

Innovación educativa y desarrollo sostenible: el uso de papel reciclado para el desarrollo de nuevos materiales. El caso de la comunidad EELISA «El campus circular y regenerativo» en el proyecto de la mejora acústica de dos aulas del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)

DAVID SANZ ARAÚZ

Universidad Politécnica de Madrid

NADIA VASILEVA

Universidad de Diseño, Innovación y Tecnología (UDIT)

Resumen

El presente capítulo recoge parte del trabajo de investigación de la comunidad EELISA «El campus circular y regenerativo» (CRC), coordinado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).¹ Desde 2021, en el campus de la ETS de Arquitectura se han emprendido proyectos enfocados a la innovación educativa mediante estrategias pedagógicas simples e innovadoras. Uno de los proyectos clave se centra en crear y caracterizar materiales basados en celulosa a partir de papel reciclado del propio campus. El proceso abarca diversas etapas, con participación estudiantil a través de varias actividades docentes. Se destaca el prototipado en curso de un panel acústico elaborado con papel reciclado, abordando la mejora de las condiciones sonoras en aulas del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE). Este proyecto formó parte del programa ATHENS 2023, involucrando a estudiantes de

1. Expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas que han participado de forma comprometida y voluntaria en las diferentes etapas del proyecto al margen de los recursos citados: los alumnos del grupo de la Comunidad EELISA CRC; los participantes en la sesión del Laboratorio Ciudadano Experimenta Mates; los ponentes del programa Athens (marzo 2023); a todas las personas involucradas desde el ICE, el CIEC, la ETSII/UPM, así como al personal de los talleres y laboratorios de la ETSAM/UPM.

ámbito internacional en la realización de mediciones acústicas, sesiones teóricas y actividades de taller. Los estudiantes tenían como objetivo desarrollar propuestas de diseño que mejoraran la acústica, que fueran estéticamente agradables, técnicamente simples y aprovecharan materiales reciclados. El capítulo concluye resaltando el éxito de este enfoque interdisciplinar y anunciando la implementación de propuestas estudiantiles en curso. El trabajo demuestra la sinergia entre educación, innovación y sostenibilidad en la resolución práctica de desafíos reales.

10.1. Punto de inicio: el reto del estudio de los materiales circulares en el campus universitario

El estudio de caso presentado a continuación forma parte del trabajo de investigación de la comunidad EELISA «El campus circular y regenerativo» (EELISA CRC) con coordinación en la UPM, cuyo objetivo principal es explorar las posibilidades de la economía circular, mostrando la viabilidad técnica, la rentabilidad económica y la inclusión social para cerrar el ciclo en el uso y regeneración de los materiales. Además de servir como plataforma para probar modelos circulares, también ofrece una dimensión formativa para los futuros profesionales de la arquitectura, la ingeniería y el diseño, que se espera lideren la transición hacia una economía más eficiente en recursos.

Hemos establecido diferentes líneas de actividades en todo el campus para la gestión y regeneración de materiales recopilados en las distintas escuelas de la UPM, centrándonos en el reciclaje de papel y cartón, el reciclaje de plástico y la reutilización de maquetas de trabajo. Desde el campus de la ETS de Arquitectura, nos hemos centrado en el desarrollo y la caracterización de materiales basados



Figura 10.1. Caracterización de muestras en base a celulosa. Laboratorio de materiales, ETSAM/UPM.

en celulosa a partir de papel reciclado del propio campus –proyecto que surge de la necesidad de dar una respuesta al creciente problema de la generación de residuos y su impacto ambiental–.

10.1.1. Reciclaje de papel y cartón. Estado de la cuestión

La industria papelera, sector dedicado al procesamiento de fibra de madera, mantiene una alta posición como referente del desarrollo industrial (Statista Search Department, 2023), incluso en la nueva era digital. Se prevé que el consumo seguirá aumentando durante la próxima década hasta alcanzar los 476 millones de toneladas en 2032.

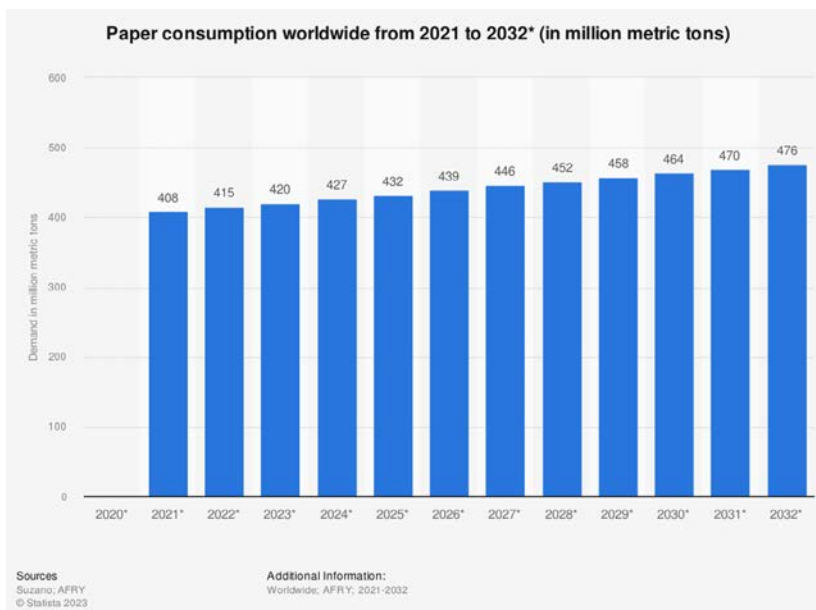


Figura 10.2. Previsión de consumo de papel a nivel mundial de 2021 a 2032 en millones de toneladas métricas (Statista Search Department, 2023).

Los procesos productivos originan diferentes tipos de residuos, dependiendo del tipo de materia prima, la tecnología de fabricación empleada y el producto comercial final. Ya sea que se utilice fibra virgen o reciclada para la producción de papel, del subproducto generado (llamado lodo de papel), se desecha entre el 80% y el 100% de su volumen, y plantea un grave proble-

ma de reciclaje. El desarrollo de una solución sostenible y eficiente para la recuperación de materias primas secundarias a través de los residuos generados por la industria del papel es un desafío importante dirigido a minimizar el impacto ambiental.

Los residuos de la industria papelera han empezado a abrirse paso como materia prima secundaria en diversos ámbitos, entre ellos la industria de la construcción. No obstante, las iniciativas para el aprovechamiento de los residuos de celulosa se limitan actualmente a una explotación muy parcial y su relevancia en el proceso de tratamiento sostenible de residuos resulta insignificante.

10.1.2. Taller de nuevos materiales basados en celulosa en la ETS de Arquitectura

Desde la ETS de Arquitectura hemos querido sumarnos a esta serie de iniciativas locales, fomentando la gestión sostenible de los materiales descartados dentro de nuestro campus y a la vez explorando alternativas innovadoras para convertirlos en recursos de utilidad. Esta iniciativa está motivada tanto por los índices globales de la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos de la industria papelera como por la propia condición de nuestro campus, que, debido a la pedagogía de la propia carrera, genera una cantidad muy elevada –y no bien gestionada– de residuo de papel y cartón (Majadas Matesanz, 2019).



Figura 10.3. Residuos de papel y cartón en la ETS de Arquitectura en días de entrega (Majadas Matezanz, 2019).

portamiento acústico del nuevo material, por lo que seguimos trabajando en dos direcciones diferentes: por un lado, en las posibilidades de esponjar el material durante el proceso de fabricación; por otro, en la creación de una serie de patrones de perforación para mejorar el comportamiento acústico de las placas. Se pueden consultar los resultados preliminares de algunos de los ensayos realizados en el trabajo de fin de grado de Guillermo Serrano Gámir, alumno de grado de la ETS de Arquitectura, denominado: *Regeneración de papel para la fabricación de paneles acústicos* (Serrano Gámir, 2022).



