

IMPARTICIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN ESCUELAS TÉCNICAS CON ALTO NUMERO DE ALUMNOS

Ignacio GONZÁLEZ-REQUENA

Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, 28040, España

y

Alfredo SANZ-LOBERA

Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, 28040, España

RESUMEN

El presente trabajo propone cómo abordar un problema creciente en las escuelas técnicas como es la masificación de los cursos. Para ello describe una serie de parámetros de influencia representativos y aspectos operativos aplicables a la impartición de prácticas de laboratorio en asignaturas que contienen una base predominantemente tecnológica. Se pretende que los conceptos e ideas aportadas puedan servir como base para la implantación de nuevas prácticas o bien para la adaptación de prácticas ya existentes, intentado, en la medida de lo posible, una formulación conceptual que resulte aplicable a todas aquellas asignaturas o disciplinas en las que la aplicación práctica de los conceptos estudiados suponga una parte esencial de las enseñanzas y que tengan un alto número de alumnos. La utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) debe verse como una importante fuente de recursos de apoyo a la actividad docente de prácticas, ya que favorece el acceso individual de forma simultánea, pero en ningún caso debe suponer la sustitución de la actividad presencial del alumno en laboratorio, que es esencial para la consecución de los objetivos formativos

Palabras Clave: Herramientas metodológicas para el aprendizaje práctico; métodos de evaluación de proyectos; trabajo en equipo.

1. INTRODUCCIÓN

La impartición de asignaturas en las que predomina una componente marcadamente tecnológica de tener un adecuado equilibrio entre el tiempo destinado a la impartición de conceptos teóricos, la realización de ejemplos de aplicación práctica de dichos conceptos, y finalmente la realización de prácticas en el laboratorio que permitan contrastar de manera experimental la validez de los modelos teóricos. Precisamente es en este

último aspecto sobre el que se centra el presente trabajo, ya que la realización de prácticas en el laboratorio por parte de los alumnos se considera esencial en su proceso formativo.

Aunque los planes de estudios y las diferentes disciplinas posibilitan gran número de variantes en cuanto a contenidos y horas disponibles, una primera decisión a tomar consiste en la distribución de los tiempos destinados a cada tipo de enseñanza. En este sentido, no es fácil establecer unos valores adecuados, máxime cuando intervienen otros parámetros tales como el número de profesores y/o técnicos especialistas disponibles o los recursos con los que se cuentan el laboratorio. No obstante, se considera apropiado que el tiempo destinado a las prácticas de laboratorio esté comprendido entre un 20% y un 40% del tiempo total disponible.

En el caso particular de la asignatura considerada como referencia para la realización del presente trabajo, los tiempos dedicados a prácticas es del 44%.

Una vez establecida la distribución temporal, y como un primer criterio de carácter general, se debe intentar aproximar al alumno a la realidad profesional que en un futuro no muy lejano deberá afrontar. En este sentido, cuenta de una manera muy significativa, y no debe por tanto ser pasada por alto, toda la formación en competencias transversales que el alumno pueda recibir.

Por ello, además de los contenidos propios de la asignatura, debe intentarse que el alumno se vea inmerso en un ambiente lo más parecido posible al ambiente real de trabajo, dentro de las limitaciones propias impuestas por la disponibilidad de recursos. Por este motivo, se considera importante el hecho de que los alumnos tomen parte activa en la realización de los procesos, incluso en labores que no les atañen directamente.

No se pretende que adquieran destrezas o habilidades en relación a la utilización de los equipos, pero sí que

conozcan de manera directa, cuáles son las condiciones de trabajo y el grado de dificultad que conllevan las acciones que han de realizar aquellas personas que actuarán bajo sus órdenes. Asimismo, se busca entablar una relación que, basada en el respeto mutuo, permita al alumno tomar contacto con personas que en su momento dependerán funcionalmente de él.

Solamente conociendo la situación concreta de cada puesto de trabajo es posible que el futuro ingeniero sepa elegir en cada momento la opción más adecuada para poder sacar adelante un trabajo del que él es responsable y que realiza en colaboración con otras personas que se encuentran a su cargo.

2. PARÁMETROS DE INFLUENCIA EN LA IMPARTICIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Es necesario realizar algunas matizaciones en relación a los parámetros factores que influyen de manera más significativa en impartición de las prácticas de laboratorio.

