



LIBRO DE ENSEÑANZA BASADA EN EL ENFOQUE DE DISEÑO



CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO DIDÁCTICO BASADO EN EL DISEÑO EN LOS PROGRAMAS EUROPEOS DE FORMACIÓN DOCENTE*



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project, "Progression and Pedagogy of Design (P2D): Contextualizing Design based Pedagogy in Teacher Education Program" (Project Number: 2020-1-TR01-KA203-094180), has received funding from the European Commission within Erasmus+ programme. The European Commission does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

LIBRO DE ENSEÑANZA BASADA EN EL ENFOQUE DE DISEÑO

CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO DIDÁCTICO BASADO EN EL DISEÑO EN LOS PROGRAMAS EUROPEOS DE FORMACIÓN DOCENTE*

Editor: Ibrahim DELEN

2021

*Este proyecto, "Progression and Pedagogy of Design (P2D): Contextualizing Design based Pedagogy in Teacher Education Programs" (Erasmus+ Program Strategic Partnership Project No: 2020-1-TR01-KA203-094180) ha recibido financiación de la Comisión Europea dentro del programa Erasmus+. La Comisión Europea no constituye una aprobación del contenido que refleja únicamente los puntos de vista de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en el mismo.

PREFACIO

¿Qué puede encontrar en el libro sobre la pedagogía basada en el diseño?

El proyecto P2D, *Progresión y pedagogía del diseño (P2D): contextualización de la pedagogía basada en el diseño en los programas de formación del profesorado*, es un proyecto de 30 meses concedido por el programa Erasmus+ de la Comisión Europea (Award# 2020-1-TR01-KA203-094180). Este proyecto está basado en un nuevo marco conceptual denominado Conocimiento Pedagógico del Contenido basado en el Diseño (CPCBD); que surgió tras cuatro años de investigación en los que se buscaron estrategias para fomentar la pedagogía basada en el diseño en el contexto de la formación del profesorado (Delen et al., 2020). La idea detrás del CPCBD es la creación de un marco coherente que se pueda implementar en otras universidades y aulas. En primer lugar, me gustaría agradecer a todos/as mis compañeros/as por su participación en las numerosas sesiones del proyecto de Erasmus+ (Award # 2017-1-DE03- KA201-035669) sobre Promoción de la Coherencia Institucional a través de la Educación Científica del Profesorado (PCIECP), ya que contribuyeron en la conformación de las ideas sobre el CPCBD. A continuación, me gustaría agradecer a mis compañeros del proyecto P2D por sus investigaciones sobre el modo de implementación del nuevo marco conceptual en cuatro universidades y países diferentes.

Este libro le ofrecerá unas pautas básicas y detalladas sobre la necesidad de transformar las perspectivas actuales y centrarlas en la formación del profesorado. Todos los capítulos analizarán la importancia de la pedagogía basada en el diseño en la formación del profesorado. Para ello, en el Capítulo 1 se describirá de manera general la pedagogía en base a la bibliografía sobre la educación del diseño y se explicará la relación del concepto CPCBD con el corpus bibliográfico existente. Los siguientes capítulos están estrechamente relacionados con el marco conceptual CPCBD (véase Figura 1), que se basa, principalmente, en situar los retos de diseño y los productos en un primer plano.



Figura 1. Marco conceptual del CPCBD

Los siguientes capítulos le proporcionarán unas pautas para planificar la implementación de la pedagogía basada en el diseño en cuatro universidades diferentes. El último capítulo, es decir, el Capítulo 6, concluye con un resumen del marco de actividades P2D y unas ideas iniciales para la evaluación. En el curso académico 2021-2022, los ejemplos presentados en este libro se implementarán en cuatro países diferentes y en programas de formación del profesorado por toda Europa. Este libro ofrecerá una base para las actividades de los proyectos; y el curso siguiente, los colaboradores de los proyectos trabajarán en el uso de la pedagogía del diseño entre diferentes países y programas de formación del profesorado. Las actividades expuestas del Capítulo 2 al Capítulo 4 serán evaluadas (el apartado 4 de dichos capítulos incluye tales actividades). En el Capítulo 5, se expone la creación de nuevas actividades y herramientas de evaluación durante estas implementaciones. En base a dichos resultados, se revisará el Capítulo 6. La segunda edición del libro también incluirá diferentes estudios de caso que abordan la implementación de la pedagogía basada en el diseño en cuatro países distintos

