

Prácticas docentes con simuladores de vuelo

Xavier Prats Menéndez

Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Av. Canal Olímpic s/n. 08860. Castelldefels (Barcelona)
e-mail: xavier.prats-menendez@upc.edu

Resumen

Este trabajo presenta las prácticas de laboratorio de la asignatura de tecnología aeroespacial; perteneciente a la titulación de Ingeniería Técnica Aeronáutica (especialidad en Aeronavegación) y que se imparte en la Escuela Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC). Dichas prácticas se desarrollan en grupos de dos estudiantes alrededor de un conocido programa de simulación de vuelo y permiten al alumno ver y profundizar en los diferentes aspectos tratados en las clases teóricas de una manera próxima a la realidad y muy amigable.

El alumno debe afrontarse a situaciones que, a lo largo de las diferentes sesiones de laboratorio, aumentan progresivamente en complejidad y conocimientos previos necesarios para resolverlas. Con esto, se llega a la práctica final dónde cada pareja de estudiantes realiza un vuelo completo simulado de principio a fin que ha ido preparando y experimentando por partes durante el curso. A demás, este vuelo se realiza en un entorno de simulación de tráfico aéreo en tiempo real con control del tráfico aéreo virtual (formado por estudiantes voluntarios de cursos superiores) que da aún más realismo a la simulación.

Después de seis cursos consecutivos realizando esta experiencia, este trabajo concluye que este tipo de prácticas motivan significativamente al alumno a profundizar en los aspectos de la asignatura y potencian el trabajo cooperativo y el aprendizaje basado en proyectos.

1. Introducción

La sociedad, en general, está siendo enormemente influenciada con lo que se conoce como las *Nuevas Tecnologías*. Aparatos electrónicos de toda índole cada vez más pequeños y sofisticados, nuevas y veloces redes de datos, ordenadores personales rápidos y asequibles, medios audiovisuales cada vez más completos etc. están transformando nuestras vidas. La enseñanza no se queda atrás y cada vez más aparecen técnicas y medios docentes que utilizan en gran medida este tipo de tecnologías y que pocos años atrás habrían sido simplemente inimaginables. La presencia de estas nuevas tecnologías ha producido profundos cambios en los medios y méto-

dos de enseñanza, ya sea incorporando nuevos o sustituyendo las técnicas más tradicionales. Por ejemplo, ya es habitual encontrar en nuestras aulas metodologías de enseñanza basadas en CDs o páginas WEB interactivas, videoconferencias o incluso pizarras electrónicas. Existen pues numerosos medios y métodos de enseñanza, que se podrían clasificar de distintas maneras y que cada uno aporta un determinado tipo de ventajas en función de la naturaleza de los contenidos que deben transmitir [1].

Las prácticas de laboratorio que se presentan en este documento utilizan un tipo específico de tecnología como es un *simulador de vuelo*. En términos generales, un simulador es la representación de un determinado proceso en una o más computadoras, generalmente por medio de modelos matemáticos que sintetizan de manera más o menos precisa el comportamiento del proceso frente a determinadas órdenes o perturbaciones. Un simulador de vuelo modela el comportamiento de un tipo de aeronave frente a las actuaciones del piloto y/o perturbaciones externas como pueden ser otros aviones, efectos meteorológicos etc. En la industria aeroespacial es muy habitual disponer de simuladores de vuelo ya que éstos permiten probar diferentes situaciones o configuraciones de una determinada aeronave sin los elevados costes o correr el riesgo que supondría realizarlas en un vuelo real de pruebas. Así pues existen diferentes simuladores de vuelo, más o menos complejos o más o menos especializados en función de su utilización. Por ejemplo se emplean simuladores de vuelo en aspectos tan distintos como la elección de nuevas interfaces entre piloto y avión, el ensayo de procedimientos anormales o de emergencia o la formación de pilotos.

