

ENSEÑANZA DE LA PERSPECTIVA CÓNICA. MÉTODO EN EL ESPACIO REAL, Y SU SIMULACIÓN EN EL ESPACIO VIRTUAL

TEACHING OF THE CONICAL PERSPECTIVE. METHOD IN THE REAL SPACE, AND THEIR SIMULATION IN THE VIRTUAL SPACE

Dr. Juan Beltrán Chica¹
jbeltran@ugr.es

Dr. José Manuel Beltrán Polaina²
josemanuel.beltran@edu.jccm.es

*(1)Universidad de Granada. Facultad de Bellas Artes. Departamento de Dibujo
Avenida de Andalucía, s/n. 18071, Granada (España)*

*(2)IES Ramón Giraldo.
c/ Feria, s/n, 13320 Villanueva de los Infantes, Ciudad Real (España)*

*Para la enseñanza de la perspectiva, los autores utilizan materiales y métodos didácticos usando maquetas reales y tangibles con rendimientos muy satisfactorios, pero conllevan determinadas dificultades de tipo físico y operativo. Se ha confeccionado un software infográfico con el objetivo de emular en 3D virtual los materiales utilizados en el espacio real, aprovechando las características de la imagen digital. Con este material se ha realizado un estudio comparativo entre ambos métodos (en el espacio real y en el 3D virtual) participando alumnos de segundo ciclo de Bellas Artes en el que se han obtenido interesantes datos para el desarrollo y utilización de estos materiales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
Palabras clave: Geometría Descriptiva, Perspectiva, Didáctica, Estudio y Enseñanza.*

*In order to teach perspective in a Fine Arts degree, the authors use materials and didactic methods which include real and tangible models with very satisfactory yields, but they bear certain physical and operative problem. Digital graphic software has been developed in order to model materials in 3D before being used in the real space, taking advantage of the characteristics of the digital image. A comparative study with graduate students of Fine Arts has been made between the two methods (in the real space and in the 3D virtual) where interesting data have been obtained on the usage and development of virtual modelling.
Keywords: Descriptive Geometry, Perspective, Didactics, Study and Teaching.*

1. Introducción.

Para la enseñanza de la perspectiva cónica los autores están desarrollando y utilizando una metodología, de demostrada eficacia, con situaciones de aprendizaje que se asemejan a las que se pueden ver en algunos grabados del Renacimiento (Figuras 1 y 2), época en la que se encontró por primera vez la codificación de un sistema de representación (Salas Acosta, 2005), que recoge la semejanza con el mundo real. El artista usualmente ha dibujado el objeto de un modo intuitivo hasta que, con un mayor rigor científico, se sentaron las bases de los distintos sistemas de representación como parte de la Geometría Descriptiva (López Vilchez, Hernández Rojo & Fuentes Martín, 1988).



Figura 1. Copia o "calco" por transparencia. Dürero, 1471-1528.

Resulta muy fecunda la experiencia personal de trazar, copiar o «calcar» por transparencia (Figuras 1 y 3) las formas naturales o geométricas, para después efectuar acciones geométrico-educativas, no solo para el estudio de la Perspectiva Cónica sino también para otras materias de titulaciones de bellas artes, diseño, arquitectura, ingeniería...

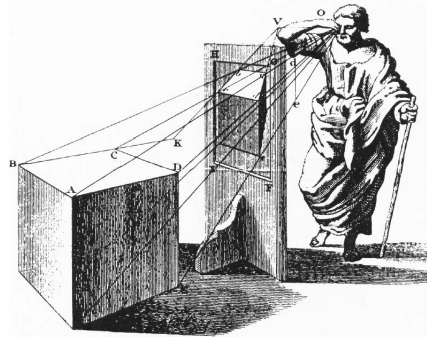


Figura 2. Estudios geométricos de la perspectiva. Battista Alberti, 1435; grabado del tratado de Brook Taylor, 1719.

Se trabaja bajo las hipótesis de que al alumno se le facilita el aprendizaje de la Geometría Descriptiva si la estudia de modo que pueda diferenciar y comparar, alternativa y/o simultáneamente, entre el objeto real y la proyección plana que éste produce. Dicha hipótesis ha sido corroborada en un estudio realizado para la enseñanza del Sistema Diédrico (Beltrán Chica & Beltrán Polaina, 2010). Se han encontrado numerosas publicaciones que muestran la importancia de que el alumno pueda diferenciar y comparar entre (a) la proyección cónica en el plano de proyección y (b) los objetos reales y tangibles que se proyectan. Esto sucede cuando se emplean maquetas con plano de proyección transparente (Figuras 3 y 4) y el alumno puede mirar desde el punto de vista para obtener perspectivas por trazado directo (Adolphus Storey, 2006). En España hacia 1793 hay constancia escrita de la Academia de San Fernando del empleo de maquetas y modelos para explicar la perspectiva cónica (Ibáñez Álvarez, 2010). En estas situaciones educativas se facilita el estudio de los fundamentos geométricos puesto que la Geometría Descriptiva (Hernández Rojo, 1988)

trata precisamente de estudiar métodos exactos de representación en una superficie plana de los objetos y de resolver geoméricamente en dicho plano los problemas del espacio. También es frecuente mostrar la proyección cónica con dibujos explicativos desde un punto de observación “externo”, diferente del punto de vista (Senabre, 1979; Zorrilla Olarte & Serra Estrada, 1979; Bonet Minguet, 1985; Giménez Morell & Vidal Alamar, 1985). Resultan muy eficaces las presentaciones por medio de visión estereoscópica. (Imre Pal, 1965; Aguilar Gutiérrez, 1993).

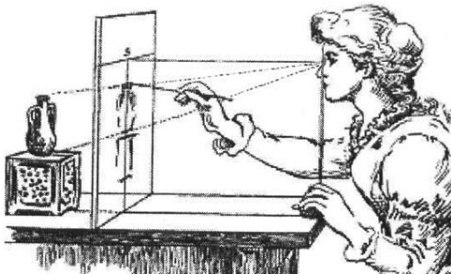


Figura 3. Perspectiva por copia directa. (Adolphus Storey, 2006).

