

09-015

### **CONSTRUCTIVE 3D METHOD “FACE BY FACE” TO FACILITATE TO FRESHMEN OF ENGINEERING THE INTERPRETATION OF MULTIVIEWS. A CASE STUDY**

Núñez García, Mariana; González Lluch, Carmen; Agost Torres, M<sup>a</sup> Jesús; Piquer Vicent, Ana; Gracia-Ibáñez, Verónica; Gómez-Fabra, Miquel; Pérez-Belis, Victoria; Plumed Ferre, Raquel; Vergara, Margarita  
Universitat Jaume I

One of the aim objectives of the subject of Engineering Graphics is to improve the skills of students in spatial vision capability, apart from providing expertise in metric and descriptive geometry. In this subject, common to several engineering degrees, the visualization ability is a key factor, since students are required to interpret the real object from different two-dimensional representation systems. However, a huge number of students have problems at this level, because of two reasons: they have not been trained at this issue before or this training has not been oriented to enhance their reflection and interpretation. As a consequence a high failure rate has been traditionally registered. By making the interpretation of the object easier, it is expected to improve the educational level. This study shows the implementation and the results of the application of a method in order to interpret an object. It consists of using the 3D tools of the software AutoCAD®, which is the one used within the subject, in order to model the object “face by face”. It is intended that the student who does not have the skill to understand immediately the object, could do it step by step through its construction by faces.

**Keywords:** *“face by face” method; graphic expression; engineering*

### **MÉTODO CONSTRUCTIVO “POR CARAS” EN ENTORNO 3D PARA FACILITAR A FUTUROS INGENIEROS LA INTERPRETACIÓN DE VISTAS DIÉDRICAS: APLICACIÓN Y RESULTADOS**

Uno de los principales objetivos de la asignatura de Expresión Gráfica en la Ingeniería es mejorar la capacidad de visión espacial del alumnado, además de transmitir conocimientos sobre técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica como geometría descriptiva. En esta asignatura de primer año, común a diversos grados de ingeniería, resulta fundamental esta capacidad de visión espacial, ya que los alumnos necesitan interpretar desde diferentes sistemas de representación bidimensional, el objeto real. Sin embargo, esto resulta difícil para muchos estudiantes, puesto que o bien no tienen formación previa o bien dicha formación tradicionalmente no ha incidido en ayudar al alumno en la reflexión e interpretación. En consecuencia, se han venido produciendo un elevado número de suspensos. Se considera que facilitar la interpretación del objeto implicará una mejora educativa significativa. Este trabajo presenta la implementación y los resultados de aplicar un método para la interpretación de un objeto. Consiste en aprovechar el entorno 3D del programa AutoCAD®, empleado en la asignatura, para la construcción “por caras” del mismo. Se pretende que el alumno que no es capaz de reconocer el objeto de forma inmediata, pueda ir obteniéndolo paso a paso a través de su construcción por caras.

**Palabras clave:** *método “por caras”; expresión gráfica; ingeniería*

Correspondencia: Mariana Nuñez manunez@emc.uji.es

## 1. Introducción

Para el desarrollo de habilidades propias en los campos de las ciencias y las ingenierías es necesario el aprendizaje visual. Dichas habilidades ayudan al alumnado a plantear nuevos modos de resolución de problemas, facilitan el aprendizaje colaborativo y desarrollan su creatividad (MCGrath & Brown, 2005). Los autores del presente trabajo, consideran que el aprendizaje visual debe seguir estando presente en el currículum de las enseñanzas de ingeniería, y que se debe adquirir a través de las asignaturas de Expresión Gráfica.

