



Investigación e Innovación Educativa en Docencia Universitaria. Retos, Propuestas y Acciones

Edición de.

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

Prólogo de.

José Francisco Torres Alfosea
Vicerrector de Calidad e Innovación Educativa
Universidad de Alicante

Edición de:

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

© Del texto: los autores (2016)

© De esta edición:

Universidad de Alicante
Vicerrectorado de Calidad e Innovación educativa
Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) (2016)

ISBN: 978-84-617-5129-7

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Influencia de Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería II en Ampliación de Matemáticas en el Grado en Ingeniería Civil

D. García-García; A. Payá Casado; A. Escapa García; M. C. Martínez Belda; F. García Castaño;
T. Baenas Tormo; M. A. Melguizo Padial; S. Belda Palazón

*Departamento de Matemática Aplicada, Escuela Politécnica Superior
Universidad de Alicante*

RESUMEN

En este estudio se ha evaluado cuantitativa y cualitativamente la influencia de la secuenciación en el correcto aprendizaje de las competencias matemáticas que se deben adquirir en el Grado en Ingeniería Civil impartido en la Universidad de Alicante. Con este fin se han comparado las calificaciones obtenidas por los alumnos en las asignaturas de Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería II (primer curso) y Ampliación de Matemáticas (segundo curso) desde el curso 2010-2011 al 2014-2015. Los resultados son concluyentes, mostrando que aquellos alumnos que no superan las competencias matemáticas asociadas a la asignatura del primer cursos, rara vez superan los de la asignatura de segundo. Ello implica que la secuenciación prevista en el diseño del plan de estudios se ha implementado de forma satisfactoria. Asimismo, dado que en el plan de estudios no se consideran incompatibilidades, manifiesta la necesidad de informar adecuadamente al alumnado sobre esta circunstancia antes de que formalice su matrícula.

Palabras clave: Grado en Ingeniería Civil, competencias matemáticas, secuenciación, tablas de contingencia, residuos ajustados de Haberman

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo general del Grado en Ingeniería Civil es proporcionar una formación adecuada de perfil europeo y carácter generalista sobre las bases teórico-técnicas y las tecnologías propias del sector de la Construcción Civil, del Transporte y de la Hidrología, enmarcado en una capacidad de mejora continua y de transmisión del conocimiento. Este objetivo general se detalla en la Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, publicada en el BOE el 18 de febrero de 2009, y se consigue a partir de la obtención de ciertas competencias, las cuales se clasifican en transversales básicas (véase, por ejemplo, Ivorra et al. 2009), básicas y específicas. Estas competencias, que se le suponen a cualquier graduado en Ingeniería Civil por la Universidad de Alicante, son múltiples y variadas y no es necesario detallarlas aquí. No obstante, sí es interesante recordar la primera de las competencias básicas por estar relacionada con las Matemáticas:

“Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal, geometría, geometría diferencial, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales, métodos numéricos, algorítmica numérica, estadística y optimización.”

Estas competencias matemáticas son adquiridas por los futuros ingenieros civiles a través de cuatro asignaturas de Matemáticas de 6 créditos ECTS cada una, secuenciadas adecuadamente. Sus contenidos se detallan a continuación:

1.- Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería I (FMI I, primer semestre)

- Cálculo matricial
- Espacio vectorial y vectorial euclídeo
- Diagonalización
- Geometría lineal
- Continuidad, derivabilidad e integración de funciones de una variable real
- Aplicaciones del cálculo diferencial e integral
- Introducción a las ecuaciones diferenciales

2.- Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería II (FMI II, segundo semestre)

- Continuidad, derivación parcial, diferenciabilidad e integración múltiple de funciones de varias variables reales
- Aplicaciones del cálculo diferencial e integral

- Introducción a las ecuaciones en derivadas parciales
- Fundamentos de análisis vectorial
- Geometría diferencial de curvas planas

3.- Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería III (FMI III, segundo semestre)

- Estadística descriptiva
- Probabilidad
- Estimación y contraste de hipótesis
- Control de calidad
- Resolución numérica de ecuaciones y sistemas algebraicos
- Interpolación y ajuste
- Derivación e integración numérica

4.- Ampliación de Matemáticas (AM, cuarto semestre)

