



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADOR CON RETROALIMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS EN INGENIERÍA CIVIL

Álvaro Mattus Donaire, Universidad del Desarrollo, alvaro.mattus@udd.cl
Patricio Orrego Contreras, Universidad del Desarrollo, p.orrego@udd.cl
Pilar Carrasco Espinoza, Universidad del Desarrollo, pcarrasco@udd.cl

RESUMEN

La retroalimentación oportuna y efectiva junto con el seguimiento longitudinal del progreso académico de los estudiantes representan un desafío significativo. En este trabajo, se presenta el desarrollo e implementación de un sistema de evaluación asistida por computador (CAA) para la corrección, retroalimentación y análisis de resultados académicos en los cursos de matemática del primer año, aplicado en el plan común de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad del Desarrollo. Este sistema combina la elaboración de un banco de ítems parametrizados, catalogados según distintos criterios, como indicadores de logro y ejes curriculares, con una plataforma que permite la elaboración de informes de retroalimentación para estudiantes y profesores. La implementación preliminar ha permitido entregar retroalimentación individualizada el mismo día de la evaluación y disponer de registros históricos para intervenciones pedagógicas basadas en evidencia, con una cobertura de 166 estudiantes a los que se entregó retroalimentación individualizada el mismo día en que rindieron distintas evaluaciones. Los resultados iniciales muestran una alta aceptación por parte de docentes y estudiantes y se discuten oportunidades de mejora y proyección.

PALABRAS CLAVE: evaluación automatizada, retroalimentación, analítica del aprendizaje

1 INTRODUCCIÓN

La brecha entre los conocimientos matemáticos con que los estudiantes egresan de educación media y que necesitan para cursar el primer año de Ingeniería Civil es un problema en Chile y el mundo (Miranda-Molina, 2022; OECD, 2018). Esta falta de articulación impacta la permanencia en primer año y exige estrategias que favorezcan la transición desde un pensamiento matemático elemental a uno más avanzado.

En el plan común de Ingeniería Civil de la Universidad del Desarrollo se han implementado diversas medidas para reducir la deserción, gradualizando el tránsito a la matemática universitaria, como por ejemplo la rearticulación de las asignaturas semestrales en asignaturas bimestrales y la incorporación de actividades de resolución de problemas para estimular el desarrollo de pensamiento matemático (Orrego et al., 2025) y la habilidad de resolución de problemas.



Sin embargo, la retroalimentación efectiva (Hattie & Timperley, 2007) sigue siendo un componente crítico en el proceso formativo pero que presenta dificultades en su ejecución, en particular en cursos masivos, dado que requiere información individualizada, específica y relevante para orientar el aprendizaje, junto con la gestión y análisis de datos históricos como insumo para guiar intervenciones docentes y optimizar el desarrollo futuro de las asignaturas.

El uso de sistemas de evaluación asistida por computador (Computer-Aided Assessment o CAA) ha sido ampliamente documentado, con ejemplos como STACK y Numbas (Davies et al., 2024; Graham, 2020; Numbas, s. f.; STACK, s. f.). No obstante, las particularidades del contexto local justifican la creación de una herramienta de diseño propio, que mantenga la experiencia de los alumnos con evaluaciones presenciales y que ayude a la resolución de la evaluación en iguales condiciones para todos los estudiantes.

A continuación, se describirá el sistema desarrollado para luego detallar la creación y clasificación de las preguntas. La sección 2 detallará el contexto en que surge el sistema. La sección 3 dará detalles del sistema. La sección 4 detallará las evaluaciones. La sección 5 mostrará algunos resultados y las conclusiones abarcarán un resumen de los desafíos.

2 CONTEXTO

La Universidad del Desarrollo declara entregar una formación a través del desarrollo de competencias en sus estudiantes. Por otra parte, en el plan común de Ingeniería Civil hemos puesto el rol de la enseñanza de la matemática como un elemento que apunta a desarrollar las habilidades de resolución de problemas, la modelación matemática y de metacognición, consideradas esenciales para el ejercicio profesional de la ingeniería (Brito-Vallina et al., 2011). Esta orientación ha guiado el diseño curricular y la implementación de estrategias didácticas.

