

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE
HALCONES

Memoria Final

Daniel Hernández Ruipérez

Daniel Hernández Serrano

Ana Cristina López Martín

Darío Sánchez Gómez

27 de mayo de 2009

Índice general

0.1. Breve introducción	3
I Metodologías Docentes	5
1. Modalidades de organización de la actividad docente	7
1.1. Escenarios de la actividad docente	7
1.2. Puntos débiles y fuertes	9
1.2.1. Puntos fuertes	9
1.2.2. Puntos débiles	10
1.3. Material relacionado	10
2. Análisis sobre los métodos de enseñanza utilizados	13
2.1. Procedimientos y recursos	13
2.2. Puntos débiles y fuertes	16
2.2.1. Puntos fuertes	16
2.2.2. Puntos débiles	16
2.3. Material didáctico	17
3. Sistemas de evaluación	19
3.1. Puntos fuertes y débiles de los protocolos de evaluación	21

3.1.1. Puntos fuertes	21
3.1.2. Puntos débiles	21
3.2. Material didáctico	21
II Planificación Docente	23
4. Plan Docente	25
4.1. Modelo de plan docente	25
4.2. Material didáctico	34
A. Anexos	35
A.1. Página inicial del curso en Studium	35
A.2. Resultados de uno de los test de autocontrol y progreso	39
A.3. Modelo de test de autocontrol en Studium	43
A.4. Notas de un tema del curso (Descomposición primaria)	49
A.5. Modelo de una hoja de problemas	63
A.6. Modelo de entrega de problemas	67
A.7. Documento de asignación de trabajos teóricos en el curso 2008/2009	71
A.8. Modelo de examen teórico-práctico	83

0.1. Breve introducción

El proyecto HALCONES, *Herramientas de adaptación de la docencia de la materia “Álgebra Conmutativa” a las metodologías de aprendizaje por competencias, de acuerdo a la ordenación del Espacio Europeo de Educación Superior, en el nuevo Grado de Matemáticas*, se ha desarrollado con normalidad, y ha ayudado al equipo docente directamente implicado en la actual asignatura de “Álgebra Conmutativa” de 3º curso de la Licenciatura en Matemáticas, a mejorar, tanto el desarrollo de la misma como a proponer propuestas de cambio de la programación para este curso y a poder efectuar una programación docente ajustada y precisa de la asignatura de “Álgebra Conmutativa y Computacional” del nuevo Grado de Matemáticas, de forma que se definan mejor y de manera mas realista contenidos, competencias y habilidades, así como que garanticen la consecución de las mismas. Los miembros mas jóvenes del equipo, además de contribuir a la producción de parte del material didáctico, han ayudado en las valoraciones de los indicios obtenidos de conversaciones con los estudiantes y de las encuestas, aprovechando para ello su mayor cercanía a los estudiantes por razones de edad y experiencia vital.

El proyecto se puede considerar cumplido en su casi totalidad, con la excepción de la última parte de resultados que se esperaban, a saber, la materialización del Portafolio docente del equipo de trabajo en relación con la materia de “Álgebra Conmutativa” del nuevo Grado. Aunque con parte del material aportado se podría haber escrito un documento de portafolio, éste se hubiera referido casi exclusivamente a la asignatura de la actual Licenciatura, que se impartirá tan solo un curso mas. Hemos preferido, porque creemos necesario disponer de nuevas experiencias y reflexiones, esperar todavía un curso antes de producir un portafolio que tenga plena validez para el nuevo Grado, habiendo aspectos, sobre todo de la parte de Álgebra Computacional, que necesitan todavía de ulterior reflexión y contraste.

Parte I

Metodologías Docentes

Capítulo 1

Modalidades de organización de la actividad docente

1.1. Escenarios de la actividad docente

Las modalidades de organización docente que actualmente se utilizan en la asignatura de Álgebra Conmutativa de 3º curso de la Licenciatura en Matemáticas consisten en la coexistencia de clases magistrales y exposiciones de los alumnos para las clases teóricas, y en cuanto a las clases prácticas, de una combinación de clases, resolución de problemas y ejercicios en sesiones de tutoría activa y entrega de hojas de ejercicios resueltos por los alumnos.

Hay que resaltar que, a pesar de su nombre, las clases magistrales son en esta asignatura, como en otras de Matemáticas, de carácter bastante interactivo, por cuanto los alumnos ven como se desarrolla la materia “en directo”, y las sucesivas etapas del razonamiento y la creatividad aparecen ante sus ojos de forma muy viva. Por otra parte, al estar basada toda construcción matemática en conocimientos y competencias previamente adquiridas, son continuas las preguntas en clase sobre dichos conocimientos y competencias, para aplicarlos al tema que se está desarrollando, lo que fomenta la participación activa y suscita cuestiones por parte de los estudiantes.

