

ENSEÑANZA DE MATEMÁTICAS A DISTANCIA EN GRADOS EN INGENIERÍA Y FÍSICA

Estibalitz Durand Cartagena – Carlos Fernández González – Daniel Franco Leis – Esther Gil Cid – Elvira Hernández García – Lidia Huerga Pastor – Juan Perán Mazón – Juan Luis Ródenas Pedregosa – Miguel Ángel Sama Meige

edurand@ind.uned.es – cafernan@ccia.uned.es – dfranco@ind.uned.es – egil@ind.uned.es –
ehernandez@ind.uned.es – lhurga@bec.uned.es – jperan@ind.uned.es –
jlrodenas@ind.uned.es – msama@ind.uned.es

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España

Núcleo temático: Recursos para la enseñanza y el aprendizaje de la enseñanza de las matemáticas

Modalidad: P

Nivel educativo: No específico

Palabras clave: Educación a distancia, aplicaciones, visualización

Resumen

Las asignaturas de Matemáticas en grados de Física e Ingeniería tienen un carácter eminentemente instrumental, a pesar de ser a menudo asignaturas troncales. Por su contenido abstracto y el formalismo y rigor propios, resultan especialmente duras a los estudiantes que no dominan los conocimientos previos requeridos. A estas dificultades se añaden las propias de cursar estas asignaturas en una universidad a distancia: ausencia de un espacio físico común con profesores y compañeros y diversas obligaciones añadidas de los estudiantes. Todo esto se traduce en una baja motivación de los estudiantes al enfrentarse a ellas, resultados negativos e incluso abandono.

Varios profesores de la UNED nos hemos constituido como grupo de innovación docente con el objetivo de utilizar los recursos disponibles para revertir esta situación.

Uno de nuestros objetivos es fomentar el papel de la visualización en Matemáticas a través de la creación de materiales adaptados a los entornos virtuales y haciendo especial hincapié en las diversas aplicaciones a la Física o Ingeniería que ayudan a motivar, comprender y aprender las Matemáticas en estos grados.

En este trabajo presentaremos las principales iniciativas que hemos llevado a cabo hasta ahora, los resultados obtenidos y algunas líneas en las que nos gustaría seguir trabajando.

1. Introducción

Las Matemáticas en grados de Física e Ingeniería suelen formar parte de materias troncales que se presentan como una herramienta al servicio de las otras ciencias y con un carácter puramente instrumental. Desde el principio se agrupan en asignaturas que tienen un alto contenido abstracto y un formalismo y rigor propios de las Matemáticas, hecho que genera enormes dificultades en

el estudio de estas materias. Esto implica que los estudiantes las estudien sin la motivación que tienen por otras asignaturas propias del grado que cursan.

Además, la enseñanza a distancia presenta una serie de características propias que añade diversas dificultades para los estudiantes: suelen trabajar a la vez que estudiar, tienen pocos conocimientos matemáticos previos o están olvidados y no disponen de un espacio físico común con otros compañeros y profesores

Para resolver este tipo de dificultades y con la idea de desarrollar conjuntamente acciones específicas y materiales de apoyo al estudio usando recursos electrónicos se crea el grupo de innovación docente (GID) MATf(i). A lo largo de este trabajo presentaremos el grupo, las líneas de acción que desarrolla, la metodología utilizada y el trabajo futuro a realizar.

2. Contextualización: GID en la UNED

La UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) es la primera universidad pública española por número de estudiantes y oferta académica. Se compone de una sede central ubicada en Madrid y de una red de centros asociados repartidos por toda España y parte en el extranjero. Los estudiantes son atendidos tanto por los profesores de la sede central como por los profesores tutores de los centros asociados.

Los profesores de la sede central preparan material, exámenes y atienden a través del curso virtual, correo electrónico o teléfono mientras que los profesores-tutores del centro asociado imparten clases presenciales o vía webconferencia semanales o quincenales.