Figura 10.6. De izquierda a derecha: exámenes del Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas de la ETSAM, máquina destructora de papel PowerShred 36C, virutas de papel triturado (Serrano Gámir, 2022).



Figura 10.7. De izquierda a derecha: probeta lista para ensayo, sistema *micro-flow in-situ absorption set*, ensayo con pistola de impedancia (Serrano Gámir, 2022).

10.1.3. Taller «Ciudadano experimenta mates»

Con el propósito de seguir mejorando los resultados de las muestras obtenidas, entre el 2 y el 5 de noviembre de 2022 participamos en la segunda convocatoria del Laboratorio Ciudadano Experimenta Mates + ODS, organizado por la Comunidad EELI-

SA SSERIES. Nuestra propuesta estaba centrada en el diseño paramétrico de perforaciones acústicas del panel de papel reciclado para cumplir dos objetivos: atenuar la transmisión de ruido en el espectro de frecuencias más relevantes en nuestro espacio habitado y crear un patrón geométrico estéticamente argumentado.



Figura 10.8. Sesiones de taller durante la celebración del Laboratorio Ciudadano Experimenta Mates, 2022.

El trabajo desarrollado durante los tres días de celebración del taller sirvió para avanzar un paso más hacia el propósito de nuestro trabajo de investigación, llegando a las conclusiones preliminares siguientes:

- Trabajar en la relación del porcentaje de perforaciones, así como en el tamaño y distribución de estas del panel acústico, para optimizar los resultados de absorción de ondas sonoras de altas frecuencias.
- Trabajar en la mejora de la porosidad interna, la densidad y el espesor de los paneles para optimizar los resultados de absorción de ondas sonoras de bajas frecuencias.

10.1.4. Programa ATHENS marzo 2023: diseño acústico con papel reciclado

Tras nuestra participación en el Laboratorio Ciudadano Experimenta Mates, se nos presentó la oportunidad de trabajar en un caso de estudio real: la mejora de las condiciones acústicas de dos aulas existentes en el ICE (Instituto de Ciencias de la Educación de la UPM). Propusimos este ejercicio como estudio de caso durante la sesión de primavera del programa ATHENS 2023, diseñando un curso de cinco días (30 horas), en el que los estu-

diantes se involucraron en una experiencia práctica real, tal y como se recoge a continuación.

10.2. Camino al andar: un caso real, materiales circulares del campus para el campus

Se trata de dos aulas de una superficie total de aproximadamente 238 m², que pueden dividirse con un tabique móvil, dejando un espacio de 126 m² y otro de 112 m². Las aulas se utilizan para varias actividades docentes, incluyendo presentaciones, actividades de taller, conferencias, etc. Sin embargo, en su estado actual, el espacio presenta tiempos de reverberación elevados, no adecuados para la docencia.

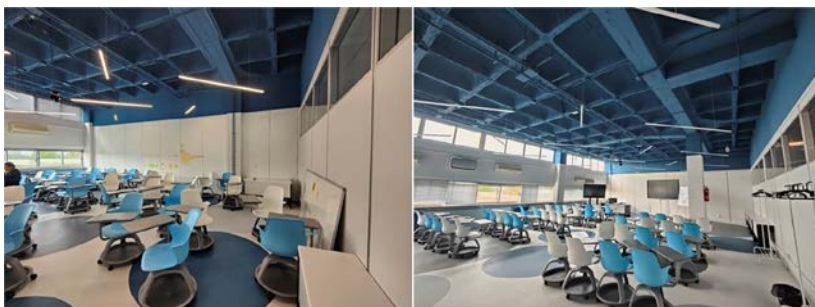


Figura 10.9. Aulas del ICE.

El tiempo de reverberación es el tiempo que tarda un sonido en desvanecerse después de que la fuente de sonido haya cesado. En un espacio con tiempos de reverberación prolongados, los sonidos rebotan en las paredes y superficies, creando un ambiente sonoro confuso y poco claro. Esto puede tener un impacto negativo en la comunicación oral, ya que las palabras pueden mezclarse y volverse difíciles de entender. En última instancia, esto afecta la capacidad de los estudiantes para absorber y retener información. Por eso, abordar las deficiencias acústicas en estas aulas se convierte en una prioridad para garantizar un entorno de aprendizaje efectivo y productivo. Esto podría lograrse mediante la implementación de soluciones acústicas como la instalación de materiales absorbentes de sonido en las paredes y techos, la

colocación estratégica de paneles acústicos y la optimización del diseño de estos para reducir los tiempos de reverberación.

El ejercicio propuesto al alumnado estaba dirigido a buscar soluciones para la mejora del acondicionamiento acústico de las aulas, sin dejar de lado el diseño formal de dichas soluciones, para corresponder a la imagen actual del espacio. Una de las condiciones de partida era procurar conservar la imagen del techo, un forjado reticular recientemente puesto en valor por la última remodelación de las dos aulas. Se planteó como un ejercicio teorico-práctico, orientado a alumnado de carreras relacionadas con el diseño.

El curso, de un total de 30 horas repartidas en una semana, se organizó en jornadas intensivas de trabajo de campo, formación teórica multidisciplinar y talleres, en los que los alumnos podían experimentar con los procesos de fabricación.

La sesión de mañana del primer día del curso se dedicó a la recopilación de datos. Los alumnos realizaron mediciones acústicas de los tiempos de reverberación en las dos aulas del ICE, utilizando una grabadora PCM lineal, grabando el sonido producido por la explosión de un globo en varios puntos del espacio y en un entorno de silencio. Se registraron en total unas 30 grabaciones: 10 para cada aula por separado y 10 para el conjunto del espacio. Cada 10 grabaciones correspondían a 5 puntos de emisión, registrados desde 2 puntos de recepción distintos. Las grabaciones registradas serían analizadas más adelante en el laboratorio de acústica de la ETSAM.



Figura 10.10. Mediciones acústicas con grabadora PCM lineal.

Durante la sesión de tarde de ese mismo día, los alumnos participaron en un taller de introducción a la fabricación de pulpa de papel con medios manuales en el laboratorio de materiales de la ETS de Arquitectura. El proceso reprodujo a pequeña

escala los procesos de reciclado de papel industriales: simplificando mucho, el papel se tritura procurando no dañar las fibras, se mezcla con agua, se remueve en la mezcladora hasta conseguir una masa homogénea y se introduce en los moldes de secado, eliminando el exceso de agua antes de colocar las muestras en estufa de secado a 50°. Las muestras se dejaron secar durante los siguientes tres días, tiempos que ya habíamos testado previamente en los ensayos realizados con antelación al curso.



Figura 10.11. Fabricación de pulpa de papel. Laboratorio de materiales, ETSAM/UPM.



Figura 10.12. Manipulación de muestras. Taller de carpintería, ETSAM/UPM.

Ese primer día fue el comienzo de una semana intensiva en la que los alumnos no solo adquirieron nuevos conocimientos, sino que también se divirtieron aprendiendo. La combinación de aprendizaje y diversión es una estrategia esencial para la innovación educativa, ya que permite que los estudiantes se involucren activa y efectivamente en el proceso de aprendizaje. Al integrar el juego en la educación, se fomenta la creatividad, la curiosidad y la participación de los estudiantes, lo que contribuye a un aprendizaje más dinámico y memorable.