- Geometría diferencial de curvas alabeadas y superficies
- Ecuaciones y sistemas diferenciales
- Series funcionales
- Ecuaciones en derivadas parciales
- Resolución numérica de ecuaciones diferenciales

Debido a su carácter formativo básico, las tres primeras asignaturas se imparten en el primer curso, en concreto, FMI I es impartida en el primer cuatrimestre y FMI II y FMI III lo son en el segundo. Por otro lado, AM comprende unas Matemáticas más avanzadas, por lo que se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo curso. Esta asignatura depende más directamente de las asignaturas que se ocupan del Cálculo Diferencial, es decir, de FMI I y II, mientras que no estaría tan relacionada con FMI III, la cual estudia Probabilidad, Estadística y Cálculo Numérico.

En un desarrollo normal del plan de estudios, los estudiantes deberían adquirir las competencias de las asignaturas de primero antes de cursar las de segundo. No obstante, esta situación es más deseada que habitual, ya que en muchos casos los alumnos se matriculan de AM sin tener aprobadas todas las asignaturas de Matemáticas de primero, en particular sin haber aprobado FMI I y II. Esto conlleva que muchos alumnos intenten superar una materia como la de AM, que requiere de una sólida base en los conceptos y métodos del Cálculo Infinitesimal, sin estar lo suficientemente preparados. Esto tiene consecuencias claras, como son el alto índice de suspensos en AM y la frustración de

los alumnos que intentan llevar a cabo una tarea para la que no están preparados. En este estudio vamos a analizar esta situación, intentando desgranar si efectivamente la correcta secuenciación de las asignaturas de primero influyen en el éxito en el aprendizaje de la de segundo. En caso afirmativo, meditemos sobre posibles medidas a adoptar.

2. METODOLOGÍA

El Cálculo Diferencial e Integral que se estudia en el primer curso está dividido en dos asignaturas, FMI I y II, de forma que en la primera se estudian funciones de una variable y en la segunda, de varias variables. Es poco habitual que algún alumno sea capaz de superar FMI II sin haber aprobado FMI I, por lo que entenderemos que un alumno ha adquirido las competencias relativas al Cálculo Diferencial e Integral de primer curso cuando haya superado la asignatura de FMI II.

Nuestra hipótesis de trabajo es que las competencias en Cálculo Diferencial e Integral son necesarias para poder adquirir las propias de AM relativas a ecuaciones diferenciales. Por un lado, los conceptos de diferenciabilidad e integrabilidad estudiados en el Cálculo Infinitesimal de primero son fundamentales no solo para resolver las ecuaciones diferenciales de AM, sino también para poder enunciar y comprender los conceptos, teoremas, etc. que se plantean en dicha asignatura.

Por ejemplo, difícilmente se podrá comprender qué es o qué representa una ecuación diferencial ordinaria sin tener claro el concepto de derivada, qué es una ecuación diferencial en derivadas parciales sin haber interiorizado el concepto de derivada parcial, y mucho menos se podrá entender cómo se pueden resolver dichas ecuaciones diferenciales sin entender la esencia del cálculo integral. Es bien sabido que el aprendizaje de las Matemáticas tiene un carácter secuencial, de forma que cada vez que se adquieren nuevos conocimientos es necesario apoyarse en los aprendidos anteriormente. Desde un punto de vista teórico parece claro que un dominio insuficiente de las competencias básicas, una falta de las mismas, o lo que puede ser más grave, un aprendizaje deficiente de éstas (errores sistemáticos) supone un obstáculo para el desarrollo de las asignaturas de cursos superiores. De esta forma, un mal aprendizaje de FMI I y II en primero condiciona el aprendizaje en AM. Pensemos que la falta de soltura o desconocimiento en las herramientas básicas de cálculo conlleva que gran parte de la atención del alumno se centre más en los procedimientos intermedios de

cálculo, que no deberían suponer ninguna dificultad, que en los nuevos conceptos o técnicas expuestas en la nueva asignatura. Además, no podemos olvidar que la materia de AM posee por sí misma una mayor complejidad epistemológica y cognitiva, y que por tanto requiere de una mayor capacidad de abstracción y madurez por parte de los alumnos, las cuales deben ser adquiridas progresivamente en las asignaturas de primer curso. Con todo, la hipótesis de trabajo parece adecuada, ya que todo indica que las competencias de FMI I y II son imprescindibles tanto conceptual como procedimentalmente para adquirir con éxito las introducidas en AM. Para comprobar dicha hipótesis, compararemos las notas de los alumnos que han cursado tanto FMI II como AM desde el inicio del Grado en Ingeniería Civil en 2010-2011 hasta el curso 2014-2015.