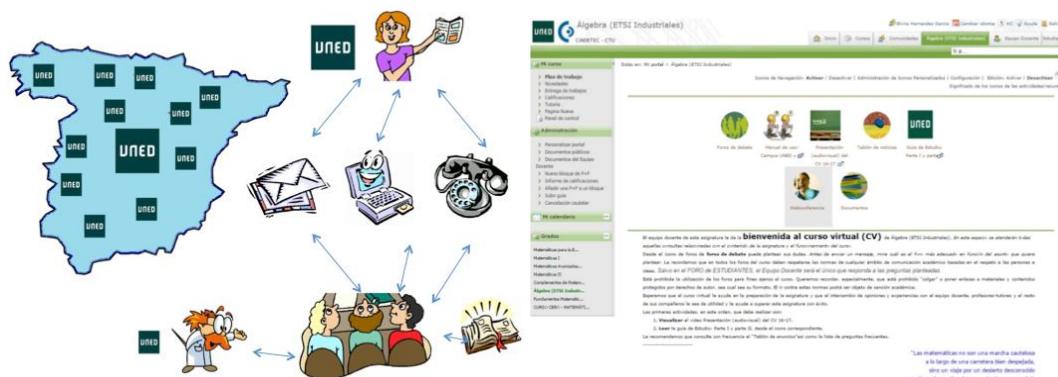


Figura 1: Estructura de la UNED y curso virtual

El grupo de innovación docente (GID) en Matemáticas para Física e Ingenierías fue constituido como grupo en 2016 por nueve profesores de la sede central de la UNED y una profesora de la

UCM. Los profesores imparten docencia en varios grados de Física e Ingeniería Industrial, así como en másteres de estas facultades. La colaboración entre profesores de la E.T.S.I. Industriales y la Facultad de Ciencias permite que los estudiantes tengan una mayor variedad de materiales a su disposición.

3. Objetivos del GID

Los principales objetivos del GID son los siguientes:

- Visualización en Matemáticas: elaboración de materiales escritos y audiovisuales para los cursos virtuales.
- Fomento de utilización de TICs y de editores de texto científicos entre los estudiantes.
- Creación de un curso 0 de Matemáticas para Ingeniería y Física.
- Creación de material audiovisual complementario.
- Difusión de materiales y resultados y creación de un repositorio común de libre acceso para toda la comunidad educativa.

A continuación pasamos a desarrollar algunos de los aspectos más importantes de los objetivos entre los que queremos destacar: i) el papel de la visualización en el desarrollo de materiales, ii) la creación de materiales que contengan aplicaciones a la Física e Ingeniería y iii) curso 0.

i) *Visualización y desarrollo de materiales*. La visualización juega un papel muy importante en la enseñanza de las Matemáticas ([A03], [G02], [P06]) y es un elemento clave dentro del grupo. Este papel es evidente en el aprendizaje de la geometría, pero no tanto en otras partes de la matemática como por ejemplo el álgebra. Entre otros aspectos, se puede destacar que el apoyo gráfico a los conceptos matemáticos:

- permite presentar los contenidos de forma más atractiva, fomentando en el estudiante actitudes positivas que faciliten una buena predisposición hacia una materia considerada usualmente difícil,
- favorece en la mayor parte de los estudiantes la asimilación de los conceptos, acelerando el proceso de aprendizaje,
- fomenta en el estudiante la relación de los contenidos matemáticos, considerados a veces alejados de la realidad, con problemas reales, aumentando así el interés del estudiante en la materia,
- ayuda a que los conocimientos adquiridos perduren más en el tiempo, y

- complementa los conceptos matemáticos permitiendo llegar a una mayor profundización en los mismos.