Durante los tres días siguientes, los alumnos tuvieron la oportunidad de asistir a varias ponencias teóricas, participar en traba-

jos de taller y dedicar tiempo tutelado al desarrollo de sus primeras ideas. Las sesiones teóricas incluyeron la ponencia de Alexander Díaz Chyla (profesor asociado en el Departamento de Construcción en la ETS de Arquitectura) sobre «Introducción a la acústica», la ponencia «Procesos de reciclaje de papel» impartida por Daphne Hermosilla (profesora titular en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural) y por Noemí Merayo (profesora asociada en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial) y la ponencia sobre «Soluciones acústicas comerciales» impartida por Juan Negreira (responsable técnico y de *marketing* para Ecophon). Esta última daba a los alumnos la oportunidad de experimentar el kit de RV para soluciones acústicas de Ecophon.

Esta experiencia acústica inmersiva conduce al participante a través de una serie de entornos y espacios virtuales que ofrecen simulaciones audiovisuales altamente parecidas al ambiente construido. En este contexto interactivo, los participantes pueden aplicar distintos tipos de techos y paneles de pared a salas simuladas, lo que les permite experimentar de qué manera las distintas soluciones acústicas pueden reducir los molestos ruidos de fondo, mejorando así el desempeño y el bienestar de las personas que ocupan ese espacio.



Figura 10.13. Ponencia sobre soluciones acústicas, con experiencia inmersiva con kit de RV.

Las sesiones de taller incluyeron una visita al laboratorio de materiales de la ETSAM, con demostración de pruebas mecánicas de rotura a compresión y flexión, y prueba de resistencia al cizallamiento de distintos materiales. El cuarto día empezó con una sesión de trabajo en el taller de carpintería de la ETSAM con las muestras ya secas de pulpa de papel. Durante la segunda mi-

tad de la mañana, se dedicó tiempo al análisis de las mediciones acústicas realizadas el primer día en las aulas del ICE y a la realización de ensayos acústicos con pistola de impedancia en el Laboratorio de Acústica y Vibraciones de Edificación, Medio Ambiente y Urbanismo (ArquiLAV), de la ETSAM. Por último, durante la tarde del cuarto día, los alumnos participaron en un taller de fabricación digital, impartido en el FabLab del CIEC Madrid, donde tuvieron la oportunidad de diseñar y fabricar un molde cortado por láser. Adicionalmente, se dedicó tiempo a una sesión tutorizada, en la que los alumnos tenían tiempo para desarrollar sus primeras ideas.

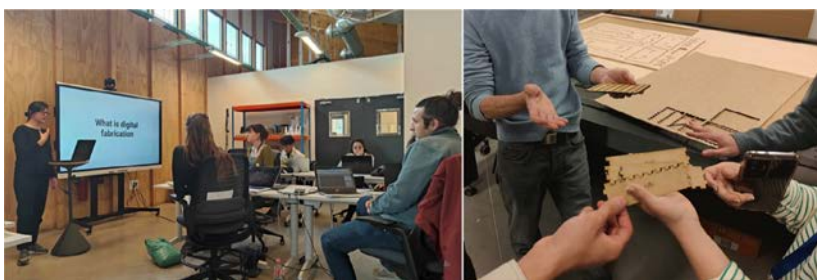


Figura 10.14. Taller de fabricación digital. FabLab CIEC.



Figura 10.15. Demostración del CircuLab, ETSII/UPM.

Durante la sesión de mañana del último día tuvo lugar la ponencia «Introducción a la economía circular», impartida por Ruth Carrasco (directora adjunta de Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ETSI Industriales), seguida de una presentación de materiales comerciales para la acústica, impartida por Francisco Gómez (representante de la empresa Ecocero). Por último, los alumnos asistieron a una demostración en la ETSII CircuLab, un *fablab* propio del campus universitario para el tratamiento y reu-

tilización de residuos del campus, en el marco del proyecto CircularizatETSII. La tarde estuvo reservada para la evaluación de resultados y la sesión de clausura, donde todos los participantes tuvieron tiempo de compartir sus impresiones acerca de la semana transcurrida y sus perspectivas para el desarrollo de las propuestas durante el mes posterior.

10.3. Hitos alcanzados: valoración del ejercicio como caso de estudio real de espacio para la docencia

Tras la finalización del curso, los alumnos disponían de 30 días para enviar sus propuestas de intervención en el espacio estudiado. Se valoró la capacidad de proponer ideas novedosas partiendo de unas condiciones estándar como base del ejercicio, la resolución material de la idea desarrollada en el tiempo previsto, así como el potencial propositivo como base para futuros desarrollos más amplios y detallados. La propuesta tenía que abordar todos los aspectos discutidos durante el curso:

- Mejorar las condiciones acústicas de las dos aulas.
- Trabajar en soluciones de diseño estéticamente atractivas.
- Considerar propuestas técnicamente simples y fáciles de implementar.
- Abordar el uso de papel y cartón reciclado en el campus tanto como sea posible, incluidas posibles mejoras de los modelos desarrollados durante el taller.

Todas las propuestas recibidas fueron de un destacado nivel de interpretación de los conceptos abordados durante el curso y reflejaron la habilidad del alumnado para proponer soluciones creativas y prácticas, tal y como se expondrá más adelante.

10.3.1. Resultados preliminares de los ensayos

Mediciones acústicas

Los valores recomendados para la acústica en un espacio docente desempeñan un papel fundamental en la creación de ambien-

tes adecuados para el aprendizaje y la apreciación musical. Se busca mantener un nivel óptimo de inteligibilidad del discurso, donde los valores de reverberación varían en función del volumen del espacio. Los valores recomendados del tiempo de reverberación a una frecuencia de 500 Hz para un espacio docente dedicado al uso de la palabra, y para volúmenes comprendidos entre 0 y 4000 m³ (como es el caso), oscilan entre 0,4 s y 1 s.

Se considera adicionalmente un valor D50 igual o superior a 0,5 como un indicador esencial. El valor del parámetro D50 en acústica se refiere a la «inteligibilidad del habla en la reverberación». Es una medida que se utiliza para evaluar la calidad de la comunicación oral en un espacio en función de la reverberación del sonido en ese espacio. El D50 se expresa como un porcentaje y representa la cantidad de energía acústica que se ha degradado después de un retraso específico en la señal sonora.

En otras palabras, el D50 mide cuánto del habla original se mantiene claro y comprensible en un ambiente con reverberación. Un valor D50 más alto indica una mayor inteligibilidad del habla en ambientes con condiciones acústicas más favorables, mientras que un valor más bajo indica una menor inteligibilidad en ambientes con reverberación significativa.

Tabla 10.1. Valores promedios de las mediciones tomadas en las aulas

A.1	T20 [s]	2,12	2,21	2,16	2,04	1,96	1,62	2,02
	D50 [-]	0,43	0,25	0,28	0,28	0,28	0,35	0,31
A.2	T20 [s]	2,19	2,36	2,44	2,31	2,23	1,77	2,22
	D50 [-]	0,42	0,23	0,24	0,24	0,25	0,30	0,28
A.1+2	T20 [s]	2,23	2,25	2,28	2,20	2,12	1,82	2,15
	D50 [-]	0,39	0,24	0,22	0,24	0,27	0,33	0,28

Como se puede observar en la tabla 10.1, los tiempos de reverberación oscilan entre los 2,02 s y los 2,22 s, valores muy superiores a los recomendados de entre 0,4 s y 1 s para espacios dedicados al uso de la palabra. Asimismo, los valores del parámetro de la definición de la palabra hablada, D50, comprendidos entre 0,28 y 0,31 dB, están por debajo de los 0,50 dB recomendados. Estos valores elevados de tiempo de reverberación y los bajos valores de D50 indican una alta presencia de sonidos reverberantes

y reflejados, lo que dificulta significativamente la comprensión de la palabra hablada y afecta negativamente la calidad de la comunicación en ese entorno. El espacio, por tanto, necesitaba una intervención muy significativa de acondicionamiento acústico para cumplir con los estándares apropiados para su uso previsto.

