

METODOLOGÍAS ACTIVAS COMO MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL

María Jesús Casati Calzada, José Jaime Rúa Armesto, José Luis Pérez Benedito, José Juan Aliaga Maraver, Javier Pérez Álvarez

Departamento de Vehículos Aeroespaciales. Escuela Universitaria de Ingeniería
Técnica Aeronáutica. Universidad Politécnica de Madrid
Plaza Cardenal Cisneros, 3. Madrid/España, 28040.
mariajesus.casati@upm.es , josejaime.rua@upm.es , joseluis.perez@upm.es
jj.aliaga@upm.es , javier.perez@upm.es

Resumen

Se describe una experiencia de introducción en diferentes métodos rápidos de construcción de maquetas, en los que el Aprendizaje Cooperativo con contenidos transversales constituye una herramienta esencial, no sólo para su desarrollo en el aula sino como garantía y acento en el aprendizaje, dejando en mano del alumno los medios para una posterior inmersión con el empleo de las múltiples posibilidades que se le ofrecen.

Esta forma práctica de abordar una parte de las asignaturas (“Expresión Gráfica” de 1º e “Ingeniería Gráfica Aeroportuaria” de 3º de la EUIT Aeronáutica), mejora la percepción y la visión espacial de las figuras geométricas, necesario para desarrollar las primeras fases del diseño. El método de trabajo ha consistido en incorporar la construcción de maquetas geométricas (con materiales sencillos como palillos, barritas imantadas y con una herramienta informática como AUTOCAD o CATIA) y la creación de documentación relacionada con ello constituyendo un entorno interactivo de aprendizaje para el alumno.

El desarrollo de las maquetas estimula las habilidades de visión espacial, el dibujo de croquis y el análisis de estructuras y mecanismos. Así mismo se le ha proporcionado un aprendizaje cooperativo evaluado en sus trabajos, en sus presentaciones y en el examen final. Se presenta como resultados del trabajo las calificaciones, mostrando una notable mejoría en la reducción del abandono de la asignatura y la encuesta realizada por los alumnos al finalizar el curso en la que mayoritariamente se apoya la iniciativa y la consideran como una herramienta imprescindible en el desarrollo de la capacidad de la visión espacial.

1. Introducción

La principal idea de este proyecto se origina a partir de una deficiencia constatada no sólo por los profesores sino también medida en la prueba de aptitudes de los alumnos de nuevo ingreso de la UPM (todos de ingeniería-arquitectura) realizada por el vicerrectorado [1]. De las cuatro categorías en que se descompone la materia de las preguntas: razonamiento abstracto, razonamiento numérico, razonamiento verbal y razonamiento espacial, esta última produce resultados muy por debajo del baremo establecido, mientras que en las otras tres categorías sucede lo contrario, tanto con los

alumnos que acceden a Escuelas Universitarias como con los que lo hacen a Escuelas Técnicas Superiores.

Siendo importantes las cuatro divisiones establecidas, la de relaciones espaciales tiene en muchos casos la esencia que distingue la formación de ingeniero-arquitecto frente a otras que no lo son.

La visión espacial ha sido descrita como, la capacidad para manipular mentalmente, hacer rotar, torcer o invertir las imágenes de los objetos [2]. Algunos autores afirman que la visión espacial es una habilidad innata y que no puede ser aprendida, otros demuestran que puede desarrollarse con ejercicios interactivos [3].

2. Objetivos iniciales de la experiencia. Asignatura e Innovación

Las asignaturas de Expresión Gráfica e Ingeniería Gráfica que se imparten en la carrera de Ingeniero Técnico de Aeropuertos de la E.U.I.T. Aeronáutica de Madrid, tienen como objetivos docentes: *“Análisis de los principios generales sobre diseño geométrico, funcional y los específicos de los elementos e instalaciones propias del sector. Interpretar y confeccionar los documentos gráficos, para el diseño, mantenimiento y explotación de campos de vuelo, terminales e instalaciones. Conocimiento de las aplicaciones informáticas más generalizadas en el sector”*.

