

ANEXO V

CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

Modelo de memoria final de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

1. Datos generales de la actividad formativa

Título	(1) Interiorización en el ámbito de la ingeniería del concepto de equilibrio estructural a través del estudio de las fuerzas internas: comparación de los enfoques analítico y algebraico para la mejora de los resultados de aprendizaje	
Coordinador	(2): Apellidos, Nombre	GRANADOS ROMERA, JUAN JOSÉ
	(3): Departamento	Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica
	(4): Email	jjgr@ugr.es
	(5): Teléfonos	958249960

2. Responda a las siguientes cuestiones, indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

1. Especifique los resultados obtenidos, indicando donde se han difundido y en qué canales se han puesto en disposición para la comunidad universitaria.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del Proyecto de Innovación Docente (PID) fue introducir y comparar dos metodologías de resolución de problemas en la asignatura de Resistencia de Materiales del segundo curso del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial de la Universidad de Granada: el **método algebraico (AG)**, tradicionalmente empleado en la docencia de esta asignatura, y el **método analítico (AN)**, menos habitual, pero con potencial para mejorar la comprensión conceptual de los diagramas de esfuerzos internos. El propósito consistió en evaluar el impacto de ambos métodos en el aprendizaje, mediante una intervención controlada y el posterior análisis de los resultados.

RESULTADOS OBTENIDOS

- Los estudiantes resolvieron de forma satisfactoria los cálculos de reacciones y esfuerzos cortantes.
- Las mayores dificultades se observaron en el cálculo y la representación de momentos flectores.
- El problema con carga triangular (más adecuado para el método analítico) fue resuelto por la mitad de los grupos que emplearon dicho método, obteniéndose mejores calificaciones que en el resto de los casos.
- Se observó una tendencia de los estudiantes a evitar el método analítico cuando el problema incluía cargas puntuales, lo que sugiere una toma de decisiones consciente basada en la idoneidad del método.

DIFUSIÓN Y CANALES DE DISPOSICIÓN

- Se presentó un póster sobre el presente Proyecto de Innovación Docente (PID), titulado *Algebraic and Analytical Approaches to the Calculation of Internal Forces and the Internalization of Structural Equilibrium: A Teaching Experience in Engineering* (Granados, J.J.; Comino, L.; Bravo, R.; y Palma, R.), en el congreso internacional **STAMS 2025 SEMTA-AIMETA COLLOQUIUM. Mechanics Across Realms: Experiments to Theory (and back)**, celebrado del 23 al 25 de abril de 2025 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada. <https://hdl.handle.net/10481/104788>
- Los materiales desarrollados (problemas, rúbricas y hojas de resultados) fueron puestos a disposición del estudiantado a través de la plataforma PRADO.
- La experiencia se compartió asimismo con otros docentes del área, con el objetivo de valorar su posible implementación transversal en otras asignaturas de contenido estructural.

2. Valore el grado de consecución de los objetivos. Especifique los mismos.

OBJETIVOS

- Comparar los enfoques docentes, algebraico (AG) y analítico (AN), con el fin de determinar cuál resulta más eficaz para mejorar los resultados de aprendizaje y la adquisición de competencias clave en equilibrio estructural y análisis de esfuerzos internos.
- Promover estrategias centradas en el estudiante que atiendan perfiles cognitivos diversos —matemáticos y físico-gráficos—, favoreciendo tanto la comprensión conceptual como el interés por el comportamiento estructural.
- Fomentar el pensamiento crítico y la autonomía mediante el refuerzo de las habilidades de razonamiento abstracto, la intuición práctica y la capacidad de resolución de problemas en contextos reales de ingeniería.

GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS

El grado de consecución de los objetivos fue alto. Se logró introducir con éxito el método analítico en un entorno de prácticas, y el estudiantado comprendió sus fundamentos y aplicabilidad. La estructura del proyecto permitió una comparación directa y controlada entre los dos métodos, lo que proporcionó datos relevantes para el análisis del aprendizaje.

