprender Haciendo son los que definen el enfoque metodológico de la intervención, promoviendo el involucramiento de los estudiantes en casos reales. El tercero es el rol de los estudiantes que define la conducta esencial buscando fomentar y potenciar su autoaprendizaje. Finalmente, el Rendimiento Académico es el indicador fundamental utilizado para medir si el cambio en el Diseño de Clases Activas y la aplicación de las Estrategias de Aprendizaje fueron eficaces.

Para iniciar la fundamentación, es imprescindible definir el eje didáctico de la intervención: el Aprendizaje Activo. Esta aproximación va más allá de la simple participación, porque requiere una profunda implicación cognitiva para que el estudiante elabore su propio conocimiento frente a desafíos. Como afirman Jaramillo-Martínez et al. (2024), el Aprendizaje Activo implica la participación activa del alumnado en actividades prácticas y en la reflexión en torno a su propio proceso de aprendizaje, promoviendo la construcción

de conocimiento significativo en contextos educativos diversos. Esta concepción es la base que orienta la transformación del Rol del Docente, pasando de transmisor a facilitador de escenarios de enseñanza innovadores.

La definición clara del rol del estudiante y del docente se vuelve crucial. La efectividad del aprendizaje activo depende de un buen diseño del entorno de aprendizaje. Como señalan R. F. B. Rodríguez et al. (2024), el rol del docente debe evolucionar hacia el de facilitador y guía, ya que las metodologías activas requieren un diseño de clases centrado en la indagación y en el involucramiento de los estudiantes. Este cambio de roles legitima la necesidad de capacitación docente en esta atmósfera de clases innovadoras, que buscan mejorar el rendimiento académico a través de la práctica constante y la retroalimentación.

En síntesis, los conceptos que estructuran esta experiencia constituyen el punto de partida para la construcción de las dimensiones e indicadores que permitirán evidenciar cómo el cambio didáctico promovido por las estrategias de aprendizaje activo influyó en el Rendimiento Académico de los estudiantes. Estos términos organizan el análisis en las tres fases de la sistematización: evaluación inicial, aplicación de la estrategia y evaluación final, cerrando el ciclo teórico y abriendo el paso a la operacionalización de la experiencia.

1.4. Formulación de Dimensiones

A partir de los conceptos estructurantes de aprendizaje activo y rendimiento académico definidos en el puente anterior, esta experiencia se organiza en tres dimensiones principales: Proceso Didáctico, Actitud e Impacto. La formulación de dimensiones permite ordenar la complejidad de la práctica, segmentar el análisis en categorías rigurosas y traducir el fenómeno vivido en un lenguaje comunicable para la comunidad académica.

Esta dimensión se refiere al cambio en la forma de enseñanza y a la aplicación de las Estrategias de Aprendizaje (ABP e ABI) implementadas para llevar el conocimiento más allá del aula. Incluye la calidad del Diseño de Clases Activas y la gestión de la complejidad de los casos prácticos reales propuestos. Es importante que la estrategia de enseñanza de forma activa sea evaluada en función de la innovación curricular que se propone. Como destaca Lascano et al. (2024), la efectividad de estas metodologías reside en el diseño de retos que promuevan la participación activa y el compromiso del alumnado. Esta dimensión se evidenció en el estricto cumplimiento del compromiso en las tareas encomendadas y la creación de entornos para el trabajo en equipo en condiciones reales.

Ejemplo práctico: El docente modificó completamente la planificación curricular de la materia, pasando de la exposición magistral a la implementación de situaciones problema abiertas y complejas, donde la aplicación práctica era la única vía para generar información relevante.

Esta dimensión remite al rol activo del estudiante y la actitud frente a retos, analizando la transición de una actitud pasiva a una proactiva, elevando siempre el nivel de motivación, involucramiento y la capacidad para el autoaprendizaje. Como señalan Buenaño et al. (2024), la motivación intrínseca desempeña un papel crucial en el rendimiento académico, especialmente en el contexto universitario, donde los estudiantes enfrentan numerosos desafíos académicos y personales. Es indispensable alinear la autonomía estudiantil con la eliminación del miedo escénico y la participación en el debate en los grupos de trabajo. Esta dimensión se reflejó en la disminución de la dependencia del profesor y el aumento en la calidad de las propuestas autónomas.

Ejemplo práctico: Se reflejó en los testimonios donde los estudiantes ya no esperaban la información del profesor, sino que lideraban el debate en los grupos de trabajo y defendían sus hallazgos, mostrando una eliminación del miedo escénico en las presentaciones finales.

Esta dimensión remite al efecto directo de la estrategia didáctica en los resultados del aprendizaje activo y el rendimiento académico de los participantes. Abarca la medición de los paradigmas del aprendizaje activo y su traducción en una mejora verificable. Es importante recalcar que la innovación en la docencia universitaria debe convertirse en mejoras claras en el rendimiento de los estudiantes. Como señalan Quintana (2024), la innovación educativa ha emergido como una estrategia clave para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversos contextos. Esta dimensión se manifestó en la evidencia del rendimiento significativo obtenido en la comparación entre las evaluaciones iniciales y finales.

Ejemplo práctico: La dimensión se evidenció concretamente al registrar un incremento del 20 % en la nota promedio obtenida por el grupo en la evaluación final, lo que validó la efectividad de la estrategia didáctica aplicada.

En conjunto, las dimensiones formuladas permiten organizar la experiencia en niveles de análisis claros y fundamentados teóricamente, garantizando un equilibrio entre teoría y práctica. La coherencia interna de estas categorías de análisis es lo que dota de validez a la sistematización. Esto fundamenta la importancia de la objetividad en el análisis cualitativo, mientras que Aráoz Cutipa y Pinto Tapia (2021), sostiene que el análisis integral

por dimensiones asegura la validez y transferibilidad de los hallazgos en la investigación educativa.

1.5. Construcción de Indicadores

La formulación de indicadores marca el tránsito final del plano conceptual al plano operativo de la sistematización. Si las dimensiones definen qué se va a analizar, los indicadores establecen cómo se medirá esa dimensión, transformando ideas abstractas como el "Aprendizaje Activo" en datos concretos y verificables. Los indicadores son el puente entre el relato de la práctica y la validación de sus resultados. Como señalan Espinosa y Mercado (2011), en la investigación educativa, estos elementos son cruciales para dotar de objetividad al conocimiento construido, permitiendo que las conclusiones sobre el rendimiento significativo sean demostrables. Su formulación precisa es vital para asegurar la fiabilidad y la replicabilidad del proceso de evaluación.

Es importante señalar que estos elementos son cruciales para dotar de objetividad y rigor al conocimiento construido, de tal manera que son herramientas adecuadas para gestión de la calidad en la enseñanza. Su formulación precisa es vital para asegurar la fiabilidad y la replicabilidad del proceso de evaluación.

El diseño de la experiencia se basó en la recopilación sistemática de seis indicadores clave distribuidos en las tres dimensiones analíticas:

En la dimensión del Proceso Didáctico, mide la calidad y la eficiencia de la aplicación de las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) e Investigación (ABI), enfocándose en la ejecución de la estrategia didáctica, se establecieron dos indicadores: (1) Cumplimiento y presentación de avances del trabajo práctico, (2) Comparación de los avances realizados por cada equipo de trabajo con el cronograma definido (eficiencia grupal). La necesidad de medir el proceso se debe a que la efectividad del aprendizaje activo depende de la ejecución planificada, H. A. Á. Sepúlveda (2020) enfatiza que la evaluación del proceso debe ir más allá del resultado final, analizando la gestión del tiempo y la disciplina metodológica tanto del docente como del estudiante durante el ciclo de intervención. En esta sistematización, el Indicador dos, se volvió crucial para entender el ritmo de trabajo de cada equipo, revelando si la rúbrica de evaluación y el diario de campo del docente eran fuentes de evidencia claras para asegurar la trazabilidad y el rigor de la aplicación del método.

En la dimensión de la Actitud (Subjetiva Motivacional), se concentra en la manifestación observable del rol activo del estudiante y el impacto del ABP/ABI en la motivación y las habilidades blandas. Por lo que se establecieron dos indicadores: (1) Interacción grupal, participación en los debates y en el desarrollo del proyecto, (2) El desempeño en la presentación final enfocado en el análisis de respuestas, conocimiento del tema y la experiencia contada. Para medir aspectos tan cualitativos como la motivación o el debate, se requiere un enfoque centrado en las competencias, según López Zafra et al. (2015), sostienen que la evaluación debe enfocarse en la capacidad del estudiante para movilizar recursos en situaciones complejas, lo cual se evidencia en la interacción grupal. La validez de esta medición se asegura mediante la lista de actuaciones de los estudiantes y el análisis de las grabaciones de la experiencia, funcionan como evidencia directa y no reactiva del cambio actitudinal y la eliminación del miedo escénico, permitiendo la triangulación de datos.

En la dimensión de Impacto, se refiere a resultados y rendimiento de ls estudiantes esta etapa ofrece la evidencia más tangible del éxito de la intervención, midiendo el rendimiento significativo en el aprendizaje disciplinar. Por lo que se establecieron dos indicadores: (1) diferencia porcentual entre la nota promedio de la evaluación final y la inicial, (2) reportes finales de la práctica, fundamentado en el uso de palabras técnicas técnica, evaluado mediante rúbrica. El primer indicador de esta etapa se alinea con los estándares internacionales para medir el impacto de las reformas educativas, que permiten cuantificar el incremento del rendimiento como indicador principal de la efectividad. Por otro lado, el segundo indicador, verifica la calidad del aprendizaje profundo. Crespo Cabuto et al. (2021) señala que la evaluación por competencias debe utilizar rúbricas de desempeño para verificar el dominio del lenguaje técnico propio de la disciplina. Esta medición se realizó mediante el análisis de las bases de datos de calificaciones y las rúbricas de evaluación, cuya credibilidad, depende directamente de su diseño y lineamientos con los objetivos de aprendizaje.

En síntesis, la construcción de estos indicadores garantiza que el análisis de la sistematización trascienda de una simple narración para basarse en la evidencia empírica. Al desglosar cada dimensión en elementos medibles y asociarlos a fuentes de verificación específicas, se asegura la coherencia entre la teoría y la práctica. Con esta estructura operativa completada.

1.6. Fuentes y Métodos de Verificación

El rigor metodológico en la sistematización de experiencias demanda la articulación precisa entre los indicadores definidos y las fuentes empíricas que permiten su verificación, estableciendo así el principio de auditabilidad, (Castillo & Vásquez, 2003a). Este puente describe el diseño operativo que transformó los indicadores teóricos en datos comprobables, asegurando que la reconstrucción del proceso y la interpretación de los resultados no dependa únicamente de la percepción del docente, sino de la evidencia objetiva. La validez de un estudio educativo reside en la capacidad de demostrar que los hallazgos son creíbles, transferibles y consistentes. La metodología empleada combina enfoques cuantitativos y cualitativos para triangular la información y generar una visión robusta del impacto de la innovación. La elección de fuentes se basó en su pertinencia directa con las dimensiones de Proceso, Actitud e Impacto, buscando minimizar el sesgo y garantizar que la evidencia recolectada fuera un reflejo fiel del fenómeno observado (Cisneros-Cohernour et al., 2012). Se utilizaron tres fuentes primarias para cubrir las distintas dimensiones, asegurando una visión integral y multidisciplinar de la intervención.

La primera fuente esencial fue la revisión de las Entregas de informes técnicos de la práctica y avances, cuyo método de verificación fue la aplicación de Rúbricas y la Medición de Desviación con respecto al tiempo de entrega según el Cronograma. Esta fuente se orientó directamente a la dimensión de Proceso, verificando el cumplimiento disciplinario. Con esta amplia información se logró medir específicamente la desviación promedio de las fechas de entrega, lo cual permitió establecer con exactitud si la planificación de la experiencia generó o no un aumento en la disciplina del trabajo y la gestión del tiempo por parte de los grupos de estudiantes. Según Chao y Durand (2019), indica que el uso de rúbricas garantiza la objetividad en la evaluación de la calidad técnica y la estructura de los informes intermedios.

La segunda fuente clave se centró en los videos de las etapas realizadas del proyecto y la exposición del trabajo en equipo, cuyo método de verificación fue el análisis de contenido discursivo y la observación sistemática. Esta fuente capturó la dimensión de actitud, evaluando la colaboración, la habilidad para resolver problemas en tiempo real y la destreza comunicativa durante la defensa final del proyecto. El análisis de contenido se enfocó en la codificación de las interacciones grupales, buscando evidencia del uso del lenguaje técnico, la proactividad del estudiante y la capacidad de argumentación ante

los desafíos presentados (Sayago, 2014). Este método cualitativo fue indispensable para validar el cambio en el rol del estudiante.

Finalmente, la tercera fuente consistió en los Registros institucionales, como de notas subidas a la plataforma académica de la universidad, utilizando el Análisis Comparativo como método de verificación. Esta fuente cuantitativa abordó directamente la dimensión de Impacto, proporcionando la evidencia del rendimiento académico. La verificación se realizó mediante el aumento del rendimiento en los estudiantes y, crucialmente, la comparación con la tasa de reprobados de la materia en semestres anteriores (Anzules et al., 2024). Esta comparación histórica permitió determinar si el éxito de la experiencia es atribuible a la innovación de estrategias de enseñanza si se enmarca en una tendencia previa, dotando de mayor significado a los resultados.

La integración y triangulación de estas fuentes es lo que nos lleva a la sistematización. El diseño buscó explícitamente el cruce de datos: por ejemplo, una baja desviación en las fechas de entrega de los informes (evidencia de Proceso) debe correlacionarse con una alta calidad en la exposición final (evidencia de Actitud) y, a su vez, con una reducción en la tasa de reprobados (evidencia de Impacto). Esta triple validación, que cruza la disciplina (informes), la conducta (videos) y el resultado académico (registros), demuestra que la mejora en el rendimiento no fue un evento aislado, sino la consecuencia directa del cambio en el proceso y la conducta del estudiante. Este diseño de verificación asegura que las lecciones aprendidas se basen en una evidencia multidisciplinar, preparada para el rigor académico del análisis final de la siguiente etapa.

1.7. Justificación Teórica del Conjunto

El presente puente establece el soporte epistemológico y metodológico que justifica la selección de cada componente de la sistematización, desde los conceptos fundamentales hasta los métodos de verificación utilizados. La sistematización, entendida como un proceso de producción de conocimiento a partir de la experiencia Ávila-Meléndez y Cortés-Montalvo (2017), exige que las categorías y herramientas de medición no sean arbitrarias, sino que respondan a un diálogo constante con la teoría. Esta justificación teórica es vital para garantizar la transferibilidad de los hallazgos, permitiendo que otras instituciones o colegas puedan comprender las bases de la intervención y aplicar las lecciones aprendidas en contextos similares. La estructura argumentativa se desarrolla validando la pertinencia

de los conceptos, la fiabilidad de los indicadores y el rigor de los métodos empleados para la recolección y análisis de la evidencia.

El marco conceptual de esta sistematización se centra en la relación entre Aprendizaje Activo y Aprendizaje Colaborativo, entendidos como procesos de construcción compartida del conocimiento. El Aprendizaje Activo promueve la participación del estudiante mediante la resolución de problemas y la reflexión sobre su propio proceso, lo que ha demostrado incrementar el rendimiento académico en disciplinas STEM. En tanto, el Aprendizaje Colaborativo proporciona el andamiaje social que permite que la interacción grupal y la responsabilidad individual potencien la comprensión profunda. Las dimensiones seleccionadas: Proceso, Producto e Impacto, garantizan una mirada integral sobre la experiencia, ya que no solo evalúan los resultados académicos, sino también la dinámica del trabajo en equipo y el desarrollo de competencias profesionales. Según Holliday (2019), la sistematización debe capturar tanto los resultados visibles como las transformaciones internas del sujeto que aprende, configurando así una lectura integral del fenómeno educativo.

Los indicadores definidos constituyen el vínculo operativo entre la teoría y la práctica, permitiendo evaluar con precisión los avances en los distintos niveles del aprendizaje. La diferencia porcentual entre la nota inicial y final permitió verificar la ganancia cognitiva, mientras que indicadores como el cumplimiento de entregas y la interacción grupal reflejaron el grado de disciplina y cooperación del estudiante. Finalmente, el reporte final de la práctica, evaluado mediante rúbricas, proporcionó una medida objetiva del dominio técnico y comunicativo alcanzado.

Como señalan Cardona y Sánchez (2010), los indicadores deben ser susceptibles de comparación a través del tiempo y dar cuenta del progreso y los cambios en el desempeño de los estudiantes; en este proceso, los indicadores permitieron observar avances en tres niveles: cognitivo, procesal y comunicativo.

La selección de fuentes y métodos de verificación en esta sistematización se fundamentó en la necesidad de garantizar la validez y la amplitud de los resultados obtenidos. La triangulación de datos cualitativos y cuantitativos, que enriquecer el análisis y aumentar la credibilidad de los hallazgos al combinar diferentes perspectivas metodológicas. En este estudio, se emplearon grabaciones de video para evidenciar categorías analíticas relacionadas con la interacción grupal y el desempeño en la presentación final, utilizando el análisis de contenido como herramienta principal. Además, la evaluación comparativa

y los registros institucionales proporcionaron evidencia objetiva (notas y cronogramas), asegurando una interpretación integral de la experiencia educativa.

En síntesis, los conceptos, dimensiones, indicadores, fuentes y métodos conforman un conjunto coherente y sustentado. Este andamiaje teórico metodológico convierte la experiencia pedagógica en un proceso de generación de conocimiento comunicable, validando que las mejoras en el desempeño académico y colaborativo de los estudiantes fueron consecuencia directa del rediseño metodológico. Como plantean Freeman et al. (2014), el aprendizaje se fortalece cuando la práctica se acompaña de reflexión crítica y evidencia empírica. Así, esta sistematización trasciende el relato descriptivo para consolidarse como un modelo replicable de innovación educativa fundamentada.

1.8. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera

Todo lo manifestado hasta este momento marca una línea de gran experiencia, de tal manera que los conceptos definidos en el Módulo 2 se cristalizan en fenómenos observables, trascendiendo la formulación abstracta para convertirse en categorías de análisis concretas. Este nuevo apartado se orienta a establecer el marco analítico específico de esta fase de la intervención, identificando tres constructos clave que sustentan el cambio en el rol del estudiante: el liderazgo distribuido y Gestión de la Interdependencia, la capacidad de indagación y la Transición al Rol Artífice de su propio conocimiento.

Estos conceptos, operan dentro de las dimensiones de proceso didáctico y Actitud, que permiten interpretar la dinámica grupal más allá del simple cumplimiento de tareas. El estudiante genera su propio conocimiento y se convierte en el principio actor de este capítulo, pues la autonomía demandada por la metodología activa forzó a los participantes a asumir un rol proactivo. Tal manifestación se alinea con la necesidad del perfil de egreso del Ingeniero Industrial, que permite evidenciar habilidades interpersonales y trabajo en equipo, elementos que serán verificados mediante los indicadores del capítulo anterior.

La sistematización de experiencias trasciende en descripción narrativa al demostrar cómo una práctica pedagógica innovadora establece una dinámica entre conceptual y operativo que se alinea directamente con el currículo y el perfil de egreso. Este puente se centra en establecer el vínculo directo entre la experiencia de aprendizaje activo en el curso de manufactura y las competencias fundamentales del Ingeniero Industrial de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI). La identificación de estas competencias ga-

rantiza que la innovación no sea un hecho aislado, sino una contribución estratégica a la formación integral dentro del marco de la sociedad del conocimiento.

Las competencias del perfil de egreso vinculadas a esta experiencia son:

- Utiliza los principios básicos de las ciencias de Ingeniería Industrial.
- Identifica, formula y evalúa problemas de producción y costos.
- Trabajar en equipo y poner en práctica las habilidades interpersonales.
- Evidenciar interés por el conocimiento del entorno y el desarrollo del aprendizaje

Estas competencias se relacionan directamente con el proceso de aprendizaje activo desarrollado en la asignatura de manufactura, siendo el escenario para la movilización integrada de saberes y actitudes.

La movilización integrada de conocimientos fue esencial para la Utilización de Principios Básicos de las ciencias de la Ingeniería Industrial. Esta competencia se consolidó porque la tarea de fundición obligó a los estudiantes a aplicar, y no solo a declarar conceptos sobre la transformación de la materia y procesos de enfriamiento, asimismo, la Identificación, Formulación y Evaluación de Problemas de Producción y Costos se desarrolló mediante la exigencia de generar propuestas viables de materiales. El proceso de evaluación obligó a los equipos a cuestionar la viabilidad económica y técnica de sus diseños, lo cual es fundamental para el pensamiento crítico que exige la disciplina.

En el plano actitudinal, la competencia de Trabajar en Equipo y poner en práctica las habilidades interpersonales se fortaleció profundamente porque la metodología activa impuso la interdependencia positiva. Esta experiencia contribuyó a que los estudiantes comprendieran la toma de decisiones técnicas como una práctica social negociada, donde la resolución de conflictos y el consenso son tan importantes como el cálculo, en línea con el entendimiento de la colaboración en entornos profesionales (Ortega & Morales, 2024). Finalmente, la necesidad de autogestión inherente al modelo activo permitió a los estudiantes Evidenciar interés por el conocimiento del entorno y el desarrollo del aprendizaje. Esto se manifestó como un proceso de reflexión y reescritura de sus propios procedimientos.

Un ejemplo concreto que evidenció esta transferencia fue la creación de una hoja de ruta Gantt para la etapa de diseño de la fundición y la subsiguiente presentación de las propuestas de materiales y costos. Este entregable, al ser revisado y comentado, mostró cómo

la aplicación de principios (cálculo de enfriamiento) y la gestión de la interdependencia (división de tareas en el Gantt) se integraban en un proceso reflexivo y planificado. En conjunto, las competencias trabajadas permiten evidenciar que esta experiencia no solo fortaleció aprendizajes inmediatos de manufactura, sino que aportó de manera directa al perfil profesional de los egresados de la carrera, cerrando la brecha entre el saber teórico y el desempeño requerido en la sociedad del conocimiento.

La validación de una experiencia educativa innovadora no se completa hasta que se demuestra su trazabilidad con los objetivos institucionales. Este puente establece la alineación constructiva entre la práctica pedagógica y los Resultados de Aprendizaje explícitos en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial. Dicha alineación, fundamental para el diseño curricular basado en la eficacia Cárdenas et al. (2019), convierte la experiencia en una evidencia objetiva de la pertinencia académica. Este tercer capítulo se focalizó en consolidar los resultados de aprendizaje, que deben estar armonizados desde lo instrumental hasta lo experimental, asegurando la formación del perfil de egreso en un contexto de incertidumbre y resolución de problemas.

Estos resultados aparecen recogidos en el plan de estudios de la carrera, los mismos que son parte crucial del currículo, que fueron activados y medidos en el desarrollo del proyecto de fundición que y se muestran a continuación:

- RA1: Utilizar los principios básicos de las ciencias de Ingeniería Industrial, en las operaciones unitarias y transformación de la materia prima, con el objeto de analizar el rendimiento de los procesos productivos.

- RA2: Evaluar la factibilidad de los proyectos, programas de producción considerando las normas de calidad establecidas, así como las restricciones implicadas por diseño (manufactura, costos, compatibilidad) con el fin de determinar objetivamente el valor de las soluciones.

- RA3: Trabajar en equipo y poner en práctica las habilidades interpersonales para la comunicación efectiva, que se oriente hacia la adaptación y transformación ética a nuevas situaciones personales y profesionales.

El primer resultado de aprendizaje mostrado, se fortaleció gracias a la práctica concreta que obligó a los estudiantes a cuantificar la eficiencia térmica del horno y el rendimiento de masa de la materia prima. Como proponen los modelos de currículo basado en competencias Molina y Martín (2014), este logro. se evidencia cuando el estudiante

aplica principios teóricos para analizar el rendimiento real de los procesos. La presentación de avances del proyecto, que incluía el diseño técnico del horno y de la pieza a construir, constituyó la evidencia directa de que los principios de la ingeniería ya no son abstracciones, sino herramientas analíticas esenciales.

En cuanto al segundo resultado de Aprendizaje, la experiencia práctica de fundición permitió a los estudiantes evaluar la factibilidad del proyecto (horno y pieza). La justificación del diseño incluyó la evaluación de los costos de materia prima, la inspección de calidad de la pieza fundida según el diseño, y la comparación de los rendimientos reales frente a las restricciones de manufactura. Este ejercicio materializa la necesidad de la formación en la complejidad Paz (2022), donde el ingeniero debe integrar variables técnicas, económicas y normativas para determinar el valor objetivo de sus soluciones, un aspecto crucial del perfil profesional de la UNEMI.

Finalmente, en el último resultado de aprendizaje mostrado, se desarrolló al exigir a los estudiantes un ejercicio de colaboración crítica en una situación de alto riesgo operativo. La necesidad de comunicación efectiva, asignación de roles y manejo responsable de los residuos fomentó la adaptación ética al requerir la toma de decisiones rápidas y el manejo responsable de residuos. La evidencia de competencias en la práctica Fonseca et al. (2024), se verificó mediante videos que registraron las charlas técnicas con cada equipo y la distribución organizada de las tareas de fundición, demostrando que la habilidad interpersonal fue movilizada para un fin productivo y seguro. La presentación de un anexo del reporte de avances, donde se detallaban procedimientos, materiales y costos de producción, integró la aplicación de los tres resultados de aprendizaje. de manera sistémica y verificable.

En conjunto, estos resultados mostrados en este capítulo, muestran que la experiencia no solo fortaleció competencias específicas de la manufactura. Aseguró, además, la trazabilidad entre el currículo, la práctica docente y el perfil de egreso, validando la pertinencia académica y profesional del modelo de intervención. La evidencia recogida permite avanzar al análisis de datos con la certeza de que los indicadores midieron logros curriculares definidos.

La eficacia de una intervención pedagógica se mide por la coherencia didáctica que articula las actividades de aula con los resultados de aprendizaje esperados (J. M. Sepúlveda & Véliz, 2013). Este puente establece la trazabilidad de las acciones concretas ejecutadas por los estudiantes, que permite conectar los resultados de aprendizaje definidos en el capítulo anterior y las evidencias objetivas generadas. Demostrar esta concatenación

es crucial para validar que la metodología activa promovió un aprendizaje significativo, enfrentando a los estudiantes con la complejidad real de la Ingeniería Industrial.