CONTENIDO

PREFACIO	3
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLA	8
CAPÍTULO 1	10
Profundizando en el diseño y en la pedagogía dentro de la formación del profesorado: entendiendo la brecha.....	10
1.1. Introducción: definiciones de la pedagogía basada en el diseño y del CPCBD 10	
1.2. Discusión. Perspectiva general de los estudios de pedagogía y diseño.....	13
CAPÍTULO 2.....	17
Retos en el diseño en estudios europeos	17
y.....	17
El proceso de planificación del diseño en la Universidad de Dokuz Eylul.....	17
2.1. Perspectiva general de los retos de diseño en Europa.....	17
2.1.1. Objetivos de aprendizaje y organización del diseño.....	20
2.1.2. Enfoque de la pedagogía basada en el diseño	20
2.1.3. Tipo de tarea.....	20
2.1.4. Duración.....	21
2.1.5. Múltiples perspectivas (MP).....	21
2.1.6. Voz crítica (VC).....	21
2.1.7. Razonamiento basado en la evidencia y pensamiento interdisciplinar	21
2.1.8. La función del alumnado.....	22
2.1.9. La función del profesorado.....	22
2.1.10. La función del personal académico	22

2.1.11. Proceso de evaluación.....	22
CAPÍTULO 3.....	30
El diseño de productos en estudios europeos	30
y.....	30
El proceso de planificación de diseños en la Universidad Tecnológica de Eindhoven (TU/e).....	30
3.1. Contextualización del diseño de productos en Europa	30
3.2. Un curso interdisciplinar de formación del profesorado - «Diseñando educación STEM».....	33
3.2.1. Análisis del curso interdisciplinar de formación al profesorado empleando las competencias del pensamiento crítico ¹	33
3.2.2. Objetivos de aprendizaje y planificación del diseño.....	34
3.2.3. Enfouque pedagógico basado en el diseño	34
3.2.4. Tipo de tarea.....	35
3.2.5. Duración.....	35
3.2.6. Perspectivas múltiples (PM)	35
3.2.7. Voz crítica (VC).....	36
3.2.8. Razonamiento basado en la evidencia	36
3.2.9. Pensamiento interdisciplinar	37
3.2.10. El papel del alumnado en formación.....	37
3.2.11. El papel del profesorado.....	37
3.2.12. Proceso de evaluación.....	38
3.3. Ejemplo de preguntas guía para facilitar el pensamiento crítico desde el curso interdisciplinar «Diseñando Educación STEM».....	38
3.4. Ejemplos de diseño de un curso interdisciplinario de formación del profesorado	42
3.4.1. Ejemplo 1: taller de diseño sobre electrotecnia.....	43