La experiencia de innovación educativa ha consistido en incorporar la construcción de maquetas geométricas (con materiales sencillos como palillos, con barritas imantadas y con una herramienta informática como AUTOCAD o CATIA) y la creación de documentación relacionada con ello (búsqueda en internet, traducción de artículos de Synergetics de Richard Buckminster Fuller y acciones de los diversos equipos) constituyendo con ello un entorno interactivo de aprendizaje para el alumno. El desarrollo de las maquetas estimula las habilidades de visión espacial, el dibujo de croquis y análisis de estructuras y mecanismos. Así mismo se le ha proporcionado un aprendizaje cooperativo evaluado en sus trabajos, en sus presentaciones y en el examen final.

Para ello se ha confeccionado las orientaciones, la coordinación y los medios tecnológicos poniendo en juego la teoría y la práctica; evidenciándose que el hacer material ameniza y fomenta el aprendizaje entre iguales (ellos mismos lo hacen interactivo y dinámico) constituidos en equipos de múltiple configuración.

También se cuenta con la plataforma Moodle para la disposición de la información del curso, de buena parte de la teoría, de problemas y de sus soluciones.

3. Descripción de las sesiones prácticas

El aprendizaje cooperativo se ha materializado en el aula en cuatro sesiones de dos horas y una quinta sesión de una hora, si bien su preparación por parte del alumno ha requerido un tiempo extra, tanto más generoso según su particular grado de implicación e interés. Esa libertad ha sido especialmente interesante, quedando demostrado, a través

de los trabajos y las consultas en tutoría, la gran responsabilidad alcanzada por los alumnos en general.

Las dos primeras sesiones (Figuras 1, 2 y 3) consistieron en la construcción, con diferentes medios, de estructuras espaciales a partir de: triángulos equiláteros, de tetraedros y de octaedros, dibujándolas y deduciendo sus grados de libertad. Ante la falta de experiencia y la escasez de materiales con que surtir a todos los alumnos, se les ofreció escoger entre tres opciones: un tercio de los alumnos eligieron trabajar con Autocad, otro tercio construir maquetas con palillos y los otros eligieron la tarea de documentación de la experiencia con traducciones y documentación de la red.



Figura 1. Primeros pasos con palillos. Tetraedro y octaedro.

La construcción de estructuras con palillos requiere la acción del profesor fijando la disposición de los alumnos y del material que comparten. Se emplea cola blanca de secado rápido debiendo poner en los nudos la menor cantidad posible. La primera celda consiste en un triángulo equilátero, que se consigue sin necesidad de instrumentos de medida, pues la mera disposición de tres palillos con sus extremos encolados fija una única y rígida figura ya que queda plenamente determinada por las tres restricciones que imponen las medidas de sus tres lados. Es la condición geométrica de las estructuras isostáticas lo que permite su construcción, y la experimentación de sus fases de montaje es también parte del aprendizaje teórico-práctico al que se aspira.

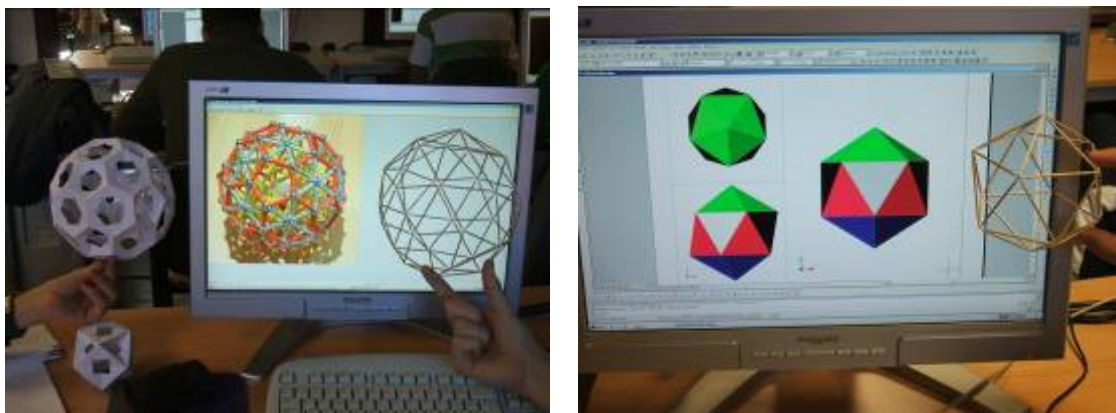


Figura 2. Interacción de documentadores con maquetistas de una u otra especie.

