

Transición del Aprendizaje Basado en Proyectos al Aprendizaje Basado en Retos: evidencias empíricas sobre rendimiento e innovación en estudiantes de ingeniería

Elías J. Bracho¹; Jenny J. Márquez²; Nerio L. Villasmil³

Andrea C. Droguett⁴; Ximena Petit-Breuilh⁵; María G. Alburjas⁶

^{1,2,3,4,5,6} Universidad Viña del Mar, Facultad de Ingeniería, Negocios y Ciencias Agroambientales, Viña del Mar, Chile,
elias.bracho@uvm.cl, jenny.marquez@uvm.cl, nvillasmil@uvm.cl,
andrea.droguett@uvm.cl, ximena.petitbreuilh@uvm.cl, maria.alburjas@docente.uvm.cl

Resumen— Este estudio examina cómo el Aprendizaje Basado en Proyectos complementa el abordaje de desafíos mediante Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura temprana de ingeniería. Se sintetiza literatura publicada entre 2019 y 2024 y se describe un diseño didáctico con evaluación auténtica, producto público y vinculación con actores externos. El análisis considera tres cohortes consecutivas (2023–2025) y compara indicadores académicos con periodos previos, junto con evidencias de desempeño en una competencia latinoamericana. Los resultados muestran altas tasas de evaluación, éxito y rendimiento, y sugieren que la combinación de proyectos y retos favorece la transferencia de aprendizajes y el desarrollo de competencias integrales. Se discuten implicaciones para la gestión de cursos tempranos de ingeniería y para la mejora de la educación universitaria.

Palabras clave— aprendizaje basado en proyectos; aprendizaje basado en retos; competencias integrales; evaluación educativa; educación en ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

El fortalecimiento de competencias integrales en etapas tempranas de las carreras de ingeniería es una prioridad para alinear la formación con problemas reales, la responsabilidad social y la inserción profesional. Entre 2018 y 2024, la investigación en educación en ingeniería y en educación superior ha documentado aportes del aprendizaje basado en proyectos y del aprendizaje basado en retos en motivación, colaboración, innovación y transferencia a contextos auténticos, particularmente cuando el diseño integra evaluación auténtica y el intercambio con actores externos [2], [3], [4], [5], [9], [12]. En este sentido, se reconoce que la exposición temprana a tareas y productos con valor público no solo incrementa la motivación, sino que también facilita la construcción de una identidad profesional incipiente, al exigir comunicaciones efectivas, toma de decisiones informada y reflexiones éticas vinculadas al impacto de las soluciones.

En el trabajo por retos, las grandes ideas y las preguntas esenciales orientan el trabajo sobre problemas abiertos, con productos de valor público y oportunidades de validación; estas características se han sistematizado en revisiones y marcos de referencia que distinguen dimensiones de diseño, integración tecnológica, participación de la industria y apoyos

para el desarrollo estudiantil [2], [3], [4], [11]. A su vez, variaciones curriculares y de contexto explican resultados heterogéneos, lo que exige implementaciones cuidadosas y una gestión evaluativa clara [2], [3].

El aprendizaje basado en proyectos opera como andamiaje disciplinar que estructura la indagación, la integración de contenidos y la comunicación de resultados; meta-análisis y revisiones en educación superior reportan efectos positivos en logro académico, pensamiento crítico y compromiso, con énfasis en criterios explícitos y retroalimentación sistemática [5], [8], [10], [12], [14]. En cursos tempranos, este andamiaje prepara a los equipos para abordar desafíos de mayor complejidad y ambigüedad. En particular, el ABP permite secuenciar evidencias de aprendizaje —desde la clarificación del problema hasta la propuesta fundamentada— y constituye un “piso común” para que, más adelante, los equipos asuman desafíos abiertos con mayores grados de libertad sin perder trazabilidad entre objetivos, decisiones y resultados.

La gestión académica se beneficia de indicadores institucionales (tasas de evaluación, éxito y rendimiento) para valorar la eficacia educativa; estudios de cohorte y meta-análisis recientes asocian metodologías basadas en proyectos y en retos con mejoras en tales indicadores, así como en motivación y actitudes hacia el aprendizaje [1], [12], [13]. Ello sugiere que combinar proyectos como base y retos como catalizadores de transferencia puede incidir en el desempeño académico y en la pertinencia social del aprendizaje. Asimismo, contar con métricas comparables en series históricas permite comunicar resultados de forma objetiva a niveles de coordinación y aseguramiento de la calidad, favoreciendo decisiones curriculares informadas y la priorización de apoyos al estudiantado.

