

# METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA ASIGNATURA DE MECÁNICA, RESULTADOS DE TRES AÑOS DE EXPERIENCIA

## ACTIVE METHODOLOGIES APPLIED TO THE SUBJECT OF MECHANICS, OUTCOME AFTER A THREE-YEAR EXPERIENCE

C. Fernández<sup>1</sup>, J.B. Ramiro<sup>1</sup>, A. Alcázar<sup>1</sup>, L. Hernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Aerotecnia

Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica

Plaza del Cardenal Cisneros, s/n. 28040 Madrid. España

Teléfono: 913367488, fax: 913367511

e-mail: {consuelo.fernandez, j.ramiro, a.alcazar, laura.hernando}@upm.es

**Palabras Clave :** Aprendizaje cooperativo, evaluación continua, ECTS

**Resumen:** La asignatura de Mecánica I forma parte de las experiencias piloto de curso completo que la EUIT Aeronáutica viene desarrollando desde 2005 con el fin de adaptar sus enseñanzas al EEES. En todos los casos, la experiencia se ha dirigido a un colectivo de alumnos de nuevo ingreso (Grupo Piloto), pero con tamaños de grupo y notas de corte muy diferentes. La Mecánica es una asignatura troncal de primer curso que se imparte durante el segundo semestre y, desde 2006, también se ofrece durante el primer semestre con la nueva metodología a un grupo de alumnos repetidores en la modalidad de Docencia Complementaria. En este trabajo se presenta, mediante una revisión histórica, la nueva metodología basada en el aprendizaje cooperativo, la evaluación continua y la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Se muestran los resultados académicos obtenidos por los alumnos del Grupo Piloto comparados mediante los indicadores ANECA con los obtenidos por el Grupo de Control constituido por los alumnos de nuevo ingreso de las mismas carreras, y los resultados alcanzados por el grupo de Docencia Complementaria. También se expone la valoración cualitativa de los alumnos de disponer de objetos digitales de aprendizaje.

**Keywords:** Cooperative learning, continuous assessment, ECTS.

**Abstract:** The subject Mechanics I form part of the pilot experience within a whole course that EUIT Aeronáutica has been carrying on since 2005 in order to adapt it to teaching to the European Higher Education Area (EHEA). In all cases, the experience has been addressed to a new group of students (Pilot Group), but with different number of student and uneven grade access. Mechanics I is a compulsory subject taught in the first year during the second semester, and since 2006, it has been also offered to a group of students who had to take this subject again, as a Complementary Teaching modality. By means of historic review, the new methodology is presented in this paper, based on the cooperative learning, the continuous

assessment and the implementation of the Information Technology (IT). The academic results obtained by students belonging to the Pilot Group are shown compared with those obtained by the control group made up of new students from the same degree, and also the results reached by the Complementary Teaching group. To do these comparisons ANECA indexes have been used. A qualitative assessment has also been included regarding the learning digital devices available to the students.

### **Objetivos:**

Introducir nuevas metodologías activas que permitan adaptar la asignatura de Mecánica al Espacio Europeo de Educación Superior de manera eficiente y satisfactoria para los estudiantes

Medir la influencia de la nueva metodología en el rendimiento académico de los alumnos.

Conocer la valoración que hacen los estudiantes de la metodología aplicada.

### **1.Introducción**

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM), al igual que otras universidades, se halla inmersa en un proceso de cambio y adaptación al Espacio europeo de Educación Superior (EEES), que le ha llevado a desarrollar, dentro del Programa Institucional de Calidad, un Plan General de Calidad de Enseñanza [1] que incluye distintas acciones encaminadas a impulsar las actividades de innovación educativa que realiza su profesorado. Con ello se persigue fomentar la mejora continua de los procesos formativos que se desarrollan en la UPM y la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los métodos docentes y evaluadores. [2]

Una de estas iniciativas es la convocatoria anual de Ayudas a Proyectos de Innovación Educativa. En esta comunicación se presenta el trabajo desarrollado en la asignatura de Mecánica I por el Grupo de Innovación Educativa MECANO y que corresponde a proyectos aprobados por la UPM en las convocatorias 2005, 2006 y 2007.

El objetivo fundamental de MECANO en estos proyectos es establecer nuevas metodologías y estrategias educativas en la enseñanza de la mecánica de forma que se garantice un papel activo de los alumnos en su proceso de aprendizaje, todo ello bajo la premisa de la calidad docente. Los resultados y la valoración de la experiencia en cada curso académico han servido para introducir modificaciones en los siguientes que permitan mejorar la propuesta inicial y adaptarla a cada situación.

No se trata de una experiencia aislada ya que la asignatura de Mecánica I forma parte de las experiencias piloto de curso completo que la EUIT Aeronáutica viene desarrollando desde 2005 [3] orientadas a impartir el primer curso completo (11 asignaturas) utilizando una nueva metodología adaptada al sistema de créditos europeos (ECTS). En todos los casos se ha dirigido a un colectivo de alumnos de nuevo ingreso (Grupo Piloto) de la carrera de Ingeniero Técnico Aeronáutico, pero con tamaños de grupos y notas de corte muy diferentes.

La Mecánica I se imparte en el segundo semestre del primer curso del Plan de Estudios vigente de las Titulaciones de Ingeniero Técnico Aeronáutico en Aeronaves, en Aeromotores y en Equipos y Materiales Aeroespaciales, en la EUIT. Aeronáutica.

Desde 2006 también se ofrece durante el primer semestre un grupo de alumnos repetidores mediante docencia complementaria.

tre con la nueva metodología a un nivel elemental.

En este trabajo se presenta, mediante una revisión basada fundamentalmente en el aprendizaje cooperativo y la incorporación de las TIC [4]. También se muestran los resultados obtenidos por los alumnos del Grupo Piloto comparados con los obtenidos por el Grupo de Control constituido por los alumnos de nuevo ingreso alcanzados por los grupos de docencia complementaria. Del segundo semestre del curso académico actual (2007-2008) todavía no se dispone de los resultados académicos. Pero se presenta la valoración cualitativa de los estudiantes sobre la incorporación de dos nuevos recursos: los Objetos de Aprendizaje y las TIC.

histórica, la nueva metodología de aprendizaje cooperativo, la evaluación continua y los resultados académicos [5] con los obtenidos por el Grupo de Control de las mismas carreras y los resultados alcanzados por los grupos de docencia complementaria. Del segundo semestre del curso académico actual (2007-2008) todavía no se dispone de los resultados académicos. Pero se presenta la valoración cualitativa de los estudiantes sobre la incorporación de dos nuevos recursos: los Objetos de Aprendizaje y las TIC.