Para otros alumnos, la construcción con Autocad u otro programa de diseño aporta el consabido manejo de una herramienta necesaria, pero específicamente va a requerir el análisis geométrico exacto para poder construir en el espacio algo que el programa no tiene preelaborado. El profesor será requerido en las dudas sobre las relaciones geométricas y en las dificultades que surgen en el manejo inexperto del programa de diseño que utilizemos.

Estos dos grupos refrescan su labor observando el trabajo que hacen otros equipos, de distinta o igual especie, apoyándose en las maquetas de los otros para avanzar en las suyas. La documentación que les dio el profesor consistía en croquis con instrucciones sobre el tetraedro, el octaedro, el icosaedro y de algunas de las formas estructurales que se derivan de ellos, así como algunos modelos de las maquetas que debían intercambiar.

El trabajo de los “documentadores”, como inicialmente no podía recoger resultados de los otros alumnos, empieza con la búsqueda de información procedente de Internet, sigue con la toma de fotografías de lo realizado en el aula, etc. Es muy destacable la dirección de Rafael Millán para construcción de maquetas la dirección de Rafael Millán [4] para construcción de maquetas con imanes y la lista de Fearnley [5] para documentación sobre Fuller.

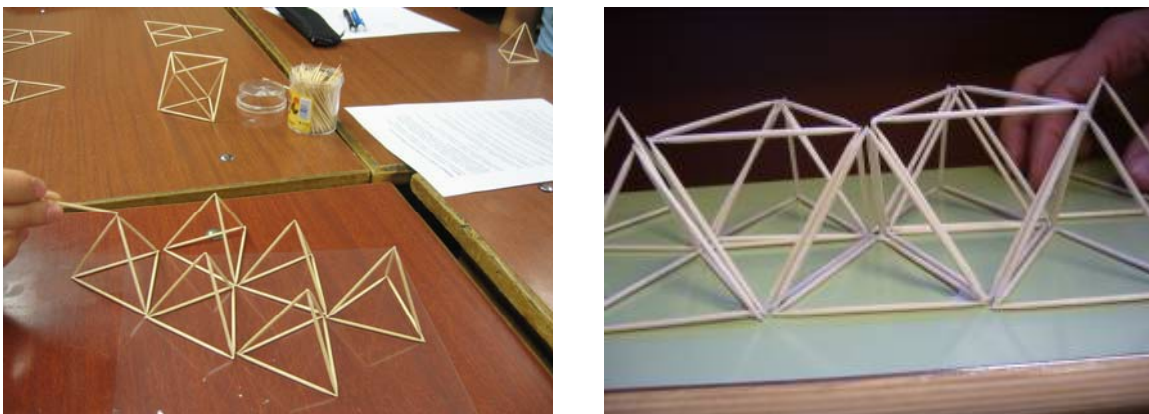


Figura 3. Asociación tetraedro octaedro.

La tercera sesión tenía por objeto que el alumno construyera en el aula una serie de siete maquetas y las dibujara simultáneamente, experimentando el dibujo, la coordinación del equipo y el movimiento del mecanismo hasta su montaje final como estructura isostática. La doble y recíproca satisfacción de profesores y alumnos hacen de ella una experiencia recomendable por sí sola, utilizando unos medios nada sofisticados que se pueden obtener en poco tiempo.

En el primer instante de la clase se formaron equipos heterogéneos de tres personas (una de cada especialidad de las existentes en las dos primeras prácticas) para construir con imanes estructuras espaciales cuyo modelo se les daba en palillos. En concreto se entrega a cada equipo un icosaedro montado (Figura 4), por lo tanto 30 barras imantadas con 12 nudos de acero, y una estructura en palillos (de entre seis modelos distintos

también de 12 nudos y 30 palillos, dispuestos en las Figuras 5 y 6) que deben montar con barras-nudos y dibujar, para que, después de la verificación del profesor, construir una nueva pieza cuyo modelo en palillos intercambian con otro equipo que también hubiera terminado de construir la suya.