En este marco, el objetivo del artículo es analizar cómo el aprendizaje basado en proyectos complementa el abordaje de desafíos en una asignatura temprana de ingeniería, en una universidad privada en Chile. Se reportan datos de tres cohortes (2023–2025), una comparación histórica con periodos previos sin metodología basada en proyectos (2020–2022) y resultados en una competencia (Rally)

latinoamericana de innovación. Con ello se aporta evidencia empírica para la gestión de cursos tempranos y para la mejora de la educación universitaria en ingeniería [1], [2], [3], [4], [10], [11], [12], [13]. La contribución específica reside en describir y analizar una secuencia didáctica que utiliza el ABP como andamiaje disciplinar y el ABR como tramo de transferencia y validación pública, mostrando cómo esta articulación se refleja simultáneamente en indicadores institucionales y en desempeño externo en una competencia con evaluación independiente.

En términos de oportunidad, el interés académico por estas metodologías ha crecido de forma sostenida en la última década, con un aumento de revisiones sistemáticas, meta-análisis y marcos conceptuales que refinan definiciones, condiciones de diseño e instrumentos de medición, incluida la identificación de resultados cognitivos, conductuales y afectivos y de sus instrumentos asociados, y mapeos bibliométricos que registran la expansión de estudios en educación y, en particular, en ingeniería [10], [12], [13], [15], [16]. Este escenario de maduración conceptual y metodológica, sumado a la creciente disponibilidad de evidencia empírica en contextos de ingeniería, habilita comparaciones más finas entre cohortes, fomenta el intercambio de buenas prácticas y orienta la toma de decisiones institucionales para escalar experiencias y se reporte con transparencia el alcance y las limitaciones del diseño.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En educación superior, el aprendizaje basado en retos se caracteriza por desafíos abiertos vinculados a problemas sociotécnicos, colaboración con múltiples actores, uso de tecnología y desarrollo de competencias transversales. Revisiones y marcos recientes describen su variedad de implementaciones y componentes, desde experiencias de curso hasta innovaciones curriculares [2], [3], [4], [11]. En ingeniería, estos rasgos se asocian con mayor compromiso estudiantil y productos públicos susceptibles de validación externa. Además, las revisiones coinciden en que la apertura del problema y la participación de actores externos elevan la incertidumbre y, por ende, demandan procesos de indagación iterativos (prototipado, feedback y reformulación), lo cual incrementa la autenticidad del aprendizaje y su potencial de transferencia a contextos reales.

Una contribución relevante de la literatura reciente es la clarificación de prácticas docentes y dimensiones de implementación del aprendizaje basado en retos, por ejemplo, enfoques pedagógicos, integración tecnológica, articulación con la industria y apoyos al desarrollo, que orientan el tránsito de roles tradicionales a funciones de facilitación y diseño, con efectos en la resolución de problemas complejos [2], [19]. Estas precisiones son útiles para cursos tempranos, donde la definición de roles, tiempos y artefactos de evaluación resulta crítica para la experiencia del estudiantado y la coherencia curricular. En particular, se enfatiza la necesidad de explicitar

“quién plantea el reto”, los criterios de aceptación del producto público, y el tipo de validación (pares, jurado, comunidad), pues estos elementos condicionan el nivel de apertura, la profundidad del análisis y el desarrollo de competencias interpersonales, de pensamiento sistémico y de comunicación profesional.

En paralelo, el aprendizaje basado en proyectos favorece la integración de contenidos y el desarrollo de habilidades de orden superior. Revisiones y meta-análisis en educación superior documentan mejoras en logro académico y en habilidades cognitivas y socio-emocionales; asimismo, identifican moderadores como nivel educativo, tamaño de grupos, duración de la intervención y área disciplinar [12], [13]. A esto se suma la diversidad de niveles de inserción y desafíos prácticos de implementación (por ejemplo, carga de trabajo y alineamiento evaluativo) descritos en ingeniería, que demandan decisiones informadas sobre alcance y secuenciación [10], [18]. De manera complementaria, los estudios recomiendan secuencias que partan por proyectos con criterios y entregables muy claros, capaces de asegurar un “piso común” de capacidades, para luego avanzar hacia retos abiertos donde la toma de decisiones y la negociación con stakeholders se vuelven centrales. Esta progresión resulta especialmente pertinente en cursos tempranos, pues reduce la brecha entre dominios conceptuales y desempeño en contextos auténticos.

Otro aporte relevante son las síntesis sobre resultados y mediciones de aprendizaje basado en proyectos, que clasifican resultados cognitivos, conductuales y afectivos, los instrumentos para capturarlos y las evidencias ligadas a productos, procesos y percepciones; ello habilita decisiones de diseño evaluativo más finas y comparables [15]. Además, los análisis bibliométricos de 2014–2024 confirman un crecimiento substancial de publicaciones y redes de colaboración internacionales, con énfasis en educación, ingeniería y computación, lo que refuerza la vigencia del enfoque en contextos de cambio curricular [16]. Este panorama metodológico y bibliométrico sugiere, asimismo, que la transparencia en la definición de indicadores, tanto institucionales (tasas) como de productos públicos (criterios de calidad y valor social), favorece la replicabilidad y la comunicación de resultados a niveles de coordinación y aseguramiento de la calidad.