Los estudiantes han presentado en clase temas que les han sido asignados con tiempo suficiente. Cada alumno ha dispuesto de unos 20 minutos para hacer su exposición, que ha sido corregida al terminar por el profesor en los aspectos que se hayan estimado necesario.

Las tutorías activas se han desarrollado bajo la forma de presentar en clase a los alumnos (divididos en dos grupos) problemas y cuestiones que deben resolver en el propio aula. La presencia del profesor tutor sirve para que los alumnos le pregunten dudas y dificultades que encuentran al resolver por sí mismos los problemas planteados, y nunca para que el profesor tutor explique problemas o cuestiones nuevos. Estas tutorías activas, que en el nuevo grado pueden tomar otras formas, se plantean hasta el momento como parte del tiempo de trabajo y estudio de los estudiantes, y no como actividades presenciales. Tienen, en consecuencia, hasta el momento, carácter voluntario para los alumnos.

Se han desarrollado experiencias de enseñanza virtual a través de la plataforma Studium. La plataforma se ha empleado fundamentalmente como canal de comunicación con los alumnos y una forma cómoda de poner a disposición de los alumnos de material docente tal y como se describirá en el Capítulo de Métodos de enseñanza. Desde el punto de vista de los escenarios docentes, el principal uso de la plataforma ha consistido en poner a disposición de los alumnos dos test interactivos, que no se han utilizado como sistemas de evaluación, sino como mecanismos de control por parte de los propios alumnos de su grado de comprensión de la asignatura. El éxito ha sido razonable, pues muchos de los alumnos han realizado los tests varias veces, lo que ha permitido a los alumnos mejorar y los profesores apreciar el grado de progreso de los alumnos. Hay que significar que las preguntas de los tests cambian cada vez que se llevan a cabo.

La asignatura tiene 7.5 créditos y la distribución de los diferentes escenarios docentes ha sido la siguiente:

DISTRIBUCIÓN DE HORAS			
ACTIVIDAD	PRESENCIALES	TRABAJO ALUMNO	TOTAL
Clases de Teoría	32	40	–
Clases de Problemas	28	34	–
Tutorías activas (en dos grupos)	–	14	–
Exposiciones	11	–	–
Preparación Trabajos y Exposiciones	–	11	–
Examen	4	20	–
TOTAL	75	119	194

La horas de trabajo de alumno son estimadas con la excepción de las de tutorías activas. La estimación se ha hecho en función de encuestas realizadas durante los cursos 2006-2007 y 2007-2008 (este curso no se han hecho esas encuestas) y reflejan, mas que el tiempo real destinado por los alumnos al estudio, el que ellos mismos han estimado que sería necesario. El tiempo real empleado en algunos temas se ha escrito (como notas ocultas) en el curso de la plataforma Studium para ayudar a la programación de próximos cursos.

1.2. Puntos débiles y fuertes

1.2.1. Puntos fuertes

- Clases de teoría y problemas interactivas.
- Uso ágil de la plataforma studium, con respuestas personales a las consultas efectuadas por los alumnos mediante correo electrónico.
- Ayuda casi personalizada al alumno mediante las sesiones de tutorías activas.
- Fomento de capacidades transversales de exposición y transmisión de conocimientos mediante exposiciones orales por parte de los alumnos.

1.2.2. Puntos débiles

- Uso limitado de las posibilidades de la plataforma studium.
- Pequeño número de tests de autocontrol ofrecidos a los alumnos en la plataforma studium.
- Sistema tradicional de enseñanza, que aunque sea muy válido, deja fuera posibilidades de las nuevas tecnologías.

1.3. Material relacionado

Presentamos los siguientes documentos:

1. Página inicial del curso en Studium (Anexo 1).
2. Resultados de uno de los test de autocontrol y progreso (Anexo 2).
3. Modelo de otro de los test de autocontrol en Studium (Anexo 3).
4. Encuesta a los alumnos del curso 2007/2008 (Figura 1.1).

