

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

INTEGRATING BIM METHODOLOGY IN DESCRIPTIVE GEOMETRY

Amparo Bernal López-Sanvicente⁽¹⁾, Ignacio Camarero Julián⁽²⁾, Álvaro Alonso Díez⁽³⁾

¹ Universidad de Burgos, Burgos, España, amberlop@ubu.es

² Universidad de Burgos, Burgos, España, vabot@ubu.es

³ Universidad de Burgos, Burgos, España, alvaro.alonso@ubu.es

RESUMEN

Los contenidos de la asignatura de Geometría Descriptiva en las Escuelas de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación en España se han ido renovando con la incorporación de los medios de representación digital. Desde hace años, el uso de las tecnologías digitales en la docencia de Geometría Descriptiva ha sido uno de los temas de reflexión y debate recurrentes entre el profesorado de Expresión Gráfica Arquitectónica en los congresos bienales que organiza la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación.

Esta comunicación es el resultado del cambio conceptual que implica la incorporación del modelado 3D en la docencia de Geometría Descriptiva. Inicialmente, la introducción de los medios digitales supuso tan sólo un cambio de herramientas para el aprendizaje de los sistemas de representación, sustituyendo el dibujo a mano alzada por el uso de medios digitales. En la actualidad, la irrupción de la metodología BIM ha revolucionado el concepto de la generación de formas y volúmenes arquitectónicos, y, por tanto, de la docencia y el aprendizaje de los conocimientos de geometría necesarios para su representación.

Como resultado se expone un itinerario teórico-práctico para el aprendizaje de la geometría del modelado arquitectónico 3D que implica un cambio conceptual en la representación de los objetos tridimensionales para obtener un modelo tridimensional digital. Se trata de una nueva metodología que utiliza técnicas de representación propias del dibujo 3D digital que no son aplicables al resto de los sistemas de representación.

Palabras clave: Geometría descriptiva, Modelado arquitectónico, Tecnologías digitales, BIM.

ABSTRACT

The contents of the course of Descriptive Geometry in the Schools of Technical Architecture and Building Engineering in Spain has been updated with the incorporation of digital representation media. For years, the use of digital technologies in the teaching of Descriptive Geometry has been a recurring topic of critical reflection and discussion among Architectural Graphic Expression professors at the biennial conferences organized by the Association of Professors of Applied Graphic Expression in Building.

This paper is the result of the conceptual shift brought by the incorporation of 3D modeling in the teaching of Descriptive Geometry. Initially, the introduction of digital media merely meant a change in tools for learning representation systems, replacing freehand drawing with the use of digital media. Currently, the emergence of the BIM methodology has revolutionized the concept of generating architectural forms and volumes, and therefore, the teaching and learning of the geometric knowledge necessary for their representation.

The result is a theoretical and practical itinerary for learning the geometry of 3D architectural modeling. This involves a conceptual shift in the representation of three-dimensional objects to obtain a digital three-dimensional model. This is a new methodology that uses representation techniques specific for digital 3D drawing that are not applicable to other representation systems.

Keywords: Descriptive geometry, Architectural modeling, Digital technologies, BIM.

1. INTRODUCCIÓN

La Geometría Descriptiva es una de las asignaturas básicas en el Grado de Arquitectura Técnica en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos. Sus contenidos se han ido renovando con el objetivo de presentar a los estudiantes una geometría aplicada a la resolución de problemas prácticos de la arquitectura y la edificación. La incorporación de las nuevas herramientas digitales ha favorecido esta transformación y también ha condicionado en parte su evolución, dado que han surgido nuevos conceptos tridimensionales que la Geometría Descriptiva debe resolver dado que es la herramienta gráfica más rigurosa para resolver cualquier problema geométrico arquitectónico (Gentil Baldrich, 1983).