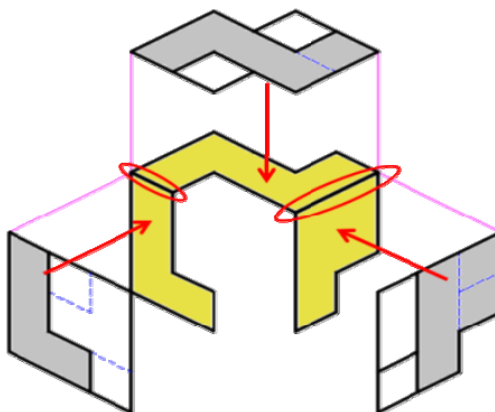
En muchas ingenierías y en el ambiente académico, las representaciones diédricas y axonométricas han sido utilizadas durante décadas. La aparición del 3D parecía amenazar en un principio esta forma de trabajo, en cambio, esto no ha sido así. La novedad del 3D se incorporó en ambientes académicos, en la mayoría de los casos en los cursos superiores, por lo que en los inicios de su formación, el alumnado seguía recibiendo una disciplina tradicional en las asignaturas básicas de Ingeniería Gráfica. En general, se procedió complementando el enfoque tradicional con el trabajo digital en entorno 2D, y aligerándolo en contenidos de "Sistemas de representación".

En la actualidad, sigue siendo fundamental obtener las vistas diédricas de un objeto a partir de una axonometría del mismo, así como obtener su representación axonométrica a partir de sus vistas diédricas. Como es sabido, obtener la representación axonométrica, a partir de una representación bidimensional entraña mayor dificultad y una mayor habilidad en la visión espacial, que en el caso contrario. Para superar esta dificultad, se han propuesto diferentes metodologías (Lieu & Sorby, 2008).

Uno de los objetivos principales de la asignatura Expresión Gráfica en la Ingeniería, de la Universitat Jaume I, impartida a los alumnos de primer año de diversos grados de ingeniería, es la mejora de la capacidad de visión espacial, además de transmitir conocimientos sobre técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica como de geometría descriptiva. En dicha asignatura, es fundamental la interpretación del objeto real desde diferentes sistemas de representación bidimensional, lo que representa gran dificultad para parte del alumnado, viéndose reflejado este hecho, en un elevado número de suspensos.

En un trabajo previo, los autores presentaron un método de construcción de un modelo 3D a través de la creación de superficies de un objeto a partir de sus vistas diédricas, considerando para ello la identificación de la geometría del material y su situación espacial (Figura 1).

**Figura 1: Figura que muestra parte del proceso de un modelo 3D "por caras"**



Esta manera de proceder facilitaría al alumnado la interpretación del objeto, ya que éste es creado paso a paso a través de su construcción "por caras", obteniendo por lo tanto, una mejora educativa significativa.

Este trabajo presenta la implementación y los resultados de aplicar un método dentro de un entorno 3D del programa AutoCAD® comparado con el proceso de trabajo tradicional en 2D de realizar una axonometría a partir de vistas diédricas.

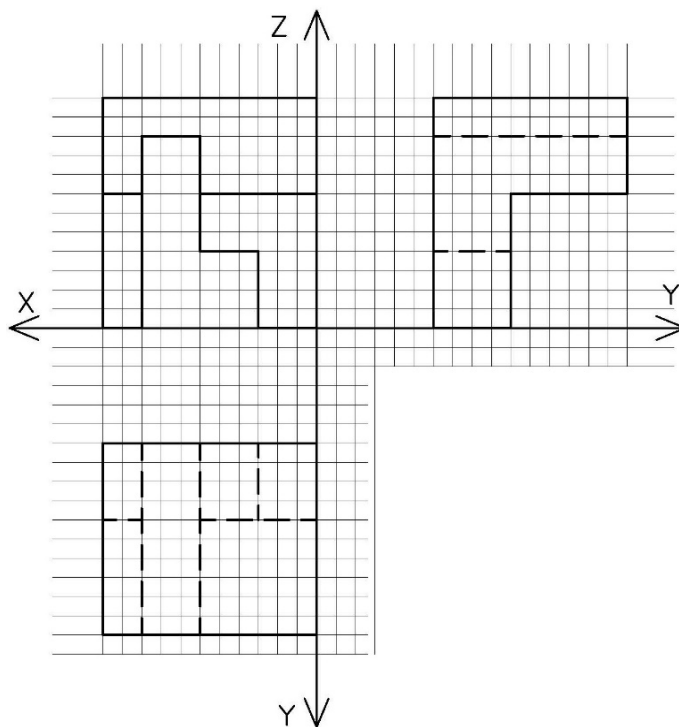
## 2. Metodología

La asignatura Expresión Gráfica en la Ingeniería, con 6 créditos ECTS, cuenta con más de 383 alumnos matriculados en el curso 2014/15, y un total de 24 laboratorios de clases prácticas. Para el desarrollo de estas clases prácticas se utiliza el programa AutoCAD®.

