

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS CON METODOLOGÍA MULTI-ENFOQUE PARA EDIFICACIÓN

MULTI-APPROACH METHODOLOGY ON PROJECT-BASED LEARNING FOR BUILDING CONSTRUCTION

Javier Manso-Morato⁽¹⁾, Nerea Hurtado-Alonso⁽²⁾, Manuel Hernando-Revenga⁽¹⁾, Víctor Revilla-Cuesta⁽¹⁾, Ana B. Espinosa⁽²⁾, Roberto Serrano-López⁽¹⁾, Marta Skaf⁽²⁾, Vanesa Ortega-López⁽¹⁾, Juan M. Manso⁽¹⁾

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos, 09001, España, {jmanso; mhrevenga; vrevilla; robertosl; vortega; jmmanso}@ubu.es

² Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno, Universidad de Burgos, 09001, España, {nhurtado; aespinosa; mskaf}@ubu.es

RESUMEN

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología centrada en el estudiante, que tiene como objetivo la adquisición de conocimientos mediante situaciones reales. Este enfoque fomenta la participación, capacidad de resolver problemas y toma de decisiones, permitiendo además una mejor asimilación de los conceptos teóricos. En este contexto, en la asignatura "Edificación" en los grados de Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos, se planteó un proyecto completo que debían diseñar desde cero: los estudiantes tuvieron que desarrollar una campaña geotécnica para caracterizar el terreno e identificar la solución óptima para la cimentación. Posteriormente, se empleó una metodología multi-enfoque para los cálculos estructurales, basados en una viga de hormigón armado y forjados de viguetas prefabricadas pretensadas. A los estudiantes se les instruyó en la realización manual de los cálculos principales, que verificaron mediante el software CYPE, incluyendo el dimensionado de las armaduras de acero. Finalmente, se aplicó la metodología Building Information Modeling (BIM) utilizando el software REVIT Architecture, para comprender las diversas estrategias de modelado, facilitando así las fases de diseño y construcción del proyecto. Este aprendizaje abarcó no solo aspectos estructurales, sino también la elección de acabados, subrayando su importancia en el resultado final del diseño. Para concluir, los estudiantes presentaron planos estructurales y arquitectónicos relevantes, consiguiendo así una experiencia práctica valiosa al aplicar conocimientos teóricos a casos reales. Gracias a este enfoque integral del proyecto, desde su concepción inicial hasta su conclusión, los estudiantes adquirieron una visión global del proceso de cálculo estructural y diseño arquitectónico aplicado a un edificio real. Además, la integración de cálculos manuales, software especializado y metodología BIM proporcionó a los alumnos un conjunto de competencias completo y muy apreciado en el sector de la construcción.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP); edificación; metodología multi-enfoque; CYPE; REVIT.

ABSTRACT

Project-Based Learning (PBL) is a student-centered approach aimed at acquiring knowledge through real-life scenarios. This methodology actively promotes student participation, problem-solving skills, and decision-making, while facilitating a deeper understanding of theoretical concepts. Within this context, the "Building Construction" course in the Civil Engineering and Technical Architecture degrees at the University of Burgos tasked students with a comprehensive project designed entirely from scratch: students were required to conduct a geotechnical investigation to characterize the existing soil and determine the optimal foundation solution for the building. Subsequently, a multi-approach methodology was employed for structural

calculations, specifically focusing on a reinforced concrete beam and a floor system comprising precast, prestressed joists. Students were instructed in manually performing primary calculations, which they verified using CYPE software, including calculations for the steel reinforcement. Finally, students learned to implement Building Information Modeling (BIM) methodology using REVIT Architecture software, allowing them to understand various modeling strategies, thus facilitating the design and construction phases of their project. This learning covered not only structural aspects but also the selection of finishes and materials, emphasizing their importance in the overall design outcome. To conclude, students were required to prepare structural and architectural plans, thereby gaining valuable hands-on experience by applying theoretical knowledge to practical situations. By following this comprehensive approach from initial conception to completion, students gained an integrated understanding of structural calculation and architectural design processes applied to a real building. Furthermore, integrating manual calculations, specialized software, and BIM methodology provided students with a comprehensive and highly valued skill set within the construction industry.

Keywords: Project-based learning (PBL); building construction; multi-approach methodology; CYPE; REVIT.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción y la edificación presenta una alta complejidad debido a su naturaleza multidisciplinar. Requiere la integración efectiva de numerosos campos del conocimiento, así como la colaboración estrecha entre suministradores, proyectistas, promotores, técnicos y clientes para el desarrollo exitoso de cualquier proyecto (A. Papadopoulos et al., 2016). Sin embargo, la enseñanza universitaria actual se está dirigiendo en gran manera hacia la especialización del alumnado en distintas asignaturas con enfoques singulares, lo que a menudo impide comprender la interrelación entre disciplinas y su importancia para la resolución de problemas reales (Butt, 2024; Santamaría, 2020). Además, con la inclusión de mayores cantidades de estudiantes internacionales, en ocasiones se crean barreras relacionadas con diferencias en el idioma, cultura, niveles de autonomía personales, e incluso hábitos de trabajo, lo que hace que se complique la enseñanza tradicional en los campos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC) en mayor medida (Butt, 2024; Hoda et al., 2017).