Tema	Act. Presenciales				Estudio	Act. No presenciales		Carga	Val.personal (*)
	Cl. Teor	Cl. Prat	Tutorías	Otras		Realización/Exposición trabajos orales	Seminarios/Tutoríasactivas		
1- Espec	4,00	5,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00	8,00	
	4,00	5,00	0,00	0,00	2,00	6,00	3,00	10,00	
	4,00	3,00	0,00	0,00	6,00	3,00	1,00	10,00	
	4,00	5,00	0,00	0,00	4,00	0,00	2,00	6,00	
	3,50	4,00	0,00	0,00	6,00	0,00	2,00	10,00	
	3,90	4,40	0,00	0,00	3,80	2,20	2,00	8,80	
2- Localizac	6,00	4,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00	8,00	
	6,00	5,00	0,00	0,00	2,00	5,00	2,50	10,00	
	5,00	3,00	0,00	0,00	6,00	3,00	2,00	10,00	
	8,00	6,00	0,00	0,00	6,00	3,00	2,00	8,00	
	3,50	3,50	0,00	0,00	6,00	0,00	2,00	10,00	
	5,70	4,30	0,00	0,00	4,20	2,60	2,10	9,20	
3- Geom Mod	8,00	4,00	0,00	0,00	2,00	3,00	1,50	14,00	
	3,00	3,00	0,00	0,00	1,00	4,00	1,00	10,00	
	3,00	2,00	0,00	0,00	5,00	3,00	2,00	9,00	
	7,00	5,00	0,00	0,00	8,00	3,00	2,00	9,00	
	5,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,50	10,00	
	5,20	3,60	0,00	0,00	4,00	2,60	1,60	10,40	
4- Proy. Iny.	2,00	5,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	6,00	
	4,00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	6,00	
	2,00	3,00	0,00	0,00	4,00	4,00	0,00	6,00	
	4,00	3,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	9,00	
	3,00	3,25	0,00	0,00	4,50	1,00	0,00	6,75	
5- Cond.finitur	5,00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	2,00	7,00	
	4,00	1,50	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	6,00	
	5,00	2,00	0,00	0,00	4,00	0,00	2,00	7,00	
	4,00	4,00	0,00	0,00	10,00	0,00	2,00	10,00	
	4,50	2,38	0,00	0,00	4,75	0,00	2,00	7,50	
6- Diferenc.	3,00	1,00	0,00	0,00	4,00	1,00	1,00	6,00	
	3,50	2,00	0,00	0,00	3,00	4,00	1,00	6,00	
	5,00	2,00	0,00	0,00	8,00	1,00	1,00	8,00	
	3,00	1,00	0,00	0,00	4,00	2,00	1,00	4,00	
	3,63	1,50	0,00	0,00	4,75	2,00	1,00	6,00	
7- Desc.Prim.	3,00	3,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	8,00	
	4,00	4,00	0,00	0,00	5,00	0,00	3,00	8,00	
	4,00	4,00	0,00	0,00	10,00	5,00	3,00	10,00	
	3,67	3,67	0,00	0,00	5,67	1,67	2,67	8,67	
	29,59	23,09	0,00	0,00	31,67	12,07	11,37	57,32	

(*) Tiempo de estudio que los alumnos estiman que sería necesario para cada actividad

Figura 1.1: Encuesta a los alumnos curso 2007/2008

Capítulo 2

Análisis sobre los métodos de enseñanza utilizados

2.1. Procedimientos y recursos

Desde el punto de vista formal, los procedimientos han sido descritos en el capítulo anterior. La mayor parte de las exposiciones se realizan en la pizarra, con continuas preguntas a los estudiantes sobre los conocimientos y competencias de otros curso a medida que van siendo necesarias para el desarrollo de la asignatura. Es un procedimiento vivo y de eficacia probada, y es el mas ampliamente difundido en todo el mundo para este tipo de materias. Parte de la materia se expone por los propios alumnos, lo que les permite comenzar a desarrollar habilidades de comunicación y a la vez les obliga a estudiar de forma profunda para poder explicar a sus compañeros los temas que exponen. En lo que se refiere a recursos, los que hay son suficientes para el desarrollo de la materia, pues además del aula se necesita tan solo la biblioteca y la posibilidad de acceso a internet para utilizar la plataforma studium en la que están disponibles materiales del curso, tests, convocatorias, calendarios, foros, etc.

Desde el punto de vista del propio desarrollo de la materia se ha observado que los cambios en el tipo de conocimientos, aptitudes y capacidades básicas con que los

alumnos afrontan el curso, son muy diferentes de los traían hace algunos años, por lo que los procedimientos docentes que tenían éxito antes, no lo tienen, o lo tienen en menor medida en la actualidad, aunque por otra parte permiten usar procedimientos para los que están mejor preparados. El carácter acumulativo de los conocimientos y también de la adquisición de competencias, de esta asignatura, como en general de las de matemáticas, hacen que si el alumno no dispone de los conocimientos y competencias que en teoría debería tener de cursos pasados o etapas anteriores de su formación, sea muy difícil para ellos adquirir los nuevos; a medida que avanza el curso, hay cada vez menos huecos para avanzar usando la técnica (que puede ser útil al principio), de intentar hacerse una idea general de lo nuevo a partir únicamente de una idea general e imprecisa de lo anterior, o de “creerse por el momento” resultados antiguos para intentar comprender los nuevos. Cada vez es necesario un mayor grado de precisión en el conocimiento de lo anterior para poder usarlo con eficacia y solvencia.

