

EDUCACIÓN Y HUMANIDADES COMO EJES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

**Juan Francisco Álvarez-Herrero
Jordi Antolí Marínez
Pompillo Cusano**

DYKINSON EBOOK

Educación y Humanidades como ejes de investigación e innovación

**Juan Francisco Álvarez-Herrero
Jordi Antolí Martínez &
Pompilio Cusano**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con Cedro a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 917021970/932720407

Este libro ha sido sometido a evaluación por parte de nuestro Consejo Editorial

Para mayor información, véase www.dykinson.com/quienes_somos

@ Los autores
Madrid, 2025

Editorial DYKINSON, S.L.
Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 915442846 - (+34) 915442869
e-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.es>
<http://www.dykinson.com>

ISBN: 979-13-7006-291-0

DOI: <https://doi.org/10.14679/4084>

Presentación.....	9
Estudio de las percepciones sobre arte contemporáneo feminista en la exposición Mulier, mulieris del Museo de la Universidad de Alicante.....	11
<i>Sofía Ángela Albero Verdú</i>	
Pensamiento histórico y formación docente: Un análisis de narrativas sobre el estallido social en tres universidades chilenas	21
<i>Humberto Álvarez Sepúlveda</i>	
Análisis de posiciones continuistas y rupturistas en el cine de la transición	34
<i>Pedro Antonio Amores Bonilla y Jorge Pertusa Valero</i>	
La educación ambiental desde la transdisciplinariedad en el contexto reglado. El diseño de proyectos a partir de la triangulación metodológica	46
<i>Antonio Barceló Aguilar</i>	
Las aportaciones de Francisco de Zamora y Peinado a la Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País [1777-1785].....	58
<i>Manuel Bermúdez Méndez</i>	
Movimientos sociales de los años 60 y 70: derechos civiles, feministas, estudiantiles, LGTBIQ+ y vida independiente	68
<i>Gorety Margarita Campos y Mercedes Yesenia Jaimes de Campos</i>	
Sesgos de edad y tecnología en la política mexicana.....	78
<i>Adriana Cantón</i>	
La construcción discursiva en estudiantes de educación superior a través del u-learning.....	87
<i>André Runée Contreras Roa</i>	
Arte y literatura: herramientas para la historia.....	98
<i>Blanca Domínguez Marcello</i>	
From Bishōjo Senshi to Pretty Guardian: the role of ELF in the term standardization of the Sailor Moon franchise	108
<i>Salomón Doncel-Moriano Urbano</i>	
Una mirada Europea a la participación de las mujeres en los campos STEM	120
<i>Eva Epelde y Nahia Idoiaga Mondragon</i>	
La despoblación en Extremadura: una perspectiva comparada entre los tiempos modernos y la actualidad.....	130
<i>Ana Belén Gallardo Broncano y Ana Isabel Horcajo Romo</i>	

Impulso a los valores y toma de consciencia mediante el aprendizaje-servicio en la educación superior en arquitectura y diseño urbano	143
<i>Jorge Omar García Escamilla y Mariona Graell Martín</i>	
Estrategias de trabajo colaborativo con alumnado de educación superior para el aprendizaje de las funciones ejecutivas.....	155
<i>María del Carmen García Mendoza</i>	
Las TIC en educación superior durante el siglo XXI: desafíos y oportunidades para la práctica docente	167
<i>María del Carmen García Mendoza</i>	
El lenguaje del sabor: estudio de su estructura léxico-semántica en español	178
<i>Joseph García Rodríguez</i>	
Key skills and their impact on Marketing students' satisfaction and loyalty: a comparative study in Spain and Turkey	190
<i>Elena González-Gascón y María D. De-Juan-Vigaray</i>	
Inteligencia artificial y emergencia climática: Desafíos y oportunidades.....	201
<i>César Augusto Gutiérrez Rodríguez</i>	
El Flos Sanctorum de Pedro de Ribadeneyra i la figura de Julià l'Apòstata	213
<i>Clarissa Maria Leone</i>	
Un análisis del trágico destino de la mujer en la novela Wu Kui de Jia Pingwa	222
<i>Wanruo Luo</i>	
Una mirada al desarrollo del estatus de las mujeres en China desde tres etapas históricas	230
<i>Wanruo Luo</i>	
La gestión de la innovación y el conocimiento a través de la resiliencia en las PYMES de Latinoamérica	239
<i>Gabriel Alejandro Bermeo Montalvo, Candy Abad Arévalo, Teresa Magal-Royo y Lourdes Canós-Darós</i>	
Improving usability in a federated Moodle ecosystem within a European University Alliance: the Transform4Europe case study.....	249
<i>Federica Mancini & Riccardo Fattorini</i>	
Toponímia i antroponímia en l'obra literària de Vicent Manuel Branxat	262
<i>Robert March Tortajada</i>	
Programas educativos bilingües y rendimiento académico en alumnos de educación secundaria en España	271
<i>Andrea Jiménez Terol y Alonso Mateo Gómez</i>	