Finalmente, estudios de integración de retos con marcos de industria 4.0 y enfoques ágiles en ingeniería muestran aceptación estudiantil y viabilidad para articular tecnologías emergentes, al tiempo que configuran escenarios auténticos de transferencia; si bien no constituyen evidencia causal, aportan pistas de diseño pertinentes para cursos tempranos que buscan alinear formación con transformación digital [20]. En esta línea, la incorporación de metodologías ágiles (por ejemplo, sprints y revisiones con usuarios) y de criterios de sostenibilidad en la selección de desafíos tiende a potenciar la pertinencia social y el impacto del aprendizaje, reforzando la preparación del estudiantado para contextos de innovación con restricciones técnicas y temporales.

III. MÉTODOS

El estudio se realizó en la asignatura Administración Estratégica, asignatura disciplinar temprana de varias carreras de ingeniería con duración semestral. La población correspondió a tres cohortes consecutivas (2023 con n=36; 2024 con n=25; 2025 con n=32). La Fase 1 forma parte de la asignatura Administración Estratégica e involucra aprendizaje basado en proyectos con organizaciones reales del entorno; la Fase 2 corresponde a la invitación del equipo docente a participar en el Rally Latinoamericano de Innovación, actividad externa opcional pero articulada con los aprendizajes previos.

La secuencia didáctica de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) hacia Aprendizaje Basado en Retos (ABR) constó se organiza en hitos secuenciales. La Fase 1 (ABP, durante las 16 semanas de duración del curso), donde equipos de 4–5 estudiantes, de diversas carreras de ingeniería por cada equipo, analizan y proponen mejoras en organizaciones reales, con problemas delimitados y criterios de avance explícitos, con foco en integración disciplinar, análisis de datos y comunicación de resultados. La sostenibilidad opera como criterio explícito y condicionante de las propuestas. Esta fase se organiza en hitos secuenciales (definición del problema, análisis de causa-raíz, alternativas y justificación, comunicación técnica), con retroalimentación docente en puntos de control predefinidos, de manera de asegurar trazabilidad entre los objetivos de aprendizaje y los entregables intermedios.

La Fase 2 (ABR, 2 semanas de preparación + 28 horas de competencia ininterrumpidas), donde equipos conformados en forma voluntaria de diversas carreras de ingeniería enfrentan desafíos abiertos con validación externa por parte de CONDEFI (Chile) y un comité latinoamericano (ACOFI-Colombia, ANFEI-México, CONFEDI-Argentina). La actividad enfatiza prototipado rápido, impacto social/ambiental y presentación pública grabada (pitch) ante pares y jurado. No existe ponderación formal entre fases, pues la Fase 1 pertenece a la asignatura y la Fase 2 es una invitación extracurricular articulada con el curso. Durante la preparación breve de la Fase 2 se orienta a los equipos en el uso de tiempos, en la lectura crítica del desafío y en la síntesis de evidencia para el pitch, procurando continuidad con las prácticas de análisis y comunicación trabajadas en la Fase 1.

El análisis trianguló: (i) indicadores institucionales de tasa de evaluación (presentados/matriculados), tasa de éxito (aprobados/presentados) y tasa de rendimiento (aprobados/matriculados) en las tres cohortes; (ii) una comparación histórica de rendimiento con periodos previos en los que la asignatura no se impartió bajo metodología basada en proyectos (2020–2022); y (iii) evidencias de desempeño externo asociadas a la participación en una competencia latinoamericana de innovación, centrada en problemas sociales y ambientales, con juicio de pares y jurados externos. La presentación de resultados incluye una tabla con indicadores

por cohorte, la descripción resumida de la serie histórica y una figura con la evolución 2020–2025. Adicionalmente, para facilitar la lectura comparada se segmenta la serie histórica en dos tramos (sin ABP→ABR y con ABP→ABR) y se explicita la línea de demarcación temporal en 2023.

Además, se sintetizan los logros en competencia a nivel nacional y latinoamericano mediante una tabla específica. Finalmente, se contextualizan cualitativamente temáticas de las ediciones recientes (infraestructura urbana, economía circular, sostenibilidad y bienestar social) como evidencia de pertinencia de los productos desarrollados. En ese sentido, el enfoque metodológico busca capturar, por un lado, el desempeño académico interno medido con indicadores institucionales y, por otro, la capacidad de transferencia a escenarios auténticos de validación pública; esta doble perspectiva permite discutir la secuencia ABP→ABR no sólo en términos de logro dentro del curso, sino también respecto de su alineación con demandas reales de innovación y sostenibilidad.