Para la experiencia, se establecieron en primer lugar los dos métodos a comparar: el método A, tradicional, consistente en obtener una vista axonométrica de una pieza, a partir de la interpretación de 3 vistas diédricas de la misma. El método B, que se explica por primera vez este curso en la asignatura, consiste en utilizar funcionalidades 3D para obtener la pieza modelada "por caras", creando regiones a partir de la identificación de caras de la pieza desde las vistas diédricas.

La primera semana de la experiencia se explicó el método A a la mitad de los alumnos, y el método B a la otra mitad. A continuación se les pidió a todos ellos que resolvieran y entregaran un ejercicio, utilizando cada uno de ellos el método visto en clase de prácticas. El ejercicio, al que se denominó ejercicio 1, representa una pieza poliédrica (Figura 2) a través de su alzado, planta y perfil diédricos con aristas vistas y ocultas. Los alumnos que habían estudiado el método A en clase debían obtener una vista axonométrica de la pieza por el método 2D "tradicional", mientras que los que habían visto el método B debían obtener la vista axonométrica a partir del método de modelado 3D "por caras".

**Figura 2: Pieza poliédrica correspondiente al ejercicio 1**



Además, se les pidió a los alumnos que a la entrega del ejercicio, a través de una página web, cumplimentaran un breve cuestionario con datos personales de caracterización y nivel previo de conocimientos de dibujo técnico, así como una valoración de la facilidad del método adoptado (Figura 3).

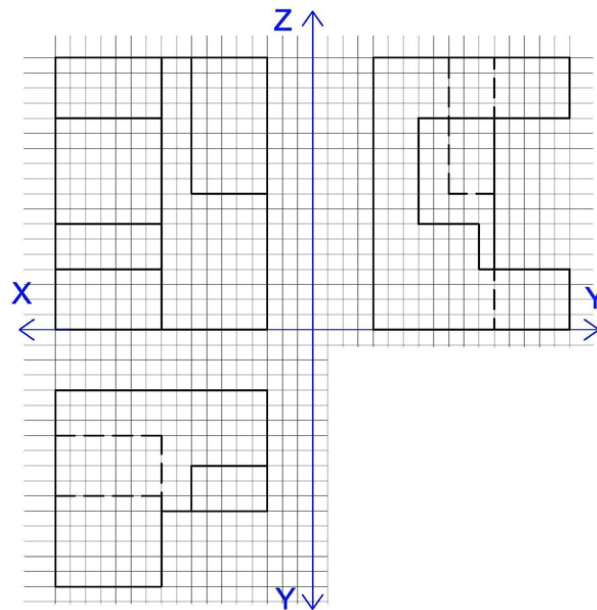
**Figura 3: Cuestionario cumplimentado tras la primera semana de la experiencia**

The image shows a web-based questionnaire form with the following fields and options:

- Nombre y apellidos\***: A text input field.
- Titulación\***: A dropdown menu.
- Sexo\***: Radio buttons for "Mujer" and "Hombre".
- Edad\***: A text input field.
- ¿Cuándo has estudiado dibujo técnico?\***: A list of radio button options:
  - No, nunca
  - En 1º de bachillerato
  - En 2º de bachillerato
  - En 1º y 2º de bachillerato
  - En el ciclo formativo
  - En la ESO
  - Soy repetidor/a
  - Otro: [text input field]
- Valoración del método \***: A section with the instruction "Valora a continuación la facilidad del método utilizado para resolver el ejercicio propuesto". Below it are five radio buttons labeled 1, 2, 3, 4, and 5. At the bottom of this section are two radio buttons labeled "Muy fácil" and "Muy difícil".