El término “prácticas de laboratorio” recoge un concepto que todos los egresados de titulaciones técnicas conocen bien a partir de su experiencia como estudiantes. Con mayor frecuencia de lo que sería deseable, en buena parte de las asignaturas que un alumno cursa a lo largo de sus estudios, la realización de prácticas queda reducida a una observación pasiva por parte del alumno de un determinado proceso o fenómeno físico generado en el laboratorio, para, posteriormente, realizar un informe acerca de lo observado y de las conclusiones que puedan extraerse.

Dependiendo del tipo de práctica, la participación del alumno puede ser más o menos activa, obteniéndose mejores resultados a medida que dicho grado de participación se incrementa, incluso en aspectos que puedan resultar aparentemente carentes de valor formativo (preparación de probetas, realización de montajes, ejecución de los ensayos, etc.). En este sentido es deseable conseguir el máximo nivel de participación, ya que de esta forma se consigue involucrar al alumno en la actividad práctica y el aprendizaje mejora notablemente.

Desde un punto de vista operativo del aprendizaje, se parte del método de entrenamiento (aprendizaje en el manejo de recursos prácticos) y se llega al método de proyectos (resolución de problemas prácticos reales) pasando por las técnicas de ensayos y constructivista [1].

Secuenciación de contenidos

Un aspecto que “a priori” parece importante tiene que ver con la secuenciación de contenidos y la coordinación entre clases prácticas y clases de teoría.

En efecto, por un lado parece deseable que el alumno que asiste a una práctica posea unos mínimos conocimientos relativos al contenido de esa práctica y de esta forma consolide el aprendizaje iniciado durante las clases teóricas. Desde este punto de vista, la secuenciación de contenidos de clases prácticas debe realizarse en función de la secuenciación de los contenidos de las clases teóricas. Sin embargo, para poder conseguir esta ordenación, y teniendo en cuenta la estructura semestral de las enseñanzas, las clases prácticas quedan relegadas a la parte final del semestre, por lo que su realización suele representar para el alumno una distracción respecto a la preparación de los exámenes, que en la parte final del semestre suele ser su preocupación fundamental. Este hecho hace que la asistencia a las prácticas pueda verse mermada y que el grado de atención y de interés por parte del alumno disminuya, no por el contenido de las prácticas, sino como consecuencia de su situación académica. Además, debe tenerse en cuenta que en algunos casos no es posible retrasar la realización de clases prácticas ya que los contenidos necesarios se explican los últimos días de clase.

La alternativa de secuenciación de contenidos opuesta a la considerada, es decir, aquella en la que los contenidos prácticos se imparten con anterioridad a los contenidos teóricos, parece pedagógicamente menos adecuada, sin embargo, tras la experiencia acumulada a lo largo de más de 20 años, los resultados obtenidos no corroboran esta última afirmación. En realidad, cuando el alumno se enfrenta a una experimentación práctica careciendo de una base teórica, se ve obligado a elaborar sus propios conocimientos a partir de la información que va recibiendo. Esta elaboración previa resulta muy positiva cuando se estudian en teoría los conceptos cuya aplicación práctica ha sido realizada previamente, y permiten que el alumno interiorice dichos conocimientos de una forma más profunda por el hecho de poseer una experiencia práctica que asocia a las explicaciones teóricas. Quiere esto decir que, seleccionando adecuadamente los mínimos conocimientos teóricos necesarios para cada práctica, la impartición previa de la misma respecto a la impartición de los contenidos teóricos no tiene por qué suponer una desventaja formativa. En este sentido es muy importante la selección de contenidos y del método pedagógico con el que impartirán, a fin de no convertir la clase práctica en una clase teórica impartida en el laboratorio. Precisamente en este punto la aportación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) resulta muy valiosa ya que facilita la presentación de contenidos al alumno minimizando los requerimientos de abstracción necesarios para su modelización y estudio durante las clases teóricas.

Tamaño de grupo y ocupación de los laboratorios

El tamaño del grupo es otro de los parámetros esenciales a la hora de organizar las prácticas de laboratorio.