## 2. Alumnos sobre los que se realiza el estudio

El estudio se realiza sobre alumnos de primer curso en las especialidades de Aeronaves y de Equipos y Materiales los cursos 2005-2006 y 2006-2007, los alumnos de nuevas especialidades se han dividido de forma aleatoria en dos grupos: Grupo Piloto (metodología activa) y Grupo de Control (metodología tradicional). Sin embargo, durante el curso 2007-2008 el Grupo Piloto está formado por todos los alumnos de nuevo ingreso en Aeronaves.

de Ingeniería Técnica Aeronáutica y de Materiales Aeroespaciales. Durante el curso de ingreso de cada una de dichas especialidades se han dividido en dos grupos: Grupo Piloto (metodología activa) y Grupo de Control (metodología tradicional). Sin embargo, durante el curso 2007-2008 el Grupo Piloto está formado por todos los alumnos de nuevo ingreso en Aeronaves.

Dada la situación actual de masificación en las aulas de la Escuela, después de dos experiencias realizadas con grupos reducidos de alumnos, se decidió intentar implantar las nuevas metodologías en grupos de alumnos más numerosos.

de primer curso de nuestra Escuela, después de dos experiencias realizadas con grupos reducidos de alumnos, se decidió intentar implantar las nuevas metodologías en grupos de alumnos más numerosos.

En la Tabla 1 se muestra la información relativa a los alumnos. No se han incluido en los Grupos de Control las convalidaciones solicitadas, cursas y asignaturas de primer y segundo curso:

tamaño de los grupos y al perfil de estudio aquellos alumnos que, tras haber cursado asignaturas de primer y segundo curso:

**Tabla 1**. Datos relativos a los alumnos sobre los que se realiza el estudio

Curso	Especialidad	Nº de alumnos Grupo Piloto	Nº de alumnos Grupo de Control	Nota de corte	Nota de acceso media
2005-2006	Aeronaves	36	33	7,36	8,0
2006-2007	Equipos y Materiales	35	54	5,0	6,4
2007-2008	Aeronaves	96	153	7,24	7,9

También hay que señalar que durante los cursos 2005-2006 y 2006-2007 el Grupo de Control recibió la docencia conjuntamente con los alumnos repetidores, mientras que el Grupo Piloto estaba formado por alumnos de nuevo ingreso exclusivamente. Este curso 2007-2008 el Grupo de Control corresponde a los alumnos de nuevo ingreso de las especialidades de Aeromotrices y Equipos y Materiales.

-2006 y 2006-2007 el Grupo de Control recibió la docencia conjuntamente con los alumnos repetidores, mientras que el Grupo Piloto estaba formado por alumnos de nuevo ingreso exclusivamente. Este curso 2007-2008 el Grupo de Control corresponde a los alumnos de nuevo ingreso de las especialidades de Aeromotrices y Equipos y Materiales.

## 3. Metodologías aplicadas a la asignatura

La asignatura Mecánica I es una asignatura troncal

de 6 créditos. Se imparte en el

segundo semestre del primer curso del Plan de Estudios vigentes de las Titulaciones de Ingeniero Técnico Aeronáutico en Aeronaves, en Aero motores y en Equipos y Materiales Aeroespaciales, en la EUITA Aeronáutica [6].

En ella se estudia la mecánica newtoniana. Se desarrolla ampliamente toda la cinemática y la dinámica de la partícula y se introduce la dinámica de sistemas de partículas como base para la Mecánica II. En este sentido también se incluye el tema de geometría de masas, imprescindible para la dinámica del sólido, y el fenómeno del rozamiento.

Por tratarse de una asignatura de primer curso, los conocimientos previos necesarios vienen establecidos por las enseñanzas reguladas para secundaria. Sin embargo, para poder abordar con éxito la asignatura es recomendable que el alumno haya cursado la asignatura Física I correspondiente al primer semestre.

Con esta asignatura se pretende un doble objetivo general de cara a la formación del Ingeniero Técnico Aeronáutico.

- Completar sus conocimientos básicos de Mecánica para que puedan asimilar adecuadamente los contenidos de asignaturas posteriores (Mecánica II y asignaturas de especialidad).
- Considerada como fin en sí misma, permitir al alumno enfrentarse y resolver un amplio espectro de problemas en el campo de la mecánica, tanto general como aplicada, que le aparecerán en el desarrollo de su vida profesional.

### 3.1. Metodología tradicional

La *metodología tradicional* es la que se ha utilizado en el Grupo de Control y representa el modelo educativo dominante aún en la actualidad, modelo centrado en el profesorado y cuyo papel es la transferencia de los conocimientos.

Esta metodología se basa fundamentalmente en la clase magistral. Consiste en la explicación teórica de la materia en la pizarra, se guía el desarrollo de varios problemas de aplicación, también en la pizarra. Se dedica aproximadamente el mismo número de sesiones a las teorías y de problemas.

Para favorecer el seguimiento de la asignatura, se recogen varios problemas durante el curso cuya realización voluntaria puntúa hasta 0,5 sobre 10 a añadir a la nota del examen final, siempre que ésta sea mayor de 4,5/10. La condición que deben cumplir estos problemas para que se acepten como válidos es que estén trabajados, aunque su solución no sea correcta. Para que puedan servir, en cierta medida, como una autoevaluación, se resuelven en la misma sesión en la que se recogen.

La evaluación consiste, además de los problemas voluntarios comentados anteriormente, en un único examen final común a todos los alumnos y de tres horas de duración. En ella el alumno tendrá que contestar una serie de cuestiones teóricas (40% de la nota) y resolver varios problemas (60% de la nota). En esta última parte el alumno podrá utilizar un resumen de la materia elaborado por él mismo (extensión máxima de tres hojas).

### 3.2. Metodología activa

El proceso de convergencia europea requiere un nuevo enfoque en la metodología docente y en las estrategias de aprendizaje de los alumnos. Es un hecho comúnmente

aceptado que existen ciertas competencias esenciales para que los individuos puedan participar satisfactoriamente en una sociedad basada en el conocimiento. Dichas competencias fundamentales que se deben conseguir en un proceso de aprendizaje se refieren a tener objetivos claros, creatividad, pensamiento crítico y habilidad para resolver problemas, así como predisposición para el trabajo en equipo y la comunicación [7][8]. Sin embargo, tal y como señala Ferran en su artículo [9] “estas competencias no serán adecuadamente fomentadas mientras que el modelo educativo siga estando centrado en el papel de los profesores como “proveedores” de conocimiento”.

Por ello, con la nueva metodología se pretende trabajar en este sentido potenciando nuevos papeles en los roles del profesor y el alumno. El profesor ya no será la fuente del conocimiento sino un creador de medios, un facilitador del aprendizaje y un orientador del estudiante que, en función de sus intereses, decide el itinerario de aprendizaje a seguir [10].

