



# Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva: Impacto en el rendimiento académico.

## Implementing computer-assisted tools in the teaching of descriptive geometry: Impact on the academic performance.

Javier Pita Andreu<sup>1</sup>, Óscar López- Zaldívar<sup>\*1</sup>, Agustín Balcázar Fernández<sup>1</sup>, Rafael Vicente Lozano-Diez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Tecnología de la Edificación. Escuela Técnica Superior de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid.

\* Corresponding author email: email: oscar.lopez@upm.es

Recibido: 15/03/2019 | Aceptado: 13/12/2019 | Fecha de publicación: 31/12/2019  
DOI: 10.20868/abe.2019.3.4233

### TITULARES

- Metodología para incrementar el interés de los alumnos en la Geometría Descriptiva
- Enseñanza de la Geometría Descriptiva usando programas de CAD sin convertirnos en profesores de la herramienta digital
- Adaptación de la enseñanza del Sistema Diédrico con programas de diseño asistido
- Reducción del absentismo en clase con respecto a cursos anteriores.

### HIGHLIGHTS

- Methodology to increase the interest of students towards Descriptive Geometry
- A new approach to the teaching of Descriptive Geometry using CAD in such a way that we do not become just teachers of the software used
- Novel adaptation of the classical curricula of the Method of Gaspar Monge (Diedric System) used in technical degrees in Spain to computer-aided design.
- This methodological adaptation has lowered the degree of absenteeism in relation to previous courses.

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

---

## RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados académicos obtenidos a raíz de la implantación de una experiencia docente en la utilización de herramientas informáticas de diseño asistido por ordenador para la enseñanza de la Geometría Descriptiva en el Doble Grado en Edificación y Dirección y Administración de Empresas de la Universidad Politécnica de Madrid. Se expone la nueva metodología utilizada, el programa académico desarrollado, incluidas algunas de las construcciones más interesantes en la resolución de problemas geométricos estudiados, y los resultados académicos obtenidos. El seguimiento se realizó a través de una encuesta anónima dirigida a todos los alumnos matriculados. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, la utilización de TIC's ha permitido aumentar la estimulación y el interés de los alumnos hacia la asignatura de geometría descriptiva, mejorando su comprensión espacial y aumentando sus conocimientos. Las calificaciones finales han sido cualitativamente mejores y el número de alumnos aprobados en relación a los del curso anterior, ha crecido cerca de un 10%. Además, la impresión subjetiva del profesorado es que lo aprendido por el alumno dejará un mayor poso que el derivado de otros procedimientos de enseñanza tradicional. Por añadidura a lo anteriormente mencionado, el grado de absentismo cosechado fue inferior al de cursos pasados.

**Palabras clave:** *Geometría Descriptiva; Diseño Asistido por Ordenador; 3D; Rendimiento académico; Aprendizaje Electrónico; Innovación Educativa.*

---

## ABSTRACT

This article presents the academic results obtained due to the implementation of a teaching experience in the use of computer aided design tools for the teaching of Descriptive Geometry in the Double Degree in Building and Management and Business Administration of the Universidad Politécnica de Madrid. It presents the new methodology used, the academic program developed including some of the most interesting examples in the resolution of geometric problems, and the learning outcomes obtained. The monitoring of the experience was done through an anonymous survey addressed to all students enrolled in the subject. According to the analysis of the results achieved, the use of ICTs has allowed to increase the stimulation and the interest of the students towards the subject, improving their spatial understanding and increasing their knowledge of geometry. The final grades have been qualitatively better and the number of passing students compared to those in the previous year has grown by about 10%. In addition, the teaching staff has the feeling of having achieved a "better learning" than that derived from other methods. On top of that, the rate of absenteeism was lower than in previous courses.

**Keywords:** *Descriptive Geometry; Computer Assisted Design; 3D; Academic performance; Electronic Learning; Educational Innovation.*

---

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior ha exigido a todos los docentes universitarios, y especialmente a los de expresión gráfica la adaptación de los contenidos de sus asignaturas a través de las nuevas tecnologías (1, 2), así como al desarrollo de nuevos instrumentos de evaluación de competencias que valoren las capacidades de los alumnos a partir de sus habilidades, para dar respuesta a situaciones en las que se encontrarán como profesionales en un futuro cercano (3). Todas estas modificaciones estructurales han debido ser adaptadas desde el punto de vista de la evaluación continua de los estudiantes, tratando de evitar un cierto conformismo por parte del alumnado (4)

Dentro de las asignaturas de expresión gráfica de las Escuelas Técnicas, la Geometría Descriptiva viene justificada en los distintos planes de estudio desde un triple aspecto:

- 1º En primer lugar se menciona la utilidad de sus contenidos para poder trasladar los objetos tridimensionales a las dos dimensiones y viceversa, de tal forma que se pueda reconstruir la realidad tridimensional partiendo de una información bidimensional (5)
- 2º En segundo lugar también se alude a la utilidad de la Geometría Descriptiva desde el punto de vista de adquirir unas capacidades que posibiliten la resolución de problemas geométricos espaciales complejos (6, 7)
- 3º Por último, se suele mencionar un tercer aspecto, que se podría definir como un “efecto colateral” del estudio de la geometría, y es el desarrollo de la llamada “inteligencia espacial” (8-11)

Si analizamos estos tres aspectos vemos que el primero de ellos resulta trivial en algunos Sistemas de Representación y en concreto en el Sistema Diédrico, que es el que se estudia en mayor profundidad en las Escuelas de Edificación (12). Efectivamente, el estudio del Sistema Diédrico (así como del Sistema de Planos Acotados, segundo en importancia en los estudios de edificación) está dirigido fundamentalmente al segundo de los aspectos antes mencionados: la resolución gráfica de problemas geométricos complejos.

Es decir, de los cuatro sistemas que se estudian habitualmente en nuestras escuelas, únicamente los de menor importancia para el Arquitecto Técnico, Axonométrico y Cónico, requieren de una fundamentación geométrica de cierta complejidad en el paso entre dos y tres dimensiones.

Si el Sistema Diédrico se entiende como el de mayor importancia, cabe concluir que la principal justificación de nuestra disciplina es la resolución gráfica de problemas geométricos (13).

Ahora bien, como puede corroborar cualquiera que se haya entretenido en resolver cuestiones geométricas de cierta complejidad, los programas tridimensionales de informática gráfica constituyen una herramienta de mucha mayor potencia que el Sistema Diédrico. Tanto es así que la configuración formal de buena parte la arquitectura más destacada del último cuarto de siglo sólo se entiende gracias a este tipo de programas. Todo ello hace ineludible la necesidad de incorporarlos a la docencia de nuestra disciplina (14).

En este punto, la cuestión que ya se lleva debatiendo desde hace cierto tiempo es el cómo incorporarlos (15-17).

Un primer hecho, indiscutible al parecer de los profesores que han desarrollado esta investigación, es que se debía trabajar tridimensionalmente (18), ya que, en caso contrario, simplemente estaríamos hablando de una herramienta de dibujo más que no merecería mayor atención (9, 19).