Desde hace unos años, el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad de Burgos está comprometida con la docencia de BIM (Modelado de Información de Construcción) en todas las asignaturas del área para facilitar que el proceso de incorporación de la metodología BIM en el resto de las asignaturas del grado (Bernal & Rodríguez, 2018). Varios estudios coinciden en afirmar que es importante que el alumnado se familiarice con la metodología BIM desde el primer curso (Sacks & Barak, 2010). En este sentido, hasta ahora, la asignatura de Geometría Descriptiva que se imparte en el primer semestre del grado se había quedado al margen del proceso, por lo que actualmente estamos preparando los recursos docentes que inicien al alumnado en la metodología BIM también en Geometría Descriptiva.

En la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos se han ido incorporando como prácticas docentes para el aprendizaje de la Geometría Descriptiva el estudio de casos de la arquitectura construida o de elementos de diseño de interiorismo donde se aplican los conocimientos de geometría para representar su representación, y así poder profundizar en las relaciones geométricas de todos sus elementos.

En esta comunicación se presenta una parte de esa evolución que consistirá en ampliar el contenido de algunas de las prácticas que actualmente se realizaban en sistema axonométrico y se modelaban en Sketchup transformándolas en prácticas de geometría BIM.

2. OBJETIVOS

La enseñanza de geometría en BIM implica integrar el modelado 3D con la información relevante para realizar un proyecto de construcción. La geometría BIM va más allá de la representación visual, ya que incorpora datos y parámetros que definen las características físicas y funcionales de los elementos. El principal objetivo para introducir BIM en Geometría Descriptiva es añadir a la representación digital de objetos constructivos esta nueva dimensión de propiedades y relaciones utilizando software especializado y metodologías colaborativas.

El objetivo general de esta comunicación es diseñar un itinerario para el aprendizaje del modelado de geometría en BIM mediante conceptos teóricos y ejercicios prácticos que cumplan los requisitos que se especifican en la guía docente de Geometría Descriptiva en el Grado de Arquitectura Técnica en la Universidad de Burgos. En el diseño del itinerario se justifica el cumplimiento del programa y de los objetivos docentes. Asimismo, se concretará las aportaciones de este nuevo itinerario a la adquisición de las competencias transversales y específicas que debe adquirir el estudiante al cursar la asignatura.

Mediante una serie de ejercicios prácticos, el alumnado se familiarizará con la metodología BIM al mismo tiempo que se afianzan en las siguientes competencias transversales y específicas que detalla la guía docente: en la creatividad, en la resolución de problemas, en el análisis y conocimiento de la geometría espacial de los cuerpos, y en su capacidad para escoger y aplicar los distintos sistemas de representación espacial y las distintas herramientas digitales para la representación espacial (Universidad de Burgos, 2025)

Para alcanzar este objetivo, es preciso introducir al alumnado en los siguientes conceptos clave para el diseño de geometría BIM que a su vez servirán de introducción para trabajar en el entorno BIM en otras asignaturas:

Modelado 3D: La geometría es una herramienta necesaria para la creación de modelos tridimensionales de edificios, elementos constructivos y objetos BIM. Sin conocimientos de geometría descriptiva no es posible modelar y sin modelo no hay BIM (León & Pérez, 2018).

Geometría paramétrica: Se introducen los conceptos y herramientas que permiten definir y modificar objetos mediante parámetros, facilitando la adaptación a cambios y variaciones en el diseño. Los datos están

asociados a la geometría de un elemento BIM. La geometría tan sólo es una representación del objeto que puede integrar los datos de manera parcial o integral en función de las necesidades y requerimientos del proyecto (Camarero & Bernal, 2020).

Niveles de Desarrollo (LOD) y Niveles de Información (LOI): Los conceptos de LOD (Nivel de Desarrollo) y LOI (Nivel de Información) que describen el nivel de detalle y la información asociada a los elementos de un modelo 3D. LOD se enfoca en la información geométrica, mientras que LOI se refiere a la información no geométrica, como datos, parámetros y propiedades. Se enseña a representar los elementos constructivos con diferentes niveles de detalle, desde esquemas conceptuales hasta modelos completamente detallados.