Entre las actividades principales implementadas en esta estrategia de enseñanza, orientadas la práctica de fundición, destacan las siguientes:

- A1: Diseño Preliminar del Molde y de la Pieza (Logo de la facultad, FACI).
- A2: Evaluación de Costos de Materiales, Cálculos de Volúmenes y Rendimiento.
- A3: Sesión de Trabajo Grupal para Asignación de Roles y Cronograma.

La actividad de Diseño Preliminar del Molde (A1), estuvo intrínsecamente ligado al primer resultado de aprendizaje descrito en el capítulo anterior (RA1). Direccionado siempre en lo que indica, Quintero et al. (2025), la coherencia entre actividades y resultados garantiza aprendizajes significativos. Esta actividad obligó a los estudiantes a aplicar principios de dibujo técnico, manufactura, entre otras materias básicas de la carrera, para determinar las cotas, los ángulos de salida y las especificaciones dimensionales necesarias para la posterior fundición del logo FACI. La evidencia concreta de este proceso analítico fue la pieza de aluminio final obtenida que, si bien es un producto, fue evaluada como un elemento de diseño cuyo éxito demostraba la correcta aplicación de los principios.

La Evaluación de Costos y Cálculos de Volumen (A2), se vinculó directamente con el segundo resultado de aprendizaje (RA2). Este ejercicio es una evidencia de la formación en la amplitud del aprendizaje, pues exige la integración de conocimiento técnicos y económicos (cotizaciones, precios). El producto de esta actividad fueron los reportes con los materiales y tabla de costos, documentos que demostraron la capacidad de los estudiantes para formular y evaluar escenarios de producción, trascendiendo el ejercicio académico hacia la gestión laboral.

Finalmente, la Sesión de Trabajo Grupal y Asignación de Roles (A3), estuvo relacionada con tercer resultado de aprendizaje (RA3). Según, Companioni et al. (2018) señala que la interacción y el feedback son herramientas clave en el currículo por competencias. La evidencia de este proceso fueron los videos de cada reunión y avance del equipo, que sirvieron como registros de discusión y asignación de responsabilidades. Estos videos demostraron el desarrollo de las competencias metacognitivas y la habilidad para resolver problemas interpersonales, elementos esenciales para el perfil profesional.

En conjunto, la relación explícita entre las actividades ejecutadas, los resultados de aprendizaje y las evidencias generadas, muestra que la experiencia fue pedagógicamente

coherente y curricularmente pertinente. La práctica de fundición actuó como un escenario de simulación real donde el estudiante tuvo que movilizar conocimientos, habilidades y actitudes de manera integrada. La naturaleza objetiva de las evidencias (pieza fundida, tablas numéricas, registros de colaboración), permite una evaluación rigurosa de las competencias Téllez et al. (2019), validando la metodología activa como un medio eficaz para asegurar la trazabilidad del currículo y fortalecer el perfil de egreso del Ingeniero Industrial de la UNEMI.

La evaluación de una experiencia educativa innovadora exige una reflexión profunda sobre su impacto en la estructura curricular. Este puente trasciende la simple verificación de logros para abordar la calidad de la alineación constructiva entre la intención curricular, la metodología activa y los resultados obtenidos. En un entorno de currículo por competencia, la experiencia no solo debe transferir conocimientos, sino demostrar que es capaz de generar valor añadido al perfil profesional, dotándolo de las herramientas necesarias para enfrentar la incertidumbre y la complejidad (Granda-Piñan et al., 2025).

El principal aporte de la metodología activa radica en que obligó a los estudiantes a ser constructores de su propio conocimiento e integró activamente el componente práctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El modelo tradicional tiende a separar el cálculo teórico de la ejecución; sin embargo, esta experiencia exigió una evaluación de factibilidad inmediata que obligó a la integración de costos y manufactura desde la fase de diseño. Esto contribuyó directamente a fortalecer las competencias de Utilizar los principios básicos de las ciencias y el Trabajo en equipo y poner en práctica las habilidades interpersonales (Oyarzún & Guzmán, 2024). La experiencia válida la pertinencia de diseñar escenarios de aprendizaje situado que reflejen la complejidad laboral.

A pesar de los logros, la implementación del modelo práctico generó tensiones significativas que deben ser consideradas para la sostenibilidad curricular. El desafío más evidente fue la adaptación de los estudiantes a su nuevo rol de gestores activos, quienes inicialmente mostraron resistencia a abandonar la posición pasiva. Esta tensión se agravó por las dificultades logísticas, como el cumplimiento de la planificación en grupos variados, donde la dispersión geográfica complicó el autoaprendizaje colaborativo. Dicha fricción, aunque desafiante, fue crucial, pues expuso a los estudiantes a la realidad de la gestión de proyectos descentralizada, una habilidad no siempre cubierta con suficiente rigor por el currículo formal (Torres, 2017).

El balance de la experiencia de fundición confirmó que el aprendizaje práctico y situado potencia los resultados de aprendizaje de manera irremplazable, superando las limi-

taciones del aula expositiva. Se demostró que la gestión de la complejidad y las tensiones logísticas actúan como poderosos catalizadores de la autonomía. Se propone formalmente que las asignaturas con componente práctico ampliado adopten la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), tal como sugiere la literatura para la formación ingenieril (Lozada-Lozada et al., 2025). Esta proyección futura busca institucionalizar el modelo, garantizando que el perfil de egreso no solo posea el saber teórico, sino la capacidad probada de movilizarlo en contextos reales y de alta presión. El apartado desarrollado hasta aquí evidencia cómo la experiencia docente se vincula con el currículo y contribuye de manera directa al perfil de egreso de los estudiantes. La integración de las cuatro competencias seleccionadas, los tres Resultados de Aprendizaje alcanzados y las actividades diseñadas con sus respectivas evidencias confirma la pertinencia académica de la práctica. Este recorrido muestra que la innovación no solo enriquece la enseñanza cotidiana, sino que se articula con las metas formativas de la carrera, promoviendo que los estudiantes actúen como constructores de conocimiento y demuestren que el aprendizaje situado integra la factibilidad y la manufactura de manera sistémica.

Asimismo, la coherencia alcanzada constituye un andamiaje sólido que respalda la validez de la experiencia como conocimiento transferible. Esta integración asegura que el capítulo no se limite a narrar un caso aislado, sino que ejemplifique cómo una práctica concreta puede dialogar con los marcos curriculares y fortalecer la formación profesional. Con este cierre y la validación teórica de la alineación, el texto queda preparado para dar paso al análisis de resultados, donde se interpretarán las transformaciones logradas y se evaluará la efectividad de la movilización de competencias en el desempeño y la actitud, sentando las bases para la construcción de la guía de actividades propuesta como proyección futura.

1.9. Ecosistema estratégico

El apartado precedente dejó en claro la pertinencia curricular de la experiencia, mostrando cómo las competencias del perfil de egreso que podemos resumirlos en: utilizar principios básicos, evaluación de problemas y costos, trabajo en equipo y autoaprendizaje, se articularon con los tres resultados de aprendizaje específicos, mostrados en el capítulo anterior: RA1 Rendimiento de procesos, RA2: Factibilidad de proyectos y RA3: Colaboración ética. Este encuadre aseguró que la innovación no fuera un hecho aisla-

do, sino parte coherente del plan formativo, validando el vínculo entre la enseñanza y la experiencia profesional.

A partir de aquí, el capítulo se desarrolla en la ingeniería didáctica de la experiencia, es decir, la operacionalización estratégica que permitió alcanzar las metas descritas. Se mostrará cómo se implementaron las estrategias que dieron cuerpo al proceso pedagógico: desde el Aprendizaje Basado en Problemas como núcleo central, hasta el aprendizaje activo y el uso de la plataforma virtual para el seguimiento mediante reuniones de trabajo. Este entramado conforma el ecosistema estratégico que explica, en términos operativos, cómo se movilizaron las competencias y se alcanzaron los resultados ya descritos.

La experiencia de sistematización ha demostrado que la alineación curricular no es una ligera casualidad de coincidencia documental, sino el resultado de una ingeniería didáctica rigurosa. Las estrategias núcleo implementadas constituyen el corazón operativo de la práctica y explican la movilización de competencias que se busca validar con los resultados. Estas estrategias, ejecutadas de forma sistemática durante la intervención, aseguraron la progresión gradual del conocimiento y la aplicación integrada de los saberes de Ingeniería Industrial. Es fundamental que la descripción de estas acciones trascienda lo anecdótico, enfocándose en la secuencia operativa que garantizó la conexión entre la metodología, los resultados de aprendizaje y la naturaleza de las evidencias generadas, lo cual es esencial para una formación significativa (Zúñiga et al., 2015).

Las estrategias núcleo que sustentaron el logro de los objetivos formativos son tres:

- Aprendizaje Basado en Problemas situado.
- Aprendizaje Activo y Colaborativo.
- Sesiones de Trabajo y Seguimiento Remoto Estructurado.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), se constituyó como la estrategia central, reemplazando la exposición o clases magistrales por la necesidad de solución. La secuencia operativa comenzó con la Presentación del Reto (Fundir una pieza de aluminio con el logo FACI), que inmediatamente forzó a los grupos a la Análisis del Problema, implicando el cálculo de cotas, la estimación volumétrica de la arena y la selección de materiales para la fundición. Posteriormente, el equipo pasó a la Ejecución Práctica (Construcción del Molde) y finalizó con la Evaluación de Factibilidad (Cierre de Costos y Rendimiento Térmico). Esta inmersión en un problema de diseño y manufactura a pequeña escala

replicó las dinámicas de un proyecto real, estimulando el aprendizaje significativo que caracteriza la ingeniería (Rey & Jover, 2022).

Esta secuencia operativa conectó directamente con los resultados de aprendizaje, descritos en el capítulo anterior, cm se describe a continuación: La exigencia de calcular el rendimiento térmico del horno y estimar el volumen de metal fundido fue la prueba de la movilización que se alinea con el primer resultado de aprendizaje. La necesidad de justificar el costo de los insumos y el tiempo de ejecución validó el segundo resultado de aprendizaje. La evidencia de todo lo mencionado fue la Pieza de aluminio fundida (como artefacto de diseño y calidad dimensional) y los Reportes de Costos, demostrando una coherencia ineludible entre el reto planteado por la estrategia y el producto final. Como afirma Israel (2024), la creación de modelos y prototipos es un indicador directo de la aprehensión de los procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería.

El Aprendizaje Activo y Colaborativo, fue clave para fomentar la autonomía y las habilidades blandas. La experiencia se diseñó intencionalmente para que el rol del estudiante cambiara del receptor pasivo a gestor proactivo de su conocimiento. Esto implicó la búsqueda autónoma de información técnica (puntos de fusión, propiedades de los materiales) y la distribución equitativa de las tareas prácticas (diseño 3D, construcción del molde, fusión). El docente actuó como facilitador, interviniendo únicamente para reencuadrar el problema o validar las rutas de investigación, promoviendo el desarrollo de habilidades interpersonales al enfrentar la complejidad de la toma de decisiones descentralizada.

Este enfoque, se vinculó esencialmente con el tercer resultado se aprendizaje, (Trabajo en equipo y habilidades interpersonales) y la competencia de Autoaprendizaje. La gestión de las tareas y la solución de conflictos inherentes a la actividad práctica fueron las variables críticas de la colaboración. La evidencia directa de esta movilización se encuentra en los Videos de reuniones donde se observó el flujo de comunicación, la negociación de roles y la capacidad de los equipos para adaptarse a los imprevistos logísticos (por ejemplo, retrasos en la entrega de materiales). Al transformar la metodología tradicional, se crea un entorno de aprendizaje innovador que fomenta la colaboración crítica, vital para el perfil profesional en ingeniería (Ospina et al., 2024).

Dada la dispersión geográfica de algunos integrantes, la tercera estrategia se centró en la logística operativa mediante el Seguimiento Remoto Estructurado. Esta estrategia de soporte implicó el uso obligatorio de la Plataforma Virtual de la Universidad para la entrega de avances (hitos del ABP) y la realización de reuniones de trabajo grupales periódicas. La secuencia consistió en entregas semanales de progreso (cálculos de volumen,

diseño CAD) seguidas de una sesión de retroalimentación asíncrona por parte del docente. Esta acción mitigó la tensión de la distancia y la limitación del tiempo.

El impacto de esta estrategia, garantizó la trazabilidad del proceso y reforzó los resultados de aprendizaje, ya que la comunicación efectiva se hizo vital para la coordinación remota. Las evidencias de esta estrategia fueron los reportes de avance subidos a la plataforma y el registro de la participación en las reuniones virtuales. Este componente de seguimiento fue crucial, ya que al estructurar el proceso se promovió la disciplina y el rigor en la planificación, habilidades fundamentales para el ingeniero industrial que debe gestionar proyectos bajo cronogramas estrictos, demostrando la operatividad de la estrategia didáctica.

En conjunto, estas estrategias núcleo articularon una secuencia operativa, apoyada en una filosofía pedagógica y sostenida por una infraestructura logística. Este proceso garantizó que el aprendizaje fuese activo, problemático y contextualizado. La selección intencional de estas estrategias aseguró que los resultados de aprendizaje vinculados; al rendimiento de procesos, la evaluación de la factibilidad y la colaboración ética, fuesen alcanzados de manera verificable. El detalle de estas estrategias de enseñanza es el fundamento que ahora prepara el terreno para la validación empírica, donde se medirán los efectos de esta estructura en el rendimiento y la actitud de los estudiantes.

La implementación de una experiencia práctica tan exigente como la fundición de una pieza demandó un ecosistema de soporte amplio que legitimara y facilitara la complejidad operativa de las estrategias núcleo. Estos soportes no fueron adornos periféricos, sino piezas claves que dieron viabilidad a las estrategias de Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Activo al asegurar que la innovación estuviera anclada en el marco institucional. Las estrategias de soporte son fundamentales, ya que demuestran el compromiso de la academia con el fortalecimiento del aprendizaje práctico-experimental (Aguilar et al., 2025).

Entre las estrategias de soporte que hicieron posible la experiencia se encuentran: El reconocimiento institucional de la participación docente, uso de rúbricas simplificadas para la retroalimentación, acceso a la plataforma digital Colaborativa (Aula Virtual).

El soporte administrativo y la legitimación institucional fueron cruciales para el sostenimiento de la experiencia. El reconocimiento institucional consistió en certificar la participación de los docentes en la iniciativa y, en algunos casos, otorgar créditos de formación continua. Las innovaciones que demandan una inversión de tiempo y riesgo pedagógico, como la implementación de una metodología de clínicas de ingeniería (Ramirez et al.,

2021), requieren un marco organizativo que legitime y recompense el esfuerzo extra de los participantes. Este soporte aseguró la motivación y el compromiso sostenido del equipo docente durante todo el proceso.

El impacto directo de este soporte fue la fidelidad en la implementación de las estrategias núcleo. Al contar con el respaldo y la validación formal de las autoridades, el docente se sintió autorizado a dedicar tiempo extra a las tutorías, la supervisión de seguridad en laboratorios y el diseño de material. Este respaldo permitió consolidar el Aprendizaje Basado en Problemas como una metodología central y no como una actividad aislada, creando las bases para la sostenibilidad a largo plazo.

El soporte referente a el uso de rúbricas simplificadas para la retroalimentación, estableció que; por la complejidad del ABP y la variedad de evidencias (cálculos, reportes, pieza física), se requerían herramientas de evaluación claras y objetivas. Por ello, el uso de rúbricas simplificadas se adoptó como soporte metodológico. Estas rúbricas facilitaron la retroalimentación puntual durante las sesiones de aprendizaje activo y colaborativo y en la revisión de los reportes de costos. Se diseñaron con criterios explícitos que permitieron a los estudiantes autoevaluar su progreso en función de los resultados de aprendizaje.

Esta estrategia de soporte potenció la claridad evaluativa. Las rúbricas permitieron que la evaluación fuera objetiva y compartida, fortaleciendo la transparencia en la medición de los resultados de aprendizaje. El estudiante entendió exactamente cómo la precisión de sus cálculos y la integridad de su diseño impactarían su nota final. Al estructurar la evaluación, se refuerza la naturaleza rigurosa de los proyectos de ingeniería R. Rodríguez et al. (2020), donde la calidad y el cumplimiento de estándares son innegociables.

El tercer soporte fue el Acceso a una Plataforma Digital Colaborativa (Aula Virtual), que permitió trascender las barreras geográficas y temporales. Esta plataforma permitió compartir borradores, comentarios y versiones de los documentos técnicos (cálculos de volúmenes, planos CAD) y los videos de las reuniones grupales. El uso de esta herramienta garantizó la trazabilidad de la colaboración y el acceso constante a los recursos actualizados.

Este soporte digital fortaleció la estrategia núcleo de Sesiones de Trabajo y Seguimiento Remoto. El aula virtual, no solo fue un repositorio, sino un espacio de interacción sostenido que consolidó el equipo de trabajo, esencial para la gestión de proyectos complejos. Este soporte garantizó la continuidad del trabajo más allá de los encuentros presenciales o las prácticas de laboratorio. La capacidad de los equipos para gestionar y subir las evidencias de cumplimiento a esta plataforma demostró la eficacia del aula vir-

tual, como infraestructura clave para el desarrollo del aprendizaje basado en proyectos en entornos universitarios (Naranjo & Lemus, 2020).

En conjunto, las estrategias de soporte garantizaron que las estrategias núcleo pudieran desarrollarse en condiciones óptimas, aportando legitimidad (Reconocimiento), claridad evaluativa (Rúbricas) e infraestructura de gestión (aula virtual). Sin estos apoyos institucionales, la experiencia, que implicó la complejidad del análisis experimental, analítico y computacional inherente a la ingeniería estructural Castro et al. (2025), difícilmente habría alcanzado los resultados de aprendizaje ni las competencias curriculares declaradas. Estos soportes son el testimonio de que la innovación didáctica exitosa requiere la alineación de la voluntad docente con la infraestructura institucional.

La sistematización de una experiencia innovadora solo adquiere credibilidad cuando es capaz de exponer y analizar los puntos de ruptura y la capacidad de respuesta frente a la incertidumbre. El Ecosistema Estratégico no solo se compone de metodologías núcleo y soportes, sino también de una capa de contingencia que gestiona los imprevistos y asegura la continuidad de los objetivos de aprendizaje. Este enfoque refuerza la validez y confiabilidad del estudio de caso, pues demuestra que los resultados fueron sostenidos no por condiciones ideales, sino por la capacidad de adaptar la gestión a la realidad operativa (Escalante et al., 2025).

Los principales imprevistos que enfrentó la experiencia de fundición en arena fueron de carácter técnico, relacional y logístico:

- Falla en el cálculo de temperatura y combustible (error técnico).
- Deserción o conflicto interno en un grupo (error relacional).
- Limitación de tiempo del laboratorio (error logístico).
- Fallas en la fundición (producto diferente al diseñado).

Uno de los desafíos técnicos más recurrentes fue la falla en el cálculo de temperatura, y combustible, lo que resultaba en piezas de aluminio con porosidad o fragilidad. Este error evidenció una brecha entre el conocimiento teórico del resultad de aprendizaje (Principios de Ingeniería) y su aplicación práctica. La contingencia aplicada fue la implementación inmediata de un Módulo de Nivelación Técnica de Autoaprendizaje enfocado en materiales, complementado con una tutoría extra enfocada en la simulación de curvas de enfriamiento.

Esta acción correctiva no solo resolvió el problema, sino que profundizó la asimilación de otro resultado de aprendizaje (rendimiento de procesos), ya que el estudiante tuvo que repetir el proceso de cálculo bajo una supervisión más estricta. La evidencia del éxito de esta contingencia es la Nueva Pieza de aluminio (un segundo intento exitoso) que cumplió con los estándares de calidad dimensional. Este episodio demostró que la experiencia se enfocaba en el aprendizaje profundo a través de la corrección y la autogestión, un motor esencial para el cambio en la visión del aprendizaje en la cultura escolar (Quiroga & Ordenes, 2022).

Las dinámicas grupales, exacerbadas por la complejidad de la tarea y la gestión remota, llevaron a la Deserción o Conflicto Interno en al menos dos equipos. Esta tensión amenazó el logro del resultado de aprendizaje (Colaboración Ética). La contingencia aplicada fue la Intervención Docente Inmediata, que incluyó la mediación del conflicto, la reasignación clara de roles y responsabilidades y la facilitación de herramientas de comunicación asíncrona. La estrategia buscó transformar el conflicto en una oportunidad de adaptación ética, sosteniendo el resultado de aprendizaje.

Gracias a esta contingencia, fue posible sostener el resultad de aprendizaje referente a trabajo en equipo, al obligar a los estudiantes a practicar la comunicación efectiva y la resolución de problemas interpersonales bajo presión. La evidencia de su funcionalidad fue el Video de reunión grupal de resolución de conflictos, donde se registraron los acuerdos y la nueva distribución de tareas. Esta respuesta demostró que los docentes debe desarrollar una competencia pedagógica que incluya la gestión socioemocional del grupo, fundamental para el éxito de los proyectos colaborativos (R. G. Rodríguez et al., 2025).

Se presentaron dos desafíos logísticos y técnicos: la Limitación de Tiempo del Laboratorio institucional y la manifestación de Fallas en la Fundición que resultaron en un producto diferente al diseñado por falta de materia prima o tiempo de solidificación inadecuado. Frente a la limitación de horario, se reforzó la Implementación del horno casero como alternativa legítima de ejecución, convirtiendo una restricción logística en una práctica de autogestión de recursos.

Para la falla en la fundición, la contingencia fue repetir el proceso haciendo hincapié en el cálculo de tiempo de solidificación y la estimación de material. El aprendizaje derivado fue la valoración de la planificación minuciosa. La evidencia de esta respuesta es el Registro fotográfico del horno casero funcionando, así como la nueva Pieza de aluminio resultante. Estas contingencias reforzaron la idea de que la gestión de riesgos y la

capacidad de adaptación al entorno son tan cruciales como los conocimientos técnicos en ingeniería.

Estos episodios dejaron como aprendizaje que la innovación no es un proceso lineal. La sistematización, al exponer estas contingencias, no solo refuerza la credibilidad del estudio de caso, sino que demuestra la resiliencia del modelo didáctico. Las estrategias de contingencia no fueron simples respuestas aisladas, sino parte de un ecosistema que aseguró continuidad y pertinencia curricular. La capacidad de gestionar estos imprevistos (fallas técnicas, conflictos grupales) es un testimonio de la adaptación necesaria en la gestión educativa, evitando que el apartado se convierta en una lista seca de problemas y mostrando cómo las dificultades reforzaron la experiencia (Baeza, 2024). En este sentido, la sistematización se convierte en una herramienta para validar la capacidad de la institución y el profesorado para enfrentar la realidad de la práctica.

El Ecosistema Estratégico que sustentó la experiencia de fundición en arena debe entenderse como un entramado de tres capas interdependientes, más que como una simple lista de herramientas. La arquitectura final es una manifestación del Pensamiento Complejo, donde la gestión del proceso se diseñó para absorber la variabilidad inherente a un proyecto práctico. Esta interdependencia es clave en toda planificación estratégica moderna, ya que alinea la metodología, con los recursos y la gestión de crisis, creando un sistema resiliente capaz de sostener los resultados de aprendizaje bajo presión (Arboleda et al., 2024).

La arquitectura del ecosistema puede representarse metafóricamente como un sistema de engranajes perfectamente calibrado, donde cada componente cumple una función motriz, estabilizadora o correctiva. Las estrategias núcleo son: El aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje activo y colaborativo y el seguimiento remoto estructurado, son la rueda central que mueve el proceso. Esta rueda es la responsable de transmitir el movimiento, es decir, de movilizar las competencias y los resultados de aprendizaje hacia el estudiante; sin embargo, por sí misma, no puede operar sin fricción o fallos.

Las estrategias de soporte, son los laboratorios de ingeniería industrial, la plataforma de aula virtual y la flexibilidad administrativa, las mismas que funcionan como los engranajes laterales que transmiten estabilidad, fuerza y viabilidad operativa a la rueda central. Estos soportes garantizan las condiciones necesarias: por ejemplo, la Plataforma de aula virtual (un engranaje lateral) facilita la operatividad de las sesiones de seguimiento remoto (rueda central), asegurando que la práctica docente se desarrolle con satisfacción del estudiante incluso en entornos virtuales (López-Martínez & Gómez-Torres, 2024).

Finalmente, las estrategias de contingencia, el módulo de nivelación técnica, la intervención docente y el refuerzo del horno casero son las ruedas auxiliares o mecanismos de freno que se activan únicamente cuando algo amenaza con detener o quebrar el movimiento de la rueda central. Esta lógica de capas para garantizar la resiliencia es fundamental en toda planificación estratégica aplicada a sistemas complejos como la educación (Calderón et al., 2024). La arquitectura demuestra que la experiencia fue un sistema coherente, diseñado con un pensamiento complejo que preveía y gestionaba la inestabilidad (Perez, 2024).

La interdependencia de las tres capas es el rasgo definitorio de este ecosistema. El diagrama que acompaña esta sección visualiza esta interacción mediante tres niveles conectados: el núcleo en el centro, los soportes en un anillo intermedio de alimentación constante, y las contingencias en un círculo protector externo. Esta disposición refleja que cada estrategia cumplió un papel específico: la nivelación técnica (contingencia) se apoyó en la plataforma virtual (soporte) para corregir los fallos del aprendizaje basado en problemas (núcleo) cuando los estudiantes cometían errores de cálculo en la fundición.

El diagrama debe ser narrado en clave de circulación de recursos y corrección de flujos. Por ejemplo, una flecha debe ir desde el conflicto grupal (un fallo en el núcleo) hacia la intervención docente (contingencia), y la respuesta de esta contingencia es devolver al aprendizaje activo y colaborativo (núcleo) una nueva estructura de roles, garantizando así el resultad de aprendizaje referente a: colaboración ética. Esta lógica de realimentación continua, es esencial para que la innovación tenga resiliencia y mantenga la continuidad del proceso, incluso en el marco de las tensiones institucionales.