3.4.2. Ejemplo 2: una herramienta de diálogo para promover el aprendizaje autodirigido del alumnado.....	50
CAPÍTULO 4.....	54
Integración del pensamiento crítico y las prácticas científicas en la pedagogía basada en el diseño	54
4.1. Integrando el pensamiento crítico y las prácticas científicas	54
4.2. Actividades para el desarrollo de PC y prácticas científicas en la pedagogía interdisciplinaria basada en el diseño	56
4.2.1. Actividad 1: Diseño de un experimento para discernir entre la medicina convencional y la homeopatía.	58
4.2.2. Actividad 2: ¿Cómo afecta el calentamiento global a los cambios en los niveles del mar?.....	66
CAPÍTULO 5.....	76
Prácticas de Evaluación en Pedagogía Basada en Diseño:	76
Una visión general de las experiencias europeas y las direcciones futuras	76
5.1. Prácticas de evaluación en la pedagogía basada en el diseño.....	76
5.2. Aplicación de la pedagogía basada en el diseño en la Universidad de Padua 77	
5.2.1 Objetivos de aprendizaje y diseño de planificación	78
5.2.2. Enfoque de pedagogía basada en el diseño.....	79
5.2.3. Tipo de tarea.....	79
5.2.4. Duración	79
5.2.5. Múltiples perspectivas (MP).....	80
5.2.6. Estrategias de enseñanza:	80
5.2.7. Proceso de evaluación.....	80
Referencias	82
CAPÍTULO 6.....	83
Marco de actividad y evaluación de P2D.....	83

6.1. Marco de actividades P2D.....	83
6.2. Marco de evaluación P2D.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Marco conceptual del CPCBD.....	4
Figura 2.1. Proceso de diseño en ingeniería (Jolly, 2016).....	18
Figura 3.1. Telaraña curricular de Van Den Akker (2003).....	36
Figura 3.1. Hoja del estudiante «Construye tu primer circuito eléctrico»	49
Figura 3.2. Producto de diseño - herramienta de conversación y.....	52
Figura 3.3. Producto de diseño - hojas de reflexión.....	52
Figura 3. 4. y Figura 3. 5. Producto de diseño: cómo funciona en la práctica.....	52
Figura 4.1. Explicación del/la docente sobre la prueba de control. Imagen de Puig et al. (2020).....	62
Figura 4.2. Placas Petri (Puig et al., 2020).....	62
Figura 4.3. Fotografía que ilustra el proceso de sucesivas diluciones de permanganato potásico en agua (Abellán et al., 2014).....	64
Figura 4.4. Imágenes del experimento. (Fuente: https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-melting-ice-causes-sea-level-rise/).....	70

LISTA DE TABLA

Tabla 3.1. Preguntas guía para facilitar el pensamiento crítico en el alumnado....	37
Tabla 3.2. Método y herramientas para evaluar la relevancia.....	45
Tabla 3.3. Método y herramientas para evaluar la funcionalidad.....	46
Tabla 3.4. Método y herramientas para evaluar la efectividad.....	47
Tabla 4.1. Dimensiones para el desarrollo de PC en Pedagogía Basada en Diseño...55	
Tabla 4.2. Dimensiones de PC en la actividad 1.....	58
Tabla 4.3. Destrezas y disposiciones de PC (Facione, 1990; Facione & Facione, 1992).....	64

Tabla 4.4. Dimensiones del PC en la actividad 2.....	66
Tabla 6.1. Marco de actividades P2D: dimensiones para el desarrollo de PC en la pedagogía basada en el diseño.....	82
Tabla 6.2. Marco de evaluación P2D para la pedagogía basada en el diseño.....	85

CAPÍTULO 1

Profundizando en el diseño y en la pedagogía dentro de la formación del profesorado: entendiendo la brecha

İbrahim Delen & Fatma Özüdoğru

Universidad de Usak

1.1. Introducción: definiciones de la pedagogía basada en el diseño y del CPCBD

El diseño integrado ha sido parte de la educación en ingeniería (Thompson, 2002) y en arquitectura (Christenson 2017; McLaughlan et al., 2021) desde hace tiempo. Boucharenc (2006) definió el diseño básico como los principios de un diseño bidimensional o tridimensional; y también remarcó que el desarrollo de una pedagogía de diseño básica requiere la elaboración de «un nuevo plan de estudios y una nueva metodología para la enseñanza» (p. 2).