Información no geométrica: Se enfatiza la importancia de asociar a la geometría datos relevantes de los elementos tales como materiales, acabados, costos, plazos de ejecución, datos técnicos para su utilización y planificación de ejecución, etc.

Colaboración: El proceso colaborativo de BIM promueve el trabajo en equipo y la coordinación entre diferentes disciplinas en el aula utilizando plataformas BIM, lo que permite introducir en el aula dinámicas de trabajo en equipo, asignación de distintos roles a cada miembro del equipo para fomentar su capacidad de compartir información y trabajar en conjunto de manera más eficiente que individualmente.

Software BIM: Existen varios softwares para modelar en BIM como Revit, ArchiCAD, Allplan, de los cuales para las prácticas de geometría BIM en el aula se utilizará el software Revit de Autodesk, por lo que será necesario familiarizar al alumnado con la terminología básica y las interfaces del programa del modelado de familias y del modelado de proyectos.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del itinerario de Geometría BIM se han seleccionado tres ejercicios prácticos, de los cuales, el primero un elemento tridimensional en el que se aplican conceptos del modelado geométrico 3D (fig. 1), y los otros dos ejercicios son elementos escultóricos de distinta escala que por la claridad de su diseño geométrico se utilizan habitualmente como ejercicios prácticos de geometría en distintas escuelas: la silla Steltman diseñada por de Gerrit Rietveld en 1963 (fig. 2) y el monumento a los Partisanos situado en la ciudad de Segrate en Italia, diseñado por Aldo Rossi en 1965 (fig. 3).

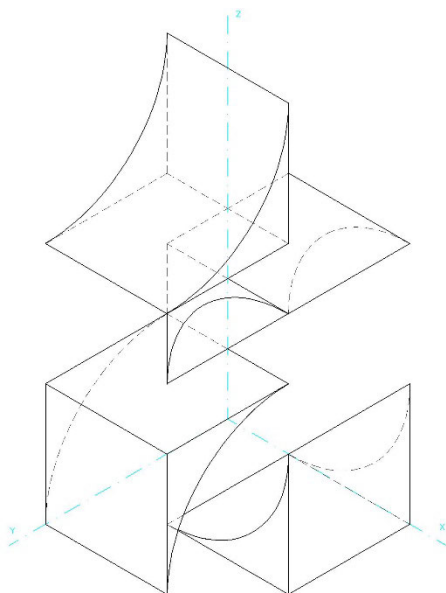


Figura 1. Axonometría de la figura.



Figura 2. Silla Steltman, Gerrit Rietveld, 1963.



Figura 3. Monumento a los Partisanos, Aldo Rossi, 1965.

La selección de las prácticas está planteada para introducir gradualmente al alumnado en las distintas opciones de modelado que nos ofrece Revit: el modelado de proyectos y en el modelado de familias. En la plataforma UBUVirtual de la asignatura se ha ido elaborando un repositorio con los recursos docentes necesarios para familiarizarse con la terminología propia y las herramientas principales de Revit en distintos formatos de video, texto, y presentaciones. También se facilita bibliografía especializada y direcciones web de las plataformas de arquitectura, blogs, etc., donde el alumnado puede encontrar información sobre la silla Steltman y el monumento a los partisanos.

3.1 Modelado BIM de un elemento escultórico

La figura tridimensional del ejercicio está formada por cuatro elementos iguales de base cuadrada con forma de sección de media caña. Dos de los elementos están apoyados en el plano horizontal y los otros dos superponen en altura sobre uno de ellos. Se trata de un ejercicio teórico en el que cada una de las piezas se genera por extrusión que es una de las herramientas de construcción volumétrica que el alumnado utiliza habitualmente para modelar en Sketchup (fig. 4).