En conjunto, esta arquitectura estratégica demuestra que la experiencia no fue un conjunto disperso de acciones. La capacidad de activar el refuerzo del horno casero (Contingencia) ante la limitación de horarios (restricción del soporte de laboratorios) es la prueba de la flexibilidad del sistema. Esta habilidad para sostener resultados y competencias curriculares mediante un sistema de engranajes articulado y auto corrección es el mayor hallazgo metodológico del este capítulo. El diseño estratégico, que integra todas las capas, es el que ahora proporciona la solidez y credibilidad necesarias para abordar la fase de análisis de los resultados cuantitativos y cualitativos en el siguiente módulo.

Las estrategias aplicadas constituyeron el entramado que permitió alcanzar las competencias curriculares clave, demostrando que el diseño pedagógico era resiliente y funcional. Su valor radica en que no fueron acciones aisladas, sino engranajes interdependientes que aseguraron la coherencia entre la práctica pedagógica y los propósitos curriculares.

El ecosistema fue diseñado para garantizar que el currículo basado en competencias se materializara en la práctica, un elemento fundamental para la formación de ingenieros (Alonso et al., 2013).

La funcionalidad del ecosistema estratégico se valida al trazar el camino que cada estrategia recorrió hasta la consolidación de una competencia específica. Este proceso confirma que la enseñanza, la práctica y la evaluación estuvieron alineadas, principio clave para la consolidación curricular.

Aplicación de fundamentos de Ingeniería, esta competencia se logró gracias a la secuencia integrada del aprendizaje basado en problemas (Núcleo) y al soporte del Laboratorio de Ingeniería Industrial. La estrategia fue esencial para garantizar la progresión en la producción técnica de la pieza de fundición. Cuando la evidencia mostró la Falla de cálculo, se activó la Nivelación Técnica (Contingencia), que obligó a los estudiantes a repasar y corregir los fundamentos de termodinámica de materiales. El logro es directo: el informe inicial de cálculo se revisó y aprobó, y se obtuvo la pieza de aluminio aprobada, demostrando que el subsistema de Contingencia fue un motor de rescate para el dominio técnico.

La competencia se fortaleció mediante el Aprendizaje Activo y Colaborativo. Si bien esta estrategia fue el motor (Núcleo), las fricciones y tensiones inherentes al trabajo práctico exigieron la intervención de un engranaje auxiliar. La Intervención Docente (Contingencia) fue decisiva, obligando a los grupos a resolver el conflicto ético y a practicar el liderazgo situacional. Esta acción permitió que el equipo se realineara y completara la fundición de manera colaborativa. La evidencia que respalda este logro es el acta de resolución de conflictos, un documento que legitima la práctica de la gestión de personas, un elemento crucial en la formación por competencias en nivel superior (Camacho-Javier et al., 2024).

Esta competencia se evidenció en la publicación de los resultados finales, sostenida por la flexibilidad del ecosistema. El logro de esta competencia se consolidó al enfrentar la Limitación de tiempo del laboratorio. La flexibilidad administrativa (soporte) combinada con el refuerzo del horno casero (contingencia) transfirió la responsabilidad de la gestión logística directamente a los estudiantes. Esto les obligó a calcular riesgos, manejar recursos escasos y ejecutar el proyecto bajo presión, como sucede en la industria real. El Registro Fotográfico del horno casero es la prueba de que los estudiantes no se detuvieron ante la restricción, sino que gestionaron la complejidad con autonomía, un requisito fundamental de la educación superior universitaria (Castañeda, 2023).

En conjunto, el ecosistema estratégico descrito aseguró que las competencias curriculares definidas se alcanzaran de manera sostenible, integrando estrategias núcleo, soportes y contingencias en una arquitectura coherente. Este cierre confirma que la experiencia, además de innovadora, fue curricularmente pertinente porque conectó la teoría con la fundición industrial real, resolviendo problemas propios del campo de la ingeniería. La transferibilidad reside en que el modelo de tres capas (Núcleo, Soporte, Contingencia) es adaptable a cualquier laboratorio con restricciones, demostrando que la estructura metodológica está por encima de las limitaciones físicas. Este diseño se convierte en un modelo de currículo por competencias que integra varias acciones para el logro del perfil de egreso (Escamilla, 2023). Con esta validación, se cierra este capítulo y se da paso al análisis de resultados.

1.10. Transición hacia la Evaluación

Habiendo descrito la arquitectura estratégica que sostuvo la experiencia de una práctica de fundición, corresponde ahora explicar cómo se evaluó la pertinencia y eficacia de este proceso. La descripción de las estrategias núcleo, soporte y contingencia permitió comprender la ingeniería operativa de la innovación, demostrando cómo se implementó la experiencia. Sin embargo, para darle legitimidad académica y asegurar su transferibilidad a otros contextos de Ingeniería Industrial, es necesario mostrar con qué criterios se verificó su impacto en los aprendizajes. Esta evaluación es necesaria para validar que el modelo de tres capas es la causa de los logros de aprendizaje, y no un factor casual.

Este nuevo apartado del módulo 5 presenta los instrumentos de evaluación aplicados, los indicadores que guiaron la valoración y el análisis preliminar de las evidencias recogidas. De esta manera, la sistematización no se limita a narrar lo que se hizo, sino que incorpora un componente crítico y verificable que confirma la validez de los logros alcanzados y su coherencia con las competencias curriculares establecidas (Aplicación de Fundamentos, Liderazgo Ético y Gestión de Riesgos). Para lograrlo, se emplearán Indicadores cuantitativos (rendimiento académico) e Indicadores cualitativos (reportes técnicos y percepción del estudiante).

1.11. Instrumentos de evaluación

En el contexto de un currículo basado en competencias, la evaluación debe ir más allá de la calificación sumativa, convirtiéndose en un proceso de juicio fundamentado que cumpla con los requisitos del perfil de egreso (Pérez, 2012).

La selección instrumental fue diseñada para lograr una triangulación de datos, integrando la medición conceptual, la valoración y la evidencia física del producto. Cada instrumento cumplió un propósito específico dentro del proceso de sistematización, aportando datos complementarios que fortalecieron la validez de los resultados. La clave de esta fase radica en la combinación de criterios objetivos, datos reportados y el producto práctico, que en conjunto aseguran que los resultados presentados más adelante tengan respaldo académico y práctico.

Para lograr una valoración robusta y multifacética, se aplicaron cuatro instrumentos clave a lo largo de la unidad dos de la materia de manufactura, donde se ejecutó el proyecto. Estos instrumentos fueron:

- El test teórico de conocimientos,
- La rúbrica para informes técnicos,
- La rúbrica para el trabajo colaborativo
- La Evaluación Práctica del Prototipo de Fundición Final.

Su aplicación es esencial para asegurar la credibilidad del estudio de caso y del rigor metodológico en la investigación (Castillo & Vásquez, 2003b). El test teórico de Conocimientos se aplicó al finalizar la Unidad dos, ponderando el 10 % de la nota, y generó información cuantitativa de rendimiento académico. Su diseño se centró en criterios de validez conceptual sobre los tiempos de solidificación y el cálculo de desperdicios, aspectos primarios enfocados en los resultados de aprendizaje. Al aplicarse al cierre del ciclo de la metodología de aprendizaje basado en problemas, este test operó como una herramienta de evaluación formativa Talanquer (2015), cuyos resultados sirvieron para validar la eficacia del Módulo de fundición d ellos materiales.

La rúbrica para informes técnicos, fue un instrumento esencial para medir la competencia de comunicación y disciplina, con un peso del 10 %. Se aplicó en los avances de los informes y en la entrega final, enfocándose en la coherencia, el uso de fuentes y la

claridad argumentativa. La evidencia producida es el puntaje final del informe, que mide directamente la capacidad de transferencia de la práctica a la documentación formal. La evaluación formativa requiere criterios explícitos y compartidos, lo cual se alinean con la rúbrica al ser presentada a los estudiantes antes de su aplicación.

Mientras que, para el trabajo colaborativo, la rúbrica se ubicó de la misma manera con un peso del 10 %, se revisó en cada sesión grupal mediante actas de reunión y evidencias de videos. Este instrumento cualitativo fue vital para medir el liderazgo ético y la gestión de conflictos. Su aplicación permitió al docente activar la intervención, solo cuando fuese necesario, transformando la dinámica grupal y validando la capacidad de autorregulación del equipo. Este instrumento aporta al dato y a la visión holística de la evaluación (Flores et al., 2021).

Finalmente, la evaluación práctica del prototipo de fundición fue la prueba tangible del proceso, ponderada en un 15 %. Se realizó al presentar la pieza de aluminio fundida, evaluando dimensiones, pureza y acabado. Es la evidencia directa del resultado de aprendizaje. de rendimiento de procesos, confirmando que el ciclo completo, incluyendo las acciones de contingencia, culminó en un producto exitoso. En conjunto, los instrumentos aplicados dieron solidez a la evaluación al combinar criterios objetivos, datos reportados y el producto final. Este proceso aseguró que los resultados presentados más adelante tuvieran respaldo académico y práctico, permitiendo que la sistematización avance con una base de datos verificable y confiable.

1.12. Indicadores de Evaluación y Criterios de Validez

La sistematización de una experiencia práctica en Ingeniería Industrial requiere que los resultados empíricos, derivados del proceso de fundición de la pieza de aluminio mediante aprendizaje activo, se traduzcan en datos verificables. Este capítulo establece el marco de los indicadores operacionales que transforman la calidad de la experiencia en información objetiva y los criterios de validez aplicados para asegurar la credibilidad del conocimiento construido. Los indicadores miden el éxito de la intervención en las dimensiones de rendimiento técnico, desarrollo de habilidades de gestión y competencia ética. Entre los indicadores aplicados destacan los siguientes:

- El porcentaje de aprobación del test teórico,
- El promedio de precisión dimensional de la pieza fundida,

- La Frecuencia de Actas de conflicto resueltas en el equipo
- El índice de coherencia documental del informe técnico.

Cada uno de estos indicadores se relacionó directamente con las competencias curriculares de los resultados de aprendizaje definidos en los capítulos anteriores. La aplicación rigurosa de estos criterios permite emitir juicios de valor respaldados por la evidencia.

El indicador de porcentaje de aprobación del test teórico permitió valorar la influencia en el rendimiento académico referente a la ganancia cognitiva en los fundamentos de la disciplina al finalizar la unidad de fundición de la materia de manufactura. Este test fue aplicado en el aula de clases y arrojó una evidencia cuantificable del 88 % de aprobación, lo que válida la efectividad de la estrategia didáctica implementada. De manera complementaria, el Promedio de Precisión Dimensional de la pieza final midió la capacidad de los estudiantes para cumplir con las tolerancias y especificaciones del plano proporcionado, constituyendo una evidencia física directa de los resultados de aprendizaje.

La Frecuencia de actas de conflicto Resueltas fue otro indicador clave, enfocado en medir la competencia de Liderazgo Ético y la autogestión de la colaboración grupal. Las actas fueron subidas semanalmente al aula virtual y se evidenció la gestión de tres conflictos menores resueltos sin intervención docente, corroborado con evidencias de videos del trabajo cooperativo. Esta medición cualitativa provee una perspectiva integral del desempeño, superando la limitación de la evaluación centrada únicamente en la nota final (Pérez, 2012). Finalmente, el Índice de Coherencia Documental del Informe se revisó en los informes semanales y en la entrega final para garantizar la calidad en la comunicación técnica.

La validez de la evaluación se aseguró metodológicamente de forma cuantitativo y cualitativo, que implicó el cruce de datos concreto (Test Teórico 88 %) con datos procesuales (Actas de Conflicto y videos) y la pieza fundida. Se añade la Revisión por Pares de los informes técnicos, que garantizó la objetividad de la calificación disciplinar Bravo y Acosta (2017), y la Trazabilidad entre el Ecosistema y los resultados obtenidos. Tracy (2021) subraya, que la credibilidad de un estudio cualitativo se basa en el rigor del cruce de fuentes. En conjunto, los indicadores aplicados y los criterios de validez adoptados permitieron confirmar que la experiencia de fundición fue innovadora en su diseño estratégico y, sobre todo, rigurosamente evaluada, asegurando la coherencia entre lo que se prometió (competencias) y lo que se midió (indicadores) en el contexto de la ingeniería.

1.13. Análisis Preliminar de Evidencias

Para lograr coherencia en la aplicación de las experiencias en estrategias de enseñanzas innovadoras, se requiere un examen minucioso de las evidencias, que a menudo trasciende el lineamiento de cuantificación del desempeño. En el contexto del proyecto de fundición de aluminio y aprendizaje activo, esta fase se centró en la integración de resultados tangibles y procesos interpersonales. El enfoque en la parte documental final incluyó tanto métricas de rendimiento como registros de la dinámica grupal y la toma de decisiones, buscando una comprensión profunda de cómo se articuló el saber técnico con las habilidades blandas durante el desafío. Este enfoque mixto válida la experiencia desde múltiples aristas.

La recogida de información fue intencional en su diseño para capturar el espectro completo del aprendizaje. Las evidencias cuantitativas se consolidaron a través de los puntajes del test Teórico, que sirvieron como línea base conceptual; las Fichas de inspección métrica de las piezas de aluminio final, que midieron la precisión técnica alcanzada; y el puntaje final de la rúbrica de informe, evaluando la formalización del proceso. De forma complementaria, las evidencias cualitativas abarcaron las actas de conflicto resueltos, las transcripciones de videos de sesiones de taller, y notas de campo resultantes de la observación de la dinámica grupal.

La naturaleza diversa de los datos exigió la implementación de métodos de procesamiento diferenciados pero complementarios. Los datos cuantitativos fueron introducidos en una hoja de cálculo para la aplicación de estadística descriptiva básica, calculando el promedio de rendimiento y, crucialmente, la desviación estándar en cada métrica. Estos indicadores permitieron mapear la distribución del desempeño y la uniformidad en el dominio conceptual y la ejecución técnica entre los distintos equipos. Esta fase de organización es la primera aproximación a la interpretación del fenómeno observado.

El componente cualitativo, por su parte, se abordó mediante un riguroso proceso de codificación temática, buscando patrones de significado en el discurso y la acción. Se definieron códigos centrales como “Autonomía”, que detecta la iniciativa del equipo en la toma de decisiones; “Fallo y Corrección”, que mapea la iteración del proceso de diseño; y “Liderazgo”, que identifica la distribución de roles y la gestión de la autoridad. Este método, detallado por autores como Anaya (2024), transforma el dato textual y observacional en categorías analíticas útiles para la triangulación, permitiendo al investigador adentrarse en la fenomenología de la experiencia.

A pesar de la complejidad inherente al análisis cualitativo, se utilizaron rúbricas como herramienta de apoyo para el anclaje de estas categorías a criterios observables. Este paso fue fundamental para asegurar la transferibilidad de los hallazgos a otros contextos educativos similares, dotando de estructura a la riqueza narrativa. Al organizar la evidencia en torno a estas categorías, se pudo trascender la mera descripción de los eventos para iniciar una etapa comparativa. Es en este cruce donde emerge el valor profundo de la sistematización, permitiendo contrastar lo que se midió, que es este caso es el producto y con cómo se logró, relacionado al proceso.

El análisis preliminar, basado en la triangulación de la información métrica y la codificación temática, reveló dos patrones emergentes que son centrales para la comprensión del impacto de la experiencia. El primer patrón se establece en la correlación entre la gestión de conflictos y el éxito técnico. Específicamente, se observó una correlación positiva y notablemente fuerte entre la capacidad de los equipos para autogestionar y resolver sus conflictos internos (evidencia cualitativa) y la precisión dimensional final de la pieza de aluminio (evidencia cuantitativa). Los equipos que documentaron una resolución interna y efectiva de sus desacuerdos demostraron una capacidad técnica superior en el resultado final, logrando la mejor pieza, lo que subraya la naturaleza indivisible de las competencias.

Este hallazgo reafirma la premisa del diseño metodológico, que postula el proceso colaborativo como un factor determinante del rendimiento. La capacidad de identificar y reconocer patrones en datos educativos, según sugieren estudios como el de López et al. (2004), es vital para la evaluación de programas, ya que revela las dinámicas internas que modulan el aprendizaje. No es la ausencia de conflicto, sino la forma en que este es abordado, lo que se convierte en un indicador de resiliencia y madurez técnica y relacional dentro del grupo.

El segundo patrón relevante está vinculado al desempeño teórico inicial. Aunque el puntaje global de aprobación en el test teórico fue alto (88 %), la alta desviación estándar de los resultados sugiere una distribución conceptual polarizada entre los equipos. Esto indica que el conocimiento teórico base no era uniforme, sino que se concentraba en ciertos miembros del equipo o presentaba variaciones significativas en su profundidad. Este dominio conceptual heterogéneo subraya una tendencia clave: la experiencia práctica fue un mecanismo de nivelación y compensación, donde la aplicación, el “hacer”, permitió al grupo superar la disparidad de conocimientos individuales.

La divergencia teórica inicial no se tradujo necesariamente en un fracaso técnico, lo que, válida la metodología activa como un potente integrador de competencias, donde la discusión y la prueba con el error se convirtieron en las verdaderas aulas de aprendizaje. Para dar vida a estos hallazgos, es esencial recurrir a los ejemplos ilustrativos que, en la metodología de estudios de caso, según, tienen el poder de condensar el cambio experimentado. Un caso especialmente ilustrativo se encuentra en la comparación de desempeño y tiempo de ejecución. El ejemplo del equipo conformado exclusivamente por estudiantes de sexo masculino, que logró alcanzar un error dimensional mínimo respecto al diseño inicial, es un éxito técnico indiscutible. Sin embargo, este mismo equipo tardó tres veces más en completar el proceso que un grupo conformado mayoritariamente por mujeres.

Este contraste sugiere que mientras el primer equipo exhibió una persistencia técnica superior, la eficiencia, la planificación de recursos y la velocidad de respuesta ante los problemas se gestionaron con mayor agilidad en el segundo. Esto nos obliga a ampliar la definición de éxito para incluir no solo el producto final, sino también la optimización del tiempo y la capacidad de gestión de procesos. Otro ejemplo clave emerge de las transcripciones de videos, que ilustran la capacidad de autonomía y autorregulación generada por el entorno experimental. Un fragmento de la sesión de trabajo muestra la decisión crítica que toma un equipo: “Ya fallamos dos veces, al parecer la falla está en el molde, tenemos que rediseñarlo esta misma noche porque mañana el equipo no se va a poder reunir y además es importante hacer la fundición en la noche porque la temperatura ambiente es adecuada.” Esta cita es elocuente. No solo demuestra la identificación de la causa raíz del fallo (el molde) y la propuesta de corrección (rediseño), sino que integra factores externos y logísticos (horario de reunión, temperatura ambiente), exhibiendo un pensamiento sistémico y proactivo que va mucho más allá de la instrucción recibida (Sánchez et al., 2013).

En conjunto, este análisis preliminar de evidencias permitió confirmar la hipótesis central de la sistematización: el éxito en la experiencia de fundición de aluminio es un fenómeno multifactorial. La calidad del producto final (precisión dimensional) depende crucialmente de variables que escapan a la evaluación tradicional del conocimiento, principalmente la gestión efectiva de las relaciones interpersonales y la autonomía en la toma de decisiones. La experiencia se valida no solo por su capacidad de enseñar la técnica de fundición, sino por haber impulsado competencias de resolución de problemas, liderazgo y eficiencia grupal.

Estos hallazgos preliminares son el punto de partida para una reflexión crítica más profunda, que será abordada en el siguiente puente. La polarización del dominio teórico, la disparidad en la eficiencia (tiempo vs. precisión), y la fuerza de la correlación entre conflicto resuelto y éxito técnico, exigen un examen de la validez de las mediciones y de los posibles sesgos inherentes al diseño del proceso. La evidencia está sobre la mesa; ahora, corresponde interrogarla con rigor epistemológico.

1.14. Reflexión Crítica

La validez de la evaluación se garantizó mediante la implementación de la triangulación metodológica como estrategia central, crucial para competencias que cruzan el saber técnico con el conductual. Esta parte consistió en el cruce de métricas técnicas (precisión milimétrica de la pieza) con evidencias cualitativas (videos de autogestión y bitácoras de proceso), asegurando una perspectiva amplia. El proceso reforzó su credibilidad al establecer una Trazabilidad clara de la Rúbrica de Evaluación con el plano de ingeniería, garantizando que existe una correspondencia explícita entre las competencias industriales evaluadas y las evidencias prácticas recogidas.

La validez interna se consolidó con la revisión aplicada a los informes técnicos finales, cuyo objetivo fue aislar el juicio sobre la calidad del producto de cualquier conocimiento previo sobre la trayectoria o el desempeño del equipo. Esta capa de verificación externa es un mecanismo esencial para fortalecer la objetividad y reducir la subjetividad en la evaluación de entregables complejos.

La observación directa de la dinámica de los equipos reveló la presencia de sesgos inherentes a cualquier entorno de aprendizaje activo. Se detectó el sesgo de observador, donde la conciencia de la vigilancia podía influir en la conducta. Este riesgo se mitigó mediante una combinación de grabación de video no intrusiva y el uso obligatorio de bitácoras reportadas (Actas de Conflicto), que sirvieron como una herramienta de validación cruzada. Lo que permite fortalecer la credibilidad al analizar la perspectiva del estudiante y confrontarla con la evidencia presentadas.

Adicionalmente, se identificó un Sesgo de Muestreo (Diferencia de Rendimiento), manifestado en la disparidad de resultados finales vinculada a la configuración inicial de los grupos. Este fenómeno se analizó como un síntoma de dinámica grupal y de gestión de la experiencia, más que como una falla individual. Para acotar este riesgo en futuras ediciones, se ha propuesto incluir una variable de experiencia previa de los estudiantes en

el proceso de conformación de equipos. Esta medida proactiva busca nivelar las bases de partida, reduciendo el efecto del sesgo inicial sobre el resultado final de la competencia y alineándose con la necesidad de rigor metodológico (Díaz et al., 2012).

El proceso de evaluación, como toda experiencia de aprendizaje activo, se vio limitado por restricciones de tiempo y recursos que desafiaron la Factibilidad de la ejecución. La principal barrera fue la logística del horno de fundición, cuya disponibilidad limitada creó cuellos de botella críticos en el cronograma, pues los tiempos de colada dependían de la agenda central del taller. Además, la disponibilidad de material se vio afectada por la escasez temporal de arena de moldeo de alta calidad, lo que obligó a ajustes de última hora en las especificaciones del proyecto. Estos factores exógenos forzaron la negociación constante de la planificación original.

La viabilidad del proceso se sostuvo gracias a la capacidad de adaptación institucional y operativa del equipo docente y los estudiantes. Para sortear las limitaciones del horno, se implementaron turnos extendidos de noche para la colada, descentralizando el uso del recurso y optimizando el flujo de trabajo. Ante la escasez de material, se optó por simplificar las tolerancias no críticas de la pieza, priorizando la ejecución de la competencia principal sobre una perfección técnica innecesaria en el contexto formativo.

Esta reflexión crítica permite concluir que la evaluación fue suficientemente válida y confiable para sustentar los aprendizajes, ya que reconocer los sesgos y dificultades operativas no debilita el capítulo; al contrario, lo fortalece al evidenciar rigor, realismo y transparencia en el proceso. El aprendizaje más trascendental es que la evaluación de una competencia de Ingeniería Industrial debe ponderar intrínsecamente la eficiencia (tiempo y recursos) junto con la precisión final del producto, tal como lo indica (Hederich et al., 2014).

El éxito en el aprendizaje activo depende, por ende, de la Gestión de la Factibilidad y no únicamente de la calidad del diseño curricular. Las restricciones logísticas (horno) y de materiales (arena) se transformaron en variables didácticas, obligando a los equipos a gestionar recursos escasos y a tomar decisiones críticas de ingeniería bajo presión. Esta habilidad para la gestión de la contingencia es el valor añadido de la experiencia y la clave para preparar a profesionales capaces de operar en el mundo real, un hallazgo que debe informar el diseño de futuras experiencias curriculares (Yacuzzi, 2005).

1.15. Balance y Proyección de la Experiencia

El análisis exhaustivo de la experiencia de innovación educativa confirma que se alcanzaron competencias curriculares fundamentales que van más allá del simple desempeño procedimental. La evaluación validó logros significativos en la comunicación académica, el pensamiento crítico y la producción de conocimiento disciplinar. La aplicación rigurosa de los instrumentos definidos, rúbricas, cuestionarios y entrevista, junto con los indicadores diseñados, evidenció progresos claros en aspectos cruciales como la coherencia textual, la integración pertinente de fuentes y un aumento en la confianza de los docentes para reconocerse como autores de conocimiento. Este conjunto de datos triangulados da credibilidad a la afirmación de que la experiencia no solo fue innovadora en su diseño, sino también profundamente efectiva en sus resultados formativos.

No obstante, esta mirada crítica al proceso evaluativo también evidenció limitaciones específicas que demandan atención. Persistieron dificultades notables en la argumentación crítica en un sector específico de los participantes, lo que sugiere la necesidad de reforzar estrategias pedagógicas en ese dominio. Adicionalmente, se observó una disparidad en la profundidad de las respuestas consignadas en las autoevaluaciones, lo cual invita a revisar la formulación de los instrumentos reflexivos. Lejos de restar valor a la experiencia global, estos matices fortalecen el análisis al confirmar que toda innovación educativa implica una coexistencia dialéctica de avances consolidados y desafíos persistentes que deben ser sistematizados para una mejora continua.

Este balance evaluativo prepara el terreno para reflexionar sobre el sentido más amplio de la experiencia y su transferibilidad a otros contextos institucionales o curriculares. La evaluación útil, en este sentido, es aquella que no solo certifica resultados, sino que también orienta decisiones clave y aprendizajes futuros. De esta manera, el cierre de la evaluación no marca un punto final en la sistematización, sino que se convierte en la apertura a la reflexión crítica y a la proyección hacia nuevas prácticas y protocolos, que constituirán el centro del siguiente apartado del capítulo, enfocado en la replicabilidad y la estandarización.

1.16. Reflexión Crítica sobre la Experiencia de Fundición en Aluminio

El balance integrador del capítulo anterior, nos permite establecer un cierre evaluativo riguroso. Los resultados validaron que la experiencia, centrada en la práctica, impulsó de forma contundente el aprendizaje significativo en los estudiantes, evidenciado la alta precisión técnica de la pieza de aluminio y el desarrollo efectivo de la autogestión de conflictos y la capacidad de adaptación ante los desafíos logísticos. Este éxito reafirma el valor de situar la acción práctica como eje del desarrollo de competencias. No obstante, esta misma lupa crítica nos obliga a reconocer las limitaciones operacionales y didácticas, entre las que destacan la polarización del dominio teórico, que fueron observable en la desviación estándar de las pruebas y los persistentes problemas logísticos que generaron resistencia en la acción de la experiencia.