Cabe señalar que el análisis realizado es de carácter descriptivo-comparativo. Dado el tamaño de las cohortes y la naturaleza institucional de los datos, no se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales, optándose por una lectura prudente de tendencias y magnitudes en series históricas. Esta decisión metodológica busca evitar interpretaciones causales no sustentadas y es coherente con estudios recientes en educación en ingeniería que privilegian análisis descriptivos robustos cuando los datos provienen de contextos reales no controlados.

IV. RESULTADOS

La Tabla I presenta, para cada cohorte, la tasa de evaluación, la tasa de éxito y la tasa de rendimiento (fracción y porcentaje). En 2023, la presentación alcanzó 94,4% y el rendimiento 94,4%; en 2024, la presentación fue 88,0% y el rendimiento 88,0%; y en 2025, la presentación llegó a 93,8% con un rendimiento de 93,8%. En los tres años, la tasa de éxito fue 100%, lo que sugiere consistencia en la aprobación entre quienes se presentan a evaluación. Este comportamiento indica, por un lado, una alta capacidad de los equipos para cumplir con los criterios de evaluación internos y, por otro, la estabilidad de los resultados en contextos de variación anual del tamaño de cohorte. En particular, el descenso puntual de 2024 (88,0%) se interpreta como una oscilación esperable en series educativas reales, sin comprometer la tendencia general de alto desempeño observada en el trienio.

TABLA I
TASAS 2023–2025 (FRACCIÓN Y PORCENTAJE)

Año	Evaluación (presentados/ matriculados)	Éxito (aprobados/ presentados)	Rendimiento (aprobados/ matriculados)
2023	34/36 (94.4%)	34/34 (100.0%)	34/36 (94.4%)
2024	22/25 (88.0%)	22/22 (100.0%)	22/25 (88.0%)
2025	30/32 (93.8%)	30/30 (100.0%)	30/32 (93.8%)

Nota: 2023–2025 corresponden a la implementación de la secuencia ABP→ABR (Fase 1 en la asignatura; Fase 2 como actividad externa invitada y articulada). La aclaración busca evitar ambigüedades terminológicas y dejar explícito que los resultados de estas cohortes reflejan la articulación entre el ABP como andamiaje y el ABR como tramo de transferencia y validación pública.

La serie histórica 2020 – 2025 se divide en dos tramos. Antes de la incorporación de la secuencia ABP → ABR (2020 – 2022), las tasas de rendimiento registraron 79,2%, 81,8% y 80,0%, respectivamente. Con la secuencia ABP→ABR (2023 – 2025), los valores observados fueron 94,4%, 88,0% y 93,8%. Esta comparación sugiere un incremento global del rendimiento tras la introducción de la secuencia, con dos elementos destacables: (i) la magnitud del cambio de 2022 a 2023 ($\approx +13,8$ puntos) y (ii) la capacidad de recuperación del indicador en 2025 tras la baja de 2024, lo que refuerza la idea de que el desempeño con ABP→ABR tiende a estabilizarse en rangos altos.

La Fig. 1 muestra la evolución completa 2020–2025 y marca explícitamente el umbral de 2023, a partir del cual la asignatura se impartió con secuencia ABP → ABR. La demarcación visual “sin ABP→ABR (2020–2022)” / “con ABP→ABR (2023–2025)” facilita la lectura comparada de la serie y subraya que el período reciente no corresponde a una mera continuidad de ABP, sino a la combinación intencionada de ABP como base y ABR como catalizador de transferencia. Asimismo, la figura incorpora rótulos de porcentaje en cada punto para mejorar la legibilidad y permitir una inspección rápida de los valores, atendiendo a estándares de visualización reproducible.

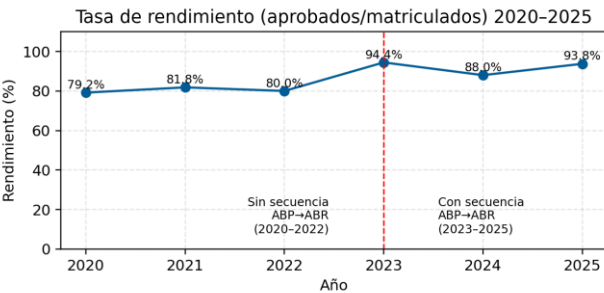


Fig. 1. Evolución de la tasa de rendimiento en la asignatura Administración Estratégica 2020–2025.