La segunda semana se explicó, en cada grupo, el método que no habían visto la semana anterior, de manera que todos los alumnos conocían ambos métodos después de las dos semanas de la experiencia. En esta ocasión se les propuso el Ejercicio 2 para resolver y entregar (Figura 4), de nuevo consistente en una pieza poliédrica representada a través de sus vistas diédricas. Cada alumno debía obtener una vista axonométrica de la pieza, aplicando el método visto esa semana en clase, que sería diferente al usado en la semana previa.

**Figura 4: Pieza poliédrica correspondiente al ejercicio 2**



Como la semana anterior, se les solicitó acompañar la entrega con un nuevo cuestionario, en el que además de la información de la semana anterior, (ver Figura 3) se añadió que compararan ambos métodos en cuanto a su rapidez, comodidad, facilidad y utilidad (Figura 5).

**Figura 5: Segunda parte del cuestionario cumplimentado tras la segunda semana de la experiencia**

**Valoración del método II\***

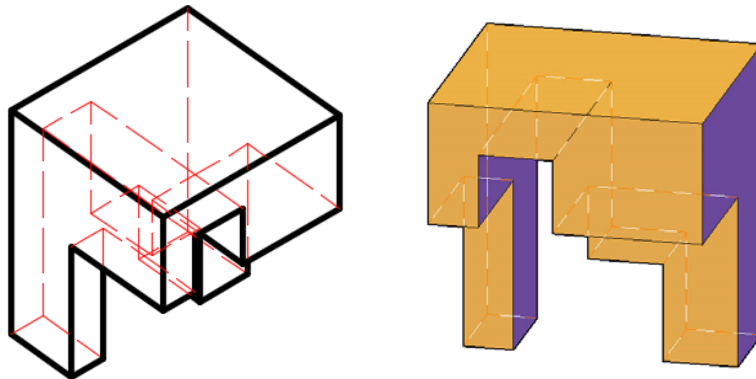
Ahora que conoces el método A (croquis y axonometría digital) y el B (con uso de 3D), señala cuál te parece más...

	Método A	Método B
rápido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
cómodo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
útil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ayuda mejor a entender la geometría de la pieza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

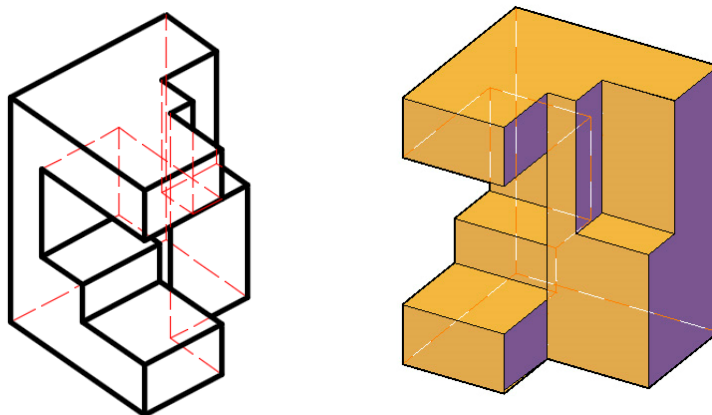
Por lo tanto, las entregas de los ejercicios fueron diferentes para los dos grupos de alumnos: la primera semana, la mitad de los alumnos resolvería el ejercicio 1 por el método A, tradicional y la otra mitad del alumnado, por el método B, 3D por caras. La segunda semana, lo mismo para el ejercicio 2, pero esta vez la primera mitad del alumnado lo resolvería por el método B, 3D por caras, y la segunda mitad por el método A, tradicional. Obteníamos así dos vertientes de trabajo, una con el uso de la metodología A más B, y otra con la metodología B más A.

En la Figura 6 y Figura 7, se muestra la solución final correcta de los ejercicios según el método utilizado. En el caso de la solución del ejercicio resuelto con la metodología B, 3D por caras (Figura 6 derecha y Figura 7 derecha), se ha cambiado la orientación de las piezas, para una mayor comprensión de las mismas.