Los simuladores de vuelo no solo han tenido una buena aceptación en el ámbito industrial por motivos profesionales o tecnológicos. La industria de los videojuegos para el ocio ha jugado un papel muy importante también en el desarrollo de un tipo concreto de simulador: los simuladores de vuelo para ordenador personal. La pasión por volar es posiblemente una de las más extendidas en nuestro planeta y desde que aparecieron los primeros ordenadores personales no tardaron a ver la luz los primeros simuladores de vuelo para uso doméstico y lúdico. Hay varios simuladores para ordenador personal en el mercado, en función del tipo de avión que simulan (típicamente se simulan aviones de combate) y de su grado de complejidad. Como simuladores de aviones civiles podríamos destacar el *Microsoft Flight Simulator* [2] que probablemente es el más popular a nivel mundial y que ofrece un realismo más que aceptable, pero hay también otros simuladores como *X-Plane* [3], que se caracteriza por su alta calidad en el modelo físico de las aeronaves o el *Flight Gear* [4], que si tal vez su calidad por el momento es inferior comparada con los otros dos, se trata de un proyecto de código libre que mejora día a día. Cabe destacar que estos programas proporcionan una calidad de simulación extraordinaria si se tiene en cuenta que su coste es equivalente a cualquier otro videojuego. De hecho son ya numerosas empresas del sector aeroespacial que utilizan este tipo de simuladores para algunos de sus propósitos.

Así pues, este trabajo expone una serie de prácticas de laboratorio, que utilizan un simulador de vuelo, para la asignatura de tecnología aeroespacial de la titulación de Ingeniería Técnica Aeronáutica (especialidad en Aeronavegación). Estos estudios, de reciente implantación (el primer curso comenzó en setiembre de 2002) se ofrecen en la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). En la siguiente sección de este artículo se presenta la asignatura, su objetivo dentro del plan de estudios y su temario docente. Seguidamente se pasa a describir sus prácticas, su organización y los conceptos que

se tratan en cada sesión. La cuarta sección presenta la metodología docente que se emplea y finalmente en la última sección se presenta brevemente la valoración que los alumnos hacen de este tipo de prácticas.

2. La asignatura de tecnología aeroespacial

La asignatura de tecnología aeroespacial se ofrece durante el primer cuatrimestre de estudios de la titulación. Es una asignatura introductoria donde se exponen brevemente los aspectos fundamentales de la tecnología que hace posible la industria aeroespacial y está formada por sesiones de exposición teórica además de unas prácticas de laboratorio. En el cuadro 1 se detalla el temario de las clases teóricas de la asignatura. Como se puede apreciar, su contenido es bastante extenso y multidisciplinar haciendo que los diferentes temas sean vistos desde un punto de vista introductorio sin poder entrar mucho en detalle. De hecho, todos ellos serán estudiados a fondo en asignaturas más avanzadas de cursos superiores.

TEMA 0 Introducción <i>Conceptos de ciencia, tecnología e ingeniería. Descripción de los diferentes tipos de aeronaves.</i>	TEMA 5 Navegación <i>Orígenes e historia de la navegación. Conceptos de navegación por estima y radionavegación.</i>
TEMA 1 Principios del vuelo <i>Conceptos fundamentales de aerodinámica: sustentación, resistencia. Breve estudio de perfiles aerodinámicos y dispositivos hipersustentadores.</i>	TEMA 6 Aviónica y instrumentación de vuelo <i>Breve descripción del Sistema de datos aire de un avión. Descripción y evolución histórica de los diferentes equipos de instrumentación y visualización de a bordo.</i>
TEMA 2 Estabilidad y Control <i>Superficies y mandos de control de aeronaves, introducción a la estabilidad longitudinal, lateral y direccional de aviones</i>	TEMA 7 Sistemas avión <i>Descripción de los sistemas de acondicionamiento de aire, sistema de carburante, sistema hidráulico, sistema eléctrico. Introducción al fly by wire.</i>
TEMA 3 Performances <i>Conceptos básicos de performances (actuaciones) de aviones con motor a pistón. Estudio del vuelo horizontal, ascensos y descensos.</i>	TEMA 8 Materiales aeroespaciales <i>Introducción a la ciencia y tecnología de los materiales aeronáuticos y espaciales</i>
TEMA 4 Propulsión <i>Descripción y principios de los motores a pistón para aviación, motores tipo turbopropulsor, turboreactor y turbofan.</i>	TEMA 9 Introducción a la ingeniería espacial <i>Breve descripción de tipos de lanzadores y misiones espaciales</i>

Cuadro 1: Temario de la asignatura de tecnología aeroespacial

Así pues, el objetivo de la asignatura es doble: dar de entrada una amplia introducción al estudiante en todo una serie de temas fundamentales que después se irán profundizando y desplegando a lo largo de sus estudios y por otra parte motivar al estudiante exponiendo una serie de temas que serán propios en su futuro profesional. Precisamente este carácter motivador, incluso vocacional, es lo que hace la asignatura diferente de las demás ya que, como es sabido, típicamente

en el primer año de estudios de ingeniería prácticamente la totalidad de las asignaturas son de índole fundamental y por tanto poco relacionadas en aplicaciones profesionales.