### Curso 2005-2006

La experiencia comienza durante el curso 2005-2006. Tras recibir varios cursos de formación sobre el EEES y nuevas metodologías (trabajo cooperativo, portafolios, enseñanza por proyectos, etc), se sustituye en el Grupo Piloto la metodología tradicional por la que se describe a continuación.

La *metodología activa* utilizada se basa en el aprendizaje cooperativo y en la evaluación continua. Se han formado grupos estables de tres alumnos que han trabajado los diferentes ejercicios y entregables propuestos en las clases estructuradas de la siguiente forma:

- Clases expositivas de teoría: En ellas el profesor desarrolla los contenidos de los temas incluidos en el programa. Los alumnos disponen de los materiales necesarios y deberán haber trabajado previamente los contenidos. Así, el profesor puede ofrecer una visión global del tema haciendo hincapié en los conceptos clave para que después los alumnos afiancen dichos contenidos a partir de materiales elaborados *ad hoc*.
- Clases de resolución de problemas: El alumno dispone previamente de los enunciados de los problemas. Se distinguen dos tipos de clases:
  - Dirigida al grupo completo: En estas clases se lee y explica al alumno una serie de problemas que le permitan consolidar los conocimientos de la materia impartida, a la vez que aplicar la teoría a casos concretos.
  - Dirigida a la mitad del grupo: En estas clases los alumnos trabajan un problema propuesto por el profesor y éste resuelve las dificultades que se le planteen.
- Tutorías en grupo: Son de asistencia obligatoria. En estas sesiones cada uno de los grupos de alumnos expone al profesor sus dificultades y avances en la elaboración del modelo cinemático que se le haya asignado. El profesor podrá orientar los hacia las fuentes de información y procedimientos adecuados.

En cuanto a la evaluación, esta asignatura se puede superar mediante una doble vía:

mediante la evaluación continua<sup>1</sup>, o bien a partir de la realización de un examen final.

La *evaluación* continua es, sin duda, la opción recomendada. En este sentido, es importante entenderla no sólo como un instrumento para la evaluación, sino también como una herramienta para el aprendizaje progresivo de los contenidos de la asignatura.

Es evidente que el seguimiento de la evaluación continua requiere un esfuerzo importante tanto por parte del alumno como por parte del profesor, pero es recomendable y constituye un factor clave para alcanzar con éxito los objetivos de la asignatura.

Se proponen 6 pruebas de evaluación continua (PEC) y será necesario realizar y entregar todas ellas. La relación entre estas pruebas y los contenidos de la asignatura es la siguiente:

- PEC1: Cinemática de la partícula y del sólido.
- PEC2: Composición de movimientos y movimientos planos.
- PEC3: Modelo Cinemática. Cinemática completa.
- PEC4: Dinámica.
- PEC5: Estática.
- PEC6: Asignatura completa.

Las PEC1, PEC2, PEC4 y PEC5 se realizarán en horario de clase. Tendrán una duración de hora y media y, en ellas el alumno tendrá que resolver cuestiones teóricas y un problema. Podrá hacer uso de un resumen de la materia elaborado por él mismo que considere necesario (máximo tres hojas).

La PEC3 corresponde al trabajo en grupo. Cada grupo tiene asignado un elemento mecánico real (por ejemplo, un rodamiento de bolas), sobre el que debe buscar información relativa a sus aplicaciones y características de funcionamiento. También se le pide que realicen el modelo cinemático de dicho elemento y que respondan a una serie de cuestiones relativas al cálculo de valores concretos de variables cinemáticas. Para dar la calificación, además del seguimiento de este trabajo a través de las tutorías en grupo, el profesor convocará a cada uno de los grupos y formulará preguntas a sus miembros sobre el modelo cinemático que hayan elaborado. La nota será igual para todo el grupo.

La PEC6 tendrá una duración de tres horas. Se corresponde con el examen final de la asignatura y es común a todos los alumnos. En ella el alumno tendrá que contestar una serie de cuestiones teóricas (40% de la nota) y resolver varios problemas (60% de la nota). En esta última parte el alumno podrá utilizar un resumen de la materia elaborado por él mismo (extensión máxima de tres hojas).

En caso de que un alumno no haya realizado alguna de estas pruebas de evaluación continua será evaluado únicamente y exclusivamente mediante la realización de un examen final (PEC6) que medirá adecuadamente todos los aspectos del aprendizaje que son necesarios para superar la asignatura.

---

<sup>1</sup>Un procedimiento de evaluación continua muy similar se ha aplicado a este curso en la Escuela Universitaria de Informática de la UPM [11]

En las siguientes tablas se resumen las contribuciones de las distintas actividades evaluables a la nota final del alumno:

Tabla 2. Contribución de las actividades evaluables

Asignatura	Porcentaje de la nota final correspondiente a actividades evaluables					
	PEC1	PEC2	PEC3	PEC4	PEC5	PEC6
Mecánica I	10%	10%	10%	10%	10%	50%

Toda esta información se recoge en la Guía de la asignatura que los estudiantes tienen a su disposición.

### Curso 2006-2007

Durante el curso 2006-2007 las condiciones del Grupo Piloto son muy similares, por lo que únicamente se modifican las pruebas de evaluación continua (PEC), ya que la experiencia anterior así lo aconsejaba. Se reduce la nota PEC presencial incluyendo la Estática en la PEC4 junto con la Dinámica y se incluye la valoración de las distintas tareas que de forma individual o en grupo realizan a lo largo del curso. Así, la PEC5 corresponde ahora a la valoración de estas tareas que se realizan tanto en clase con el profesor y en casa.

### Curso 2006-2007

Sin embargo, después de dos experiencias realizadas con grupos reducidos, el reto para este curso 2006/07 ha sido implantar las nuevas metodologías en grupos de alumnos muy numerosos que representan la realidad de nuestra Escuela. También se ha decidido establecer un sistema de evaluación so, con dos pruebas intermedias y un tercer examen que coincide con el examen final.

En este contexto, se ha *rediseñado* la asignatura mediante la incorporación de las TIC [12] y los *Objetos de Aprendizaje* <sup>2</sup>[13][14] a la enseñanza presencial. Con estos grupos tan numerosos, la utilización de estos nuevos recursos didácticos digitales tiene como objetivo fundamental facilitar aprendizajes de calidad a través de una metodología más activa e interactiva entre profesor-estudiante-recursos.

Como ejemplo para ilustrar cómo en esta asignatura se han integrado la formación virtual y presencial, se presenta la metodología docente aplicada para el tema de Sistemas de Coordenadas y el objeto de aprendizaje diseñado para tal fin (OASistemas de coordenadas: cilíndricas y esféricas (ANEXO I)) [15].