Para modelar esta pieza se inicia el programa en la opción “Familias” con la creación de una nueva familia. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de familia que se identifica por tener la extensión “.rft”. El programa tiene varias plantillas métricas disponibles que sirven de base a la creación de familias. Entre ellas escogeremos una plantilla métrica genérica, dado que el elemento que queremos modelar no encaja en ninguno de los tipos que nos ofrece el programa. Seleccionamos la plantilla denominada; “modelo genérico métrico.rft”. Una vez abierto el archivo de plantilla, para no modificarlo, guardamos el archivo como familia asignándole ya la ubicación y el nombre de nuestro ejercicio; modelo escultórico.

Los siguientes pasos de modelado siguen el esquema general de creación de familias:

1. Crear los planos de referencia que enmarcan las dimensiones del modelo siguiendo la documentación de los planos. Cada vez que se crea un plano de referencia debe nombrarse para identificarlos posteriormente.
2. Modelar la geometría aplicando las herramientas de modelado tridimensional que el alumnado ya conoce de otros programas como Sketchup; extrusión, fundido, barrido, unión, revolución, vaciado. En este caso, las piezas de sección de media caña se forman por extrusión de la sección.
3. El último paso sería la asignación de parámetros a los volúmenes creados. En este caso, dado que se trata de un ejercicio teórico, se simplifica la creación de la familia dando por terminado el proceso sin asignar datos al modelado geométrico.

Al guardar el ejercicio como familia quedará disponible para insertarlo en cualquier proyecto de Revit lo que nos permitirá visualizarlo en 3D y utilizarlo como elemento decorativo (fig. 5).

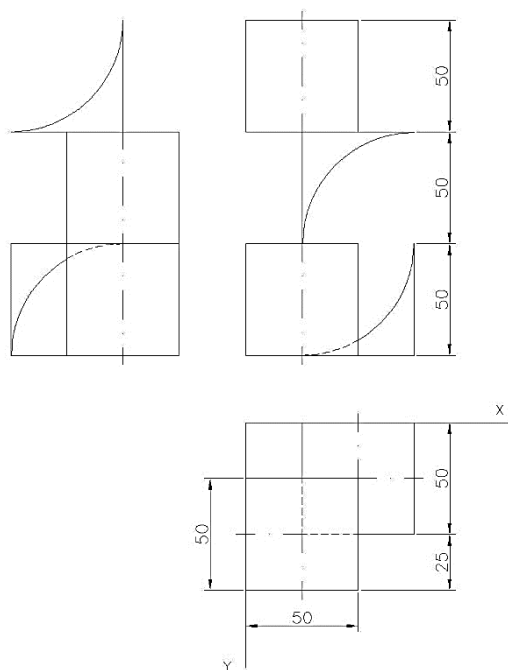


Figura 4. Definición de la figura en sistema diédrico.

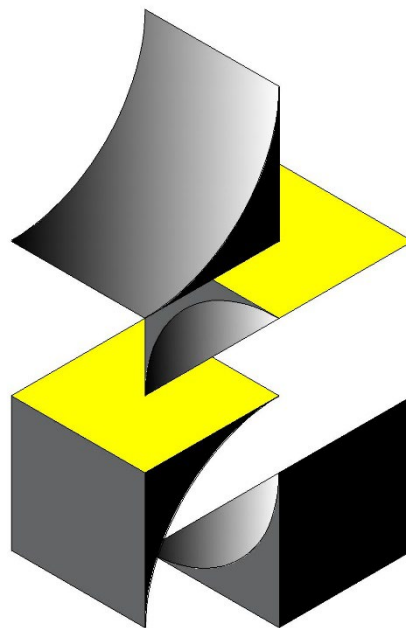


Figura 5. Imagen del modelado geométrico.