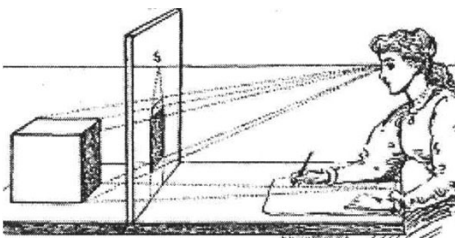


Figura 4. Objeto real, representación y punto de fuga. (Adolphus Storey, 2006)

Definición del problema y propósitos. Al utilizar este material en el aula los estudiantes deben de mirar, uno a uno, desde el punto de vista (como en la figura 3) para observar y

trazar mientras son instruidos en la comprensión de los conceptos fundamentales. Pero con grupos de alumnos más o menos numerosos se presentan problemas de logística y tiempo para conseguir que puedan recibir debidamente estas enseñanzas. Por otro lado, hace falta tiempo y espacio para la construcción de estas maquetas, su preparación, almacenamiento, etc. Buscando soluciones se ha diseñado y se está probando un material infográfico en 3D virtual con el propósito de emular los materiales didácticos utilizados en el espacio real, incluso mejorarlos gracias a las propiedades de la imagen digital, y con la posibilidad de que el alumno disponga del mismo para usarlo en su ordenador personal. Gracias a las nuevas tecnologías, la imagen digital en movimiento ofrece grandes ventajas; la narración, la movilidad en los puntos de vista y el tratamiento gráfico del movimiento potencian la comunicación visual icónica (López Vílchez, Campos López & Belda Mercado, 2010). Se está demandando una adecuación del sistema educativo a las nuevas necesidades (Maroto Sánchez, 2007). Internet está al alcance de todos y se está produciendo un importante software *Online Learning* para diseñar, entregar y dirigir materiales utilizando la red (Perurena Cancio & Hernández-Piloto Argüelles, 2003). La simple enseñanza presencial no satisface las demandas actuales (Tejada Fernández, Navío Gámez & Ruiz Bueno, 2007) y se hace imprescindible el uso y producción de software educativo. Para valorar las características pedagógicas de estos materiales se va a hacer una valoración comparativa, sistemática y ordenada entre los materiales didácticos objeto de este estudio, que se verán a continuación.

2. Método.

2.1. La técnica educativa.

Se utilizan dos tipos de materiales: (a) *maquetas reales y tangibles* y (b) *espacios 3D digitales* (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011). Los contenidos que se imparten con esta técnica no son todos los de un curso determinado sino aquéllos que enseñan los fundamentos de la proyección cónica, y según la etapa (ESO – universitaria). En los niveles superiores se estudia la representación de objetos ubicados en cualquiera de los tres espacios perspectivos: *real, intermedio o virtual* (Figura 5), si bien, luego se trabaja, sobre todo, dentro del espacio perspectivo *real*. En el espacio perspectivo *virtual* se suele operar en etapas educativas superiores (Figuras 6 y 7). En el método perspectivo que utiliza los puntos de fuga se ha de estudiar algo tan fundamental como es la función de la *recta característica* (Villanueva Bartrina, 1996) para realizar una gran variedad de operaciones (Taibo, 1983; Rodríguez de Abajo & Revilla Blanco, 1985; Navarro de Zuvillaga, 1986; Cabezas y Ortega, 2001).

El material didáctico. Se utilizan maquetas reales y tangibles, y también se simula este material y su metodología utilizando la imagen 3D digital. El alumno puede observar y comprender que el punto de vista V puede ser el ojo que mira (Figuras 1 a 4) al objeto situado en el espacio perspectivo *real*, el cual es trazado a mano (“calcado”) sobre el plano de proyección transparente (Figuras 1 y 3). También, el punto V puede ser un punto emisor de luz (Figuras 9 a 12) que ilumina el objeto situado en el espacio *intermedio* y configura su imagen por las sombras en el plano de proyección opaco. Y por último, el punto V puede ser el orificio de la cámara estenopeica

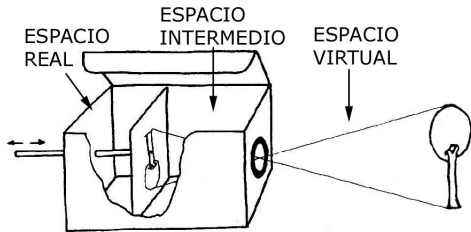


Figura 6. El árbol situado en el espacio perspectivo virtual se representa en el plano de proyección.

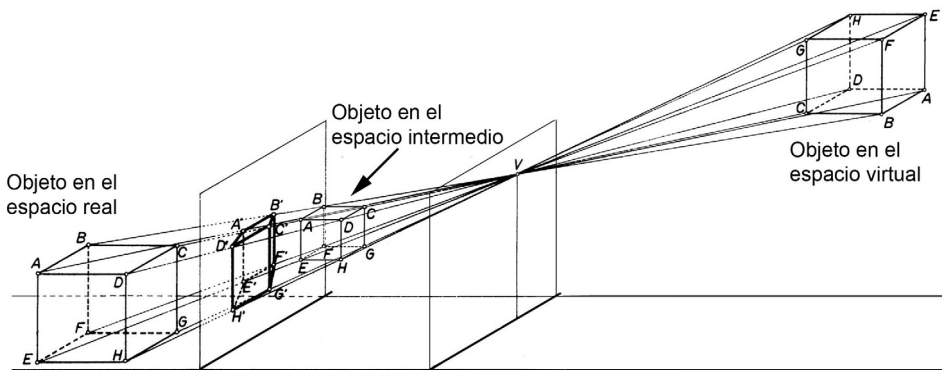


Figura 5. Los tres espacios perspectivos: real, intermedio y virtual, y un solo plano de proyección.

(cámara oscura) o la lente que forma la imagen del objeto (Figura 6) situado en el espacio perspectivo *virtual*; en este último caso es difícil hacer los estudios geométricos pertinentes.

Con el objeto situado en el espacio perspectivo *virtual* se ha recurrido a un modelo diseñado en 3D digital (Figuras 7 y 8).