En este contexto, se decidió adoptar el marco de competencias propuesto por PISA (Rico, 2006) como referencia para diseñar las evaluaciones y analizar los aprendizajes. La descomposición declarada en PISA de la competencia matemática (pensar y razonar, argumentar, comunicar, modelar, plantear y resolver problemas, representar, utilizar el lenguaje simbólico, formal y técnico y las operaciones y usar herramientas y recursos) es coherente con los objetivos de aprendizaje definidos por el ministerio de educación (Ministerio de Educación de Chile, 2024) lo que nos permite alinear la evaluación con estándares nacionales e internacionales y describir con precisión la evolución del pensamiento matemático de los estudiantes desde su ingreso (prueba de diagnóstico) a nuestro programa académico hasta su egreso después de cursar cálculo integral, luego de tres semestres.

Actualmente, la propuesta abarca el diagnóstico de competencia matemática, la nivelación matemática inicial, junto con los cursos bimestrales de álgebra y geometría, que equivaldrían a un curso de álgebra universitaria con geometría analítica en un programa semestral. Se espera extender el sistema a los cursos de introducción al cálculo diferencial y cálculo diferencial.



3 EL SISTEMA

El sistema consta de tres módulos interrelacionados:

- Un generador de ítems a partir de preguntas parametrizadas usando la librería R/exams (Zeileis, s. f.).
- Software para corregir las respuestas y guardar la información en una base de datos MongoDB.
- Software para la generación de informes de retroalimentación destinados a estudiantes y docentes.

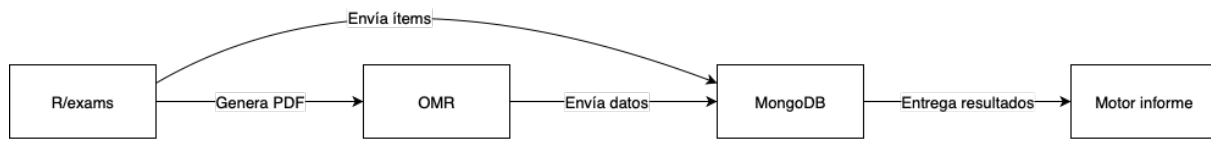


Figura 1: Arquitectura del sistema. Fuente: elaboración propia.

Los ítems son generados a partir de archivos .Rnw, que combinan código en R y texto en formato LaTeX y son producidos mediante el sistema knitr (Xie, 2015, p. 167) y el paquete R/exams (Zeileis, s. f.). Esta integración permite producir evaluaciones con tipografía avanzada y contenido dinámico, manteniendo consistencia visual y control sobre los formatos de salida, que en este caso es PDF pero podría ser Canvas, Moodle u otros. El paquete además permite verificar automáticamente posibles errores en las alternativas, aunque la revisión humana sigue siendo indispensable.



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

Item		
string	_id	Identificador único del ítem
string	Correcta	Alternativa correcta (A-E)
string	Texto	Enunciado (puede incluir LaTeX)
string	Eje	Eje curricular
int	Año	Año académico (YYYY)
int	Bimestre	1-4
int	Pregunta	Número interno de la pregunta
int	Forma	Versión o forma del ítem
int	Niveles	Complejidad o nivel taxonómico
int	Seed	Semilla para parametrización
string	Origen	Archivo fuente del ítem
string[]	Alternativas	Texto alternativas (puede incluir LaTeX)
string[]	Competencias	Dimensiones/indicadores PISA

Figura 2: descripción de datos y metadatos por ítem. Fuente: elaboración propia.

La corrección se realiza mediante reconocimiento óptico de marcas (OMR), cargando y comparando las respuestas con las soluciones generadas por R/exams. La información relativa a los ítems y las respuestas de los estudiantes son almacenadas en una base de datos MongoDB, lo que facilita manejar volúmenes de información grandes y hacer consultas posteriores fácilmente. Cada ítem tiene asociados metadatos como indicadores de logro e indicadores PISA, entre otros, facilitando el análisis longitudinal del desempeño.



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025

PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA: LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL

Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

El módulo de informes genera retroalimentación diferenciada para estudiantes y docentes. Los estudiantes reciben información sobre su puntaje total, ubicación relativa en el curso resultados por contenido y los ítems respondidos de manera incorrecta para que cada estudiante tenga la oportunidad de ver en qué pregunta se equivocó y volver a resolverla. Los informes para docentes contienen estadísticas globales, distribución de puntajes, tasas de aprobación, resultados por contenido y por ítem, resaltando aquellos que poseen resultados más descendidos.