En este contexto, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se presenta como una metodología pedagógica ideal para la formación en campos AIC y STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* – Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) (Mohd Hawari & Mohd Noor, 2020). El ABP es un enfoque pedagógico que promueve la participación del estudiantado y sus capacidades para resolver problemas y de toma de decisiones, que son habilidades clave de cara a escenarios reales (Belwal et al., 2020; Hsu & Wu, 2023), a través de la enseñanza centrada en resolver un proyecto real, aplicando los conocimientos teóricos que se van obteniendo a lo largo de las numerosas asignaturas abarcadas para desarrollar un único proyecto (Sanchez-Romero et al., 2019). Esta metodología ayuda al estudiantado a buscar sus propias soluciones y mejorar su pensamiento crítico para, por ejemplo, complejos proyectos de edificación (Magnus et al., 2020), lo que les impulsa a obtener un conocimiento holístico y a ser capaces de entender todas las fases que deben desarrollar para proyectar un nuevo elemento desde cero.

Para poder entender de manera completa el edificio, se deben aunar, como mínimo, la ingeniería geotécnica, que define el terreno y las condiciones de contorno para la construcción a realizar, la ingeniería civil, que define la solución estructural a tomar en conjunto con las cargas y los materiales resistentes, y la arquitectura y arquitectura técnica, que definen la funcionalidad, acabados e instalaciones de la construcción (Fenton et al., 2016). Entonces, es importante que el estudiantado conozca cada una de estas disciplinas, y sepa desarrollar cada una de ellas para conocer su importancia y la interrelación que tienen, de tal forma que en la vida real pueda saber qué se debe esperar de cada uno de estos roles tan importantes en la construcción (Roy & Bhalla, 2017), y qué necesita cada uno de las otras disciplinas para tener una relación fluida y bien enfocada cuando se esté en fase de proyecto o ejecución de la edificación en cuestión.

Gracias al desarrollo de la tecnología, para implementar todos estos roles en un único lugar, se ha desarrollado la metodología BIM (*Building Information Modeling* – Modelado de Información de Construcción), integrando la geometría espacial, datos geográficos, materiales estructurales y no estructurales, acabados, mediciones, instalaciones y su interacción interdisciplinar. Estas sinergias son realmente importantes para evitar cualquier tipo de problema que se pueda dar durante la ejecución, mejorando la precisión en el diseño, la resolución de conflictos y la sostenibilidad al evitar pérdidas innecesarias (Kennedy et al., 2024). Sin embargo, debido a su gran potencial, en ocasiones su implementación

resulta complicada: se necesita a personal que esté formado en este campo y capacidades organizativas y económicas, y sobre todo, que los técnicos que lo utilicen estén convencidos de que su utilización es beneficiosa para el proyecto final, a pesar de que las primeras fases de su desarrollo sean más complicadas debido al tiempo que hay que dedicar para su modelado inicial (Chan et al., 2019; Farouk et al., 2023).

En la presente comunicación se muestra un ejemplo docente sobre el empleo del ABP para el diseño de una vivienda unifamiliar en la asignatura de *“Edificación”* del Grado en Ingeniería Civil y del Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos. Este proyecto comienza por la definición de una campaña geotécnica y, con ella, de la cimentación necesaria basada en Código Técnico de la Edificación (CTE) (Ministerio de Fomento, 2019), para después calcular a mano las acciones y solicitaciones de la estructura siguiendo también el Código Estructural (Ministerio de Fomento, 2021). Tras realizar estos dimensionamientos a mano, se utilizará el programa CYPECAD, desarrollado por CYPE Ingenieros (2025), para reafirmar y aplicar lo aprendido en las clases teóricas y prácticas relativas al cálculo estructural. Por último, se implementará la metodología BIM mediante el modelado de la estructura en conexión entre CYPECAD y REVIT Architecture (Autodesk, 2025), pudiendo así simular toda la estructura, incluidos sus acabados, y generar informes de cálculo y planos tanto estructurales como arquitectónicos.

2. OBJETIVOS

La presente investigación se enmarca en la asignatura de Edificación, correspondiente al tercer curso del Grado en Ingeniería Civil y al cuarto curso del Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos. Para esta asignatura, se plantea una vivienda unifamiliar con dos plantas (baja y primera), resuelta mediante un sistema de pilares de 25 cm de lado y forjados unidireccionales de viguetas prefabricadas pretensadas, con casetón perdido de hormigón, de canto total 26+4 cm, de alrededor de 150 metros cuadrados de superficie, la cual se puede ver en la Figura 1. Los objetivos fijados para la presente asignatura y el proyecto propuesto son los siguientes:

- Aplicar conocimientos específicos obtenidos en las clases de teoría en el proyecto, cálculo, construcción y ejecución de una edificación unifamiliar, tanto a mano como utilizando software avanzado (CYPECAD, REVIT).
- Fomentar el aprendizaje autónomo del estudiantado, dándoles las herramientas necesarias para resolver los problemas planteados, pero tendiendo a su resolución independiente.
- Desarrollar habilidades de análisis, síntesis y resolución de problemas, mediante situaciones reales en la ejecución integral del proyecto (Khoiriyah et al., 2015).
- Fomentar la gestión eficaz de información técnica otorgada en el enunciado del problema, optimizando su síntesis y aplicación a las distintas partes del proyecto, además de su integración con las herramientas informáticas específicas.
- Potenciar el entendimiento del trabajo colaborativo interdisciplinar, involucrando a los estudiantes en los distintos roles posibles en un proyecto para que así comprendan la interacción e interdisciplinaridad entre campos, mediante un trabajo individual para facilitar su evaluación acorde a las normativas educativas.
- Estimular la creatividad, iniciativa y adaptación a situaciones reales, promoviendo decisiones innovadoras y fundamentadas técnicamente (Hsu & Wu, 2023).
- Integrar criterios de sostenibilidad y sensibilidad medioambiental en la toma de decisiones del diseño constructivo, aplicando los acabados necesarios y minimizando las pérdidas de materias primas durante la ejecución debido a una planificación efectiva (Kennedy et al., 2024).
- Desarrollar actitudes positivas frente a innovaciones tecnológicas y capacidad crítica de argumentación, mediante la defensa técnica del proyecto a través información recogida en un documento justificativo, a la vez de la generación de información gráfica estructural y arquitectónica (Lin & Mintzes, 2010).



Figura 1. Vivienda de proyecto

3. METODOLOGÍA

Para el presente proyecto, el enunciado fueron los planos de planta de la vivienda (Figura 2) y se requiere que los alumnos realicen, en primer lugar y a mano, el diseño de una campaña geotécnica con la elección de la cimentación más adecuada, además que calculen una de las vigas principales de manera completa: desde el cálculo de las acciones, a las solicitaciones, y al armado siguiendo las normas pertinentes (Ministerio de Fomento, 2021). Después, deberán utilizar el programa CYPECAD para aplicar la formación dada en las clases teóricas y prácticas y resolver la estructura por completo, con todos los armados, listados de justificación, mediciones y generación y maquetación de planos de estructura en AutoCAD. Por último, deberán utilizar la metodología BIM para trasladar la obra generada a REVIT, donde deberán modelar los detalles arquitectónicos referidos a la elección de acabados, como pueden ser los suelos, muros, forjados, escaleras, cubiertas y mobiliario, y la generación de planos de arquitectura del proyecto. Como entregable para justificar el trabajo realizado de cara a la evaluación, se deberá entregar un documento que recoja todas las decisiones tomadas durante los procesos de cálculo a mano y con ayuda de los softwares propuestos, además de los planos de estructura y arquitectónicos necesarios para definir de manera completa el proyecto.

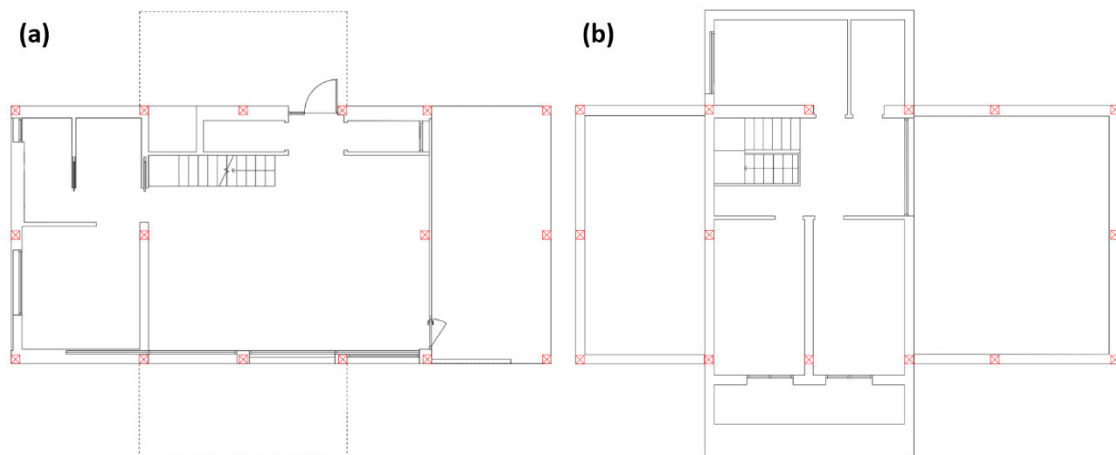


Figura 2. Plantas dadas como enunciado del proyecto: (a) planta baja; (b) planta primera.

La metodología implementada en este estudio ha sido diseñada para maximizar la participación activa del alumnado y reforzar su autonomía en el aprendizaje. El proceso ha estado estructurado en etapas claramente diferenciadas y complementarias, basadas en un enfoque progresivo que combina la resolución de problemas a mano, ya que la labor de un jefe de obra sigue requiriendo de la realización de cálculos rápidos y comprobaciones in situ (Boakye et al., 2023), con el desarrollo de cálculos avanzados y completos, que permite a los estudiantes construir su conocimiento de manera gradual y sólida.