**Figura 6: Solución del primer ejercicio resuelto con el método A, tradicional (izquierda) y con el método B, 3D por caras (derecha)**



**Figura 7: Solución del segundo ejercicio resuelto con el método A, tradicional (izquierda) y con el método B, 3D por caras (derecha)**



Para la corrección de los ejercicios, el profesorado corrigió, en primer lugar, el ejercicio 1 de cada alumno, valorando la interpretación de la pieza en una escala de 1 a 5, siendo el 1 el valor con peor puntuación, y considerando el valor 5 cuando el ejercicio había sido perfectamente interpretado. En segundo lugar, se corrigió el ejercicio 2 con el mismo criterio e igual rango de valores. Seguidamente, se compararon los 2 ejercicios de cada alumno, y se estableció una variable relativa de interpretación entre los dos ejercicios, de valores posibles: peor (p), igual (i) o mejor (m). Es decir, se consideró como valor peor (p) cuando el ejercicio 2 había sido interpretado en menor medida que el ejercicio 1, o dicho de otro modo, el valor sería peor (p) cuando el ejercicio 1 se hubiera interpretado en mayor medida que el ejercicio 2. Por contra, se introdujo el valor mejor (m) cuando el ejercicio 2 había sido interpretado en mayor medida que el ejercicio 1, o dicho de otro modo, el valor sería mejor (m) cuando el ejercicio 1 se hubiera interpretado en menor medida que el ejercicio 2. Por

último, se introdujo el valor igual (i) cuando se consideró que tanto la pieza del ejercicio 1 y como la del 2 habían sido interpretadas de igual modo respecto al enunciado facilitado. Ponderando los resultados en función de si se había seguido la metodología A más B, o bien, B más A.

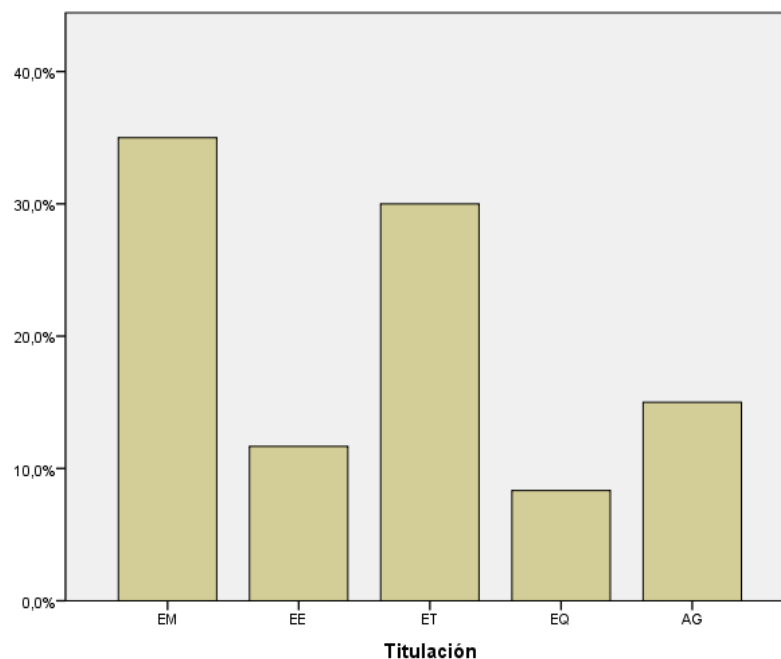
Para la realización del estudio, básicamente fueron valorados dos aspectos: la encuesta detallada en la Figura 3 y Figura 5, contestada por todo el alumnado que participó en la experiencia y la corrección realizada por parte del profesorado.

El análisis de los datos se realizó empleando el programa estadístico SPSS Statistics v22 (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA).

Se obtuvieron 120 respuestas válidas, correspondientes a 60 alumnos que realizaron, cada uno de ellos, los dos ejercicios: uno con el método A, tradicional y otro con el método propuesto B, 3D por caras.

Por titulaciones, el mayor porcentaje de alumnado que ha formado parte de esta experiencia ha correspondido a alumnos de Ingeniería Mecánica (35%), y el menor, a estudiantes de Ingeniería Química (8.3%) (Figura 8). Por sexos, el 73% de las respuestas corresponden a hombres y el 27% a mujeres. La media de edad es de 19.53 años (DT= 3.694).