Al tratarse de una asignatura troncal, su temario queda prácticamente definido en su totalidad por los mínimos marcados en el Boletín Oficial del Estado [5]. Sin embargo, no se especifica nada con relación a las prácticas de laboratorio y es en este aspecto dónde se ha apostado por nuevos métodos docentes para enfatizar aún más el carácter motivador de la asignatura y complementar de manera eficiente el aprendizaje del alumno. Además, teniendo en cuenta que el temario es bastante denso y las horas de clase destinadas a teoría acaban siendo escasas, hay algunos conceptos que se considera más adecuado tratarlos directamente en las prácticas.

3. Descripción de las prácticas

Las prácticas están divididas en siete sesiones diferentes de dos horas de duración cada una. Los alumnos trabajan por parejas y tienen un trabajo previo a realizar antes de cada práctica con el fin de poder aprovechar al máximo el tiempo una vez en el laboratorio. Las sesiones están organizadas de manera secuencial donde en cada nueva sesión se introducen o se practican nuevos conceptos a demás de aquellos que han sido vistos en sesiones anteriores. Así, pues, el grado de complejidad y dificultad de las prácticas es creciente y hay una fuerte e importante continuidad entre ellas.

Concretamente, el estudiante empieza realizando un pequeño estudio aerodinámico muy básico del primer avión que pilotará durante las prácticas en el simulador. Se trata de la avioneta *Cessna 172*, muy habitual en todo el planeta en escuelas de pilotaje y considerada como una de las mejores aeronaves para la formación de pilotos (figura 1.a). Seguidamente el estudiante realiza un par de vuelos introductorios con esta aeronave con tal de familiarizarse con el avión, su sistema de control, su instrumentación y el vuelo en condiciones visuales (VFR)¹. Seguidamente, una vez practicados los conceptos básicos de pilotaje y navegación VFR se pasa a un primer vuelo introductorio con instrumentos o IFR. Éste vuelo, de relativa dificultad para los estudiantes, sirve para ver de una manera práctica y desde el punto de vista del piloto cómo funcionan todos aquellos instrumentos que han estado explicados en las clases teóricas y que en un futuro los estudiantes aprenderán a fabricar o diseñar como ingenieros. La siguiente práctica se realiza ya con un avión comercial de transporte de pasajeros como es el Airbus A320 (figura 1.b) y los alumnos aprovechan para familiarizarse con la gran cantidad de sistemas y subsistemas de esta aeronave. Seguidamente se realiza un vuelo completo entre Barcelona y Madrid (el popular puente aéreo) con el Airbus A320 y completamente bajo reglas de vuelo instrumentales tal y como se haría en la realidad.

¹La circulación aérea se divide en aeronaves que evolucionan según reglas visuales o VFR (*Visual Flight Rules*) y aeronaves que lo hacen bajo reglas instrumentales o IFR (*Instrumental Flight Rules*). En el primer caso el vuelo de la aeronave está sujeto a condiciones meteorológicas favorables, con lo que es un tipo de circulación típico en avionetas o vuelos de ocio. Bajo reglas instrumentales (IFR) las aeronaves son capaces de evolucionar en condiciones meteorológicas degradadas gracias a cierto equipamiento a bordo. Este tipo de navegación es el que se usa en aviación comercial y requiere una significativa mayor formación de los pilotos



(a)



(b)

Figura 1: (a) Avioneta Cessna 172, (b) Airbus A320

Durante todo este proceso el estudiante pasa gradualmente de no conocer prácticamente nada sobre aeronáutica (cabe recordar que la asignatura se ubica en el primer cuatrimestre de la titulación) a ser capaz de comprender, pilotar y gestionar (aunque sea de manera muy básica) el vuelo de un avión de pasajeros tal y como se haría en la realidad. Llegados a este punto, el profesor sorteá, para cada pareja de estudiantes, un trayecto diferente como por ejemplo un vuelo entre Girona y Eivissa o entre Valencia y Palma de Mallorca etc. No sólo cada pareja tiene un trayecto diferente sino que cada vuelo transporta un número diferente de pasajeros y carga. De esta manera cada grupo de estudiantes tiene que planificar completamente su vuelo, según la legislación y normativa vigente, tal y cómo se haría en realidad en una compañía aérea.