Para ir a aspectos mas concretos de este curso, la asignatura de Álgebra Conmutativa estaba, y está todavía en gran medida, orientada a explotar la interrelación entre el álgebra y la geometría, de forma que los aspectos visuales y plásticos de la intuición geométrica sirvan de guía para intuir, y en algunos casos demostrar, propiedades algebraicas abstractas, y que la precisión del álgebra permita estudiar con rigor las propiedades geométricas, mas allá de lo que, a veces de forma engañosa, nos sugiere lo que “vemos”(sea con una visión plástica o ideal).

Esta interrelación se basa, en lo que se refiere a este curso, en el estudio de los espectros de los anillos (los espacios geométricos asociadas a las estructuras algebraicas que son los anillos) y en cómo los anillos se recuperan (hasta un cierto punto) como conjuntos de operadores sobre los espectros.

En pasados años, la comprensión de este fenómeno y su aplicación al Álgebra Conmutativa, se veía beneficiado porque los alumnos conocían los aspectos mas básicos de la correspondencia anillos – espectros, a través de un modelo elemental que habían estudiado en una asignatura de 2º curso (Teoría de Galois). En el curso 2008-2009, como ya había pasado en alguna medida en cursos anteriores, nos encontramos con que una proporción elevada de los alumnos no había cursado –

no ya aprobado – Teoría de Galois, por lo que las dificultades de comprensión que tenían eran mucho mayores. Han necesitado mucho mas tiempo, que hemos tenido que dedicarles, para comprender estos aspectos de la materia y adquirir las competencias correspondientes. Hay que tener en cuenta, que sin estas competencias y conocimientos firmemente asentados, otras partes mas complejas de la asignatura les desbordan. Como consecuencia de este problema, hemos tenido que limitar mucho algunos de los aspectos de temas importantes de la asignatura; a título de ejemplo, hemos debido recortar la extensión y profundidad del tratamiento de la descomposición primaria, que está incluida en el curso porque permite comprender como son las variedades algebraicas que se obtienen como intersección de otras, y que es un problema de precisión local en el que la pura intuición geométrica puede conducir a errores. Hemos tenido que limitar asimismo el estudio diferencial de las álgebras y de las variedades, y en una gran medida, hemos renunciado a desarrollar la teoría de la dimensión de los anillos conmutativos, que se ha quedado reducida a una exposición esquelética de las definiciones y resultados principales, sin ninguna demostración.

La detección de estos problemas y la consecuente reflexión sobre ellos, nos ha hecho modificar los procedimientos de desarrollo de la asignatura, determinando no solo lo que se considera esencial para adquirir los conocimientos y competencias contemplados en la guía docente, sino también para modificar éstos últimos, adaptándolos mas a la situación real de los alumnos. Como consecuencia, se ha modificado el modo de abordar casi todos los temas de la materia.

Por otra parte, puesto que en el nuevo Grado de Matemáticas los alumnos deberán afrontar la asignatura de Álgebra Conmutativa y Computacional a partir de conocimientos y competencias de Álgebra mas limitados que los teóricos actuales, este proyecto de innovación nos ha sido de gran utilidad para diseñar de forma mucho mas ajustada la asignatura, por cuanto la situación actual en cuanto a los conocimientos y competencias previas de los alumnos se verá modificada a la baja. Hay que decir, que esta modificación a la baja es buena, porque de hecho el análisis actual prueba las disfuncionalidades de la programación actual, que creemos se pueden corregir con éxito en el nuevo Grado.

2.2. Puntos débiles y fuertes

2.2.1. Puntos fuertes

- Se complementan las exposiciones en clases con exposiciones de los propios alumnos.
- Se complementan también con un uso intenso de la plataforma Studium.
- Reacción rápida a la situación de los alumnos para modificar los tiempos de exposición y asimilación previstas.
- Modificación flexible de los contenidos y competencias en función de la situación previa de los alumnos.
- Recursos suficientes para el desarrollo de la asignatura.

2.2.2. Puntos débiles

- Reacciones adversas de algunos estudiantes sobre el hecho de que parte de la materia sea explicada por compañeros. Influencia negativa de este sistema en algunos estudiantes.
- Programación desajustada con la realidad que hace que no se hayan alcanzado algunos de los objetivos y de las competencias previstos.
- Algunos de los contenidos y competencias son de tipo demasiado abstracto.
- Dificultad para recuperar a los alumnos cuando pierden el interés.

2.3. Material didáctico

Además de los libros recomendados, y de aquellos cuya lectura se recomienda específicamente para algunos de los trabajos que tienen que defender los alumnos (ver Anexo A.7), se ponen a disposición de los alumnos en la plataforma Studium notas completamente desarrolladas de los diversos temas, así como hojas de problemas. Estas notas se presentan en formato pdf, dado que por la gran cantidad de fórmulas y diagramas que contienen, deben ser escritas usando procesadores matemáticos (Latex). Se presentan como ejemplo las notas correspondientes a uno de los temas (ver Anexo A.4). Se presentan además algunas hojas de problemas (Anexo A.5).

