NOMBRE ASIGNATURA / COURSE TITLE Ingeniería de automoción. Diseño, fabricación, ensayo y demostración de un vehículo para la competición Formula SAE/ Automotive engineering. Design, manufacture, testing and demonstration of a vehicle for the Formula SAE competition		
Departamento	Ingeniería Mecánica y Fabricación	Coordinador/a de la asignatura Francisco Aparicio Izquierdo
Unidad Docente	Vehículos y Transportes	Número de plazas ofertadas 40

Profesores con vinculación permanente dispuestos a impartirla

1. Francisco Aparicio Izquierdo
2. Francisco Javier Páez Ayuso
3. José María López Martínez
4. Enrique Alcalá Fazio
5. Felipe Jiménez Alonso
6. Blanca Arenas Ramírez

Objetivo general de la asignatura

El objetivo de esta asignatura es contribuir al desarrollo de determinadas competencias necesarias para un sector competitivo y complejo como es el de la automoción. La asignatura consiste en concebir, diseñar, fabricar y ensayar un vehículo de competición bajo las normas de la SAE (Society of Automotive Engineers) con el objetivo final de participar en una competición internacional que se lleva a cabo en Alemania, y a la que asisten las más prestigiosas universidades de todo el mundo. Lo novedoso de esta asignatura es el reto que supone para los alumnos asumir y participar en todo el proceso de fabricación de un vehículo, junto con la investigación y diseño del mismo. El producto final no es sólo la obtención de un vehículo con las mejoras prestaciones posibles para lograr el objetivo de la competición, sino la creación de un equipo de trabajo entre todos los participantes, fomentando la participación activa e implicación en la consecución de un objetivo común entre todos, y cuyo incentivo es la satisfacción de poder llevar el vehículo fabricado (con su propio esfuerzo, tiempo y trabajo) a la realidad de una competición.

Conocimientos que requiere el alumno

Esta asignatura constituye un proyecto multidisciplinar, y permite la participación de graduados de distintas especialidades.
Por otro lado, la etapa inicial de formación general y específica prepara a cada alumno para aquellas actividades en las que va a participar.
Por ello, no se exige a las graduados ninguna formación inicial específica.

MÓDULO A	Desglose de actividades formativas y contenidos
Módulo A1 Lección magistral (30 horas)	1. Reglamento de la competición (2 h). 2. Conceptos específicos de diseño y cálculo de diferentes partes de un vehículo: • Chasis (3 h) • Suspensión (3 h) • Dinámica vehicular (3 h) • Motor (3 h) • Transmisión (3 h) • Aerodinámica (3 h) • Frenos y dirección (3 h) 3. Realización de actividades organizacionales y de marketing del equipo: control de plazos, control de costes, gestión de compras y marketing (4 h).

	4. Diseño de Experimentos (DOE) (2 h) 5. Evaluación del Módulo (1 h).
Módulo A2 Clases prácticas (60 horas)	6. Manejo de programas de diseño y cálculo por ordenador (CATIA y ANSYS) (15 h). 7. Manejo de programas de simulación de dinámica vehicular (ADAMS/Car, CARSIM, IPG) (15 h) 8. Seguridad y Salud en el taller (1 h) 9. Soldadura y manejo de máquinas herramientas (4 h) 10. Ajustes de vehículos de competición (3 h). 11. Diseño de componentes (5 h) 12. Fabricación de componentes (8 h) 13. Instrumentación en vehículos y tratamiento de señales (6 h). 14. Desarrollo de procedimientos de ensayo (3 h)
Módulo B Formación en competencias (15 horas)	15. Seminario de técnicas de trabajo en equipo (5 h). 16. Seminario de técnicas de creatividad (5 h). 17. Seminario de técnicas de comunicación oral en español/inglés (5 h).
Módulo C Sostenibilidad del “ingenio” (15 horas)	18. Seminario formativo general. 19. Seminario formativo aplicado a la asignatura Formula SAE

COMPETENCIAS A LAS QUE CONTRIBUYE (como mínimo las señaladas)	
	(a) Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.
X	(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.
X	(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.
X	(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.
	(e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
X	(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
X	(g) Habilidad para comunicar eficazmente.
X	(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.
X	(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.
	(j) Conocimiento de los temas contemporáneos.
	(k) Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas

	necesarias para la práctica de la ingeniería.
X	(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).
X	(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.
X	(n) Creatividad.

Actividades y metodología prevista para garantizar la adquisición de las competencias anteriores

(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de: realizar un experimento siguiendo un procedimiento establecido; analizar la consistencia entre los datos recopilados y los valores teóricos esperados.