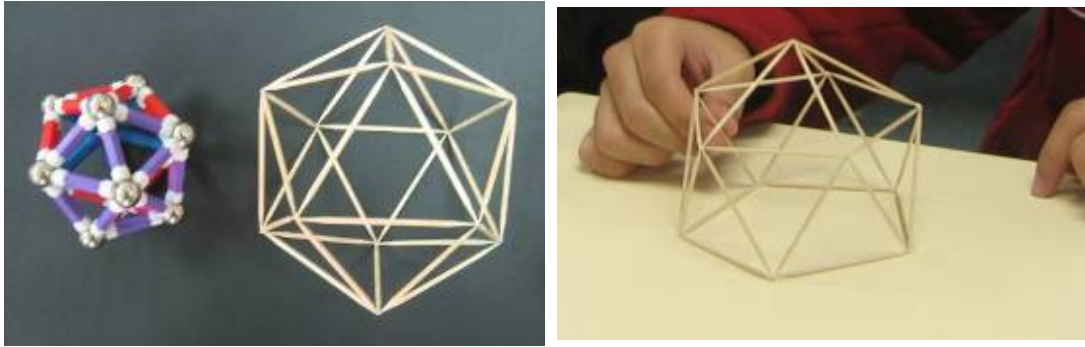


Figura 4. Icosaedro. Fases de construcción.

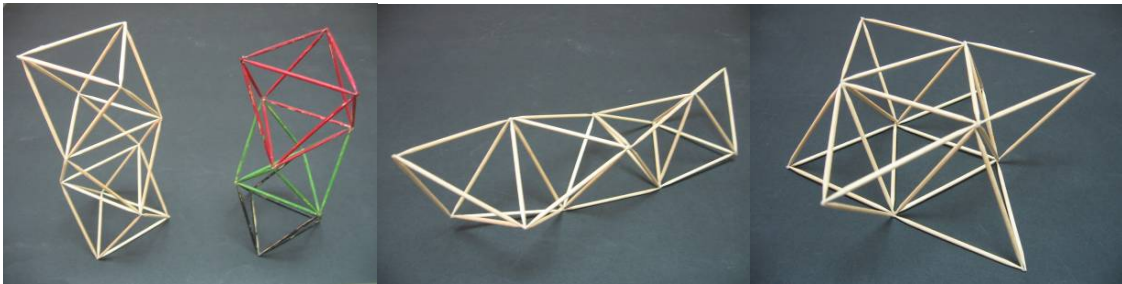


Figura 5. Torre de tres octaedros. Sucesión de nueve tetraedros. Estrella octaedro-tetraedros.

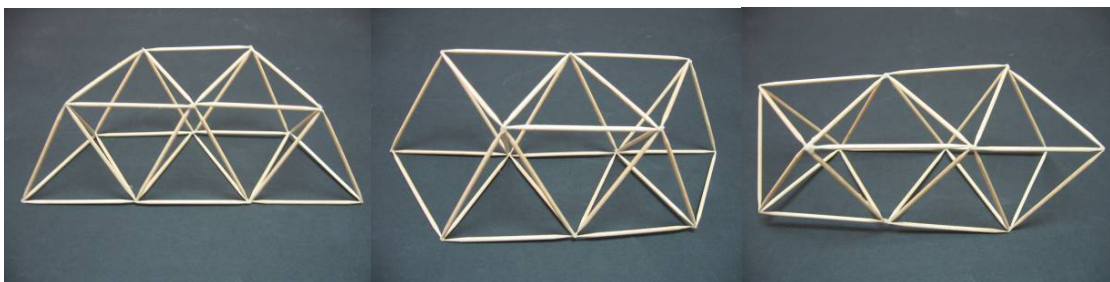


Figura 6. Dos asociaciones de octaedro tetraedro. "Pez", no octaedro ni tetraedro.

Otros modelos extra requieren barras y nudos adicionales y permiten experimentar con lo táctil la libertad espacial en un mecanismo preestructural.