Capítulo 3

Sistemas de evaluación

La evaluación de la materia ha tenido dos partes. La parte teórica contabilizaba un 40 % y la parte práctica un 60 % de la nota final. En los últimos años los profesores que han impartido la materia han hecho un esfuerzo especial con el fin de cambiar el sistema de evaluación tradicional, donde únicamente se tenía en cuenta la nota obtenida por el alumno en el examen final, por un sistema de evaluación continua que incorporase más métodos de evaluación.

En este curso académico se establecieron los siguientes protocolos de evaluación de la materia:

- Realización y exposición oral de trabajos teóricos personalizados. Su peso ha sido de un 15 % de la parte teórica. La experiencia de los profesores, tanto en esta y como en otras materias que han tenido plan piloto en el Departamento de Matemáticas, había detectado varios puntos negativos en la asignación de trabajos en grupos. Es por ello que en esta ocasión los trabajos han sido individuales. En cada uno de los trabajos se ha indicado el material de consulta necesario (véase Anexo A.7), además el alumno ha contado con las indicaciones precisas por parte del docente así como con la ayuda necesaria que se le ha ofrecido por medio de las tutorías. Los trabajos se han entregado por escrito al profesor y con posterioridad el alumno ha hecho una exposición oral de 30 minutos en el día que se ha señalado. En las exposiciones orales han estado

presentes el resto de estudiantes y el profesor quien al finalizar ha realizado las oportunas aclaraciones. La materia de estos trabajos no ha sido eliminatoria. De esta forma se ha evitado el absentismo del resto de la clase a las exposiciones de sus compañeros, hecho detectado también mediante experiencias anteriores.

- Entregas periódicas de hojas de prácticas (véase Anexo A.6). Su peso ha sido de un a 25 % de la parte práctica. Una vez al mes el profesor ha propuesto una hoja de prácticas con 3 o 4 ejercicios que debía ser entregada por escrito. El estudiante disponía de 10 días para su resolución y con la ayuda del profesor para resolver sus dudas en horario de tutorías. Tras la corrección, el profesorado, si así lo ha estimado oportuno, ha llamado al estudiante para cualquier aclaración sobre el trabajo realizado. Las entregas han permitido corregir errores que antes sólo eran detectables en el examen. El objetivo de este protocolo, más que el de evaluar (su peso no ha sido excesivo en la evaluación final), ha sido que el estudiante conociese su evolución en el aprendizaje y adquisición de competencias. La realización conjunta de los ejercicios ha hecho que la nota de algunos alumnos en estas entregas fuese irreal ya que algunos de ellos simplemente copiaban de sus compañeros. Por eso se ha pensado que además de estos ejercicios, en futuras ocasiones sería muy conveniente la realización de este tipo de ejercicios de forma presencial. De esta manera, se estima oportuno que durante próximo curso algunas de estas entregas se realicen en el aula, es decir, se propondrán algunos ejercicios previstos en la programación docente y los estudiantes tendrán que resolverlos en uno de los seminarios en presencia del profesor.
- Realización de un examen de tipo teórico-práctico (véase Anexo A.8). Su objetivo ha sido el evaluar la adquisición de competencias y los resultados de aprendizaje de cada alumno. El examen se ha realizado en la fecha establecida en la programación docente y su duración aproximada ha sido de 4 horas.

3.1. Puntos fuertes y débiles de los protocolos de evaluación

3.1.1. Puntos fuertes

- La realización de trabajos personalizados, y no en grupo, evita que sólo unos pocos alumnos realicen todo el trabajo.
- El carácter no eliminatorio de la materia de los trabajos teóricos acaba con el absentismo en las exposiciones orales.
- La realización de los problemas de las entregas ayuda al alumno a seguir un ritmo de trabajo más constante.

3.1.2. Puntos débiles

- Las entregas de hojas de prácticas no deben tomarse como un protocolo de evaluación si no más bien como protocolo para medir la evolución del estudiante. Su realización como actividades de carácter no presencial dificulta conocer hasta qué punto el alumno ha adquirido las competencias.
- El protocolo de exposiciones orales como sistema de evaluación resulta menos objetivo que el examen tradicional.
- El carácter no eliminatorio de la materia de los trabajos teóricos hace que los alumnos más trabajadores tenga una parte “extra”de trabajo cuando sus compañeros no realizar los trabajos de forma adecuada.

3.2. Material didáctico

Presentamos los siguiente documentos:

- Documento de asignación de trabajos teóricos en el curso 2008/2009 (Anexo A.7).
- Modelo de hojas de prácticas (Anexo A.6).
- Modelo de examen teórico-práctico (Anexo A.8).