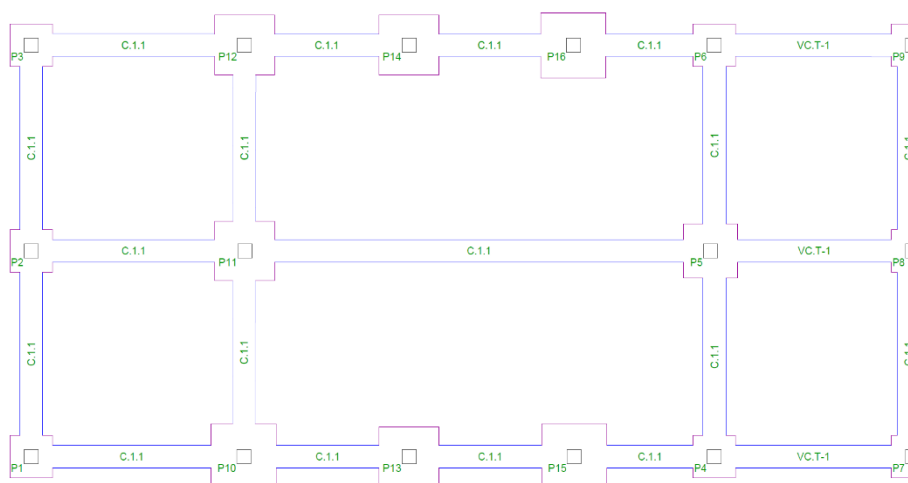
Inicialmente, se utilizaron técnicas basadas en la resolución colaborativa entre el alumnado y los docentes de problemas reales, habituales en el entorno de la construcción. Durante esta fase, se incorporaron sesiones específicas teóricas para después tener debates guiados, tutorías grupales y ejercicios prácticos destinados a estimular el pensamiento crítico y analítico del estudiantado, tratando de que entiendan cómo funcionan las estructuras, la transmisión de cargas hasta la cimentación y su interacción con el terreno y las funciones de cada uno de los elementos constructivos. En la segunda etapa, centrada en los cálculos estructurales

complejos, los estudiantes no solo validaron sus resultados obtenidos durante el cálculo y predimensionamiento previo, sino que además fueron conscientes de las implicaciones prácticas y limitaciones de cada método. Este enfoque comparativo permitió reforzar la adquisición de competencias transversales como la capacidad de análisis crítico, autonomía en la toma de decisiones y competencia en el manejo y validación de información técnica (Jabarullah & Iqbal Hussain, 2019).

Para la implementación de la metodología BIM, se optó por una enseñanza eminentemente práctica y orientada al proyecto. La introducción a REVIT se realizó mediante talleres interactivos, donde los alumnos exploraron distintas estrategias de modelado tridimensional, gestión de información constructiva y resolución de conflictos entre decisiones puramente de cálculo y los acabados y finalidad de los elementos arquitectónicos. Esta metodología fomentó una aproximación al aprendizaje basada en la experimentación, la corrección inmediata de errores y la iteración constante, generando un contexto de aprendizaje dinámico y altamente participativo. Finalmente, la evaluación integral de la metodología incluyó tanto la entrega formal del trabajo realizado como un documento justificativo técnico y gráfico, en el que el estudiantado defendió y argumentó técnicamente sus decisiones ante los docentes, como en un proyecto real del campo. Este enfoque metodológico práctico, claramente estructurado y progresivo, facilitó que los estudiantes vivieran una experiencia completa de aprendizaje, integrando competencias técnicas y habilidades profesionales fundamentales en el ámbito de la edificación.

4. DESARROLLO

Para el presente proyecto, con la intención de que el alumnado entendiera de manera completa el funcionamiento de una edificación real, se utilizó un esquema de desarrollo ascendente: primero cimentación, después estructura, y por último acabados. En primer lugar, se utilizó el CTE – Documento Básico – Seguridad Estructural – Cimientos (CTE-DB-SE-C) (Ministerio de Fomento, 2019) para diseñar la campaña geotécnica que se debía realizar, siguiendo los criterios de las tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del mencionado documento. Se obtuvo una campaña geotécnica que consistiría en una calicata, dos penetraciones dinámicas y un sondeo, y según las características y resistencia del terreno la cimentación elegida fueron zapatas aisladas, siendo la cimentación habitual en viviendas unifamiliares sin sótano ni nivel freático cercano. Sin embargo, las zapatas en el lado este de la edificación estaban pegadas al borde de la parcela, teniendo que recurrir a zapatas medianeras acompañadas por vigas riostras atadas a otras zapatas para equilibrar las solicitaciones, como se puede observar en la Figura 3. El resto de las zapatas aisladas fueron unidas mediante vigas de atado, asegurando el monolitismo y los movimientos solidarios entre elementos.



combinaciones de acciones pésimas y las leyes de esfuerzos usando el método de las rótulas plásticas para una viga hiperestática (Soro Oroz & Serrano-López, 2019), unificando conocimientos de asignaturas anteriores de Teoría de Estructuras y Mecánica a un caso real. Por último, se calculó la envolvente de los esfuerzos y el decalaje de la ley de momentos para el cálculo de las viguetas pretensadas a disponer (según momentos flectores y catálogo de distintos fabricantes proporcionado por los docentes de la asignatura), además de los nervios para momentos negativos del forjado, que se puede ver en la Figura 4.