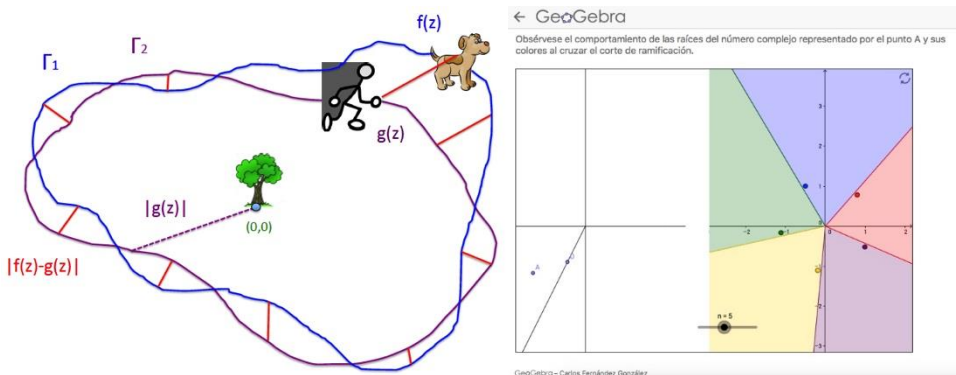


Figura 2: Materiales elaborados por el grupo MATf(i)

En la enseñanza tradicional (presencial), la visualización ha sido usada principalmente con los tres siguientes recursos: ilustraciones en los libros de texto y apuntes, la pizarra, y la gestualidad del profesor durante la clase. En la enseñanza a distancia el primero de los recursos se puede aplicar exactamente igual que en la enseñanza tradicional, mientras que los otros dos se pueden suplir con videograbaciones, otra de las líneas de trabajo que se propone en este grupo. Sin embargo, las nuevas tecnologías hace tiempo abrieron un gran abanico de posibilidades, que poco a poco van siendo más y más explotadas en ambos tipos de enseñanza: visualizaciones 3D con las que conseguir ilustraciones antes impensables, animaciones de procesos que sustituyen a las imágenes estáticas previamente usadas, materiales manipulativos con los que los estudiantes pueden experimentar o investigar y (re)descubrir resultados matemáticos, etc. Todas estas posibilidades son idóneas para la metodología a distancia propia de la UNED.



En ocasiones veo series...de Taylor

Estibalitz Durand Cartagena

Departamento de Matemática Aplicada. UNED.



Figura 3: Materiales audiovisual

Cabe destacar que el grupo se ha centrado en crear materiales para dos ramas de las Matemáticas: variable compleja y geometría diferencial. Pero a parte de estas dos materias, se han desarrollado materiales donde se potencia la visualización para distintos temas de Álgebra Lineal, Análisis Funcional, Cálculo diferencial, Cálculo Integral, Ecuaciones Diferenciales, etc. El tipo de materiales que se han creado son applets de Geogebra, Documentos pdf, videos, animaciones con Maxima, etc.

Finalmente, y más allá del desarrollo de materiales, siempre se ha intentado transmitir a los estudiantes la importancia de la visualización como recurso docente y se han impartido cursos de TICs: Maxima, GeoGebra y LaTeX. El uso de las TICs favorece el desarrollo de competencias transversales de los grados y másteres en los que se imparte docencia, dado su carácter altamente tecnológico.

ii) Materiales con aplicaciones a la Física y la Ingeniería. El estudio de las Matemáticas por parte de los futuros ingenieros y físicos requiere del desarrollo de la intuición para poder comprender las ideas subyacentes. Sólo así estos profesionales podrán utilizar el potencial de las Matemáticas para diseñar y crear elementos que resuelvan los problemas que se les puedan plantear a lo largo de su vida laboral. Aunque es necesario no perder el formalismo y rigor, muchas veces la complejidad de las ideas y de los cálculos que se realizan hace necesario comprender de forma completa de qué se está hablando para que los estudiantes no se pierdan entre el formalismo.