Parte II

Planificación Docente

Capítulo 4

Plan Docente

4.1. Modelo de plan docente

La reciente implantación de los estudios de Grado en Matemáticas ha llevado al profesorado participante en este proyecto a la modificación del modelo docente de la asignatura de Álgebra Conmutativa que actualmente se imparte en la Licenciatura de Matemáticas. Siguiendo la nueva estructura del Espacio Europeo de Educación Superior, se ha diseñado un modelo de plan docente para la materia “Álgebra Conmutativa y Computacional” del nuevo título de Grado en Matemáticas. El modelo, que recoge la adaptación de la docencia a las nuevas metodologías de aprendizaje por competencias, es el que a continuación se detalla:

Objetivos:

La asignatura tiene cuatro objetivos fundamentales:

1. Proporcionar al alumno conocimientos básicos y técnicas de uso de anillos conmutativos y módulos sobre ellos, que se utilizan en otras materias, como la Topología algebraica, la Geometría Diferencial y el Análisis. En Geometría diferencial y Análisis se consideran anillos de funciones (continuas, diferenciales, holomorfas) y módulos sobre ellas (campos, formas, tensores, secciones de fibrados) y la familiaridad de uso del Álgebra Conmutativa es un importan-

te elemento para su comprensión, en un grado que depende de las materias y de su particular presentación al alumno.

2. Establecer las bases para el estudio de la Geometría Algebraica, de la que el Álgebra Conmutativa es uno de los lenguajes básicos. El alumno deberá comprender como la Geometría de las variedades algebraicas afines es equivalente al Álgebra Conmutativa.
3. Aprender a deducir propiedades algebraicas de anillos y módulos a partir de propiedades geométricas.
4. Proporcionar al alumno las herramientas modernas del Álgebra Computacional que le permitan conocer los aspectos computacionales de los conceptos introducidos a lo largo del curso y sus aplicaciones.

Organización y secuenciación de los contenidos

El programa de la asignatura se presenta dividido en temas. Cada tema está subdividido en secciones cada una de las cuales correspondería a una hora de clase teórica. Resulta así la siguiente organización de los contenidos:

TEMA 1: Complementos teoría de módulos

1. Sucesiones exactas de módulos: Lema de la Serpiente.
2. Producto tensorial de módulos: definición de producto tensorial, propiedad universal, ejemplos, álgebras, características del producto tensorial de álgebras.
3. Exactitud del producto tensorial: módulos planos y fielmente planos, definiciones y ejemplos.

TEMA 2: Localización

1. Anillos y módulos de fracciones: definiciones y ejemplos, morfismo de localización.

2. Propiedades de la localización: exactitud, platitud y preservación de las condiciones de finitud de un módulo.
3. Propiedades locales de los módulos: anulación y exactitud. Lema de Nakayama.

TEMA 3: Espectro de un anillo.

1. Espectro de un anillo: definición, la topología de Zariski, correspondencia entre ideales y cerrados y dimensión combinatoria. Ejemplos.
2. Variedades algebraicas: definición de espacio afín y de variedad algebraica afín. Ejemplos.
3. Propiedades del espectro de un anillo: abiertos básicos, compacidad, puntos cerrados y maximales.
4. Aplicación continua inducida por un morfismo de anillos.
5. Espectro del cociente por un ideal: Variedades irreducibles vs ideales primos.
6. Espectro de la localización por un sistema multiplicativo: interpretación geométrica de la localización.
7. Cómputo de las fibras: fórmula de la fibra.

TEMA 4: Algoritmos de división.

1. Consecuencias computacionales del algoritmo de Euclides. Un algoritmo de división multivariado: órdenes monomiales, término inicial de un polinomio, el algoritmo.

TEMA 5: Módulos noetherianos.

1. Teoría de la longitud: módulos simples, serie de composición, aditividad de la longitud, longitud y dimensión.

2. Módulos noetherianos y artinianos: definiciones, caracterizaciones y ejemplos
3. Noetherianidad de los anillos de polinomios: teorema de la base de Hilbert.
4. Consecuencias del teorema de la base de Hilbert: definición de bases de Gröbner, unicidad del resto, pertenencia de un elemento a un ideal.

TEMA 6: Bases de Gröbner.

1. Caracterización de bases de Gröbner por los S -polinomios: definición de S -polinomio asociado a un par de polinomios, la S -caracterización.
2. Construcción de bases de Gröbner: Algoritmo de Buchberger.
3. Algoritmos de implícitación, pertenencia al radical de un ideal y cálculo de intersección de ideales.

TEMA 7: Diferenciales y Derivaciones.

1. Derivaciones I: definición, ejemplos, módulo de las derivaciones.
2. Derivaciones II: sucesiones exactas de derivaciones, espacio tangente de Zariski.
3. Diferenciales: definición de diferencial, módulo de diferenciales relativas a un morfismo de anillos, propiedades universal, sucesiones exactas de diferenciales.