Thompson (2002) presentó otra definición, la pedagogía de los espacios, como un cambio en la educación en ingeniería; y sugirió que el plan de estudios de ingeniería debería contemplar de manera equitativa tanto el diseño como la ciencia. La pedagogía de los espacios consiste en ofrecer una guía a los estudiantes mientras trabajan en sus proyectos de diseño, así como compartir conocimiento y experiencias (Tripp, 1994). Por otro lado, esta pedagogía debería tenerse en cierta consideración si se pretende mejorar el espacio de trabajo (Knowlton, 2016). Tripp (1994) afirma que dicha pedagogía debe mantener un paralelismo con la relación entre un maestro y un aprendiz. Hooper et al. (2015) observan que para que esta pedagogía sea efectiva, los supervisores del espacio de trabajo tendrían que crear oportunidades para debatir los proyectos de los estudiantes y, así, poder identificar los principios importantes del diseño. En la pedagogía de los espacios también interviene el equilibrio entre los intereses individuales de cada alumno y los de otros alumnos, lo que requiere que los supervisores tengan un programa de estudios doble, uno para toda la clase y otro específico para cada alumno (Hetland et al., 2007).

El diseño se ha ido integrando en la educación primaria y secundaria y como resultado, han surgido nuevas definiciones en la última década. Este es el caso de la pedagogía de las STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) y la pedagogía

basada en el método de «aprender haciendo», definiciones relacionadas con las que provienen de la educación superior y que siguen buscando el mejor modo de integrar el diseño en la educación. La enseñanza de las STEM estudia la manera de incorporar pedagógicamente las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la educación, lo que supone un gran objeto de debate. No obstante, no se ha llegado a ningún modelo de integración consensuado, ya que la interacción de dichas disciplinas en un contexto pedagógico está basada en el nivel de integración elegido, que va en aumento según sea disciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar o transdisciplinar (English, 2016). Bybee (2013) propone nueve perspectivas diferentes de educación en las STEM. Sin embargo, es bien sabido que las STEM tienen una naturaleza interdisciplinar y que se enfocan en la solución de problemas aplicados a la vida real. Además, Allen et al. (2016) sugieren que una enseñanza constructivista y reflexiva está muy en consonancia con la enseñanza de las STEM. Al explorar las relaciones entre diferentes disciplinas, Leung (2019) definió un nuevo término, la pedagogía basada en los límites (bounded pedagogy), para identificar las relaciones entre la reflexión y el modelado. También analizó la enseñanza de las STEM y las relaciones entre ciencia y matemáticas.

La enseñanza basada en el método de «aprender haciendo» explora el modo de integrar el diseño en espacios de trabajo, que se pueden definir como espacios equipados con materiales y otros recursos para que los/as estudiantes los usen a medida que solucionan de manera creativa problemas complejos (Shively et al., 2021). Blikstein (2013) propone que el uso de dichos espacios mejorará las destrezas del siglo XXI tales como el pensamiento crítico y creativo, necesarios en un mundo internacionalizado. Aunque estudios anteriores muestran que estos espacios de trabajo pueden potenciar estas destrezas, particularmente cuando se integran las enseñanzas de esta metodología, como las estrategias orientadas al proceso y el pensamiento de diseño (Noel & Liub, 2017). Algunos de los principios por los que aboga este tipo de enseñanza son: 1) el empleo de la tecnología para resolver problemas en un contexto multidisciplinar mediante la propuesta de oportunidades originales; 2) la preponderancia del proceso sobre el producto; y 3) la promoción de la colaboración entre estudiantes procedentes de diferentes ámbitos disciplinarios, lo cual favorece la inclusión, el intercambio de conocimiento y que los/as estudiantes tengan una mentalidad más abierta al aprendizaje (Bullock & Sator, 2018).