Ahora bien, una vez aceptado este punto de partida, el tema se vuelve más complejo. ¿Cómo abordar la docencia de la disciplina de manera que no nos convirtamos en meros enseñantes del programa utilizado? (20)

## **2. METODOLOGÍA**

La asignatura de Geometría Descriptiva objeto de esta adecuación metodológica corresponde al primer semestre del Doble Grado en Edificación y Administración y Dirección de Empresas” (GE+ADE) que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM). Se trata de una asignatura de seis créditos que dispone de seis horas semanales de clase durante quince semanas, adaptada a los nuevos requerimientos del Espacio Europeo de Educación Superior (21). El temario, denso para los créditos disponibles, incluye el Sistema de Planos Acotados, que se impartió de una forma convencional durante las cuatro primeras semanas de curso y la Geometría 3D con ordenador que ha venido a sustituir la enseñanza del Sistema Diédrico.

Esta segunda parte, la más amplia del temario, se desarrolló en las aulas informáticas de la ETSEM mediante el programa de diseño asistido por ordenador, Autocad®. Aunque casi un 90% de los alumnos encuestados tenían ordenador personal, sólo un 35% decidió acudir a clase con él.

Con la intención de hacer un seguimiento adecuado del desarrollo del curso, se realizó una encuesta anónima dirigida a todos los alumnos de la asignatura a través del software de encuestas online e-encuesta.com. De los 62 alumnos matriculados en la asignatura, un 75% respondieron a dicha encuesta.

La elección del programa gráfico se debió, en primer lugar, a que es un programa muy extendido en el entorno de la edificación y la arquitectura, por lo que el conocimiento del mismo será probablemente útil a los alumnos, tanto para abordar otras asignaturas de la carrera, como para su posterior desempeño profesional. En segundo lugar, la ETSEM dispone de licencias para estudiantes en todos los equipos. Por último, la casa Autodesk permite desde su página web el acceso gratuito al programa, tanto para alumnos, como para profesores, durante un determinado plazo de tiempo, lo cual facilita la realización de trabajos “en casa”.

Las posibilidades de Autocad en el trabajo en 3D han resultado adecuadas para los objetivos iniciales y quizá en este aspecto haya resultado incluso mejor que otros programas de mayor potencia en el trabajo con superficies tridimensionales.

Para la gestión del curso se ha hecho uso de la plataforma Moodle de la UPM. Los ejercicios se han publicado y recogido a través de ella mediante la utilidad “Tarea”, realizando algunos ejercicios en clase con el apoyo del profesorado y poniendo otros para su resolución en casa, normalmente con un plazo de ejecución máximo de una semana. A través de esta misma plataforma se ha mantenido una relación fluida con el alumnado mandando notificaciones, colgando apuntes, resolviendo dudas y concretando tutorías.

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

Aparte de esto se ha creado una página web a la que se accede a través de la página de portada de Geometría Descriptiva de la web de la ETSEM. En esta página se proponían sugerencias, recomendaciones a otros enlaces interesantes, así como la resolución de los ejercicios de las Pruebas Evaluables, facilitando de esta manera la superación de la asignatura.

En cuanto al planteamiento docente, se ha adecuado al currículo clásico del Sistema Diédrico. En lugar de hacer una exposición ad hoc del programa gráfico utilizado, como es habitual en los cursos de CAD, se ha forzado la exposición de éste para encajarlo en un programa de Sistema Diédrico.

Esta adaptación resulta interesante de analizar, ya que algunos temas adquieren nuevos matices y otros simplemente se han desestimado por falta de interés.

En este mismo sentido también debe reseñarse una segunda característica de la metodología propuesta, consistente en la paulatina introducción de las potencialidades del programa gráfico. Un problema, a nuestro entender, con este tipo de herramientas se deriva precisamente de su potencia, que permite la resolución de problemas geométricos complejos sin necesidad de conocer previamente construcciones elementales; de manera que, si un programa no dispone de la herramienta concreta para resolver un determinado problema gráfico, el usuario sin una sólida base geométrica carecerá de recursos para poder resolverlo.

De acuerdo a este planteamiento se empezó trabajando con entidades alámbricas y sólo en etapas posteriores se introdujeron las entidades sólidas, así como las herramientas del programa, más potentes, a ellas asociadas (operaciones booleanas y otras).

El temario definitivo queda expuesto en la tabla 1. Hasta el tema de ángulos, inclusive, se trabajó únicamente con entidades alámbricas para, en los últimos temas, incorporar el trabajo con sólidos.

En todo caso, tanto en el tema de esferas como en el de conos y cilindros, muchos de los problemas geométricos que se trataron requerían para su solución de construcciones de tipo alámbrico, aun cuando la incorporación de las entidades sólidas favoreció una mejor visualización de los objetos y dio lugar a la simplificación de algunos problemas, como por ejemplo las secciones de estos cuerpos, que el programa obtiene automáticamente al trabajar con sólidos.

Se pretendió, en cualquier caso, no forzar el desarrollo, el cual se ha ido produciendo de una manera natural. De igual forma, se quiso llegar a mostrar las enormes potencialidades del programa y, aunque el tiempo se ha quedado algo escaso, sí se ha podido dar una pequeña muestra de las mismas con las intersecciones de cuerpos.

Observando detenidamente el programa expuesto (tabla 1) veremos que no figuran en él algunos de los temas habituales en el Sistema Diédrico. Además, algunos otros, aunque aparecen en el mismo, han presentado ciertas peculiaridades que merece la pena reseñar.

Efectivamente, ha habido ciertos temas cuyo planteamiento no difiere sustancialmente del que se les da en el Sistema Diédrico. Así ha sucedido con el tema dedicado a ángulos, por ejemplo, donde, de hecho, ha sido posible aprovechar muchos ejercicios de Diédrico de los que ya disponíamos.

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

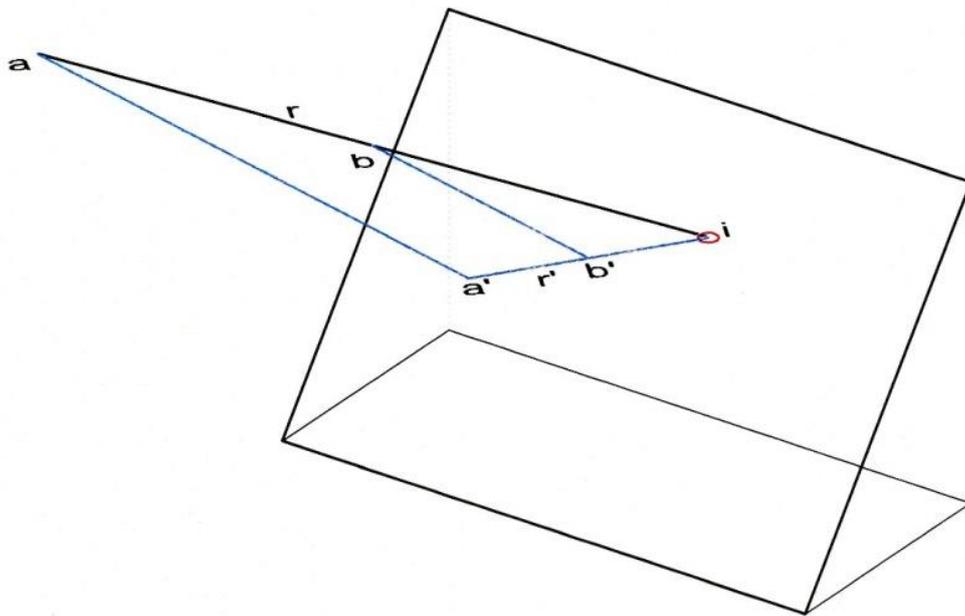
|                |   |
|----------------|---|
| <b>Tema 1</b>  | Concepto de Planos de trabajo (el equivalente de las vistas auxiliares del Sistema Diédrico) y Puntos de vista. |
| <b>Tema 2</b>  | Operaciones geométricas planas y espaciales.  |
| <b>Tema 3</b>  | Elementos geométricos fundamentales. Puntos y alambres.   |
| <b>Tema 4</b>  | Proyección de puntos y rectas sobre un plano.   |
| <b>Tema 5</b>  | El plano. Traza. Rectas características.  |
| <b>Tema 6</b>  | Pertenencias.   |
| <b>Tema 7</b>  | Paralelismo   |
| <b>Tema 8</b>  | Intersecciones. Procedimientos.   |
| <b>Tema 9</b>  | Secciones de superficies radiadas. Homologías.  |
| <b>Tema 10</b> | Teoría de sombras.  |
| <b>Tema 11</b> | Perpendicularidad.  |
| <b>Tema 12</b> | Distancias. Casos directos e inversos.  |
| <b>Tema 13</b> | Ángulos. Casos directos e inversos.   |
| <b>Tema 14</b> | La esfera.  |
| <b>Tema 15</b> | El cono y el cilindro.  |
| <b>Tema 16</b> | Intersecciones de cuerpos.  |