La Tabla II resume el desempeño en el Rally Latinoamericano de Innovación (2020–2025): premiación en 2021 (Área Social; 1.º lugar nacional (Chile); 2.º lugar latinoamericano), participación sin lugar en 2022–2023, y premiaciones sostenidas en 2024–2025 (Innovación; 1.º lugar nacional (Chile); 2.º lugar latinoamericano). Este patrón no es monótono, hay años sin premiación intercalados, lo cual es esperable en competencias con alta variabilidad de desafíos y contextos; sin embargo, la reiteración de premios en 2024 y 2025 sugiere que los equipos capitalizan aprendizajes del

tramo ABP y, en el ABR, demuestran capacidades de síntesis, prototipado y comunicación pública bajo presión temporal (28 horas consecutivas), coherentes con las demandas de la competencia. La combinación de resultados internos (tasas) y externos (premiaciones) aporta una lectura convergente: mientras los indicadores institucionales reflejan eficacia de la gestión del curso, el desempeño en el Rally ofrece evidencia complementaria sobre transferencia de competencias hacia contextos de innovación y sostenibilidad.

TABLA II
RESULTADOS EN LA COMPETENCIA LATINOAMERICANA DE INNOVACIÓN (2020–2025)

Año	Categoría nacional	Resultado nacional	Resultado latinoamericano
2020	-	Sin participación	-
2021	Área Social	1.º lugar nacional (Chile)	2.º lugar latinoamericano
2022	-	Participación, sin lugar	-
2023	-	Participación, sin lugar	-
2024	Innovación	1.º lugar nacional (Chile)	2.º lugar latinoamericano
2025	Innovación	1.º lugar nacional (Chile)	2.º lugar latinoamericano

Los hallazgos tomados en conjunto, es decir, los resultados internos (Tabla I y Fig. 1) y los resultados en contextos externos (Tabla II) delinean un cuadro de desempeño consistente con la hipótesis de trabajo: el ABP, al operar como andamiaje disciplinar con criterios explícitos y entregables secuenciados, favorecería la consolidación de habilidades clave (análisis, integración y comunicación), mientras que el ABR, al incorporar incertidumbre, validación externa y producto público, potenciaría la transferencia y la visibilidad de dichos aprendizajes. La estabilidad del 100% en la tasa de éxito sugiere que, una vez que los equipos alcanzan el umbral de presentación, logran cumplir con los criterios de aprobación; por su parte, la variación en la tasa de evaluación entre años puede atribuirse a condiciones contextuales habituales en cohortes reales (tamaño de grupo, calendarios, disponibilidad de tiempo), sin que ello revierta la tendencia general de alto rendimiento con la secuencia ABP→ABR.

Aun con lo anterior, la estabilidad del 100% en la tasa de éxito no implica una reducción en la exigencia académica, sino que refleja que los criterios de aprobación están asociados al cumplimiento de estándares explícitos y al logro de evidencias mínimas definidas desde el inicio del curso. En este contexto, la no aprobación se concentra principalmente en casos de no presentación, más que en insuficiencia de desempeño entre quienes completan el proceso evaluativo.

Es relevante resaltar que no se plantea una causalidad estricta, dado el diseño cuasi-experimental, pero la convergencia entre indicadores académicos y premios externos otorga plausibilidad a la asociación entre la secuencia ABP→ABR y los resultados; y la demarcación visual y textual

del cambio metodológico en 2023 evita confundir “ABP solo” con “ABP → ABR”, poniendo en valor la combinación de metodologías como rasgo central del período 2023–2025. Estas consideraciones preparan la discusión posterior sobre limitaciones (endogeneidad, transición docente) y sobre cómo optimizar la gestión evaluativa, el acompañamiento a los equipos y la selección de desafíos con foco en sostenibilidad

V. DISCUSIÓN

Los resultados muestran niveles altos y consistentes de éxito, junto con tasas elevadas de evaluación y rendimiento en 2023–2025, y una mejora observable frente a 2020–2022. Este patrón es consistente con estudios que vinculan el aprendizaje basado en retos y el aprendizaje basado en proyectos con mejoras en indicadores institucionales cuando el diseño incorpora criterios claros, productos públicos y validación por actores externos [1], [2], [3], [4], [12], [13]. En términos interpretativos, la estabilidad del 100% en la tasa de éxito sugiere que, una vez alcanzado el umbral de presentación, los equipos logran satisfacer los criterios de logro; por su parte, las variaciones en la tasa de evaluación entre cohortes resultan plausibles en escenarios reales y no desvirtúan la tendencia general hacia rendimientos altos bajo la secuencia ABP → ABR. Este comportamiento, además, apunta a una posible combinación de mecanismos: claridad de expectativas en la Fase 1 (ABP), mayor sentido de propósito por el producto público y la interacción con actores externos en la Fase 2 (ABR), y una trayectoria de aprendizaje que va de lo estructurado a lo abierto sin perder trazabilidad entre objetivos, decisiones y resultados.