TEMA 8: Descomposición primaria.

1. Ideales primarios: definición, ejemplos, propiedades, definición de descomposición primaria.
2. Descomposición de una variedad en componentes irreducibles.
3. Existencia de descomposición primaria en anillos noetherianos.

4. Discusión sobre unicidad: enunciados del primer y segundo teorema de unicidad. Aspectos computacionales de la descomposición primaria.

Como todas las asignaturas del nuevo título, Álgebra Conmutativa y Computacional es una materia computada en créditos ECTS. Los 6 créditos ECTS que tiene asignados la asignatura, según la Memoria de Enseñanza de Grado en Matemáticas de la Universidad de Salamanca (disponible en la web de la Facultad de Ciencias), suponen 3 horas de clases semanales (que incluyen clases de teoría y problemas). Su distribución entre clases teorías y clases de problemas podría variar en función de los temas a desarrollar, aunque la tónica general sería de 2 horas de teoría y una de práctica a la semana. El desglose por temas muestra que de las 45 horas de clase semestrales 28 serían horas de clase de teoría, 2 horas para la realización de los test y 15 de clase práctica. Se dispone también de una hora semanal de seminarios tutelados. De estas 15 horas de seminarios, se estima que 10 sean dedicadas a sesiones participativas (que incluirán prácticas con Mathematica para practicar la parte de Álgebra Computacional) y 5 a exposiciones de trabajos. Si se desea que el alumno exponga 30 minutos, ello daría lugar a cubrir exposiciones orales de unos 10 alumnos. El cuadro con la distribución temporal para el desarrollo de estos temas sería pues el siguiente:

DISTRIBUCIÓN DE HORAS			
ACTIVIDAD	PRESENCIALES	TRABAJO ALUMNO	TOTAL
Clases de Teoría	28	28	–
Clases de Problemas	15	15	–
Sesiones Participativas	6	10	–
Exposiciones	9	2	–
Tutorías	2	–	–
Preparación Trabajos	–	12	–
Examen	3	18	–
Controles/Test	2	–	
TOTAL	65	85	150

Competencias

Junto con otras materias, los estudiantes adquirirán las competencias generales CB-1, CB-2, CB-3, CG-1, CE-1, CE-2, CE-3, CE-4, CE-5 y CE-6 del Título de Grado en Matemáticas (estas competencias pueden consultarse en la Memoria de Enseñanzas de Grado en Matemáticas de la Universidad de Salamanca). Las competencias específicas de la asignatura son:

1. Operar con el producto tensorial y la localización de módulos en ejemplos concretos.
2. Calcular espectros de anillos cocientes de los anillos de polinomios y reconocerlos como variedades algebraicas afines.
3. Reconocer anillos diferentes con el mismo espectro y morfismos algebraicos entre variedades afines.
4. Calcular espectros de anillos utilizando la fórmula de la fibra de un morfismo entre espectro.
5. Manejar el algoritmo de división en $k[x_1, \dots, x_n]$ en algún programa computacional.
6. Comprender el significado de la noetherianidad de un anillo (todos sus ideales son finitamente generados) y aplicarlo a las ecuaciones de las variedades afines.
7. Saber comprobar cuando un polinomio en varias variables pertenece a un ideal.
8. Computar y operar con bases de Gröbner de ideales con la ayuda de sistemas de álgebra computacional. Saber la utilidad de las bases de Gröbner en los problemas algebro-geométricos y manejar los algoritmos (implicitación, intersección de ideales, etc.) que éstas proporcionan.
9. Calcular derivaciones y diferenciales de anillos sencillos, particularmente anillos de curvas planas y de hipersuperficies. Calcular diferenciales relativas para morfismos sencillos de anillos.

10. Calcular las componentes irreducibles de una variedad algebraica afín y descomposiciones primarias sencillas de ideales de anillos de polinomios e interpretarlas geoméricamente.

Bibliografía

Como bibliografía básica, es decir, posibles libro de texto de la materia, se tienen los siguientes manuales:

- M. Atiyah, J. M. Macdonall, “Introducción al Álgebra Conmutativa”, Ed. Reverte (1989).
- D. Cox, J. Little, D. O’Shea, “Ideals, varieties and algorithms: An introduction to Computational Algebraic Geometry and Commutative Algebra” Third Edition. Undergraduate Texts in Mathematics, Springer, New York (2007).
- J. A. Navarro, “Álgebra Conmutativa Básica”, Manuales de la UNEX, 19.
- M. Reid, “Undergraduate Commutative Algebra”, London Mathematical Society Student Texts, 29 Cambridge University Press, Cambridge (1995).