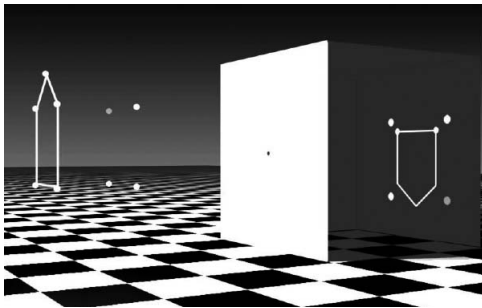


Figura 7. Cámara oscura en 3D virtual (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

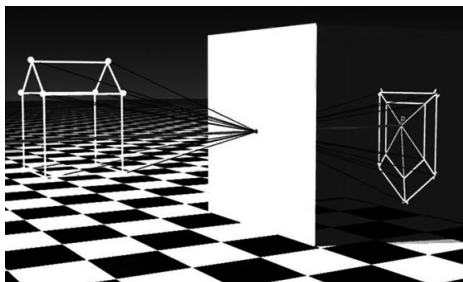


Figura 8. Se estudia la proyección cónica (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

Metodología didáctica. Se sigue un método inductivo ordenado en tres partes. Primera: se hacen visibles las proyecciones cónicas en el plano (Figura 5) para observar que (a) un objeto cualquiera se proyecta en el plano con un *tamaño menor* a él mismo si está en el espacio perspectivo *real*; (b) que

se proyecta con un *tamaño mayor* si está en el *intermedio*; y (c) que se representan con el *mismo tamaño* si las formas están contenidas en el plano de proyección, como ocurre con la pared frontal de la casa (Figura 14). Segunda parte: se hace observar que si las rectas representadas que “van hacia atrás” se prolongan, concurren a un mismo punto de fuga. Y tercera: se hace ver que cualquier punto de fuga, unido al punto V, define una recta que se caracteriza por ser paralela a las rectas del objeto real que en su proyección concurren a dicho punto de fuga (estas explicaciones difícilmente se comprenden sin tener a la vista estos materiales).

Después se adopta un discurso deductivo con los correspondientes tres enunciados: Primero: *solamente las formas que están contenidas en el plano de proyección se representan con su verdadera magnitud*. Segundo: *todas las rectas que en la proyección concurren al mismo punto de fuga, en la realidad son paralelas, e inversamente*. Tercero: *para determinar el punto de fuga de una recta con una dirección cualquiera, basta con trazarle una paralela por el punto de vista y hallar su intersección con el plano del cuadro* (Villanueva Bartrina, 1996).

Cuando el alumno comprende la función de la *recta característica* para hallar los *puntos de fuga* alcanza fácilmente los objetivos de conocimiento, comprensión y aplicación de estos contenidos. Entonces debe de ir prescindiendo de las ayudas visuales de este material didáctico e ir utilizando más su imaginación icónica que le permitirá avanzar con más autonomía. Después se avanza según la etapa educativa (ESO, FP, Bachillerato o Universidad) hasta impartir los contenidos propios de cada asignatura.

Objeto en el espacio perspectivo virtual y

en el intermedio. La representación cónica con el objeto en el espacio perspectivo virtual es la imagen en la cámara oscura (Figuras 6, 7 y 8) en donde se puede estudiar la *función de la recta característica*. En el espacio intermedio (Figuras 9 a 12) la maqueta maqueta está montada en un trípode articulado para moverla o girarla en cualquier dirección. De este modo se pueden trazar manualmente las prolongaciones de las aristas hasta el punto de fuga. Luego se coloca una varilla, la *recta característica*, en posición paralela a las aristas de la maqueta para demostrar que va desde el punto de vista hasta el de fuga. El *paralelismo* y, obviamente, el punto de fuga se mantienen aunque cambie la altura de la maqueta (Figuras 9 y 10).

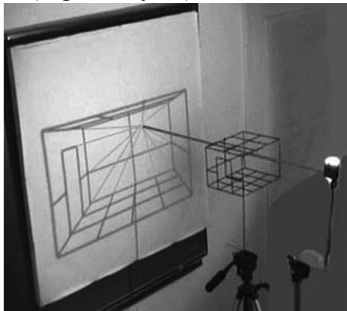


Figura 9. Proyección cónica por sombras; la *recta característica* se ve paralela a las aristas afines.

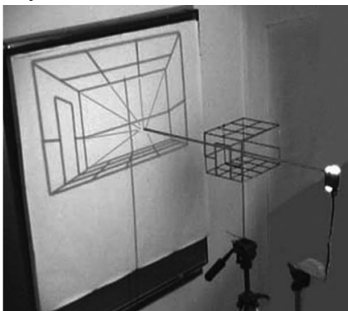


Figura 10. Cuando se eleva la maqueta el punto de fuga no cambia.

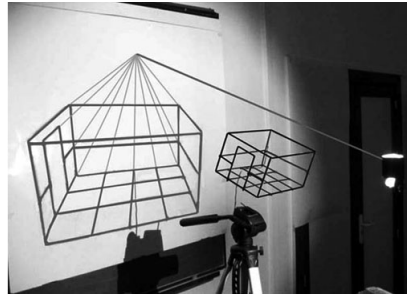


Figura 11. Giros de la maqueta y puntos de fuga de fuga.

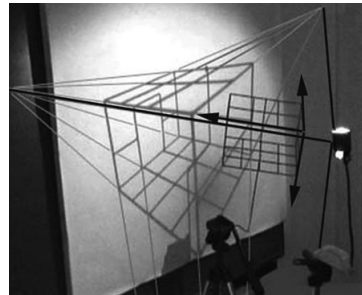


Figura 12. Tres *rectas características* y tres puntos de fuga para sendas direcciones de las aristas.

También la maqueta se puede inclinar (Figura 11) o girar (Figura 12) para comprobar que el punto o puntos de fuga unido/s al de vista, da una *recta característica* paralela a las aristas correspondientes de la maqueta.

Objeto en el espacio real. El material en el espacio real (Figura 14) está sobre una mesa situada en un lugar céntrico del aula para que los alumnos puedan agruparse a su alrededor para seguir las explicaciones. Todos los presentes pueden observar “externamente”, o, cuando convenga, mirar desde el punto de vista para trazar (“calcar”) el objeto sobre el plano del cuadro.

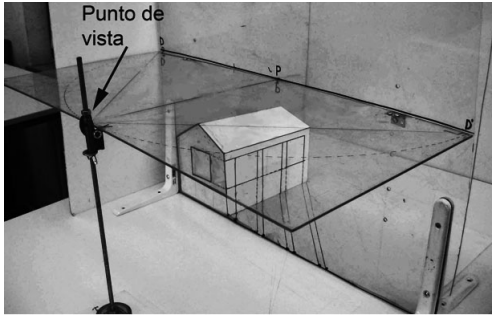


Figura 13. Desde el punto de vista se mira la casa.