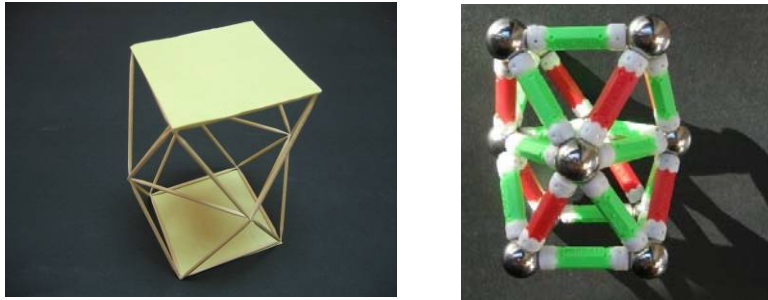


Figura 7. Torre de 3 planos cuadrados, 12 nudos y 28 barras, que tiene 2 grados de libertad.

La cuarta sesión consistió en una práctica de diseño por ordenador dirigida por aquellos alumnos que en las dos primeras sesiones habían trabajado con él. Dos monitores prepararon la sesión en la que el profesor tuvo la oportunidad de traer a colación los medios operativos más eficientes de Autocad en relación con los proyectos aeroportuarios.

En la media sesión última se ofreció la oportunidad a los “documentadotes” y “traductores” de exponer su trabajo con diapositivas. En todos los casos presentaron una documentación evaluable y con un acabado de gran calidad.

4. Las competencias transversales

Esta experiencia logra la consecución de las competencias genéricas propias de las asignaturas de expresión gráfica en una ingeniería, al mismo tiempo que supone un alto grado de desarrollo de competencias transversales genéricas tales como:

- Resolución de problemas de forma creativa, variada y relacionada.
- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de abstracción e idealización.
- Exposición de razonamientos en público.
- Trabajo en grupo.
- Fomento de la curiosidad e interés por aprender cosas nuevas, profundizar en los fundamentos científicos de las técnicas que se aplican y facilidad para el autoaprendizaje.

Por otra parte queda probada la relación con los temas de estructuras y mecanismos, los cuales parten siempre de un planteamiento geométrico. Una exploración más avanzada nos llevaría a estructuras tensegríticas (tensión continua y compresión discontinua), de las que se tiene experiencia con el tetraedro, el icosaedro y algunas estructuras mixtas.

La asignatura de Química, encuentra en el tetraedro un rápido soporte para describir geoméricamente algunas de sus moléculas, ángulos de los enlaces, etc. Un poco más complejo como la agrupación hexagonal compacta se puede construir tanto con papel,

como con palillos y por supuesto con imanes. Ampliando las razones anteriores, la Mineralogía y las ciencias de los materiales pueden sacar provecho facilitando, entre otras cosas, la definición de los siete sistemas cristalinos.

El balón de fútbol (fullereno C₆₀ en la Figura 2), tiene aplicación tanto en química como en diseño de bóvedas geodésicas por evolución del icosaedro.

Muchas otras aplicaciones, que sólo citamos por encima, como en asuntos de organización, toma de decisiones, mantenimiento, etc., encuentran usos en las superficies poliédricas concertadas con la teoría de grafos.

5. Efectos positivos de la experiencia

Desde el primer momento hay una sensación muy positiva respecto a la relación alumno-profesor, que se constata en una colaboración mayor de lo habitual, que puede deberse al compromiso claro establecido por escrito y al interés que despierta la novedad de la experiencia. A partir de ahí se producen avances y fracasos perfectamente descriptibles, en todas las sesiones planificadas.

Para algunos alumnos significó su primera señal de vida en la asignatura, pues todavía no los teníamos registrados y se quedaron como los únicos que no escogieron actividad, siendo precisamente esta práctica lo que les incitó a aparecer e incluso a seguir el sistema de evaluación continua.

Los operadores del programa de diseño encontraron otros procedimientos alternativos a los que se ofrecía en el guión de la práctica.

Para la construcción con imanes se constituyeron nuevos equipos el trabajo elaborado durante esta práctica permitió establecer diferencias en las notas por equipo de cada uno de los miembros.