El papel del aprendizaje basado en proyectos como andamiaje disciplinar contribuye a explicar la estabilidad del éxito y la mejora del rendimiento, en este estudio, el ABP favoreció la integración de contenidos y la argumentación de propuestas, habilitando el tránsito hacia desafíos abiertos y la producción de resultados con valor para el entorno [5], [12], [13], [14]. De manera más precisa, el ABP parece operar como una “gramática común” de trabajo académico (problema-evidencia-justificación-comunicación) que, al hacerse explícita en hitos y entregables secuenciados, reduce la carga extrínseca de la tarea y libera recursos para la toma de decisiones en contextos inciertos; así, los equipos llegan al tramo ABR con repertorios compartidos para analizar restricciones, contrastar alternativas y sostener decisiones ante audiencias diversas. Este encadenamiento progresivo es especialmente relevante en cursos tempranos, donde aún se consolidan hábitos de estudio, criterios de calidad y habilidades de comunicación profesional.

La progresión observada en el Rally, con premiaciones en 2021, 2024 y 2025, es consistente con la transferencia de competencias desarrolladas en la Fase 1 (análisis estratégico, pensamiento sistémico, comunicación técnica) y ampliadas en la Fase 2 (gestión de incertidumbre, creatividad, trabajo colaborativo intensivo). El Rally demanda prototipado en 28

horas, pitch público y validación por pares/jurado, así como consideración del impacto social y ambiental; esta configuración encaja con secuencias estructuradas (ABP) seguidas de tramos abiertos (ABR) reportadas en ingeniería [2], [20]. En particular, la obligatoriedad de explicitar supuestos, justificar decisiones con evidencia y anticipar efectos sociales y ambientales se alinea con marcos de competencias para la sostenibilidad (dimensiones sistémicas, estratégicas e interpersonales), lo cual podría explicar la coherencia entre los productos del curso y el desempeño observado en la competencia. Aunque la premiación no constituye por sí misma una medida causal del aprendizaje, su convergencia con los indicadores internos refuerza la plausibilidad de que la secuencia metodológica favorezca la transferencia a contextos auténticos.

Respecto a las limitaciones del diseño, La comparación histórica entre 2020–2022 y 2023–2025 corresponde a un diseño cuasi-experimental y presenta riesgos de endogeneidad. En particular, no se controlaron variables de confusión como posibles cambios en la composición de las cohortes, diferencias en niveles de motivación, ni la transición del equipo docente ocurrida en 2023. Asimismo, la fase de Aprendizaje Basado en Retos tiene un carácter voluntario, lo que introduce un posible sesgo de autoselección, ya que es plausible que participen estudiantes con mayores niveles de compromiso o motivación. No obstante, los criterios institucionales de evaluación se mantuvieron constantes y las tres cohortes recientes muestran consistencia interna. Además, la triangulación con desempeño externo (evaluación por pares y jurado en el Rally) mitiga parcialmente estas limitaciones y refuerza la plausibilidad de la asociación entre la secuencia ABP → ABR y los resultados observados. En consecuencia, se evitan atribuciones causales estrictas y se plantea la evidencia como “sugestiva” de efectos positivos bajo condiciones de diseño y gestión evaluativa claras. Para futuros estudios, sería deseable incorporar controles adicionales y medidas pre-post de desempeño comunicacional y toma de decisiones en escenarios inciertos, manteniendo la protección del doble ciego.

Adicionalmente, el tamaño muestral por cohorte limita la generalización de los hallazgos a otros contextos institucionales. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia de una asociación plausible entre la secuencia ABP → ABR y el desempeño observado, más que como una demostración causal concluyente. No obstante, la convergencia entre indicadores académicos internos y desempeño externo con validación independiente aporta consistencia y refuerza la validez interna del análisis.

Con relación a las implicaciones para el diseño y la gestión de cursos tempranos, primero, conviene explicitar la secuencia ABP → ABR al inicio del curso, indicando roles, tiempos y artefactos de evaluación, y señalando la sostenibilidad como criterio transversal en la definición del problema y en la justificación de alternativas. Segundo, es útil institucionalizar hitos en la Fase 1 (mapa del problema,

criterios de aceptación, evidencia mínima, borrador de comunicación técnica) que, luego, hagan de “puente” hacia el ABR (lectura crítica del desafío, estrategia de prototipado, guion del pitch). Tercero, el acompañamiento en la breve preparación para el Rally debería focalizarse en gestión del tiempo, síntesis de evidencia y alineación entre valor público y criterios del jurado, resguardando la continuidad con lo entrenado en ABP. Cuarto, la gestión evaluativa puede beneficiarse de una mayor transparencia de criterios y de la recogida sistemática de evidencias externas (feedback de jurado/pares), sin sobrecargar a los equipos. Quinto, al nivel de coordinación, conviene disponer de tableros de indicadores que conecten resultados internos (tasas) con trazas de desempeño externo, por ejemplo, participación, menciones o premios, para sostener procesos de mejora continua.