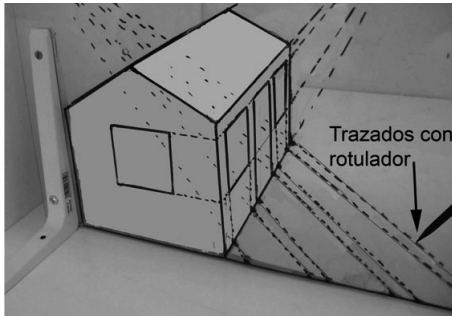


Figura 14. La pared frontal se “calca” con su verdadera magnitud: se co-funden objeto real y su representación.

Aplicando el método inductivo, se llevan a la práctica las tres partes antes enumeradas: (1) se trazan (o “calcan”) las aristas de la casa; (2) las rectas que “van hacia atrás” se prolongan para demostrar que fugan a P; y (3) se hace observar a los alumnos el *paralelismo* que hay entre la *recta característica* V-P y las aristas o rectas que “van hacia atrás”. Después se efectúan las explicaciones que se deducen de estos trazados: (1) a pared de la casa se representa con su verdadera magnitud porque está contenida en el plano de proyección; (2) todas las rectas que concurren al punto P, en la realidad son paralelas entre sí; y (3) para determinar el punto de fuga P

basta con trazar desde V una paralela a las rectas que forman 90° con el plano de proyección.

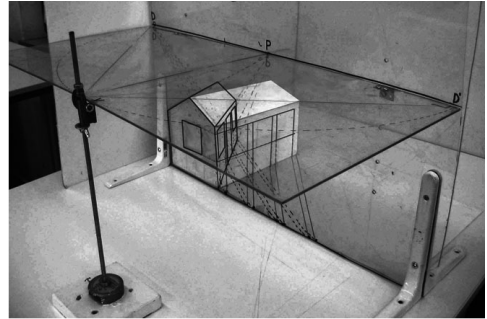


Figura 15. Se ve el paralelismo, de las rectas características que definen los puntos P y D, con las rectas afines del objeto de estudio.



Figura 16. Por detrás se comprenden otros aspectos.

Este proceso se repite también para explicar cómo se miden las profundidades utilizando el punto D (con 45° respecto al plano de proyección). En las figuras 15 y 16 se puede ver el trazado terminado.

Cuando haya realizado el alumno los ejercicios suficientes para dominar la denominada “perspectiva cónica frontal” se pasa a estudiar con un modelo (Figuras 17 y

18) que gira alrededor de la arista vertical (esquina) y, según su posición, sirve para cónica frontal o cónica oblicua, lo cual facilita que el alumno tenga una concepción integradora de la proyección cónica.

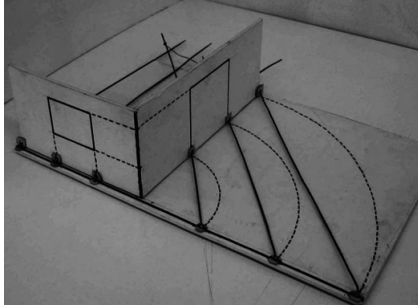


Figura 17. Maqueta de paredes giratorias para explicar cónica frontal y oblicua.

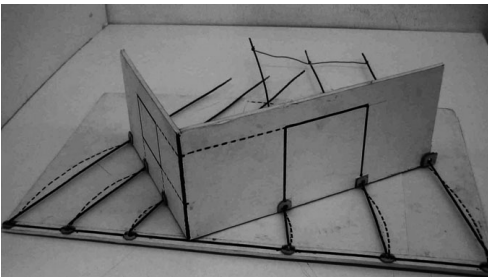


Figura 18. Con esta maqueta se ve cómo se miden las profundidades, sea cual sea el ángulo de giro.



Figura 19. Calco mirando desde el punto de vista: se co-funden objeto real y su representación..

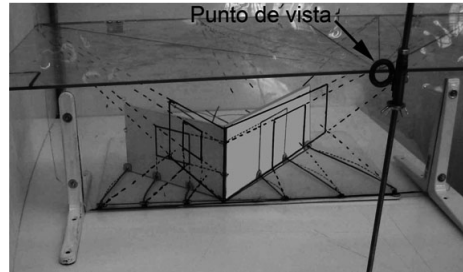


Figura 20. Estudio contrastado entre lo representado y lo real para entender la proyección cónica..

También se sigue aquí la misma metodología inductiva/deductiva, ahora con cuatro puntos de fuga (M, N, m, n) incluyendo los métricos o medidores.

2.2. Simulación de las maquetas en 3D virtual.

Visionado de videos. Para simular las maquetas en espacio 3D virtual se ha optado por el formato vídeo por su facilidad de uso en clase con el cañón o en casa para repasar (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011). Su descarga es libre en <http://hdl.handle.net/10481/13804>, de DIGIBUG (Repositorio Institucional de la Universidad de Granada). Son ficheros .avi compatibles con Windows Media Player u otro similar, aunque se aconseja utilizar VirtualDub para usarlo como “moviola”: avanzar, fotograma a fotograma, parar o retroceder, para explicar al ritmo que marque el profesor y el alumnado, lo cual facilita la enseñanza. Los ficheros comienzan con una letra (E., F... hasta K.) e incluyen todos “PerspConica.avi”. Se corresponden con las figuras del texto: Figura 21 con E.; Figura 22 con F.; Figura 23 con G.; Figuras 24, 26, 27, 28 y 29 con J.; Figura 25 con H. y con I.; Figuras 30, 31, 32 y 33 con K.