Hubo una circunstancia tan especial como un corte eléctrico en todo el edificio al poco tiempo de empezar la clase, a pesar de ello se pudo trabajar con la iluminación natural, mientras en otras aulas se perdió la clase al depender de la pizarra o de las proyecciones.

El buen seguimiento y aprendizaje en la sesión de Autocad en el laboratorio en la que uno de los alumnos del grupo de Autocad impartió una clase teórico-práctica sobre la organización del trabajo en los ficheros para un proyecto de Aeropuerto y la construcción en tres dimensiones de algunas de las piezas que ya anteriormente habían construido con palillos o con imanes.

En la última sesión resultó llamativa la buena preparación de algunos trabajos, pero sobre todo fue muy destacada la exposición de algunos alumnos, que si bien no aprobó, si encontró un motivo para engancharse a una asignatura que por alguna causa no había seguido de cerca en los primeros pasos del curso. Detalle que veremos como se traduce en la disminución de la tasa de abandono.

6. Resultados académicos

De los 41 alumnos que participaron en alguna de las actividades del curso (tabla siguiente), cuatro de ellos no concluyeron el proceso con el examen final, resultando que 35 estudiantes aprobaron y dos suspendieron ambos con notas superiores al cuatro. Después, en Junio y dando 100% de la nota al examen, aprobó el alumno presentado.

CURSO	ALUMNOS MATRICULADOS	APROBADOS	SUSPENSOS	NO PRESENTADOS
2008-09	41	85%	5%	10%
2007-08	43	72%	16%	12%
2006-07	44	66%	5%	18%
2005-06	22	64%	14%	23%
2004-05	25	68%	12%	20%

Es muy notable la disminución del porcentaje de alumnos no presentados, el primer año que se realiza esta experiencia, aunque aumente el porcentaje de los suspendidos, también aumenta el de aprobados que indudablemente es lo más interesante. Por otra parte las estadísticas de este último curso académico se obtienen tasas más bajas de suspensos y no presentados, mejorando notablemente los aprobados.

7. La encuesta del alumno. Interpretación y valoración

El resultado de la encuesta y la consideración tan evidente mostrada hacia las prácticas por los alumnos hace pensar en el profesor en un cambio en los métodos docentes aumentando el número de ellas.

El aprendizaje cooperativo cambia el escenario y amplía los objetivos docentes, pues de lo que antiguamente se decía “tienes que formarte para toda la vida”, debido al recorte de los ciclos tecnológicos hay que pasar al “toda la vida formándose”, como revelan los profesores Bará y Valero en sus talleres de formación [6].

PREGUNTAS	RESPUESTAS
P1.- ¿Son convenientes estas prácticas?	TODOS SI
P2.- Indicar aspectos de mejora	Visión espacial, perspectiva y manejo de distintas herramientas

	<p>Conocimiento de los términos correctos y visión espacial</p> <p>Desarrollar nuevas capacidades de adaptación y mejorar las ya existentes</p> <p>El uso de autocad</p> <p>Aspectos espaciales</p> <p>Entendimiento de la asignatura y conocimiento de las estructuras que se formen</p> <p>Mejora en la concepción espacial de la estructura</p> <hr/> <p>Debería de haber un guión para las prácticas de Autocad y tal vez dedicarle más tiempo al programa</p> <p>Guión de prácticas</p> <p>Aspectos espaciales</p> <p>Más horas de prácticas</p> <p>Más horas de prácticas de Autocad</p> <p>Profundizar en las prácticas de ACAD</p> <p>Más prácticas</p> <p>Tener mayor número de ellas</p> <p>Alternar las actividades entre grupos</p> <p>Más explicaciones para poder aprender algo, ya que la gente solo demuestra lo que sabe</p> <p>Hay mucha gente que no hace nada, sería bueno controlar eso</p> <p>Explicaciones claras y metódicas. Ayuda por grupos</p> <p>Con una presentación de powerpoint de una hora explicando el tema y la metodología de construcción se podría finiquitar el tema en menos tiempo</p> <p>Rotación de las actividades</p>
<p>P3.- ¿Horas de trabajo fuera del aula?</p>	<p>MEDIA 2</p>

Las conclusiones a las tres preguntas formuladas podrían ser las siguientes:

P1.- Resulta significativo, pero mucho, que a la pregunta ¿son convenientes estas prácticas?, todos los alumnos encuestados respondan que sí.