Una de las líneas futuras y posible proyección o extensión natural del trabajo consiste en evaluar la secuencia ABP→ABR a nivel programático, observando si los efectos en rendimiento y transferencia se replican cuando experiencias similares se articulan horizontal y verticalmente con otras asignaturas. También resulta pertinente explorar el impacto de la secuencia en dimensiones específicas de desempeño (comunicación, justificación de decisiones, análisis de impacto), idealmente a través de instrumentos estandarizados y comparables entre cursos, siempre resguardando las condiciones éticas y de anonimato. Finalmente, ampliar la colaboración con actores externos, manteniendo marcos de sostenibilidad e innovación, puede enriquecer la variedad de desafíos, robustecer la validación pública y profundizar el aprendizaje situado, al tiempo que favorece vínculos de mutuo beneficio entre universidad y entorno.

Por ende, el aporte principal de este estudio no radica en la aplicación aislada de ABP o ABR —ampliamente documentadas en la literatura—, sino en la articulación secuencial y gestionada de ambas metodologías en un curso temprano, evaluada a través de indicadores institucionales y evidencias de transferencia externa. Esta aproximación permite conectar decisiones pedagógicas con resultados académicos y desempeño en contextos reales, contribuyendo a un enfoque de gestión académica basada en evidencia en educación en ingeniería.

VI. CONCLUSIONES

Este artículo analizó cómo el aprendizaje basado en proyectos complementa el abordaje de desafíos en una asignatura temprana de ingeniería. En tres cohortes consecutivas se observaron tasas altas de evaluación, éxito y rendimiento, y un incremento del rendimiento respecto de periodos previos sin la secuencia ABP→ABR. Asimismo, se registraron premiaciones en una competencia latinoamericana de innovación, lo que respalda la hipótesis de transferencia hacia problemas reales y la consolidación de competencias integrales. Es así como la evidencia empírica sugiere que el ABP opera como andamiaje disciplinar que estructura la indagación y la comunicación técnica, mientras que el ABR

actúa como catalizador de transferencia y validación pública bajo condiciones de mayor incertidumbre.

En términos de contribución, el trabajo clarifica la distinción operacional entre las fases, ABP como base estructurada durante 16 semanas lectivas de una asignatura y ABR como tramo de desafío con validación externa, y muestra que la combinación intencionada de ambas se asocia con resultados académicos internos estables y con desempeño externo consistente. El patrón observado (tasas elevadas en 2023–2025 y premiaciones en 2021, 2024 y 2025) es coherente con la idea de que los equipos transitan desde un marco procedimental común de análisis y justificación (ABP) hacia marcos de acción situados con restricciones temporales y sociales (ABR), manteniendo trazabilidad entre objetivos, decisiones y productos públicos.

Desde la perspectiva de gestión y mejora continua, estos hallazgos refuerzan la pertinencia de explicitar la secuencia ABP→ABR en cursos tempranos, alinear la selección de desafíos con criterios de sostenibilidad y transparentar los criterios de calidad en cada fase (puntos de control, evidencia mínima, guion del pitch), sin introducir sobrecarga evaluativa. En particular, disponer de indicadores institucionales comparables en series históricas, y complementarlos con evidencias externas, facilita comunicar resultados a niveles de coordinación y de aseguramiento de la calidad, aportando insumos objetivos para la toma de decisiones curriculares y para la priorización de apoyos a los equipos.

Al mismo tiempo, se reconocen las limitaciones del diseño, pues la comparación histórica es cuasi-experimental y presenta riesgo de endogeneidad; no se controló la composición del estudiantado y hubo transición docente en 2023. Si bien no es posible realizar atribuciones causales estrictas, la convergencia entre indicadores internos y desempeño en la competencia, evaluada por pares y jurado independientes, fortalece la plausibilidad de los resultados y orienta líneas de trabajo futuras. Entre ellas, destacan incorporar controles adicionales (por ejemplo, variables de ingreso o emparejamiento entre cohortes), levantar medidas pre-post de desempeño comunicacional y toma de decisiones en escenarios inciertos, y profundizar en evidencias cualitativas sobre interacción con actores externos y criterios de sostenibilidad aplicados a las soluciones.

En consecuencia, la secuencia ABP→ABR constituye una vía pertinente y factible para articular contenidos disciplinares con necesidades del entorno, favorecer el desempeño académico y fortalecer la preparación para la innovación en etapas tempranas de la formación en ingeniería. La intencionalidad en el diseño, que combina estructura (ABP) y apertura (ABR), y el foco en sostenibilidad como criterio transversal permiten alinear resultados de aprendizaje con demandas reales, aumentando la relevancia social de los productos estudiantiles y habilitando trayectorias formativas más coherentes con los desafíos contemporáneos de la profesión.