Otra definición que relaciona el diseño y la pedagogía es la pedagogía basada en el diseño, que, a su vez, se asocia a las definiciones anteriores. Royalty (2018) la conceptualizó como una nueva perspectiva para enseñar diseño a aquellos que no tienen conocimientos en esta disciplina, y lo definió como un entorno educativo con andamiajes que van guiando al alumnado hacia la resolución de problemas mediante el diseño. Zhou et al. (2020) lo definieron como un enfoque integrado en los estudios a través de la impresión 3D. Aunque Zhou et al. (2020) comenzaron su estudio describiendo la idea de la pedagogía basada en el diseño, lo finalizaron creando un marco conceptual para la enseñanza de STEM, empleando la impresión 3D. Este nuevo modelo se centra en el diseño y, después, en el modo de crear programas para implementar las STEM por medio de dicha idea.

Royalty (2018) estableció que la pedagogía basada en el diseño es una forma educativa emergente, con paradigmas similares a los existentes en la actualidad, pero con elementos únicos. Las cinco características principales descritas de la pedagogía basada en el diseño son: «1) público, habitualmente personas no familiarizadas con el diseño; 2) retos, con proyectos de respuesta libre que traspasa las aulas; 3) equipos, los estudiantes trabajarán en equipos interdisciplinarios; 4) práctica, los alumnos llevarán a cabo prácticas para solucionar problemas; 5) creatividad, los estudiantes tienen la oportunidad de potenciar su creatividad» (Royalty, 2018, p.138). Además, Goriss-Hunter et al. (2021) destacan que este tipo de enseñanza es empleada por el profesorado como reto en diferentes asignaturas de STEM, permitiendo que los estudiantes perfeccionen destrezas útiles para futuros empleos; así como la agencia, que puede definirse como un aprendizaje autónomo y dirigido por uno mismo.

Asimismo, Royalty (2018) realizó una encuesta a 27 docentes de diseño que empleaban la pedagogía basada en el diseño y descubrieron que este es un marco teórico más firme que otros, como el diseño instruccional para el aprendizaje auténtico y el aprendizaje constructivista. Se han determinado una serie de aspectos comunes entre la pedagogía basada en el diseño y el diseño instruccional para el aprendizaje auténtico: los proyectos reales, el andamiaje, los mentores, las múltiples perspectivas, los equipos, la reflexión, y el apoyo decreciente de los mentores en las últimas fases del proceso de diseño. Asimismo, la pedagogía basada en el diseño también cuenta con elementos comunes al aprendizaje constructivista,

como los proyectos reales, la elección del estudiante, el andamiaje, los vínculos con el campus y la comunidad, la retroalimentación externa y la reflexión. Pero, por el contrario, existen cinco variables de la pedagogía basada en el diseño que no se relacionan con ninguno de los marcos teóricos mencionados: el tono, la diversión, la alimentación, el presupuesto y el tamaño de la clase.

Nuestro trabajo sobre la pedagogía basada en el diseño se realizó durante cuatro años en un programa de formación del profesorado (Delen et al., 2020) y concluyó con la creación de un nuevo marco teórico denominado: Conocimiento Pedagógico del Contenido Basado en el Diseño (CPCBD). A medida que trabajábamos con sujetos no familiarizados con el diseño para investigar sobre la pedagogía basada en el diseño (Royalty, 2018), nos percatamos de que, aunque los/as docentes en formación eran capaces de completar productos de diseño, presentaban dificultades para crear un entorno de aprendizaje. Este es el motivo por el cual el marco teórico de CPCBD comienza situando los retos y productos del diseño en un primer plano, de manera similar al enfoque propuesto por Zhou et al. (2020). A continuación, en el modelo de CPCBD, se solicita a los/as profesores/as en formación que desarrollen entornos de aprendizaje relacionados con el diseño de los retos y productos. La propuesta de Zhou et al. (2020) se centra en la creación de un programa de integración de STEM, pero el enfoque del CPCBD opta por preguntar a los/as profesores/as en formación y a sus docentes cómo pueden hacer mejoras en las asignaturas existentes para encontrar aplicaciones coherentes relacionadas con la pedagogía basada en el diseño. El objetivo del marco del CPCBD no es añadir otra asignatura al plan de estudios, sino explorar la coherencia en la pedagogía basada en el diseño.