Finalmente, en la última sesión de laboratorio, todo el aprendizaje acumulado en sesiones anteriores culmina en una práctica donde cada pareja realiza con el Airbus A320 el vuelo que se le asignó y que han debido preparar convenientemente. Gracias a la posibilidad de poder conectar en red todos los simuladores de vuelo, los diferentes grupos de estudiantes realizan su vuelo en un entorno virtual de espacio aéreo común. El profesor, con la ayuda de algún estudiante voluntario de cursos superiores, dispone también de un simulador de control de tráfico aéreo y es capaz de prestar este tipo de servicio a las diferentes aeronaves en juego.

Los cuadros 2 y 3 muestran en detalle el contenido de cada práctica y se resaltan los diferentes conceptos teóricos que el estudiante trabaja durante su realización.

3.1. Software utilizado

El simulador de vuelo utilizado en todas las prácticas es el *Microsoft Flight Simulator 2002* (FS2002). Además, para las prácticas con el avión Airbus A320 se utiliza un simulador adicional, específico para este avión y que funciona sobre el FS2002. Se trata del paquete *A320 Phoenix Software Simulator* [6] del cual se debe destacar el alto grado de profesionalidad y realismo que proporciona.

En la primera práctica se usa *FoilSim* [7], un pequeño programa de educación, realizado por la NASA, que permite simular de manera básica perfiles aerodinámicos en corrientes de aire.

PRÁCTICA I - Principios del vuelo
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> ● Familiarización con los parámetros que definen un perfil aerodinámico ● Estudio de las variables que afectan a la sustentación generada por un perfil aerodinámico ● Familiarización con el simulador de vuelo y los instrumentos básicos de vuelo ● Estudio el vuelo recto y nivelado, virajes y entradas en pérdida
Contenidos de aprendizaje Aerodinámica, introducción a la instrumentación de vuelo y control de aeronaves.
PRÁCTICA II - La Cessna 172
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> ● Estudio del cuadro de control de la Cessna 172 ● Estudio del manual de vuelo de la aeronave ● Familiarización con las velocidades y performances características del avión ● Ejercicio de performances básico y de masa y centrado de la aeronave ● Puesta en marcha y operación de la aeronave utilizando los procedimientos estándares (check-lists) ● Realización de circuitos de tráfico de aeródromo en condiciones VFR.
Contenidos de aprendizaje Instrumentación de vuelo y aviónica analógica. Performances. Control de aeronaves. Conceptos básicos de circulación aérea en condiciones de vuelo visual (VFR).
PRÁCTICA III - Introducción al vuelo instrumental
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> ● Introducción a los diferentes sistemas y cartas de radionavegación ● Utilización básica de equipos VOR, DME y ADF ● Realización de una llegada por instrumentos (STAR) al aeropuerto de Barcelona ● Realización de una aproximación por instrumentos con el sistema ILS al aeropuerto de Barcelona ● Primeros usos de fraseología aeronáutica
Contenidos de aprendizaje Instrumentación de vuelo y aviónica analógica. Navegación. Sistemas de radionavegación convencionales. Conceptos básicos de circulación aérea en condiciones de vuelo instrumental (IFR).

Cuadro 2: Descripción de las prácticas de la asignatura de tecnología aeroespacial

Finalmente en la última práctica se utilizan un conjunto de pequeños programas que permiten el vuelo en red así como un simulador de control del tráfico aéreo. Estos programas están disponibles gratuitamente en Internet y son ampliamente utilizados en diversas asociaciones de vuelo virtual. Para más información sobre este tema puede consultarse [8], [9] o [10].