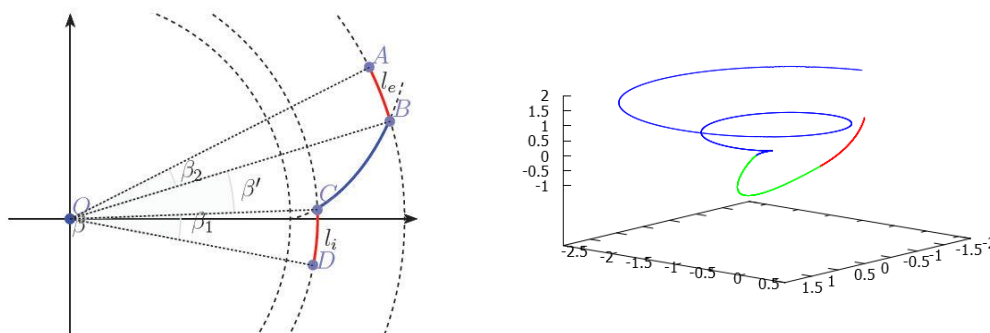


Figura 4: Pruebas de evaluación continua. Diseño de un diente de engranaje con la evolvente y diseño de una montaña rusa.

Para combatir este problema, se han elaborado apuntes específicos y ficheros para visualizar conceptos, disponibles en el curso virtual. Además, se crean pruebas de evaluación continua donde aparezcan de manera explícita aplicaciones a la vida real. El sistema algebraico

elegido para hacer ha sido *Maxima* [W], ya que es un programa de cálculo simbólico de libre distribución utilizado en los diferentes grados.

iii) *Curso 0*. Habitualmente se observa entre los estudiantes de primeros cursos de Física e Ingeniería un alto grado de abandono en las asignaturas de Matemáticas y una parte importante de este abandono reside en la falta de base a la hora de afrontar el estudio de estas asignaturas. En concreto, los estudiantes de la UNED a menudo retoman los estudios (algunos incluso sin provenir de estudios científicos ni de la rama científico-tecnológica del Bachillerato) tras un largo período dedicado a diversas actividades profesionales. Otro caso frecuente (en un porcentaje muy superior al 30% según los datos de que disponemos) es el de estudiantes que acceden a grados de Ingeniería a partir de un ciclo superior de FP. También se da el caso de estudiantes provenientes del Curso de Acceso, que por sus características hace posible que aprueben el curso sin aprobar la asignatura de Matemáticas. Todo ello supone que los estudiantes comiencen a menudo con una falta de base y de seguridad en los conocimientos matemáticos de que disponen y que tengan grandes dificultades para cumplir con el cronograma marcado en las asignaturas de primer curso.

En este sentido, es imprescindible que los estudiantes dispongan de material que permita detectar si necesitan comenzar con los preliminares indicados para abordar con éxito las asignaturas, estudiar y afianzar esos contenidos preliminares y realizar el estudio de estos materiales en el momento que sea más adecuado para su formación y para su estudio (tanto con anterioridad al comienzo del curso académico, como a lo largo del mismo).

4. Metodología

Inspirados por la metodología *Design Based Research* [D03] y el ciclo de desarrollo instruccional para la educación a distancia descrito por Montiel [M01] Diseño-Desarrollo-Evaluación-Revisión planteamos cuatro fases de investigación: diseño de actividades y materiales, uso de materiales, evaluación de los productos obtenidos y del método de trabajo seguido y revisión de los productos y principios de diseño.

5. Líneas futuras

Las líneas futuras en las seguirá trabajando el GID son las siguientes:

- Visualización en Matemáticas: actualización de materiales didácticos, creación de nuevos materiales relacionados con visualización para los cursos virtuales.

- Utilización de TICs en asignaturas de grado y máster.
- Fomento entre los estudiantes de editores de texto científicos.
- Seguir trabajando en la elaboración de material para compartir: vídeos, hojas de problemas, documentos y applets de visualización.
- Mejora del curso 0 y estudio de otras medidas para reducir la tasa de abandono.