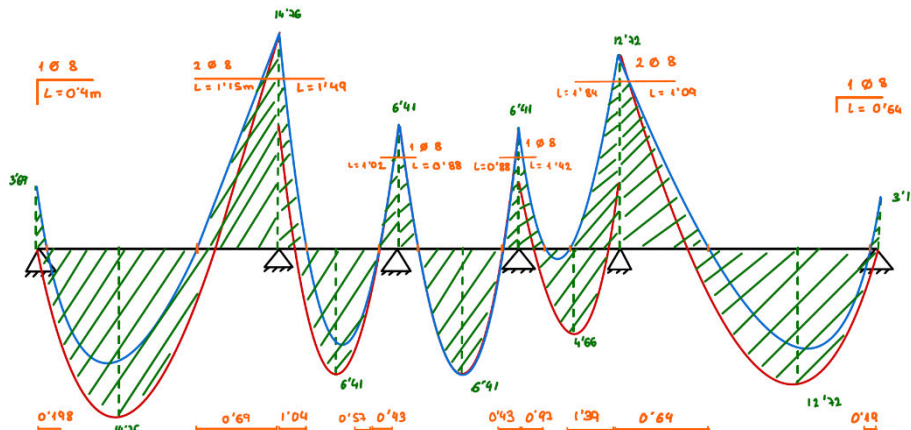


Figura 4. Cálculos a mano de solicitaciones y armados.

Para la tercera fase, se implementó el software estructural de CYPECAD, el cual permitió realizar la justificación y cálculo de los elementos resistentes de la edificación, además de calcular los armados y mediciones de todo el proyecto. Para ello, se modeló la estructura de la vivienda unifamiliar, con la cimentación y las vigas de atado y riostras determinadas en la primera fase de la asignatura. Después, se continuó mediante el modelado de los pilares de la estructura, explicando la necesidad de algunos de los pilares de llegar hasta el techo de la primera planta y otros hasta el forjado de techo de baja, aprovechando para explicar los criterios de ejecución y las esperas de las armaduras hacia plantas superiores, y como introducir las especificaciones necesarias en el programa de cálculo. Después, se introdujeron los datos de las crujías y los forjados, materializando los voladizos y los huecos de la escalera y pasos de instalaciones, determinantes para una correcta funcionalidad del conjunto.

Tras esta fase de modelado con el programa, se hizo el cálculo y las comprobaciones pertinentes, tanto de todos los Estados Límite Últimos como Estados Límite de Servicio de toda la estructura, modificando cuando necesario, aplicando conocimientos de materiales de Hormigón Armado y Prefabricado:

- Cimentación: el alumnado tuvo que comprobar tanto las verificaciones de hundimiento, deslizamiento y vuelco para determinar las dimensiones de las zapatas aisladas y vigas, como los armados de todos estos elementos.
- Pilares: verificaciones necesarias respecto a criterios de aplicación, determinando la geometría de los pilares, que resultaron ser todos cuadrados de 25 centímetros de lado, como las armaduras longitudinales y cercos. El resultado del cálculo de un pilar tras estas comprobaciones se puede observar en la Figura 5a.
- Crujías: debido a la variedad de vigas, los alumnos debieron entender las diferencias estructurales entre crujías, voladizos, brochales y vigas continuas, para poder así determinar la sección que se adaptaba a las necesidades particulares de cada elemento. Además, debieron entender las distintas solicitaciones para poder armar de manera correcta, cumpliendo los criterios de flecha máxima en las puntas de los voladizos, que fueron los más restrictivos para estos cálculos. El resultado del armado de una crujía se puede ver en la Figura 5b.
- Forjados: según las solicitaciones, se encajan los forjados con los catálogos de viguetas prefabricadas pretensadas proporcionados por los docentes e integrados en el programa, y se calculan las armaduras de los negativos localizados en la capa de compresión, además de encajar las viguetas y el intereje que cumpla todas las restricciones pertinentes. Además, se realizaron todas las verificaciones correspondientes a esfuerzos cortantes.