4. Metodología Docente

Tal y como se ha comentado anteriormente las prácticas se realizan en grupos de dos alumnos. Hay un total de siete prácticas diferentes realizadas en sesiones de dos horas consecutivas cada una. Todas las prácticas están divididas en dos partes muy diferenciadas. La primera parte, llamada habitualmente *estudio previo*, la realizan cada pareja de alumnos antes de acudir a la sesión de laboratorio y no requiere el uso del simulador. La segunda parte es el desarrollo mismo de la práctica con el simulador de vuelo del laboratorio.

Los alumnos disponen de un libro de texto editado por la escuela que contiene el estudio previo

PRÁCTICA IV - El Airbus A320
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> • Familiarización básica con el avión Airbus A320 y sus subsistemas • Uso del sistema automático de vuelo de la aeronave • Navegación básica instrumental (IFR) y aterrizaje automático con sistema ILS
Contenidos de aprendizaje Instrumentación de vuelo y aviónica digital. Subsistemas avión. Sistemas de radionavegación convencionales. Navegación y circulación aérea en condiciones de vuelo instrumentales (IFR)
PRÁCTICA V - El puente aéreo
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> • Estudio detallado de un vuelo completo en condiciones de vuelo instrumental (IFR) • Realización de salidas y llegadas instrumentales (SID y STAR) • Realización de una aproximación con sistema ILS al aeropuerto de Madrid • Introducción al sistema de gestión y guiado de vuelo del A320
Contenidos de aprendizaje Instrumentación de vuelo y aviónica digital. Pilotaje y gestión del vuelo automático. Navegación y circulación aérea IFR. Cartografía aeronáutica. Sistemas de radionavegación.
PRÁCTICA VI - Planificación del vuelo
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de una ruta de vuelo instrumental (IFR) completa • Cálculo del combustible a embarcar de acuerdo con la normativa JAR-OPS1 • Cálculo de performances y masa y centrado de la aeronave • Realización de un plan de vuelo IFR oficial
Contenidos de aprendizaje Navegación y circulación aérea IFR. Normativa y legislación aeronáuticas. Performances. Cartografía aeronáutica.
PRÁCTICA VII - Vuelo en red
Objetivos <ul style="list-style-type: none"> • Realización de un vuelo virtual completo con control del tráfico aéreo
Contenidos de aprendizaje Navegación y circulación aéreas. Instrumentación y aviónica digital. Pilotaje y gestión del vuelo automáticos. Control y gestión del espacio aéreo. Fraseología aeronáutica.

Cuadro 3: Descripción de las prácticas de la asignatura de tecnología aeroespacial (Cont...)

de cada práctica y una serie de guías para realizar el trabajo práctico en el laboratorio.

4.1. El estudio previo

El estudio previo consta siempre de un texto introductorio dónde se recuerdan, y en muchos casos se amplían, los aspectos teóricos necesarios que se emplearán durante el desarrollo de la práctica. Normalmente esta introducción teórica va acompañada de una serie de ejercicios o problemas que los alumnos tienen que resolver. Es responsabilidad de cada pareja de alumnos el organizarse por su cuenta para resolver de forma conjunta el estudio previo. Así pues, el trabajo cooperativo está presente desde la primera fase de las prácticas, dónde a demás de la resolución de los ejercicios del estudio previo se aconseja a los alumnos que lean todo desarrollo de la práctica con tal de anticiparse un poco a los acontecimientos de la futura sesión de laboratorio.

Todas las prácticas están dispuestas de tal forma que haya siempre una semana como mínimo entre la clase de teoría en se exponen los conceptos necesarios para la práctica, y la sesión de laboratorio en que ésta se desarrollará. De este modo, los alumnos tienen tiempo suficiente para realizar el estudio previo y resolver sus ejercicios pudiendo realizar consultas privadas al profesor e incluso, eventualmente, utilizando las horas destinadas a clase teórica. Típicamente un estudio previo requiere de 1 a 2 horas de trabajo en conjunto antes de la sesión de laboratorio.

4.2. El desarrollo de la práctica

La segunda parte de la práctica se desarrolla en el laboratorio. Cada pareja dispone de un ordenador personal, un *joystick* para controlar la aeronave y un micrófono para poder hablar con los controladores aéreos (utilizado sólo en la última sesión). Además, cada alumno tiene un par de auriculares cada uno conectados a la misma salida de audio de su ordenador.