Esta mirada equilibrada, que confronta logros y matices críticos, es la bisagra que da apertura al siguiente modulo. Abandonamos la fase de valoración para iniciar una reflexión crítica profunda sobre el sentido de la experiencia en su totalidad. El foco se traslada hacia la transferibilidad operacional, buscando convertir la sistematización en un protocolo replicable. En esta nueva etapa, el análisis se centrará en cómo estandarizar la gestión de recursos críticos (tiempos y materiales) y formalizar el modelo de autogestión de conflictos, proyectando su aplicación como un referente metodológico para otras asignaturas del plan de estudios de ingeniería.

La experiencia formativa en el proceso de fundición de aluminio, enmarcada en una metodología activa, se constituyó como un laboratorio de praxis transformadora Patiño (2012) donde el dominio técnico de la precisión dimensional se demostró inseparable del liderazgo ético y la gestión de la escasez. Este proceso de sistematización González (2020) busca trascender la mera descripción del ejercicio para convertir la vivencia en conocimiento transferible y legitimador de la didáctica.

El aporte más significativo de esta experiencia reside en la consolidación de un principio fundamental en la ingeniería: el liderazgo ético es indispensable para la precisión dimensional. Los grupos, al enfrentar conflictos internos sobre el manejo de errores y la distribución de tareas, tuvieron que desarrollar capacidades de resolución para mantener la coherencia y exactitud del proceso de diseño y fundición. La gestión práctica de recursos escasos, desde la búsqueda de materia prima hasta la construcción improvisada del horno, forzó el desarrollo de una competencia de ingeniería superior al dominio teórico.

Este escenario de restricción empujó a los estudiantes a la autogestión, culminando en la generación de un Protocolo de Autogestión que formaliza la trazabilidad del error y el consenso. La validación del fracaso ("pieza fallida") como parte integrante del diseño se convirtió en un aprendizaje colectivo esencial.

El proceso no estuvo exento de severas tensiones que ratifican la naturaleza de incertidumbre en la educación superior (Perlo, 2018). La principal fricción provino del plano logístico: el desconocimiento de procesos reales de fundición, la búsqueda no estandarizada de materia prima, y el reto técnico de la construcción del horno, generaron una alta carga emocional. Esta frustración inicial ante el fallo y la necesidad de repetir la fundición activó una resistencia estudiantil intensa. Paralelamente, la resistencia al rol docente se manifestó en la dificultad del instructor para no intervenir, luchando contra la inercia de ser el experto y permitiendo que los grupos de estudiantes gestionaran su propio conflicto y conocimiento, a pesar del riesgo de un fallo total. Estas tensiones, lejos de ser anomalías, son el motor de la práctica reflexiva.

La experiencia generó una profunda transformación en los tres niveles de la comunidad educativa. A nivel Personal (Docente), el aprendizaje residió en despojarse del rol de experto para confiar plenamente en la capacidad de autogestión de los grupos, consolidando un nuevo rol como facilitador y observador crítico. A nivel colectivo (Estudiantes), la transformación se centró en la comprensión de que el error como la pieza fallida o la imprecisión dimensional es una etapa obligatoria del diseño y la mejora continua, habilitando una cultura de experimentación resiliente. Finalmente, a nivel Institucional, la experiencia visibilizó la necesidad de invertir urgentemente en la estandarización de recursos de taller y la formalización de la gestión logística para poder escalar esta y otras metodologías activas con garantía de replicabilidad y seguridad. Este ciclo de acción-reflexión confirma la premisa de la reflexión en la acción.

En conjunto, esta sistematización convierte la práctica localizada en un conocimiento compartido sobre la didáctica de la ingeniería. El valor crucial no reside únicamente en el protocolo final de autogestión, sino en la trazabilidad documentada de la frustración al éxito. Este recorrido legitima la metodología activa ante pares y estamentos institucionales que exigen resultados técnicos, demostrando que la competencia técnica (precisión) se optimiza cuando la gestión humana (ética) es el cimiento. La experiencia de fundición, al convertir la incertidumbre logística y la tensión emocional en un activo de diseño, se postula como un modelo replicable para la formación de ingenieros competentes no solo en teoría, sino en la gestión compleja y ética de los sistemas reales.

Bibliografía

Aguilar, X. C. P., Martínez, C. F. B., & Martínez, D. V. A. (2025). Estrategias Institucionales para Fortalecer el Aprendizaje Práctico-Experimental en la Formación Universitaria. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, *5*(2), 1683-1709. https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i2.1232

Alonso, G. F. M., Garza, J. Á. G., Villarreal, E. B., & Cubero, A. T. (2013). Implementación y evaluación del Currículo Basado en Competencias para la formación de ingenieros. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, *11*, 141-174. https://doi.org/10.4995/redu.2013.5551

Anaya, E. V. (2024). Análisis cualitativo en la investigación. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, *15*, e2074-e2074. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v15i0.2074

Andrade, E. (2015). Reflexiones en torno al concepto alfabetización académica. *Letras*, *57*(93), 3. http://historico.upel.edu.ve:81/revistas/index.php/letras/article/view/5954

Anzules, J. T. H., Díaz, R. E., & Calvopiña, M. J. L. (2024). El simulador Virtual Plant: Una herramienta para el aprendizaje activo en la carrera de ingeniería industrial. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, *4*(2), 23-29. https://doi.org/10.56183/iberotecs.v4i2.648

Aráoz Cutipa, R. A., & Pinto Tapia, B. (2021). Criterios de validez de una investigación cualitativa: Tres vertientes epistemológicas para un mismo propósito. *Summa Psicológica UST*, *18*(1), 7-16. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8039675

Arboleda, A. C. C., Tapia, C. L. Q., Jiménez, K. M. R., & Segovia, S. V. V. (2024). Evolución de la Planificación Estratégica en la Industrialización de los Derivados del Banano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 2406-2416. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12483

Ávila-Meléndez, L. R., & Cortés-Montalvo, J. A. (2017). La Sistematización De Experiencias Educativas. Una Experiencia Con Docentes Universitarios. *European Scientific Journal, ESJ*, *13*(4), 137-137. https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n4p137

Baeza, C. J. V. (2024). Políticas gerencialistas en la gestión educativa en un contexto de cuasimercado educativo: ¿gestionar el cambio o cambiar la gestión? *Ensaio:*

Avaliação e Políticas Públicas em Educação, *32*, e0234180. https://revistas.cesgranrio.org.br/index.php/ensaio/article/view/4180

Bravo, X. R., & Acosta, B. E. O. (2017). Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa. *Gaceta de Pedagogía*, *36*, 63-75. https://doi.org/10.56219/rgp.vi36.566

Buenaño, J. S. E., Salazar, K. G. V., & Terán, I. Y. L. (2024). Análisis de la relación entre la motivación intrínseca y el rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Multidisciplinar Ciencia y Descubrimiento*, *2*(3). https://doi.org/10.70577/0p402r42RCD

Calderón, T. A. V., López, H. A. M., Segovia, M. C. D., Fienco, I. L. C., Guanuche, A. P. V., & López, G. A. H. (2024). La importancia de la planificación estratégica en organizaciones públicas y privadas. *Ciencia y Desarrollo*, *27*(3), 195-208. https://doi.org/10.21503/cyd.v27i3.2683

Camacho-Javier, M., Castillo, J. C. L. D., & Javier, D. C. (2024). Conceptualización y análisis reflexivo sobre la enseñanza por competencias en nivel superior. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, *11*(2), 1-29. https://doi.org/10.46377/dilemas.v11i2.4014

Cárdenas, M. V., Gualdrón, S. M., & Gaviria, M. A. (2019). Visión de las competencias de ingeniería industrial en Industria 4.0. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/34

Cardona, D. M., & Sánchez, J. M. (2010). Basic Indicators for Assessment the Learning Process in Students of Distance Education in Environment e-learning. *Formación Universitaria*, *3*(6), 15-32. https://doi.org/10.4067/S0718-50062010000600004

Castañeda, C. A. M. (2023). La complejidad en la educación superior universitaria. *Revista Vida*, *5*(1), 7-12. https://doi.org/10.36314/revistavida.v5i1.21

Castillo, E., & Vásquez, M. L. (2003a). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia Médica*, *34*(3), 164-167. https://doi.org/10.25100/cm.v34i.3.269

Castillo, E., & Vásquez, M. L. (2003b). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia Médica*, *34*(3), 164-167. https://doi.org/10.25100/cm.v34i.3.269

Castro, J. G., Peñafiel, J. S., Vintimilla, P. M., & Cárdenas, J. X. N. (2025). Enseñanza de la ingeniería estructural en pregrado: Análisis experimental, analítico y computacional de pórticos de acero y madera. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.4367

Chao, K.-W. C., & Durand, M.-J. (2019). El uso de la rúbrica como herramienta de evaluación y de retroalimentación de la expresión escrita en Francés. *Actualidades Investigativas en Educación*, *19*(3). https://doi.org/10.15517/aie.v19i3.38638

Cisneros-Cohernour, E. J., Jaramillo, M. C. J., & Pereyra, Á. M. A. (2012). Validación de instrumentos de evaluación docente en el contexto de una universidad española. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, *3*(1), 41-55. https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.03

Companioni, O. L., Hernández, M. R., & Alonso, D. M. (2018). Desarrollo profesional del docente: impacto de acciones de formación inicial en el profesorado novel de la Universidad de Ciego de Ávila. *Didáctica y Educación*, *9*(6), 264-279. https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/844

Crespo Cabuto, A., Mortis Lozoya, S. V., Tobón Tobón, S. d. J., & Herrera Meza, S. R. (2021). Rubric to Evaluate a Curriculum Design Under the Socioformative Approach. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, *47*(1), 339-353. https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000100339

Díaz, C., Contreras, J. M., Batanero, C., & Roa, R. (2012). Evaluación de sesgos en el razonamiento sobre probabilidad condicional en futuros profesores de educación secundaria. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, *26*, 1207-1226. https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000400006

Escalante, J. Á. R., Vera, R. A. A., & Ortiz, J. F. G. (2025). Evaluación de la calidad en estudios secundarios: Un estudio de caso. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *24*(46), 1-16. https://doi.org/10.22395/rium.v24n46a5

Escamilla, L. N. M. (2023). Currículo por competencias: Una estructura que integra varias acciones. *Línea Imaginaria*, *1*(17), 187-195. https://doi.org/10.56219/lneaimaginaria.v1i17.2397

Espinosa, E. O. C., & Mercado, M. T. C. (2011). Propuesta de indicadores para evaluar la calidad de un programa de posgrado en Educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *13*(2), 68-82. https://redie.uabc.mx/redie/article/view/284

Flores, W. H. B., Miranda, P. J. P., & Mescco, E. C. (2021). Evaluación formativa: Una revisión sistemática de estudios en aula. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, *5*(19), 872-891. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i19.244

Fonseca, S. P. G., Medinilla, F. J. R., Blanco, I. L. P., & Campa, C. E. P. (2024). Aprendizaje basado en la investigación para el desarrollo de competencias genéricas en

estudiantes de ingeniería. *ANFEI Digital*, *16*, 169-169. https://doi.org/10.63136/read162024948pp169

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Gallardo, O. E. (2024). Aplicación del diseño instruccional en el aprendizaje activo para el nivel superior. *Revista Guatemalteca de Educación Superior*, *7*(2), 23-39. https://doi.org/10.46954/revistages.v7i2.134

González, M. G. G. (2020). Sistematización, una práctica necesaria. *Diálogos e Perspectivas Interventivas*, *1*, e9864. https://www.researchgate.net/publication/368008276_SISTEMATIZACION_UNA_PRACTICA_NECESARIA

Granados Romero, J. F., Vargas Pérez, C. V., & Vargas Pérez, R. A. (2020). La formación de profesionales competentes e innovadores mediante el uso de metodologías activas. *Revista Universidad y Sociedad*, *12*(1), 343-349. http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100343

Granda-Piñan, A. R., Moreno-Rando, M., Vecino-Ramos, S., & Monforte-Chiva, R. (2025). Competencias docentes centradas en el alumnado en entornos de aprendizaje innovadores y tradicionales. *Revista Española de Pedagogía*, *83*(292), 549-569. https://doi.org/10.9781/rep.2025.378

Grinsztajn, F., Szteinberg, R., Córdoba, M., & Miguez, M. (2015). Construcción de saber pedagógico y recursos educativos abiertos en la formación de profesionales para la docencia universitaria. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, *13*(3), 237-254. https://doi.org/10.4995/redu.2015.5457

Hederich, C., Bernal, J. M., & Camacho, L. R. (2014). Hacia una educación basada en la evidencia. *Revista Colombiana de Educación*, *66*, 19-54. https://doi.org/10.17227/01203916.66rce19.54

Henao-Calad, M., & Rodríguez-Lora, V. (2012). Conceptual knowledge modeling as support in knowledge engineering. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, *20*(3), 412-424. https://doi.org/10.4067/S0718-33052012000300015

Holliday, Ó. J. (2019). La sistematización de experiencias. Entrevista con Óscar Jara Holliday. *Perspectivas*, *18*, 1-18. https://doi.org/10.15359/rp.18.3

Israel, A. M. (2024). Modelos y prototipos y su importancia en los procesos de enseñanza aprendizaje en ingeniería. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.3683

Jaramillo-Martínez, M. I., Jaramillo-Martínez, L. G., Quispillo-Villagomez, M., Saransig-Ramos, L. A., & Mayancela-Caizan, N. R. (2024). Metodologías Activas y Participativas en el Aula Diversa. *Revista Científica Retos de la Ciencia*, *1*(4), 73-85. https://doi.org/10.53877/rc.8.19e.202409.7

Lascano, W. A. Z., López, F. d. J. M., Jarrín, E. N. M., Moposita, A. G. M., & Vinueza, V. A. E. (2024). Metodologías Activas para Impulsar el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. Otros Horizontes, Otros Desafíos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(3), 2433-2456. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11454

Loja, C. M. L., & Suco, L. M. Q. (2021). El rol docente y las innovaciones pedagógicas como elementos para la transformación educativa. *Revista Scientific*, *6*(20), 296-310. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.20.16.296-310

López, J. E., Moreno, E. O., & Fernández-Cano, A. (2004). Patrones metodológicos en la investigación española sobre evaluación de programas educativos. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, *10*(2), 185-209. https://doi.org/10.7203/relieve.10.2.4319

López Zafra, E., Rodríguez Espartal, N., Contreras Martínez, L. M., & Augusto Landa, J. M. (2015). Evaluación de una experiencia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en estudiantes universitarios. *Revista d'innovació docent universitària: RIDU*, *7*, 71-80. https://doi.org/10.1344/RIDU2015.7.8

López-Martínez, A., & Gómez-Torres, M. J. (2024). Satisfacción de los estudiantes sobre la práctica docente de la enseñanza virtual. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, *28*(1), 241-262. https://doi.org/10.30827/profesorado.v28i1.27863

Lozada-Lozada, R., Cifuentes, N. V., Cedeño-Cedeño, R., & Cedeño, E. D. l. C. (2025). Aprendizaje basado en problemas y su fomento del pensamiento crítico en estudiantes universitarios: Una revisión sistemática de la literatura. *e-Revista Multidisciplinaria del Saber*, *3*, e-RMS22022025. https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.174

Metaute-Paniagua, P. M., Flórez-Osorio, G. A., Córdoba-Castrillón, M. M., & Ospina-Pabón, M. Á. (2020). Estrategia Pedagógica PICUR: Un aporte a la autogestión del conocimiento en la Ingeniería de Sistemas de Uniremington. *Revista Lasallista*

de Investigación, *17*(1), 252-275. http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v17n1/1794-4449-rlsi-17-01-252.pdf

Molina, G. M., & Martín, D. G. (2014). Calidad y desarrollo profesional del profesorado universitario, desde la perspectiva de las comunidades de aprendizaje. *Entorno*, *55*, 63-71. https://doi.org/10.5377/entorno.v0i55.6287

Naranjo, S., & Lemus, F. C. (2020). La academia en acción: Aprendizaje basado en proyectos en entornos universitarios. *Revista Boletín Redipe*, *9*(1), 70-78. https://doi.org/10.36260/rbr.v9i1.893

Ortega, J. C. P., & Morales, M. S. S. (2024). Desarrollo de habilidades blandas en estudiantes de ingeniería mediante trabajo colaborativo y la teoría de roles de Belbin. *European Public & Social Innovation Review*, *9*, 1-19. https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1450

Ospina, S. A., Guerrero, S. A., & Jiménez, D. A. G. (2024). Transformando el aprendizaje en primer año universitario de ingeniería: una estrategia innovadora. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.4048

Oyarzún, J. E., & Guzmán, A. R. (2024). Desafíos curriculares de la formación en ingeniería: El currículum por competencias y el currículum socio-crítico. *South Florida Journal of Development*, *5*(11), e4615. https://doi.org/10.46932/sfjdv5n11-016

Patiño, S. M. F. (2012). La educación como praxis transformadora. *Pedagogía y Saberes*, *36*, 45-56. https://doi.org/10.17227/01212494.36pys45.56

Paz, H. (2022). Análisis comparativo de las metodologías educativas para la evaluación y el seguimiento de los resultados de aprendizaje en programas de ingeniería. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.2461

Perez, Y. (2024, enero). *Competencia científica en la enseñanza de las ciencias naturales: Reflexión desde la perspectiva del pensamiento complejo*. https://mucin.nelkuali.com/2024/01/31/competencia-cientifica/

Pérez, O. M. (2012). De la evaluación tradicional a una nueva evaluación basada en competencias. *Revista Electrónica Educare*, *16*(1), 27-46. https://doi.org/10.15359/ree.16-1.3

Perlo, C. L. (2018). Investigar la complejidad, asumir la incertidumbre. *De Prácticas y Discursos*, *7*(9), 253-279. https://doi.org/10.30972/dpd.792810

Quintana, E. Y. B. (2024). Innovación educativa y aprendizaje activo: Impacto de las metodologías activas en el rendimiento académico. *Revista Multidisciplinar Ciencia y Descubrimiento*, *2*(2), 1-18. https://doi.org/10.70577/ne1t2z88RCD

Quintero, A. A. M., Martínez, M. I. C., & Morales, J. J. C. (2025). Alineación constructiva de las competencias, los resultados de aprendizaje y las estrategias de evaluación: Caso de estudio en los programas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.4630

Quiroga, L. E., & Ordenes, E. E. L. (2022). El aprendizaje profundo como herramienta para cambio en la visión de aprendizaje de una cultura escolar. *Revista Educación Las Américas*, *12*(1), 1-15. https://doi.org/10.35811/rea.v12i1.201

Ramirez, R. J., Luza, P. G., & Ramirez, J. D. (2021). Implementación de la metodología clínicas de ingeniería en la carrera de Ingeniería Industrial. *Revista Digital Educación en Ingeniería*, *16*(31), 57-63. https://doi.org/10.26507/rei.v16n31.1157

Revelo-Rosero, J., Carrillo-Puga, S., Reyes-Cedeño, C., & Andrade-Erazo, C. (2020). Investigación y acción participativa: Una herramienta metodológica para la comprensión y transformación de la práctica universitaria. *Cátedra*, *3*(3), 129-142. https://doi.org/10.29166/catedra.v3i3.2187

Rey, B., & Jover, J. M. N. (2022). Experiencia de aprendizaje basado en proyectos para estimular el aprendizaje significativo y la implicación de estudiantes de ingeniería. *IN-RED 2022: VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. https://ocs.editorial.upv.es/index.php/INRED/InRed2022/paper/view/15865

Rodríguez, A. M. (2019). La sistematización de experiencias como método de investigación para la producción del conocimiento. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, *4*(1), 99-108. https://doi.org/10.33936/rehuso.v4i1.2143

Rodríguez, R., Sánchez, L. A., & Sancho, N. L. (2020). Desarrollo de la metodología de aprendizaje basado en problemas en un curso de ingeniería. *Revista Digital Educación en Ingeniería*, *15*(30), 26-33. https://doi.org/10.26507/rei.v15n30.1122

Rodríguez, R. F. B., Cachinell, A. N. L., & Alvarez, Y. M. M. (2024). Integración de la docencia y el aprendizaje activo en la educación superior. Metodologías, componentes y actores. *Prohominum*, *6*(1), 97-105. https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0230

Rodríguez, R. G., Ganchozo, B. S. I., Sánchez, C. X. M., & Álava, W. L. S. (2025). Competencia pedagógica del profesorado de la carrera de educación inicial de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual "ALCON"*, *5*(1), 352-363. https://doi.org/10.62305/alcon.v5i1.555

Romero, M. Á. M., Tiza, D. R. H., Murillo, J. P. M., Cervantez, D. O. O., & Ordóñez, G. I. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. https://doi.org/10.35622/inudi.b.105

Rueda, J. M. V., & Soriano, M. E. S. (2024). Innovación educativa en la era digital: Explorando el impacto de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje primario. *Revista Imaginario Social*, *7*(2), 1-13. https://doi.org/10.59155/is.v7i2.181

Sánchez, F. M., Osorio, S. S., & Manrique, M. M. A. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, (36), 119-138. https://doi.org/10.25100/pfilosofica.v0i36.3467

Sayago, S. (2014). Discourse analysis as a qualitative and quantitative technique in the social sciences. *Cinta de Moebio*, *49*, 1-10. https://doi.org/10.4067/S0717-554X2014000100001

Sepúlveda, H. A. Á. (2020). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica-evaluativa en la enseñanza universitaria de la historia. *UNED Research Journal*, *12*(2), e2906. https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.2906

Sepúlveda, J. M., & Véliz, J. B. (2013). Coherencia entre las estrategias didácticas y las creencias curriculares de los docentes de segundo ciclo, a partir de las actividades didácticas. *Perfiles Educativos*, *35*(139), 25-39. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2013.139.35709

Silva Quiroz, J. E., & Maturana Castillo, D. (2017). Una propuesta de modelo para introducir metodologías activas en educación superior. *Innovación Educativa*, *17*(73), 117-131. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-26732017000100117&script=sci_abstract

Talanquer, V. (2015). La importancia de la evaluación formativa. *Educación Química*, *26*(3), 177-179. https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.001

Téllez, N. R., Bautista, R. B., & Rodríguez, M. S. (2019). Generación de evidencias de aprendizaje matemático y competencias profesionales mediadas por una estrategia

tecnopedagógica. *ANFEI Digital*, *11*, 1-11. https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/546

Torres, M. C. P. (2017). Educación por habilidades: Perspectivas y retos para el sistema educativo. *Revista Educación*, 118-130. https://doi.org/10.15517/revedu.v41i2.21719

Tracy, S. (2021). Calidad cualitativa: Ocho pilares para una investigación cualitativa de calidad. *Márgenes, Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, *2*(2), 173-201. https://doi.org/10.24310/mgnmar.v2i2.12937

Yacuzzi, E. (2005). *El estudio de caso como metodología de investigación: Teoría, mecanismos causales, validación* (Working Paper N.º 296). Universidad del CEMA. https://EconPapers.repec.org/RePEc:cem:doctra:296

Zúñiga, C. I. G., Peña, C. J. L., & González, B. M. B. (2015). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo en la ingeniería. *Multidisciplinas de la Ingeniería*, *4*(04), 264-270. https://doi.org/10.29105/mdi.v4i04.172

2

Experiencia de enseñanza de Tinkercard en el electricidad y magnetismo

Alejandro Sebastián Sánchez Mendoza [2]

.

La experiencia en la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la UNEMI buscó fortalecer el aprendizaje práctico de electricidad básica mediante la construcción y simulación de circuitos en Tinkercad. Se identificaron dificultades conceptuales y procedimentales, articulando teoría y práctica en un entorno virtual. La sistematización, con enfoque de investigación-acción, incluyó prácticas guiadas y autónomas, videos y evaluaciones. Tinkercad incrementó la motivación, mejoró la comprensión y permitió que el 80% obtuviera más de 8 puntos, demostrando alta transferibilidad educativa.

[2]Universidad Estatal de Milagro,asanchezm29@unemi.edu.ec.

Índice

2.1. Introducción 59
2.2. Fundamentación conceptual y operativa de la experiencia 64
2.3. Dimensión institucional 67
2.4. Dimensión subjetiva 67
2.5. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera 70
2.6. Ecosistema estratégico 77
2.7. Evaluación: Indicadores, Instrumentos, Análisis. 87
2.8. Reflexión crítica y proyección transformadora 96

2.1. Introducción

La experiencia tuvo lugar en la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), dentro del curso de Electricidad y Magnetismo. El propósito fue fortalecer las destrezas prácticas de los estudiantes a través de la construcción y simulación de circuitos en la plataforma Tinkercad, un espacio virtual que les permitió experimentar con conceptos básicos y avanzados de la asignatura (Jojoa, 2025).

El grupo estuvo conformado por treinta estudiantes provenientes de diferentes carreras y contextos sociales del país. Algunos poseían bases Sobre circuitos mixtos, pero manifestaban dificultades al trasladar esas nociones al entorno virtual de laboratorio; otros, en cambio, se acercaban por primera vez a fenómenos como el flujo magnético, la inducción electromagnética o la ley de Gauss Tipler y Mosca (2008), y mostraban inseguridad frente al uso de fórmulas, la interpretación de gráficas o la organización de un circuito eléctrico. Esta diversidad de conocimientos y trayectorias convirtió al curso en un reto que exigió diseñar actividades claras, accesibles y a la vez rigurosas (Serway & Jewett, 2018).

Uno de los momentos más significativos ocurrió durante la primera práctica con Tinkercad. Tras explicar que construiríamos circuitos sencillos midiendo voltaje y corriente con instrumentos básicos, un estudiante comentó: “Entiendo las ecuaciones en el pizarrón, pero no sé cómo convertirlas en un circuito real; nunca había colocado una resistencia en una protoboard ni había usado un multímetro”. Ese testimonio abrió un diálogo entre los compañeros: algunos reconocieron que dominaban los cálculos teóricos, pero les costaba relacionarlos con la práctica; otros confesaron que estaban aprendiendo desde cero conceptos como la función de una resistencia o el uso de una fuente de alimentación (Boylestad, 2016). Este intercambio permitió evidenciar la importancia de un aprendizaje paso a paso, partiendo desde lo más elemental.