**Tabla 1.** Temario de Geometría Descriptiva 2016/17.

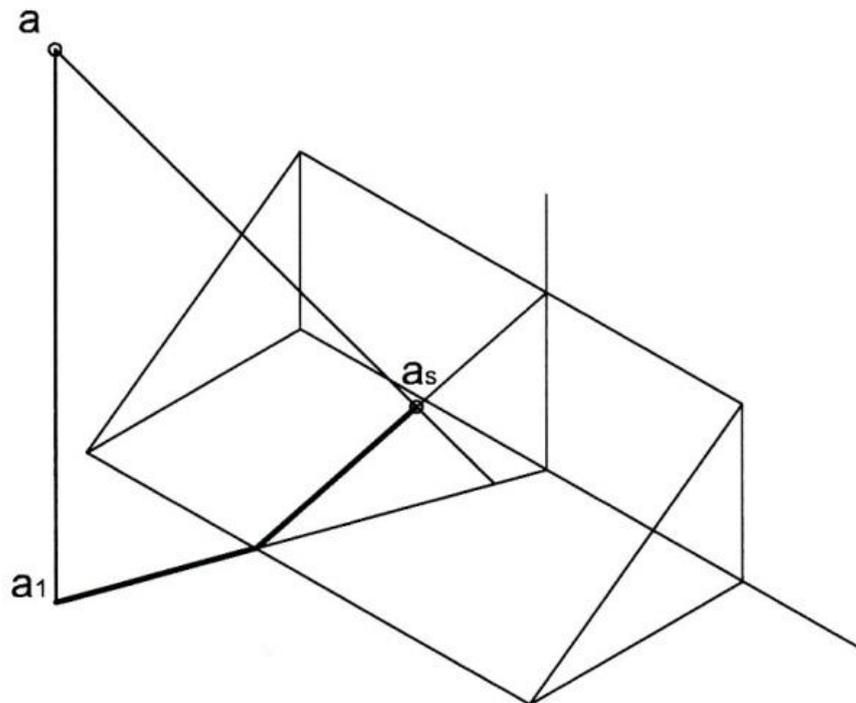
*Doble Grado en Edificación y Administración y Dirección de Empresas. ETS de Edificación (UPM)*

Algún tema es muy interesante de analizar, como sucede con las intersecciones, donde resulta muy oportuno desarrollar diversas metodologías en función del fin perseguido, que remedan, pero también enriquecen, aquellas utilizadas en Sistema Diédrico. Así, la intersección recta/plano considerada en su mayor grado de abstracción encuentra su mejor método de resolución en 3D mediante la intersección de la recta con su proyección sobre el plano (Fig.1). Procedimiento que, paradójicamente, únicamente se utiliza en diédrico para determinar las trazas de una recta.

Sin embargo, en una aplicación particularmente significativa de este tema (siempre circunscribiéndonos al uso de alambres), como es el trazado de sombras, en el que se cuenta previamente con la proyección horizontal de los cuerpos, el procedimiento más eficaz resulta ser idéntico al utilizado en Sistema Axonométrico (Fig. 2). En Diédrico se recurre a la misma estrategia conceptual (la utilización de planos proyectantes auxiliares), pero así como las construcciones son muy atractivas en Axonométrico o en 3D, no sucede lo mismo en el Sistema Diédrico, en el que no son fácilmente inteligibles para el alumno.



**Fig. 1.** Intersección recta/plano. Caso general.



**Fig. 2.** Intersección recta plano. Aplicación a la sombra de un punto sobre un plano cualquiera. El procedimiento es idéntico al del Sistema Axonométrico.

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

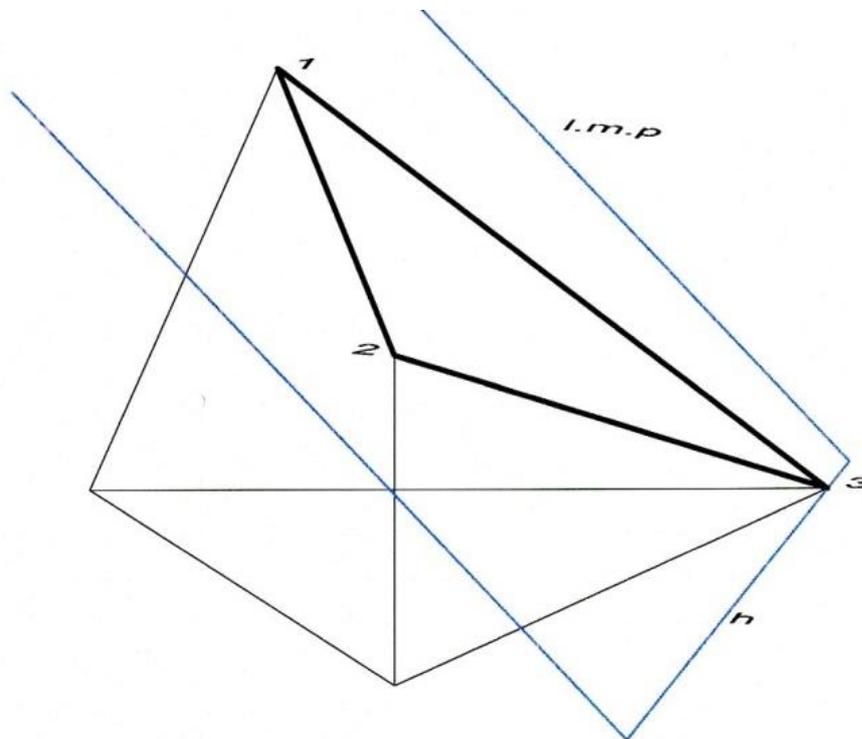
*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

Dentro de este mismo tema de intersecciones, las secciones de cuerpos son, en cambio muy claras en el Sistema Diédrico al poner el plano de sección de canto (método denominado por algunos autores de la “arista viva”), mientras que en 3D este mismo procedimiento, a pesar de ser el más eficaz al trabajar con alambres, no es de fácil manejo, probablemente porque esa visión “de canto” en que se basa esta construcción es connatural al Sistema Diédrico, pero no al trabajo en 3D. Este problema, en todo caso, desaparece al trabajar con sólidos, donde las secciones son inmediatas sin necesidad de cambiar el punto de vista o el SCP (Fig. 3). Estas razones hacen que probablemente no tenga mucho interés trabajar este tema en modo alámbrico.