Antes de empezar la sesión de laboratorio el profesor hace un pequeño resumen o *briefing* del contenido de la práctica y aclara posibles dudas de los estudiantes que puedan ser de interés común. Seguidamente cada pareja de alumnos empieza a realizar la práctica tal y como se les indica en el libro de que disponen.

Teniendo en cuenta que el simulador de vuelo es usado con la finalidad de ver toda una serie de conceptos de utilidad y los estudiantes no tienen porque estar familiarizados en el pilotaje de aviones, el desarrollo de la práctica está extremadamente guiado en el libro de texto. En éste se le indica a los alumnos, de manera muy detallada y paso a paso, todas las acciones que deben realizar para asegurar que se sitúe el avión en una configuración determinada para después hacer un pequeño ejercicio, observar una variable o realizar un pequeño cálculo. Se intenta asegurar pues que los estudiantes no pierdan excesivamente tiempo en intentar controlar el avión, ya que éste no es el objetivo de las prácticas, sino que centren su atención en ver y comprobar los aspectos de interés para su formación como ingenieros.

Cuando un concepto requiere especial atención en el libro se formula una pregunta dejando un pequeño espacio en el texto para que los estudiantes puedan responder brevemente. La intención no es hacer un cuestionario ni que los estudiantes tengan que entregar sus respuestas al profesor al final de la práctica sino que este tipo de preguntas sirven exclusivamente para llamar la atención a los alumnos y para que no se les pase por alto los conceptos importantes.

El cuadro 4 muestra un pequeño fragmento del libro de prácticas, donde se pueden identificar fácilmente un conjunto de acciones concretas que el estudiante tiene que realizar en el simulador y una pregunta intercalada con su propio espacio para responderla.

Tal y como pasa en los vuelos reales, durante el desarrollo de la práctica uno de los alumnos asume el papel de *piloto al mando* responsabilizándose de operar y controlar el avión. Su compañero se encarga de ir leyendo las instrucciones de lo que hay que hacer en el libro de prácticas y de ir verificando su correcta aplicación en el simulador. Más o menos a la mitad de la sesión de laboratorio, estos roles se intercambian.

⇒ Empezad pues la carrera de despegue por la pista, monitorizando en todo momento la velocidad del avión

⇒ Cuando la velocidad sea V_R (triángulo de color lila en la pantalla) empezad la rotación

El ángulo de subida es aproximadamente unos 18° . Recordad que podéis seguir las indicaciones del Flight Director (dos líneas verdes en la pantalla PFD) para realizar adecuadamente el ascenso.

⇒ Una vez comprobado que el avión está subiendo (indicador de velocidad vertical positivo) entrad el tren de aterrizaje (tecla G) y comprobad que se ha replegado correctamente

⇒ Piloto automático 1 ON

► En que pantalla de visualización queda indicado el estado del tren de aterrizaje? Cómo es el símbolo que lo indica?

Ahora el avión está subiendo a 7000 pies con la velocidad óptima de ascenso y siguiendo el rumbo de pista.

⇒ Estirad el botón HDG de tal manera que se desactive el modo RWY en la pantalla PFD. De este modo se activa el modo HDG donde el piloto automático del avión seguirá las órdenes de rumbo que vosotros pongáis en el panel FCU

Cuadro 4: Extracto del libro de prácticas de la asignatura

4.3. Evaluación de las prácticas

La gran mayoría de prácticas de laboratorio en estudios de ingeniería se evalúan de forma muy similar. Al final de la práctica el alumno o grupo de alumnos que han realizado el trabajo debe entregar un informe, más o menos complejo, para que posteriormente el profesor lo revise y lo evalúe. En muchos casos también se pide una entrega del estudio previo para así garantizar que los alumnos lo hagan. Cuando en un inicio se planteó cómo evaluar las prácticas de tecnología aeroespacial se consideró que este método de evaluación no era el más adecuado. El hecho de tener que entregar un informe o cuestionario al final de la práctica hace que muchas veces los alumnos centren su atención en el mero hecho de responder a las preguntas sin preocuparse de entender bien los conceptos. Teniendo en cuenta la densidad y la relativa complejidad de las prácticas con simulador se requiere que los alumnos se concentren al máximo con tal de realizar y entender el trabajo de laboratorio y no se pongan nerviosos ni pierdan tiempo en intentar contestar todas y cada una de la preguntas de manera presentable con tal de entregarlas al final de la sesión. Así pues, desde un principio el profesor deja claro a los alumnos que él no recogerá los cuestionarios de las prácticas y que los estudiantes deben concentrarse en aprender

y disfrutar de las mismas.