Es evidente que cuanto menor sea dicho tamaño mejor será la capacidad formativa de la práctica. Por desgracia, el tamaño del grupo es un factor difícilmente regulable, ya que viene impuesto en función del número de alumnos matriculados, que, como ya se indica, es elevado y del número de profesores y técnicos especialistas disponibles para la impartición de las sesiones. Aún así, siempre existe un cierto margen de maniobra para combinar de forma optimizada la utilización de los recursos humanos y materiales con los que cuenta el laboratorio. A título orientativo, y en el supuesto de una sesión práctica en la que se manejen equipos de laboratorio, es deseable que el tamaño del grupo se encuentre entre 6 y 10 integrantes. Ello significa que, para un curso en el que se encuentran matriculados 150 alumnos, habría que formar aproximadamente 15 grupos, lo cual supondría una ocupación 15 horas semanales del laboratorio por cada hora semanal destinada a las prácticas. Esta cuestión enlaza directamente con el tamaño del laboratorio y la disponibilidad de equipos y/o máquinas que posibiliten el trabajo simultáneo de todos los integrantes del grupo.

Método de evaluación y peso global de la calificación

Otros dos parámetros a considerar son el método de evaluación a aplicar y el peso total de la calificación obtenida en el conjunto global de calificación de la asignatura.

El segundo de los parámetros viene fuertemente condicionado por el primero y a su vez, éste, depende del tiempo disponible y los contenidos que se pretendan impartir.

Una primera alternativa de evaluación se basa en que el alumno, bien de forma individual, bien trabajando en equipo, desarrolle toda su actividad evaluable durante el desarrollo de la sesión práctica. Esta alternativa presenta como principales ventajas las de asegurar la identidad del autor del trabajo y la de no gravar con contenidos extras la actividad académica del alumno. Como contrapartidas, debe tenerse en cuenta que el tiempo destinado a la realización de la actividad evaluadora supone una disminución del tiempo disponible para la impartición de contenidos y que el alumno no dispone de tiempo material suficiente como para reflexionar sobre los temas propuestos y documentarse adecuadamente a fin de elegir la opción más adecuada en cada caso. Ello conduce a un aprendizaje realizado en un nivel más superficial.

La otra alternativa de evaluación consiste en que el alumno realice su trabajo de evaluación fuera del tiempo destinado a la sesión práctica. Esto posibilita el planteamiento de situaciones evaluadoras más cercanas a la realidad profesional en las que el alumno se verá inmerso una vez finalizados sus estudios. Las contrapartidas de ésta alternativa son la carga extra de trabajo que su realización supone para el alumno y la dificultad adicional que supone el control de la autoría del trabajo.

Aspectos organizativos importantes en relación a estos parámetros tienen que ver con la forma efectiva de llevar a cabo la evaluación, independientemente de la alternativa que se haya seleccionado. En cualquier caso, es interesante fomentar el trabajo en equipo ya que se trata de una competencia transversal de gran valor formativo para el alumno. Nuevamente las TIC aportan posibilidades interesantes para conseguir mejorar este factor.

3. APLICACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE LA ETSI AERONÁUTICOS A LA ESCUELA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO (EIAE)

Las ideas previamente expuestas tienen un carácter general y pueden ser aplicadas a una amplia variedad de disciplinas. No obstante, se ha creído conveniente recoger el resultado de su aplicación particularizada a una situación concreta, ya que sólo de esta forma es posible entrar en determinados aspectos operativos, que si bien no son aplicables con carácter general, si presentan un enfoque y una ejecución que pueden ser adaptadas a otras situaciones formativas diferentes. Las asignaturas tomadas como referencia en el presente trabajo versan sobre contenidos de fabricación y organización de la producción, aunque las prácticas se centran fundamentalmente en la parte de procesos de fabricación.



Figura 1. Vista parcial del Laboratorio

Según establece el plan de estudios a extinguir [2], los alumnos de la ETSI Aeronáuticos reciben sus conocimientos de fabricación en dos asignaturas, impartidas en el segundo semestre del penúltimo curso (curso n-1) y en el primer semestre del último curso de carrera (curso n). Este aspecto, es decir el año en el que se ubica la docencia, tiene una gran importancia, no sólo por el hecho de que la carga docente de los alumnos difiere de curso a otro, sino porque el perfil y las expectativas de los alumnos se modifican de una forma muy significativa cuando comienzan a cursar su último año de carrera. Por este motivo se realiza una separación entre ambos cursos y se trabaja con esquemas diferenciados pese a la similitud de contenidos.