Muestras de papel

En el nivel de ensayo, las muestras de papel realizadas revelaron la necesidad de avanzar en la mejora de las propiedades acústicas del material desarrollado, volviendo a obtener valores de absorción acústica similares a los correspondientes a una placa de yeso. Tales resultados eran previsibles, dado que en la realización de las muestras durante las horas de taller del curso se siguió con el procedimiento básico ya ensayado previamente, sin trabajar en la mejora del esponjamiento del propio material, dados los tiempos cortos de desarrollo de este. El objetivo del taller realizado con los alumnos era mostrarles precisamente la necesidad de una mejora y desarrollo del material propuesto, lo cual formaba parte de su ejercicio. Algunas de las propuestas enfocaban expresamente dicha mejora, como veremos más adelante.

10.3.2. Proyectos de alumnos

Los doce alumnos participantes en el taller tenían la opción de trabajar individualmente o en grupo para el desarrollo de sus propuestas, dejando clara la contribución específica de cada miembro del grupo al proyecto final si se optaba por el trabajo conjunto. Recibimos un total de seis propuestas, cuatro de ellas individuales y dos realizadas en grupo.

Se recogen a continuación las ideas básicas de cada una de las seis propuestas recibidas (figuras 10.16 a 10.21), que reflejan la diversidad de enfoques y perspectivas que los estudiantes aportaron a la resolución del problema planteado durante el taller:

- Instalación de paneles de absorción acústica fabricados con pulpa de papel en el perímetro de las aulas (figura 10.16) por dos razones: actuar en los puntos donde la absorción acústica es más eficaz y dejar la parte central del techo original visto. Adicionalmente, la perforación del panel propuesto juega con el patrón geométrico del suelo existente.

- Generación de un sistema de paneles colgados (figura 10.17), fabricados con pulpa de papel, con la posibilidad de controlar la inclinación de estos en función del uso del aula.
- Instalación de varias islas formadas por paneles acústicos descolgados (figura 10.18), dejando el techo original parcialmente visto y cuyo diseño juega con el patrón geométrico del suelo existente.
- Doble propuesta (figura 10.19): una actuación sobre el techo, cuya distribución geométrica está basada en el módulo del te-

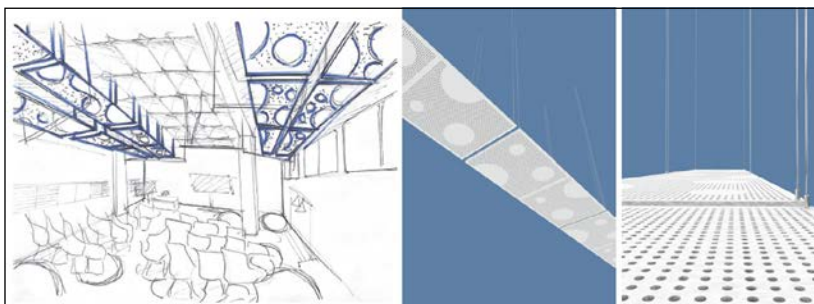


Figura 10.16. Propuesta de Carlo Douglas Haber (Politécnico de Milán).

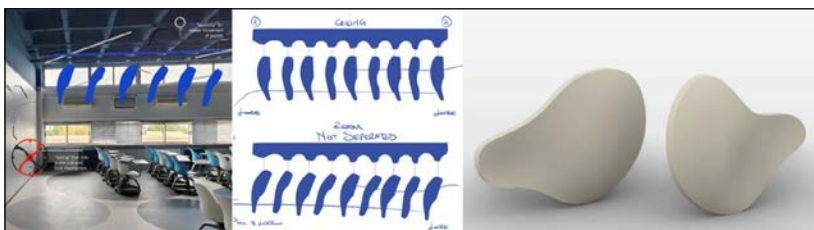


Figura 10.17. Propuesta de Ecem Peçin (Universidad Politécnica de Estambul).



Figura 10.18. Propuesta de Esra Tünç y Ezel Biton (Universidad Politécnica de Estambul).

cho existente, dejando las bovedillas originales parcialmente vistas; un sistema de particiones móviles, que responden a la necesidad del uso ocasional del aula como espacio de trabajo por grupos que sirven a los dos propósitos de divisores y absorbentes acústicos.

- Fabricación de un panel con pulpa de papel (figura 10.20) para la mejora de la absorción acústica.
- Creación de familia de paneles descolgados (figura 10.21), fabricados a partir de pulpa de papel.

Es importante destacar el alto nivel de implicación, interpretación y proposición de todos los trabajos recibidos, así como la capacidad de los alumnos de generar ideas orientadas a la reso-

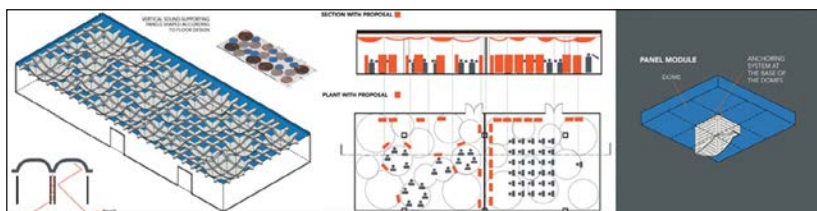


Figura 10.19. Propuesta de Jasmine Dawoud (Politécnico de Milán).

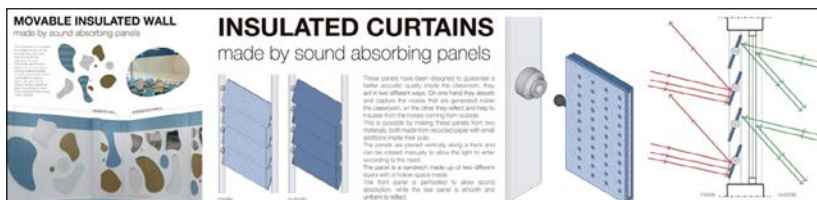


Figura 10.20. Propuesta de Giulia Bonelli (Politécnico de Milán), Linda Budinská (Universidad Politécnica Checa), Muhammet Er (Universidad Politécnica de Estambul) y Silvia Balconi (Politécnico de Milán).

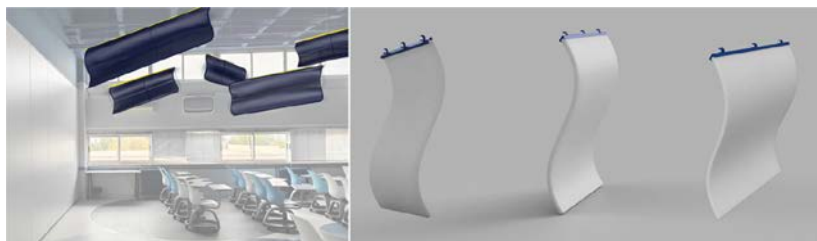


Figura 10.21. Propuesta de Nil Naren Yıldırım (Universidad Politécnica de Estambul).

lución de un problema real, buscando a la vez una propuesta creativa e innovadora. Cualquiera de ellas podría haberse considerado para su implementación real, de modo que se han evaluado meticulosamente los criterios en su conjunto para determinar la solución más sólida y efectiva que mejor se adapte a nuestras necesidades del proyecto propuesto.