Durante la fase de concepción y diseño del vehículo, los alumnos utilizan diferentes herramientas informáticas de modelización dinámica de subsistemas del vehículo, así como del vehículo completo. Tras la fabricación del vehículo, los alumnos deben realizar una matriz de ensayos con sus procedimientos correspondientes, dirigidos a la validación de los distintos componentes del citado vehículo. Posteriormente, se llevarán a cabo dichos ensayos en la pista del INSIA, embarcando en el vehículo sensores de medida y equipos de registro. La fase final de este proceso consistirá en la preparación de los datos y en la validación de los modelos dinámicos generados. Una vez validados los modelos, los alumnos podrán preparar los requerimientos de diseño para cada uno de los componentes vehiculares.

(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de determinar las necesidades asociadas al problema de ingeniería y las restricciones que afectan al diseño. La competición Formula SAE exige el cumplimiento de una reglamentación técnica muy estricta, especialmente dirigida a asegurar las condiciones de funcionamiento seguro del prototipo desarrollado. Tomando esto en consideración, los alumnos plantean propuestas de nuevos diseños de los subsistemas del vehículo. Posteriormente, y antes de permitir la participación del vehículo, se exigen informes periódicos de aseguramiento experimental del funcionamiento de los principales sistemas de control del vehículo (dirección, frenos, propulsión), así como de distintos dispositivos de seguridad pasiva (resistencia estructural del chasis, cinturones de seguridad, absorción de energía del impactador frontal). Junto a esto, en la competición se premia la optimización del vehículo en peso y potencia, con objeto de alcanzar un consumo mínimo tras las pruebas de resistencia.

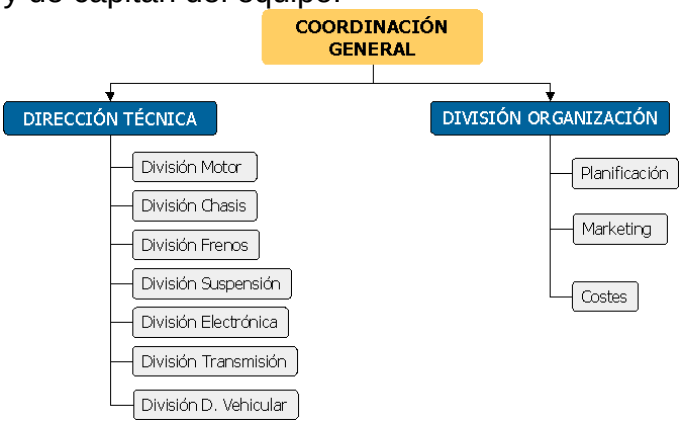
Los requisitos económicos de coste del vehículo también están presentes en dicha normativa. Por otro lado, los alumnos tienen una responsabilidad real: ellos mismos se encargan de conseguir los recursos económicos para construir el producto y son ellos mismos los que gestionan el uso de los recursos. Las limitaciones económicas en función del patrocinio conseguido es otra variable que condiciona notablemente las nuevas propuestas de modificación del diseño.

(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de: participar aportando sus conocimientos y habilidades para alcanzar el objetivo común; ordenar , incorporar y conciliar sus contribuciones para converger hacia el objetivo común del grupo

La estructura de funcionamiento del equipo UPMRacing se muestra en la siguiente figura. Los alumnos se integrar en una de las divisiones del proyecto, y se definen las figuras de

responsable de división y de capitán del equipo.



Desde el principio el alumno se tendrá que enfrentar a las situaciones reales que se presentan durante el desarrollo del proyecto Fórmula SAE. Esto requerirá la coordinación de docentes de las diferentes materias implicadas para que en un mismo proyecto los alumnos tengan que aplicar conocimientos de distintas asignaturas. Con este método los alumnos tienen que trabajar en equipos desde el principio, y desarrollar un proyecto que solucione la situación presentada, planificando la actuación, distribuyendo tareas, investigando, analizando los contextos involucrados, desarrollando el plan establecido, evaluando las posibles consecuencias, etc.

(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de: mantener un comportamiento adecuado establecido en la asignatura, Escuela o Universidad; y demostrar sus conocimientos de códigos éticos o profesionales.

Desde que los alumnos comienzan su actividad en esta asignatura, reciben información acerca del Reglamento interno de responsabilidad profesional del INSIA. Tras esto, se comprometen por escrito al cumplimiento de dicho Reglamento de funcionamiento.

Junto a esto, los alumnos deben conocer desde el principio el código profesional impuesto por las normas de la competición. Para asegurar este conocimiento se llevan a cabo varias pruebas de evaluación para asegurar el adecuado conocimiento de este código.

(g) Habilidad para comunicar eficazmente.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de: transmitir o comunicar información y soluciones de forma escrita; estructurar en base al propósito de la comunicación; apoyar sus comunicaciones utilizando recursos gráficos como esquemas, tablas o gráficos.