En el nuevo plan adaptado al EEES, el esquema de las asignaturas similares de grado de la EIAE, es parecido en cuanto a distribución pero varía en el número de alumnos de las asignaturas del curso n-1 y el curso n, ya que la primera de ellas es común a las 5 especialidades y la segunda se imparte sólo a dos de ellas. Además, la previsión más optimista prevé un incremento de alumnos del 50%.

A continuación se analiza la asignatura del curso n-1 del plan a extinguir, cuyas condiciones de contorno se recogen a continuación (Tabla 1).

RECURSO		RECURSO	
Número de alumnos	200	Técnicos especialistas	4
Curso	4 de 5	Capacidad del laboratorio	500 m ²
Profesores	4	Conocimientos previos	No
Número de sesiones	13	Número de grupos	16
Créditos de prácticas / créditos totales	3/6,75	Horas de ocupación del laboratorio	104
Tamaño del grupo	12	Simultaneidad	Sí

Tabla 1. Datos del contexto de impartición de la asignatura

Las prácticas del penúltimo curso suponen una carga de trabajo y un peso en la calificación final muy significativos. De hecho, el peso final de la calificación de las prácticas supone entre un 30 y un 40 por ciento de la calificación global de la asignatura. Cuando el alumno accede a la asignatura, salvo contadas excepciones, el nivel de conocimientos previos es muy escaso. Ello obliga a plantear un esquema de práctica lo más compacto e independiente que sea posible respecto de los contenidos impartidos en las sesiones de teoría. Es decir, el alumno debe recibir en las sesiones prácticas un amplio porcentaje de los conocimientos mínimos necesarios para la realización de la práctica ya que no resulta posible esperar a que tales conocimientos sean impartidos en las clases de teoría. Resulta primordial seleccionar los conocimientos teóricos esenciales, dejando un lado aquellos conceptos que, si bien son importantes, su desconocimiento no impide la realización completa de la práctica, y enfatizar la vertiente de aplicación de dichos conocimientos.

La primera sesión es de carácter informativo y organizativo, y durante su desarrollo no se entra en detalle en los contenidos de ninguna sesión. Esta sesión se considera imprescindible, ya que el alumno comienza una actividad que por lo general le resulta “extraña” tanto en ambiente como en contenidos. En la medida de lo posible se intenta transmitir al alumno de forma razonada cuáles son los motivos por los que se va a trabajar con el

esquema que se le plantea. La primera sesión se completa con la presentación de todo el personal implicado en las prácticas y con una rápida visita a las dependencias en las que éstas tendrán lugar. Se pretende con ello que el alumno conozca todos los recursos que van a participar y pueda ver el laboratorio como un lugar conocido y cercano. En la figura 1 aparece una vista parcial del Laboratorio en el que se desarrollan las prácticas.

Las restantes sesiones se dedican al desarrollo de cuatro prácticas cuyos contenidos han sido seleccionados teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos existentes. Las figuras 2 y 3 recogen el desarrollo de cada uno de estas cuatro prácticas.



(a)



(b)

Figura 2.- Desarrollo de sesiones prácticas: (a) deformación plástica (b) soldadura



(a)



(b)

Figura 3.- Desarrollo de sesiones prácticas: (a) metrología (b) mecanizado

Desde el punto de vista formativo, se pretende que el alumno tome conciencia de que el establecimiento de un proceso de fabricación o verificación de una pieza debe comenzar a partir de los recursos humanos y materiales disponibles. En base a ellos deben analizarse las posibles alternativas existentes en función de los participantes, su nivel de dedicación, y los equipos que vayan a tomar parte en el proceso. Es importante capacitar al alumno para la detección de los aspectos críticos asociados a la alternativa elegida así como el establecimiento de las competencias y responsabilidades de cada uno de los integrantes del equipo, incluido el propio alumno. Independientemente de los contenidos de cada práctica, su planteamiento sigue un esquema muy similar, repartiéndose la actividad del alumno en el laboratorio en tres sesiones de dos horas de duración.