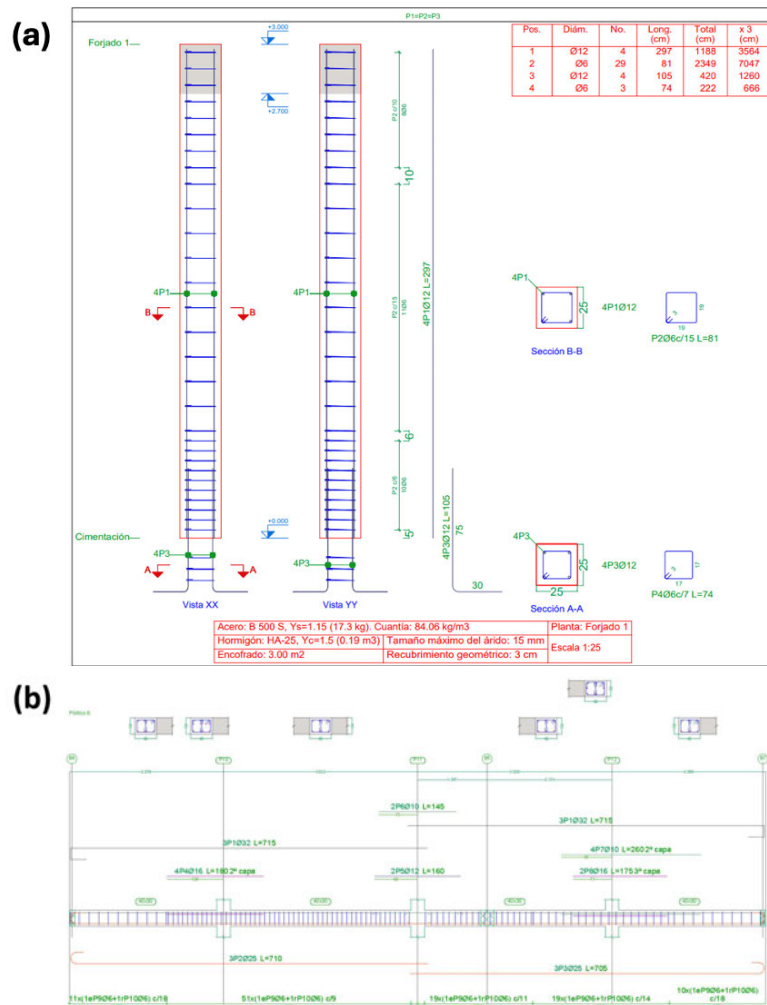


Figura 5. Armados calculados en CYPECAD: (a) pilar; (b) crujía.

Tras la verificación y comprobación de todos los elementos resistentes según las normativas de aplicación, se procede a la generación de la documentación justificativa de todas las decisiones tomadas, anejos de cálculo y generación de información gráfica. Para ello, el alumnado tuvo que generar un documento en el cual se recogieran los datos generales de la obra, como fueron las acciones consideradas, comprobaciones de resistencia al fuego, hipótesis de carga y coeficientes de combinación para las distintas situaciones de proyecto, datos geométricos de la estructura, materiales y requisitos de los elementos resistentes, y comprobaciones estructurales tanto de cimentación, como de pilares, vigas y forjados, con las mediciones necesarias para la definición completa de la estructura de la edificación. Respecto a los planos, para la definición precisa y completa de los elementos que permitan su ejecución, se trabajó con distintas escalas y tipos de planos, con los detalles necesarios y cuadros de materiales pertinentes para cada uno. Se incluyeron planos de despiece de cimentación, despiece de pilares, despiece de vigas, viguetas de forjado y armado de negativos por forjado.

Como última fase dentro del proceso del proyecto, se implementó la metodología BIM para, a partir del modelado estructural y la información dentro de ese modelo, generar los planos arquitectónicos del proyecto usando REVIT. Para ello, se enlazaron ambos proyectos, pudiendo así migrar toda la información de materiales y características de armado de los elementos resistentes a este nuevo entorno de trabajo, y así aprovechar el modelo geométrico realizado para acelerar este proceso, similar al procedimiento habitual en el mundo real del cálculo y proyecto de edificaciones.

En el programa de REVIT, en primer lugar, se hizo una introducción del espacio de trabajo, ya que es complejo y tiene mucha información disponible, en ocasiones dificultando los pasos iniciales. Tras las explicaciones previas sobre los rangos de vistas, niveles de detalle, diferencias entre jerarquía de visualización y rangos de elementos, familias, categorías, etc. se comenzó el modelado arquitectónico de la edificación.

Para ello, los alumnos debieron entender la diferencia entre los elementos estructurales y los no estructurales, definiendo así las distintas capas y elementos que iban a formar parte de los suelos, muros exteriores y tabiquería. Además, se llevó a cabo el modelado de una escalera y sus barandillas, haciendo entender al alumnado la importancia de estos criterios arquitectónicos y el efecto que tienen dentro de la propia estructura, en conjunto con la carpintería definida por los docentes y la introducción de mobiliario en el modelo, haciendo el proyecto más visual y sencillo de entender para aquellas personas no técnicas que quieran hacerse una idea de los espacios disponibles. Como última fase, se procedió a la elaboración de planos y procesos de etiquetado automático y generación/delimitación de habitaciones por parte del programa, como se puede ver en la Figura 6a, donde quedan definidas las áreas en la planta baja y planta primera, en conjunto con una sección con un nivel de detalle alto en la Figura 6b, pudiendo simular una vista espacial del acabado final de la vivienda, unificando los elementos arquitectónicos, estructurales y el mobiliario que se puede disponer.