Otro tema interesante de analizar en 3D es la perpendicularidad. Este es un tema clave en el trabajo en Diédrico, donde la construcción más significativa se obtiene al situar la perpendicularidad recta/plano en posición

favorable. Es decir, la recta en posición frontal y el plano, consecuentemente, situado de canto. Esta posición, como en general las denominadas “posiciones favorables”, de nuevo son características del Sistema Diédrico, pero no del trabajo en 3D, donde el punto de vista natural (el “favorable”) es el de una axonometría. En todo caso este tema se simplifica en 3D, debido fundamentalmente a que la operación de perpendicularidad punto/recta es intrínsecamente tridimensional, como de hecho la trata el programa y no bidimensional como se ve obligada a tratarla el Sistema Diédrico.

Algunos otros apartados de este tema siguen teniendo su interés. Así, la perpendicular de un punto a un plano (equivalente a la proyección del punto sobre el plano) conviene hacerla tomando como plano de trabajo XY el plano dado para, posteriormente, dar al punto cota 0. Aunque el cambio de SCP pueda asimilarse al cambio de plano de proyección del Sistema Diédrico, el procedimiento es muy diferente.



**Fig. 3.** Intersección por el método de la arista viva.

*El más eficaz para seccionar poliedros alámbricos en 3D, pero no tan obvio como en Diédrico*

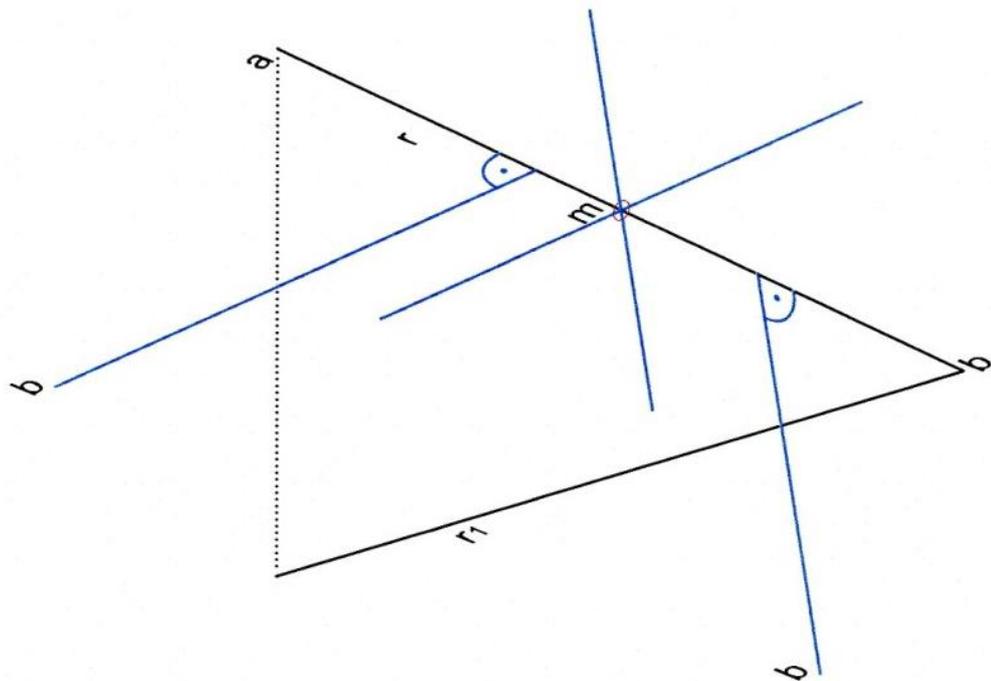
**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

Otro problema que recurre a procedimientos inesperados es el del plano perpendicular a una recta dada. Basta, en este caso, con trazar dos perpendiculares a la recta desde dos puntos cualquiera del espacio y llevar sendas paralelas al punto por el que se quiere trazar el plano perpendicular (Fig. 4). Las posibilidades operativas del 3D hace que generalmente no tenga mayor importancia que las dos rectas utilizadas no sean rectas significativas del plano.

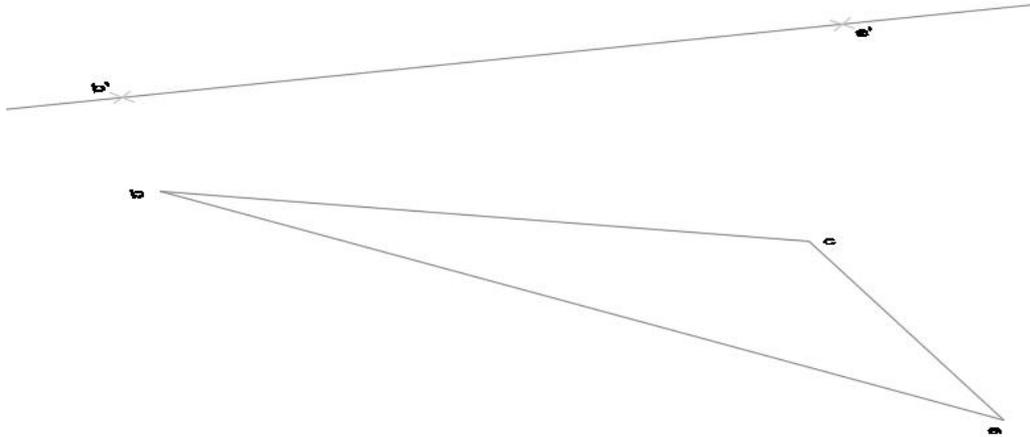
Por otro parte, en el trabajo tridimensional hay algunos temas que decididamente pierden interés. Así sucede, por ejemplo, con los

abatimientos que prácticamente dejan de utilizarse, al ser siempre posible situarse en cualquier plano de trabajo. Su explicación durante el curso se vio reducida a una mera explicación del concepto en la geometría tradicional. Aunque se detectaron algunos ejercicios que podrían haber llegado a hacer uso de este mecanismo (o quizá del mecanismo de giro) sólo se incorporó un ejercicio específicamente destinado a resolver un problema geométrico de esta índole (Fig. 5).