Durante las dos primeras sesiones se realiza en presencia del alumno un proceso de fabricación paso a paso, presentando en cada fase del mismo los aspectos más importantes sobre los que ha sido necesario tomar alguna decisión y enfatizando aquellos aspectos que resultan más relevantes desde el punto de vista de la obtención de un producto acorde a unas especificaciones iniciales. En estas dos sesiones, los alumnos tienen posibilidad de conocer el funcionamiento de los equipos disponibles y, dentro de las posibilidades de cada situación concreta, participar en la ejecución del proceso. Las técnicas educativas aplicadas en las dos primeras sesiones son las de entrenamiento y ensayo con las que se intenta formar al alumno en un primer escalón educativo como es el conocimiento y manejo de los procesos. Se añade, además, el método constructivista; mediante este método, el alumno debe pasar de lo concreto a lo abstracto, de lo particular a lo general, de manera que, partiendo de un procedimiento de fabricación de una pieza específica, sea capaz de extenderlo a cualquier geometría, material y especificaciones de funcionamiento.

En la tercera sesión de cada práctica se entrega al alumno el plano o croquis de una pieza con características similares a la pieza fabricada durante las dos sesiones anteriores y se le solicita la realización de un informe que contenga la definición de un proceso de fabricación que, basado en los mismos recursos empleados y con un esquema similar de trabajo, permita la obtención de la pieza propuesta. Asimismo, durante esta sesión, se presentan al alumno las informaciones complementarias que previsiblemente necesitará para el desarrollo del proceso. Estas informaciones dependen de cada práctica y deben comprender el formato y la estructura de los contenidos del informe a presentar, la documentación adicional de consulta como puedan ser catálogos o ejemplos similares ya realizados, y los plazos y condiciones administrativas en las que el informe debe ser entregado. Esta tercera sesión sirve asimismo para resolver las dudas que en la fase inicial del proceso se le puedan presentar al alumno. En esta última sesión, se utiliza como método pedagógico fundamental el método

de proyectos, como colofón de los métodos aplicados en las sesiones anteriores [1].

Una vez finalizada la tercera sesión, el alumno dispone de un plazo de una semana aproximadamente para la realización del informe. Su ejecución se lleva a cabo en equipos con un número de participantes comprendido entre 3 y 4 alumnos. La calificación del informe se distribuye uniformemente entre los miembros del equipo con independencia de cuál haya sido el reparto de tareas y su participación real en el trabajo. Con este planteamiento se pretende fomentar la competencia transversal de trabajo en equipo, teniendo cuenta que los integrantes del equipo no son aquellos que uno voluntariamente elegiría, sino que vienen parcialmente impuestos por la organización de los grupos y horarios.

El establecimiento de un plazo de entrega es importante ya que acostumbra al alumno al hecho de que los trabajos y desarrollos de ingeniería van siempre acompañados de este tipo de exigencia. Se ha comprobado que un plazo amplio no beneficia el desarrollo de las prácticas. En primer lugar puede dar lugar a que se superpongan en el tiempo la realización de informes de diferentes prácticas, con lo cual la atención del alumno se dispersa más de lo que sería deseable. En segundo lugar la tendencia natural del alumno es la de apurar plazos por lo que puede producirse una excesiva separación temporal entre los períodos correspondientes a la realización del informe y la asistencia al laboratorio. Finalmente, se corre el riesgo de que una excesiva acumulación de tareas repercuta negativamente en el rendimiento del alumno en otras asignaturas. En la asignatura considerada existe una penalización cuyo valor depende del número de días de retraso en entregársi como una bonificación a los trabajos entregados con anterioridad a la fecha prevista.

4. CONCLUSIONES

Se analizan los parámetros de influencia desde un punto de vista práctico y se aplican los aspectos operativos a dos asignaturas que se cursan en la actualidad.

Las ideas básicas del esquema se vienen aplicando desde hace más de dos décadas [3] y por lo tanto, desde esta perspectiva, el empleo del término “innovación” puede resultar contradictorio. No obstante, observando el conjunto de disciplinas y enseñanzas relacionadas con las asignaturas aquí presentadas, y los trabajos presentados por otros miembros de la comunidad universitaria, [4-5] puede calificarse como innovadoras una gran mayoría de tales acciones.