El método de evaluación por parte del profesor consiste en primeramente hacer una rápida comprobación de los estudios previos realizados por los estudiantes. No hace falta recogerlos ni pedir que se entreguen con buena presentación ya que dada a la complejidad de las prácticas los alumnos que no han hecho debidamente su estudio previo quedan rápidamente en evidencia durante la sesión de laboratorio. Así pues, durante la realización de la práctica el profesor va paseando entre los alumnos para resolver dudas o problemas que van surgiendo. Hay muchas dudas planteadas que son perfectamente aceptables, pero las hay también debidas a una mala preparación o asimilación de los conceptos. En momentos puntuales el profesor puede hacer alguna pregunta concreta a las parejas de estudiantes o comprobar delante suyo su estudio previo con tal de verificar su correcta realización. De esta manera, al profesor, le es bastante fácil determinar el grado de profundidad en que los estudiantes han trabajado y asimilado la práctica.

El profesor dispone un bloc de notas donde a lo largo de la sesión va anotando la evolución de cada pareja y distintas observaciones que puedan ser útiles de cara a su evaluación. Al final de cada sesión el profesor pone una nota numérica a cada pareja en función de las observaciones e impresiones que ha ido recogiendo a lo largo de la sesión. Cabe destacar que el profesor pone la misma nota a los dos miembros de la pareja y los trata pues como un solo ente de cara a la evaluación. Excepcionalmente si se hace muy evidente que sólo uno de los dos alumnos es el que trabaja, o si por ejemplo uno de los dos alumnos falta injustificadamente a la sesión de prácticas el profesor puede puntuar por separado el trabajo de cada miembro de la pareja.

Tal y como se ha visto en la sección 3, en la penúltima práctica los alumnos tienen que planificar un vuelo completo, determinando la ruta, el cálculo de combustible y el cálculo de masa y centrado del avión. Esto supone un trabajo considerable que ocupa toda una sesión en el laboratorio que sirve para enfocar correctamente la planificación gracias a la ayuda del profesor seguido de un trabajo en casa donde cada pareja debe acabar los cálculos y redactar un informe de su planificación de vuelo. En este caso si que se pide a cada grupo que entreguen de forma detallada el estudio de su vuelo. Éste trabajo es corregido y evaluado por el profesor.

En resumen, la evaluación final de las prácticas viene dada por todas las notas recogidas durante las diferentes sesiones (con un peso aproximado de un 60 % de la nota final) más la nota del informe de planificación del vuelo que cada grupo de estudiantes ha entregado (40 % de la nota final). Tal y cómo se ha comentado anteriormente, salvo casos excepcionales a juicio del profesor, los dos miembros de cada pareja de estudiantes tienen al final la misma nota de prácticas.

5. Valoración por parte de los estudiantes

La valoración que los estudiantes hacen de estas prácticas es en general muy buena. Este hecho está fundamentado a partir de comentarios personales entre los alumnos y el profesor de la asignatura y también en función de un par de encuestas anónimas de seguimiento.

Una primera encuesta, organizada por la escuela, se realiza a mediados de cuatrimestre y se pide a los alumnos que señalen por escrito puntos a favor y en contra de las diferentes asignaturas que cursan. En el caso de tecnología aeroespacial prácticamente la totalidad de alumnos resaltan como aspecto muy positivo la naturaleza de las prácticas. La segunda encuesta, realizada a finales de curso y organizada por la universidad, es menos detallada y simplemente pide al alumno que puntúe numéricamente su conformidad con la asignatura. En este caso, la asignatura de tecnología aeroespacial ha estado siempre evaluada por encima de la media todas las asignaturas de la escuela.