Evolución y transcendencia en Los fusilamientos de Goya.....	283
<i>Enrique Mena García</i>	
Tendencias en los estudios de desarrollo y territorio: análisis a partir de indicadores bibliométricos	294
<i>Nelson Leonardo Montoya Arévalo</i>	
Diseño de recursos didácticos universales para Educación Infantil mediante Aprendizaje-Servicio y tecnología en la formación inicial docente.....	303
<i>Francisca Moreno-Tallón y Sofía Villatoro Moral</i>	
Las docentes valencianas y su impulso a la renovación pedagógica en las aulas desde finales de los años 60 hasta la actualidad	315
<i>Beatriz Cercos-Chamorro y Cristina Navarro Robles</i>	
Explorando la inteligencia artificial como recurso innovador en la enseñanza del inglés.....	326
<i>Cristina Navas Romero</i>	
Iniciación al proyecto de espacio público en el contexto de emergencia climática	338
<i>Francisco Conejo-Arrabal, Nuria Nebot-Gómez de Salazar, Jorge Asencio-Juncal y Rubén Mora-Esteban</i>	
La recepción del teatro entre los escolares de educación secundaria para el desarrollo de la competencia literaria: el éxito del teatro grecolatino	351
<i>Fernando Nicolás Flores</i>	
Lingüística aplicada y competencia intercultural en ELE: evaluación de propuestas didácticas mediante una revisión sistemática	362
<i>Carmen Oliva Sanz</i>	
Estrategias de polarización y falacias lógicas en X análisis del discurso	374
<i>Itziar Pedroche-Santoveña y Roberto Feltrero-Oreja</i>	
Un análisis de la película Locura de Amor (1948) desde una doble perspectiva histórica.....	385
<i>Agustín J. Pérez Cipitria</i>	
Entre el miedo y la esperanza. Las emociones y las pasiones como legitimación en la guerra santa cristiana medieval.....	395
<i>Juan José Pizarroso Serrano</i>	
Derecho del mar en acción: aprendiendo a través de la gamificación y el cine.....	406
<i>Rocío María Pozo Tomás</i>	

El aprendizaje de la política de inmigración y asilo de la Unión Europea a través del Role playing	417
<i>Adela Rodríguez Mañogil</i>	
El silencio como herramienta retrotópica coercitiva en la obra de Najat el-Hachmi.....	425
<i>Rocío Rojas-Marcos Albert</i>	
La distorsión de referencias culturales como indicador de la función mediadora de la audiodescripción	436
<i>Alejandro Romero-Muñoz</i>	
Creencias epistémicas en la praxis tutorial universitaria latinoamericana: hallazgos preliminares y horizontes emergentes	446
<i>Franklin Salas Aular, Lidia Ysabel Pareja Pera, Carla Giuliana Guanilo Pareja y Carlos Enrique Guanilo Paredes</i>	
Modelado computarizado de diseño, ingeniería e información de construcciones históricas para la transferencia científico-tecnológica de bienes históricos, desde entornos universitarios	458
<i>Alberto Sánchez-Lite, José Luis Fuentes-Bargues, Cristina González-Gaya y Alcínia Zita Sampaio</i>	
Exploring the Impact of Virtual Cultural Exchanges in Enhancing Cultural Awareness among Japanese Students	468
<i>Tomoe Sato</i>	
Literacidades académicas en carreras de grado en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje	480
<i>Andrea Rossana Sayago</i>	
Qui porta flors a na Glòria? (1975): identitat, desig i tabú en els primers contes de Carme Riera	492
<i>Laura Sellés Lloret</i>	
Claves para la implantación de programas de práctica física infantil.....	500
<i>Roberto Silva Piñeiro</i>	
La competencia global en la construcción de cultura de paz.....	511
<i>Jhon Anderzon Torres Delgado</i>	
¿Está preparado el profesorado de Formación Profesional para afrontar el desafío de implementar la nueva ley?	525
<i>Agustina Torres Prioris</i>	
Información y poder en las monarquías ibéricas: un acercamiento al catastro de Ensenada y las “memórias paroquiais”	534
<i>Diego Vicente Sánchez</i>	

Modelado computarizado de diseño, ingeniería e información de construcciones históricas para la transferencia científico-tecnológica de bienes históricos, desde entornos universitarios.

Alberto Sánchez-Lite

Universidad de Valladolid (España)

José Luis Fuentes-Bargues

Universitat Politècnica de València (España)

Cristina González-Gaya

Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)

Alcínia Zita Sampaio

Universidade de Lisboa (Portugal)

DOI:<https://doi.org/10.14679/4126>

Resumen: Los proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) están siendo muy influenciados por la metodología del modelado de la información de construcción (Building-Information-Modelling, BIM). Esto no es ajeno a los elementos de patrimonio, con gran valor histórico y tecnológico, que disponen de su propia adaptación (Heritage Building-Information-Modelling, HBIM). Este escenario actual hace necesario incluir en los curriculum de AEC las competencias propias de BIM, y explorar las capacidades que HBIM pueda tener para la puesta en valor y la transmisión del conocimiento histórico -científico-tecnológico de los bienes históricos. Con este doble enfoque se planteó un proyecto interdisciplinar con la colaboración de cuatro universidades y varias empresas. El proyecto se desarrolló en cuatro fases. En la primera y en la segunda fase se desarrolló una implementación BIM en distintos grados de ingeniería industrial, evaluando los resultados tanto académicos como la propia percepción del alumno. En la tercera fase se estudiaron las capacidades de HBIM en distintos trabajos de campo. La última fase, de mayor alcance y aún en desarrollo, ha comenzado desarrollando una metodología con una primera aplicación sobre un artefacto perteneciente al catálogo de patrimonio. Los resultados obtenidos trascienden el plano académico, considerándose como una transferencia de conocimiento científico-tecnológica informal a la sociedad, alineada con los objetivos propios de transferencia del conocimiento a la sociedad desde la Universidad.