Informe de Resultados Prueba 1 parte 1 de álgebra Sección 1

1 Introducción

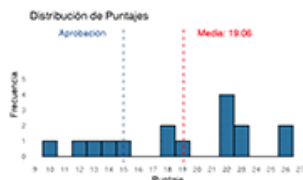
El presente informe enmarca los resultados de la primera parte (de alternativa) de la primera prueba de álgebra para la sección 1. Se presenta primero una vista general de los resultados, seguida de la presentación de los resultados por contenido, competencia e ítem. Se espera que estos resultados sirvan de insumo para la toma de decisiones pedagógicas. No se emiten interpretaciones, sino que se proporciona evidencia objetiva de los resultados obtenidos por los estudiantes para análisis por parte de los docentes.

2 Vista general de los resultados

La parte 1 de la prueba de álgebra fue respondida por un total de 16 estudiantes. El puntaje promedio obtenido fue de 19,06 puntos, con una mediana de 20,5 puntos y una desviación estándar de 5 puntos. El puntaje máximo alcanzado fue de 26 puntos y el mínimo de 10 puntos.

Tabla 1
Resumen de Resultados por Clasificación

Clasificación	Cantidad de Estudiantes	Porcentaje (%)
Aprobado	12	75,00
Reprobado	4	25,00



3 Resultados por contenido

La prueba 1 de álgebra comprende los siguientes contenidos:

- Ecuaciones lineales
- Ecuaciones cuadráticas
- Sistemas de ecuaciones
- Progresiones aritméticas
- Progresiones geométricas
- Sumatorias

Tabla 2
Resumen de Resultados por Contenido

Contenido	Correctos	Incorrectos	Correctos (%)
Progresiones aritméticas	70	10	87,50
Progresiones geométricas	60	20	75,00
Ecuaciones lineales	63	33	65,62
Sistemas de ecuaciones	36	28	56,25
Sumatorias	41	39	51,25
Ecuaciones cuadráticas	35	45	43,75

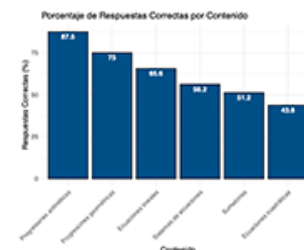


Figura 3: Muestra de informe para profesores. Fuente: Elaboración propia.

Este diseño busca realizar una retroalimentación precisa y oportuna, que llegue dentro del mismo día de la evaluación a los estudiantes, favoreciendo intervenciones pedagógicas inmediatas y que estén basadas en evidencia.

4 LAS EVALUACIONES E ÍTEMS

Desde su implementación, el sistema ha sido utilizado en tres tipos de instancias evaluativas:

- Diagnóstico de entrada, aplicado al inicio del programa para medir la competencia matemática de los estudiantes que ingresan.
- Diagnóstico de salida de un curso de nivelación intensivo, dirigido a aquellos estudiantes que obtuvieron resultados descendidos en el diagnóstico de entrada.
- Evaluaciones bimestrales de la asignatura de álgebra, con dos pruebas por bimestre.

En el caso de álgebra, cada evaluación está dividida en dos partes: una sección de preguntas de selección única generadas por el sistema y otra parte de desarrollo, diseñada por el equipo de profesores. Por esta razón, el sistema reporta sólo el puntaje obtenido en la primera sección y no la calificación final, obtenida a partir de la combinación de ambas secciones. En cambio, el diagnóstico de entrada y la prueba de salida fueron puramente de alternativas.

Los ítems son creados y clasificados según distintos criterios, los que incluyen indicadores de logro y dimensiones de competencia matemática definidas por PISA. Posterior a su creación, son sometidos a la revisión experta del grupo de profesores, que validan su pertinencia, claridad y



alineación curricular. Una vez aceptados, los ítems se incorporan a un repositorio estructurado, lo que permite filtrar y seleccionar por cualquiera de estos criterios, agilizando el diseño de nuevas evaluaciones.

5 RESULTADOS

En 2025, el sistema se aplicó a 166 estudiantes del plan común, a lo largo de evaluaciones diagnósticas y de álgebra. La retroalimentación para estudiantes fue emitida el mismo día de cada evaluación. Los estudiantes han valorado la implementación de este sistema, en particular la rapidez y especificidad de la retroalimentación, pues permite un abordaje por parte de los docentes a cargo de los cursos, quienes retoman y refuerzan aquellos ítems que aún están en vías de consolidación.