- Clase magistral estructurada de la siguiente forma :
  - o *Introducción* al tema en la que se comenta la utilidad de estos contenidos y la relación con otros conocimientos previos y posteriores. Para motivar a los alumnos, se plantean ejemplos concretos tanto de su entorno habitual como

<sup>2</sup> Un objeto de aprendizaje corresponde a la mínima estructura independiente que contiene un objetivo, un actividad de aprendizaje, un metadato y un mecanismo de evaluación, el cual puede ser desarrollado con tecnologías de infocomunicación (TIC) que posibilite su utilización, interoperabilidad, accesibilidad y duración en el tiempo.

relacionados con el sector aeronáutico que ilustren la utilidad de estos nuevos sistemas de coordenadas.

- Se comentan los *objetivos* que se pretenden alcanzar y se describe el proceso de aprendizaje y evaluación. Toda esta información está disponible en la plataforma virtual, por lo que únicamente se incide sobre los aspectos más relevantes. Pero sobre todo, se transmite a los alumnos que los contenidos son interesantes, el trabajo propuesto razonable y además, si se hace hay bastantes garantías de superarla a signatura.
  - Se explican los conceptos mínimos necesarios para que los alumnos puedan entender los *contenidos* (teoría de coordenadas cilíndricas y esféricas) <sup>3</sup> completos disponibles en los recursos de la plataforma. Para que los alumnos trabajen estos contenidos se le proponen distintas actividades que a continuación comentamos.
- *Actividades fuera del aula:* Son tareas estructuradas o semiestructuradas, tanto para el trabajo individual o en grupo, en las cuales el estudiante debe generar nuevos productos.
- Tablas resumen. Se proponen dos, un primer cuadro resume de las expresiones finales de distintas variables cinemáticas en los distintos sistemas de coordenadas (Vector de posición, velocidad, etc). Para completarlo simplemente hay que leer los documentos que se indican y extraerlas. Posteriormente este cuadro será útil en la resolución de problemas.
- El segundo cuadro (ANEXO II) se refiere a las relaciones de conversión entre los sistemas de coordenadas. Resolverlo supone que ya conocen los sistemas de coordenadas y utilizan los conocimientos trigonométricos previos para obtener dichas relaciones.
- Se establecen una fecha límite para que entreguen estas tablas completas a través de la plataforma. A días siguientes se evalúa la solución (ANEXO III).
- Cuadernillo. Recopilación de cuestiones de examen en las que se les pide aplicar los conocimientos teóricos a casos prácticos simples. Pueden resolverlos de forma individual o en grupo y se entregan en clase.
  - Búsqueda bibliográfica/en Internet/reflexión sobre su entorno. Se les pide que busquen un caso concreto y real en el que es aconsejable la utilización de las coordenadas cilíndricas o esféricas.
  - Cuestionarios de autoevaluación disponibles en la plataforma.
- *Actividades en el aula:*
- Se recogen los cuadernillos y se distribuyen a otros compañeros. El profesor los resuelve en la pizarra y los alumnos corrigen el trabajo de sus compañeros, debiendo escribirles todo tipo de comentarios relativos a la claridad, rigurosidad del lenguaje, exactitud de resultados, etc. Antes de entregarlos al profesor, se les devuelven para que puedan ver y comentar la corrección.

---

<sup>3</sup>Estos contenidos están disponibles en [https://www.upm.es/politecnica\\_virtual/principal.upm](https://www.upm.es/politecnica_virtual/principal.upm)



- o Finalizada la corrección del cuadernillo, se pide a algunos alumnos que presenten a sus compañeros el ejemplo que han buscado y que lo justifiquen.
- *Evaluación.* Se realiza una prueba de evaluación continua (PEC) presencial de tipo test con preguntas correspondientes al contenido trabajado en estas actividades. Dado el elevado número de alumnos, la corrección se realiza mediante lectora óptica, obteniendo así la calificación de un modo muy rápido.

Esta prueba de tipo test junto con las actividades prácticas expuestas anteriormente permiten detectar en tiempo real las dificultades reales con las que se van encontrando los estudiantes y, además, ofrecerles feedback a cada uno de sus propios aprendizajes.

Al finalizar cada OA se aplica un Cuestionario de Incidencias Críticas (CUIC) que permita recoger información para mejorar dicho material. También, durante el desarrollo de los mismos, se abren foros para que los alumnos expongan sus opiniones y comentarios. Este sistema ha resultado también muy eficaz para detectar erratas en los materiales y cuestionarios de autoevaluación.

#### 4. Resultados y evaluación

A continuación se presentan los resultados obtenidos con la metodología activa (Grupo Piloto) y con la metodología tradicional (Grupo de Control) en los cursos 2005-06 y 2006-07. Estos resultados se comparan utilizando los indicadores de resultado ANECA que se citan en la Tabla 3 [16] para ambos grupos. Del curso 2007-2008 todavía no se tienen los resultados ya que la asignatura se está cursando en esos momentos. No obstante, se presenta un análisis preliminar de la percepción y actitudes que tienen los estudiantes hacia los objetos digitales de aprendizaje y las TICs como herramientas de apoyo a la enseñanza presencial.

También se muestran los resultados obtenidos por los grupos adicionales de Docencia Complementaria en las convocatorias extraordinarias de febrero de 2007 y febrero 2008.

Tabla 3: Indicadores de resultado ANECA utilizados

Tasa de Rendimiento (%)	Tasa de Absentismo (%)	Tasa de Éxito (%)
$\frac{\text{Créditos aprobados}}{\text{Créditos matriculados}}$	$\frac{\text{Créditos no presentados}}{\text{Créditos matriculados}}$	$\frac{\text{Créditos aprobados}}{\text{Créditos presentados}}$

#### Tasas por grupo

En la Tabla 4 se muestran las tasas de absentismo y de rendimiento correspondientes a las dos experiencias.