Palabras clave: BIM, HBIM, proyectos de ingeniería, arqueología industrial, transferencia de conocimiento

Abstract: The architecture, engineering and construction (AEC) field is undergoing a significant transformation due to the introduction of the Building-Information-Modelling (BIM) methodology. This is not a new concept in the context of heritage elements with significant historical and technological value, which have their adaptation (Heritage-Building-Information-Modelling, HBIM). Considering the circumstances, it is imperative to integrate BIM competencies into AEC curricula and to investigate the potential of HBIM in facilitating the preservation and dissemination of historical, scientific, and technological knowledge associated with historical assets. To achieve this

dual approach, an interdisciplinary project was proposed and developed in collaboration with four universities and several companies. The project was developed in four phases. In the initial two phases, a BIM implementation was developed in various industrial engineering degrees, with both academic outcomes and student perceptions evaluated. In the third phase, the capabilities of HBIM were studied in different fieldwork contexts. The final phase, which is currently in progress, has commenced the development of a methodology, with an initial application on an artefact belonging to the heritage catalogue. The results obtained have implications that extend beyond the academic realm. They can be viewed as an informal transfer of scientific and technological knowledge to society, in alignment with the University's overarching objective of disseminating knowledge to the public.

Keywords: BIM; HBIM, engineering projects, industrial heritage, knowledge transfer

1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el diccionario online de términos BIM (Building-Information-Modelling) y la propia definición dada por la UNE-EN ISO 29481-1:2018 sobre modelado de la información de los edificios, el concepto actual de BIM se podría definir como una metodología colaborativa que mediante el uso de distintas tecnologías permite generar un modelo digital 3D de cualquier tipo de edificación (incluidas las plantas industriales) o infraestructura civil, facilitando el diseño, la construcción, operatividad y los procesos de decisión. Se trata de un concepto anterior a su explotación actual (Borkowski, 2023), pero su uso está teniendo actualmente mucha influencia en los proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Los modelos de ingeniería y los modelos BIM tienen una importante conexión, que facilita el diseño y el conocimiento del comportamiento del sistema. Junto a esto, es relevante tener en cuenta que los modelos BIM con carácter histórico (Heritage-Building-Information-Modelling, HBIM) tienen una especial relevancia en la identificación, definición y localización en el tiempo del grado de desarrollo y avance de la tecnología, así como en la posibilidad de su puesta en valor y definición de su uso futuro (Fazion et al., 2024; Penjor et al., 2024; Sampaio et al., 2023; Sampaio et al., 2024). La utilización de BIM y HBIM requiere de profesionales formados. En muchas escuelas de ingeniería esta formación no está incluida de forma explícita en los programas académicos de grado o másteres no específicos en BIM. La literatura científica reporta distintas experiencias de implementación académica de BIM, incidiendo en su necesidad, sus ventajas, y barreras (Boton et al., 2018; Sampaio, 2017; Suwal & Singh, 2018). BIM se puede identificar como un primer paso en el uso de HBIM. Ambos suponen un planteamiento muy próximo al desarrollo de proyectos en ingeniería industrial. Son una gran oportunidad para el trabajo colaborativo entre las disciplinas de ingeniería, arquitectura, construcción y las ciencias sociales. Tal y como distintos investigadores han mostrado (Fazion et al., 2024; Penjor et al., 2024; Sampaio et al., 2023; Sampaio et al., 2024), HBIM permite incorporar al modelo de ingeniería todos los datos históricos de los elementos que constituyen el proyecto, para definir su contexto, evolución histórica y su valor. El presente trabajo pretende mostrar los resultados de la investigación realizada en un entorno BIM académico de 2018 a 2024 en la que, por una parte, se definió una metodología de implantación y evaluación académica de BIM en grados de ingeniería industrial y, por otra, se empleó HBIM en proyectos de investigación con el objetivo general de recuperar la información histórica, científico y tecnológica generando

modelos de ingeniería, así como de poner en contexto y valor, tres bienes históricos del siglo XIX.

2. OBJETIVOS

EL PROYECTO PLANTEA LOS SIGUIENTES OBJETIVOS: OBJETIVO UNO (OB1): DESARROLLAR UNA METODOLOGÍA APROPIADA PARA INTEGRAR LAS COMPETENCIAS PROPIAS DE BIM EN LAS ASIGNATURAS DE PROYECTOS EN GRADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL; OBJETIVO DOS (OB2): IMPLANTAR LA METODOLOGÍA BIM EN ASIGNATURA DE PROYECTOS Y TRABAJO FINAL DE GRADO (TFG); OBJETIVO TRES (OB3): EVALUAR LOS RESULTADOS ACADÉMICOS Y LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE DICHA IMPLEMENTACIÓN BIM; OBJETIVO CUATRO (OB4): EXPANDIR LA METODOLOGÍA BIM IMPLEMENTADA A BIENES DE INTERÉS HISTÓRICO MEDIANTE HBIM DENTRO DE LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RECONOCIDOS (GIR) UNIVERSITARIOS, PERMITIENDO SU CONTEXTUALIZACIÓN Y PUESTA EN VALOR.

3. METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos marcados, la investigación se planteó en cuatro fases. La difusión de los resultados se planteó realizarla mediante comunicaciones en congresos y publicaciones en abierto. Las dos primeras fases centraron su actividad en el desarrollo y aplicación de una metodología para integrar BIM en las asignaturas de proyectos y trabajo fin de grado en las titulaciones de ingeniería industrial (objetivos Ob1 y Ob2), así como evaluar los resultados de dicha implantación desde el punto de vista académico y desde la percepción de los estudiantes (objetivo Ob3). BIM es esencialmente un entorno colaborativo basado en un entorno 3D computacional, con lo que se tomaron de partida para el desarrollo de la metodología de implementación BIM distintas metodologías docentes de trabajo colaborativo/cooperativo: aula invertida, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas, gamificación y aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (Yang, 2023). Para poder evaluar los resultados académicos, se definieron los criterios de evaluación y se revisaron distintas metodologías de clasificación de toma de decisiones de múltiples criterios como el proceso analítico jerárquico (AHP, Analytic Hierarchy Process), la técnica para ordenar la preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), o la optimización multicriterio y solución de compromiso (VIKOR, VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) (Alvarez et al., 2021), con el objetivo de poder contar con una herramienta de clasificación válida para los resultados académicos obtenidos por los estudiantes en cada uno de los cursos en los que se emplearía BIM. Todo el proceso de evaluación se planteó en condiciones de certeza y en condiciones de incertidumbre, aplicando modelos de lógica difusa (Serrano-Guerrero et al., 2021). La opinión de los estudiantes se recogió mediante encuestas diseñadas para ese propósito, empleando escalas tipo Likert. Tras un análisis factorial, para reducir el número de variables, el análisis de los resultados de la encuesta se realizó mediante técnicas de clasificación de aprendizaje automático supervisado. Se realizó un análisis clúster y se desarrolló un modelo de regresión no lineal para explicar el grado de satisfacción de las estudiantes. En la fase dos se contó con la colaboración de una empresa que proporcionó una aplicación real de BIM, incluyendo profesionales dentro del entorno, colaborativa-cooperativa marcado por la metodología planteada. En la tercera fase se ofertaron a los estudiantes de la asignatura

Trabajo fin de grado distintos trabajos que profundizaban en el uso de BIM, en especial en el uso de HBIM. Estos trabajos estaban vinculados con proyectos reales de investigación en curso de grupos de investigación reconocidos vinculados con los autores de este trabajo, y su ejecución (alineada con el objetivo Ob4) representa aplicaciones específicas de modelado HBIM en casos reales. En esta fase se exploró el uso de HBIM en casos reales y se planteó la generación de librerías propias de elementos patrimoniales para su uso general en cualquier modelo HBIM con las características de diseño y encuadre temporal similares a los casos estudiados. Se plantearon dos casos de estudio diferentes. Los casos de estudio elegidos fueron, por un lado, un palacio en Portugal y, por otro lado, una fábrica de harinas en España, ambos del siglo XIX. La última fase del proyecto (aún en curso) y también vinculada al objetivo Ob4 realiza una investigación sobre un artefacto perteneciente al Canal de Castilla. La singularidad de este caso de estudio reside en que no solo se estudia la edificación, como en los casos anteriores, sino que se ha incluido el estudio y desarrollo gráfico de todas las máquinas que daban vida al singular proceso industrial que se desarrollaba en este artefacto del Canal de Castilla; artefacto del que no sé conserva ninguna máquina, y cuya edificación se encuentra actualmente en un avanzado grado de deterioro, con el elevado riesgo de caer en el olvido.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las dos primeras fases del proyecto se reflejan en la obtención de una metodología de implementación de BIM en asignaturas de grado de ingeniería industrial, junto a una metodología de evaluación multicriterio que incluye la propia percepción de los estudiantes. Dicha metodología de implementación BIM se diseñó empleando una metodología colaborativa activa (Blanco et al., 2017) implementada en este proyecto mediante la combinación de las metodologías de instrucción entre pares (Peer-Instruction), clase invertida (Flipped-Classroom) y JITT (Just-In-Time-Teaching) (Bicheng et al., 2023; Fakoya et al., 2023; Simkins & Maier, 2023), generando un entorno de aprendizaje colaborativo-activo sobre la base del aprendizaje basado en proyectos (PBL, Project-Based Learning). La metodología se desarrolla en un entorno de diseño computarizado 3D, siguiendo la filosofía BIM, mediante un modelo centralizado único (Blanco Caballero et al., 2017). La evaluación multicriterio para la implementación BIM en la primera fase del proyecto, en asignatura básicas de proyectos de ingeniería, consta de 10 criterios agrupados en cuatro categorías: nivel global de aprendizaje del alumno, nivel de desarrollo de otras competencias por parte del alumno, nivel de satisfacción del alumno y abandono de la asignatura por parte del alumno. Se eligió el método multicriterio AHP, para determinar la importancia relativa de cada uno de los criterios. Teniendo en cuenta la importancia relativa de los criterios obtenidos mediante el método AHP, para la calificación de los resultados académicos derivados de las puntuaciones recibidas en cada una de las muestras de estudio para cada uno de los diez criterios definidos, se utilizó el método TOPSIS. La percepción de los alumnos se recabó también en una asignatura de proyectos avanzados mediante un cuestionario de 20 preguntas empleando una escala de Likert para la valoración de las respuestas. Estas preguntas estaban referidas a cuatro grupos distintos: Uso de BIM, grado de desarrollo de competencias mediante BIM, uso de la herramienta de diseño 3D en BIM, grado de satisfacción personal. Tras un análisis factorial, para reducir el número de variables, el análisis de los resultados de la encuesta se realizó mediante técnicas de clasificación de aprendizaje automático. Se realizó un análisis clúster y se desarrolló un modelo de regresión no lineal para explicar el grado de satisfacción de las estudiantes en función del uso de BIM, la adquisición de