10.3.3. Implementación real en curso

La realización del curso descrito estuvo orientada desde un principio a su implementación real, trabajando en la idea de fomentar la experiencia de un ejercicio docente para dar soluciones a un espacio para la docencia. De las seis propuestas recibidas, la de las alumnas Esra Tünç y Ezel Biton de la Universidad Politécnica de Estambul (ITU, İstanbul Teknik Üniversitesi), mostrada en la figura 10.18, fue la mejor valorada en su capacidad de aunar soluciones de diseño estéticamente atractivas y de considerar propuestas técnicamente simples y fáciles de implementar. Asimismo, se prestaba con facilidad al desarrollo de un panel de papel reciclado mejorado acústicamente, lo que nos hizo plantear la necesidad de valorar la posible mejora acústica con la aplicación de dicha propuesta. La manera más fácil de realizar tal valoración era considerar la aplicación de productos comerciales, por lo que se pidieron valoraciones a las dos empresas involucradas en el curso: Ecophon y Ecocero.

Comenzamos por elaborar unos dibujos técnicos del proyecto presentado para poder cuantificar el material necesario, a partir de los cuales ambas empresas dieron su valoración de la mejora acústica que se podía conseguir con sus productos. Ambos estudios apuntan a la reducción considerable de los tiempos de reverberación para conseguir valores de entre 0,6 s y 0,9 s, con una cubrición de aproximadamente el 75 % del techo. Tales resultados muestran finalmente la viabilidad de la realización del proyecto propuesto por las alumnas, respondiendo también al requisito inicial de dejar el techo existente visto. Dado que la propuesta se basa en el descuelgue de unos paneles verticales desde el techo, formando islas circulares intercaladas, se produce una transparencia visual hacia el techo existente, que cambia a medida que nos desplazamos en el espacio.

En este momento se está considerando la posibilidad de actuar en una de las dos salas con un producto de mercado, dejando la segunda para una intervención posterior, una vez se haya podido trabajar en la mejora del panel acústico elaborado a base de papel reciclado del campus de la universidad. De esta manera, el proyecto cumpliría el doble objetivo de haber sido desarrollado a partir de una serie de actividades docentes, y también ofrecer la posibilidad de poder comparar los resultados obtenidos con mediciones reales en ambas aulas tras las dos intervenciones.

10.4. Lecciones aprendidas: el aprendizaje basado en proyectos como estrategia de innovación educativa

La experiencia recogida en este capítulo es un ejemplo de la aplicación de estrategias de la innovación educativa, fomentando el aprendizaje basado en proyectos, donde a los estudiantes se les presenta un desafío del mundo real y tienen que trabajar colaborativamente para desarrollar una solución. Este método ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades para la resolución de problemas, así como habilidades de comunicación y de trabajo en equipo. Se les presenta un desafío que les exige pensar críticamente sobre posibles soluciones. Deben analizar información, realizar conexiones y evaluar datos de distinta naturaleza para llegar a una conclusión bien argumentada. También tienen que utilizar un enfoque sistemático para identificar problemas, desarrollar soluciones y probar su eficacia. El trabajo en equipo en las primeras fases de toma de datos y realización de talleres requiere que los estudiantes desarrollen fuertes habilidades colaborativas.

Como una forma de reforzar el aprendizaje, hemos usado también estrategias de enseñanza retroactiva, lo que ha requerido que los estudiantes participaran activamente y pensarán de manera crítica sobre cómo comunicar sus ideas a los demás. Tenían que comunicarse de manera efectiva, compartir ideas y trabajar juntos para lograr un objetivo común. También se les ha alentado a ser innovadores y creativos en la resolución de pro-

blemas y tenían que pensar de manera innovadora, explorar nuevas ideas y desarrollar soluciones únicas.

10.5. Claves para la transferencia: factores importantes para la implementación de proyectos de innovación educativa

Por su enfoque práctico, su ámbito multidisciplinar, la colaboración activa de los alumnos y profesionales implicados a lo largo de todas las fases, así como por el aliento a la creatividad y a la búsqueda de soluciones innovadoras y únicas, esta experiencia ofrece algunas claves importantes para la transferencia de conocimiento y la implementación de proyectos de innovación educativa:

- La importancia de la colaboración activa y la participación de los estudiantes en la generación de soluciones creativas fomenta un sentido de compromiso en el proceso educativo.
- El enfoque multidisciplinar y la integración de teoría y práctica estimulan y enriquecen el proceso de aprendizaje y la creatividad.
- La participación de expertos externos en el proceso de formación y evaluación valida la viabilidad de las soluciones propuestas y subraya la importancia de la colaboración entre el ámbito académico y la industria.
- La planificación de intervenciones escalonadas ayuda a reforzar un enfoque pragmático y evolutivo, orientado en la mejora continua.

En definitiva, como caso particular de estudio, no solo describe una experiencia docente enriquecedora desde la docencia para la docencia, sino que también ilustra cómo la innovación educativa puede ser un motor para el desarrollo de soluciones prácticas y sostenibles.

Apoyos

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a la financiación por parte de distintas plataformas educativas:

- Comunidad EELISA CRC: financiación para la obtención de material de laboratorio y becas de colaboración para la realización de tareas específicas.
- Taller ciudadano EXPERIMENTA MATES 2022: financiación para la participación en las jornadas celebradas entre el 2 y el 5 de noviembre de 2022, organizado por la Comunidad EELISA SSERIES.
- Programa ATHENS marzo 2023: financiación para la participación de alumnos durante los cinco días de la sesión de primavera 2023.

Referencias

- Dileep, A., Lal, A., Jamal, J. y Abdulla Kunju, A. (2021). An experimental study on papercrete bricks manufactured using Paper Pulp, Lime and Fly Ash. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 10 (06), 968-974. https://www.academia.edu/50011318/IJERT_An_Experimental_Study_on_Papercrete_Bricks_Manufactured_using_Paper_Pulp_Lime_and_Fly_Ash
- Kozminska, U. (2019). Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies. *IOP Conference Series: Earth Environ. Sci.*, 225, 012033. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012033>
- Majadas Matesanz, C. (2019). *Gestión del papel y cartón en la ETSAM: propuesta para una economía circular* (proyecto fin de carrera/trabajo fin de grado). ETS. Arquitectura (UPM). <https://oa.upm.es/view/institution/Arquitectura/>
- Ryńska, E. D. (2020). Design workshops and the circular economy. *Global Journal of Engineering Education*, 22 (1), 32-39. <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol22no1/05-Rynska-E.pdf>
- Serrano Gámir, G. (2022). *Regeneración de papel para la fabricación de paneles acústicos* (proyecto fin de carrera/trabajo fin de grado). ETS Arquitectura (UPM). <https://oa.upm.es/view/institution/Arquitectura/>

- Statista Search Department (2023). *Paper consumption worldwide from 2021 to 2032*. <https://www.statista.com/statistics/1089078/demand-paper-globally-until-2030/#:~:text=the%20global%20consumption%20of%20paper,476%20million%20tons%20by%202032>.
- Worrel, E., Allwood, J. y Gutowski, T. (2016) The role of material efficiency in environmental stewardship. *Annual Review of Environmental Resources*, 41, 575-598. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-110615-085737>

Autoría

M.^a Cristina Núñez-del-Río. Doctora en Ciencias de la Educación y profesora titular en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Politécnica de Madrid. Subdirectora del ICE de la UPM. Lidera el Grupo de investigación ForPROFE. Sus líneas de investigación se centran en la orientación educativa y la atención a la diversidad. Autora de más de 30 artículos en revistas, libros y capítulos de libros nacionales e internacionales. Ha sido orientadora durante más de 15 años en un centro de educación especial. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3349-8015>