Enseñanza de Matemáticas a distancia en grados en Ingeniería y Física

Resumen

Las asignaturas de Matemáticas en grados de Física e Ingeniería tienen un carácter eminentemente instrumental, a pesar de ser a menudo asignaturas troncales. Por su contenido abstracto y el formalismo y rigor propios, resultan especialmente duras a los estudiantes que no dominan los conocimientos previos requeridos. A estas dificultades se añaden las propias de cursar estas asignaturas en una universidad a distancia: ausencia de un espacio físico común con profesores y compañeros y diversas obligaciones añadidas de los estudiantes. Todo esto se traduce en una baja motivación de los estudiantes al enfrentarse a ellas, resultados negativos e incluso abandono.

Varios profesores de la ETSI Industriales y de la Facultad de Ciencias nos hemos constituido como grupo de innovación docente (GID) en la UNED, tras años de trayectorias comunes y paralelas trabajando en diversos proyectos de innovación docente, con el objetivo de utilizar los recursos disponibles para revertir esta situación.

Uno de nuestros objetivos es fomentar el papel de la visualización en Matemáticas a través de la creación de materiales adaptados a los entornos virtuales y haciendo especial hincapié en las diversas aplicaciones a la Física o Ingeniería que ayudan a motivar, comprender y aprender las Matemáticas en estos grados.

En este trabajo presentaremos las principales iniciativas que hemos llevado a cabo hasta ahora, los resultados obtenidos y algunas líneas en las que nos gustaría seguir trabajando.

Estibalitz Durand Cartagena, Carlos Fernández González, Daniel Franco Leis, Esther Gil Cid, Elvira Hernández García, Lidia Huerga Pastor, Juan Perán Mazón, Juan Luis Ródenas Pedregosa, Miguel Sama Meige
 Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
 edurand@ind.uned.es, calfran@ccia.uned.es, dfranco@ind.uned.es, egil@ind.uned.es, ehernandez@ind.uned.es, huerga@bec.uned.es, jperan@ind.uned.es, jrodenas@ind.uned.es, msama@ind.uned.es

Contextualización: GID en la UNED

MATf(i)

Estructura de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia): sede central (logo grande) y centros asociados (logo pequeño).

- Los profesores de la sede central preparan material, exámenes y atienden a través del curso virtual, correo electrónico, teléfono.
- Los profesores-tutores del centro asociado imparten clases presenciales o vía web semanales o quincenales.

Grupo de innovación docente (GID) en Matemáticas para Física e Ingeniería:

- Constituido como grupo en 2016.
- 9 profesores de la UNED y 1 profesora de la UCM.
- Docencia en grados de Física e Ingeniería Industrial, y en másteres de estas facultades.



Introducción

Las asignaturas de Matemáticas en grados de Física e Ingeniería tienen un carácter instrumental, a pesar de ser a menudo asignaturas troncales. Esto significa:

- Baja motivación.
- Contenido abstracto y un formalismo y rigor propios.

La enseñanza a distancia añade las siguientes dificultades para los estudiantes:

- Trabajan a la vez que estudian.
- Pocos conocimientos matemáticos u olvidados.
- Ausencia de espacio físico común con profesores y compañeros: se pierden elementos de la comunicación y el apoyo y compromiso mutuo entre compañeros.

Puntos fuertes y débiles

- Puntos débiles:**
- Asignaturas de contenido matemático en Física e Ingeniería.
 - No siempre hay material adecuado en contenido y profundidad.
 - De la educación a distancia: no se está compartiendo un espacio físico.
- Puntos fuertes:**
- Planificación con mucho tiempo.
 - Soporte informático en adquisición de competencias transversales.
 - Curso virtual: herramienta dinámica.
 - Aplicaciones a Física e Ingeniería de los contenidos matemáticos.