Tabla 4. Tasas de resultado por grupo en la experiencia 2005-06 y 2006-07 (convocatoria ordinaria)

	experiencia 2006-07 EQUIPOS MATERIALES		experiencia 2005-06 AERONAVES	
	Grupo experimental	Grupo convencional	Grupo experimental	Grupo convencional
Tasa de absentismo	48,5%	86,5%	36,1%	83,3%
Tasa de rendimiento	<b>18,2%</b>	1,9%	<b>41,7%</b>	10,0%

De los resultados que obtenidos se deduce que:

- La comparación de los valores de la Tasa de Absentismo permite afirmar que los alumnos que cursan la asignatura de Mecánica I con la metodología activa se presentan más a los exámenes que los que lo hacen con la metodología tradicional.
- La Tasa de Rendimiento es muy superior en el Grupo Piloto que en el Grupo de Control, es decir, los alumnos que han seguido la metodología activa han tenido un mejor aprovechamiento académico porque, no solo es mayor el número de alumnos que se presentan a los exámenes, sino que además consiguen superarlos.
- Sin embargo, aun reconociendo los beneficios que ha supuesto esta nueva metodología, los valores que presentan estas tasas siguen estando muy lejos de lo deseable.
- En este sentido, la información que se presenta a continuación nos servirá para matizar este punto:

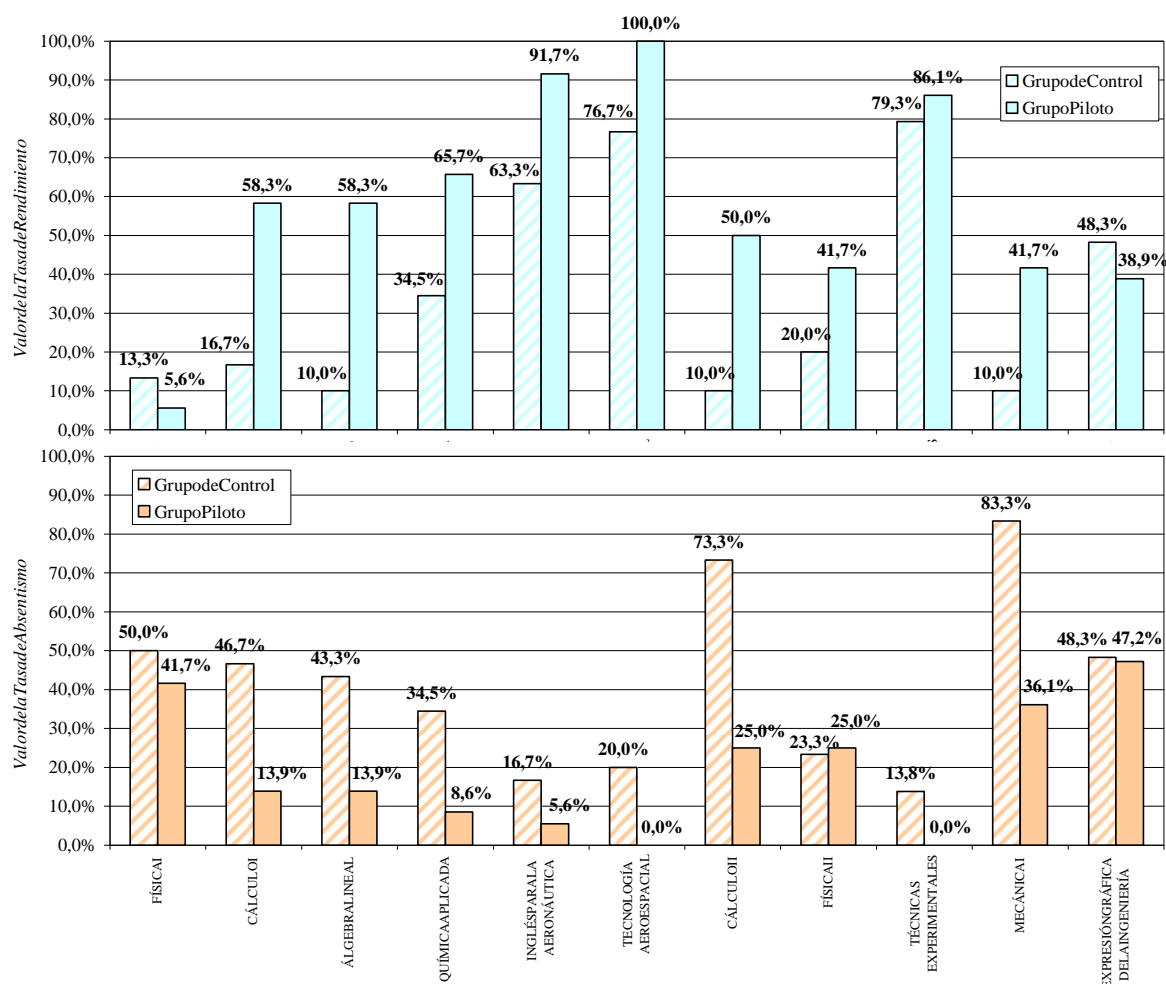


Figura 1: Tasas de resultado por grupo y asignatura en convocatorias ordinarias para la experiencia del curso 2005-06

- Los contenidos de Mecánica I (segundo semestre) son una continuación de los de Física I y además requieren de los conocimientos matemáticos de Cálculo I, ambas asignaturas del primer semestre.
- Los resultados en estas asignaturas son del mismo ordeno inferiores que los de Mecánica I y ello, sin duda, explica parte del menor resultado. En la Figura 1 se presentan las tasas de resultados por grupo y asignatura correspondientes a la experiencia del curso 2005-06.
- o De la comparación entre ambas experiencias (2005-06 y 2006-2007), habría que destacar el importante retroceso que se ha producido en los resultados, con un descenso aproximadamente a la mitad de la tasa de rendimiento.

Este hecho es general en todas las asignaturas, por lo que, a falta de un estudio más detallado, este menor rendimiento podría ser explicado por el menor nivel de conocimientos con el que los alumnos de Equipos y Materiales Aeroespaciales acceden a nuestra Escuela.

### Docencia Complementaria

Durante los dos primeros semestres de los cursos 2006-07 y 2007-2008 se han impartido con esta metodología dos grupos adicionales de Docencia Complementaria. Se trataron grupos especiales de 22 y 25 alumnos respectivamente, formados de entre aquellos estudiantes que no superaron la asignatura en las convocatorias anteriores.

Para cuantificar los resultados de esta acción se ha utilizado la tasa de éxito, ya que la elevada tasa de absentismo (85,5% y 78,3% respectivamente) están justificadas por el hecho de tratarse de una convocatoria extraordinaria. En la Tabla 5 y 6 se exponen los datos relativos a esta experiencia.

Tabla 5. Datos relativos a la convocatoria extraordinaria de febrero de 2007

	247 alumnos matriculados	
	Docencia Complementaria	Docencia complementaria
Alumnos Presentados	19	22
Alumnos aprobados	14	4
Tasa de éxito	73,6%	18,2%

Tabla 6. Datos relativos a la convocatoria extraordinaria de febrero de 2008

	314 alumnos matriculados	
	Docencia Complementaria	Docencia complementaria
Alumnos Presentados	23	45
Alumnos aprobados	21	21
Tasa de éxito	91,3%	46,7%

De los resultados obtenidos se puede deducir que:

- o Los alumnos que asisten al grupo de Docencia Complementaria se presentan al examen y además los superan, ya que la Tasa de éxito está próxima al 75% en el 2007 y es mayor del 90% en el 2008.
- o Sin embargo, los alumnos que no participan de esta docencia tienen muchas más dificultades para superar la asignatura. Cabe destacar el importante incremento

que ha experimentado la tasa de éxito en la última convocatoria, que ha pasado de tan solo el 18% a casi el 50%.