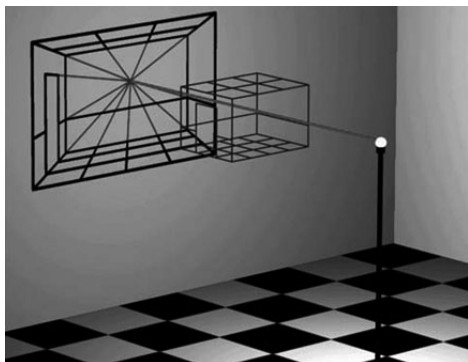


Figura 21. Emulación de las explicaciones que se realizan con el material de las figuras 9 a 12 (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

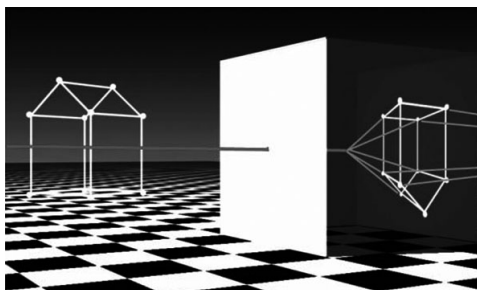


Figura 22. Emulación de la cámara oscura (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011.)

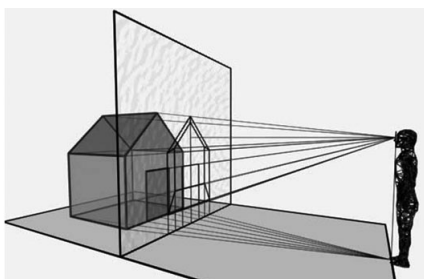


Figura 23. Diferenciación entre la casa real y su representación en el plano de proyección o del cuadro (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

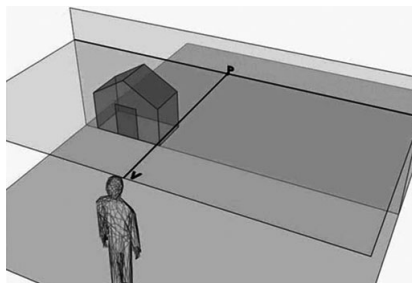


Figura 24. Diversos movimientos de cámara virtual (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

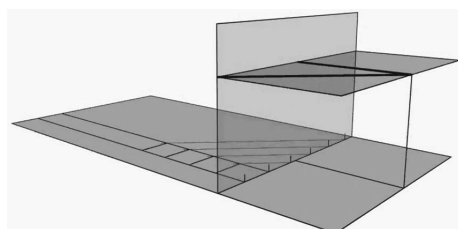


Figura 25. Las profundidades se miden por medio del punto (D) definido por la recta característica (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

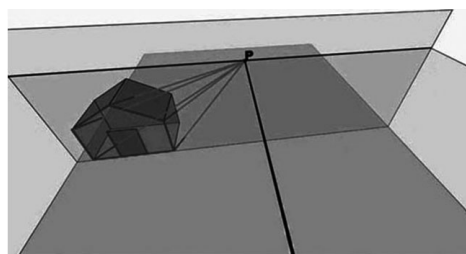


Figura 26. Las aristas representadas fugan al punto P. (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

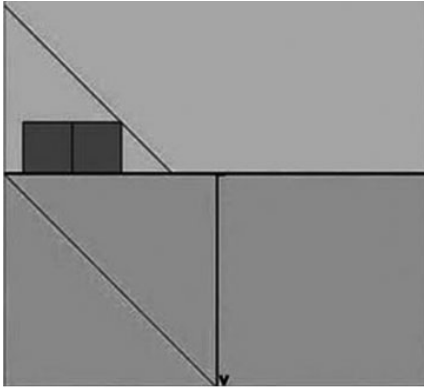


Figura 27. Estudio en proyección ortogonal de la función de la recta característica (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

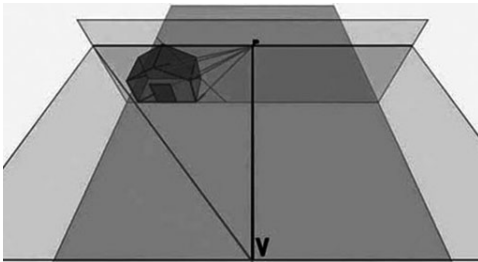


Figura 28. El “ojo” va a mirar desde el punto V para co-fundir lo real y lo representado (ver figura 29). (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

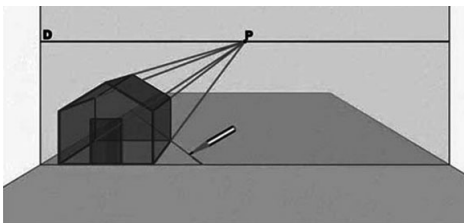


Figura 29. Viendo desde V se “calca” la recta que mide la profundidad de la casa (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

Se aplica una metodología similar a la empleada con las maquetas. Además se utilizan determinadas propiedades de la imagen digital. El video tiene un “guión cinematográfico” con las escenas y movimientos de cámara que se estiman más convenientes.

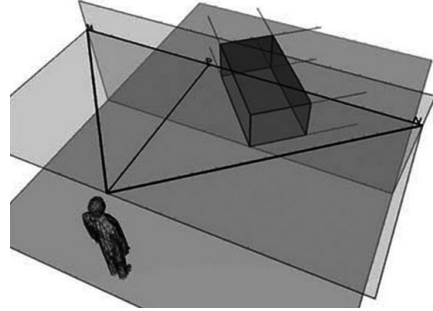


Figura 30. Las dos rectas características definen M, N (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

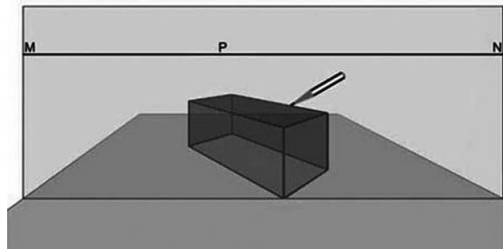


Figura 31. Mirando desde V se co-funde objeto real y trazo (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

El “guión cinematográfico” posibilita que los alumnos vean lo que más convenga en cada momento: ver desde V el rotulador que “calca” en el plano de proyección (Figuras 29 y 31), o ver “ortogonalmente” (Figuras 27 y 32) el paralelismo entre la recta característica y las rectas correspondientes. El profesor explica para todos a la vez mientras manipula