La Tabla 1 resume los alumnos matriculados en cada curso en FMI II, en AM y en ambas al mismo tiempo. En los citados cinco cursos ha habido un total de 983 matrículas en FMI II, correspondientes a 678 alumnos distintos. En AM ha habido 668 matrículas de 426 alumnos distintos. En AM hay menos alumnos matriculados porque algunos alumnos de primer curso abandonan el grado por diversas circunstancias. Por otro lado, si tenemos en cuenta las matrículas simultáneas de alumnos en ambas asignaturas tenemos 153 matrículas de 142 alumnos distintos.

	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Total
FMI II	192	315	261	137	78	983
AM	-	160	168	177	163	668
FMI II + AM	-	38	46	41	28	153

Tabla 1. Matrículas por curso en FMI II, AM y en ambas a la vez.

3. RESULTADOS

El resultado más destacable a la hora de analizar las notas es que entre los cursos 2011-2012 y 2014-2015, ni uno solo de los alumnos fue capaz de aprobar AM sin dominar las competencias de Cálculo Infinitesimal, esto es, cuando se superó la asignatura de AM el alumno había superado la asignatura de FMI II en el mismo curso o en un curso anterior. En dichos cursos, la asignatura de AM fue aprobada por 243 alumnos, cuya relación con FMI II es la siguiente:

- 193 superaron FMI II en cursos anteriores
- 23 superaron FMI II el mismo curso que superaron AM

- 27 nunca habían estado matriculados en FMI II, ya que la convalidaron con asignaturas superadas en la antigua Ingeniería Técnica de Obras Públicas (ITOP) o en otras carreras

En los tres casos, los alumnos aprobaron AM con las competencias de FMI II en su haber. Y solo 23 de 142 alumnos, es decir, un 16.2%, fueron capaces de adquirir dichas competencias en el mismo año que cursaron y aprobaron AM. Por tanto, si bien no hay incompatibilidades para matricularse en AM, los alumnos deberían ser informados de que es muy improbable que la aprueben si no han superado FMI II.

El siguiente punto es analizar de forma más precisa la relación entre las notas de FMI II y AM, de forma que se pueda observar, o no, una relación entre el rendimiento de ambas asignaturas. Por un lado, representamos los diagramas de dispersión entre las notas de ambas asignaturas cuando han sido cursadas en cursos consecutivos (Figura 1) o en el mismo curso (Figura 2). En el primer caso tenemos una correlación lineal, sin tener en cuenta los no presentados, de 0.45, mientras que en el segundo es de 0.49, ambos con un nivel de significación inferior al 0.001. Esto quiere decir que existe una relación estadística entre ambas notas. Además, se puede observar que en general las notas de AM son más bajas cuando esta asignatura se cursa el mismo año que FMI2.