P2.- A la pregunta abierta sobre los aspectos de mejora, se detecta una mayor demanda de estas actividades junto con una contribución crítica en cuanto a los medios empleados y una petición de guía y control.

P3.- Las respuestas sobre el tiempo de dedicación tranquilizan por el lado de no producir excesiva carga de trabajo, a la vez que identifica la tendencia, inevitable en los alumnos, a considerar definitivamente cerrados los contenidos de las asignaturas en cuanto han sido capaces de aprobarlas.

8. Conclusiones y expectativas para el futuro

Esta iniciativa desarrollada durante los cursos académicos 2007-2008 y 2008-09, se ha mostrado como una herramienta positiva en el cambio del perfil del graduado que se propugna en el contexto del EEES, pues refuerza los cuatro pilares del aprendizaje deseable: conocimientos (aprender a conocer), competencias (aprender a hacer), habilidades (aprender a vivir juntos) y valores (aprender a ser) [7].

En cuanto a la transversalidad, este entorno de aprendizaje se conecta con otras materias de ingeniería (Matemáticas/Grados de libertad, Física/Mecanismos, etc.), estando en sintonía con el prólogo de Puig Adam a su libro de Geometría Métrica [8], "...la formación del técnico consiste en aprender a ver y a pensar. (...) Aprender a ver el contenido matemático abstracto de los hechos reales, y a proyectar en el campo concreto los resultados de los razonamientos abstractos".

Este curso académico se ha desarrollado otra actividad que incorpora la competición como medio que favorece el desarrollo de técnicas y la difusión de conocimientos, de lo cual se tiene una buena referencia en la high school norteamericana, consistente en construir un puente de dos pies de luz con palillos para someterla a la máxima carga que pueda aguantar (del orden de 16 kg para 57 g de puente) [9]. El concurso consiste en el diseño, construcción y documentación de un puente de palillos para su ensayo en carga bajo unas condiciones preestablecidas (luz, canto, ancho, disposición de la carga, etc.). La clasificación de los concursantes (la nota de la práctica, en caso de formar parte del proceso de evaluación) se determina por la relación entre la carga soportada y el peso de la propia estructura. Para esta práctica se han realizado equipos de trabajo fomentando el trabajo en grupo. En la Figura 8 se muestra una fase del concurso.

Se tienen en estudio la expansión de esta experiencia mediante la diseminación al entorno de las enseñanzas medias con la participación de los profesores de Bachillerato, formando y dotando de los materiales, de las técnicas y de los contenidos formativos.



Figura 8. Concurso del puente de palillos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica la ayuda concedida a través de los proyectos de Innovación Educativa IE 08013557 e IE 08013543.

REFERENCIAS

- [1] Universidad Politécnica de Madrid. *Informe Demanda-UPM. Perfil de los alumnos de nuevo ingreso. Curso 2005-2006*. UPM, Madrid, 2006.
- [2] Lord, Tomas R., Enhancing the Visuo-spatial Aptitude of Students, *Journal of Research in Science Teaching*, (22), 395-405, 1985.
- [3] McGee, M., Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal, and Neurological Influences". *Psychological Bulletin*, 86, 889-918, 1979.
- [4] www.textodigital.com
- [5] www.cjfearnley.com
- [6] Bará, Javier; Valero, Miguel. *Técnicas de Aprendizaje Cooperativo*. Taller de formación del profesorado de la UPM. Madrid, enero 2006.
- [7] Torres Jiménez, Jorge. *Taller de PBL (Project Based Learning): Una Aproximación Práctica a la Técnica Didáctica*. EUIT Aeronáutica, Madrid. Julio 2007.

- [8] Puig Adam, P. *Curso de Geometría Métrica. Tomo I y II*. Biblioteca Matemática, Madrid, 1952.
- [9] J. Baldwin, *Bucky Works*, The Octet Truss, p. 73, Editorial WILEY, New York, (1996).