**Figura 8: Porcentaje de estudiantes de diferentes titulaciones**



Para comprobar si existían diferencias significativas en la puntuación de los ejercicios en función de la metodología seguida, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Siegel y Castellan, 1994) puesto que en las variables relacionadas con dichas puntuaciones no puede asumirse normalidad (el test de Kolmogorov-Smirnov muestra valores del nivel crítico menores al nivel de significación  $p < 0.05$ ). Del mismo modo, se realizó el mismo análisis con el objetivo de determinar si existían diferencias significativas entre el nivel de estudios previos y la puntuación de los ejercicios.

Se obtuvieron también algunos resultados de la opinión ofrecida por los alumnos a través del cuestionario.

### 3. Resultados y discusión

La aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis a la variable correspondiente a la puntuación absoluta de cada ejercicio, en función del método empleado en su realización, mostró que existía diferencia significativa entre las puntuaciones obtenidas en los ejercicios, en función de si se había seguido el método A o bien el B. El nivel crítico obtenido (0.000) fue menor que 0.05, por lo que se puede rechazar la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y concluir que las poblaciones comparadas difieren en la puntuación. En concreto, la puntuación fue superior en los ejercicios realizados con el método B ( $M=4.38$ ;  $DT=0.976$ ) que en los realizados siguiendo el método A ( $M=3.68$ ;  $DT= 1.228$ ).

En cuanto a la puntuación relativa del segundo método respecto del primero, en función del orden temporal en el que los alumnos han visto ambos métodos, la prueba de Kruskal-Wallis mostró de nuevo que existía diferencia significativa entre las muestras (nivel crítico =0.000). En el caso de que los alumnos hubieran visto primero el método A que el B, la puntuación media es positiva ( $M=0.63$ ;  $DT= 0.731$ ), lo que se traduce en que la evolución también lo ha sido, puesto que han realizado el segundo ejercicio MEJOR que el primero, mientras que en el caso de que el orden haya sido el contrario, primero el método B y luego el A, la puntuación media es negativa ( $-0.29$ ;  $DT=0.859$ ), lo que se traduce en que el segundo ejercicio, ejecutado por el método tradicional, se ha realizado PEOR que el primero, ejecutado por el método 3D por caras.

Por otro lado y en lo referente al nivel de estudios previos y la puntuación del ejercicio, no se observan diferencias significativas.

En cuanto a la opinión del alumnado, éste valora el nuevo método B (3D por caras) como algo menos rápido, moderadamente más fácil y cómodo, y principalmente, mucho más útil que el método A, (tradicional) tal y como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1: Porcentaje de estudiantes que eligen cada método en función de su rapidez, comodidad, utilidad y facilidad.**

	A	B
Rápido	53	47
Cómodo	43	57
Útil	13	87
Fácil	47	53

### 4. Conclusiones

La asignatura Expresión Gráfica en la Ingeniería cursada de forma común en el primer año de diversos grados de ingeniería, pretende entre otros objetivos, mejorar la capacidad de visión espacial.

La metodología 3D por caras, empleada en la experiencia, en comparación con la metodología tradicional, mejoró la interpretación del estudiantado. Esto coincide con la opinión del alumnado, que ha valorado este nuevo método como moderadamente más fácil y cómodo, así como mucho más útil que el método tradicional.

Por otro lado, resulta de especial interés el hecho de que las puntuaciones de los ejercicios, tanto por el método tradicional como por el nuevo, son independientes del nivel de estudios previo, de lo que se puede deducir que la interpretación de las vistas y la capacidad visual



no dependen de la formación previa en dibujo, sino es una habilidad que puede ser desarrollada por el alumno. En este estudio se comprueba que no ha sido lo suficientemente trabajada en su formación previa, por lo que es necesario el desarrollo de este tipo de métodos para mejorarla.

## 5. Referencias

McGrath, M.B., & Brown J.R. (2005). Visual learning for science and engineering. *Computer Graphics and Applications IEEE* (vol. 25(5), pp. 56-63).

Lieu, D., & Sorby, S. (2008). Visualization, Modeling, and Graphics for Engineering Design (p. 1088). Delmar Cengage Learning. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=ca&lr=&id=IHO79rg6VT8C&pgis=1>

Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). Non parametric statistics for the behavioral sciences, 2nd ed. New York: McGraw-Hill.