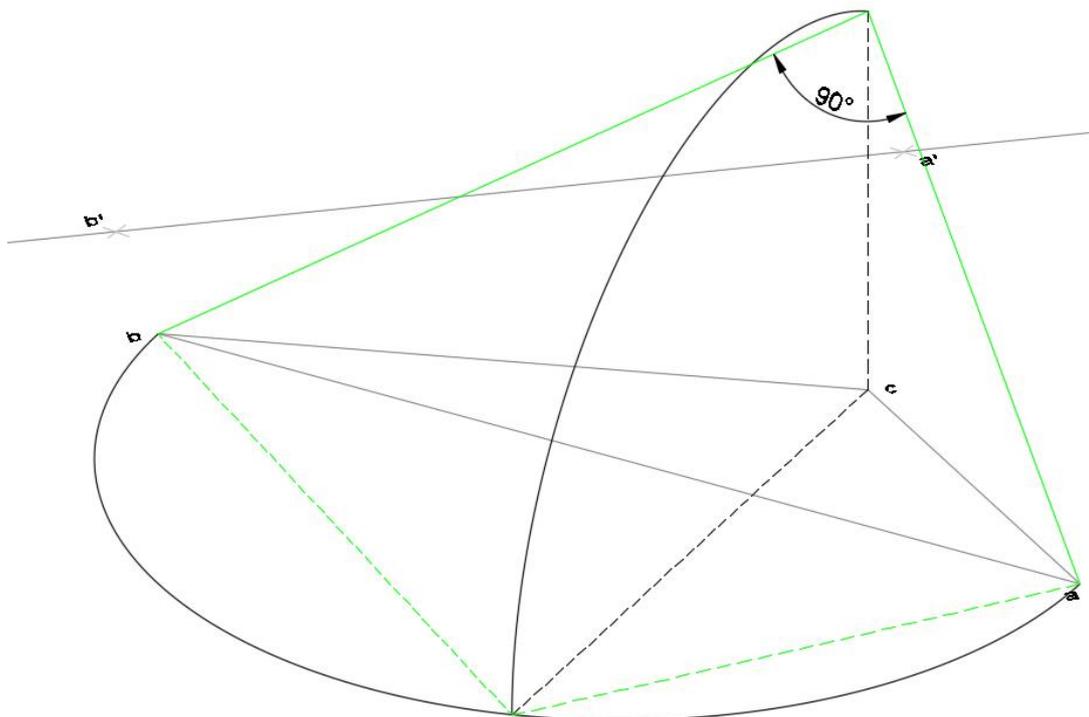


**Fig. 4.** Perpendicular plano/recta.

*En la figura se ha trazado mediante dos rectas cualesquiera perpendiculares a R.*



Enunciado: Hallar la proyección vertical del vértice C (con la mayor cota posible), para que el triángulo sea rectángulo en dicho vértice. ¿Podría ser rectángulo en el vértice A? ¿Podríamos encontrar c' para que fuese equilátero? Razona las respuestas.



**Fig. 5.** Enunciado (gráfico y texto) y resolución en 3D de un ejercicio de abatimientos. Cuaderno de ejercicios de Geometría Descriptiva (2016/17). Doble Grado en Edificación y Administración y Dirección de Empresas. ETS de Edificación (UPM).

Curiosamente, la construcción de los poliedros regulares en 3D también hace uso del mecanismo del abatimiento. Sin embargo, los problemas típicos de poliedros, que forman parte del currículo tradicional de las enseñanzas técnicas tradicionales, parecen, a priori, carentes de interés al trabajar en 3D, por lo que ha sido un segundo tema significativo al que se renunció. La resolución de estos problemas en 3D se aborda por procedimientos muy diferentes a los de la geometría convencional, anunciando una geometría del movimiento (traslación, giro, simetría, homotecia) que tiene un cierto parentesco con las operaciones geométricas de la Geometría Descriptiva tradicional (cambio de plano, giro, abatimiento), pero que ha quedado por ahora sin explorar.

Con estos problemas ha quedado en todo caso apuntado un fenómeno muy interesante, que es que el método de resolución 3D de un determinado problema puede alumbrar una nueva manera de resolver ese mismo problema en 2D.

Por fin, otro tema que merece ser comentado son los ejercicios de intersecciones de cuerpos. Este tipo de problemas son muy sencillos conceptualmente (en la geometría tradicional, el método más general utilizado radica en cortar los cuerpos dados con una serie de planos paralelos), pero su resolución mediante el Sistema Diédrico es sumamente laboriosa.

Ciertos casos, como sucede con la intersección de formas poliédricas, son prácticamente obviados en algunos de los más importantes manuales de Geometría Descriptiva y ciertamente dan lugar a ejercicios muy laboriosos de resolver. Sin embargo, los programas gráficos en 3D trabajando con sólidos y mediante operaciones booleanas resuelven estos problemas automáticamente. De hecho, nos hemos encontrado en el extremo opuesto: el estudiante no tiene que saber ningún concepto de geometría descriptiva, todo lo hace

el programa. Esto ha llevado a los profesores de la asignatura a una interesante reflexión sobre el tipo de ejercicios que se podrían proponer. Se expone a continuación (Fig. 6) el ejercicio final de curso sobre el tema de intersecciones y que forma parte de una familia de ejercicios que podríamos denominar ejercicios inversos de intersecciones y que, como todo ejercicio inverso, suponen una interesante aproximación al concepto de “proyecto”. En todo caso queda planteada una reflexión en torno a nuevos tipos de problemas sobre la que habrá que seguir indagando en el futuro (22).