La actividad final, realizada de forma autónoma desde casa, evidenció que los estudiantes fueron capaces de seleccionar razonadamente el método de resolución más adecuado en función del tipo de problema planteado. Asimismo, los resultados obtenidos reflejaron diferencias significativas en el rendimiento en función del método escogido, lo que valida el enfoque del proyecto como herramienta de evaluación pedagógica.

Por último, el trabajo en grupo y la entrega de las actividades a través de la plataforma PRADO facilitaron el fomento del aprendizaje autónomo y colaborativo, cumpliendo así otro de los objetivos propuestos.

3. Especifique el impacto de los resultados obtenidos, Valore los mismos utilizando indicadores que permitan una evaluación cuantitativa o cualitativa.

RESULTADOS CUALITATIVOS

El impacto de los resultados puede dividirse en cualitativo y cuantitativo. En cuanto a los aspectos cualitativos, cabe destacar:

- Mejora en la comprensión conceptual: El estudiantado que empleó el método analítico mostró una mayor claridad en la representación de los esfuerzos internos, especialmente en situaciones con cargas distribuidas no constantes.
- Toma de decisiones fundamentada: Al no imponerse un método concreto en la actividad final, se observó que los estudiantes analizaron la naturaleza del problema y seleccionaron el enfoque más adecuado. Este comportamiento refleja un aprendizaje más significativo, en el que no se aplica mecánicamente un procedimiento, sino que se evalúan las opciones y se toma una decisión fundamentada.
- Consolidación del aprendizaje práctico: El formato del proyecto, centrado en la práctica, el trabajo en grupo y la entrega autónoma, permitió reforzar los contenidos abordados en las clases teóricas desde una perspectiva aplicada.

RESULTADOS CUANTITATIVOS

- Precisión: Los grupos algebraicos obtuvieron una puntuación media de $3,9 \pm 0,6$ en el cálculo de esfuerzos cortantes, frente a $3,4 \pm 0,7$ de los analíticos. Por su parte, los grupos analíticos destacaron en el cálculo de momentos flectores con cargas triangulares ($3,8 \pm 0,5$ frente a $3,1 \pm 0,8$). Las puntuaciones se evaluaron sobre 5, según la rúbrica establecida.
- Vínculos conceptuales: El 72% de los grupos analíticos identificó la relación en la que el cortante se obtiene como la derivada del momento flector en la encuesta posterior, frente al 41% de los grupos algebraicos.
- Elección de método en el trabajo autónomo: Todos los equipos resolvieron el pórtico con momento puntual mediante el método algebraico; sin embargo, el 50% de los grupos analíticos optó por el método analítico para la viga triangular, obteniendo las tres mejores puntuaciones de la rúbrica.
- Dificultad percibida: La dificultad media autodeclarada pasó de "alta" a "media" únicamente en los grupos analíticos.

En síntesis, el enfoque algebraico favorece la resolución rápida de tareas de equilibrio, mientras que el método analítico permite una mayor profundización en la comprensión de las relaciones entre la intensidad de carga y el escalado a distribuciones complejas. Por tanto, una secuencia combinada —primero el método algebraico, seguido del analítico— podría optimizar el aprendizaje dentro del tiempo docente disponible.

4. Especifique la metodología empleada en el proceso de innovación y evalúe la misma

METODOLOGÍA

El proyecto adoptó un enfoque centrado en el estudiante para reforzar tanto el método algebraico (AG) como el analítico (AN) en la asignatura de Resistencia de Materiales del Grado en Ingeniería Electrónica. Se ofrecieron itinerarios flexibles de aprendizaje y materiales diversificados con el fin de adaptarse a los distintos perfiles de conocimientos y necesidades del estudiantado de ingeniería.