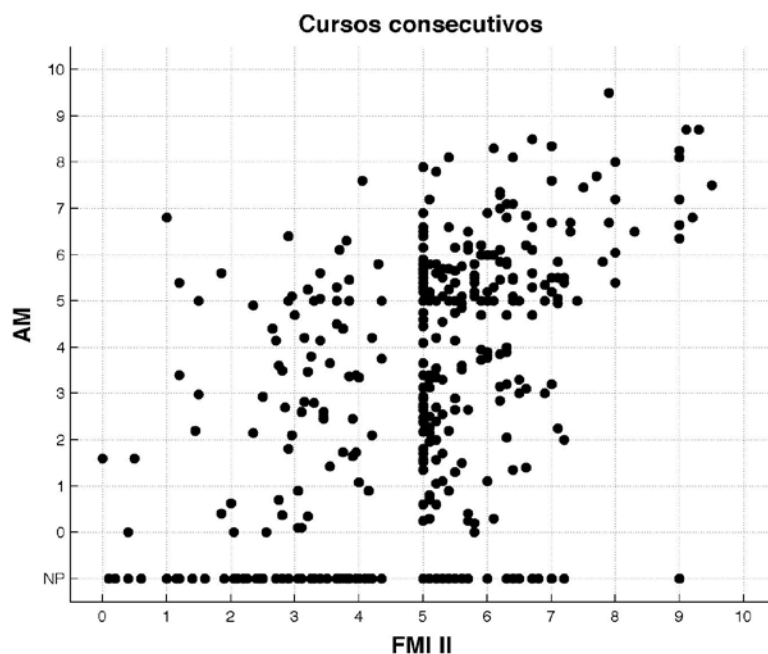


Figura 1. Diagrama de dispersión entre las notas de FMI II y AM cuando ambas asignaturas han sido cursadas en cursos consecutivos. “NP” significa no presentado.

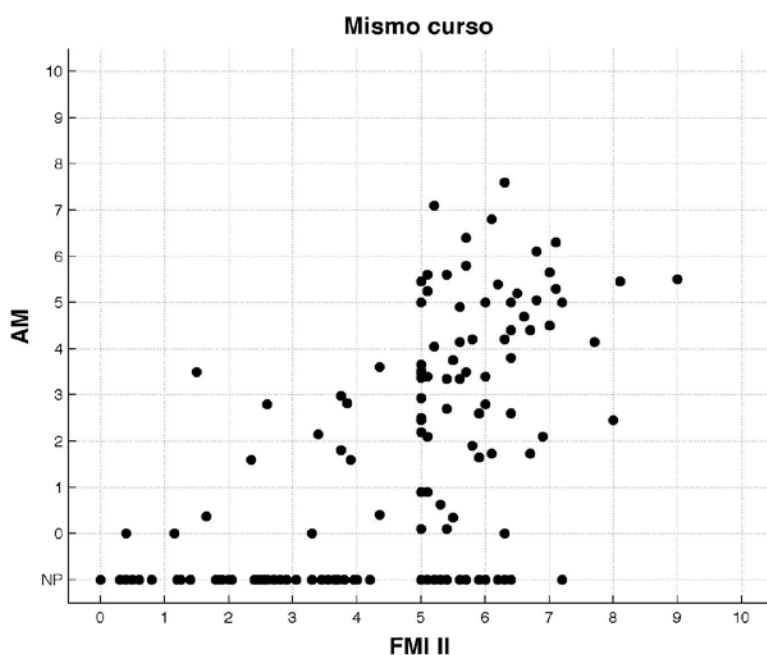


Figura 2. Diagrama de dispersión entre las notas de FMI II y AM cuando ambas asignaturas han sido cursadas en el mismo curso. “NP” significa no presentado.

De los diagramas de dispersión anteriores resulta interesante analizar los casos en los que los alumnos se matriculan y no se presentan a los exámenes. Por ejemplo, en el caso en el que las asignaturas se cursan en cursos consecutivos tenemos 116 de las 377 matrículas que no se presentaron en AM, de las cuales 55 habían suspendido FMI II el curso anterior. Del resto, es significativo que 51 de los 61 que tenían aprobada FMI II lo hicieron con una calificación de 6 o menos. Cuando miramos el caso en el que las asignaturas se cursaron en el mismo curso, tenemos 77 de las 153 matrículas que no se presentaron en AM, 39 de ellas con FMI II suspendida, y 33 de los 38 alumnos con FMI II aprobada lo hicieron con una calificación de 6 o menos. Estos datos revelan que el abandono de AM está condicionado por el dominio de las competencias adquiridas en FMI II. De hecho, parece que es igualmente perjudicial suspender FMI II que aprobarla con un 6 o menos. Además, conviene matizar que la influencia de FMI II en el abandono de AM parece ser mayor, al menos en términos relativos, cuando ambas asignaturas se cursan el mismo curso.

Además de los diagramas de dispersión, vamos a aplicar un análisis más detallado basado en la interpretación de los valores de una tabla de contingencia, a veces denominada también tabla de datos cruzados o bidireccional. Una descripción de los diferentes métodos estadísticos para analizar estas tablas puede encontrarse, por

ejemplo, en Upton (1978), siguiéndose aquí el procedimiento desarrollado en Escapa et al. (2009) para unos fines similares.