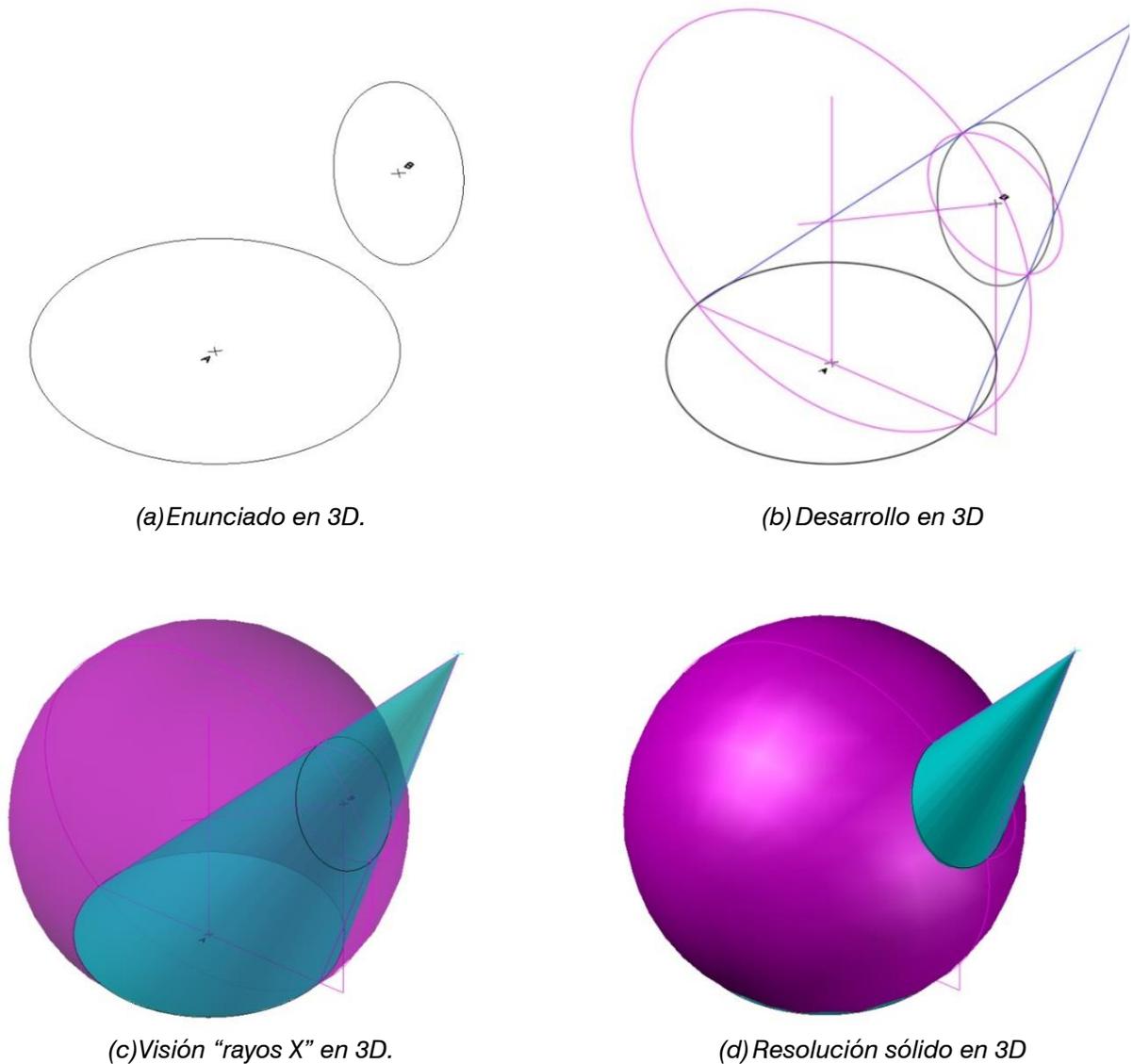
### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Un primer aspecto que merece la pena destacar del desarrollo del curso es el hecho de que la sencillez geométrica de los primeros temas de estudio de los Sistemas de Representación ayudó, asimismo, a dar los primeros pasos con un programa gráfico de cierta complejidad y que a priori podría haber requerido una exposición previa más dilatada. En este caso, la mayoría de los alumnos que realizaron la encuesta, un 65,52% en 2D y un 72,41% en 3D, afirmaron desconocer el uso de esta herramienta gráfica al comienzo del curso (Fig 7). Sólo los alumnos, provenientes de distintos módulos de Formación Profesional, afirmaron tener un sólido conocimiento de la misma. A pesar de esto, únicamente se impartieron cuatro clases previas, de dos horas cada una, relativas al manejo del programa. A partir de ahí, la presunción de que sería posible compaginar el aprendizaje del programa de CAD con la enseñanza de la Geometría, como ya sabíamos por otras experiencias previas, resultó ser correcta. En este aspecto, tan sólo un 11% de los encuestados puntuaron por debajo de 5 sobre 10, el tiempo destinado a las lecciones introductorias al programa; mientras que casi el 70% del alumnado puntuó por encima de 7 sobre 10 este aspecto.

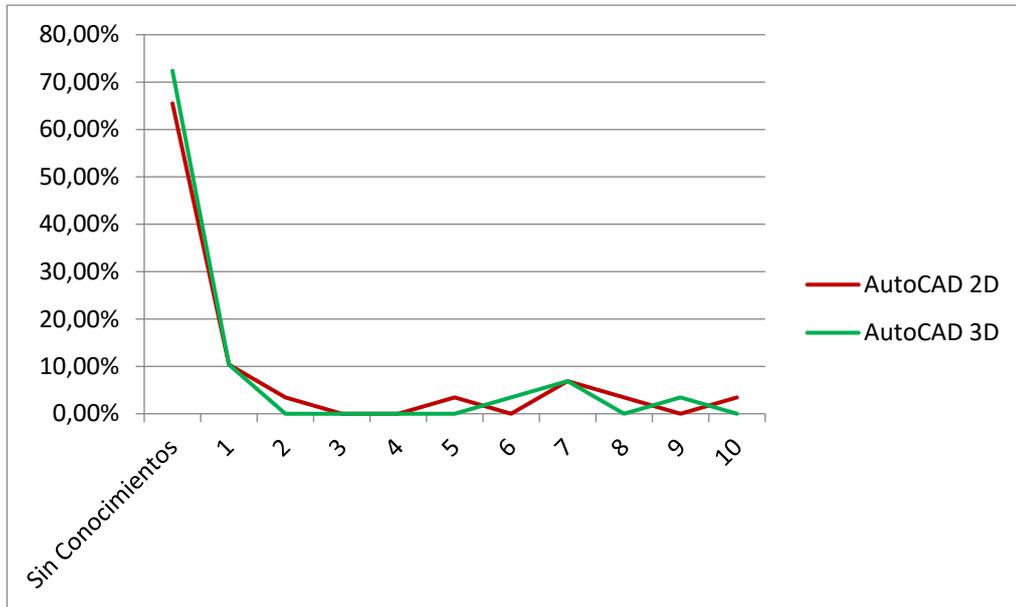
---

Enunciado: Las circunferencias de centros A y B y radios conocidos, pertenecen a la intersección común de una Esfera y de un Cono Oblicuo. Se pide construir las superficies a partir de los sólidos estudiados en AutoCad.

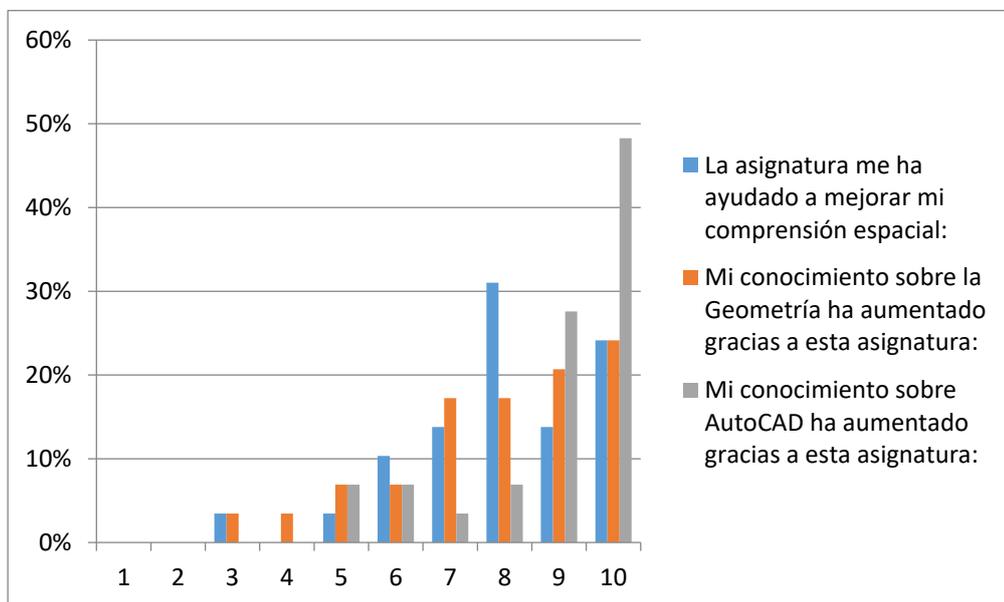
---



**Fig. 6.** Enunciado y resolución de un ejercicio de intersecciones. Ejemplo de ejercicio inverso. Examen Ordinario de Geometría Descriptiva (Enero de 2017). Doble Grado en Edificación y Administración y Dirección de Empresas. ETS de Edificación (UPM)



**Fig. 7.** Índices de conocimiento de AutoCAD (2D y 3D) en los alumnos. Puntuaciones de 1 a 10 dependiendo de su grado de conocimiento (1 ningún conocimiento - 10 máximo conocimiento)



**Fig. 8.** Índices de mejora en comprensión espacial y conocimiento de Geometría Descriptiva y AutoCAD. (Eje vertical porcentaje de alumnos encuestados. Eje horizontal: índice de 1 a 10, siendo 1 ninguna mejora y 10 máxima mejora)

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López- Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

El seguimiento del curso fue muy satisfactorio, con una presencia de alumnos en el aula considerable, siendo el grado de absentismo a lo largo del curso inferior al del curso pasado, en el cual se impartió docencia de Geometría Descriptiva tradicional.