Márcia Bündchen. Doctora en Ecología y Conservación y profesora en el Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil (IFRS) y directora de Enseñanza del IFRS, campus Porto Alegre (gestión 2020-2024). Su principal línea de investigación es la botánica aplicada centrada en el aprendizaje de biología y ciencias. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3878-9687>

Kelly Geronazzo Martins. Doctora en Ingeniería Forestal. Líder adjunta del Grupo de estudio: Biogeoquímica de los Bosques Tropicales. Actualmente es vicecoordinadora del Programa de Posgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidade Estadual do Meio Oeste do Paraná, Brasil, donde es profesora desde 2011. Sus líneas de investigación son: ecología aplicada y

modelado de datos ambientales. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-0447-4444>

Arturo Caravantes Redondo. Ingeniero industrial y doctor en Control de Procesos e Inteligencia Artificial. Profesor en el Instituto de Educación Ciencias de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) desde 1998. Ha desarrollado su docencia en la formación del profesorado en tecnologías educativas y en robótica educativa. Su investigación se centra en el desarrollo y uso de las tecnologías, algoritmos inteligentes, representación del conocimiento y arquitecturas cognitivas para la automatización de procesos aplicados a la educación. ORCID: <http://orcid/0000-0002-0493-1019>

Begoña Galián Nicolás. Profesora ayudante doctora en el Instituto de Ciencias de la Educación en la Universidad Politécnica de Madrid, doctora en Educación, graduada en Pedagogía, máster en Investigación, Evaluación y Calidad en Educación de la Universidad de Murcia. Miembro en los grupos de investigación ForPROFE y Compartimos Educación, participando en dos proyectos I+D+i. Entre sus líneas de investigación prioritarias destacan las competencias docentes, la igualdad de género, la evaluación educativa y las relaciones familia-centro educativo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4114-1884>

José Luis Martín-Núñez. Doctor ingeniero de Telecomunicación y profesor contratado doctor en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Director del ICE de la UPM y coordinador del Grupo de innovación EduCyT para la Formación del Profesorado en Ciencia y Tecnología. Sus líneas de investigación están orientadas a las tecnologías educativas y la formación del profesorado. Autor de más de 10 artículos en revistas de impacto y más de 30 congresos nacionales e internacionales. Ha sido editor en revistas JCR. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4102-6069>

Ana Jiménez-Rivero. Profesora en el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Miembro del Grupo de Investigación ForPROFE. Investigadora UPM desde 2012. Doctora con mención internacional por la UPM y premio extraordinario de doctorado. Experta en escritura académica.

mica para investigadores por la Universidad de Salamanca. Coordinadora del proyecto de innovación educativa «Reescribe-T. Aprendizaje basado en retos para la mejora de la competencia de comunicación escrita en el trabajo fin de máster» (IE23.9101). Profesora de cursos de redacción de artículos científicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4013-2334>

Alexandra Míguez-Souto. Física y doctoranda en Educación Digital e Innovación. Profesora ayudante en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Politécnica de Madrid desde 2022. Miembro del Grupo de Investigación ForProfe y del Grupo de Innovación Educativa EduCyT. Sus líneas de investigación se centran en la implantación de metodologías activas en el aula de educación secundaria y los procesos de evaluación compartida asistidos por tecnologías digitales. Ha sido profesora durante 17 años en centros de educación secundaria. Editora de libros de texto y autora de materiales para diferentes niveles educativos en el área de Matemáticas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9315-9189>

Sagrario Lantarón Sánchez. Doctora ingeniera industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, siendo docente en la UPM desde 1998. Es investigadora en varias ramas, una de ellas la educativa. Forma parte del Grupo de Innovación Educativa de la UPM Pensamiento Matemático, con el que se han obtenido varios premios debido a la intensa actividad de innovación educativa generada. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6616-3641>

Mariló López González. Doctora en Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid y profesora titular de la UPM. Coordina el Grupo de Innovación Educativa de la UPM Pensamiento Matemático y es directora del Aula Taller Museo de las Matemáticas π -ensa de la UPM, un espacio dedicado al acercamiento de las matemáticas a todo tipo de público. Ha recibido diferentes premios relacionados con la innovación educativa y la divulgación matemática. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9974-7918>

Sandro Andrés Martínez. Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la UPM. Ha impartido docencia en materias de

hidráulica. Ha participado en cuatro proyectos de innovación educativa y dos proyectos de aprendizaje-servicio. Estos están enfocados sobre el aprendizaje basado en retos, en el que los estudiantes deben resolver problemas reales y adquirir destrezas a la vez que sus resultados se convierten en bienes tangibles al servicio de la comunidad. Realizó el Curso de Formación Inicial para la Docencia Universitaria con Módulo Prácticum y Kit de supervivencia para docentes de primeros cursos del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPM. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0234-067X>

Rubén Muñoz Pavón. Profesor ayudante del Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, donde imparte entre otras asignaturas como Organización de Obras y Metodologías BIM para la Construcción Inteligente. Ha sido además cofundador de la Start-up BIM-Data. Ha sido coordinador de dos proyectos de innovación educativa y ha participado como integrante en otros cuatro, entre los que destaca el uso de nuevas tecnologías digitales como el metaverso, la gamificación o la automatización. Realizó el Curso de Formación Inicial para la Docencia Universitaria con Módulo Prácticum para Docentes de primeros cursos del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPM. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3507-9727>

Marcos García Alberti. Doctor Ingeniero de Caminos en el Departamento de Ingeniería Civil: Construcción de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), donde imparte TFG, TFM, Organización de Obras, Metodologías BIM de Proyecto para la Construcción Inteligente y Hormigones Especiales. Ha dirigido más de 50 trabajos fin de estudios y ha participado en más de 20 proyectos de innovación educativa y 9 de aprendizaje-servicio. Es profesor de tres MOOC, trabajando en el aula activamente sobre el fomento de vocaciones STEM, automatización, aula invertida, gamificación y el uso de nuevas tecnologías como videojuegos o el metaverso. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7276-8030>

Juan Carlos Mosquera Feijoo. Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la UPM, y profesor del área de Medios

Continuos y Teoría de Estructuras en la ETSI Caminos, Canales y Puertos. Ha participado en 12 proyectos de innovación educativa y cuatro proyectos de aprendizaje servicio. Tutela proyectos de fin de titulación en la modalidad de cooperación al desarrollo. En su docencia aplica medios digitales, modelos de aula invertida y de aprendizaje basado en retos con el fin de impulsar en el alumnado el pensamiento crítico y que se sitúe en el centro de sus aprendizajes. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-2176>

Andrés Díaz Lantada. Ingeniero industrial (2005) y doctor en Ingeniería Mecánica y Fabricación (2009). Profesor titular de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en el Departamento de Ingeniería Mecánica. Dirige el Laboratorio de Desarrollo de Productos de dicha universidad y es miembro fundador y actual coordinador del Grupo de Innovación Educativa UPM para la Docencia Innovadora de Máquinas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0358-9186>

Iciar Pablo-Lerchundi. Doctora en Psicología Social por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y profesora contratada doctora en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Secretaria académica del ICE de la UPM desde 2021, miembro del Grupo de Investigación ForProfe y del Grupo de Innovación Educativa EduCyT. Sus líneas de investigación se centran en la formación del profesorado, las competencias docentes, el impacto de estrategias metodológicas activas y la gestión emocional del profesorado. Autora de artículos en revistas indexadas en JCR y SJR y de comunicaciones a congresos del área educativa. ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2980-673X>