Para la construcción de la tabla de contingencia es necesario agrupar las variables “nota FMI II” y “nota AM” en intervalos o clases, dado que al considerar clases se suaviza el posible “ruido” que inevitablemente llevan asociadas las calificaciones numéricas. En este análisis hemos considerado cuatro clases según la calificación (sobre 10) obtenida en ambas asignaturas: nota inferior a 2.5, nota superior o igual a 2.5 e inferior a 5, nota superior o igual a 5 e inferior a 7.5, y nota superior o igual a 7.5. Además, debido a la variedad de situaciones que se pueden dar con las matrículas de los alumnos y para clarificar la lectura del estudio, vamos a presentar los resultados en dos bloques: a) comparación de notas de alumnos que cursaron FMI II y AM en cursos consecutivos, y b) en el mismo curso.

3.1 FMI II y AM cursadas en cursos consecutivos

Considerando los datos de la Figura 1 se obtiene la Tabla 2, que representa las frecuencias observadas de las distintas clases cuando FMI II y AM han sido cursadas en cursos consecutivos.

FMI II \ AM	Nota < 2.5	$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	$7.5 \leq \text{Nota}$	Total
Nota < 2.5	16	2	0	0	18
$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	29	27	19	0	75
$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	84	66	104	8	262
$7.5 \leq \text{Nota}$	2	0	10	10	22
Total	131	95	133	18	377

Tabla 2: Frecuencias observadas para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM (cuatro clases), cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante cursos consecutivos.

La dependencia estadística entre ambas variables se puede establecer considerando un contraste de hipótesis, en el que la hipótesis nula sea la independencia entre las variables (falta de asociación). Esto significaría que los valores de la celda situada en la fila i y en la columna j deberían ser los resultantes de multiplicar las frecuencias observadas totales en la fila i por las frecuencias observadas totales en la columna j , dividiendo este resultado por las frecuencias observadas totales de la tabla,

377 en nuestro caso. En particular, la tabla asociada a la Tabla 2 en el supuesto de independencia se muestra en la Tabla 3.

FMI II \ AM	Nota < 2.5	2.5 ≤ Nota < 5	5 ≤ Nota < 7.5	7.5 ≤ Nota	Total
Nota < 2.5	6.25	4.54	6.35	0.86	18
2.5 ≤ Nota < 5	26.06	18.9	26.46	3.58	75
5 ≤ Nota < 7.5	91.04	66.02	92.43	12.51	262
7.5 ≤ Nota	7.64	5.54	7.76	1.05	22
Total	131	95	133	18	377

Tabla 3: Frecuencias esperadas para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM (cuatro clases), cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante cursos consecutivos, en el supuesto de independencia (no asociación).

A partir de los valores de las Tablas 2 y 3 es posible construir un estadístico que permita determinar si se puede rechazar la hipótesis nula con un cierto nivel de significación, es decir, la probabilidad que se asume al rechazar la hipótesis nula cuando esta es cierta. Habitualmente se consideran niveles de significación menores o iguales que $\alpha=0.05$. Debido a su sencillez, el contraste más comúnmente utilizado es el contraste χ^2 (chi-cuadrado) de Pearson. Este se basa en considerar el valor del estadístico

$$X^2 = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^Q \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

siendo P y Q el número de filas y de columnas, respectivamente, de la tabla de contingencia, y compararlo con la distribución de probabilidad χ^2 con (P-1)(Q-1) grados de libertad. Así, se rechaza la hipótesis nula si $X^2 \geq \chi_{\alpha}^2$, donde α es el citado nivel de significación. En la expresión anterior, O_{ij} es la frecuencia observada para la celda situada en la fila i y en la columna j , y E_{ij} es la frecuencia esperada para esa misma celda, en el supuesto de independencia. En nuestro caso, se obtiene un valor $X^2 = 123.53$, en tanto que el valor de la distribución χ^2 con 9 grados de libertad a un nivel de significación de 0.05 es de 16.92. Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula, es decir, las notas de FMI II y AM no son independientes.