Es de destacar una satisfacción notable por parte del alumnado. El 80% de los estudiantes se declararon “satisfechos” o “muy satisfechos” con el curso y sólo un 3’7% se declararon “insatisfechos”. También los profesores que lo hemos impartido hacemos una valoración positiva, aunque esperábamos, quizá en un exceso de optimismo, un mayor entusiasmo por parte del alumnado, el cual sí se dio en casos puntuales, especialmente entre alumnos repetidores.

En este sentido merece mencionarse el hecho de que los alumnos “ven” las construcciones desde un primer momento, a diferencia de lo que sucede en el Sistema Diédrico (Fig.8). La opinión de la mayoría de los encuestados, 86,21%, ha sido que la enseñanza de la Geometría mediante programas 3D mejora la enseñanza tradicional, mientras que el resto opinaron que “ni la mejora ni la empeora”. En trabajos futuros cruzaremos datos para saber cuál es la valoración que realizan determinados colectivos de alumnos.

Respecto a la cuestión organizativa cabe observar que el 88’9% de los alumnos disponen de ordenador portátil, lo que permite plantear de cara a futuro el desarrollo de la asignatura en aulas convencionales (aunque el 33% prefiere utilizar los ordenadores de la Escuela).

Se han detectado, así mismo, algunas dificultades con los diferentes sistemas operativos (76% Windows, 24% Mac) ya que las versiones del programa difieren ligeramente, lo que se suma a los problemas de configuración

que conlleva Autocad y el hecho de compartir su uso con otras asignaturas del Grado en Edificación de la ETSEM.

En lo referente a la configuración del programa, los profesores de la asignatura estimamos oportuno trabajar con el “Menú Clásico” de AutoCAD como característica común para todos los estudiantes. Asimismo, se intentó establecer una configuración de pantalla idéntica para todos los alumnos, algo que no se consiguió en su totalidad. A tal efecto, se publicaron en la plataforma Moodle tanto las instrucciones, como los archivos necesarios para conseguir ambos objetivos. También se desarrolló una “Plantilla de Dibujo” que unificara los dibujos de todos los alumnos. En este caso, dicha unificación no se consiguió en absoluto, en gran medida debido al desconocimiento de características básicas de la herramienta informática como pueden ser: capas, colores, tipos de línea, etc., temas que en las lecciones introductorias al programa fueron descartados por la premura de tiempo.

En cuanto a los resultados académicos, se han mejorado las cifras de cursos anteriores, tanto cuantitativa, como cualitativamente. El número de alumnos aprobados, en relación a los matriculados en la asignatura ha crecido cerca de un 10%. A nivel cualitativo, las calificaciones finales han sido mucho mejores (Fig. 9). En este punto cabe añadir, además, que la impresión subjetiva del profesorado es que lo aprendido por el alumno dejará un mayor poso que el derivado de otros procedimientos.

Por último, debe destacarse el considerable trabajo llevado a cabo por parte del profesorado para poner en marcha esta experiencia. Ha sido necesaria la elaboración de unos apuntes (23) sobre la materia completamente novedosos, ya que no se tenía conocimiento previo de nada publicado que se le pareciera. Así mismo ha sido necesario preparar “desde cero” todas las

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

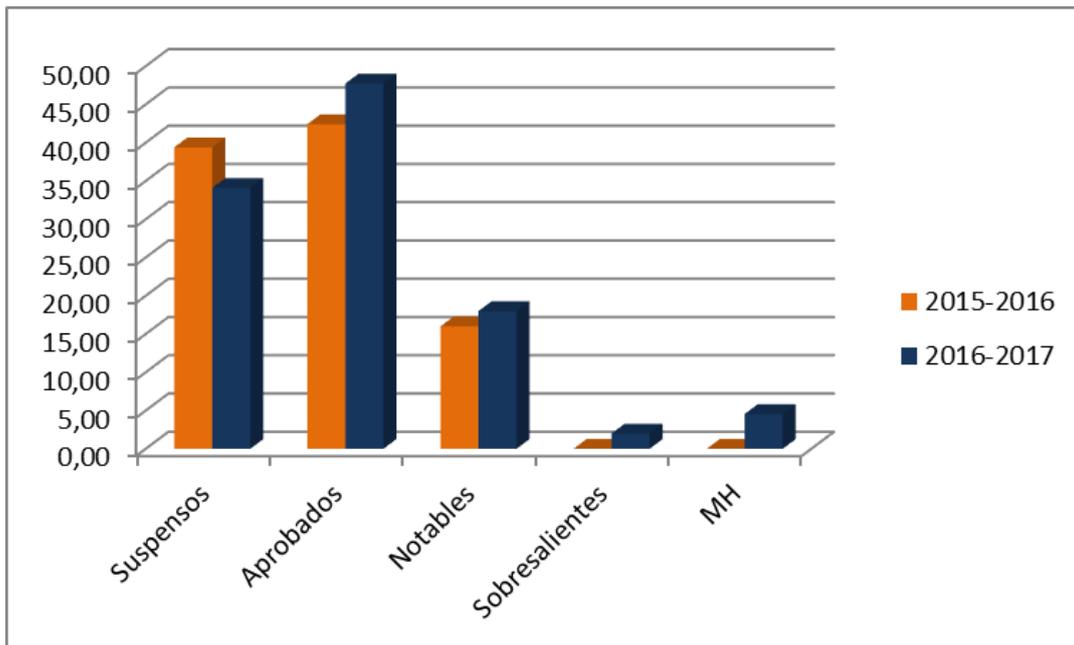
Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez

clases del curso, acompañadas de un debate permanente entre los tres profesores que han intervenido en la experiencia, sobre qué temas concretos dar y cómo.

Por último, se han adaptado muchos ejercicios de Sistema Diédrico disponibles en la cátedra y que seguían teniendo interés didáctico en 3D y

se ha elaborado, asimismo, una gran cantidad de ejercicios nuevos, muchas veces con planteamientos conceptuales inéditos.

La experiencia ha sido todo un reto a nivel académico y docente, con resultados muy prometedores que serán implementados en próximos cursos.



**Fig. 9.** Porcentaje de alumnos con respecto a sus calificaciones. Datos calculados sobre alumnos presentados. Comparativa entre los cursos 2015/16 (docencia de geometría tradicional) y 2016/17 (docencia de geometría con herramientas informáticas).