REFERENCIAS

- [1] L. A. López-Fraile, M. M. Agüero, and E. Jiménez-García, "Efecto del aprendizaje basado en retos sobre las tasas académicas en el área de comunicación de la Universidad Europea de Madrid," *Formación Universitaria*, vol. 14, no. 5, pp. 65–74, 2021, doi:10.4067/S0718-50062021000500065.
- [2] K. Doulougeri, G. Bombaerts, J. D. Vermunt, and M. Bots, "Challenge-based learning implementation in engineering education: A systematic literature review," *Journal of Engineering Education*, vol. 113, no. 4, pp. 1076–1106, 2024, doi:10.1002/jee.20588.
- [3] M. Leijon, P. Gudmundsson, P. Staaf, and C. Christersson, "Challenge-based learning in higher education – A systematic literature review," *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 59, no. 5, pp. 609–618, 2022, doi:10.1080/14703297.2021.1892503.
- [4] S. E. Gallagher and T. Savage, "Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review," *Teaching in Higher Education*, 2020, doi:10.1080/13562517.2020.1863354.
- [5] M. Miterianifa, Y. Yuliyanto, and H. Rohman, "Meta-analysis: The effect of problem-based learning on students' critical thinking skills," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2194, 020064, 2019, doi:10.1063/1.5139796.
- [6] K. Brundiers et al., "Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework," *Sustainability Science*, vol. 16, pp. 13–29, 2021, doi:10.1007/s11625-020-00838-2.
- [7] A. Redman and R. Wiek, "Competencies for advancing transformations towards sustainability," *Frontiers in Education*, vol. 6, 785163, 2021, doi:10.3389/educ.2021.785163.
- [8] P. H. De la Cruz Velazco, E. Poquis Velasquez, R. A. Valle Chavez, M. I. Castañeda Sánchez, and K. R. Sánchez Anastacio, "Aprendizaje basado en retos en la educación superior: Una revisión bibliográfica," *Horizontes*, vol. 6, no. 25, pp. 1409–1421, 2022, doi:10.33996/revistahorizontes.v6i25.422.
- [9] R. J. Posso Pacheco, M. G. Córdor Chicaiza, L. M. Mora Guerrero, and S. L. Revelo Manosalvas, "Aprendizaje basado en retos: una mirada desde la educación superior," *PODIUM*, vol. 18, no. 2, e1486, 2023. Available: <https://podium.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/1486>
- [10] J. Chen, A. Kolmos, and X. Du, "Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature," *European Journal of Engineering Education*, vol. 46, no. 1, pp. 90–115, 2021, doi:10.1080/03043797.2020.1718615.
- [11] A. van den Beemt, G. van de Watering, and M. Bots, "Conceptualising variety in challenge-based learning in higher education: the CBL-compass," *European Journal of Engineering Education*, vol. 48, no. 1, pp. 24–41, 2023, doi:10.1080/03043797.2022.2078181.
- [12] L. Zhang and Y. Ma, "A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, 1202728, 2023, doi:10.3389/fpsyg.2023.1202728.
- [13] L. Wijnia, G. Noordzij, L. R. Arends, R. M. J. P. Rikers, and S. M. M. Loyens, "The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: a meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 36, 29, 2024, doi:10.1007/s10648-024-09864-3.
- [14] S. Lavado-Anguera, P.-J. Velasco-Quintana, and M.-J. Terrón-López, "Project-Based Learning as an Experiential Pedagogical Methodology in Engineering Education: A Review of the Literature," *Education Sciences*, vol. 14, 617, 2024, doi:10.3390/educsci14060617.
- [15] P. Guo, N. Saab, L. S. Post, and W. Admiraal, "A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures," *International Journal of Educational Research*, vol. 102, 101586, 2020.
- [16] F. B. Mota, B. P. Cabral, L. A. M. Braga, and R. M. Lopes, "Mapping the global research on project-based learning: a bibliometric and network analysis (2014–2024)," *Frontiers in Education*, vol. 10, 1522694, 2025, doi:10.3389/educ.2025.1522694.
- [17] S. Cruz, F. Viseu, and J. A. Lencastre, "Project-Based Learning Methodology as a Promoter of Learning Math Concepts: A Scoping Review," *Frontiers in Education*, vol. 7, 953390, 2022, doi:10.3389/educ.2022.953390.
- [18] A. Žerovnik and I. N. Šerbec, "Project-Based Learning in Higher Education," in *Technology Supported Active Learning*, Springer, 2021, pp. 31–57.
- [19] M. Galdames-Calderón, A. S. Pedersen, and D. Rodríguez-Gómez, "Revisiting Challenge-Based Learning Teaching Practices in Higher Education: A Systematic Review," *Education Sciences*, vol. 14, no. 9, 1008, 2024, doi:10.3390/educsci14091008.
- [20] P. A. Coelho et al., "Challenge-Based Learning and Scrum as Enablers of 4.0 Technologies in Engineering Education," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 21, 9746, 2024, doi:10.3390/app14219746.