Una vez comprobada la relación estadística entre las notas de FMI II y AM, vamos a investigar si existe alguna relación de dependencia entre dos clases concretas

de la tabla de contingencia. Este estudio se realiza considerando los residuos de la tabla que, *grosso modo*, reflejan las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas. Existen diferentes tipos de residuos, aunque los más adecuados en el caso en el que la tabla de contingencia tenga un número relativamente pequeño de celdas son los denominados residuos ajustados de Haberman, que siguen aproximadamente una distribución normal estándar (Haberman 1973). El residuo para la celda situada en la fila i y en la columna j se calcula mediante la expresión

$$r_{ij} = \frac{O_{ij} - E_{ij}}{\sqrt{E_{ij}}} \frac{N^2}{(N - n_i)(N - m_j)},$$

donde n_i y m_j denotan las frecuencias totales esperadas para la fila i y la columna j , respectivamente, y N el número de las frecuencias observadas totales de la tabla. Para la situación objeto de este estudio, se obtiene los siguientes valores de los residuos.

	AM	Nota < 2.5	2.5 ≤ Nota < 5	5 ≤ Nota < 7.5	7.5 ≤ Nota
FMI II					
Nota < 2.5		6.27	-1.67	-4.09	-1.02
2.5 ≤ Nota < 5		1.1	3.11	-2.8	-2.48
5 ≤ Nota < 7.5		-3.71	-0.01	6.1	-4.39
7.5 ≤ Nota		-3.32	-3.34	1.32	9.74

Tabla 4: Residuos ajustados de Haberman para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM, cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante cursos consecutivos.

A partir de esta tabla, y siguiendo a Sánchez Carrión (1989), es posible realizar el siguiente análisis. Para una distribución normal estándar, con un nivel de significación de $\alpha=0.05$, únicamente son estadísticamente significativos los valores que en módulo superan 1.96, es decir, si una celda tiene un valor absoluto menor no se puede inferir ninguna relación entre las dos clases que la caracterizan. Por el contrario, si el valor es superior a 1.96, o inferior a -1.96, las dos clases son dependientes, y tanto más dependientes cuanto mayor o menor sea el valor. Así, de la Tabla 4 se infieren varias conclusiones:

- Las notas de FMI II y AM tienen una correlación lineal bastante clara, de forma que los alumnos con notas bajas en FMI II seguirán teniendo notas bajas en AM, mientras que los alumnos con notas altas en FMI II seguramente obtengan notas altas en AM

- La notas altas en FMI II hacen que sea muy improbable suspender AM, mientras que las notas bajas en FMI II hacen que sea muy improbable aprobar AM

Cabe resaltar que las relaciones más fuertes se dan entre alumnos con menos de un 2.5 en ambas asignaturas, y especialmente entre los que obtienen más de un 7.5.

3.2 FMI II y AM cursadas en el mismo curso

Vamos a realizar el mismo tipo de análisis entre los alumnos que cursaron FMI II y AM durante el mismo curso. De esta manera, la Tabla 5 representa las frecuencias observadas; la Tabla 6, las frecuencias esperadas; y la Tabla 7, los residuos ajustados de Haberman. Nótese que las Tablas 5-7 son análogas a las Tablas 2-4.

FMI II \ AM	Nota < 2.5	$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	$7.5 \leq \text{Nota}$	Total
Nota < 2.5	19	1	0	0	20
$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	30	4	0	0	34
$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	48	26	19	1	94
$7.5 \leq \text{Nota}$	0	2	3	0	5
Total	97	33	22	1	153

Tabla 5: Frecuencias observadas para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM (cuatro clases), cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante el mismo curso.

FMI II \ AM	Nota < 2.5	$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	$7.5 \leq \text{Nota}$	Total
Nota < 2.5	12.68	4.31	2.88	0.13	20
$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	21.56	7.33	4.89	0.22	34
$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	59.59	20.27	13.52	0.61	94
$7.5 \leq \text{Nota}$	3.17	1.08	0.72	0.03	5
Total	97	33	22	1	153

Tabla 6: Frecuencias esperadas para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM (cuatro clases), cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante el mismo curso, en el supuesto de independencia (no asociación).