La motivación del grupo fue una de las principales condiciones que favorecieron la experiencia, pues los estudiantes entendieron que la simulación en Tinkercad representaba una oportunidad para unir la teoría con la práctica (Jojoa, 2025). Sin embargo, se presentaron limitaciones notables: algunos alumnos no tenían acceso constante a computadoras con conexión estable a internet, y muchos nunca habían manipulado herramientas de electricidad, lo que generó dudas iniciales sobre la función de cada componente (Serway & Jewett, 2018). Estas dificultades se convirtieron en aprendizajes colectivos al compartir estrategias y soluciones.

Este contexto resulta fundamental para comprender que la experiencia de enseñanza-aprendizaje en Electricidad y Magnetismo en la UNEMI surgió como respuesta a una necesidad concreta: brindar a los estudiantes universitarios la posibilidad de apropiarse de los conceptos físicos mediante la construcción de circuitos y la simulación virtual. La diversidad de perfiles académicos, sumada a la falta de práctica previa en laboratorios físicos, puso en evidencia la urgencia de generar propuestas pedagógicas innovadoras que hicieran del aprendizaje una experiencia significativa, cercana y aplicable a la realidad (Tipler & Mosca, 2008).

El principal problema identificado en la experiencia de enseñanza es el escaso conocimiento que los estudiantes poseen sobre los fundamentos de la electricidad básica y la identificación de sus componentes esenciales (Gómez, 2015; Hernández, 2017). Este problema adquiere relevancia porque limita la comprensión integral de fenómenos eléctricos y dificulta la aplicación práctica de los conceptos en contextos académicos y profesionales. El aprendizaje de la electricidad no se reduce a memorizar fórmulas, sino que requiere entender cómo operan resistencias, condensadores o fuentes de corriente dentro de un circuito. Cuando los estudiantes carecen de estas nociones iniciales, enfrentan barreras para desarrollar competencias más complejas, como el análisis de circuitos o la interpretación de diagramas (Pech et al., 2021).

Si esta dificultad no se atiende a tiempo, los estudiantes no podrán verificar ni construir circuitos básicos durante su formación universitaria ni en su futura práctica profesional. Esto compromete su capacidad de desempeñarse en áreas aplicadas de la ingeniería y limita su autonomía para enfrentar problemas eléctricos en contextos reales, lo que puede derivar en deficiencias en seguridad, diseño y resolución de problemas técnicos. Durante las primeras prácticas se observó que varios estudiantes no lograban reconocer un multímetro ni sabían diferenciar voltaje de corriente continua o alterna. En actividades con simuladores como Tinkercad, algunos intentaban conectar resistencias sin comprender su función o confundían la orientación de las fuentes. Estas dificultades muestran con claridad que el problema no es solo de teoría, sino de falta de experiencia práctica y de contacto con herramientas básicas de laboratorio.

En síntesis, la falta de conocimientos elementales en electricidad básica plantea un desafío que compromete el aprendizaje posterior y la formación profesional de los estudiantes de la UNEMI. Reconocer esta problemática permite orientar una propuesta de sistematización que responda a la necesidad concreta de articular teoría y práctica en la enseñanza de circuitos eléctricos, preparando así la transición hacia la definición del pro-

pósito formativo. El propósito de esta sistematización es identificar las dificultades que enfrentan tanto los estudiantes como el docente en el proceso de aprendizaje de electricidad básica, y trazar una guía práctica que facilite la construcción de conocimientos mediante el uso de laboratorios virtuales como Tinkercad.

Este propósito nace de la necesidad de comprender cómo los estudiantes se aproximan a los conceptos de voltaje, corriente y resistencia, y cómo el docente puede acompañar esa transición desde la teoría hacia la práctica experimental. La sistematización permite organizar lo vivido en las clases y rescatar las estrategias que favorecen el aprendizaje, al tiempo que visibiliza las barreras que impiden avanzar. Al narrar esta experiencia, también se busca establecer un camino pedagógico que ayude a fortalecer la enseñanza de la electricidad en entornos no presenciales.

La relevancia de esta sistematización para colegas y estudiantes radica en ofrecer un punto de partida para la enseñanza de la materia y en brindar una herramienta que permita realizar prácticas sin depender de recursos costosos o de laboratorios físicos. Experiencias de este tipo muestran el potencial de integrar simuladores educativos en la enseñanza de la física aplicada, contribuyendo al desarrollo de competencias experimentales y al acceso equitativo a la formación (Gómez, 2015; Hernández, 2017).

El lector encontrará en esta sistematización una propuesta concreta para trabajar con electricidad básica a través de entornos virtuales. El aporte central es demostrar que es posible adentrarse en el estudio de circuitos sin necesidad de adquirir materiales físicos, aprovechando plataformas digitales que simulan con fidelidad los procesos eléctricos. Este recurso, además de ser económico, abre la posibilidad de extender el aprendizaje a contextos de educación en línea, lo que lo convierte en una alternativa valiosa para instituciones y docentes.

En síntesis, el propósito central de esta sistematización es transformar la experiencia docente en una herramienta útil para guiar a otros profesores en el diseño de estrategias efectivas de enseñanza en electricidad básica. Al documentar y analizar lo ocurrido, se pretende abrir un camino que combine teoría, práctica y mediación tecnológica, en línea con la intención de que la sistematización sirva como un ejercicio crítico y transformador (Jara, 2018).

La experiencia de implementar un laboratorio virtual en la enseñanza de electricidad y magnetismo posee un alto valor pedagógico, ya que transforma la manera en que los estudiantes se relacionan con el conocimiento práctico y brinda a los docentes una herramienta flexible, segura y accesible. Su relevancia no se limita únicamente al plano

didáctico, sino que aporta una alternativa de innovación tecnológica que responde a los desafíos actuales de la educación a distancia y semipresencial.

Un aspecto innovador que distingue esta experiencia es la posibilidad de trabajar con un laboratorio virtual desde cualquier lugar, sin necesidad de un espacio físico ni de materiales costosos. Además, ofrece un entorno libre de riesgos, evitando incidentes asociados al uso de corriente eléctrica en prácticas presenciales. Esta innovación se sustenta en la perspectiva de la investigación-acción, que resalta la importancia de transformar las prácticas educativas mediante procesos de mejora continua (Elliot, 1990). Así, la experiencia no se limita a replicar un laboratorio físico, sino que redefine el acceso al aprendizaje práctico en entornos virtuales.

El impacto observado en los estudiantes ha sido significativo: ellos manifiestan entusiasmo al comprobar que los cálculos realizados en sus cuadernos se reflejan en circuitos que funcionan dentro de la plataforma. Este proceso fortalece la relación entre la teoría y la práctica, permitiéndoles constatar que los conceptos aprendidos tienen una aplicación concreta y verificable. En términos de formación docente, también se ha generado un espacio de reflexión sobre la necesidad de integrar recursos digitales para enriquecer la enseñanza. Schön (1992) señala que este tipo de práctica reflexiva resulta clave para que los educadores puedan repensar su quehacer profesional y fortalecer la calidad del aprendizaje.

La experiencia, además, tiene un alto potencial de transferibilidad. Puede ser replicada en colegios técnicos, institutos superiores y programas de educación a distancia, especialmente en contextos donde no se dispone de laboratorios físicos. Su aplicabilidad también se extiende al ámbito de sistemas digitales y automatización, gracias a la amplia gama de componentes y recursos que ofrecen plataformas como Tinkercad. Tal como plantea Stenhouse (1987), compartir prácticas que pueden inspirar o ser adaptadas por otros educadores constituye una forma de generar conocimiento pedagógico colectivo y fortalecer la comunidad educativa.

En síntesis, los criterios de valor de esta experiencia se encuentran en su capacidad de innovar con un recurso virtual, su impacto positivo en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes, y su posibilidad de ser replicada en distintos contextos educativos. Estos aspectos refuerzan el sentido de la sistematización como una práctica que convierte la experiencia individual en conocimiento compartido (Jara, 2018). De este modo, se abre el camino para la siguiente etapa del proceso: la delimitación del objeto de estudio, que

permitirá profundizar en los elementos centrales de la experiencia y establecer un marco más definido para su análisis.

El objeto de estudio de esta sistematización se centra en la experiencia de combinar **prácticas guiadas y prácticas autónomas con laboratorio virtual**, enfocadas a que los estudiantes del segundo semestre contrasten la teoría con la práctica al construir circuitos eléctricos (serie, paralelo, mixtos) en Tinkercad.

El foco central del análisis será la dimensión del **aprendizaje mediante creación de videos explicativos** sobre conexiones de circuitos, pues en aproximadamente el 90 % de los estudiantes esta actividad generó motivación y elevó sus calificaciones. Esa dimensión permite explorar cómo la mediación virtual favorece la conceptualización y reforzamiento de conocimientos eléctricos, tal como evidencian investigaciones previas que destacan el potencial de Tinkercad en el aprendizaje de circuitos básicos (Chiluisa-Chiluisa et al., 2022).

Los límites y alcances se definen así: la población objetivo la conforman cerca de 100 estudiantes de segundo semestre de la carrera de Tecnologías de la Información (modalidad en línea), distribuidos en tres paralelos, durante el periodo abril-julio de 2025. Las evidencias consideradas serán las evaluaciones y los videos explicativos, en los cuales alrededor del 80 % de los estudiantes obtuvieron calificaciones superiores a 8 puntos. El espacio de estudio se circunscribe a la asignatura de electricidad básica y al entorno virtual de Tinkercad, plataforma que ha demostrado ser útil para el aprendizaje práctico de electrónica en entornos a distancia (Villalba et al., 2021). Esta delimitación permite centrar el estudio en los estudiantes de segundo semestre, dentro de un periodo claramente definido, en el que se desarrollaron prácticas guiadas y autónomas en entornos virtuales con evidencias verificables. Este recorte metodológico garantiza la coherencia entre los objetivos, las acciones y los resultados obtenidos, favoreciendo un análisis riguroso y contextualizado. En consecuencia, esta definición sostiene el paso siguiente: examinar de manera detallada los hallazgos, los desafíos y los aprendizajes derivados del proceso, estableciendo así una base sólida para la interpretación reflexiva y la mejora continua de la práctica educativa.

Los supuestos que justifican este recorte parten de la necesidad de analizar un grupo homogéneo en cuanto a semestre, asignatura y condiciones de enseñanza, de modo que las conclusiones puedan atribuirse con mayor propiedad a la práctica metodológica implementada. Además, elegir límites claros fortalece la sistematización, haciendo que el análisis sea más profundo y coherente. En este caso, la selección de prácticas virtuales guiadas

y autónomas se justifica porque permite estudiar cómo los estudiantes articulan teoría y práctica mediante la simulación de circuitos en Tinkercad, tal como sugieren experiencias recientes sobre la enseñanza de electricidad con simuladores digitales (Aguinsaca & Quizhpe, 2025).

La generación de este documento de sistematización permitirá documentar y mostrar el proceso completo de implementación didáctica, ofreciendo una alternativa de enseñanza práctica a los docentes que trabajan en áreas afines. Al abordar las debilidades detectadas en los estudiantes, se busca evidenciar cómo la integración de estrategias innovadoras favorece el aprendizaje significativo y la comprensión profunda de los conceptos eléctricos. Comprender que estas estrategias se convierten en aprendizajes de mejora constituye un paso esencial hacia la transformación de la práctica docente, fortaleciendo las competencias profesionales y promoviendo una cultura educativa más reflexiva, colaborativa y orientada a la excelencia.

2.2. Fundamentación conceptual y operativa de la experiencia

En el primer módulo se sistematizó una experiencia docente que abordó la enseñanza de Electricidad y Magnetismo mediante el uso del laboratorio virtual Tinkercad, como alternativa innovadora para superar las limitaciones del trabajo práctico presencial (Giancoli, 2016; Tinkercad, 2023). A lo largo de los cinco puentes de escritura se presentó el contexto institucional, el problema de la falta de conocimientos básicos sobre electricidad y componentes Serway y Jewett (2018), el propósito de guiar al estudiantado hacia un aprendizaje significativo Ausubel (2002), los criterios de valor de la propuesta —centrados en la accesibilidad, seguridad y aplicabilidad del entorno virtual— y finalmente la delimitación del objeto de estudio, centrada en las prácticas guiadas y autónomas realizadas por estudiantes del segundo semestre de la carrera de Tecnologías de la Información en la UNEMI (Tipler & Mosca, 2015).

Esta primera parte permitió comprender cómo la virtualidad, bien acompañada, puede convertirse en un espacio fértil para el desarrollo de competencias experimentales y reflexivas, especialmente en contextos donde los laboratorios físicos presentan limitaciones logísticas o económicas (Floyd & Jain, 2020; Hughes & Smith, 2019).

En esta segunda etapa, el capítulo transita del relato narrativo hacia la fundamentación conceptual y operativa, donde se precisarán los marcos teóricos y metodológicos que sustentan la experiencia. Se analizarán conceptos clave como aprendizaje activo, simulación virtual, alfabetización tecnológica y experimentación digital, que permiten explicar la pertinencia del uso de Tinkercad en la enseñanza de la física (Giancoli, 2016; Tinkercad, 2023). Asimismo, se definirán las dimensiones e indicadores que orientan la sistematización —motivación, comprensión conceptual y transferencia práctica—, junto con las fuentes y métodos empleados para el análisis de evidencias (Serway & Jewett, 2018). Este apartado busca, por tanto, establecer las bases teóricas que articulan la práctica con el conocimiento, preparando el terreno para el desarrollo analítico del capítulo (Tipler & Mosca, 2015).

Los conceptos clave que orientan esta experiencia son: aprendizaje significativo, laboratorio virtual, simulación digital, electricidad básica, Tinkercad, competencias tecnológicas y enseñanza activa. Cada uno de ellos permite comprender cómo la incorporación de herramientas digitales transforma el proceso de enseñanza y aprendizaje en contextos donde los recursos físicos son limitados (Giancoli, 2016; Tinkercad, 2023). Además, ayudan a conectar la teoría con la práctica, fortaleciendo la comprensión conceptual y la autonomía del estudiante en la resolución de problemas eléctricos (Serway & Jewett, 2018).

Estos conceptos se justifican porque articulan los ejes fundamentales de la propuesta pedagógica: la innovación educativa a través del uso de recursos digitales, la accesibilidad para los estudiantes que no disponen de materiales o laboratorios físicos, y la construcción de conocimiento mediante la experimentación virtual (Hughes & Smith, 2019; Tipler & Mosca, 2015). La experiencia con Tinkercad demuestra que es posible desarrollar competencias en electricidad y magnetismo en entornos virtuales, sin que ello implique pérdida de rigor científico o técnico. Por el contrario, se amplía el alcance educativo y se estimula la creatividad, la exploración autónoma y la práctica segura de conceptos eléctricos fundamentales (Floyd & Jain, 2020).

El aprendizaje significativo se produce cuando la nueva información se relaciona de manera sustantiva con los conocimientos previos del estudiante, generando estructuras cognitivas más sólidas y duraderas (Ausubel, 2002). Este principio orienta la propuesta al buscar que los estudiantes comprendan los fenómenos eléctricos a través de la manipulación de circuitos en Tinkercad, relacionando teoría y práctica en un entorno visual e interactivo (Tinkercad, 2023). Por otro lado, el concepto de laboratorio virtual se defi-

ne como un espacio digital de simulación donde el estudiante puede experimentar fenómenos físicos o eléctricos mediante herramientas informáticas que recrean condiciones reales (Giancoli, 2016). Finalmente, la simulación digital constituye una estrategia didáctica que permite representar procesos complejos de forma manipulable, lo que favorece la comprensión y el análisis de resultados sin riesgos físicos ni gastos materiales (Serway & Jewett, 2018).

En el proceso de sistematización, las dimensiones de análisis constituyen los ejes que permiten comprender, ordenar y profundizar la experiencia vivida. Delimitar dimensiones es una tarea metodológica esencial, ya que orienta la mirada hacia los aspectos significativos del fenómeno estudiado, evitando dispersión y permitiendo construir sentido (Flick, 2014). En este caso, las dimensiones permiten articular los componentes pedagógicos, institucionales y subjetivos que intervinieron en el uso del laboratorio virtual Tinkercad en la enseñanza de Electricidad y Magnetismo (Tinkercad, 2023).

A partir de los conceptos estructurantes —innovación educativa, aprendizaje activo, práctica reflexiva, virtualidad, motivación estudiantil y mediación tecnológica— se han definido tres dimensiones centrales: la dimensión pedagógica, la dimensión institucional y la dimensión subjetiva. Cada una ofrece una perspectiva complementaria que permite comprender tanto la lógica del proceso como los aprendizajes generados por los estudiantes y docentes involucrados (Elliot, 1990; Stenhouse, 1987).

La dimensión pedagógica aborda los procesos de enseñanza y aprendizaje que se transforman con la incorporación del laboratorio virtual. En la práctica desarrollada, esta dimensión se manifestó cuando los estudiantes pudieron conectar la teoría de los circuitos con su representación práctica, comprobando en Tinkercad los resultados de los cálculos realizados en el cuaderno (Giancoli, 2016; Tipler & Mosca, 2015). Esta experiencia fortaleció la comprensión conceptual y el pensamiento crítico de los estudiantes.

La dimensión institucional se refiere a las condiciones organizativas, recursos y políticas que posibilitan o limitan la innovación. En esta experiencia, la dimensión institucional se evidenció en la posibilidad de integrar la plataforma Tinkercad dentro del entorno virtual universitario, brindando acceso equitativo y gratuito a todos los estudiantes (Fullan, 2007; Tinkercad, 2023). Esta articulación permitió ampliar las oportunidades de aprendizaje, especialmente para quienes cursan la carrera de Tecnologías de la Información en modalidad en línea.

La dimensión subjetiva se vincula con las percepciones, emociones y significados construidos por los actores durante la experiencia. Esta dimensión se manifestó en la

motivación de los estudiantes al observar sus circuitos funcionando y comprender que su trabajo teórico tenía un correlato real (Schön, 1992; Wenger, 1998). La elaboración de videos explicativos y la colaboración entre pares fortalecieron la autoconfianza y el sentido de pertenencia (Hughes & Smith, 2019).

En el proceso de sistematización, los indicadores constituyen herramientas analíticas que permiten observar, describir y valorar con mayor precisión los resultados y transformaciones de una experiencia educativa (Flick, 2014). En la experiencia desarrollada con Tinkercad, los indicadores permiten evaluar de manera integral el alcance pedagógico, organizativo y subjetivo de la implementación del laboratorio virtual (Tinkercad, 2023).

Con base en las tres dimensiones formuladas en el Puente anterior —pedagógica, institucional y subjetiva— se proponen un conjunto de indicadores específicos que orientan el análisis y facilitan la interpretación de los hallazgos. Cada indicador se deriva de los conceptos centrales de la experiencia: innovación educativa, aprendizaje activo, motivación estudiantil, mediación tecnológica y práctica reflexiva (Giancoli, 2016; Serway & Jewett, 2018).

Dimensión pedagógica Los indicadores definidos son: nivel de aplicación práctica de los contenidos teóricos, capacidad de los estudiantes para explicar sus procesos de aprendizaje y participación activa en actividades autónomas y colaborativas (Tipler & Mosca, 2015).

2.3. Dimensión institucional

Los indicadores definidos son: grado de accesibilidad a las herramientas digitales institucionales, nivel de integración de Tinkercad en el entorno académico virtual y acompañamiento institucional en la implementación de prácticas virtuales (Fullan, 2007; Tinkercad, 2023).

2.4. Dimensión subjetiva

Los indicadores analizan los aspectos emocionales, motivacionales y de sentido construidos por los actores del proceso: nivel de motivación y autoconfianza, participación colaborativa entre pares y percepción de utilidad del aprendizaje adquirido (Schön, 1992; Wenger, 1998).

En el proceso de sistematización educativa, las fuentes y métodos de verificación son los instrumentos que permiten sustentar la validez y confiabilidad de la experiencia narrada. En la experiencia con Tinkercad, las fuentes y métodos de verificación se eligieron para reflejar con precisión los avances de los estudiantes, la adaptación docente y el apoyo institucional que posibilitó la innovación.

Entre las principales fuentes de evidencia empleadas se consideraron:

1. Producciones estudiantiles, como videos explicativos y simulaciones en Tinkercad.
2. Registros de evaluación, que incluyen calificaciones, rúbricas y observaciones cualitativas.
3. Testimonios de estudiantes y docentes, obtenidos mediante comentarios escritos y retroalimentaciones en el aula virtual.
4. Documentos institucionales, como guías de práctica y de apoyo al aprendizaje en línea.

Cada fuente fue seleccionada por su capacidad de mostrar dimensiones distintas del proceso educativo. Las producciones estudiantiles constituyen una evidencia directa del aprendizaje activo y de la apropiación del conocimiento técnico. El método de verificación utilizado fue el análisis de desempeño, que permitió observar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes al simular circuitos eléctricos y explicar sus resultados (Serway & Jewett, 2018).

Los registros de evaluación ofrecieron información cuantitativa y cualitativa que facilitó la medición del progreso académico. A través de la comparación de resultados entre prácticas iniciales y finales, se aplicó un método de verificación comparativa, observando la mejora del 80 % de los estudiantes que obtuvieron calificaciones superiores a 8 puntos. La triangulación entre distintos tipos de evidencia fortaleció la validez de los hallazgos (Tipler & Mosca, 2015).

Por su parte, los testimonios reflexivos y las observaciones docentes fueron fuentes clave para comprender las percepciones subjetivas y las emociones asociadas al aprendizaje. Se empleó el método de análisis interpretativo, que permitió identificar patrones de motivación, confianza y colaboración entre los participantes. Asimismo, las observaciones docentes contribuyeron a validar las percepciones de los estudiantes mediante una mirada pedagógica sistemática (Tinkercad, 2023).

Finalmente, los documentos institucionales brindaron el marco de referencia que sustenta la implementación del laboratorio virtual. Su método de verificación consistió en la revisión documental, contrastando las políticas institucionales de educación virtual con las prácticas observadas (Floyd & Jain, 2020).

El uso combinado de fuentes y métodos otorgó robustez al proceso de sistematización, al permitir contrastar evidencias desde múltiples ángulos. La triangulación entre producciones estudiantiles, registros de evaluación y testimonios reflexivos permitió consolidar una comprensión más profunda de la experiencia con Tinkercad, mostrando no solo resultados cuantificables, sino también transformaciones cualitativas en la enseñanza, la motivación y la apropiación del conocimiento. Así, las fuentes y métodos no son meros instrumentos técnicos, sino los pilares que dan sustento y legitimidad a la sistematización de una práctica educativa innovadora.

1. **Justificación de conceptos y dimensiones** En la sistematización de experiencias sobre enseñanza de Electricidad y Magnetismo, la delimitación conceptual cumple un papel clave para garantizar coherencia analítica y profundidad reflexiva. Las dimensiones pedagógica, institucional y subjetiva orientan el análisis hacia la comprensión de cómo se enseña, se gestiona y se vive la práctica docente en torno a los contenidos científicos (Giancoli, 2016).

2. **Justificación de indicadores** Los indicadores constituyen las expresiones observables y verificables de las dimensiones, y su definición rigurosa garantiza la validez interna de la sistematización. Para la dimensión pedagógica se proponen indicadores como el uso de simuladores interactivos, la diversidad de estrategias didácticas y la apropiación conceptual del estudiantado. En el ámbito institucional, los indicadores reflejan la disponibilidad de recursos tecnológicos, el apoyo a la innovación y la colaboración entre docentes. Finalmente, en la dimensión subjetiva, los indicadores se vinculan con la reflexión docente, la motivación profesional y el desarrollo de comunidades de aprendizaje (Hughes & Smith, 2019).

3. **Justificación de fuentes y métodos** Las fuentes y métodos de verificación permiten contrastar la información obtenida y fortalecer la credibilidad del proceso. Se priorizaron registros de clase, entrevistas docentes y producciones estudiantiles generadas en los laboratorios virtuales (Tinkercad, 2023). El método de verificación se basa en el contraste entre fuentes mediante procedimientos de codificación y análisis temático (Serway & Jewett, 2018).

4. **Síntesis final del conjunto** La articulación entre conceptos, dimensiones, indicadores y fuentes configura una estructura metodológica sólida y significativa. Las dimensiones permiten comprender los ejes de sentido de la experiencia; los indicadores traducen esos ejes en evidencias observables; y las fuentes aseguran la trazabilidad y credibilidad del proceso. Esta integración demuestra cómo el uso del laboratorio virtual Tinkercad promovió aprendizajes significativos, fortaleció la autonomía estudiantil y generó condiciones favorables para la innovación docente (Giancoli, 2016; Tipler & Mosca, 2015).

2.5. Vínculo con el currículo y el perfil de la carrera

La experiencia desarrollada en la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad** evidencia una estrecha relación entre la práctica docente innovadora y un currículo orientado al desarrollo de competencias. Esta propuesta permitió que los estudiantes no solo comprendieran conceptos teóricos, sino que aplicaran el conocimiento en la resolución de problemas prácticos, fortaleciendo así su autonomía y pensamiento crítico. Según Tobón (2013), las competencias integran el saber, el saber hacer y el saber ser, promoviendo aprendizajes significativos que articulan teoría y práctica. De este modo, el uso de Tinkercad se convierte en una herramienta pedagógica que facilita la formación de estudiantes capaces de transferir lo aprendido a contextos reales del ámbito tecnológico y laboral.

A nivel curricular, esta experiencia aporta a la construcción de un modelo educativo más flexible, inclusivo y centrado en la práctica. Permite demostrar que es posible desarrollar habilidades experimentales sin depender de un laboratorio físico, respondiendo así a los desafíos de la educación virtual y a las limitaciones económicas o espaciales. Como señalan Zabalza (2010) y Perrenoud (2004), enseñar por competencias implica diseñar actividades complejas que promuevan la autonomía, la reflexión y la aplicación práctica del conocimiento. En este sentido, la práctica con Tinkercad fortalece competencias del perfil de egreso, tales como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la adaptación tecnológica, elementos esenciales para el desempeño profesional en el campo de la ingeniería y las ciencias aplicadas.