Estrategias clave:

- Diseño de tareas de aprendizaje activo adaptadas a las competencias específicas de la asignatura.
- Implementación de herramientas de autoevaluación para fomentar el aprendizaje autónomo.
- Realización de tutorías grupales para proporcionar orientación y promover la colaboración.
- Propuesta de ejercicios de refuerzo adaptativo, centrados en el método menos familiar según la titulación.

En primer lugar, todo el estudiantado recibió la explicación teórica del método algebraico (AG) en las clases magistrales. Posteriormente, durante las sesiones prácticas, los estudiantes se dividieron en dos grupos: en uno de

ellos se resolvieron ejercicios mediante el método algebraico, mientras que en el otro se introdujo el método analítico, tanto desde el punto de vista teórico como práctico (con resolución de ejercicios). En estas sesiones prácticas, el trabajo se organizó en grupos de tres a cinco personas.

A continuación, todos los estudiantes resolvieron desde casa dos nuevos problemas estructurales a través de la plataforma PRADO, sin indicación del método de resolución, lo que permitió observar de forma natural su preferencia y desempeño, especialmente entre aquellos que habían recibido formación en ambos métodos. Los resultados se evaluaron mediante una rúbrica centrada en tres criterios: cálculo de reacciones, esfuerzo cortante y momento flector.

El estudiantado completó cuestionarios personalizados a lo largo del curso para valorar su experiencia, dificultades de aprendizaje y la eficacia de los métodos aplicados. Estos resultados, junto con el rendimiento académico, se analizaron para evaluar el impacto del proyecto.

Instrumento	Propósito	Ítems / Métricas de ejemplo
Encuesta diagnóstica	Conocimientos previos y expectativas	Puntuación prevista (0-10); nivel de dificultad anticipado
Encuesta posterior	Ganancia conceptual y motivación	Ubicación correcta de máximo de cortante/momento; método preferido
Rúbricas de evaluación	Evidencia de desempeño	Puntuación media por problema (0-5)
Notas del tutor	Observaciones cualitativas	Conceptos erróneos observados

La metodología combinó un enfoque cuasi-experimental con elementos de aprendizaje activo y colaborativo, siguiendo las siguientes fases:

1. División del estudiantado en grupos de trabajo (3 a 5 personas), conforme a la organización habitual de las prácticas de la asignatura.
2. Intervención diferenciada: a la mitad de los grupos se les enseñó únicamente el método algebraico (grupo control), mientras que a la otra mitad se les introdujo además el método analítico (grupo experimental).
3. Resolución autónoma de problemas desde casa, con dos nuevos ejercicios propuestos a todos los grupos sin indicar el método a emplear.
4. Evaluación mediante rúbrica.
5. Recogida de información cualitativa a través de una encuesta complementaria.

EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Entre las principales fortalezas de la metodología aplicada, cabe destacar:

- La diferenciación de grupos permitió analizar con claridad el impacto de la intervención.
- El uso de problemas con parámetros individualizados evitó el plagio y promovió el pensamiento independiente.
- El enfoque voluntario y abierto en la elección del método de resolución favoreció la autonomía y la reflexión crítica del estudiantado.

Por otro lado, se identificaron las siguientes limitaciones:

- El tamaño reducido del grupo experimental (6 grupos) limita la capacidad de extrapolación estadística de los resultados.
- No se llevó a cabo un seguimiento longitudinal para determinar si los beneficios del método analítico se mantienen a medio o largo plazo.

En resumen, la metodología se considera adecuada para un primer piloto de innovación en la docencia de estructuras, y resulta fácilmente escalable a cursos posteriores y a otras asignaturas con contenidos similares.

5. Realice cualquier otra consideración evaluativa que permita realizar una adecuada valoración de la actividad de formación desarrollada.

La actividad fue bien recibida por el estudiantado, que valoró positivamente la posibilidad de seleccionar el método de resolución más adecuado y de trabajar en grupo con problemas personalizados. Esta libertad favoreció una mayor implicación y comprensión de los contenidos. Asimismo, el proyecto resultó útil como herramienta de reflexión docente, al poner de manifiesto las limitaciones del enfoque exclusivamente algebraico y evidenciar el potencial del método analítico como recurso complementario.