3.2 Modelado BIM de la silla Steltman

Dentro de la clasificación de elementos de Revit, la silla Steltman es un elemento de mobiliario no es un elemento constructivo del tipo pilares, suelos, muros, cubiertas, escaleras, etc. Los elementos constructivos en Revit conforman las familias del sistema, pero los elementos de mobiliario junto a otros componentes no esenciales del proceso constructivo son las denominadas familias cargables del programa, por lo que pueden diseñarse nuevos elementos de mobiliario que se cargarán en el programa cuando sea necesario incorporarlas la diseño.

Al igual que en el caso anterior, para modelar la silla Steltman se inicia el programa en la opción “Familias” con la creación de una nueva familia. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de familia que se identifica por tener la extensión “.rft”. El programa tiene varias plantillas métricas disponibles que sirven de base a la creación de familias. Entre ellas escogeremos la plantilla métrica que más se adapte para la creación de una silla, que en nuestro caso es; “mobiliario métrico.rft”. Una vez abierto el archivo de plantilla, para no modificarlo, guardamos el archivo como familia asignándole ya la ubicación y el nombre de nuestro ejercicio; silla Steltman.

Los siguientes pasos de modelado siguen el esquema general de creación de familias:

1. Crear los planos de referencia que enmarcan las dimensiones de todos los componentes de la silla, nombrándolos de manera que sean fácilmente identificables. El modelo original tenía 45 cm. de ancho, 50 cm. de profundidad y 70 cm. de altura.
2. Modelar la geometría aplicando las herramientas de modelado tridimensional que el alumnado ya conoce de otros programas como Sketchup; extrusión, fundido, barrido, unión, revolución, vaciado. En este caso, sólo será necesario aplicar la extrusión debido a la simplicidad geométrica de la silla que está formada por elementos prismáticos ortogonales que se apoyan uno sobre el otro (fig. 6).
3. Asignar parámetros a los volúmenes creados. En este caso, el único parámetro que se asignará al elemento será el material de construcción. Originalmente, la silla estaba realizada en madera y tapizada en cuero artificial blanco, pero para simplificar el modelado, optaremos por reproducir la versión de la silla en madera que se realizó posteriormente y que es su versión más conocida.

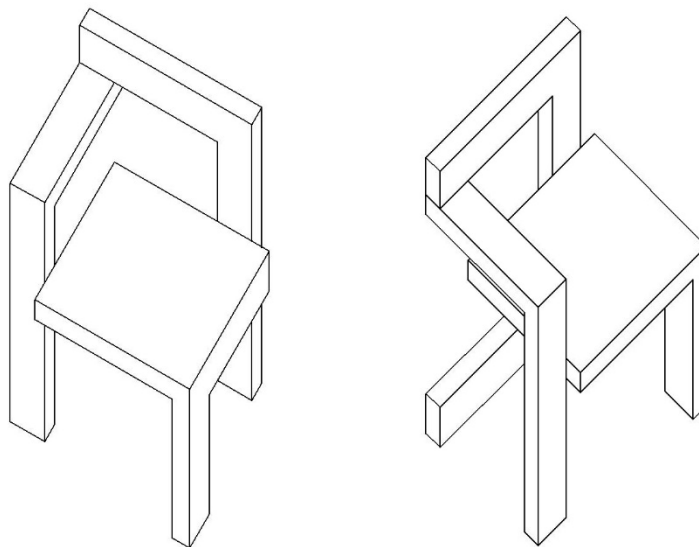


Figura 6. Imágenes del modelado geométrico de la silla Steltman.

3.3 Modelado BIM del Monumento a los Partisanos de Segrate, Italia

El Monumento a los Partisanos Segrate es una fuente que está formada por varios elementos geométricos que se superponen; una columna cilíndrica y un prisma sirven de basamento para una pieza prismática de sección triangular que forma la cubierta. En el interior del prisma están las escaleras y por el plano horizontal del prisma triangular de la cubierta discurre el agua de la fuente que se vierte sobre un estanque rectangular situado en dirección perpendicular a la fuente en la plaza. El monumento está realizado en hormigón visto lo que contrasta con el color rojo del pavimento de la plaza.