Como bibliografía complementaria para algunos temas dispondremos también de los siguientes libros:

- N. Bourbaki, “Algebre Commutative”, Elements of Mathematics. Commutative algebra. Translated from the French. Hermann, Paris; Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass., (1972).
- D. Eisenbud, “Commutative algebra. With a view toward algebraic geometry”. Graduate Texts in Mathematics, 150. Springer-Verlag, New York, (1995).
- E. Kunz, “Introduction to commutative algebra and algebraic geometry”. Translated from the German by Michael Ackerman. With a preface by David Mumford. Birkhäuser Boston, Inc., Boston, MA, (1985).

- N. Lauritzen, “Concrete abstract algebra. From numbers to Gröbner bases”. Cambridge University Press, Cambridge, (2003).
- H. Matsumura, “Commutative algebra”. Second edition. Mathematics Lecture Note Series, 56. Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc., Reading, Mass., 1980.
- O. Zariski, P. Samuel, “Commutative Algebra”, Vol. 1. With the cooperation of I. S. Cohen. Corrected reprinting of the 1958 edition. Graduate Texts in Mathematics, No. 28. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, (1975).
- O. Zariski, P. Samuel, “Commutative Algebra”, Vol. II. Reprint of the 1960 edition. Graduate Texts in Mathematics, Vol. 29. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, (1975).

Además el alumno dispondrá del material proporcionado a través de la Plataforma Virtual Studium de la Universidad de Salamanca.

Puesto que tercer curso de la Licenciatura aún existirá el próximo año y su plan de estudios no incluye la parte de Álgebra Computacional y sí algunos contenidos más de Álgebra Conmutativa, el proyecto se aplicará en su totalidad a partir del curso académico 2010/2011. Y únicamente para el próximo año nos veremos obligados ha realizar las siguientes modificaciones al modelo anterior:

- En primer lugar, la asignatura de la Licenciatura no incluirá el objetivo 4.
- Se eliminarán del temario los temas 4 y 6 del modelo anterior. Por contra, el programa de la asignatura “Álgebra Conmutativa”se completará el próximo curso con los siguientes dos temas:

TEMA 9: Filtraciones y Completaciones.

1. Topologías α -ádicas en anillos noetherianos: Sistemas proyectivos. Definición de filtración y filtración α -estable de un módulo. Topología sobre un módulo asociada a una filtración. Completaciones α -ádicas: definiciones topológica y algebraica.

2. Lema de Krull. Dilatado y graduado de un anillo por un ideal y de un módulo por una filtración. Lema de Artin-Rees.
3. Exactitud de la completación. Platitud y fielplatitud de la completación.
4. Noetherianidad de la completación.
5. Teorema de la función inversa

TEMA 10: Teoría de la dimensión.

1. Dimensión de Krull de un anillo: definición, caracterización de la dimensión como el supremo de las alturas de los ideales primos, teorema de Krull.
 2. Función de Hilbert y funciones de Samuel de un módulo: definiciones y demostración de que ambas son polinomios racionales.
 3. Polinomio de Samuel de un anillo local respecto de un ideal primario. Invariancia del grado con respecto al ideal primario.
 4. Variación del grado del polinomio de Samuel al hacer cociente por un elemento del anillo no divisor del cero.
 5. Sistema mínimo de parámetros de un anillo local noetheriano. Teorema de la dimensión.
 6. Consecuencias del teorema de la dimensión: igualdad de dimensión entre un anillo y su completado, dimensión del espacio afín, finitud de la dimensión de las variedades algebraicas afines.
- Las competencias específicas de la asignatura de la Licenciatura para el próximo curso no recogerán la número 5 y la número 8.
 - La materia de la Licenciatura no está computada en créditos ECTS sino que tiene asignados 7.5 créditos. Ello supone 75 horas de clase presenciales. Señalar asimismo que además de las 75 horas de clases y, tal y como se ha venido haciendo en el último curso en el que se llevó a cabo el plan piloto, se imparten tutorías activas que son de carácter voluntario y en las que los alumnos están

divididos en dos grupos. El cuadro de distribución temporal sería pues el mismo que se recoge en la Sección 1.1 de esta memoria.

4.2. Material didáctico

Presentamos los siguientes documentos:

- Notas de teoría de uno de los temas de la materia. Estas notas se le hacen llegar al alumno a través de la plataforma Studium. Se dispone de material didáctico de la asignatura.
- Modelo de listado de problemas de uno de los temas.
- Ejemplos resueltos detalladamente por el profesor de modelos de problemas mediante los que el alumno adquiere las competencias específicas de la asignatura.

Apéndice A

Anexos

A.1. Página inicial del curso en Studium

A.2. Resultados de uno de los test de autocontrol y progreso

A.3. Modelo de test de autocontrol en Studium

A.4. Notas de un tema del curso (Descomposición primaria)

A.5. Modelo de una hoja de problemas

A.6. Modelo de entrega de problemas

A.7. Documento de asignación de trabajos teóricos en el curso 2008/2009

A.8. Modelo de examen teórico-práctico