La vinculación de una experiencia educativa innovadora con el perfil de egreso resulta esencial para que la práctica docente trascienda el aula y contribuya a la formación profesional universal de los estudiantes. En este proyecto, la enseñanza de *Electricidad y*

Magnetismo mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad** no solo salva las barreras físicas del laboratorio, sino que reafirma competencias fundamentales del perfil de egreso, alineando la formación técnica con las demandas del mundo laboral y del conocimiento digital. Al insertar esta práctica dentro del currículo, se promueve una formación integral que integra saber técnico, habilidades metodológicas y conciencia del uso de herramientas tecnológicas.

Las competencias seleccionadas para esta vinculación son:

1. Resolución de problemas con herramientas tecnológicas.
2. Manejo de herramientas digitales aplicadas al ámbito técnico.

La competencia de **resolución de problemas con herramientas tecnológicas** se fortalece cuando los estudiantes planifican y ejecutan circuitos eléctricos —resistencias mixtas, mallas y nodos— utilizando Tinkercad como entorno seguro de prueba. En este proceso, el uso del simulador sirve como mediador para identificar errores, ajustar parámetros y verificar resultados, lo que ejercita su capacidad de analizar, corregir y optimizar soluciones técnicas. En relación con esto, Villa y Poblete (2008) señalan que las evidencias de competencias aparecen cuando los estudiantes demuestran dominio en diversas situaciones reales o simuladas, enriqueciendo su perfil profesional.

La competencia de **manejo de herramientas digitales aplicadas al ámbito técnico** emerge directamente de la práctica habitual con el simulador. Los estudiantes no solo modelan circuitos virtualmente, sino que además diseñan videos explicativos para demostrar sus conexiones y cálculos de voltaje, corriente y resistencia. Tales producciones actúan como evidencia simbólica de su dominio tecnológico. En este sentido, la literatura reciente respalda que el uso de Tinkercad facilita la comprensión de circuitos y el desarrollo de habilidades digitales (Aguinsaca & Quizhpe, 2025; Chiluisa-Chiluisa et al., 2022). Por lo tanto, esta competencia no se limita al manejo técnico, sino al diseño, comunicación y aplicación contextual de los saberes.

Por ejemplo, un estudiante construyó un circuito mixto, calculó las corrientes usando nodos, generó un video explicativo y luego contrastó su resultado con el valor obtenido mediante determinantes. Otro estudiante documentó el proceso paso a paso, mostrando cómo ajustaba valores tras simular en Tinkercad y corregir errores de conexión. Estas evidencias ilustran claramente que las competencias no quedan en la teoría, sino que se materializan en acciones concretas.

En síntesis, esta experiencia no solo reafirma competencias técnicas esenciales en el perfil de egreso, sino que amplía su alcance al integrar herramientas digitales en el ejercicio profesional. Al insertar el uso de Tinkercad y la reflexión metacognitiva en el currículo, se construye un perfil más pertinente para la era digital y tecnológica. Este puente muestra que la innovación no es un añadido, sino una estrategia para empoderar al estudiante frente a los retos técnicos y conceptuales del mundo profesional.

Los **resultados de aprendizaje** constituyen los logros específicos que los estudiantes deben alcanzar en coherencia con el currículo y el perfil de egreso, articulando la teoría con la práctica. En el contexto de la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad**, estos resultados adquieren especial relevancia porque permiten verificar cómo el aprendizaje técnico puede sostenerse en entornos digitales. En esta experiencia, los resultados se centraron en la aplicación de las leyes básicas de la electricidad —como la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff— y en la validación de los cálculos teóricos a través de simulaciones digitales, demostrando la capacidad de los estudiantes para conectar el conocimiento conceptual con la experimentación práctica y tecnológica.

La simulación en Tinkercad contribuyó significativamente a estos resultados, al ofrecer un entorno accesible, seguro y flexible que eliminó las limitaciones de espacio y recursos propios de los laboratorios físicos. Mediante esta herramienta, los estudiantes pudieron observar fenómenos eléctricos en tiempo real, experimentar con diferentes configuraciones de circuitos y comprobar de manera visual la relación entre voltaje, corriente y resistencia. Además, fortalecieron su razonamiento lógico y su comprensión conceptual al comparar los resultados simulados con los cálculos matemáticos, logrando así un aprendizaje activo y reflexivo.

En la práctica, los estudiantes diseñaron circuitos mixtos, calcularon voltajes y corrientes aplicando leyes fundamentales, y elaboraron videos explicativos donde demostraron los pasos de su razonamiento y los resultados obtenidos. Estos productos se constituyeron como evidencias del desarrollo de competencias técnicas, comunicativas y digitales, pues mostraron no solo la correcta aplicación de los principios eléctricos, sino también la capacidad de expresar y justificar sus procesos de resolución. Tal como sostienen Villa y Poblete (2008), la evidencia de aprendizaje surge cuando los estudiantes son capaces de transferir sus conocimientos a situaciones nuevas, contextualizadas y significativas.

En síntesis, la incorporación de Tinkercad en la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* permitió evidenciar que los resultados de aprendizaje no se limitan a la memorización

de leyes, sino que se consolidan mediante la práctica reflexiva y la experimentación digital. Esta experiencia demuestra la pertinencia curricular de integrar simuladores tecnológicos en la formación universitaria, fortaleciendo la autonomía, la resolución de problemas y el pensamiento crítico, competencias esenciales para un perfil de egreso alineado con las demandas del entorno laboral y científico contemporáneo.

La **trazabilidad entre actividades, resultados y evidencias** constituye un principio esencial de coherencia curricular. Permite garantizar que cada acción formativa esté orientada al logro de resultados observables y verificables, fortaleciendo la alineación entre el diseño didáctico y el desarrollo de competencias profesionales. En la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* mediante el laboratorio virtual **Tinkercad**, esta trazabilidad se vuelve aún más relevante, ya que posibilita vincular los procesos de simulación con los aprendizajes significativos derivados de la experimentación digital. Según Biggs y Tang (2011), la **alineación constructiva** asegura que las actividades y las evaluaciones sean coherentes con los resultados esperados, favoreciendo un aprendizaje más profundo y autónomo.

En esta experiencia, se desarrollaron tres actividades principales que marcaron el proceso de aprendizaje: **la resolución de ejercicios teóricos, el análisis del comportamiento eléctrico mediante simulación en Tinkercad** y la **elaboración de videos explicativos** por parte de los estudiantes. Cada una de estas acciones fue diseñada con la intención de conectar el conocimiento conceptual con la experimentación práctica, promoviendo la reflexión y la transferencia de saberes. Como señala Zabalza (2003), la coherencia didáctica radica en la articulación entre objetivos, actividades y evaluación, de modo que el estudiante comprenda el sentido de lo que aprende y cómo lo aplica.

La **resolución de ejercicios teóricos** permitió a los estudiantes afianzar los fundamentos de las leyes de la electricidad, como las de Ohm y Kirchhoff, a través del cálculo de corrientes, voltajes y resistencias en circuitos simples y mixtos. Esta primera fase teórica sentó las bases para interpretar los fenómenos eléctricos desde un enfoque analítico y cuantitativo. Posteriormente, mediante el **uso de simulaciones en Tinkercad**, los estudiantes contrastaron los resultados obtenidos en papel con los valores generados por el software, verificando el cumplimiento de las leyes eléctricas. Este proceso consolidó la competencia de análisis crítico, pues evidenciaron cómo los conceptos matemáticos se reflejan en el comportamiento de los circuitos reales, incluso en entornos digitales (Chiluisa-Chiluisa et al., 2022).

Finalmente, la **elaboración de videos explicativos** permitió que cada estudiante mostrara su proceso de razonamiento, diseño y comprobación experimental. Estas producciones audiovisuales funcionaron como evidencias tangibles del aprendizaje alcanzado, al mismo tiempo que fortalecieron la competencia comunicativa y el uso de herramientas tecnológicas. De acuerdo con Villa y Poblete (2008), la evidencia de competencias surge cuando el estudiante puede explicar, justificar y documentar su propio proceso de aprendizaje, demostrando comprensión y autonomía. En este caso, los videos no solo mostraron la ejecución técnica, sino también la reflexión metacognitiva sobre los resultados y los posibles errores de simulación.

La trazabilidad se hizo evidente cuando los resultados obtenidos en las simulaciones coincidieron con los cálculos teóricos, confirmando la validez del procedimiento. Además, las evidencias audiovisuales aportaron un registro verificable que facilitó la retroalimentación docente y la autoevaluación. Este ciclo completo —actividad, resultado y evidencia— generó un aprendizaje coherente y significativo, en el que los estudiantes comprendieron el porqué de cada ejercicio y el cómo de su aplicación práctica. Barnett (2001) sostiene que el aprendizaje en la complejidad implica que los sujetos construyan conocimiento en contextos cambiantes, integrando teoría, práctica y reflexión.

En síntesis, la experiencia en *Electricidad y Magnetismo* con Tinkercad demuestra que la coherencia curricular se alcanza cuando existe correspondencia entre las actividades desarrolladas, los resultados de aprendizaje esperados y las evidencias obtenidas. Este modelo promueve un aprendizaje significativo, reflexivo y transferible, que prepara a los estudiantes para enfrentar problemas reales del campo profesional. La trazabilidad no solo valida la pertinencia de la experiencia, sino que también refuerza el valor del currículo como un sistema dinámico de conexión entre saberes, prácticas y competencias, consolidando así un perfil de egreso más integral y alineado con las demandas del entorno tecnológico actual.

Reflexionar sobre la **alineación curricular** permite comprender cómo las experiencias de aula se articulan con los propósitos formativos institucionales, asegurando coherencia entre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. En el contexto de la asignatura *Electricidad y Magnetismo* en la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), la implementación del laboratorio virtual **Tinkercad** ha aportado una visión renovada de la enseñanza práctica en entornos digitales. Esta experiencia no solo responde a las exigencias del currículo por competencias, sino que contribuye al desarrollo de aprendizajes significativos y aplicables al ámbito profesional. Como señala Zabalza (2003), un currículo coherente

debe integrar los objetivos, las estrategias didácticas y los resultados esperados, en un marco flexible que responda a los retos de la formación contemporánea.

Los **principales aportes** de esta experiencia al currículo se relacionan con la integración del laboratorio virtual como un recurso permanente en la enseñanza práctica y la promoción de la innovación didáctica en entornos virtuales. Gracias a Tinkercad, fue posible reproducir fenómenos eléctricos, aplicar leyes básicas de la electricidad y validar cálculos teóricos sin depender de infraestructura física. Esto no solo facilitó el acceso equitativo a la práctica, sino que también fortaleció el perfil de egreso al fomentar la resolución de problemas mediante herramientas tecnológicas. Estudios recientes Pilamunga-Morocho et al. (2025); Aguinsaca y Quizhpe (2025) confirman que la simulación digital potencia la comprensión conceptual y reduce las brechas entre la teoría y la experimentación, contribuyendo a una enseñanza más inclusiva y efectiva.

Sin embargo, el proceso también reveló **tensiones y desafíos** relacionados con la adopción de nuevas metodologías. La falta de capacitación docente en el uso de simuladores y la resistencia a abandonar modelos tradicionales de enseñanza se convirtieron en obstáculos recurrentes. Estas limitaciones no son exclusivas de este contexto, sino parte de la incertidumbre inherente a todo proceso de cambio educativo. Barnett (2001) explica que la educación superior contemporánea se enfrenta a una "complejidad estructural", en la cual el docente debe reconfigurar sus roles, pasando de transmisor de conocimiento a mediador del aprendizaje. En este sentido, la innovación con Tinkercad exige no solo formación técnica, sino también un cambio de paradigma pedagógico que valore la experimentación, la autonomía y la creatividad.

En el plano institucional, la experiencia cuestiona la necesidad de actualizar los **currículos basados en competencias** para integrar prácticas de aprendizaje digital sostenibles. Díaz Barriga (2009) destaca que un currículo con enfoque competencial debe propiciar la transferencia de los conocimientos a contextos diversos y promover la reflexión sobre el propio aprendizaje. En este marco, Tinkercad se convierte en una herramienta que vincula la práctica experimental con la comprensión teórica, permitiendo que el estudiante no solo reproduzca procedimientos, sino que comprenda sus fundamentos. Asimismo, investigaciones como las de (Vera et al., 2024; Villalba et al., 2021) demuestran que los simuladores virtuales fortalecen la autogestión del conocimiento y la motivación estudiantil, aspectos esenciales para consolidar aprendizajes duraderos.

En cuanto a los **aprendizajes y proyección futura**, la experiencia evidencia la importancia de mantener la práctica experimental en entornos digitales como parte del currículo

regular. La enseñanza mediante simuladores no debe verse como una solución temporal, sino como una oportunidad para diversificar las estrategias didácticas y ampliar las posibilidades de aprendizaje autónomo. Además, la integración de herramientas como Tinkercad puede servir de modelo replicable para otras asignaturas de ingeniería, electrónica y ciencias aplicadas. Tal como plantea Zabalza (2003), el valor del currículo reside en su capacidad para adaptarse, transformarse y proyectar nuevas formas de enseñar y aprender, en diálogo constante con la realidad tecnológica y social.

En síntesis, la experiencia con *Electricidad y Magnetismo* en la UNEMI demuestra que la alineación curricular no se limita a cumplir con los planes de estudio, sino que implica una construcción dinámica entre innovación, reflexión y coherencia pedagógica. La incorporación de laboratorios virtuales, el fortalecimiento de competencias tecnológicas y la creación de evidencias auténticas de aprendizaje consolidan una práctica docente que contribuye a la formación de profesionales competentes, críticos y adaptables a los desafíos del siglo XXI.

La experiencia desarrollada en la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad** permitió consolidar una articulación coherente entre competencias, resultados de aprendizaje, actividades y evidencias. Se fortalecieron especialmente las competencias de resolución de problemas y manejo de herramientas tecnológicas, las cuales se expresaron en la aplicación práctica de las leyes eléctricas, la interpretación de circuitos y la validación de resultados a través de simulaciones. Estas competencias se integraron de forma efectiva en el currículo, promoviendo aprendizajes activos y significativos. Las actividades, como la resolución de ejercicios teóricos, el análisis en simuladores y la producción de videos explicativos, generaron evidencias concretas de comprensión conceptual y dominio técnico, reafirmando la pertinencia de la propuesta dentro del perfil de egreso profesional.

Desde una mirada curricular, la experiencia demuestra que la innovación didáctica basada en la simulación digital puede transformar la enseñanza de las ciencias aplicadas, haciendo más accesible y contextualizada la práctica experimental. Este apartado deja establecida una base sólida para el análisis de resultados, donde se profundizará en las transformaciones logradas en los estudiantes, las estrategias docentes más efectivas y los aprendizajes colectivos que emergieron del proceso. En ese siguiente espacio de reflexión, se interpretarán los avances observados en la comprensión conceptual, la autonomía tecnológica y la capacidad de los estudiantes para integrar teoría y práctica, evidenciando

cómo la experiencia contribuyó al fortalecimiento del currículo institucional y al desarrollo de un aprendizaje auténtico y sostenible.

2.6. Ecosistema estratégico

La experiencia desarrollada en la asignatura *Electricidad y Magnetismo* permitió consolidar un proceso curricular coherente entre competencias, resultados de aprendizaje y evidencias de desempeño. Las competencias vinculadas —resolución de problemas eléctricos y uso de herramientas tecnológicas— se materializaron en la aplicación práctica de las leyes de Ohm y Kirchhoff, la validación experimental de los resultados teóricos mediante simulación y la elaboración de videos explicativos por parte de los estudiantes. Estos logros reflejan una comprensión integral del contenido y un avance en la autonomía del aprendizaje, mostrando cómo la integración de la tecnología puede fortalecer las habilidades profesionales en entornos formativos virtuales.

Este cierre curricular da paso a un nuevo nivel de análisis centrado en las **estrategias implementadas** que hicieron posible estos resultados. El uso de **simuladores virtuales**, la aplicación de **guías prácticas**, el **acompañamiento docente constante** y la **autoevaluación mediante videos explicativos** constituyen el núcleo de la denominada "ingeniería didáctica" de la experiencia. Este nuevo apartado se orienta a describir cómo dichas estrategias operaron como soporte, núcleo y contingencia del proceso educativo, mostrando su impacto en la comprensión conceptual, la motivación y la participación estudiantil. Así, se abre el camino hacia el análisis interpretativo de los resultados, donde se examinarán las transformaciones logradas y los aprendizajes emergentes del proceso formativo.

Las estrategias núcleo representan el eje central de la práctica pedagógica, aquellas acciones planificadas y sostenidas que permitieron articular los objetivos curriculares con experiencias significativas de aprendizaje. En el contexto de la asignatura *Electricidad y Magnetismo*, estas estrategias se enfocaron en fortalecer la comprensión conceptual y el dominio práctico mediante el uso de herramientas digitales y metodologías activas. Desde una perspectiva didáctica, las estrategias núcleo se conciben como procedimientos que guían la acción docente hacia la integración efectiva entre teoría y práctica, permitiendo una participación más activa del estudiante en la construcción de conocimiento (Salinas, 2012). En esta experiencia, las estrategias implementadas se centraron en tres ejes princi-

pales: **el uso de simuladores virtuales, la aplicación de guías prácticas interactivas y la autoevaluación mediante videos explicativos.**

La primera estrategia núcleo fue el **uso de simuladores virtuales con Tinkercad**, herramienta que permitió a los estudiantes desarrollar circuitos eléctricos desde cualquier lugar, eliminando las barreras de infraestructura o acceso a laboratorios físicos. La secuencia operativa comenzó con la explicación docente sobre los principios de la plataforma, seguida por el diseño de circuitos básicos en serie, paralelo y mixtos. Posteriormente, los estudiantes realizaron simulaciones en las que observaron el comportamiento de la corriente y el voltaje al modificar resistencias o fuentes. Esta dinámica les permitió contrastar los resultados teóricos obtenidos en clase con la respuesta virtual del simulador. De acuerdo con investigaciones recientes, el uso de Tinkercad favorece el aprendizaje autónomo y la comprensión de conceptos abstractos en electrotecnia (Aguinsaca & Quizhpe, 2025; Chiluisa-Chiluisa et al., 2022).

En relación con los **resultados de aprendizaje**, esta estrategia permitió la aplicación práctica de las leyes de Ohm y Kirchhoff, el cálculo de resistencias equivalentes y la verificación experimental de los resultados teóricos. Las evidencias concretas incluyeron capturas de pantalla de los circuitos construidos, informes técnicos y registros en video que mostraban la simulación en funcionamiento. Estas producciones demostraron que los estudiantes lograron comprender las relaciones entre voltaje, corriente y resistencia, evidenciando una mejora significativa en la resolución de problemas eléctricos. La literatura destaca que los entornos virtuales de simulación no solo amplían el acceso al conocimiento, sino que también desarrollan competencias digitales y pensamiento crítico (Vera et al., 2024).

La segunda estrategia núcleo correspondió a la **implementación de guías prácticas** interactivas, diseñadas para orientar el trabajo autónomo del estudiante. Cada guía planteaba un problema real o un reto eléctrico que debía resolverse a partir del uso del simulador, combinando la revisión teórica con la experimentación digital. La secuencia operativa incluía una introducción conceptual, el desarrollo de ejercicios guiados, y una sección de reflexión en la que el estudiante debía explicar, en sus propias palabras, los resultados obtenidos. Según Tobón (2013), este tipo de estrategias fomentan el aprendizaje por competencias, al promover la movilización de saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales en contextos reales o simulados.

En cuanto a los **resultados y evidencias** de esta segunda estrategia, se observó un incremento en la participación y el interés estudiantil. Los informes presentados mostra-

ron razonamientos más estructurados y una comprensión más profunda de los fenómenos eléctricos. Los estudiantes no solo resolvían los ejercicios, sino que también justificaban sus respuestas y analizaban posibles errores, fortaleciendo la autorregulación del aprendizaje. Estas evidencias reflejan que el trabajo guiado y la retroalimentación continua contribuyeron a la consolidación de aprendizajes significativos, en línea con las propuestas de aprendizaje activo y constructivista (Coll & Monereo, 2008).

La tercera estrategia núcleo fue la **autoevaluación mediante videos explicativos**, una práctica innovadora que permitió a los estudiantes comunicar sus aprendizajes de manera creativa y reflexiva. En esta fase, cada participante debía grabar un breve video en el que describiera el proceso de diseño y simulación de su circuito, explicando los principios eléctricos involucrados. Esta actividad fortaleció la expresión oral, la argumentación técnica y la apropiación del conocimiento, al exigir que los estudiantes fueran capaces de enseñar lo aprendido. Tal como señala (Carlino, 2025), la escritura y la comunicación académica son prácticas sociales que consolidan la comprensión del conocimiento disciplinar.

Los **resultados de aprendizaje** derivados de esta tercera estrategia se reflejaron en la calidad de las explicaciones y la coherencia entre los resultados teóricos y simulados. Los videos se convirtieron en evidencias valiosas para la evaluación formativa, permitiendo al docente identificar niveles de comprensión y detectar dificultades. Además, promovieron el aprendizaje colaborativo, al compartir los materiales entre pares y generar discusiones constructivas sobre los procedimientos empleados. Según Salinas (2012), estas prácticas fomentan la autorreflexión y el desarrollo de competencias comunicativas integradas al quehacer técnico.

En síntesis, las estrategias núcleo implementadas articularon coherentemente los resultados de aprendizaje, las competencias profesionales y las evidencias obtenidas durante el proceso educativo. El uso de simuladores, las guías prácticas y la autoevaluación audiovisual conformaron un entramado metodológico que fortaleció tanto la dimensión cognitiva como la actitudinal del aprendizaje. Esta integración entre tecnología, didáctica y evaluación evidencia un modelo de enseñanza adaptable a entornos virtuales, centrado en la participación activa y el aprendizaje significativo. De este modo, la experiencia desarrollada contribuye a una pedagogía renovada para la enseñanza de la electricidad, sustentada en la práctica reflexiva, la autonomía y la innovación tecnológica

En toda experiencia de innovación educativa, los soportes institucionales y estratégicos constituyen la base que permite pasar de la intención pedagógica a la acción concreta.

Sin ellos, las ideas se desvanecen en la práctica cotidiana y las transformaciones pierden continuidad. En la experiencia desarrollada en la asignatura *Electricidad y Magnetismo*, los soportes operaron como el sistema nervioso de la propuesta: conectaron los esfuerzos docentes, articularon las herramientas tecnológicas y aseguraron la coherencia con el currículo institucional. Estos apoyos no solo posibilitaron la implementación del laboratorio virtual Tinkercad, sino que también generaron una cultura de trabajo colaborativo y aprendizaje activo que transformó la dinámica de aula tradicional. Tal como indica Lara-Navarra et al. (2024), el éxito de toda innovación educativa depende de su capacidad para integrarse dentro de una estructura institucional que legitime, acompañe y valore el cambio.

El primer soporte fue el **acompañamiento institucional**, una muestra clara del compromiso de la universidad con la modernización de la enseñanza de las ciencias. Este respaldo se materializó en la incorporación de un **laboratorio virtual Tinkercad**, accesible desde cualquier navegador web y sin necesidad de instalación de software, lo que permitió democratizar la experiencia práctica y eliminar barreras geográficas o económicas. Gracias a esta herramienta, los estudiantes pudieron construir, simular y analizar circuitos eléctricos desde sus hogares, sin riesgo y con retroalimentación inmediata. Este paso fue decisivo para vincular teoría y práctica, permitiendo a los alumnos comprobar que los principios eléctricos no son solo fórmulas abstractas, sino comportamientos observables en sistemas reales simulados. Según Ramírez et al. (2022), los laboratorios virtuales amplían las posibilidades de aprendizaje activo al favorecer la experimentación autónoma y el desarrollo de pensamiento analítico en entornos accesibles.

El segundo soporte correspondió a la **formación docente con apoyo institucional**, orientada a fortalecer las competencias digitales del profesorado. En este proceso, cada docente seleccionó cursos o talleres ofrecidos por la universidad, de acuerdo con su área de enseñanza. Esta estrategia flexible permitió que los profesores eligieran su ruta de actualización tecnológica, integrando aprendizajes sobre simuladores, metodologías activas y herramientas de evaluación virtual. Una vez completada la capacitación, los docentes replicaron lo aprendido con sus estudiantes, adaptando los contenidos a la realidad de sus asignaturas. Esta práctica fortaleció la autonomía docente y consolidó una red de aprendizaje profesional en constante evolución. Meza (2024) sostienen que la formación continua y contextualizada no solo incrementa la competencia digital, sino que estimula una mentalidad innovadora que se traduce en experiencias pedagógicas más efectivas y sostenibles.

El tercer soporte fue el **apoyo tecnológico e infraestructura digital**, que garantizó la viabilidad operativa del proyecto. La institución proporcionó acceso estable a plataformas de comunicación y almacenamiento en la nube, donde los estudiantes compartieron materiales, guías prácticas y videos explicativos. Además, se ofreció asistencia técnica a quienes enfrentaban dificultades de conexión o comprensión del entorno virtual. Este soporte, aunque a menudo invisible, fue determinante para sostener la calidad del aprendizaje, ya que evitó interrupciones en el desarrollo de las prácticas y aseguró la equidad en el acceso a los recursos. Pech et al. (2021) afirman que la infraestructura tecnológica, cuando se acompaña de orientación y soporte continuo, se convierte en una herramienta de inclusión que garantiza la participación de todos los estudiantes en entornos de aprendizaje digital.

El cuarto soporte, de naturaleza social y pedagógica, fue la **colaboración entre docentes y estudiantes**, concebida como una verdadera **comunidad de práctica**. En este espacio, los profesores compartieron guías, estrategias y resultados, mientras los estudiantes intercambiaron experiencias, corrigieron errores y presentaron sus logros mediante videos o simulaciones conjuntas. Este clima de colaboración fortaleció la motivación y el sentido de pertenencia al grupo, convirtiendo la clase en un laboratorio de ideas. Vargas y Simbaña (2023) describe estas comunidades como espacios de crecimiento colectivo donde la práctica reflexiva se transforma en conocimiento compartido. En esta experiencia, la comunidad académica emergente no solo apoyó el aprendizaje técnico, sino que generó confianza y autonomía entre los participantes.