Maria Yarosh. Doctora en Educación por la Universidad de Deusto, trabaja actualmente como investigadora en la Rijksuniversiteit Groningen, Países Bajos. Como miembro del equipo de la International Tuning Academy desde 2013, primero en España y luego en Países Bajos, coordina y participa activamente en proyectos internacionales enfocados en promover la mejora de la enseñanza universitaria y la implantación de una educación superior centrada en estudiantes. Sus líneas de investigación se

orientan a la búsqueda de enfoques efectivos para estipular la formación continua de docentes universitarios, así como el desarrollo de competencias genéricas clave (p. ej., competencia intercultural o capacidad de aprendizaje autónomo). ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5471-4282>

Susana Sastre-Merino. Doctora ingeniera y profesora contratada doctora en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Su docencia principal se centra en la formación del profesorado. Pertenece al Grupo de Investigación ForPROFE y al Grupo de Innovación Educativa EduCyT. Sus líneas de investigación se orientan al desarrollo y evaluación de competencias transversales y la educación para el desarrollo sostenible. Autora de más de 15 artículos en revistas de impacto y más de 30 congresos nacionales e internacionales. Actualmente coordina en la UPM el proyecto Erasmus+ EUthMappers y el proyecto Clim-Acción: «Alianza educativa para la acción climática en centros escolares» (Fundación Montemadrid and itdUPM). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9511-3793>

Miguel Marchamalo Sacristán. Profesor titular en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid y miembro de la comunidad UPM-Water. Sus líneas de investigación se relacionan con la geomática y la restauración hidrológica, y colabora de forma estable con redes de investigación internacionales en América Central, Reino Unido, Portugal y Brasil. Socio fundador de empresas de base tecnológica Ecohidráulica (2005-) y Detektia Earth Surface Monitoring (2019-). Miembro fundador del Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (itdUPM) y, desde 2018, director de Educación del Nodo de EIT Climate KIC-UPM. Coordinador de proyectos de acción climática y educación, como Young Innovators 2020, Climate Innovation Leadership 2021 y Vegetarting Schools 2021. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9237-4146>

Jana Michalková, PhD. Investigadora en el Departamento de Geografía y Geoinformática Aplicada. Sus principales intereses de investigación abarcan la geografía y el desarrollo regional, los

enfoques de código abierto y los sistemas de información geográfica (SIG) con un enfoque en las tecnologías SIG de código abierto. Es embajadora del grupo QGIS de usuarios eslovacos. Es coorganizadora de Missing Maps Mapathons en Eslovaquia para mapear regiones vulnerables y apoyar a organizaciones humanitarias. Ha establecido el primer capítulo eslovaco de jóvenes mapeadores: UNIPO Mappers. Además, es codirectora del equipo de la Universidad de Prešov para el proyecto Erasmus+ EUth-Mappers. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9302-9109>

Miloslav Michalko, PhD. Investigador universitario y consultor de datos geoespaciales con especialización en herramientas cartográficas abiertas y uso de GIS y OpenStreetMap en el desarrollo regional. En la Universidad de Prešov, se dedica a desarrollar actividades de SIG comunitarias con énfasis en la planificación estratégica regional y la política regional, utilizando herramientas como Mapathons, Community Field Mapping y otras para generar datos espaciales abiertos de alta calidad. Además, como consultor del Banco Mundial desde 2021, participa activamente en el proyecto Catching-Up Regions de la Comisión Europea, donde contribuye a implementar la infraestructura de datos espaciales y la conciencia de datos abiertos para las administraciones regionales de Eslovaquia. También es el coordinador del equipo del proyecto Erasmus+ EUthMappers de la Universidad de Prešov. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2537-0297>

David Sanz Arauz. Geólogo, máster en Restauración Arquitectónica y doctor por la UPM (2009). Profesor de la ETS de Arquitectura, donde imparte Materiales de Construcción y Caracterización y Análisis de Materiales Históricos. Su campo de especialidad consiste en la recuperación y renovación de los materiales existentes para futuras aplicaciones en arquitectura. Es coordinador de la comunidad educativa «The Regenerative Campus», del proyecto de universidades europeas EELISA y secretario del Grupo de Investigación Análisis e Intervención en Patrimonio Arquitectónico. Ha coordinado varios cursos MOOC y ha dirigido proyectos de innovación educativa a través de la interdisciplinariedad y el aprendizaje por retos en contacto con la sociedad civil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5289-3267>

Nadia Vasileva. Arquitecta por la ETS de Arquitectura de Madrid (2009), máster (2011) y doctorado (2017) en Proyectos Arquitectónicos Avanzados por la misma escuela. Premio extraordinario de doctorado (2019). Investigadora visitante en la Universidad de Waseda (Tokio). Compagina su trabajo como arquitecta con docencia, así como con trabajos en los campos del diseño, la fotografía y la traducción especializada. Sus intereses de investigación se centran en el estudio de las manifestaciones idiosincrásicas culturales aplicadas al hábitat doméstico y en el estudio de la aplicación de materiales en el ámbito arquitectónico.

Índice

Prólogo.....	9
1. Reconocer la diversidad en la práctica pedagógica: camino hacia la mejora de la calidad educativa	11
1.1. Punto de inicio: ¿cómo se atiende la diversidad en la educación superior?	12
1.2. Camino al andar: valorando al profesorado en ejercicio en relación con la atención a la diversidad	13
1.3. Hitos alcanzados: ¿qué diferencia al docente adaptativo? ..	15
1.4. Lecciones aprendidas: ¿cómo ser docente adaptativo? ..	18
1.5. Claves para la transferencia: elementos básicos para atender la diversidad	20
1.5.1. Sensibilización	21
1.5.2. Formación específica y continua	22
1.5.3. Recursos diferenciados	23
1.5.4. Retroalimentación	23
Apoyos	24
Referencias	25
2. Desarrollo de competencias docentes en el diseño de entornos virtuales de aprendizaje	29
2.1. Punto de inicio: la competencia digital docente en la formación de profesorado de secundaria	29
2.2. Camino al andar: aprendemos haciendo	33
2.3. Hitos alcanzados: conocer los resultados para orientar hacia la mejora	39

2.3.1. Resultados de planificación	39
2.3.2. Resultados de implementación	39
2.3.3. Resultados de información	39
2.3.4. Resultados de navegación	41
2.3.5. Resultados de desarrollo del curso.	43
2.4. Lecciones aprendidas: las características de los EVA impactan en la percepción del usuario	44
2.5. Claves para la transferencia: directrices para la mejora del diseño los EVA	47
Apoyos	49
Referencias	50
3. Personalización del aprendizaje en la enseñanza de la tecnología a través de proyectos de aprendizaje- servicio.	53
3.1. Punto de inicio: complejidad de la enseñanza de la tecnología	54
3.2. Camino al andar: experiencia de ApS en la enseñanza de Programación	57
3.2.1. Participantes	58
3.2.2. Instrumentos y procedimiento.	59
3.3. Hitos alcanzados: ¿mejora el ApS la motivación de los estudiantes?	59
3.4. Lecciones aprendidas: retos del ApS.	61
3.5. Claves para la transferencia: luces y sombras de la experiencia de ApS	63
3.6. Conclusiones	65
Apoyos	65
Referencias	65
4. Desarrollar la competencia de comunicación escrita a través del aprendizaje basado en retos y la evaluación formativa.	67
4.1. Punto de inicio: la complementariedad del ABR y la evaluación formativa para desarrollar la competencia de comunicación escrita.	68
4.2. Camino al andar: la experiencia didáctica Reescribe-T, paso a paso	70
4.2.1. El diseño del ABR. Estructura	72
4.2.2. La evaluación formativa. Instrumentos	72