Independientemente de la escala, el monumento es una construcción arquitectónica por lo que su modelado BIM nos permitiría trabajar con el entorno de modelado de proyectos arquitectónicos que es más complejo que el modelado de familias. Para ello, al iniciar el programa se seleccionará la opción de modelo para crear un nuevo proyecto. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de proyecto. Se seleccionará la plantilla arquitectónica que el programa ofrece por defecto, salvo que se disponga de una plantilla personalizada.

El programa se abrirá con la interfaz de modelado de proyectos arquitectónicos. Dado que el objetivo de la práctica queda acotado al modelado de un elemento arquitectónico con función escultórica, sólo abordarán las explicaciones de las herramientas necesarias para su realización y visualización. El proyecto se dibujará en un único nivel y el modelado arquitectónico se desarrollará utilizando las familias de los elementos constructivos: muros, suelos, cubiertas y escaleras que se encuentran en la ficha Arquitectura de la interfaz.

Los siguientes pasos definen el esquema general del uso de elementos para el modelado arquitectónico:

1. El proyecto se realiza en una única vista por lo que nos cercioraremos de que sólo exista el nivel 0,0 en una de las vistas de alzado.
2. Comenzaremos a dibujar la fuente de acuerdo a la documentación gráfica de plantas y alzados que se estará disponible en UBUVirtual. En primer lugar, se dibujan las plataformas de basamento del cilindro y el prisma con el elemento “suelo arquitectónico”. Sobre el suelo se dibujarán los perímetros del prisma y el cilindro con el elemento “muro arquitectónico” definiendo su altura máxima.
3. El dibujo de la cubierta se realiza por extrusión de la sección triangular del prisma, aplicando así los conocimientos previos de construcción de modelado espacial.
4. Finalmente, se realiza el modelado de la escalera in situ de un solo tramo con una losa de descansillo final.

Desde el navegador de vistas podemos seleccionar la vista 3D para visualizar el modelo y orbitar alrededor para comprobar el resultado final del modelado que se obtiene durante la práctica guiada en el aula. A partir de aquí se desarrolla brevemente la incorporación de información a los elementos constructivos con las características que definen el material de cada elemento y el aspecto del acabado. De esta manera, se expande la definición geométrica hacia el modelo BIM (fig. 7).