A modo de ejemplo, una de las informaciones solicitadas a los alumnos en la entrega de su informe, años antes de la reunión de Bolonia en la que se gestó el Espacio Europeo de Educación Superior, ha venido siendo el tiempo total empleado en la elaboración del informe. Esta información no se solicita con intenciones evaluadoras,

sino para conocer de una forma aproximada la carga global de trabajo que la elaboración de todos los informes suponían para los alumnos y de esta forma corregir posibles desviaciones respecto a unos valores prefijados. La utilización del crédito ECTS en lugar del número de horas lectivas, comparte esta filosofía, ya que busca la consecución unos objetivos académicos acordes con la disponibilidad real de tiempo del alumno.

La evolución de los medios informáticos, tanto en programas de software específicos como en programas genéricos de elaboración/presentación de informes han estado presentes de forma continua en el desarrollo de las prácticas, y han posibilitado la realización de trabajos e informes con unos contenidos cuya elaboración hubiese resultado impensable hace tan sólo unos pocos años.

Sin perder de vista el espíritu innovador inherente al planteamiento descrito, la irrupción de las TIC en el mundo académico también ha permitido una mejora en el esquema organizativo de las prácticas, fundamentalmente desde el punto de vista de interacción con el alumno y de posibilidades de difusión de la información necesaria para la realización de los trabajos. Este sentido cabe destacar la utilización de las plataformas b-learning [6]. Con independencia de otras posibilidades que ofrecen estas plataformas, están la posibilidad de mantener privacidad en la información de la asignatura o la rapidez y generalización de la transmisión de la información una, etc...

Existen numerosas vías aún inexploradas que ofrecen grandes posibilidades de innovación docente. En este sentido pueden citarse a modo de ejemplo el desarrollo de métodos de generación automatizada de cuestiones de autoevaluación [7], la realización de "wikis" temáticas relacionadas con los contenidos prácticos [8] o la incorporación de técnicas de realidad virtual [9-10].

Como conclusión final, cabe indicar que las nuevas tecnologías son herramientas de gran utilidad desde el punto de vista de innovación educativa y favorecen el aprendizaje individual sin aumentar el esfuerzo en las enseñanzas, sin embargo, la verdadera innovación educativa nace cuando un equipo de personas debidamente motivadas y adecuadamente coordinadas es capaz de involucrar a los alumnos en el proceso de aprendizaje, y que ello puede conseguirse sin necesidad de unos grandes recursos materiales.

5. REFERENCIAS

[1] I. González Requena; J. Casado Corpas; A. Castejón Rosauro; A. Sanz Lobera "Metodologías Educativas en el Aprendizaje Práctico de Procesos de Producción" Actas del XVII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valencia (2009).

- [2] Resolución de 10 de mayo de 2000, BOE 132, 2 junio, pp 19573-19594, (2000)
- [3] Acta reunión Profesores-Alumnos. Fabricación y Organización de la Producción. ETSI Aeronáuticos-UPM, Junio (1987).
- [4] C. Pérez Barreiro, F. Martínez Rodrigo et al, "Análisis de Diversas Actividades Orientadas a la Adquisición de Competencias Genéricas", Actas del XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Cádiz (2008).
- [5] J. Ramírez, M.V. Lapuerta, et al, "Estrategias Metodológicas en el Programa Mentor de Aeronáuticos. Experiencias y Resultados", Actas de las II Jornadas de Intercambio de Experiencias de Innovación Educativa UPM 2008, Madrid (2008).
- [6] Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. <http://moodle.org>
- [7] A. Sanz Lobera, I. González Requena, "Generación Automática de Ejercicios de Aplicación en Asignaturas Tecnológicas", Actas del XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Cádiz (2008).
- [8] J. de Juanes Márquez, J.M. Pérez "Entorno colaborativo (WIKI) para el aprendizaje en el área de automatización de los procesos de fabricación", Actas del XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Cádiz (2008)
- [9] Rubio Alvir, E.M.; Sebastián Pérez, M.A.; Sanz Lobera, A., "Creación de Laboratorios Virtuales para la Formación Práctica en Ingeniería de Fabricación", Actas de la Conferencia Internacional Virtual-Educa, Valencia (2002).
- [10] Alfredo Sanz, Ignacio González, Agustín Castejón, José Casado. "Utilización de Realidad Virtual en las enseñanzas de procesos de conformado con eliminación de material en Máquinas-Herramienta de Control Numérico" Actas del XVIII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Santander (2010)