1.2. Discusión. Perspectiva general de los estudios de pedagogía y diseño

La mayor parte de los estudios en los que se debate la asociación entre la pedagogía y el diseño pertenecen a la educación superior. En este análisis existe una mayor incidencia de bibliografía de estudios superiores, concretamente de arte y estudio. Asimismo, nuestra revisión sistemática de las definiciones de diseño y pedagogía muestran su escasa prioridad en la formación del profesorado. Se observó que, únicamente un 15 % de los estudios en el análisis incluían a profesores en prácticas o que ejercen y solo 7 definiciones de diseño y pedagogía se utilizaban en los estudios de formación del profesorado.

Borrego and Henderson (2014) revisaron la bibliografía de las STEM en la educación superior y determinaron la importancia de dar prioridad de los productos de diseño en la educación de las STEM. Estos autores también subrayaron la necesidad de apoyar a los/as profesores/as para una mejor integración de la enseñanza de las STEM. Finalmente, Borrego and Henderson (2014) destacaron que los estudios siguen enfocándose en analizar el modo de incluir el diseño y la pedagogía en la formación del profesorado. Por otro lado, la adopción de cambios en los programas de formación del profesorado ha sido tradicionalmente lenta (Ball & Cohen, 1999; Ball & Forzani, 2009; Grossman & McDonald, 2008). Lamentablemente, se siguen buscando métodos de enseñanza basados en el diseño en EE. UU. (Honey et al., 2014; NASEM, 2019) y Europa (European Schoolnet, 2018) a un ritmo lento. Partiendo de una escasez de definiciones sobre diseño y pedagogía en la bibliografía de formación del profesorado, y tras haber analizado el mejor modo de implementar el diseño y la pedagogía en un programa de formación del profesorado (Delen et al., 2020), proponemos un nuevo marco conceptual denominado Conocimiento Pedagógico del Contenido Basado en el Diseño (CPCBD). En este capítulo, hemos comenzado analizando de qué modo surgieron las diferentes definiciones en las dos últimas décadas para, después, enmarcar al CPCBD entre ellas. Los capítulos siguientes añadirán una discusión detallada de nuestros argumentos, explicando la brecha en la formación del profesorado desde diversas perspectivas. El resto de capítulos presentarán nuestra actividad de la pedagogía basada en el diseño, el marco teórico de evaluación y ejemplos de diferentes universidades.

Referencias

- Allen, M., Webb, A. W., & Matthews, C. E. (2016). Adaptive teaching in STEM: Characteristics for effectiveness. *Theory Into Practice*, 55(3), 217-224.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and “making” in education: The democratization of invention. In *FabLab of machines, makers and inventors* (pp. 1-21). Transcript Publishers.
- Borrego, M., & Henderson, C. (2014). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: A comparison of eight change strategies. *Journal of Engineering Education*, 103(2), 220-252.
- Boucharenc, C. G. (2006). Research on basic design education: An international survey. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(1), 1-30.
- Bullock, S. M., & Sator, A. (2018). Developing a pedagogy of “making” through collaborative self-study. *Studying Teacher Education*, 14(1), 56-70.
- Bybee, R. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press.
- Christenson, M. (2017). Kinds of designing and their functions in analyzing. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(4), 611-626.
- Delen, I., Morales, C. J., & Krajcik, J. (2020). Missing coherence in STEM education: Creating design-based pedagogical content knowledge in a teacher education program. In *Integrated Approaches to STEM Education* (pp. 361-383). Springer, Cham.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1-8.
- European Schoolnet (2018). Science, technology, engineering and mathematics education policies in Europe. Scientix Observatory report. October 2018, European Schoolnet, Brussels.
- Goriss-Hunter, A., Sellings, P., & Echter, A. (2021). Information communication technology in schools: Students exercise ‘digital agency’ to engage with learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 1-16.
<https://doi.org/10.1007/s10758-021-09509-2>
- Hetland, L., Winner, E., Veenema, S. & Sheridan, K. M. (2007). *Studio thinking: The real benefits of visual arts education*. Teachers College Press.
- Hooper, S., Rook, M. M., & Choi, K. (2015). Reconsidering the design of a learning design studio. In B. Hokanson, G. Clinton, & M. W. Tracey (Eds.), *The design of learning experience: Creating the future of educational technology* (pp. 63-76). Springer.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: tatus, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Knowlton, D. S. (2016). Design studios in instructional design and technology: what are the possibilities? *TechTrends*, 60(4), 350-358.
- Leung, A. (2019). Exploring STEM pedagogy in the mathematics classroom: A tool-based experiment lesson on estimation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(7), 1339-1358.
- McLaughlan, R., Pert, A., & Lodge, J. M. (2021). Productive uncertainty: The pedagogical benefits of co creating research in the design studio. *International Journal of Art & Design Education*, 40(1), 184-200.