Por parte de los docentes, el sistema ha aportado una oportunidad de hacer retroalimentación basada en evidencia de manera oportuna, e incluso intervenciones más específicas. Además, los comentarios respecto al informe han permitido mejorarlo, adecuándolo a sus necesidades. Entre esas sugerencias se destaca la incorporación de elementos de retroalimentación positiva, que reconozcan los avances y logros de los estudiantes. Esta observación resulta muy adecuada pues podría contribuir a aumentar su autoeficacia matemática (Alves et al., 2016). Además, algunos docentes han señalado la necesidad de desagregar más los resultados para distinguir el origen de las dificultades, por ejemplo, si vienen de la comprensión de los contenidos nuevos o de debilidades previas en el álgebra escolar.

La implementación del sistema aún está en curso, por lo que no es posible atribuir cambios en tasas de aprobación o de retención exclusivamente a esta intervención, además de lo complejo que podría ser aislar el efecto de otros factores, como las variaciones entre cohortes. Sin embargo, la experiencia operativa y la retroalimentación de los usuarios ya han aportado información valiosa para orientar y priorizar los esfuerzos.

CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta un sistema de evaluación asistida por computador que integra generación de ítems parametrizados, corrección automatizada y retroalimentación diferenciada para estudiantes y docentes en cursos masivos de matemática de primer año. En su implementación preliminar, el sistema permitió entregar informes el mismo día de la evaluación, disponer de historiales por estudiante e ítem y apoyar decisiones pedagógicas oportunas. Aun cuando los resultados globales, como aprobación o retención, no pueden atribuirse exclusivamente a esta intervención, la evidencia operativa y la aceptación de usuarios respaldan su valor para la mejora continua.

La cobertura de 166 estudiantes y la entrega de retroalimentación en el mismo día demuestran la viabilidad operativa del sistema en cursos masivos. Como desafíos futuros, se estima incorporar retroalimentación positiva, refinar las analíticas para discriminar dificultades de base versus dificultades generadas por la adquisición de nuevo contenido, extender el sistema



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

progresivamente a introducción al cálculo y cálculo diferencial y diseñar un estudio que estime el impacto del sistema. El pipeline técnico y el alineamiento con PISA y el currículum nacional facilitan su replicación y escalamiento en contextos similares aportando evidencia operativa inmediata y una base de datos longitudinal que permitirá estimar efectos en aprendizaje y permanencia.

REFERENCIAS

- Alves, M., Rodrigues, C. S., Rocha, A. M. A. C., & Coutinho, C. (2016). Self-efficacy, mathematics' anxiety and perceived importance: An empirical study with Portuguese engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 41(1), 105–121. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1095159>
- Brito-Vallina, M. L., Alemán-Romero, I., Fraga-Guerra, E., Para-García, J. L., & Arias-de Tapia, R. I. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129–139.
- Davies, B., Crisan, C., Geraniou, E., & Smart, T. (2024). A Department-Wide Transition to a New Mode of Computer-Aided Assessment Using STACK. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 10(3), 850–870. <https://doi.org/10.1007/s40753-024-00251-5>
- Graham, C. (2020, enero 1). *Assessment of computing in the mathematics curriculum using Numbas*. <https://doi.org/10.21100/msor.v18i2.1098>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Ministerio de Educación de Chile. (2024). *Bases Curriculares para la Educación de Personas Jóvenes y Adultas*. Unidad de Currículum y Evaluación.
- Miranda-Molina, R. (2022). Brechas y desniveles: El problema representado en las iniciativas de “nivelación” en la Educación Superior Latinoamericana. *Revista de estudios y*



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

experiencias en educación, 21(46), 292–311. <https://doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.016>

Numbas. (s. f.). Recuperado 5 de septiembre de 2025, de <https://www.numbas.org.uk>

OECD. (2018). *Educación en Chile*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264288720-es>

Orrego, P., Carrasco, P., & Frank, A. (2025, octubre 10). *Resolución de problemas, emocionalidad y su impacto en el aprendizaje de la matemática* [Ponencia]. XXXVI Congreso chileno de educación en ingeniería, La Serena. <https://sochedi2024.fiuls.cl/presentaciones/JYdP9r-PFOC.pdf>

Rico, L. (2006). Marco teórico de evaluación en PISA sobre matemáticas y resolución de problemas. *Revista de educación, número extraordinario*, 275-- 294.

STACK. (s. f.). Recuperado 5 de septiembre de 2025, de <https://stack-assessment.org>

Xie, Y. (2015). *Dynamic documents with R and knitr* (Second edition). CRC Press.

Zeileis, A. (s. f.). *R/exams*. R/Exams. Recuperado 5 de septiembre de 2025, de <https://www.R-exams.org>