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a la experiencia docente desarrollada en la ETS de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, la incorporación de herramientas de diseño asistido por ordenador a la docencia de la asignatura de Geometría Descriptiva ha conseguido aumentar la estimulación y el interés de los alumnos hacia dicha asignatura

Los resultados, tanto cualitativos, como cuantitativos, han sido altamente positivos. A nivel cualitativo, la gran mayoría de estudiantes que ha participado en esta experiencia, ha considerado que la metodología docente aplicada le ha ayudado a mejorar su comprensión espacial, así como que ha aumentado su conocimiento sobre la Geometría Descriptiva. A nivel cuantitativo, los resultados académicos han mejorado las cifras de otros años. El número de alumnos aprobados, en

relación a los matriculados en la asignatura, ha crecido más de un 10% y, además las calificaciones finales han sido cualitativamente mejores.

El seguimiento del curso por parte del alumnado fue muy satisfactorio, con una presencia de alumnos en el aula considerable, siendo el grado de absentismo inferior al de cursos pasados. De igual forma, la impresión subjetiva del profesorado es que lo aprendido por el alumno dejará un mayor poso que el derivado de otros procedimientos de enseñanza tradicional.

La transición de la docencia de la Geometría Descriptiva tradicional a la Geometría Descriptiva con herramientas informáticas no tiene por qué suponer una modificación traumática de espacios en las distintas Escuelas. El hecho de que la mayoría de alumnos prefieran, o no tengan inconveniente en utilizar, sus propios ordenadores, se traduce en que la adaptación de espacios se puede reducir a una adecuación de las aulas de dibujo tradicionales con la inclusión de una serie de bases de carga o regletas eléctricas, con el consiguiente ahorro económico que esto conlleva.

El uso de herramientas informáticas tan potentes podría implicar que el estudiante no conozca ningún concepto de geometría descriptiva para resolver problemas geométricos espaciales. Esto ha llevado a una interesante reflexión sobre el tipo de ejercicios que se deben proponer. Se ha elaborado una familia de “ejercicios inversos” de intersecciones. Como tales, suponen una interesante aproximación al concepto de “proyecto”.

Como consecuencia del apartado anterior, el debate desarrollado entre el profesorado implicado en esta experiencia docente ha generado un fenómeno muy interesante, que es que el método de resolución 3D de determinados problemas puede alumbrar una

nueva manera de resolver ese mismo problema en 2D.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Brailov, A.Y. (2016) Engineering graphics: Theoretical foundations of engineering geometry for design. *Engineering Graphics: Theoretical Foundations of Engineering Geometry for Design*; 2016. p. 1-338.
- [2] Maroto, A. (2007) El uso de las nuevas tecnologías en el profesorado universitario. . *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*. Julio 2007, 1-2 2007.
- [3] Tejada Fernández, J. y Ruiz Bueno, C. (2016) Evaluación de competencias profesionales en Educación Superior: Retos e implicaciones. [Evaluation of professional competences in Higher Education: Challenges and implications]. *Educación XX1*, 19(1), 17-38, doi:10.5944/educXX1.12175 2016.
- [4] Bellido Blanco, S. (2013) Virtual campus as an educational assessment management system in geometry. *Hist Comun Soc* 2013;18(SPEC. ISSUE NOV):767-776.
- [5] Ping, L. (2014) Study on the correlation between drawing education and special cognitive ability evaluation based on the MCT. *Mater Sci Forum* 2014;800-801:684-687.
- [6] Petre, I.C., Pohoata, A., Popa, C. y Cirstoiu, C.A. (2014) Technical applications of the descriptive geometry and the numerical methods. *Appl Mech Mater* 2014;659:565-570.

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

- [7] Danilov, E. (2014) Descriptive geometry for CAD users: Ribs construction. *J Geom Graph* 2014;18(1):115-124.
- [8] Gardner, H. y Moran, S. (2006) The science of multiple intelligences theory: A response to Lynn Waterhouse. *Educ Psychol* 2006;41(4):227-232.
- [9] Seabra, R.D.; Santos, E.T. (2013) Developing the spatial visualization ability with a virtual reality tool for teaching descriptive geometry: A brazilian experience. *J Geom Graph* 2013;17(1):101-117.
- [10] Sorby, S., Nevin, E., Behan, A., Mageean, E. y Sheridan, S. (2014). Spatial skills as predictors of success in first-year engineering. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, , 2015-February. (February)
- [11] Marunic, G. y Glazar, V. (2013) Spatial ability through engineering graphics education. *Int J Technol Des Educ* 2013;23(3):703-715.
- [12] Pei, Y. y Yan, S. (2013). The exploration and practice of teaching method "descriptive geometry and engineering drawing" for art students. *19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Engineering Management*, pp. 1415-1421.
- [13] Taffeberg Jakobsen, I. y Matthiasen, J. (2014) Descriptive Geometry and/or Computer Technology? What Mathematics is Required for Doing and Understanding Architecture? *Nexus Network J* 2014;16(2):505-516.
- [14] Rubio, L., Muñoz-Abella, B., Castejón, C. y Muñoz-Sánchez, A. (2010) Web-based application for descriptive geometry learning. *Comput Appl Eng Educ* 2010;18(3):574-581.
- [15] Di Paola, F., Pedone, P. y Pizzurro MR. (2013) Digital and Interactive Learning and Teaching Methods in Descriptive Geometry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2013 12/10;106:873-885.
- [16] Ferreira, G.P.G., Andrade, R., Oliveira, S.T. y Ulbricht, V.R. (2016) Learning object design for teaching descriptive geometry: A study from the perspective of gamification and accessibility. *Lect Notes Comput Sci* 2016;9739:38-48.
- [17] Lozano Martínez, F.R. (2012) El nuevo entorno de la Geometría Descriptiva derivado de la aplicación de las nuevas tecnologías a la docencia. . *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la edificación*. Valencia 2012(ISBN 9788483639641):998-1004.
- [18] Beltrán Chica, J. y Beltrán Polaina, J.M. (2010) Sistema diédrico. *Técnicas educativas con ayudas 3d en el espacio real, y su simulación en el espacio virtual*. . Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*. Nº 36 Enero 2010 pp.151 – 170 2010.
- [19] Méxas, J.G.F., Guedes, K.B. y Tavares, R.D.S. (2015) Stereo orthogonal axonometric perspective for the teaching of Descriptive Geometry. *Interact Technol Smart Educ* 2015;12(3):222-240.
- [20] Goanta, A. M. (2015). Innovative methods for knowledge transfer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, , 95. (1)
- [21] Vázquez-Verdú, A., Torrecillas-Lozano, C., López-Zaldívar, O. y Gil-López, T. (2015)

**Implementación de herramientas digitales en la enseñanza de Geometría Descriptiva:  
Impacto en el rendimiento académico.**

*Javier Pita Andreu, Óscar López-Zaldívar, Agustín Balcázar Fernández, Rafael Vicente Lozano-Diez*

Impact of the economic crisis and the implementation of the ehea on the bachelor's degree in building in Spain. *Int J Eng Educ* 2015;31(6):1711-1721.

- [22] Kornuta, O., Pryhorovska, T. y Taras, I. (2016) Descriptive geometry exam: Testing or traditional form. *J Geom Graph* 2016;20(2):273-282.
- [23] Pita Andreu, J. (2016) Geometría 3D. Una propuesta para la introducción de la informática gráfica en la asignatura de Geometría Descriptiva. *Revista EGE* nº9. Mayo 2016.