Asignaturas

Curso cero	Ingeniería Industrial	Ingeniería Informática	Grado en Física	Máster
Fundamentos básicos de grados ETSI Industriales	Cálculo Álgebra Ampliación de Cálculo Complementos de matemáticas	Fundamentos matemáticos	Métodos matemáticos I y II	Complementos matemáticos en Máster en Ingeniería Industrial TFM, Máster de formación de profesorado

Objetivos del GID MATf(i)

- Visualización en Matemáticas: elaboración de materiales escritos y audiovisuales para los cursos virtuales.
- Fomento de utilización de TICs y de editores de texto científicos entre los estudiantes.
- Curso 0 de Matemáticas para Ingeniería y Física:
 - para reducir tasa de abandono.
 - puesta en marcha a partir del plan de acogida de Ing. Industriales: adaptación a aif.
 - adaptación a UNED abierta.
- Material audiovisual complementario.
- Difusión de materiales y resultados.
- Repositorio común: Elaboración de material para compartir (vídeos, problemas, documentos de visualización).



Feedback de los estudiantes

Es difícil seguir una asignatura de ciencias como es matemática a través de un curso virtual sin explicaciones.

Los vídeos aclaran multitud de conceptos y facilita grandemente el entendimiento de la asignatura.

El PEC de la montaña rusa me ha parecido interesantísimo.

Es de agradecer que se haya propuesto una línea donde se pueden aplicar conocimientos de la asignatura a la vida real.

Bibliografía

Arora, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 14(2), 215-26.

Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.

Guzmán, M. de (2002). The role of visualization in the teaching and learning of Mathematical Analysis. *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics for the undergraduate level*. U. of Creta, Greece.

Montiel, G. (2003). Un estado del arte de la investigación en Educación a Distancia. *Antología 1*. Programa Editorial Regional de Ciencias.

Presmeg, N.E. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*. PME 2006-06. Ed. Nova Publishers. pp. 205-235.

Videos

En ocasiones veo series de Taylor

Estibalitz Durand Cartagena
Departamento de Matemática Aplicada, UNED

Geogebra

Encuestas

¿Con cuáles de las siguientes situaciones me siento más identificada?

Usar los materiales en las tareas y actividades de las asignaturas.

Responder luego con algún otro libro cuando no entiendo.

Documentos pdf

Maxima

Presentando al punto me encontré con el Teorema de Brouwer.

Aplicaciones a ingeniería y física

Diseño de un puente de ingeniería con la envolvente

Diseño de una montaña rusa

Líneas futuras

- Visualización en matemáticas: actualización de materiales didácticos, creación de nuevos materiales relacionados con visualización para los cursos virtuales.
- Utilización de TICs en asignaturas de grado y máster.
- Fomento entre los estudiantes de la utilización de recursos científicos.
- Seguir trabajando en la elaboración de material para compartir: vídeos, hojas de problemas, documentos y apuntes de visualización.
- Ajuda del curso 0 y estudio de otras medidas para reducir la tasa de abandono.

Agradecimientos La participación de E. Durand ha sido subvencionada con la ayuda 2016-MAT 09 (ETSI Industriales, UNED).

Referencias bibliográficas

- [A03] Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics, *Educational Studies in Mathematics*, 52 (3), 215-24.
- [D03] Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- [G02] Guzmán, M. de (2002). The role of visualization in the teaching and learning of Mathematical Analysis. *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics (at the undergraduate level)*. U. of Crete, Greece.
- [M01] Montiel, G. (2001) *Un Estado del Arte de la Investigación en Educación a Distancia*. Antologías 1. Programa Editorial Red Nacional de Cimates.
- [P06] Presmeg, N.C. (2006). Research on visualization in learning an teaching mathematics, *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*. PME 1976-2006. Ed Sense Publishers, pp 205-235.
- [W] Programa de cálculo simbólico Maxima. <http://maxima.sourceforge.net/es/>