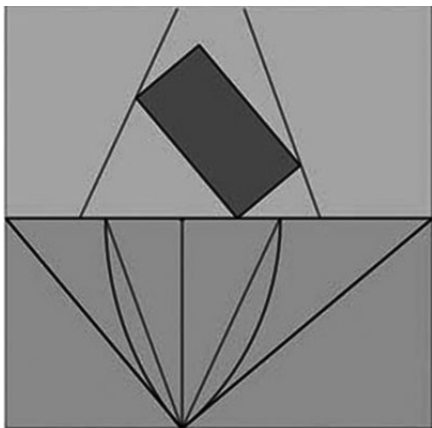


Figura 32. Estudio de las rectas características que definen los puntos de fuga M, N, m, n . (ver figura 33). (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

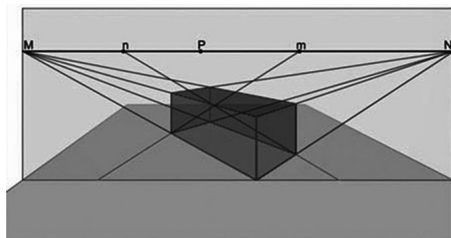


Figura 33. Cuando se ha completado la explicación, con la "moviola" se puede volver atrás para repasar (Beltrán Polaina, 2006; Beltrán Chica & Beltrán Polaina 2011).

la "moviola", evitando así las explicaciones de uno en uno que tendría que hacer su usara las maquetas.

2.3. La muestra.

Está formada por dos grupos de alumnos (A y B) matriculados en la asignatura "Perspectiva" de 9 créditos (90 horas),

cuatrimestral, optativa de segundo ciclo de la licenciatura de Bellas Artes. Son dos grupos semejantes por el número de matriculados, distribución de género y antecedentes académicos. A comienzos de curso el sondeo inicial reveló un alumnado heterogéneo que aconsejó empezar desde los fundamentos básicos de la proyección cónica. Los bloques temáticos del curso incluyen: 1.- Perspectiva cónica frontal y cónica oblicua, con puntos de fuga dentro o fuera del horizonte, y con objetos en parte situados en el espacio perspectivo *intermedio*. 2.- Perspectiva de plano inclinado. 3.- Otros procedimientos perspectivos a partir de proyecciones ortogonales. 4.- Sombras, incluyendo el punto de luz a espaldas del espectador, y reflejos en el espejo. En el curso se impartieron las clases exclusivamente con las maquetas mostradas en las figuras anteriores y solo para las enseñanzas más básicas: (a) la representación de objetos en los espacios: *real, intermedio y virtual*, (b) la función de la *recta característica* para hallar los *puntos de fuga* y (c) su aplicación.

Los vídeos se utilizaron solamente para realizar esta investigación al final del curso, en un momento educativo en el que los alumnos están bien cualificados para realizar una valoración comparativa entre los dos tipos de material didáctico. Efectivamente, van a *valorar unos vídeos, que ven por primera vez, con los que se les explica unos contenidos básicos que ya aprendieron con las maquetas en los comienzos del curso, y que aplicaron después durante el curso en actividades de enseñanza / aprendizaje de mayor nivel*. Así, el esfuerzo y la atención no la empleará el alumno en comprender los contenidos que ya comprendió, sino en comparar y valorar las características pedagógicas de los dos materiales didácticos.

2.4. Diseño de la investigación.

Dada la cualificación de la muestra se ha recurrido a la encuesta como instrumento de obtención de información para conocer opiniones y actitudes; es decir, datos diferenciados en las valoraciones cualitativas según las peculiaridades individuales, y datos cuantitativos para conocer las preferencias de la mayoría de una muestra numerosa y, por tanto, con un alto grado de representatividad de esta población.

2.4.1. Instrumentos: cuestionario.

Para confeccionar el cuestionario se partió primero de un bosquejo previo para utilizarlo con fines exploratorios en uno de los grupos de alumnos, con la finalidad de obtener datos adicionales para confeccionar posteriormente un cuestionario que respondiera mejor a la situación real. Se intervino primero con el grupo A en una sesión ordinaria de clase de 3 horas en la que se mostró cada uno los siete vídeos, re-explicando contenidos básicos que antes se estudiaron con maquetas; se utilizó una terminología clara, corriente y sencilla (vídeo, maqueta...), se visionaron con VirtualDub a modo de “moviola” con las repeticiones, aclaraciones y, muy importante, el tiempo suficientes. Al finalizar cada visionado se fue pidiendo, oralmente, a los alumnos la opinión de lo visto y explicado, produciéndose un fructífero debate e intercambio de ideas que proporcionaron importantes datos e ideas para redactar el cuestionario definitivo.

Este cuestionario lo cumplimentó el grupo B, de 30 miembros, con un 56,6% de alumnas y un 43,4% de alumnos. Se procedió como con el grupo A en la explicación con los vídeos, y se cumplimentó el cuestionario por

escrito. Para neutralizar efectos perturbadores y procurar validez interna, las respuestas fueron anónimas, no hubo debate ni comentarios (salvo las instrucciones del encuestador), no se anunció que se iba a hacer la encuesta (hay poca comunicación entre los grupos A y B, de mañana y tarde respectivamente) y, a juzgar por las respuestas, es evidente que el alumnado ha proporcionado respuestas fidedignas. No obstante, a la hora de analizar e interpretar los datos resultantes, habrá que tener en cuenta los efectos perturbadores derivados del hecho de que la muestra ha sido intervenida con maquetas, pues los vídeos solamente los vieron una vez para contestar al cuestionario.

Las preguntas y los datos obtenidos en el grupo B están en la Tabla 1. Los ítems están agrupados en secciones lógicas que se corresponden con los siete vídeos por las letras: E, F, G, H, I, J y K. Contienen tres clases de preguntas: (1) de valoraciones actuales contrastando entre materiales didácticos; (2) de opiniones acerca de cuál de los dos materiales se debería utilizar a comienzos de curso; y (3) de valoraciones cualitativas (ventajas e inconvenientes) de cada uno de los dos materiales.

3. Resultados.

En la Tabla 1, en las columnas de la derecha (Maqueta - Vídeo) las cantidades o puntos se corresponden con el número de veces que se ha valorado positivamente uno de los dos materiales. Si se considera que los dos materiales son igualmente eficaces o se complementan se puede dar un punto a cada uno, por ello la suma de ambos puede ser mayor de 30.