En conclusión, se considera altamente recomendable mantener y ampliar este tipo de experiencias en futuras ediciones de la asignatura, así como en otras materias con contenidos afines.

4. Aporte una memoria económica con los gastos derivados del proyecto, especificando las partidas presupuestarias, gastos específicos y adjuntando los justificantes de pago.

4.1. Memoria económica del PIB tipo A o B (desarrollados en un curso académico, sea en un semestre o en dos semestres)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal primer periodo o semestre	Subtotal segundo periodo o semestre
TOTAL	0€	

4.1. Memoria económica para PIB tipo C (desarrollados en uno o dos cursos académicos)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal Primer Semestre	Subtotal Segundo Semestre	Subtotal Tercer Semestre	Subtotal Cuarto Semestre
TOTAL				

5. Aporte una memoria de gestión indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora que han surgido a partir de la innovación docente planteada.

FORTALEZAS

La coordinación anticipada del equipo docente hizo posible establecer objetivos claros, rúbricas detalladas y un calendario común, agilizando las decisiones durante la implementación.

El uso de un espacio compartido en PRADO para materiales y anuncios garantizó que todo el estudiantado dispusiera de instrucciones y recursos homogéneos.

La posibilidad de elegir entre los enfoques algebraico y analítico, junto con la asignación de problemas parametrizados, aumentó la implicación y la motivación del estudiantado.

La difusión temprana de resultados mediante un póster en un congreso internacional y el depósito de los recursos en el repositorio institucional favorecen la transferencia a otras asignaturas.

DIFICULTADES

Persisten dudas en la edición de diagramas de esfuerzos, lo que obliga a reforzar la tutoría técnica.

La limitada carga crediticia de la asignatura dificulta la incorporación de actividades de innovación y compromete la escalabilidad a titulaciones con menor duración.

Se observa heterogeneidad en el dominio de cálculo vectorial y representación gráfica entre los estudiantes, lo que requiere apoyo adicional no planificado.

La evaluación se concentra en hitos puntuales; la falta de seguimiento continuo ralentiza la detección de carencias individuales.

PROPUESTAS DE MEJORA

Implementar un sistema de evaluación continua con rúbricas modulares y registros de progreso semanales en PRADO para ofrecer retroalimentación temprana.

Fomentar la autoevaluación y la coevaluación a través de foros de reflexión guiada para que los equipos contrasten enfoques y aprendan entre iguales.

Reservar al menos 0,5 ECTS dentro de la planificación oficial para las actividades de innovación, garantizando su viabilidad en asignaturas de menor carga.

Crear un kit de transferencia compuesto por guía docente, problemas parametrizados y plantillas de rúbricas alojado en el repositorio DIGIBUG, de modo que otros docentes puedan replicar la experiencia con mínimas adaptaciones.

CONCLUSIÓN

La gestión del Proyecto de Innovación Docente ha demostrado que la introducción combinada de los métodos algebraico y analítico es viable y aporta valor cuando se articula sobre una planificación rigurosa y estrategias de aprendizaje activo. Las mejoras propuestas buscan optimizar el acompañamiento formativo y adaptarse a las restricciones crediticias, facilitando la extensión de la experiencia a otras titulaciones técnicas en el ámbito de la ingeniería y de la arquitectura.

6. Indique los datos del profesorado (incluido en la solicitud o cuya inclusión haya sido autorizada por el Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado) que ha asistido al 80% de las acciones desarrolladas y al que hay que certificar la actividad.

Apellidos, Nombre			
Granados Romera, Juan José			
Bravo Pareja, Rafael			
Palma Guerrero, Roberto			
Comino Mateos, Lucía			

Fecha: 24 de junio de 2025

El Coordinador

Juan José Granados Romera