### Valoración cualitativa preliminar en el curso 2007 -08

Como ya se ha indicado anteriormente, la asignatura se está cursando en esos momentos y por tanto no se dispone de los resultados académicos. Sin embargo, se presenta un análisis preliminar sobre la valoración que hacen los estudiantes de la metodología utilizada y de su propio aprendizaje. A l finalizar cada tema se aplica un cuestionario que incluye preguntas relativas a los contenidos, la metodología, los recursos, los profesores y una valoración global. También se les pide que indiquen en forma rápida y escueta cuáles son las tres cosas más positivas y negativas que han encontrado (CUIC).

Siguiendo con el ejemplo de Sistemas de Coordenadas descrito anteriormente, respondieron el cuestionario 95 alumnos. En las figuras 2 y 3 se muestran los resultados más relevantes correspondientes a la valoración global y a su percepción de aprendizaje.

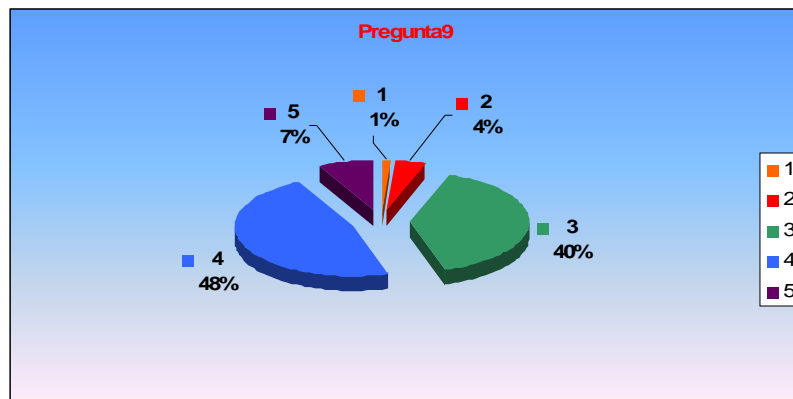


Figura 2: Resultados de la valoración global de la asignatura Sistemas de Coordenadas en la escala del 1 (muy mala) al 5 (muy buena).

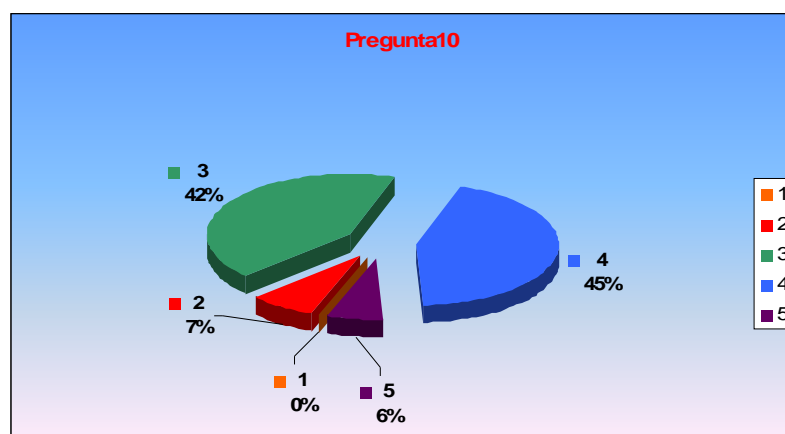


Figura 3: Resultados de la percepción de aprendizaje de los alumnos sobre Sistemas de Coordenadas en la escala del 1 (muy poco) al 5 (mucho).

Encuanto a los aspectos más positivos y negativos que los alumnos han encontrado en el tema, en la tabla 7 se recogen sus respuestas:

Tabla 7. Respuestas del CUIC sobre Sistemas de Coordinadas

Lomás positivo	Frecuencia
Explicaciones de los profesores	32
Actividades prácticas de Internet/cuestionarios autoevaluación	18
Ejercicios hechos en clase	18
Moodle/Plataforma de internet	13
Lomás negativo	
Capacidad de la clase/Excesiva masificación	29
Dificultad de la asignatura/Dar por sabido conocimientos que no se tienen	2
Falta de tiempo para la entrega de trabajos	2
Explicación muy lenta	1
Problemas o mal funcionamiento de moodle en algunas ocasiones	7

De los resultados obtenidos se puede deducir que:

- La valoración global de los alumnos es positiva, el 52 % lo califican como bueno o muy bueno y solo el 4% como regular (Figura 2).
- Los alumnos consideran que les ha servido para aprender. El 50 % tienen la percepción de que han aprendido mucho frente a solo el 7% que cree que no ha mejorado muchos sus conocimientos (Figura 3).
- Cabría destacar la importancia de estos resultados dado el problema de masificación que se produce en el aula y que denuncian los propios alumnos. De hecho, es el aspecto más negativo que destacan los alumnos en las encuestas.
- Del análisis de las respuestas de la tabla 7 puede concluirse que los alumnos valoran muy positivamente disponer de un entorno virtual como apoyo al estudio, pero no cambiarían la enseñanza virtual por la presencial <sup>4</sup>.

#### 4. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes de los resultados que se muestran en este trabajo son:

- La nueva metodología basada en el aprendizaje cooperativo y su procedimiento de evaluación continua han tenido un efecto muy positivo en el rendimiento académico de la asignatura de Mecánica I. En ambas experiencias la tasa de rendimiento es muy superior en el Grupo Piloto que en el Grupo de Control, es decir, los alumnos que han seguido la metodología activa han tenido un mejor aprovechamiento académico porque, no solo es mayor el número de alumnos que se presentan a los exámenes, sino que además consiguen superarlos.
- Sin embargo, aun reconociendo los beneficios que ha supuesto esta nueva metodología, los valores que presentan estas tasas siguen estando muy lejos de lo deseable.

<sup>4</sup> En la Universidad de Oviedo se ha realizado una investigación con resultados en la misma línea. [17]

- El nivel de conocimientos previos, medido por el nivel de acceso, con el que los alumnos acceden a la Escuela de Ingeniería, influye notablemente en los resultados académicos.
- Los alumnos que asisten al grupo de Docencia Complementaria se presentan al examen y además los superan, ya que la Tasa de éxito está próxima al 75% en el 2007 y es mayor del 90% en el 2008. Sin embargo, los alumnos que no participan de esta docencia tienen muchas más dificultades para superar la asignatura.
- Los alumnos valoran muy positivamente la incorporación de objetos de aprendizaje y las TICs como recursos para la docencia. Consideran que la metodología es buena y además que les ha servido para aprender.
- Los alumnos valoran muy positivamente disponer de un entorno virtual como apoyo a la enseñanza presencial, pero no cambiarían la enseñanza virtual por la presencial.