Datos cuantitativos.- Empezando con el primer ítem: *Sombra...* (Fichero E), se prefiere

Sombra R: real/ V: virtual (Fichero E)	Maqueta	Vídeo
¿Dónde comprendes mejor la proyección cónica?	25	17
A comienzos de curso ¿cómo crees que se comprendería mejor?	30	8
¿Dónde comprendes mejor la función de la recta característica?	16	24
A comienzos de curso ¿cómo crees que se comprendería mejor la función de la recta característica?	22	14
TOTAL	93	63
Cámara oscura (F)	Maqueta	Vídeo
¿Dónde comprendes mejor la proyección cónica?	8	28
A comienzos de curso ¿cómo crees que se comprendería mejor?	11	23
TOTAL	19	51
Punto de vista (G)	Maqueta	Vídeo
¿Dónde comprendes mejor la proyección cónica?	16	27
A comienzos de curso ¿cómo crees que se comprendería mejor?	26	12
TOTAL	42	39
Casa / paralelas (vía de tren) (H,I,J)	Maqueta	Vídeo
Para comprender mejor el uso del punto D ¿Por dónde convendría comenzar el curso?		
Paralelas (vía tren)	7	7
Casa	18	9
TOTAL	25	16
Cónica oblicua (K)	Maqueta	Vídeo
Para comprender mejor el uso de los puntos m,n ¿Por dónde convendría comenzar el curso?		
TOTAL	18	16

Tabla 1. Datos cuantitativos obtenidos en el cuestionario.

maquetas (25 a 17) y más a inicio del curso (30 a 8). En vídeo, se comprende mejor la recta característica (24 a 16) pero para alumnos no iniciados, mejor con maquetas (22 a 14). Ítem: *Cámara oscura (F)*. Mejor en vídeo (28 a 8), incluso para alumnos noveles (23 a 11). Ítem: *Punto de vista (G)*. Mejor en los vídeos (27 a 16), pero para alumnos noveles, con maquetas (26 a 12). Ítem: *Casa / paralelas (H,I,J)*. Para usar D, utilizar las maquetas (18 a 9). Ítem: *Cónica oblicua (K)*. Con maquetas, pero con poca diferencia (18 a 16).

Datos cualitativos.- En los tres últimos ítems del cuestionario se incluyeron preguntas abiertas acerca de las ventajas e inconvenientes de cada material y, al final, una conclusión. Las respuestas dadas han sido casi unánimes en la conclusión en donde se opina que ambos materiales se complementan; en las demás también ha habido muy poca diferencia en sus

frecuencias, por lo que estas respuestas pueden ser consideradas como muy fidedignas.

Ventajas utilizando maquetas: Todo se ve en la realidad, no hay que imaginar ni interpretar, se ven los objetos reales a la vez que su representación en el plano; todo está al alcance de la mano, se puede observar desde cualquier lugar: desde el punto V como también nos podemos mover alrededor para captar distintos aspectos. Al mirar desde V se ve cómo coincide el objeto real con los trazados en el plano. Las comprobaciones son personales y directas. Despiertan curiosidad, motivan y completan los conocimientos anteriores.

Inconvenientes de las maquetas: Las explicaciones se alargan porque los alumnos tienen que mirar por V de uno en uno. El material ocupa espacio de almacenamiento y

tiempo de instalación.

Ventajas en 3D virtual: Toda la clase puede ver desde su mesa lo que se explica en la pantalla como si se viese desde el punto V, con los mejores ángulos de observación. Cuando hay que repetir explicaciones, se puede volver atrás (moviola) con la ventaja de que se van borrando los trazados últimos y quedando así todo más claro (con las maquetas no se puede hacer). Los vídeos se descargan de la red para poder repasar en casa. Se pueden ver objetos que levitan, abatimiento del plano de horizonte, trazados más nítidos... Una vez que se ha aprendido lo básico, da igual la forma de ver el espacio (maquetas o vídeos), entonces los vídeos son más cómodos de utilizar.

Inconvenientes en 3D virtual: Las visualizaciones en 3D virtual solo son unas representaciones de dos dimensiones, no se perciben con el volumen, la clarividencia y realidad de las maquetas. Las explicaciones son más difíciles de entender para los alumnos que se inician.

Utilización del material didáctico. Para eludir posibles perturbaciones, ya citadas, derivadas del hecho de que la muestra ha sido intervenida preferentemente con maquetas, no se va a prestar mucha atención a las puntuaciones cuantitativas globales sino que el interés está en la interpretación relativizada e individualizada de los datos de cada uno de los ítems expresados en el apartado *Datos cuantitativos*. Dada la cualificación de la muestra son muy valiosas las opiniones y respuestas actuales referidas a (1) las características pedagógicas de los materiales; y (2), quizá de mayor interés, las respuestas referidas a ¿cuál de los dos materiales se deberían de utilizar a comienzos de curso? pues esto implica al alumno a que se ponga en la situación educativa que tenía, cuatro

meses antes, cuando inició el curso, y/o a que tome el papel de pedagogo; efectivamente, como se ve en la Tabla 1, han sido diferentes las respuestas a cada una de estas dos interrogantes en todos los casos.

4. Discusión.

Estos datos y valoraciones, y la experiencia docente anterior, indican y aconsejan que:

- Maquetas y vídeos se complementan; en efecto, en numerosas ocasiones se ha puntuado por igual a ambos materiales.

- Conviene empezar con un objeto tridimensional conocido, como la casa, y después se irá operando con elementos geométricos más abstractos: rectas, paralelas, perpendiculares, verdaderas magnitudes en longitudes y ángulos...

- En general se deben utilizar maquetas y vídeos, comenzando en cada caso con el material que más puntos ha obtenido para ser mostrado a comienzos de curso para alumnos no iniciados.

- Cuando el objeto a representar está situado en el espacio perspectivo *real*, se debe empezar explicando con maquetas y, después en la misma sesión, con vídeos. En siguientes sesiones, los primeros trazados individuales en papel se harán después de haberlos explicado el profesor con maquetas y, en la misma sesión, explicar un objeto similar con vídeo, e igualmente realizar seguidamente el trazado correspondiente.

- Si el objeto a representar está situado en el espacio perspectivo *intermedio*, empezar explicando con maquetas; no hay que realizar trazados individuales en papel. Después volver a explicar con vídeo. En ambos casos se debe de explicar la función de la *recta característica*; al principio sin que el alumno realice trazados prácticos.