La articulación entre estos soportes permitió consolidar las **estrategias núcleo** desarrolladas en el proyecto: simulación de circuitos, guías prácticas interactivas, acompañamiento docente y autoevaluación mediante videos explicativos. El acompañamiento institucional garantizó la coherencia curricular; la formación docente multiplicó las capacidades pedagógicas; el soporte tecnológico posibilitó la ejecución fluida de las prácticas; y la colaboración entre pares dio vida a un aprendizaje cooperativo y reflexivo. Las evidencias recogidas —como los videos de simulación, informes técnicos y ejercicios validados mediante determinantes— mostraron que los estudiantes lograron no solo dominar los fundamentos teóricos, sino aplicarlos con creatividad y rigor.

En síntesis, los soportes institucionales y estratégicos no fueron simples auxiliares, sino el motor que impulsó la transformación de la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* hacia un modelo más flexible, inclusivo y experimental. La conjunción de acompañamiento, formación, tecnología y comunidad construyó un entorno de aprendizaje sosteni-

ble, capaz de adaptarse a los retos contemporáneos de la educación virtual. Como señala Lara-Navarra et al. (2024), la innovación solo cobra sentido cuando se inscribe en una cultura institucional que promueve la mejora continua y la participación activa de sus actores. Así, los soportes descritos no solo sustentan la experiencia, sino que proyectan un horizonte de cambio educativo donde la tecnología, la práctica y la reflexión se integran para formar profesionales competentes y críticos.

En toda experiencia educativa innovadora, los imprevistos son una oportunidad para fortalecer la práctica y repensar las estrategias de enseñanza. Durante la implementación del proyecto de *Electricidad y Magnetismo* mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad**, surgieron diversas contingencias que pusieron a prueba la capacidad de adaptación docente y la resiliencia de los estudiantes. Sin embargo, lejos de convertirse en obstáculos, estos retos funcionaron como espacios de aprendizaje y mejora continua, permitiendo consolidar una metodología más flexible, inclusiva y sostenible. Según Carrasquero y Alfaro (2023), los entornos virtuales en la enseñanza técnica requieren una gestión dinámica de imprevistos, donde la capacidad de ajuste determina el éxito de la práctica formativa.

El primer imprevisto fue la **dificultad de conectividad y acceso a internet** por parte de algunos estudiantes, especialmente aquellos que residían en zonas rurales o con limitaciones tecnológicas. Dado que Tinkercad funciona de manera completamente en línea, varios alumnos tuvieron problemas para realizar las simulaciones en tiempo real. Para resolver esta situación, se elaboraron **guías descargables en formato PDF** y se ofrecieron **videos asincrónicos** que explicaban paso a paso cómo realizar los circuitos. Esto permitió que los estudiantes pudieran continuar con su proceso de aprendizaje sin depender de la conexión constante, garantizando la equidad en el acceso a la práctica experimental. Como señalan Vera et al. (2024), la educación basada en simuladores virtuales no puede desvincularse de estrategias de apoyo que compensen las brechas tecnológicas, pues estas determinan la calidad del aprendizaje alcanzado.

Otro desafío fue la **falta de experiencia de los estudiantes en el manejo del laboratorio virtual Tinkercad**. Muchos desconocían los principios de funcionamiento de los componentes eléctricos, la forma correcta de interconectarlos o la manera de interpretar los valores obtenidos en las simulaciones. Ante este escenario, se implementaron **tutorías virtuales y foros de intercambio entre pares**, donde los estudiantes más avanzados orientaban a quienes enfrentaban mayores dificultades. Esta dinámica colaborativa no solo resolvió los problemas técnicos, sino que también promovió el trabajo cooperativo y el aprendizaje entre pares, aspecto fundamental en entornos virtuales. Como afirma

Chiluisa-Chiluisa et al. (2022), el trabajo colaborativo en simuladores eléctricos potencia la comprensión de los fenómenos físicos, al permitir la socialización de estrategias y la validación compartida de resultados.

Un tercer imprevisto surgió por los **retrasos en la entrega de evidencias prácticas**, debido a la adaptación a las nuevas metodologías digitales y al tiempo que requería la grabación de videos o elaboración de informes. Para atender esta dificultad, se aplicó una **evaluación flexible basada en evidencias múltiples**, en la que los estudiantes podían presentar informes, capturas de pantalla o videos explicativos, según su ritmo y disponibilidad. Este enfoque redujo el estrés académico, fomentó la responsabilidad individual y permitió un seguimiento más personalizado. Según Aguinsaca y Quizhpe (2025), la flexibilidad en la evaluación es clave en la enseñanza virtual de electricidad, pues facilita la integración de lo teórico y lo experimental en contextos diversos.

También se presentaron **dificultades en la comprensión de conceptos teóricos aplicados a la práctica**, como la ley de Kirchhoff o el cálculo del área mediante determinantes. Para enfrentarlas, se realizaron **sesiones de retroalimentación en tiempo real**, donde los estudiantes analizaban sus errores y comparaban resultados teóricos con los simulados. Este proceso reflexivo permitió que los alumnos no solo corrigieran sus fallos, sino que comprendieran las causas de los mismos. Lara-Navarra et al. (2024) afirman que el aprendizaje en simuladores eléctricos es más significativo cuando el error se asume como parte del proceso experimental y no como un fracaso, ya que promueve la autonomía y el pensamiento crítico.

Las estrategias aplicadas ante estas contingencias garantizaron la **sostenibilidad de los resultados de aprendizaje**. Los estudiantes lograron aplicar las leyes de Ohm y Kirchhoff, comprender el funcionamiento de circuitos mixtos y generar evidencias audiovisuales que demostraban sus progresos. Estas acciones fortalecieron tanto las competencias técnicas como las digitales, evidenciando que el aprendizaje práctico puede mantenerse, e incluso mejorar, mediante entornos virtuales bien diseñados. Según Pilamunga-Morocho et al. (2025), la enseñanza de la electrotecnia con herramientas digitales fomenta la independencia del estudiante y mejora su capacidad de análisis y resolución de problemas.

En una mirada reflexiva, las contingencias enfrentadas permitieron que tanto docentes como estudiantes desarrollaran competencias transversales de alto valor: adaptación, pensamiento crítico y trabajo colaborativo. La experiencia mostró que el aprendizaje técnico no depende exclusivamente de los recursos físicos, sino de la capacidad de los actores

educativos para recrear la práctica en contextos digitales, manteniendo el rigor y la creatividad. Tal como sostienen Vargas y Simbaña (2023), la gestión de contingencias en entornos virtuales de ingeniería no solo fortalece las competencias disciplinares, sino que también promueve una cultura de resiliencia pedagógica.

En definitiva, las dificultades surgidas durante la implementación del laboratorio virtual Tinkercad se convirtieron en catalizadores de innovación. Cada imprevisto generó una oportunidad para replantear estrategias, enriquecer la práctica docente y consolidar un modelo de enseñanza que integra tecnología, colaboración y reflexión crítica. Las contingencias no debilitaron la experiencia, sino que la hicieron más humana, flexible y significativa, abriendo el camino hacia una enseñanza técnica moderna, inclusiva y sostenida en el tiempo.

Toda innovación pedagógica, especialmente en la enseñanza técnica, requiere de una estructura que articule coherentemente sus distintos componentes. En el caso de la experiencia desarrollada en la asignatura *Electricidad y Magnetismo*, la lógica del proceso se basó en un sistema de **conexiones entre estrategias núcleo, soportes institucionales y mecanismos de contingencia**. Estas tres dimensiones no actuaron de forma aislada, sino como un ecosistema educativo integrado, en el cual cada elemento cumplió una función específica dentro de un conjunto dinámico. Esta visión sistémica permitió garantizar la coherencia pedagógica, la sostenibilidad técnica y la capacidad de adaptación frente a los imprevistos del contexto educativo. Tal como señalan Valenzuela (2022), la enseñanza de la electricidad en entornos digitales debe concebirse como un circuito abierto, donde las relaciones entre componentes permiten el flujo constante de aprendizaje y retroalimentación.

En el núcleo de esta experiencia se ubicaron las **estrategias pedagógicas fundamentales**, que dieron forma a la práctica docente centrada en el uso del **laboratorio virtual Tinkercad**. Este espacio digital se consolidó como un entorno accesible, gratuito y disponible en línea, que posibilitó a los estudiantes construir y simular circuitos eléctricos sin limitaciones espaciales o económicas. A través de actividades secuenciadas, los participantes aplicaron las leyes de Ohm y Kirchhoff, analizaron configuraciones mixtas y verificaron resultados teóricos mediante simulación. De acuerdo con Chiluisa-Chiluisa et al. (2022), Tinkercad favorece el aprendizaje activo al permitir la exploración experimental y el descubrimiento guiado, convirtiéndose en un mediador entre la teoría y la práctica. En este sentido, el núcleo pedagógico se configuró como una red de experiencias que integró el razonamiento matemático, la manipulación virtual y la reflexión técnica.

Una segunda estrategia núcleo fue la **implementación de guías prácticas interactivas**, diseñadas por el docente con base en los objetivos de aprendizaje y las competencias del currículo. Estas guías incluyeron ejercicios paso a paso, explicaciones teóricas y espacios para la autoevaluación. Su propósito fue acompañar al estudiante en el proceso de experimentación dentro del simulador, orientando la observación y el análisis de los resultados obtenidos. Este recurso permitió mantener una estructura didáctica coherente con los principios del aprendizaje constructivo, en el que el estudiante es protagonista de su propio proceso. Según Vera et al. (2024), las guías digitales estructuradas son una herramienta esencial para conectar los entornos virtuales con las metas curriculares, especialmente en áreas de ingeniería y electricidad.

Como tercera estrategia núcleo, se incorporó la **autoexplicación mediante videos elaborados por los estudiantes**. Esta actividad les permitió consolidar sus aprendizajes al explicar los procedimientos seguidos en el diseño, simulación y análisis de sus circuitos. El registro audiovisual se transformó en una evidencia evaluativa auténtica, en la que se observó la comprensión conceptual y la capacidad de comunicar resultados de forma técnica. Además, promovió el desarrollo de competencias digitales y comunicativas, alineadas con los perfiles de egreso de carreras técnicas. De acuerdo con Lara-Navarra et al. (2024), la comunicación técnica audiovisual representa un espacio de metacognición, donde el estudiante reconstruye su aprendizaje a través del discurso y la demostración.

Alrededor de este núcleo pedagógico se articularon los **soportes institucionales y tecnológicos**, que aseguraron la estabilidad y sostenibilidad del proyecto. La universidad proporcionó acceso libre a las plataformas digitales, acompañamiento pedagógico y oportunidades de **formación docente continua** en herramientas tecnológicas. Cada profesor tuvo la posibilidad de escoger cursos según su área de especialización, para posteriormente replicar los conocimientos adquiridos con sus estudiantes. Este modelo descentralizado de capacitación fortaleció la autonomía del profesorado y promovió la cultura de la innovación educativa. Como señalan Martínez et al. (2021), los soportes institucionales son esenciales para transformar las prácticas docentes tradicionales en modelos flexibles, basados en la actualización y la colaboración.

La **infraestructura tecnológica** también cumplió un rol central dentro del ecosistema. El uso de Tinkercad como laboratorio virtual eliminó la necesidad de adquirir materiales costosos o disponer de un espacio físico, reduciendo la brecha entre teoría y práctica. De este modo, los estudiantes pudieron realizar experimentos desde cualquier dispositivo con conexión a internet, favoreciendo la equidad educativa. Tal como lo destacan Aguinsaca y

Quizhpe (2025), las plataformas virtuales en ingeniería eléctrica democratizan el acceso al aprendizaje técnico y permiten la continuidad de la formación en contextos de educación híbrida o a distancia. Este soporte tecnológico se integró al currículo como un componente permanente, no como un recurso emergente, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

No obstante, como toda experiencia compleja, el proceso enfrentó **contingencias** que exigieron respuestas adaptativas. Entre los principales imprevistos se identificaron la inestabilidad de la conectividad en algunos entornos, la falta de familiaridad inicial con el simulador y las dificultades para mantener la motivación en entornos virtuales prolongados. Para contrarrestar estas limitaciones, se implementaron medidas como **videos explicativos asincrónicos, materiales descargables, sesiones de tutoría personalizada y plazos flexibles de entrega**. Estas estrategias de contingencia garantizaron la continuidad del proceso formativo sin sacrificar la calidad de los aprendizajes. Según Pilamunga-Morocho et al. (2025), la flexibilidad metodológica constituye una competencia docente esencial para asegurar la resiliencia educativa en contextos digitales.

La interacción entre los tres componentes —núcleo, soporte y contingencia— puede representarse como un **sistema en circuito**, donde la energía fluye entre los elementos para mantener el equilibrio. El núcleo genera la corriente principal del aprendizaje, los soportes proveen la tensión necesaria para sostenerla y las contingencias funcionan como resistencias variables que regulan el flujo frente a las dificultades. Este modelo, inspirado en la metáfora eléctrica, ilustra cómo la educación técnica puede entenderse como un sistema autorregulado en constante ajuste y retroalimentación. Como indican Valenzuela (2022), los ecosistemas educativos eficientes se caracterizan por su capacidad para adaptarse a las condiciones del entorno sin perder su coherencia estructural.

El **diagrama visual acompañante** sintetiza esta interdependencia mediante una estructura concéntrica: en el centro se ubica el laboratorio virtual como núcleo de acción, rodeado por los anillos de soporte institucional y tecnológico, mientras que las contingencias se sitúan en la periferia, actuando como mecanismos de ajuste. Esta representación simboliza la idea de que todo sistema educativo innovador requiere equilibrio entre estabilidad y cambio. La fortaleza del modelo radica en su flexibilidad, su capacidad para adaptarse sin perder dirección y su orientación hacia la formación integral del estudiante.

En síntesis, la arquitectura del ecosistema educativo construido en torno al uso del laboratorio virtual Tinkercad demuestra que la enseñanza de la electricidad puede ser al mismo tiempo rigurosa, accesible y profundamente significativa. El éxito de la experiencia no radicó únicamente en el uso de tecnología, sino en la coherencia entre las estrategias

núcleo, los soportes institucionales y las contingencias adaptativas. Este modelo constituye una referencia replicable para otros contextos educativos, donde la innovación se entienda no como un evento aislado, sino como una práctica sostenida de mejora continua. La integración de teoría, práctica y tecnología permitió construir un circuito pedagógico completo, donde el aprendizaje fluye como corriente constante y el conocimiento se transforma en energía educativa capaz de iluminar nuevas formas de enseñanza técnica.

2.7. Evaluación: Indicadores, Instrumentos, Análisis.

En el apartado anterior se describieron las estrategias principales implementadas en la experiencia de enseñanza de Electricidad y Magnetismo, entre ellas el uso del laboratorio virtual **Tinkercad**, las **guías prácticas interactivas, el acompañamiento docente y la auto-evaluación mediante videos explicativos**. Estas acciones se articularon para fortalecer la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas, permitiendo a los estudiantes construir circuitos, simular resultados y reflexionar sobre los fenómenos eléctricos desde una perspectiva aplicada. Su diseño buscó responder a la necesidad de reducir las limitaciones físicas y técnicas que suelen presentarse en el aprendizaje experimental, especialmente en entornos virtuales o a distancia.

Evaluar estas estrategias resulta fundamental para determinar su eficacia pedagógica y su sostenibilidad dentro del currículo universitario. A través de **indicadores de desempeño, rúbricas de observación, análisis de evidencias digitales** y la **valoración del aprendizaje autónomo**, se busca identificar en qué medida las acciones implementadas contribuyeron al logro de los resultados esperados. Esta evaluación no solo permitirá reconocer aciertos y desafíos del proceso, sino también proyectar mejoras futuras y ofrecer aportes relevantes para otros docentes que deseen incorporar herramientas digitales y entornos de simulación en la enseñanza de la electricidad.

La evaluación forma parte esencial del proceso de sistematización de experiencias educativas, pues no solo permite verificar los logros alcanzados, sino también documentar los aprendizajes, las brechas y las oportunidades de mejora. En este contexto, seleccionar instrumentos adecuados se convierte en una tarea estratégica para garantizar la rigurosidad del análisis y la validez de los resultados. Los instrumentos configurados para esta experiencia de enseñanza de Electricidad y Magnetismo mediante un laboratorio virtual ofrecieron una vía para articular competencias, resultados de aprendizaje y evidencias en un marco evaluativo coherente. Es a través de ellos como se traduce la práctica pedagógi-

ca en datos, observaciones y registros que pueden interpretarse, compartirse y replicarse en otros contextos.

Entre los instrumentos aplicados en esta experiencia se encuentran: (1) una rúbrica de análisis de videos explicativos elaborados por los estudiantes; (2) un test de rendimiento de circuitos eléctricos simulados con Tinkercad; (3) un cuestionario de autoeficacia tecnológica; y (4) un portafolio digital de evidencias prácticas con captura de simulaciones y reflexiones personales. Cada uno de estos instrumentos fue seleccionado atendiendo a su capacidad para medir dimensiones diferentes —cognitivas, procedimentales, actitudinales y metacognitivas— del aprendizaje, y juntos permitieron una evaluación más integral de la práctica formativa.

La rúbrica de videos explicativos midió la capacidad del estudiante para comunicar procesos de simulación, explicar el fundamento de los circuitos y reflexionar sobre sus resultados. Fue aplicada tras la finalización de cada ciclo de prácticas, analizando criterios como claridad, coherencia técnico-didáctica, uso correcto de simbología eléctrica y vinculación entre teoría y simulación. Las evidencias generadas incluyeron los propios videos alojados en la plataforma institucional y los comentarios reflexivos de los estudiantes. En tanto, el test de rendimiento de simulaciones con Tinkercad midió la aplicación de las leyes de Ohm y Kirchhoff, el diseño de circuitos mixtos y la comparación entre cálculos teóricos y resultados simulados. Este test se administró en línea al final del módulo práctico, generando datos cuantitativos de desempeño para su análisis estadístico y cualitativo.

El cuestionario de autoeficacia tecnológica midió la percepción del estudiante sobre su habilidad para manejar el entorno virtual, interpretar resultados de simulaciones y transferir sus aprendizajes a nuevos contextos. Fue aplicado antes del inicio del módulo y al cierre del mismo, lo que permitió evaluar la variación en la autopercepción del aprendizaje tecnológico. Las evidencias incluyeron los cuestionarios online completados, así como correlaciones entre los cambios en autoeficacia y los resultados de aprendizaje reales. Finalmente, el portafolio digital de evidencias prácticas reunió capturas de pantalla de simulaciones, informes escritos, reflexiones personales y la integración de los aprendizajes teóricos con los procesos experimentales. Este instrumento generó un archivo digital compartido que documentó de forma cronológica el recorrido del estudiante y sirvió de base para entrevistas cualitativas y análisis de mejora.

La pertinencia de estos instrumentos radica en que permiten evaluar no solo qué tan bien los estudiantes aprendieron los contenidos, sino cómo lo hicieron, con qué herra-

mientas, y qué reflexiones emergieron de su práctica. En línea con la literatura sobre evaluación educativa, la combinación de instrumentos cuantitativos y cualitativos favorece la triangulación de datos, la coherencia evaluativa y la credibilidad de los procesos (Spooren et al., 2007). Esta pluralidad facilita una visión más completa del aprendizaje técnico-digital en ingeniería, integrando desempeño, percepción y reflexión.

Para cerrar, estos instrumentos dieron validez al proceso de sistematización porque documentaron de forma tangible el impacto de las estrategias didácticas implementadas, permitieron identificar relaciones entre competencias, estrategias y resultados, y ofrecieron evidencias sólidas para retroalimentar la práctica docente. Su aplicación sistemática y su análisis riguroso constituyen el sustento metodológico de la investigación-acción realizada, y constituyen un legado que otros docentes pueden adoptar o adaptar para enriquecer su propia enseñanza de Electricidad y Magnetismo con entornos virtuales de simulación.

La definición y aplicación de indicadores constituye un elemento clave en la evaluación de una experiencia educativa sistematizada, pues permite transformar observaciones cualitativas y cuantitativas en evidencias verificables. En el contexto de la enseñanza de Electricidad y Magnetismo mediante el uso de un laboratorio virtual como Tinkercad, los indicadores fueron diseñados para reflejar el desarrollo de competencias técnicas, cognitivas y reflexivas. Estos parámetros se consolidaron como herramientas de interpretación que conectaron los objetivos formativos con los resultados alcanzados por los estudiantes, garantizando un proceso evaluativo riguroso y coherente. Según Vargas y Simbaña (2023), la evaluación en entornos virtuales requiere establecer indicadores observables que traduzcan las habilidades prácticas y conceptuales en evidencias medibles, fortaleciendo la validez del proceso.

Entre los indicadores aplicados en esta experiencia se consideraron cinco: **(1)** dominio conceptual de las leyes eléctricas, **(2)** destreza en la simulación digital, **(3)** capacidad de resolución de problemas, **(4)** comunicación técnico-científica y **(5)** reflexión sobre el aprendizaje autónomo. Cada uno fue construido a partir de los resultados de aprendizaje de la asignatura y vinculado con instrumentos específicos, como rúbricas, portafolios y cuestionarios de autoevaluación. Estos indicadores permitieron abordar de manera integral las distintas dimensiones del aprendizaje, articulando lo cognitivo con lo procedimental y lo actitudinal (Tobón, 2013).

El **indicador de dominio conceptual** evaluó la comprensión y aplicación de las leyes de Ohm y Kirchhoff, así como la capacidad de explicar el funcionamiento de circuitos en serie, paralelo y mixtos. Se aplicó mediante evaluaciones escritas y ejercicios en simula-

dores, cuyos resultados evidenciaron el grado de comprensión conceptual alcanzado. El **indicador de destreza en la simulación digital** midió la habilidad del estudiante para diseñar, conectar y verificar circuitos en el entorno de Tinkercad, reconociendo errores de configuración y corrigiéndolos mediante razonamiento técnico. Este parámetro permitió observar cómo el uso de simuladores fomenta el aprendizaje significativo al vincular teoría y práctica (Chiluisa-Chiluisa et al., 2022).

El **indicador de resolución de problemas** buscó identificar la capacidad del estudiante para analizar situaciones eléctricas reales y proponer soluciones a través del razonamiento analítico y experimental. Este indicador se aplicó en actividades prácticas donde los estudiantes debían interpretar esquemas, calcular magnitudes y comprobar los resultados mediante simulaciones virtuales. Las evidencias generadas —reportes, capturas y videos explicativos— demostraron un aumento en la autonomía y en la confianza para abordar problemas de ingeniería básica. Por su parte, el **indicador de comunicación técnico-científica** valoró la habilidad para presentar los resultados de manera oral y escrita, utilizando lenguaje especializado, símbolos eléctricos y justificación teórica. De acuerdo con Carlino (2025), la comunicación académica es parte constitutiva del aprendizaje disciplinar y potencia la consolidación del conocimiento.

Finalmente, el **indicador de reflexión sobre el aprendizaje autónomo** midió la capacidad del estudiante para analizar sus propias estrategias de aprendizaje, identificar errores y reconocer avances. Se aplicó mediante un cuestionario de autoevaluación y un portafolio digital en el que los participantes registraron sus prácticas, observaciones y conclusiones. Los datos recogidos mostraron un incremento en la percepción de autoeficacia tecnológica y en la disposición hacia el trabajo experimental en entornos digitales, coincidiendo con lo planteado por Vera et al. (2024), quienes destacan que los entornos virtuales de simulación favorecen el desarrollo de la autonomía y el pensamiento crítico.

En cuanto a los **criterios de validez**, se adoptaron principios de credibilidad, coherencia y confirmabilidad, siguiendo el enfoque de estudios de caso cualitativos. La validez se sustentó en la triangulación de fuentes —rúbricas, simulaciones y reflexiones escritas—, en la revisión por pares docentes y en la consistencia entre los indicadores y los instrumentos empleados. Flick (2014) enfatiza que la validez en la investigación educativa se fortalece cuando las evidencias provienen de múltiples perspectivas, mientras que la credibilidad, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), se logra mediante la transparencia en los procedimientos y la trazabilidad de los resultados. De esta manera, los

indicadores no solo midieron logros, sino que aseguraron que las conclusiones derivadas de la sistematización fueran verificables y sustentadas en datos sólidos.

En síntesis, los indicadores diseñados y aplicados en esta experiencia aportaron estructura y profundidad al proceso evaluativo, convirtiéndose en el puente entre la acción pedagógica y la reflexión académica. Su pertinencia metodológica permitió reconocer las transformaciones en las prácticas docentes y en el aprendizaje estudiantil, evidenciando cómo el uso de un laboratorio virtual puede mejorar la enseñanza técnica en contextos de educación superior. Tal como afirma Aguinsaca y Quizhpe (2025), integrar herramientas como Tinkercad en la evaluación promueve aprendizajes auténticos y reduce las barreras tradicionales del trabajo experimental. Así, la combinación entre indicadores válidos y criterios de credibilidad confiere al proceso de sistematización un carácter científico, transferible y sostenible, consolidando su valor como experiencia educativa innovadora.

En el desarrollo de la sistematización, las **evidencias recogidas** constituyeron el eje central para comprender la efectividad de las estrategias implementadas en la enseñanza de *Electricidad y Magnetismo* mediante el uso del laboratorio virtual **Tinkercad**. Estas evidencias provinieron de diversas fuentes: videos explicativos elaborados por los estudiantes, registros de simulaciones, portafolios digitales con reflexiones personales, evaluaciones en línea y observaciones del docente durante las prácticas guiadas. Cada tipo de evidencia aportó una mirada distinta del proceso formativo, permitiendo triangular datos cuantitativos y cualitativos que reflejaron tanto la adquisición de conocimientos técnicos como el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Según Flick (2014), el análisis cualitativo se orienta a descubrir significados, patrones y relaciones entre los datos, lo que resulta especialmente pertinente en procesos educativos donde el aprendizaje no solo se mide, sino que se interpreta.

El **método de organización y análisis** combinó procedimientos de categorización cualitativa y análisis descriptivo. Primero, se realizó una codificación abierta de los textos y registros audiovisuales, identificando palabras clave y expresiones recurrentes relacionadas con comprensión conceptual, manejo técnico, autonomía y comunicación. Luego, se agruparon las categorías emergentes en tres dimensiones: *conceptual-técnica, metodológica y reflexiva*, lo que permitió examinar cómo los estudiantes integraban la teoría con la práctica en sus simulaciones. Paralelamente, se aplicó un análisis estadístico básico de las calificaciones obtenidas en los instrumentos de evaluación (rúbricas y pruebas de rendimiento), lo que facilitó la comparación de desempeños entre las distintas fases del curso. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) destacan que esta combinación de enfoques mix-

tos fortalece la validez de los resultados y permite contrastar la evidencia empírica con la interpretación teórica.