Una información muy útil y de primera mano son sin embargo los comentarios y sugerencias que los propios estudiantes han ido haciendo al profesor a lo largo del desarrollo de las prácticas. Cabe destacar que los alumnos muestran su aprobación en el método de evaluación. Al principio se temía que no estuvieran muy de acuerdo al parecer un método muy subjetivo por parte del profesor. Sin embargo los estudiantes consideran que se ven más forzados a trabajar y a aprender con éste método que con el estilo tradicional de entregar estudios previos e informes, que al fin y al cabo siempre se pueden acabar copiando de otros estudiantes. De esta forma, reconocen que algunas veces el simple hecho de no querer hacer el “ridículo” delante del simulador ya es suficiente para motivarlos a prepararse a conciencia las sesiones de laboratorio aunque en general la motivación viene dada por el interés mismo de las prácticas.

Los alumnos reconocen que el hecho de que las prácticas tengan una continuidad y que prácticamente desde el principio se esté trabajando para completar el objetivo final de volar un determinado trayecto, es un valor añadido a la motivación para el trabajo. A demás encuentran muy positivo el hecho de tenerse que coordinar con un compañero, tener que trabajar en equipo, tener que resolver conflictos que requieren una toma de decisión de inmediato etc. cosa que les permite también formarse como personas.

El autor es consciente que para completar esta valoración se tendría que programar un pequeño plan de encuestas específico para las prácticas y se pretende llevarlo a cabo en los próximos cursos académicos.

6. Conclusiones

En este documento se presentan las prácticas de laboratorio de la asignatura de tecnología aeroespacial; perteneciente a la titulación de Ingeniería Técnica Aeronáutica (especialidad en Aeronavegación). Las prácticas se desarrollan en torno a un simulador de vuelo que permite al alumno complementar y consolidar los aspectos teóricos de la asignatura de una manera más amena, divertida, próxima a la realidad y que favorece y estimula el trabajo en grupo y el aprendizaje basado en proyectos.

Cabe resaltar que estas prácticas no pretenden en ningún caso formar a los estudiantes como pilotos de avioneta o avión. Un curso básico de piloto VFR consta aproximadamente de 50 horas de vuelo real, requiriéndose centenares de horas si se desea una habilitación de vuelo

instrumental (IFR) o para pilotar un avión como el Airbus A320. Evidentemente con sólo 14 horas de simulación es imposible pensar que se puede conseguir, aunque sea parcialmente, este objetivo. Así pues, el propósito de las prácticas es que los estudiantes puedan profundizar en los aspectos teóricos de la asignatura y de este modo el profesor no evalúa en ningún caso su capacidad para pilotar con más o menos destreza la aeronave sino que lo que tiene en cuenta es si el estudiante está asimilando correctamente los conceptos en que se basa este pilotaje, la gestión del vuelo, la navegación y la circulación aéreas.

Los alumnos de esta asignatura no serán futuros pilotos, pero si serán futuros ingenieros que en ejercicio de su profesión estarán involucrados en el diseño, desarrollo o mantenimiento de muchos de los sistemas utilizados directa o indirectamente por pilotos o controladores aéreos. Así pues este tipo de prácticas permite al estudiante ponerse en el papel del piloto, aunque sea por simulación, y por tanto entender mejor las sensaciones y necesidades de quienes en definitiva son los usuarios finales de gran parte de los sistemas en que trabaja un ingeniero aeronáutico.

A través de un par de encuestas de carácter generalista y sobre todo gracias a comentarios personales de los estudiantes al profesor se confirma que este tipo de prácticas ayudan significativamente al aprendizaje del alumno en los aspectos técnicos de la asignatura y aumentan su motivación por los estudios. Cabe destacar también su contribución en formaciones más personales como la gestión de situaciones dónde se requieren tomas de decisiones o la buena coordinación con otros compañeros y el trabajo en grupo.

Referencias

- [1] Juan Luis Bravo Ramos. Los medios de enseñanza: clasificación, selección y aplicación. *Pixel-BIT*, 24, June 2004. www.sav.us.es/pixelbit.
- [2] <http://www.microsoft.com/games/flightsimulator/>.
- [3] <http://www.x-plane.com>.
- [4] <http://www.flightgear.org>.
- [5] Boletín Oficial del Estado (BOE). 26 Febrero de 2003.
- [6] <http://www.phoenix-simulation.co.uk>.
- [7] <http://www.grc.nasa.gov/www/k-12/foilsim/>.
- [8] <http://www.iva.org>.
- [9] <http://www.airhispania.com>.
- [10] <http://www.vatsim.net>.