· Con el objeto situado en el espacio perspectivo *virtual* se debe de empezar explicando con el vídeo la función de la *recta característica*, y acabar con la cámara oscura. No hay que realizar trazados hasta aplicar lo aprendido posteriormente en el trazado de sombras.

Ambos materiales se complementan y, consiguientemente, podemos y debemos alternar entre ellos según convenga en cada situación educativa. Por lo cual, aprovechando las notables ventajas de la imagen digital, se podría paliar el problema anteriormente formulado (recuérdese que al usar las maquetas los alumnos han de observar, de uno en uno, mirando desde el punto de vista y con la asistencia individualizada del profesor). Complementando con vídeos se puede reducir la cantidad de observaciones con maquetas y también alcanzar los objetivos educativos requeridos. Además las visualizaciones con la imagen digital mejoran las observaciones en algunos aspectos, por ejemplo, con los movimientos de la cámara virtual que se pueden mostrar escenas desde otros puntos de vista, incluso en proyección ortogonal. Todo esto los alumnos lo ven por igual en la pantalla e, igualmente, todos oyen las correspondientes explicaciones del profesor. Y todo ello sin perjuicio de que las maquetas queden montadas en el aula en libre disposición para repetir estas observaciones en repasos, resolución de dudas, correcciones de ejercicios, etc. durante las actividades prácticas (lo cual normalmente se ha venido haciendo con este alumnado).

Con este trabajo se ha obtenido información útil para el profesional docente que tiene dificultades para “sentarse en la mesa de dibujo”, como un alumno más, y meterse en su piel (o en su mente). Estas

exploraciones, como las indicaciones antes enunciadas, no deben de considerarse como concluyentes o definitivas, sino como generadoras de nuevas interrogantes y de nuevos proyectos. Son de utilidad si se dispone de estos materiales didácticos, lo cual no es difícil de conseguir puesto que los vídeos se descargan libremente de la red (no sólo los expuestos en este artículo, sino una gran cantidad y variedad para elegir de buenas propuestas que están colgadas en internet). También las maquetas son de fácil construcción casera (ver figuras de “La técnica educativa”). Se puede y se debe de proceder, como cada vez se está haciendo con más frecuencia, diseñando y utilizando maquetas virtuales, no sólo en formato vídeo con un “guión” fijo, sino manipulables en tiempo real gracias a aplicaciones (Autocad, 3DStudio y otras) con un gran potencial pedagógico por sus presentaciones infográficas y con mayor eficacia si son de percepción estereoscópica.

5. Referencias bibliográficas.

- Adolphus Storey, G. (2006). *The Theory and Practica of Perspective*. London: Publisher to the Universite of Oxford.
- Aguilar Gutiérrez, A. (1993). *Aplicación de la estereoscopia en la representación gráfica*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Beltrán Chica, J & Beltrán Polaina, J.M. (2010). Sistema diédrico. Técnicas educativas con ayudas 3D en el espacio real, y su simulación en el espacio virtual. *PixelBit. Revista de Medios y Educación*, 36, 151-170.
- Beltrán Chica, J. & Beltrán Polaina, J. M. (2011). *Sistema diédrico y perspectivas. Método en el espacio real. Simulación en 3D virtual*. Granada: Universidad de Granada.
- Beltrán Polaina, J.M. (2006). *Estudio de la perspectiva cónica mediante la conjunción*

del espacio real y el proyectado utilizando la imagen digital. (Tesis doctoral). Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/885>.

Bonet Minguet, E. (1985). *Perspectiva Cónica*. Valencia: Autor.

Cabezas, L. & Ortega, L.F. (2001). *Análisis gráfico y representación geométrica*. Barcelona: UB.

Giménez Morell, R. & Vidal Alamar, M.D. (1985). *El dibujo en perspectiva cónica*. Valencia: UPV.

Hernández Rojo, F. R. (1988). *Memoria justificativa del programa de la asignatura Dibujo Geométrico: Proyecciones y perspectiva*. Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/15181>

Ibáñez Álvarez, J. (2010). *Espíritu de la perspectiva o tratado elemental de perspectiva práctica para los artistas, por Andrés Rossi*. *Bellas Artes*, 8, 49-77.

Imre Pal (1965). *Geometría Descriptiva*. Madrid: Aguilar

López Vilchez, I.; Hernández Rojo, F.R. & Fuentes Martín, J.M. (1988). *Sistemas de análisis de la forma y la representación*. Granada: Universidad Granada (DIGIBUG).

López Vilchez, I.; Campos López, R. & Belda Mercado, N. (Noviembre, 2010). *Nuevas Aproximaciones a la Docencia de la Forma. Proyecto Audiovisual*. Actas del II Congreso Internacional de Patrimonio y Expresión Gráfica. HEDEGFORM 2010. Granada: Universidad de Granada (En tramitación).

Maroto Sánchez, A. (2007). El uso de las nuevas tecnologías en el profesorado universitario. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 30, 61-72

Navarro de Zuvillaga, J. (1986). *Fundamentos de Perspectiva*. Barcelona: Parramón.

Perurena Cancio, L. & Hernández-Piloto Argüelles, E. (2003). Sistema de herramientas para la construcción y administración de cursos multimedia. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 21, 39-54.

Rodríguez de Abajo, F. J. & Revilla Blanco, A. (1985). *Geometría Descriptiva. Sistema Cónico*. San Sebastian: Donostiarra.

Salas Acosta, L. M. (2005). *Sobre la esencia de la mirada desde el yo hacia el mí*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Senabre, J. (1979). *Dibujo Técnico*. Zaragoza: Luis Vives.

Taibo, A. (1983). *Geometría Descriptiva y sus aplicaciones*. Madrid: Tebar Flores.

Tejada Fernández, J., Navío Gámez, A. & Ruiz Bueno, C. (2007). La didáctica en un entorno virtual interuniversitario: experimentación de ECTS apoyados en TIC. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 30, 95-118

Villanueva Bartrina, Ll. (1996). *Perspectiva lineal: Su relación con la fotografía*. Barcelona: UPC.

Zorrilla Olarte, E. & Serra Estrada, F. (1979). *Curso de Dibujo*. Madrid: Alhambra.

Fecha de recepción: 2011-03-02

Fecha de evaluación: 2011-03-17

Fecha de aceptación: 2011-06-13

Fecha de publicación: 2012-07-01