- National Academies of Sciences, Engineering & Medicine (NASEM, 2019). *Science and engineering for grades 6-12: Investigation and design at the center*. National Academies Press.
- Noel, L., & Liub, T. (2017). Using design thinking to create a new education paradigm for elementary level children for higher student engagement and success. *Design and Technology Education: An International Journal*, 22(1), 501-512.
- Royalty, A. (2018). Design-based pedagogy: Investigating an emerging approach to teaching design to non-designers. *Mechanism and Machine Theory*, 125, 137-145.
- Shively, K., Stith, K., & DaVia Rubenstein, L. (2021). Ideation to implementation: A 4-year exploration of innovating education through maker pedagogy. *The Journal of Educational Research*, 114(2), 155-170.
- Thompson, B. E. (2002). Studio pedagogy for engineering design. *International Journal of Engineering Education*, 18(1), 39-49.
- Tripp, S. D. (1994). How should instructional designers be educated? Performance improvement. *Quarterly*, 7(3), 116-126.
- Zhou, D., Gomez, R., Wright, N., Rittenbruch, M., & Davis, J. (2020). A design-led conceptual framework for developing school integrated STEM programs: The Australian context. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09619-5>

CAPÍTULO 2

Retos en el diseño en estudios europeos

y

El proceso de planificación del diseño en la Universidad de Dokuz Eylül

Ayşe Büber, Kadir Demir, Yasemin Kahyaoğlu Erdoğan, Elif Buğra Kuzu Demir, Gül Ünal Çoban y
Ercan Akpınar

Universidad de Dokuz Eylül

2.1. Perspectiva general de los retos de diseño en Europa

La revisión llevada a cabo en la primera parte de este capítulo subraya la escasez de ejemplos mal estructurados, complejos y dinámicos en la formación del profesorado. De hecho, los profesores de ciencias en prácticas (PCP) participaron en primer lugar en ejemplos bien estructurados, simples y estáticos, en la Universidad de Dokuz Eylül. Es importante presentar retos de diseño que ayuden a los PCP con pensamiento crítico e interdisciplinario en la pedagogía basada en el diseño. El ejemplo incluido en este capítulo sobre la actividad de los aerogeneradores fue creado en base a estas consideraciones. El primer objetivo del proyecto consiste en entender la pedagogía basada en el diseño dentro un contexto de formación del profesorado y averiguar de qué modo las prácticas de los PCP se implementarán en contextos escolares. Este objetivo ayudará a alcanzar el Informe de Visión Educativa de 2023 publicado por el Ministerio de Educación de Turquía (2018). La perspectiva para 2023 apunta a la construcción de «estudios de diseño» en cada colegio para ofrecer a los/as estudiantes, desde primaria a secundaria, el desarrollo de competencias basadas en la práctica. La investigación llevada a cabo en estos estudios de diseño promoverá numerosas destrezas en el/la estudiante: innovación, creatividad, pensamiento crítico, resolución de problemas y emprendimiento. Es necesario entrenar a los PCP que estén suficientemente cualificados para trabajar en estos estudios de diseño. La actividad propuesta en este capítulo está diseñada mediante un enfoque basado en la pedagogía basada en el diseño, adecuado para estudios de diseño. Nuestro

objetivo es ayudar a que los PCP apoyen el diseño ligado con el marco de pensamiento crítico presentado en el Capítulo 4.