Tal y como indica Enric Mor en su artículo [18], “Construir una experiencia del estudiante satisfactoria es un proceso iterativo, que en cada etapa de diseño se mejora”. Estamos en el camino y el objetivo para cada nuevo curso académico es optimizar el proceso enseñanza-aprendizaje mediante la aplicación de estrategias motivadoras y eficientes.[19]

### Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por la UPM con ayuda a la innovación educativa para la implantación del EEES y la mejora de la calidad.

### Referencias

- [1] <http://www.upm.innovacion.es/>. (Consultado el 23/3/2008).
- [2] Benito Gómez, M.; Ovelar Beltrán, R. “Impacto de las TIC y del proceso de convergencia del EEES en el profesorado universitario”. Octubre 2005. (Consultado en <http://pulsar.ehu.es> el 25/1/2008).
- [3] I. Gómez y otros “Experiencia piloto de curso completo en la EUIT Aeronáutica: resultados de la experiencia”. I Jornadas Nacionales de Metodología ECTS. Badajoz, 13-15 septiembre 2006.
- [4] Pagani Rafaella. I Jornada Campus Virtual UCM. “Las tecnologías del aprendizaje en el marco de la convergencia europea: una visión de conjunto”. Madrid, 2004. ISBN 84-7491-774-3, pags. 3-5.
- [5] C. Fernández, J. Ramiro; A. Alcázar; J. Barbas “Una nueva forma de enseñar Mecánica contrastada con la metodología tradicional”. II Jornadas Nacionales de Metodología ECTS. Badajoz, 19-21 septiembre 2007.
- [6] [http://www.euita.upm.es/guia/planes\\_estudio/planes\\_estudio.htm](http://www.euita.upm.es/guia/planes_estudio/planes_estudio.htm) (Consultado el 3/4/2008).
- [7] Villa Sánchez, A.; Pobrete, M. y otros. “Aprendizaje Basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas” Universidad de Deusto (2007). Bilbao ISBN: 978-84-271-2833-0.

- [8] Pobrete, M.; García Olalla, A. y otros. “Desarrollo de competencias y créditos transferibles. Experiencia multidisciplinaria en el contexto universitario” Universidad de Deusto (2007). Bilbao ISBN: 978-84-271-2887-3.
- [9] Ferran, Nuria y otros “El software social como catalizador de las prácticas y recursos educativos abiertos”. IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Recursos Educativos Reutilizables (SPEDECE 2007). Bilbao. Septiembre 2007.
- [10] Carrasco J.B.; Javaloyes Soto, J.J.; Calderero Hernández. “Cómo personalizar la educación” Nancea, S.A. de Ediciones Madrid (2007). ISBN: 978-84-277-1559-2.
- [11] J.J. Carreño y otros “Una experiencia prolongada en el uso de CAS”. II Jornadas Internacionales de Innovación Educativa de la Escuela Politécnica Superior de Zamora, 19-22 Junio 2007.
- [12] García Aretio, L. “De la educación a distancia a la educación virtual”. Ariel Barcelona 2007.
- [13] Martínez Navarro, Susana y otros “Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de los objetos en la Universidad Politécnica de Valencia”. IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Recursos Educativos Reutilizables (SPEDECE 2007). Bilbao. Septiembre 2007.
- [14] David Wiley (2006) “RIP-ping on Learning Objects” <http://opencontent.org/blog/archives/230>. Visitada el 19 de mayo de 2007.
- [15] Jiménez, F., Fernández, C., Pérez, F., Leo, T., Navarro, E., Arraiza, P., Barrera, P., Lozano, C. (2008) “Rediseño de asignaturas para su impartición en formato semipresencial o a distancia” XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET). Cádiz, 23-26 Septiembre 2008.
- [16] Modelo de evaluación Institucional ANECA. ([http://www.aneca.es/modal\\_eval/pei\\_guia\\_externa.html](http://www.aneca.es/modal_eval/pei_guia_externa.html))
- [17] Martínez González, R.A.; Iglesias García, M<sup>a</sup>T.; Álvarez Blanco, L. y Sanpedro Nuño, A. “Actitud y expectativas hacia la formación apoyada en objetos de aprendizaje y entornos virtuales”. IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Recursos Educativos Reutilizables (SPEDECE 2007). Bilbao. Septiembre 2007.
- [18] Enric Mor, Muriel Garreta, María Galofré “Diseño Centrado en el Usuario en Entornos Virtuales de Aprendizaje, de la Usabilidad a la Experiencia del Estudiante”. IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Recursos Educativos Reutilizables (SPEDECE 2007). Bilbao. Septiembre 2007.
- [19] J. Alonso Tapia “Motivar para el aprendizaje: Teoría y estrategias”. Edebé, 1998.

## ANEXO I

### VERSIÓN PARA EL ALUMNO:

Título del Objeto: Sistemas de coordenadas: cilíndricas y esféricas.

Fecha de creación: Mayo 2007

Profesora: Consuelo Fernández Jiménez ([consuelo.fernandez@upm.es](mailto:consuelo.fernandez@upm.es))

*Introducción: Esta unidad presenta las coordenadas cilíndricas y esféricas en el espacio tridimensional y su relación con las clásicas coordenadas cartesianas. Es importante utilizar las coordenadas más adecuadas para el problema que se desea estudiar porque facilita su resolución. La conveniencia de un tipo de coordenadas sobre otro vendrá determinada, naturalmente, por la geometría del problema.*

**OA: Sistemas de coordenadas: cilíndricas y esféricas**

#### ▪ **Objetivos:**

- Conocer las coordenadas cilíndricas y esféricas y sus vectores unitarios.
- Obtener las relaciones geométricas entre ellas y con las coordenadas cartesianas.
- Expresar los vectores de posición, velocidad y aceleración en los tres sistemas de coordenadas.
- Realizar conversiones entre los tres sistemas de coordenadas.
- Justificar la utilidad de estas coordenadas.
- Formular las coordenadas polares como un caso particular de las coordenadas cilíndricas.
- Usar el lenguaje matemático adecuado.

#### ▪ **Actividades:**

Utiliza la información de clase y los documentos "Coordenadas cilíndricas" y "Coordenadas esféricas" disponibles en la plataforma para realizar las siguientes actividades.