FMI II \ AM	Nota < 2.5	$2.5 \leq \text{Nota} < 5$	$5 \leq \text{Nota} < 7.5$	$7.5 \leq \text{Nota}$
Nota < 2.5	5.58	-2.34	-2.28	-0.42

2.5 ≤ Nota < 5	6.39	-2.02	-3.32	-0.61
5 ≤ Nota < 7.5	-10.64	4.2	4.52	1.28
7.5 ≤ Nota	-5.03	1.17	3.25	-0.19

Tabla 4: Residuos ajustados de Haberman para la tabla de contingencia formada por las variables nota FMI II y nota AM, cuando ambas asignaturas han sido cursadas durante el mismo curso.

Al igual que antes, para estudiar la relación entre las notas de FMI II y AM aplicamos un contraste de hipótesis tomando como hipótesis nula que ambas variables son independientes. En este caso, el estadístico X^2 toma un valor de 36.20, mientras que el valor de la distribución χ^2 con 9 grados de libertad a un nivel de significación de 0.05 sigue siendo de 16.92. Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula, es decir, las notas de FMI II y AM no son independientes. Es significativo que el valor de X^2 sea muy inferior al caso en el que las asignaturas se cursan en cursos consecutivos. Esto vendría a decir que, aunque existe relación entre las notas de ambas asignaturas cuando se cursan en el mismo año, ésta es más fuerte cuando se cursan en cursos consecutivos. Por otro lado, al estudiar la tablas de los residuos ajustados de Haberman, observamos que:

- Las notas de FMI II y AM tienen una correlación lineal, de forma que los alumnos con notas bajas en FMI II seguirán teniendo notas bajas en AM, mientras que los alumnos con notas altas en FMI II seguramente aprueben AM, aunque sin notas muy altas.
- La notas altas en FMI II hacen que sea muy improbable suspender AM con una calificación inferior a 2.5, mientras que las notas bajas en FMI II hacen que sea muy improbable aprobar AM

De esta tabla cabe resaltar un par de datos. Por un lado, la relación más fuerte se da entre los que han aprobado FMI II con una nota inferior a 7.5 y han suspendido AM con menos de un 2.5. Por otro lado, las notas muy altas en FMI II, aunque implican aprobar AM, ya no implican hacerlo con una nota alta como cuando se estudian las dos asignaturas en cursos consecutivos.

4. CONCLUSIONES

La principal conclusión de este estudio, que ya hemos avanzado anteriormente, es que es altamente improbable que un alumno pueda aprobar AM sin haber aprobado

FMI II, es decir, sin haber obtenido las competencias de Cálculo Infinitesimal del primer curso. Se ha comprobado estadísticamente que las calificaciones en ambas asignaturas no son independientes, lo cual tiene sentido porque los conceptos y procedimientos que se estudian en primero son necesarios para adquirir las competencias de AM.

Analizando los datos en detalle, vemos que hay una relación directamente proporcional entre las calificaciones obtenidas en cada uno de los cuartiles de FMI II y AM. Además, dicha relación depende de si las asignaturas se han cursado en el mismo curso o en cursos consecutivos. Por un lado, existe una relación general directa entre las notas bajas en FMI II y en AM, y entre las altas. Por otro, esta relación general se matiza cuando las asignaturas son cursadas en el mismo año, ya que en este caso las notas de AM son en general más bajas.

La explicación de esta relación entre notas podría ser doble. En primer lugar, podría darse la explicación de que los buenos estudiantes en FMI II lo siguen siendo en AM, aunque esto no explicaría por qué la relación entre las notas cambia cuando las asignaturas se cursan el mismo año. En segundo lugar, podría entenderse que al estudiar las asignaturas en cursos consecutivos, las competencias adquiridas en primero tienen tiempo de asentarse, dando lugar a una mejor asimilación de los conceptos y procedimientos, lo cual no sucede cuando las asignaturas se cursan en el mismo curso. Piénsese que no es lo mismo comenzar el curso de AM con todo el bagaje matemático necesario dominado, que ir adquiriéndolo a la largo del curso, ya que en este último caso se podrían perder ciertas explicaciones, especialmente en los primeros temas.