4.3. Hitos alcanzados: progresos en el desarrollo de la competencia de comunicación escrita	76
4.4. Lecciones aprendidas: cuestión de tiempos	80
4.4.1. Momento de implementación de la experiencia para la motivación de los estudiantes	80
4.4.2. Tiempos de dedicación del profesor para atender a un mayor número de estudiantes	81
4.4.3. Limitaciones del estudio	82
4.5. Claves para la transferencia: la experiencia Reescribe-T como base para el desarrollo de otras competencias clave	83
Apoyos	84
Referencias	84
5. Aprender matemáticas ayudando a aprender	87
5.1. Punto de inicio: el Museo π -ensa de la UPM como núcleo de actividad	87
5.2. Camino al andar: acciones y participación de estudiantes universitarios.	91
5.2.1. Los juegos manipulativos.	92
5.2.2. Ejemplos de juegos de lógica manipulativos	94
<i>Desafío 3D</i>	94
<i>Triángulo 23</i>	96
<i>Cierra la caja.</i>	97
5.2.3. Concursos	98
5.2.4. Otras actividades	100
5.3. Hitos alcanzados: aprender matemáticas ayudando a aprender.	101
5.4. Lecciones aprendidas: aprendizaje activo y participativo.	104
5.5. Claves para la transferencia: mentorías y aprendizaje manipulativo	105
Apoyos	106
Referencias	106
6. Retos y experiencias de aprendizaje-servicio aplicado a soluciones de bajo coste para la construcción de viviendas en zonas sísmicas	109
6.1. Punto de inicio: las misiones de la universidad, su compromiso social y el ApS.	110
6.2. Camino al andar: alianzas, sinergias, proyectos y destinatarios.	113
6.2.1. Diagnóstico y planificación	114

6.2.2. Ejecución del proyecto	115
6.2.3. Cierre y evaluación de los proyectos	117
6.3. Hitos alcanzados: proyectos constructivos solidarios y cambios	117
6.3.1. Realizaciones	118
6.3.2. Impacto sobre el alumnado	121
6.4. Lecciones aprendidas: misión social de la universidad, sentido de ciudadanía y corresponsabilidad para enfrentar retos globales	123
6.5. Claves para la transferencia: insertar el ApS en los planes de estudio	124
Apoyos	126
Referencias	126
7. Diseño e implementación de experiencias de aprendizaje basado en proyectos exitosas: una metodología educativa para ingeniería con infinitas posibilidades.	129
7.1. Punto de inicio: ¿qué esperar del ABP?	130
7.2. Camino al andar: experiencias de aprendizaje basado en proyectos en ingeniería	132
7.3. Hitos alcanzados: solidez de la formación a través del ABP	136
7.4. Lecciones aprendidas: claves para desarrollar proyectos para la sociedad 5.0	141
7.5. Claves para transferencia: cómo incorporar el ABP a las ingenierías	145
Apoyos	147
Referencias	147
8. Empoderar al alumnado para su transición de la educación secundaria a la universidad	151
8.1. Punto de inicio: concienciando al profesorado	151
8.2. Camino al andar: los retos del alumnado	154
8.3. Hitos alcanzados: recursos para despertar conciencias	157
8.4. Lecciones aprendidas: responsabilizarse del impacto docente sobre la transición	162
8.5. Claves para la transferencia: un kit de concienciación diverso	163
Apoyos	165
Referencias	165

9. Geovoluntariado para el aprendizaje: mapeo abierto y colaborativo para promover el compromiso ambiental y social	171
9.1. Punto de inicio: geovoluntariado para un aprendizaje comprometido social y ambientalmente en educación superior	172
9.2. Camino al andar: experiencias de geovoluntariado en educación superior.	176
9.2.1. Herramientas para proyectos de aprendizaje de geo-voluntariado	179
Mapeo en línea en OpenStreetMap	179
Mapatones	180
Mapeo en campo	181
Organización del grupo y selección de los retos	182
Herramientas para la evaluación	182
9.3. Hitos alcanzados: impacto en el aprendizaje del estudiantado, la oferta educativa y la sociedad	182
9.3.1. Impacto en el aprendizaje y en la oferta educativa	182
9.3.2. Impacto en la sociedad: transferencia de la universidad a centros de educación secundaria	184
9.4. Lecciones aprendidas: fortalezas, debilidades y condicionantes para incorporar el geovoluntariado en educación.	186
9.5. Claves para la transferencia: propuesta de fases para la integración del geovoluntariado en la educación media y superior.	186
Apoyos	189
Referencias	189
10. Innovación educativa y desarrollo sostenible: el uso de papel reciclado para el desarrollo de nuevos materiales. El caso de la comunidad EELISA «El campus circular y regenerativo» en el proyecto de la mejora acústica de dos aulas del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)	193
10.1. Punto de inicio: el reto del estudio de los materiales circulares en el campus universitario	194
10.1.1. Reciclaje de papel y cartón. Estado de la cuestión	195

10.1.2. Taller de nuevos materiales basados en celulosa en la ETS de Arquitectura	196
10.1.3. Taller «Ciudadano experimenta mates»	198
10.1.4. Programa ATHENS marzo 2023: diseño acústico con papel reciclado	199
10.2. Camino al andar: un caso real, materiales circulares del campus para el campus	200
10.3. Hitos alcanzados: valoración del ejercicio como caso de estudio real de espacio para la docencia	205
10.3.1. Resultados preliminares de los ensayos	205
Mediciones acústicas	205
Muestras de papel	207
10.3.2. Proyectos de alumnos	207
10.3.3. Implementación real en curso	210
10.4. Lecciones aprendidas: el aprendizaje basado en proyectos como estrategia de innovación educativa	211
10.5. Claves para la transferencia: factores importantes para la implementación de proyectos de innovación educativa	212
Apoyos	213
Referencias	213
Autoría	215

¡Aún no es tarde! Juntos hacia el aprendizaje

10 experiencias en educación superior y claves para su transferencia

Ser docente en educación superior es una profesión exigente. El ritmo vertiginoso de los cambios en nuestra sociedad exige responder con acierto y rapidez a las necesidades formativas de la ciudadanía que ha de integrarse en el mundo laboral del siglo XXI. Es preciso concebir, diseñar e impartir buenas propuestas formativas, que consideren e integren las demandas y características que definen el contexto actual y a su vez puedan ser proyectadas en el futuro; formar verdaderas comunidades de aprendizaje, con verdadero compromiso ciudadano y social, en los que cada estudiante desarrolle sus capacidades de comprensión de los nuevos conceptos con espíritu crítico y aplicación al entorno real.

Docentes de la Universidad Politécnica de Madrid, en colaboración con profesorado internacional, comparten reflexiones y experiencias en torno a la cuestión de cómo promover el aprendizaje del alumnado de educación superior, en su mayoría de Ingeniería, impulsando su rol protagonista en el proceso. El resultado muestra diferentes ejemplos reales de acciones educativas específicas, con impacto en la mejora de la calidad educativa (ODS 4).

José Luis Martín Núñez y **M.^a Cristina Núñez del Río** comparten pasión y compromiso con la formación para la docencia. En 2019 nace el grupo de investigación para la Formación del Profesorado de Ciencia y Tecnología [ForProfe], liderado por Cristina, y recientemente consolidado. José Luis coordina el Grupo de Innovación Educativa en Docencia de Ciencia y Tecnología [EduCyT] desde 2021. Como director y subdirectora del ICE de la UPM, lugar de encuentro de profesorado de educación superior inquieto y entregado, han liderado la publicación de este conjunto de propuestas.