Durante su participación en esta asignatura, los alumnos ponen en práctica esta competencia en numerosas situaciones: dentro de la división de la que forman parte, cada alumno debe transmitir al resto de compañeros de forma oral y escrita sus avances con periodicidad semanal; los responsables de cada división ejecutan esta misma labor hacia el resto del equipo con periodicidad mensual; durante el año, se efectúan varias jornadas con patrocinadores, en las que los alumnos deben exponer en público el trabajo que están llevando a cabo; periódicamente se preparan documentos de difusión hacia revistas especializadas y medios de comunicación; antes de la competición, los alumnos deben preparar y enviar informes técnicos intermedios a la organización de la competición; finalmente, durante la competición, los alumnos son evaluados por jueces internacionales, y deben defender en público los criterios técnicos y económicos aplicados para el desarrollo del vehículo.

(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de identificar posibles efectos, positivos y negativos, sobre el medio ambiente, la economía y la sociedad de la solución tecnológica dada a un problema de ingeniería.

Una de las pruebas de la competición consiste en que se simule y se defienda en la competición el caso hipotético de producción de una serie limitada del vehículo desarrollado, en cualquier parte del mundo, con propósitos de ocio. En este caso, los alumnos deben analizar el impacto global de su plan de negocio en función de la localización del mismo. Todos los alumnos participan en distintas fases del desarrollo de este plan.

(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de demostrar conciencia de la necesidad de aprender a lo largo de la vida.

Cuando el alumno inicia esta asignatura, es poseedor de una serie de conocimientos adquiridos durante su formación de Grado. No obstante, durante el año de participación en este proyecto se ve obligado a actualizar estos conocimientos, y adquirir otros nuevos necesarios para poner en práctica lo aprendido y conseguir el objetivo real requerido en esta competición. La etapa de formación inicial en la que participan todos los alumnos es parte de este proceso de aprendizaje continuo, en función de la actividad a la que se enfrente a lo largo de su vida.

Otros de los hitos en los que el alumno identifica la necesidad de aprendizaje continuo es el momento de participación en la competición en el mes de Agosto en Alemania: cuando se ve obligado a competir con otros estudiantes universitarios, identifica claramente la necesidad de adquirir nuevos conocimientos para el diseño de soluciones tecnológicas que desconoce y que han puesto en práctica con éxito otros equipos.

(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de establecer conversaciones con nativos sin tener problemas de comunicación tanto oral como escrita adicionales.

El idioma oficial de la competición es inglés. Los alumnos que participan en la competición de la Formula SAE están obligados a preparar toda la documentación que intercambian con la organización en este idioma. Asimismo, toda la comunicación con los jueces, así como las pruebas orales públicas de defensa del proyecto se deben realizar en inglés, debido al carácter internacional de la competición. Adicionalmente, en la competición participan unas 100 universidades de todo el mundo, y existe una frecuente comunicación entre los alumnos de todas ellas, siendo el inglés el idioma de comunicación más frecuente.

(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de fijar objetivos y poder desarrollarlos con éxito en el tiempo. Esta competencia está muy relacionada con el trabajo en equipo y el liderazgo.

El proyecto de diseño del nuevo vehículo para la competición se inicia con una planificación detallada de las tareas que deben realizarse durante los meses de trabajo que preceden a la competición. Cada alumno, en función de su responsabilidad en el equipo, está obligado a definir con detalle la planificación de su trabajo. Posteriormente, los responsables de cada división y del equipo completo integrar todas las actividades en un plan de trabajo global. En dicha planificación se ubican los hitos más relevantes, asociados principalmente a entregables a la organización y a eventos comprometidos con patrocinadores.

Durante el año, se lleva a cabo el seguimiento semanal del avance de la planificación, se identifican los retrasos en las distintas tareas, y se aplican las acciones correctoras pertinentes. La resolución de conflictos en el equipo, asociado frecuentemente al incumplimiento de plazos comprometidos, constituye una acción formativa esencial de esta asignatura.

(n) Creatividad.

Con esta competencia se pretende que los alumnos sean capaces de pensar de forma creativa, creatividad entendida como la aptitud para: resolver de manera imaginativa e innovadora problemas no rutinarios; generar de manera imaginativa nuevas oportunidades

para crear valor.
La propia exigencia de la competición en la que participan los alumnos que cursan esta asignatura les exige innovar en las soluciones técnicas aplicadas al diseño del nuevo vehículo. Por otro lado, el desarrollo del plan de negocio exigido en la competición también les obliga a proponer nuevas oportunidades de negocio para la creación de valor. Adicionalmente, la necesidad del patrocinio para el desarrollo de la actividad requiere la propuesta de ideas imaginativas e innovadoras para atraer a nuevas empresas que apoyen económicamente la actividad.