competencias y su experiencia en la utilización del software de modelado 3D. Junto a la investigación descrita, en esta fase dos se llevó a cabo una experiencia que contó con la colaboración de una empresa que proporcionó una aplicación real de BIM. Con su soporte se planteó un concurso entre los estudiantes de la asignatura de especialización en proyectos técnicos. En dicho concurso el equipo ganador fue premiado con una estancia de formación en la empresa. En esta iniciativa, como en la experiencia anteriormente descrita, se evaluaron los resultados académicos junto con la percepción del estudiante, con la diferencia de que, se trabajaron también condiciones de incertidumbre para el tratamiento de la información. Para ello se utilizó el método multicriterio mejor-peor (BWM, Best Worst Method) para la ponderación de las variables de comparación y el método multicriterio VIKOR para la calificación de los resultados obtenidos. En esta fase se incidió sobre la variable sostenibilidad en el desarrollo de proyectos, y se realizó también un análisis de varianza (ANOVA, ANalysis Of VAriance) para determinar si el uso de BIM, el entorno universidad-empresa propuesto y la tasa de propuestas de sostenibilidad de los proyectos de los estudiantes tenían efectos estadísticamente significativos sobre los resultados. La evaluación de la percepción de los estudiantes se basó en una encuesta de Likert con cinco niveles. Se definió una encuesta con diez preguntas para obtener la opinión en los siguientes cuatro campos: Colaboración con la empresa; competición interna mediante el concurso propuesto; opinión de BIM; tipología del proyecto y sostenibilidad. Los resultados se interpretaron mediante las técnicas de aprendizaje automático de agrupación difusa de k-vecinos más cercanos y el análisis del árbol de clasificación. La investigación realizada en estas dos primeras fases muestra mejores resultados académicos al emplear la metodología propuesta utilizando BIM. Competencias como el trabajo en grupo presentan una mejor adquisición por parte de los estudiantes. Los resultados de la fase uno y dos permiten observar que los alumnos consideraron útil el uso de BIM en proyectos de ingeniería. Según su percepción, la metodología utilizada les ha permitido asimilar los conceptos básicos de BIM. El modelo de regresión y el estudio de conglomerados muestra una relación directa entre la utilidad de BIM para desarrollar la práctica del curso y la opinión de BIM como útil para la adquisición de competencias, (especialmente habilidades de trabajo en equipo, con un 23% de los estudiantes calificando la metodología de muy útil), así como la aplicación de los requerimientos de sostenibilidad (98% en la iniciativa llevada con la colaboración de la empresa). La colaboración con la empresa en la fase dos aportó un entorno real de trabajo, y la competición entre los distintos equipos de estudiantes en dicha experiencia, motivó a los estudiantes, y fue valorada muy positivamente por ellos (78% lo consideraron muy positivo). Los estudiantes opinaron que emplear la metodología BIM era de gran valor en la realización del proyecto (77% de los estudiantes) y los resultados académicos fueron estadísticamente significativos, como en la experiencia anterior en la que no se contó con la colaboración de empresa externa, con la adquisición de la competencia de trabajo en grupo. Los aspectos de sostenibilidad se aplicaron con mayor facilidad gracias a la metodología propuesta y fueron valorados muy positivamente por la empresa. Los trabajos desarrollados en estas primeras fases permitieron la formación de los estudiantes en BIM, así como participar en entornos industriales reales de uso BIM. Los resultados de estas dos primeras fases de implantación y uso de BIM se pueden consultar en detalle en publicaciones en acceso abierto (Sánchez et al., 2019; Sanchez-Lite et al., 2020; Sanchez-Lite et al., 2022). En la fase tres del proyecto se ofertaron distintos trabajos fin de grado para la aplicación de BIM en casos de aplicación reales sobre naves industriales y la aplicación de HBIM sobre bienes de interés histórico, incorporando un equipo de estudiantes dentro del entorno de trabajo del equipo de