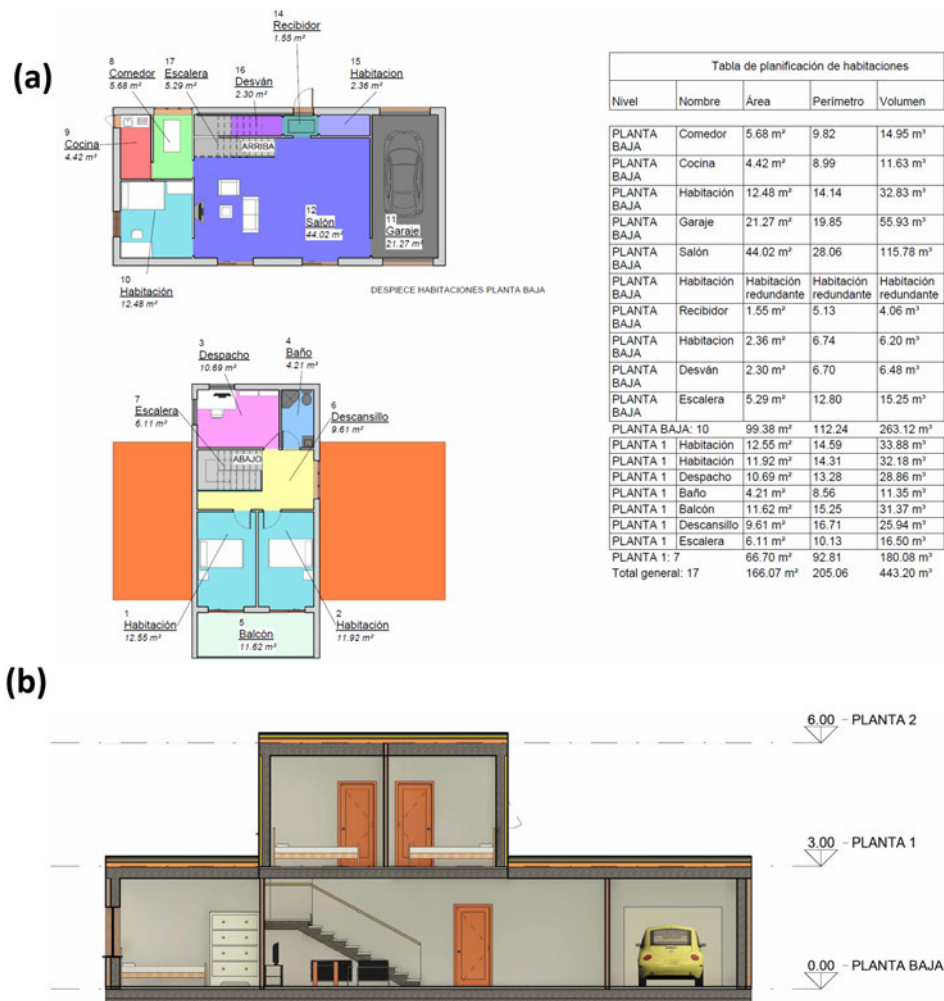


Figura 6. Planos arquitectónicos de REVIT: (a) Plantas y cuadro de superficies; (b) sección.

Como información para los estudiantes y fuera del presente trabajo académico, también se les explicó en un taller didáctico de una hora la posibilidad y complejidad de la generación de tablas en el espacio de trabajo de REVIT, pudiendo así aprender lo básico para poder generar mediciones directamente desde este programa, por motivos de extensión y créditos de la propia asignatura. Con esta metodología, se fomentó así la curiosidad y el aprendizaje autónomo, ya que les dirigió hacia la posibilidad de generar tablas de mediciones de carpintería con información detallada (número de elementos, dimensiones, referencias, requisitos, etc.), mediciones de materiales de obra, superficies, perímetros y muchos más elementos, facilitando el proceso de medición y presupuesto del proyecto, dándoles la visión completa del ámbito económico del proyecto.

5. CONCLUSIONES

Para la asignatura de “Edificación” de la Universidad de Burgos, enmarcada en Grado en Ingeniería Civil y el Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica, se propuso una metodología pedagógica innovadora llamada Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Para ello, el alumnado tuvo que resolver desde cero una vivienda unifamiliar de planta baja y primera, teniendo que afrontar el cálculo y dimensionamiento de esta edificación, combinando la resolución manual con la utilización de software informático (CYPECAD y REVIT Architecture), para definir de manera satisfactoria toda la documentación justificativa de un proyecto real de este campo del conocimiento. Las siguientes conclusiones fueron obtenidas del proceso:

- El alumnado pudo comprender el trabajo de un ingeniero geotécnico en una campaña de reconocimiento del terreno y definición de la cimentación, entendiendo los datos necesarios de partida que se deben de obtener para las fases de encargo y ejecución de estos procesos.
- El alumnado entendió a la perfección el rol del proyectista y calculista dentro de una edificación, viendo los pasos que hay que seguir para cumplir todos los requisitos funcionales y estructurales de la vivienda. Además, se enfocó el trabajo en comprender la importancia de este paso intermedio, que venía definido totalmente a través de las fases previas, permitiendo percibir al alumnado el proceso de descenso de cargas a través de forjados, vigas, pilares y cimentación, además de la influencia directa que tiene sobre la funcionalidad y habitabilidad en las fases posteriores.
- El rol del arquitecto técnico quedó resaltado dentro de las fases finales del proyecto, dando funcionalidad a la estructura y haciendo que el proyecto sea útil para un usuario potencial, teniendo una relación viva con todas las fases previas que quedan expresadas en un acabado final y la definición de instalaciones que hacen posible la vida en esta edificación.