Además de la citada relación directamente proporcional, existe una relación inversamente proporcional. Cuando las asignaturas se cursan en cursos consecutivos, una alta nota en FMI II hace muy improbable suspender AM, mientras que una nota baja hace muy improbable aprobar AM. En el caso de cursar las asignaturas en el mismo curso, la relación es similar, aunque reduciendo las notas de AM. De esta manera, notas altas en FMI II no hacen que sea tan improbable suspender AM, pero sí que sea muy improbable suspender con nota muy baja. De la misma forma, notas bajas en FMI II hacen que no solo sea muy improbable aprobar AM, sino que sea improbable incluso suspender por encima del 2.5. La explicación a esta relación inversa es la misma que la de la relación directa, ya que en esencia es la misma relación. En ausencia de las

competencias necesarias para cursar AM, hace que sea muy improbable que un alumno sea capaz de aprobar dicha asignatura.

Una de las conclusiones más evidentes es que habría que evitar que los alumnos que no hayan superado FMI II se matriculen en AM. Si no, se les está permitiendo adentrarse en un proyecto para el que simplemente no están cualificados para superar. Estos resultados van en consonancia con el diseño inicial del plan de estudios en el cual se consideró una cierta secuenciación en las asignaturas de Matemáticas, necesaria para adquirir las competencias de esta disciplina previstas en el mismo.

5. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Las dificultades de este análisis residen en la propia naturaleza de los datos, ya que estos no son totalmente comparables de un curso a otro. El motivo es que tanto FMI II como AM han ido adaptando y mejorando los materiales de la asignatura y los métodos de evaluación. Aún así, al haber trabajado con clases o intervalos de notas mediante el estudio de las respectivas tablas de contingencia, esta problemática se habrá mitigado, ya que es de esperar que aunque las notas de un mismo alumno podrían haber variado de un curso a otro, lo habrían hecho ligeramente.

6. PROPUESTAS DE MEJORA

En vista de los resultados de este trabajo, conviene tomar medidas en el proceso de matriculación del Grado en Ingeniería Civil. Habida cuenta de que actualmente no existen incompatibilidades entre asignaturas, más allá de las de carácter general, se debería informar al alumnado en el momento de la matrícula de que no es en absoluto recomendable que cursen AM sin tener superada FMI II. Esto podría evitar que fracasen al intentar abordar una asignatura para la que no están preparados, de forma que se evite la frustración del alumnado que se encuentra en esta situación, el coste económico derivado del aumento del precio de matrícula en segundas y terceras matrículas, el uso ineficiente de recursos por parte de la universidad y se mejore la eficiencia en AM. Este último aspecto sería interesante con vistas a futuras evaluaciones del grado, es más, un cálculo objetivo de la eficiencia del título debería considerar aspectos como los abordados en este trabajo.

7. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

Aunque los resultados son bastantes concluyentes, podría ser interesante actualizar el análisis cada cierto tiempo, especialmente cuando se introduzca alguna variación importante en alguna de las asignaturas implicadas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Escapa, A., García Castaño, F., García García, D., Soler Escrivá, R. y Navarro Llinares, J. F. Investigación en el aprendizaje del Cálculo Infinitesimal: la influencia de los conocimientos previos en el rendimiento del alumnado. *Investigaciones colaborativas en el ámbito universitario: propuestas para el cambio* (ISBN 978-84-692-0119-0). Vicerrectorado de Planificación Estratégica y Calidad. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante, 2009
- Haberman, S. J. The analysis of residuals in cross-classified tables. *Biometrics*, núm. 29, pp. 205-220, 1973
- Ivorra, S., Bañón, L., Saval, J. M., Escapa, A., Ortuño, A. y Serrano, M. Red de desarrollo y diseño curricular en la futura titulación de Graduado en Ingeniería Civil. *Propuestas de diseño, desarrollo e innovación curriculares y metodología en el EEES* (ISBN 978-84-268-1483-8). Vicerrectorado de Planificación Estratégica y Calidad. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante, 2009
- Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero. Boletín Oficial del Estado, 18 de febrero de 2009, núm. 42, p. 17166-17170
- Sánchez Carrión, J. J. *Análisis de Tablas de Contingencia*. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, 1989
- Upton, G. J. G.. *The Analysis of Cross-tabulated Data*. Chichester, John Wiley & Sons, 1978