investigación en los que los autores de este trabajo desarrollan estudios sobre HBIM aplicados en distintos bienes de especial interés histórico. La investigación en la fase tres necesitó de un estudio de la aplicación actual de dicha metodología en bienes de interés histórico, para poder identificar cómo se aplica, qué herramientas son las más utilizadas, qué resultados se están obteniendo y cuáles son sus líneas futuras de desarrollo (Sampaio, Gomes, et al., 2021). El estudio reflejó que la mayoría de los trabajos prácticos tienen como punto de partida la recopilación documental y gráfica, empleando en muchos casos tecnologías de escaneo láser o el uso de drones para la toma de datos gráficos. Junto a esto, es de especial interés, la estandarización de los elementos que constituyen la edificación (lo que es posible gracias a la creación de bibliotecas específicas de elementos), así como determinar las técnicas constructivas y el comportamiento de la edificación (materiales, estructura, etc.). La primera etapa en el uso de HBIM, que se muestran en este tipo de estudios, arranca con el estudio de la contextualización histórica del edificio, el estudio de las tecnologías y materiales aplicados en la construcción antigua y el archivo y gestión de toda la información recopilada, todo ello centrado en las diferentes etapas de construcción del edificio. Es muy importante registrar la documentación que se encuentra en archivos y completar un estudio de campo en la edificación en su situación actual. Un edificio de valor patrimonial generalmente puede haber sufrido un histórico de transformaciones, motivadas por distintos factores, que se deben registrar y tener en cuenta. Los resultados del estudio realizado muestran que todo proyecto de rehabilitación y puesta en valor que se proponga debe respetar estrictamente el valor pasado e histórico adquirido a lo largo del tiempo, y requiere una participación multidisciplinar de especialistas de distintas áreas que sean capaces de abordar todo el contexto y conocimiento histórico, arquitectónico e ingenieril. En esta fase tres se plantearon dos estudios sobre dos bienes de interés histórico. Por un lado, se eligió una antigua harinera en España (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta, Sampaio, et al., 2019) y, por otro, un palacio en Portugal (Sampaio, Pinto, et al., 2021), ambos datados en el siglo XIX. En el caso del inmueble portugués, el estudio pretendía ponerlo en valor mediante una propuesta de rehabilitación para, dado su actual carácter privado, su uso como viviendas de alquiler turístico. Dicha propuesta suponía la alteración de la organización interna del edificio y basándose en la metodología HBIM requirió una definición rigurosamente exacta y completa de la arquitectura del edificio. No era posible modelar el edificio con elementos estándar, por lo que se decidió crear un conjunto de familias de componentes arquitectónicos que permitieron la representación precisa del edificio. Estas herramientas permiten generar un modelo paramétrico de nuevas familias de fachadas, pisos de madera, escaleras y techos, y sus elementos ornamentales. La herramienta de objetos también permitió la incorporación de las propiedades físicas de los materiales utilizados en el edificio real. Como herramienta para realizar el modelado 3D se utilizó la fotogrametría combinada con mediciones topográficas. Los resultados del estudio de investigación muestran la utilidad de HBIM y contribuye a aumentar el alcance de la biblioteca de componentes de construcción de elementos históricos. El segundo caso de aplicación, sobre una antigua fábrica de harinas, dio como resultado una propuesta de uso futuro para poner en valor el edificio histórico, planteando un centro de residencia y estudio para los investigadores que suelen visitar el cercano archivo histórico donde se encuentra dicho inmueble. Junto al modelo 3D que contenía la propuesta de reutilización, se generaron otros dos modelos 3D que, con la información de archivo disponible y las medidas de campo ejecutadas, son un modelo de ingeniería que muestran la situación actual del inmueble y su situación en el momento de su construcción en el siglo XIX. La metodología propuesta permite asegurar que se