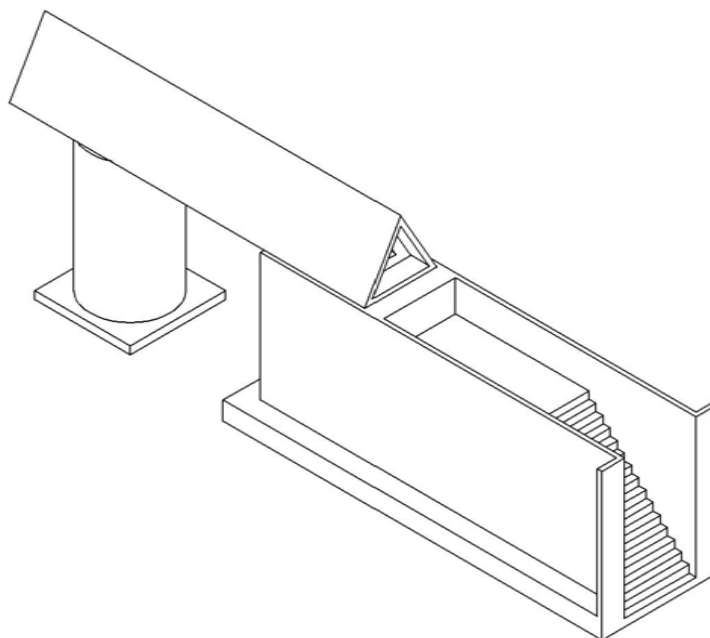


Figura 7. Modelado geométrico de la fuente del Monumento a los Partisanos en Segrate, Italia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las herramientas digitales para el diseño y modelado de geometrías tridimensionales de forma virtual son un medio que está desplazando a la forma clásica de dibujar en dos dimensiones para la docencia de la geometría porque se asemeja cada vez más al trabajo físico con las maquetas. El alumnado que empieza el Grado en Arquitectura Técnica o bien ya conoce previamente algunas herramientas gráficas como AutoCAD o Sketchup, o bien se familiariza rápidamente con su manejo y alcanza un alto grado de destreza en muy poco tiempo. De manera que aprovechando las similitudes de Revit con Sketchup resulta más sencillo introducir esta nueva herramienta de modelado geométrico, y así, ir avanzando poco a poco en la creación del modelo BIM. Por esta razón, resulta más sencillo iniciar el aprendizaje con el interfaz del modelado de familias, pero para entender el concepto de esta metodología es necesario trabajar con el modelado de proyectos escogiendo para ello volumetrías sencillas que requieran el uso de pocos elementos constructivos.

5. CONCLUSIONES

La implantación de la metodología BIM constituye en sí misma una ventaja competitiva para garantizar el éxito en la inserción laboral de los egresados, ofreciendo a las empresas profesionales capaces de afrontar con solvencia los nuevos retos tecnológicos. En el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica hace años se ha incorporado la herramienta de modelado Revit en las asignaturas de Dibujo Arquitectónico y Proyectos Técnicos y, finalmente también en Geometría Descriptiva.

La enseñanza de la metodología BIM en la asignatura de Geometría Descriptiva en el primer semestre del Grado en Arquitectura Técnica proporciona a los estudiantes las habilidades técnicas necesarias para trabajar con software de modelado Revit. El alumnado se familiariza con los conceptos fundamentales de esta metodología y adquiere conocimientos básicos del modelado de familias y del modelado de proyectos.

La integración del modelado geométrico BIM en la docencia de Geometría Descriptiva es una experiencia innovadora didáctica en la enseñanza de la expresión gráfica aplicada a la edificación. Con esta integración se consigue orientar las competencias de una asignatura básica del primer curso del Grado hacia las

necesidades del perfil del futuro profesional sin perder ninguno de los valores que aporta el aprendizaje de esta asignatura en su formación como son el rigor y la metodología del razonamiento crítico y la resolución de problemas espaciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gentil Baldrich, J.M. (1983). Sobre la arquitectura y ciencia: la introducción de la Geometría Descriptiva en España en *Cuadernos de Construcción*, 6, 41-56.
- León Cascante, I., & Pérez Martínez, J.J. (2018). Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 23(32), 76-87. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9077>
- Sacks, R. & Barak, R. (2010). Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136(1), 30-38. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000003](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000003)
- Universidad de Burgos (2025). Grado en Arquitectura Técnica. Guías docentes. Burgos: Universidad de Burgos. Recuperado de: <https://www.ubu.es/grado-en-arquitectura-tecnica/informacion-basica/guias-docentes>
- Bernal López-Sanvicente, A., & Ángel Rodríguez Sáiz, A. (2018). Incorporación de la metodología BIM en el Grado de Arquitectura Técnica aplicando la transversalidad de las disciplinas gráficas. En L. X. Martínez Rolán, C. J. Santos Martínez & J. Puche Gil (Eds.) *Nueva Enseñanza superior a partir de las TIC* (pp. 63-72). Barcelona, España: Gedisa
- Camarero Julián, I., & Bernal López-Sanvicente, A. (2020). Towards a Non-descriptive BIM Geometry: a Teaching Experience. En L. Agustín Hernández, A. Vallespín Muniesa & A. Fernández Morales (Eds.) *Graphical Heritage. Vol. 3: Mapping, Cartography and Innovation in Education* (pp. 319-326). Cham, Suiza: Springer