1. Dibuja en tu cuaderno las coordenadas y vectores unitarios correspondientes al sistema de coordenadas cilíndricas y esféricas, y escribe el rango de variación de las coordenadas.
2. Completa el Cuadro resumen de sistemas de coordenadas disponible en la plataforma.
3. Completa el cuadro de conversiones de sistemas de coordenadas disponible en la plataforma.
4. Realiza las cuestiones teóricas y ejercicios del Cuadernillo 1 disponible en la plataforma.



Observa movimientos de tu vida cotidiana, realiza una búsqueda bibliográfica o por Internet y:

5. Describe un ejemplo real de movimiento en el sea aconsejable el uso de las coordenadas cilíndricas y justifica tu respuesta, es decir, indica las ventajas de estas coordenadas frente al resto.
6. Describe un ejemplo real de movimiento en el sea aconsejable el uso de las coordenadas esféricas y justifica tu respuesta, es decir, indica las ventajas de estas coordenadas frente al resto.

#### ▪ **Recursos:**

- Bibliografía recomendada:
  - Shames, Irving, "Mecánica para Ingenieros. Dinámica". Ed. Prentice Hall
  - James Stewart , "Cálculo multivariable". Ed. Thomson Learning
- Materiales:
  - C. Fernández, "Coordenadas cilíndricas". UPM
  - C. Fernández, "Coordenadas esféricas". UPM
  - Enunciado cuadro resumen de coordenadas
  - Solución cuadro resumen de coordenadas
  - Enunciado cuadro de conversiones de sistemas de coordenadas
  - Solución cuadro de conversiones de sistemas de coordenadas.
  - Cuadernillo 1
  - Cuestionarios de autoevaluación disponibles en la plataforma.
- Páginas de Internet:
  - [http://descartes.cnice.mecd.es/taller\\_de\\_matematicas/Coord\\_esfericas\\_cilindricas/esfericas\\_cilindricas\\_2.htm](http://descartes.cnice.mecd.es/taller_de_matematicas/Coord_esfericas_cilindricas/esfericas_cilindricas_2.htm) (Coordenadas cilíndricas y esféricas)
  - [http://server.faia.upm.es/mecanica\\_I/apuntes/node42.html](http://server.faia.upm.es/mecanica_I/apuntes/node42.html) (Coordenadas esféricas)
  - [http://server.faia.upm.es/mecanica\\_I/apuntes/node8.html](http://server.faia.upm.es/mecanica_I/apuntes/node8.html) (Coordenadas polares)
  - <http://www.gr.ssr.upm.es/eym/www/eym1/sld0011.htm> (Coordenadas cilíndricas)
  - [http://dieumsnh.gfb.umich.mx/ELECTRO/coordenadas\\_cilindricas.htm](http://dieumsnh.gfb.umich.mx/ELECTRO/coordenadas_cilindricas.htm) (Coordenadas cilíndricas)

#### ▪ **Evaluación:**

La calificación de esta unidad estará comprendida entre el 0 (mínima) y el 10 (máxima) y representa el 10% de la nota final de la asignatura. Dicha calificación será la obtenida en una prueba presencial de tipo test sobre los contenidos trabajados en las distintas actividades propuestas.

Prueba	Peso (%)	Modo	Fecha
TEST	10	presencial	28/03/2008

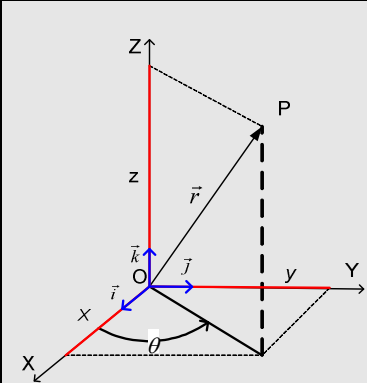
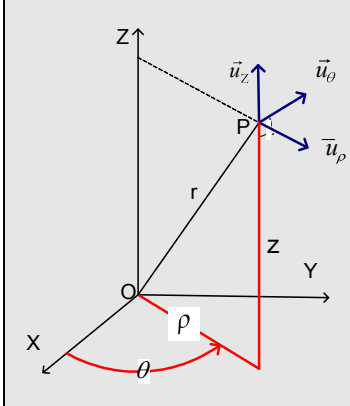
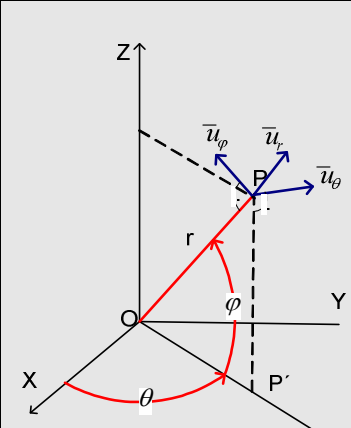
Para poder realizar esta prueba es necesario realizar y entregar las siguientes actividades en las fechas indicadas.

Actividad	Modo	Fecha
2. Entregar cuadro resumen de sistemas de coordenadas	Individual/grupo En la clase de Mecánica	5/03/2008
3. Entregar cuadro de conversiones de sistemas de coordenadas	Individual/grupo En la clase de Mecánica	7/03/2008
4. Entregar cuadernillo 1	Individual/grupo En la clase de Mecánica	12/03/2008
5 y 6. Presentar propuestas de movimientos reales estudiados con coordenadas cilíndricas y esféricas.	Individual/grupo En la clase de Mecánica	14/03/2008

ANEXOII

## CONVERSIONES ENTRE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS

- Completa el siguiente cuadro resumen:

	A CARTESIANAS	A CILÍNDRICAS	A ESFÉRICAS
DE CARTESIANAS			
DE CILÍNDRICAS			
DE ESFÉRICAS			

ANEXOIII

## CONVERSIONES ENTRE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS

- Completa el siguiente cuadro resumen:

	A CARTESIANAS	A CILÍNDRICAS	A ESFÉRICAS
DE CARTESIANAS		$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ $\theta = \arctg \frac{y}{x}$ $z = z$	$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ $\theta = \arctg \frac{y}{x}$ $\varphi = \arctg \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
DE CILÍNDRICAS	$x = \rho \cos(\theta)$ $y = \rho \operatorname{sen}(\theta)$ $z = z$		$r = \sqrt{\rho^2 + z^2}$ $\theta = \theta$ $\varphi = \arctg \frac{z}{\rho}$
DE ESFÉRICAS	$x = r \cos(\varphi) \cos(\theta)$ $y = r \cos(\varphi) \operatorname{sen}(\theta)$ $z = r \operatorname{sen}(\varphi)$	$\rho = r \cos \varphi$ $\theta = \theta$ $z = r \operatorname{sen} \varphi$	