Como conclusión final, los autores han de decir que el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) dio vitalidad y dinamismo al proceso docente, haciendo que el alumnado pudiera participar activamente en las clases y pudiera conseguir cumplir los objetivos propuestos por los docentes sin ser plenamente conscientes de ello, al estar involucrados en las tomas de decisiones, en el cálculo y en el modelado de todo el proceso mediante talleres interactivos. Esto fue reflejado en las encuestas realizadas por la Universidad de Burgos sobre los docentes, al final del semestre lectivo y antes de las pruebas de evaluación, obteniendo resultados por encima de la media del curso, titulación, departamento, centro y universidad en todos los campos (satisfacción general, materiales de la asignatura, carga de trabajo, organización y desarrollo, motivación, evaluación continua y aprendizaje) para esta asignatura de “Edificación”. El ABP ha resultado ser una herramienta pedagógica muy potente para su utilización en los campos AIC y STEAM, ayudando a los estudiantes a comprender de manera completa y sencilla los procesos complejos e interdisciplinarios que se dan en su campo del conocimiento, y fomentando su motivación por el aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Papadopoulos, G., Zamer, N., P. Gayialis, S., & P. Tatsiopoulou, I. (2016). Supply Chain Improvement in Construction Industry. *Universal Journal of Management*, 4(10), 528–534. <https://doi.org/10.13189/ujm.2016.041002>
- Autodesk. (2025). REVIT for Architecture. BIM tools for architects. <https://www.autodesk.com/products/revit/architecture>
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A. B., & Al Badi, A. (2020). Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. *Education + Training*, 63(3), 336–359. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>
- Boakye, M., Adanu, S. K., Adu-Gyamfi, C., Asare, R. K., Asantewaa-Tannor, P., Ayimah, J. C., & Agbosu, W. K. (2023). A Relative Importance Index Approach to On-Site Building Construction Workers' Perception of Occupational Hazards Assessment. *La Medicina Del Lavoro*, 114(3), e2023024. <https://doi.org/10.23749/mdl.v114i3.14240>
- Butt, A. N. (2024). Transdisciplinary education for reducing environmental impact of AEC industry. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 15. <https://doi.org/10.22545/2024/00263>
- Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019). Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(9), 1838–1854. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2018-0204>
- CYPE Ingenieros. (2025). CYPECAD. Información detallada. <https://info.cype.com/es/producto/cypecad/>

- Farouk, A. M., Zulhisham, A. Z., Lee, Y. S., Rajabi, M. S., & Rahman, R. A. (2023). Factors, Challenges and Strategies of Trust in BIM-Based Construction Projects: A Case Study in Malaysia. *Infrastructures*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8010013>
- Fenton, G. A., Naghibi, F., Dundas, D., Bathurst, R. J., & Griffiths, D. V. (2016). Reliability-based geotechnical design in 2014 Canadian Highway Bridge Design Code. *Canadian Geotechnical Journal*, 53(2), 236–251. <https://doi.org/10.1139/cgj-2015-0158>
- Hoda, R., Babar, M. A., Shastri, Y., & Yaqoob, H. (2017). Socio-Cultural Challenges in Global Software Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 60(3), 173–182. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2624742>
- Hsu, C.-Y., & Wu, T.-T. (2023). Applications of Business Simulation Games in Flipped Classrooms to Facilitate Student Engagement and Higher-Order Thinking Skills for Sustainable Learning Practices. <https://doi.org/10.20944/preprints202311.0082.v1>
- Jabarullah, N. H., & Iqbal Hussain, H. (2019). The effectiveness of problem-based learning in technical and vocational education in Malaysia. *Education + Training*, 61(5), 552–567. <https://doi.org/10.1108/ET-06-2018-0129>
- Kennedy, G. W., Sunday, S. E., Pandey, D., Kabari, A. D., Pandey, B. K., George, A. S., & Dadheech, P. (2024). Building Information Modeling (pp. 305–331). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1335-0.ch015>
- Khoiriyah, U., Roberts, C., Jorm, C., & Van der Vleuten, C. P. M. (2015). Enhancing students' learning in problem based learning: validation of a self-assessment scale for active learning and critical thinking. *BMC Medical Education*, 15(1), 140. <https://doi.org/10.1186/s12909-015-0422-2>
- Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). LEARNING ARGUMENTATION SKILLS THROUGH INSTRUCTION IN SOCIOSCIENTIFIC ISSUES: THE EFFECT OF ABILITY LEVEL. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993–1017. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6>
- Magnus, D. de M., Carbonera, L. F. B., Pfitscher, L. L., Farret, F. A., Bernardon, D. P., & Tavares, A. A. (2020). An Educational Laboratory Approach for Hybrid Project-Based Learning of Synchronous Machine Stability and Control: A Case Study. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 48–55. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2956909>
- Ministerio de Fomento. (2009). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Acciones en la Edificación.
- Ministerio de Fomento. (2019). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Cimientos.
- Ministerio de Fomento. (2021). Código Estructural de España.
- Mohd Hawari, A. D., & Mohd Noor, A. I. (2020). Project Based Learning Pedagogical Design in STEAM Art Education. *Asian Journal of University Education*, 16(3), 102. <https://doi.org/10.24191/ajue.v16i3.11072>
- Roy, S., & Bhalla, S. K. (2017). Role of geotechnical properties of soil on civil engineering structures. *Resources and Environment*, 7(4), 103–109. <https://doi.org/10.5923/j.re.20170704.03>
- Sanchez-Romero, J. L., Jimeno-Morenilla, A., Pertegal-Felices, M. L., & Mora-Mora, H. (2019). Design and Application of Project-Based Learning Methodologies for Small Groups Within Computer Fundamentals Subjects. *IEEE Access*, 7, 12456–12466. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2893972>
- Santamaría, G. del C. (2020). Complexity and Transdisciplinarity: The Case of Iconic Urban Megaprojects. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 11. <https://doi.org/10.22545/2020/0131>
- Soro Oroz, A., & Serrano-López, R. (2019). Resistencia de materiales y teoría de estructuras. Ejercicios y problemas resueltos. Editorial Universidad de Burgos.