cumplen con los requisitos de diseño y las especificaciones marcadas: conservar, valorar, enseñar, distinguir, aprovechar, proteger y promover. Los resultados sobre este caso práctico ponen de manifiesto que, para la preservación de edificios históricos, HBIM posibilita la creación de una línea del tiempo de las diferentes fases a las que se ha visto sometido el edificio. Este proceso permitió el desarrollo de modelos de las diferentes condiciones por las que ha pasado la fábrica, lo que permite narrar de una manera mucho más completa y efectiva la vida del edificio. La lectura histórica del edificio se pudo llevar a cabo gracias a la investigación de antecedentes históricos antes de la intervención y la elaboración de un modelo BIM que contenga el contenido real del complejo industrial antes de su estado actual, así como de su estado actual. El trabajo ha dado como resultado tres modelos distintos que nos sitúan en el momento de actividad inicial del edificio, su estado actual y la propuesta de uso futuro y su puesta en valor. No se ha abordado la generación de la maquinaria de la harinera, lo que podría haber ayudado a entender de forma plena la actividad industrial del edificio industrial. Los estudios llevados a cabo en la fase tres marcan la necesidad de realizar una metodología sistemática que permita abordar la reconstrucción y captura del conocimiento conjunto de máquinas, proceso industrial y edificación. Con ese objetivo se planteó la fase cuarta del proyecto. Los resultados de la cuarta fase han dado como resultado una primera aproximación metodológica para la captura del conocimiento y la selección de las alternativas de diseño para la reconstrucción de los elementos históricos, y se ha aplicado (en una primera etapa) sobre una antigua ferrería situada en el Canal de Castilla (Geijo et al., 2022). Aprovechando la experiencia de la fase tres, se seleccionó como método multicriterio para valorar la importancia relativa de cada uno de los criterios el método BWM, para la valoración de las diferentes alternativas de diseño se trabajó con matemática difusa empleando como método para seleccionar la mejor alternativa el método TOPSIS. Los parámetros de comparación se agrupan en tres grupos: número de casos similares al estudiado; datos documentales de archivos históricos tecnológicos y gráficos disponibles; y comportamiento de la propuesta en relación con su época. El caso práctico seleccionado en esta fase fue un martinete ubicado en la primera esclusa del Canal de Castilla. Dicho enclave industrial se encuentra en un edificio de grandes dimensiones y dotado de un patio, que integra una zona para el proceso industrial y otra zona claramente diferenciada para la vivienda, con una separación funcional por pisos de elevada altura con el cuerpo de agua integrado en el edificio. Su estructura, en función del enfoque, dimensiones y organización es cercana a alguna de las "Manufacturas Reales" del siglo XVIII. Se trata de un establecimiento que tenía un proyecto integral, compacto e innovador.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que la implantación de BIM en asignaturas de proyectos de ingeniería obtuvo buenos resultados, mejorando en general la adquisición de las denominadas competencias blandas (especialmente el trabajo en equipo) y facilitando el cumplimiento de los requerimientos técnicos del proyecto, su documentación y su comunicación. Por otro lado, la percepción y satisfacción de los estudiantes también se pueden considerar positivas. Estos resultados ya se habían encontrado en estudios anteriores a la ejecución del proyecto, y se siguen reportando en estudios más actuales (Tijo-Lopez et al., 2024). Aunque se observó una relación directa entre la satisfacción con el uso de BIM y el uso de la herramienta 3D, se detectó que una de las barreras en el uso de BIM es precisamente el aprendizaje de la herramienta 3D y la inversión necesaria en el programa informático, tal y como se había reportado anteriormente y es aún denotado por distintos investigadores (académicos y no

académicos) (Mishra et al., 2024). Pero es de destacar que la herramienta 3D en sí misma no es BIM, y esto es importante no olvidarlo. La experiencia realizada en las fases tres y cuatro deja de manifiesto la utilidad de HBIM. Por un lado, se han obtenido modelos que muestran la evolución histórica de los bienes, reflejando en alguno de los casos la importancia de los procesos tecnológicos que se desarrollaban en ellos, su interacción con la edificación y la necesidad de estudiar el conjunto como un todo. Actualmente es un campo de interés y actualidad, ya que esto permite una descripción iconográfica del complejo y de su entorno físico-natural, junto con la posibilidad de contar con la iconografía interpretativa de la época, tal y como se deduce de los casos estudiados. La capacidad en HBIM de generar librerías para los elementos que constituyen características propias de la época permite el uso de dichos elementos en distintos casos de la misma época, con el mismo tipo de construcción, lo que puede reducir el tiempo de diseño del modelo 3D. Precisamente la generación del modelo 3D es una de las tareas que más consumo de recursos emplea. Se ha empleado fotogrametría combinada con mediciones topográficas para la captura de datos geométricos. Esta es una técnica barata y precisa, pero consume una gran cantidad de tiempo. Como se refleja en nuestros estudios y resultados posteriores el uso de drones y escáneres 3D se presenta como la opción más utilizada (Alshawabkeh et al., 2024; Penjor et al., 2024) para mejorar este consumo de tiempo. Actualmente los siguientes pasos de trabajo en la fase cuatro permitirán contar con un modelo HBIM de toda la edificación de la ferrería, integrando el proceso de fabricación y los distintos elementos que componen la maquinaria de la instalación industrial. Esto permitirá relacionar las condiciones de trabajo y los distintos elementos que componen la edificación y el propio proceso tecnológico como un todo, y facilitará poner en valor su carácter histórico-tecnológico, así como tener una metodología sistemática, validada en un caso real, para su uso en otros casos de interés

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a todas las personas que han participado en los distintos estudios realizados, así como, por una parte, a la Universidad de Valladolid por su apoyo en parte de las actividades de la fase uno y dos desarrolladas dentro de los programas de Proyectos de Innovación Docente (PID) financiados en concurrencia competitiva por dicha entidad y, por otra parte, al Grupo de Trabajo en Patrimonio Industrial de Fabricación (PATRIF) de la Sociedad de Ingeniería de Fabricación (SIF) y al Grupo de Investigación Reconocido (GIR) Rodrigo Zamorano de Historia de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Valladolid por su apoyo en las fases tres y cuatro con la investigación desarrollada sobre los bienes históricos.