Durante el proceso de análisis se observaron **patrones significativos** en las respuestas y producciones de los estudiantes. Uno de los más notables fue la mejora progresiva en la capacidad para explicar verbalmente los fenómenos eléctricos y justificar las conexiones realizadas en el simulador. Al inicio, los discursos eran descriptivos y fragmentados; hacia el final, mostraban razonamientos más elaborados y fundamentados en las leyes físicas. Asimismo, se evidenció una tendencia al incremento del rendimiento técnico: los errores de conexión disminuyeron, y la correcta aplicación de las leyes de Ohm y Kirchhoff alcanzó niveles de precisión superiores al 85 %. De acuerdo con Salinas (2012), el aprendizaje activo mediado por TIC promueve la autoexploración y el pensamiento crítico, aspectos que se reflejan en los resultados obtenidos en esta experiencia.

Otro patrón relevante emergió en relación con la **autonomía y la autorregulación**. Los portafolios digitales mostraron un aumento en la reflexión sobre los procesos personales de aprendizaje. Muchos estudiantes expresaron haber superado su miedo inicial a los simuladores y reconocieron el valor de practicar sin el riesgo de daño físico o material. En las observaciones del docente, se registró una mejora notable en la colaboración entre pares y en la disposición para resolver problemas técnicos. Este hallazgo concuerda con lo señalado por Martínez et al. (2021), quienes sostienen que la virtualización de prácticas técnicas estimula la cooperación y el desarrollo de competencias transversales.

Un ejemplo ilustrativo de estas evidencias puede observarse en los **videos explicativos** producidos por los estudiantes. En uno de ellos, un grupo demuestra la aplicación de la Ley de Kirchhoff en un circuito mixto, explicando con precisión el flujo de corriente y la distribución del voltaje en cada rama. A medida que avanza el video, los estudiantes correlacionan las fórmulas matemáticas con los resultados arrojados por el simulador, mostrando coherencia entre el análisis teórico y la experimentación digital. Otro caso destacable se dio en los portafolios reflexivos, donde una estudiante comenta: *"Antes veía las fórmulas como algo abstracto, ahora las entiendo porque puedo ver cómo cambian los valores en tiempo real"*. Estos ejemplos reafirman la importancia del aprendizaje visual y experimental como vía para consolidar la comprensión conceptual (Chiluisa-Chiluisa et al., 2022).

En términos de **categorización cualitativa**, los datos se organizaron en torno a tres ejes interpretativos: *comprensión conceptual, aplicación práctica y reflexión crítica.* El análisis de frecuencia de términos mostró un alto grado de coincidencia entre los estu-

diantes en expresiones como “ver resultados reales”, “entender el circuito” y “comprobar mis cálculos”. Este patrón lingüístico se asoció con un aprendizaje más autónomo y significativo. Además, la correlación entre las calificaciones de las prácticas y las reflexiones escritas evidenció coherencia entre el desempeño técnico y la autopercepción del aprendizaje, reforzando la validez interna del estudio. Como señalan Lara-Navarra et al. (2024), la coherencia entre discurso y desempeño constituye una evidencia robusta de aprendizaje genuino en entornos digitales.

El proceso de análisis permitió también detectar **tendencias de mejora institucional**. La integración del laboratorio virtual como herramienta pedagógica mostró un alto nivel de aceptación entre docentes y estudiantes, lo que plantea la posibilidad de incorporarlo permanentemente en el currículo de la carrera. Este hallazgo coincide con lo reportado por Vera et al. (2024), quienes argumentan que la adopción de simuladores virtuales contribuye a la sostenibilidad de las innovaciones educativas y a la reducción de las brechas de acceso a recursos tecnológicos. La sistematización de esta experiencia, por tanto, no solo aporta evidencia del aprendizaje individual, sino también de su potencial transformador en el contexto institucional.

En síntesis, el análisis de evidencias revela que la combinación de estrategias didácticas activas, simulación digital y reflexión guiada generó un proceso de aprendizaje integral, medible y transferible. Los resultados preliminares muestran que el uso del laboratorio virtual Tinkercad no solo facilita la comprensión de los conceptos eléctricos, sino que también promueve la autonomía, la colaboración y la metacognición. Estos hallazgos respaldan la pertinencia de la innovación implementada y sientan las bases para el análisis interpretativo posterior, donde se profundizará en las transformaciones pedagógicas y los aprendizajes colectivos derivados de la experiencia.

En toda sistematización de experiencias educativas, garantizar la **validez del proceso investigativo** constituye una condición fundamental para sostener la credibilidad de los hallazgos y la pertinencia de las conclusiones. En esta experiencia, se aplicaron diversas estrategias para fortalecer la validez interna y externa del estudio. En primer lugar, se empleó la **triangulación de fuentes** (videos, portafolios, registros de simulación y observaciones docentes), que permitió contrastar distintas perspectivas sobre el mismo fenómeno. Además, se utilizó la **validación por pares**, compartiendo avances con otros docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, quienes aportaron observaciones metodológicas y pedagógicas que enriquecieron el análisis. Yin (2014) sostiene que la validez en los estudios de caso se fortalece cuando las evidencias convergen desde múltiples fuentes y son revisadas

de manera colaborativa, lo que otorga solidez interpretativa a los resultados. Del mismo modo, se promovió la transparencia del proceso mediante la documentación sistemática de cada fase, desde la planificación hasta la interpretación, siguiendo los lineamientos de credibilidad propuestos por (Lincoln & Guba, 1985).

Durante el desarrollo del estudio, también se identificaron **potenciales sesgos** que podrían afectar la credibilidad de las interpretaciones. Uno de los más relevantes fue el **sesgo del observador**, ya que el docente-investigador formaba parte activa del proceso educativo. Para mitigar esta limitación, se incorporaron instancias de revisión externa y autoevaluación reflexiva, a fin de equilibrar la mirada subjetiva con una apreciación crítica y fundamentada. Otro riesgo fue el **sesgo de deseabilidad social** en las respuestas de los estudiantes, quienes podrían intentar mostrar un desempeño superior en sus producciones. Para reducir este efecto, las evaluaciones se diseñaron en formato anónimo y con rúbricas claras, priorizando el proceso sobre el resultado final. Según Maxwell (2013), la credibilidad cualitativa se construye al reconocer los posibles sesgos y aplicar estrategias de autorreflexividad y contraste sistemático. En este sentido, se comprendió que la objetividad no radica en la ausencia de subjetividad, sino en la gestión consciente de sus efectos.

En cuanto a la **factibilidad del estudio**, se enfrentaron diversas dificultades logísticas y tecnológicas propias del contexto de enseñanza virtual. La principal limitación fue la disponibilidad desigual de equipos y conectividad entre los estudiantes, lo que generó desbalances en la participación durante las simulaciones. Para solventarlo, se establecieron turnos de práctica asincrónica en el laboratorio virtual **Tinkercad**, aprovechando su acceso libre desde navegadores web, sin requerir instalación de software. Esta flexibilidad permitió mantener la continuidad pedagógica y garantizar la equidad en la participación. Por otro lado, se diseñaron guías prácticas simplificadas y materiales de apoyo en video, que facilitaron la comprensión de las consignas y la realización de las tareas de forma autónoma. Como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la factibilidad en un estudio educativo depende tanto de los recursos materiales como de la disposición adaptativa del investigador frente a los imprevistos del contexto.

De manera complementaria, la comunicación continua entre estudiantes y docentes se convirtió en un factor decisivo para sostener la factibilidad del proceso. A través de plataformas institucionales y grupos de mensajería académica, se logró mantener un flujo constante de retroalimentación, lo cual favoreció la resolución temprana de dificultades técnicas. Este acompañamiento fue esencial para consolidar la cohesión del grupo y man-

tener la motivación a lo largo del semestre. Estudios recientes, como el de Vera et al. (2024), destacan que la flexibilidad comunicativa y la colaboración virtual son pilares clave para garantizar la viabilidad de proyectos educativos innovadores en carreras técnicas. Así, la factibilidad del estudio no dependió únicamente de los medios tecnológicos, sino también de la construcción de un entorno de confianza, diálogo y corresponsabilidad.

Finalmente, la **reflexión sobre la validez, sesgos y factibilidad** permitió reconocer que la investigación educativa en entornos virtuales exige una mirada ética, autocrítica y adaptativa. Asegurar la validez no es un acto mecánico, sino una práctica interpretativa que integra rigor metodológico y sensibilidad pedagógica. La identificación y mitigación de sesgos aportó transparencia al proceso, mientras que la resolución de los desafíos de factibilidad evidenció la capacidad de adaptación institucional y docente frente a la complejidad del contexto. Este ejercicio reflexivo generó aprendizajes valiosos sobre la gestión de la incertidumbre y la importancia de sostener la credibilidad científica sin perder la esencia humanista del acto educativo. En definitiva, el proceso se consolidó como una experiencia significativa de aprendizaje docente, donde la investigación se convierte en una vía de mejora continua y en un espacio de construcción colectiva de conocimiento.

La evaluación realizada permitió confirmar logros significativos en la experiencia educativa, especialmente en la comprensión práctica de los conceptos eléctricos, el uso eficiente del laboratorio virtual Tinkercad y el fortalecimiento de las competencias relacionadas con la resolución de problemas y la aplicación de leyes fundamentales de la electricidad. Los estudiantes demostraron autonomía y capacidad de transferencia al explicar procesos y resultados mediante videos y simulaciones, lo que evidenció la consolidación de aprendizajes significativos en entornos digitales. No obstante, también se identificaron limitaciones vinculadas con la conectividad, la falta de experiencia previa en el manejo de herramientas tecnológicas y la necesidad de un acompañamiento más personalizado para algunos participantes.

Estas observaciones abren el camino hacia una reflexión crítica orientada a comprender cómo las estrategias implementadas pueden perfeccionarse y transferirse a otros contextos educativos, tanto presenciales como virtuales. La experiencia, más allá de su carácter puntual, invita a repensar la enseñanza de la electricidad como un proceso dinámico, colaborativo y adaptable. En esta fase reflexiva se busca no solo valorar los resultados obtenidos, sino también proyectar nuevas formas de integrar la práctica experimental en entornos digitales, fortaleciendo la formación técnica y pedagógica de los futuros profesionales.

2.8. Reflexión crítica y proyección transformadora

El proceso de sistematización desarrollado en torno al uso del laboratorio virtual **Tinkercad** en la enseñanza de electricidad representó una experiencia de transformación pedagógica significativa, tanto para el docente como para los estudiantes y la institución. La incorporación de herramientas tecnológicas accesibles y gratuitas permitió replantear el modo tradicional de enseñar contenidos eléctricos, desplazando el énfasis del laboratorio físico hacia un **laboratorio virtual interactivo** que favoreció la experimentación autónoma, la creatividad y la comprensión conceptual. Este cambio evidenció la posibilidad de democratizar el acceso a la práctica técnica sin depender de los recursos materiales del aula o del laboratorio institucional. En concordancia con lo planteado por Freire (1997), el acto educativo se volvió un proceso liberador, donde el aprendizaje emergió del diálogo entre el conocimiento teórico y la práctica digital mediada por la simulación.

Uno de los **principales aportes** de la experiencia fue la **consolidación de una praxis docente transformadora.** El docente pasó de ser transmisor de conocimiento a mediador de procesos de exploración y descubrimiento, guiando a los estudiantes en la resolución de problemas reales a través de entornos simulados. Como sostienen Tobón (2013), la innovación educativa implica integrar las tecnologías de la información como medios para construir conocimiento significativo, no como simples sustitutos de los métodos tradicionales. El uso de Tinkercad permitió que los estudiantes comprendieran leyes fundamentales de la electricidad, como las de Ohm y Kirchhoff, mediante la manipulación de circuitos virtuales, observando resultados inmediatos y verificables. Esta experiencia fortaleció la **autonomía y el pensamiento crítico**, componentes esenciales del perfil de egreso de carreras técnicas y de ingeniería.

La experiencia también permitió generar **espacios de aprendizaje colaborativo**. Los estudiantes trabajaron en pequeños grupos, diseñando y analizando circuitos, compartiendo pantallas y debatiendo sobre los errores y aciertos de sus simulaciones. Tal como indica Wenger (1998), las comunidades de práctica se configuran como entornos donde el aprendizaje ocurre en la interacción y en la co-construcción del conocimiento. Este modelo de trabajo en red promovió un aprendizaje más horizontal, en el que los estudiantes asumieron responsabilidades compartidas y el docente se posicionó como facilitador. De este modo, la enseñanza se convirtió en una práctica social y dialógica, donde el error se valoró como parte del proceso y no como una falla.

No obstante, el camino hacia esta innovación no estuvo exento de tensiones y resistencias. Muchos docentes mostraron inicialmente inseguridad frente al uso de plataformas digitales, especialmente en áreas tradicionalmente prácticas como la electricidad. Se identificaron barreras relacionadas con la **brecha digital**, la falta de capacitación formal en simuladores educativos y la resistencia al cambio metodológico. De acuerdo con Morin (2001), toda transformación educativa conlleva incertidumbre, pero es precisamente en esa incertidumbre donde emergen las condiciones para el aprendizaje complejo. La experiencia también puso de manifiesto la necesidad de políticas institucionales de apoyo sostenido a la innovación docente, así como de comunidades académicas que acompañen los procesos de aprendizaje tecnológico. La universidad, al permitir que los docentes eligieran cursos de actualización según su área de enseñanza, favoreció un entorno flexible y adaptativo que fortaleció la apropiación tecnológica.

Entre los **aprendizajes personales, colectivos e institucionales** más destacados, se identificó la revalorización de la práctica experimental como eje del aprendizaje técnico, incluso en contextos virtuales. Los estudiantes demostraron un alto nivel de motivación al poder replicar fenómenos eléctricos sin riesgo físico ni limitaciones de espacio. Según Chiluisa-Chiluisa et al. (2022) y Vera et al. (2024), las simulaciones virtuales aplicadas a la electricidad favorecen la comprensión de procesos invisibles, permiten repetir experimentos y facilitan la conexión entre teoría y práctica. A nivel docente, se fortaleció la capacidad reflexiva y la disposición a integrar nuevas herramientas tecnológicas, comprendiendo que el cambio metodológico requiere de flexibilidad, acompañamiento y evaluación constante. La institución, por su parte, reconoció el valor de la innovación digital y la necesidad de consolidar infraestructuras tecnológicas y programas de capacitación permanentes.

Desde una perspectiva reflexiva, la experiencia permitió vivenciar **la praxis educativa como proceso transformador**. Freire (1997) sostiene que la verdadera práctica pedagógica se construye en la dialéctica entre reflexión y acción, y que la docencia es un acto político y ético que busca emancipar al educando. El uso de Tinkercad no fue solo una estrategia instrumental, sino una forma de resignificar el aprendizaje técnico desde un enfoque participativo y equitativo. Los estudiantes dejaron de ser receptores para convertirse en protagonistas de su propio aprendizaje, mientras que el docente desarrolló una actitud investigadora hacia su propia práctica. En este sentido, la sistematización se configuró como una oportunidad para aprender desde la experiencia y producir conocimiento pedagógico situado.

Otro aspecto relevante fue la **transferibilidad de la experiencia**. Los logros alcanzados demostraron que el modelo de enseñanza basado en laboratorios virtuales puede adaptarse a distintas asignaturas del ámbito tecnológico y científico. Como afirman Jara (2018) y Vargas y Simbaña (2023), la sistematización no se limita a documentar lo ocurrido, sino que busca generar aprendizajes extrapolables que fortalezcan la innovación educativa en otros contextos. Así, los resultados obtenidos en este proceso se transformaron en evidencia de que la enseñanza técnica puede mantenerse efectiva y significativa en entornos virtuales, siempre que se articule con estrategias pedagógicas activas y reflexivas.

Finalmente, esta reflexión invita a comprender que **la sistematización es una práctica de conocimiento colectivo**. Más allá de sus productos inmediatos, su valor radica en la posibilidad de repensar la docencia desde la complejidad, el diálogo y la construcción compartida. La experiencia con Tinkercad permitió demostrar que la educación técnica puede evolucionar sin perder su esencia práctica, integrando lo tecnológico como una extensión del laboratorio físico. Como sintetiza Tobón (2013), la educación basada en competencias debe formar sujetos capaces de aprender en contextos cambiantes, transferir conocimientos y adaptarse con pensamiento crítico. En consecuencia, la práctica aquí sistematizada se constituye en un referente para otros docentes que buscan innovar sin renunciar a la rigurosidad técnica ni al compromiso ético con sus estudiantes.

Recomendaciones para profundizar

- Evitar una visión idealizada: incluir tanto logros como tensiones, para ofrecer una mirada equilibrada y honesta sobre la experiencia.
- Balancear lo personal con lo institucional: integrar la voz del docente con las políticas, estructuras y apoyos institucionales que permitieron la innovación.
- Potenciar la proyección y transferibilidad: usar esta reflexión como punto de partida para diseñar nuevos proyectos o replicar la metodología en otras disciplinas técnicas.
- Incorporar más análisis comparativo: contrastar la experiencia con otros estudios similares para fortalecer la validez y proyección de los resultados.

Bibliografía

Aguinsaca, L. F., & Quizhpe, J. (2025). La enseñanza de circuitos eléctricos con el uso de la plataforma Tinkercad en estudiantes de segundo de bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(1), 12767-12782. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16853

Ausubel, D. P. (2002). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.

Barnett, R. (2001). *Los límites de la competencia: Conocimiento, educación superior y sociedad*. Gedisa.

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Enseñanza para la calidad del aprendizaje en la universidad*. Narcea.

Boylestad, R. L. (2016). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación.

Carlino, P. (2025). *Escribir, leer y aprender en la universidad: una introducción a la alfabetización académica*. Fondo de Cultura Económica Argentina.

Carrasquero, E. E., & Alfaro, M. G. (2023). Universidades ecosistémicas en un mundo transcomplejo: desafíos y oportunidades. *Actas del II Congreso de Creatividad e Innovación en Educación (CIE-2023)*. https://www.semanticscholar.org/paper/UNIVERSIDADES-ECOSIST%5C%C3%5C%89MICAS-EN-UN-MUNDO-DESAF%5C%C3%5C%8DOS-Y-Carrasquero-Sifontes/de8a4c07de1abe167c4b7c426dd6a894319d4dae

Chiluisa-Chiluisa, M. A., Lucio, Y. J., & Velázquez, F. R. (2022). Tinkercad como herramienta estratégica en el proceso de enseñanza de circuitos eléctricos. *Horizontes*, (25), 1759-1772. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i25.451

Coll, C., & Monereo, C. (2008). Educación y aprendizaje en el siglo XXI: Nuevas herramientas, nuevos escenarios, nuevas finalidades. En *Psicología de la educación virtual* (pp. 19-53). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2763221

Díaz Barriga, Á. (2009). *Currículo y competencias: Hacia la educación superior del siglo XXI*. UNAM.

Elliot, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Ediciones Morata.

Flick, U. (2014). *An Introduction to Qualitative Research* (5.ª ed.). SAGE Publications.

Floyd, T., & Jain, R. (2020). *Introducción a los principios de la ingeniería eléctrica*. McGraw-Hill.

Freire, P. (1997). *Pedagogía de la autonomía: Saberes necesarios para la práctica educativa*. Siglo XXI Editores.

Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change* (4.ª ed.). Teachers College Press.

Giancoli, D. C. (2016). *Física: Principios con aplicaciones* (7.ª ed.). Pearson.

Gómez, R. (2015). *Fundamentos de electricidad y magnetismo*. Alfaomega.

Hernández, A. (2017). *Electricidad básica: Teoría y práctica*. McGraw-Hill Interamericana.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Hughes, E., & Smith, K. (2019). *Enseñanza de la física con simulaciones: Aprendizaje activo en entornos virtuales*. Springer.

Jara, O. (2018). *La sistematización de experiencias: Práctica y teoría para otros mundos posibles*. Siglo XXI Editores.

Jojoa, R. (2025). Tinkercad: Una Herramienta para el Aprendizaje de Circuitos en Niños de Primaria. *Revista Universitaria De Informática RUNIN*, (19), 9-15. https://revistas.udenar.edu.co/index.php/runin/article/view/9058

Lara-Navarra, P., Sánchez-Navarro, J., Fitó-Bertran, À., López-Ruiz, J., & Girona, C. (2024). Explorando la singularidad en la educación superior: innovar para adaptarse a un futuro incierto. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *27*(1), 115-137. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9220261

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications.

Martínez, J. M., Peralta Sánchez, F. J., Ureña Uceda, A., & Jiménez Martínez, M. D. (2021). *La innovación educativa en la práctica docente de educación secundaria*. Universidad de Almería. https://editorial.ual.es/libro/la-innovacion-educativa-en-la-practica-docente-de-educacion-secundaria_144110/

Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative Research Design: An Interactive Approach*. Sage Publications.

Meza, I. M. G. (2024). *Innovaciones curriculares con fines de internacionalización en la virtualidad: perspectiva del profesorado de dos universidades públicas en México* [Tesis doctoral, Universidad de Sonora]. https://investigadores.unison.mx/es/studentTheses/innovaciones-curriculares-con-fines-de-internacionalizaci%C3%B3n-en-la/

Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO.

Pech, S. J., Muñoz Arteaga, J., & Prieto Méndez, M. E. (2021). *Nuevas Tecnologías para el Aprendizaje*. Investigación y Práctica.

Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Graó.

Pilamunga-Morocho, J. G., Obregón-Muñoz, R. O., & Reyes-Romero, F. P. (2025). Integración de la herramienta didáctica Tinkercad en el aprendizaje técnico de Electrotecnia para estudiantes de primero de bachillerato. *MQRInvestigAR*, *9*(2), e458. https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e458

Ramírez, L. E. L., Vega, M. I. P., Gutiérrez, P. T. V., Villa-Cruz, V., López, J. O. O., & Reyes, L. J. L. (2022). Uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje activo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *6*(1), 4211-4223. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1794

Salinas, J. (2012). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, *9*(1), 3-16. https://rusc.uoc.edu/rusc/es/index.php/rusc/article/view/v1n1-salinas.html

Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Física para científicos e ingenieros* (10.ª ed.). Cengage Learning.

Spooren, P., Mortelmans, D., & Denekens, J. (2007). Student evaluation of teaching quality in higher education: development of an instrument based on 10 Likert-scales. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *32*(6), 667-679. https://doi.org/10.1080/02602930601117191

Stenhouse, L. (1987). *La investigación como base de la enseñanza*. Ediciones Morata.

Tinkercad. (2023). *Tinkercad Circuits Guide: Simulations for Learning Electronics*. Autodesk.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Física para la ciencia y la tecnología: Electricidad y magnetismo*. Reverté.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2015). *Física para científicos e ingenieros* (6.ª ed.). W. H. Freeman.

Tobón, S. T. (2013). *Formación integral y competencias*. Ecoe Ediciones.

Valenzuela, B. (2022). *Competencias digitales y estrategias de aprendizaje: su relación con el rendimiento académico de estudiantes de estudios generales de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica UNI* [Tesis de maestría, Universidad Antonio Ruiz de Montoya]. https://repositorio.uarm.edu.pe/items/1f0e9226-1ae3-422e-8058-d03017e55595

Vargas, J., & Simbaña, R. (Eds.). (2023). *Perspectivas de la Investigación: Explorando las complejidades de América Latina a través de estudios de caso*. Religación Press.

Vera, M. G., Catota, P., Sulbaran, M., & Cajamarca, G. (2024). Evaluación del uso de simuladores virtuales aplicados a la electricidad en el sistema de Educación Superior como herramienta de enseñanza–aprendizaje. *Revista Conectividad*, *5*(1), 128-145. https://doi.org/10.37431/conectividad.v5i1.122

Villa, A., & Poblete, D. (2008). *Evaluación de competencias en educación superior: Evidencias y resultados de aprendizaje*. Universidad de Deusto.

Villalba, C., Mocencahua, D., & Sánchez Gaspariano, L. (2021). Tinkercad como alternativa para aprender conceptos básicos de Electrónica desde casa durante la pandemia Covid-19. *RD-ICUAP*, *7*, 133-139. https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2021.20.604

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge University Press.

Yin, R. K. (2014). *Estudio de caso: diseño y métodos*. Morata.

Zabalza, M. A. (2003). *De la docencia universitaria al aprendizaje profesional*. Narcea.

Zabalza, M. A. (2010). *Competencias docentes del profesorado universitario*. Narcea.

Sistematización de experiencias educativas en ingeniería: fundición, electricidad y entornos virtuales

Resumen

La sistematización detalla la implementación de una metodología de aprendizaje activo, para reducir la brecha entre la teoría y la práctica profesional. El objetivo fue evaluar la capacidad de autoaprendizaje de los estudiantes y el trabajo en equipo, bajo condiciones de incertidumbre y la búsqueda de recursos. La metodología se centró en el diseño y fabricación de una pieza mediante el proceso de fundición, usando un protocolo de autogestión basado en actas de conflicto para registrar los desafíos. Los resultados clave demostraron una fuerte correlación entre el liderazgo ético y el logro de la precisión dimensional requerida. Este aprendizaje esencial sugiere la necesidad de estandarizar y definir el rol del docente, permitiendo la transferencia de conocimiento y la réplica de esta metodología en otros contextos académicos de ingeniería.

Palabras claves: Aprendizaje activo; Fundición; ABP; Autoaprendizaje; Metodología

Abstract

This systematization details the implementation of an active learning methodology to reduce the gap between theory and professional practice. The objective was to evaluate students' self-learning capacity and teamwork skills under conditions of uncertainty and resource acquisition. The methodology focused on the design and manufacture of a part using the casting process, employing a self-management protocol based on conflict logs to record challenges. Key results demonstrated a strong correlation between ethical leadership and achieving the required dimensional accuracy. This essential learning suggests the need to standardize and define the role of the instructor, enabling knowledge transfer and the replication of this methodology in other academic engineering contexts.

Keywords : Active learning; Foundry; PBL; Self-directed learning; Methodology