EVALUACIÓN:
La valoración por los profesores de la dedicación exigida y de los conocimientos técnicos adquiridos por los alumnos se efectúa mediante evaluación continua, valorando los trabajos de los alumnos.
La evaluación de las competencias descritas se efectúa mediante dos procedimientos:

- Evaluación mediante rúbricas de competencia: las rúbricas consideradas son las propuestas por la Dirección de la ETSII, y las cuales están contenidas en el documento "Marco de desarrollo de competencias en la ETS Ingenieros Industriales de Madrid", e implementadas en fase piloto en Indusnet.
- Sistema de evaluación de competencias basado en el test comercial COMPETEA para identificar los aspectos fuertes y débiles de las metodologías docentes aplicadas, y su eficacia para el desarrollo de las competencias para las que, inicialmente, habían sido implantados.

Ambas metodologías de evaluación de competencias ya han sido aplicadas como experiencia piloto a los alumnos participantes en el equipo UPMRacing, a través de varias iniciativas de innovación educativa, en las que han participado los profesores responsables de la asignatura:

- PROYECTO: Proyecto de centro de la ETSI Industriales 2012: Hacia un marco de desarrollo de competencias.
  ENTIDAD FINANCIADORA: Universidad Politécnica de Madrid
  DURACIÓN DESDE: Septiembre, 2012 HASTA: Septiembre, 2014
  INVESTIGADOR PARTICIPANTE: Francisco Javier Páez Ayuso
- PROYECTO: Formación y evaluación de la competencia transversal de organización y planificación de proyectos y equipos humanos en alumnos de grado.
  ENTIDAD FINANCIADORA: Universidad Politécnica de Madrid
  DURACIÓN DESDE: Septiembre, 2012 HASTA: Septiembre, 2014
  INVESTIGADOR PRINCIPAL: Francisco Javier Páez Ayuso
- TITULO DEL PROYECTO: Introducción de metodologías de AOP y de ABP para el desarrollo de competencias transversales vinculadas con el proceso de acreditación ABET.
  ENTIDAD FINANCIADORA: Universidad Politécnica de Madrid
  DURACIÓN DESDE: Septiembre, 2011 HASTA: Septiembre, 2012
  INVESTIGADOR PRINCIPAL: Francisco Javier Páez Ayuso
- TITULO DEL PROYECTO: Evaluación de la efectividad de metodologías docentes en cuanto al desarrollo de competencias transversales en asignaturas de grado y master
  ENTIDAD FINANCIADORA: Universidad Politécnica de Madrid
  DURACIÓN DESDE: Septiembre, 2010 HASTA: Septiembre, 2011
  INVESTIGADOR PRINCIPAL: Felipe Jiménez Alonso

Tipo de aulas en las que se impartirían las clases
Los contenidos del Módulo A1, y parte de los contenidos de los Módulos B y C se impartirán en aula convencional de la ETSII. El resto de actividad se llevará a cabo en las instalaciones del

INSIA, debido a los medios de laboratorio requeridos

Financiación necesaria para la impartición de la asignatura, aportada por el Departamento
La financiación requerida ha sido aportada hasta el momento por: - UPM. - ETSII. - Otras Escuelas cuyos alumnos participan en el equipo (EUIT Aeronáutica, EUIT Industriales). - INSIA. - Patrocinadores (BOSCH, RS AMIDATA, proveedores de software –MSC, ANSYS, IPG-). No se prevé la necesidad de financiación adicional-
Experiencias anteriores y demanda habida en las mismas
A finales del 2003, por iniciativa del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA) y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y contando con el apoyo del Máster en Ingeniería en Automoción del INSIA, se constituyó el equipo UPMRacing, primer representante español en el evento. Este equipo ha participado en todas las competiciones organizadas por la SAE en UK desde el 2004 hasta 2009, y desde entonces participa en la competición organizada en Alemania. Este proyecto se ha desarrollado en la UPM a través de dos asignaturas de Libre Elección: - 50009043: Aplicaciones de las Tecnologías de Automoción I. Diseño (4,5 créditos). - 50009044: Aplicaciones de las Tecnologías de Automoción II. Construcción (4,5 créditos). En las 10 ediciones desarrolladas hasta el momento han participado unos 400 estudiantes. En todas las ediciones se ha efectuado un proceso de selección inicial de alumnos, siendo superior la demanda al número final de miembros del equipo.
Otras observaciones:
Desde la participación de la UPM como primer representante español en el evento, numerosas universidades españolas se están adhiriendo a esta actividad, como una herramienta efectiva para la formación en competencias de los futuros ingenieros. Adicionalmente, algunas empresas del sector que han contratado a antiguos miembros del equipo UPMRacing (IVECO, ALTRAN, AVL, MSC) y que son conocedores de su formación en competencias, recurren periódicamente al equipo para la incorporación de nuevos ingenieros.