REFERENCIAS

- Alshawabkeh, Y., Baik, A., & Miky, Y. (2024). HBIM for Conservation of Built Heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(7), 231. <https://doi.org/10.3390/ijgi13070231>
- Alvarez, P. A., Ishizaka, A., & Martínez, L. (2021). Multiple-criteria decision-making sorting methods: A survey. *Expert Systems with Applications*, 183, 115368. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115368>
- Bicheng, D., Adnan, N., Harji, M. B., & Ravindran, L. (2023). Evolution and hotspots of peer instruction: a visualized analysis using CiteSpace. *Education and Information Technologies*, 28(2), 2245–2262. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11218-x>
- Blanco Caballero, M., Zulueta Pérez, P., Alonso Fernández-Coppel, I., & Sánchez Lite, A. (2017). *Implementation of BIM in the Subject Technical Industrial Projects—Degree in Industrial Technologies Engineering—University of Valladolid* (pp. 247–260). https://doi.org/10.1007/978-3-319-51859-6_17
- Blanco, M., Gonzalez, C., Sanchez-Lite, A., & Sebastian, M. A. (2017). A Practical Evaluation of a Collaborative Learning Method for Engineering Project Subjects. *IEEE Access*, 5, 19363–19372. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2751604>
- Borkowski, A. S. (2023). A Literature Review of BIM Definitions: Narrow and Broad Views. *Technologies*, 11(6), 176. <https://doi.org/10.3390/technologies11060176>
- Boton, C., Forgues, D., & Halin, G. (2018). A framework for building information modeling implementation in engineering education. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 45(10), 866–877. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0047>
- Fakoya, A., Ndrio, M., & McCarthy, K. J. (2023). Facilitating Active Collaborative Learning in Medical Education; a Literature Review of Peer Instruction Method. *Advances in Medical Education and Practice, Volume 14*, 1087–1099. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S421400>
- Fazion, B., Treccani, D., Fregonese, L., & Lombardini, N. (2024). HBIM Structural Model to Evaluate Building Evolution and Construction Hypotheses: Preliminary Results. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-2/W4-2024, 213–219. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W4-2024-213-2024>
- Geijo, J. M., Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., & Sampaio, A. Z. (2022). Study of an “Artefact” of the Castilla Canal: Reconstruction of the Missing Machinery. *Machines*, 10(4), 239. <https://doi.org/10.3390/machines10040239>
- Mishra, A., Hasan, A., & Jha, K. N. (2024). A Holistic Evaluation of BIM Implementation Barriers in the Indian Construction Industry: Pre- and Post-Adoption Perspectives. *International Journal of Construction Education and Research*, 20(3), 358–380. <https://doi.org/10.1080/15578771.2024.2320108>
- Penjor, T., Banihashemi, S., Hajirasouli, A., & Golzad, H. (2024). Heritage building information modeling (HBIM) for heritage conservation: Framework of challenges, gaps, and existing limitations of HBIM. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 35, e00366. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00366>
- Sampaio, A. Z. (2017). BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10(02), 194–210. <https://doi.org/10.4236/jsea.2017.102012>
- Sampaio, A. Z., Gomes, A. M., Sánchez-Lite, A., Zulueta, P., & González-Gaya, C. (2021). Analysis of BIM Methodology Applied to Practical Cases in the

- Preservation of Heritage Buildings. *Sustainability*, 13(6), 3129. <https://doi.org/10.3390/su13063129>
- Sampaio, A. Z., Pinto, A. M., Gomes, A. M., & Sanchez-Lite, A. (2021). Generation of an HBIM Library regarding a Palace of the 19th Century in Lisbon. *Applied Sciences*, 11(15), 7020. <https://doi.org/10.3390/app11157020>
- Sampaio, A. Z., Tomé, J., & Gomes, A. M. (2023). Heritage Building Information Modelling Implementation First Steps Applied in a Castle Building: Historic Evolution Identity, Data Collection and Stratigraphic Modelling. *Heritage*, 6(10), 6472–6493. <https://doi.org/10.3390/heritage6100338>
- Sampaio, Z., Tomé, J., Gomes, A., & Pinto, M. (2024). *HBIM Data Collection and Historic Evolution Identity* (pp. 42–52). https://doi.org/10.1007/978-3-031-48461-2_4
- Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., & Sampaio, Z. (2019). Introduction of Building Information Modeling in Industrial Engineering Education: Students' Perception. *Applied Sciences*, 9(16), 3287. <https://doi.org/10.3390/app9163287>
- Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., Sampaio, Z., & Torre, B. (2019). Academic Proposal for Heritage Intervention in a BIM Environment for a 19th Century Flour Factory. *Applied Sciences*, 9(19), 4134. <https://doi.org/10.3390/app9194134>
- Sanchez-Lite, A., Gonzalez, C., Zulueta, P., & Sampaio, Z. (2020). A Comparative Study of the Use of Building Information Modeling in Teaching Engineering Projects. *IEEE Access*, 8, 220046–220057. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042662>
- Serrano-Guerrero, J., Romero, F. P., & Olivas, J. A. (2021). Fuzzy logic applied to opinion mining: A review. *Knowledge-Based Systems*, 222, 107018. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107018>
- Simkins, S., & Maier, M. (2023). *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, and Across the Academy*. Taylor & Francis. <https://acortar.link/RSqsWu>
- Suwal, S., & Singh, V. (2018). Assessing students' sentiments towards the use of a Building Information Modelling (BIM) learning platform in a construction project management course. *European Journal of Engineering Education*, 43(4), 492–506. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1287667>
- Tijo-Lopez, S., Mejía, G., & Portilla-Carreño, O. (2024). Inclusion of BIM and Sustainability in Construction Education through Capstone Design Projects. *Construction Research Congress 2024*, 315–324. <https://doi.org/10.1061/9780784485293.032>
- Yang, X. (2023). A Historical Review of Collaborative Learning and Cooperative Learning. *TechTrends*, 67(4), 718–728. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00823-9>