La siguiente actividad de diseño propuesta por la Universidad de Dokuz Eylul, cuyos pasos se detallan más abajo, se ha elaborado en base a los principios de la pedagogía basada en el diseño. Esta actividad muestra el modo en que el pensamiento crítico se implementa en un nuevo reto de diseño. El proceso de diseño se representa con un círculo, en el que se utiliza el proceso de diseño de ingeniería (PDI, véase Figura 2.8) como método sistemático, ordenado y de respuesta abierta para abordar problemas de la vida real y proporcionar soluciones (Jolly, 2016). Cuando el reto finalice, los estudiantes considerarán los criterios, las limitaciones y las compensaciones para llegar a soluciones óptimas a través de los pasos del PDI: definir el problema, investigar, imaginar, planificar, crear, probar y evaluar, rediseñar y transmitir.



Figura 2.2. Proceso de diseño en ingeniería (Jolly, 2016)

La actividad presentada a continuación está inspirada en un problema real. En las noticias, nos encontramos con un hombre, llamémosle Sr. X, que empleó su conocimiento y experiencia para resolver un problema que se le presentó (Söylemez, 2021). Tras vivir en el extranjero durante muchos años, el Sr. X regresó a su país para irse a vivir a su pueblo. El Sr. X experimentaba apagones frecuentes y cuando estaba

a punto de enviar un correo electrónico importante, se fue la luz y ya no pudo hacerlo. Para solucionar el problema, comenzó a generar su propia electricidad con un aerogenerador que construyó a base de materiales reciclados, como una pileta, un sillón y una pala de nieve. También utilizó la batería que usaba para almacenar la electricidad. Finalmente, la energía generada fue suficiente para abastecer su casa durante las 4 horas que necesitaba. En base a esta noticia, hemos desarrollado una actividad sobre un aerogenerador, pero con limitaciones diferentes.

La actividad presenta 8 partes que se corresponden con los pasos del proceso de diseño de ingeniería (véase Figura 2.8.). En la primera parte, se plantean cuestiones sobre la definición de problemas de la vida real, por ejemplo: «¿Cuál es la situación problemática en la que vas a trabajar?», «Define la situación del problema», «¿Cuáles son las limitaciones del diseño?» y «¿Qué parámetros consideras que serían efectivos para un aerogenerador ecológico?». También se proponen preguntas guiadas por el profesorado en cada parte para promover y evaluar las competencias de pensamiento crítico de los/as docentes en formación. En esta actividad, tanto las competencias de resolución de problemas como las de pensamiento crítico serán empleadas, junto con las destrezas del proceso científico. Además, los/as docentes en formación tendrán que sintetizar y analizar la información para resolver problemas y tomar decisiones en lugar de repetir la información, es decir, deberán pensar en vez de memorizar. Estas preguntas requieren que piensen en sí mismos y en los recursos, mejorando el proceso mediante el uso de capacidades de pensamiento de orden superior. Por ende, el pensamiento crítico será un resultado de la actividad. Además, existen diferentes preguntas en la hoja de trabajo, tales como: «¿En qué fuentes te basas para trabajar con esos parámetros?», «¿Cómo evalúas la fiabilidad de las fuentes que consultas?» y «¿Qué criterio utilizas para evaluar?»; que sirven para relacionar las competencias de pensamiento crítico con el contenido y, así, promover el pensamiento crítico. Como resultado, esta aplicación tiene el potencial para fomentar el pensamiento crítico. Este ejemplo de reto de diseño está clasificado como de tipo 1: mal estructurado, dinámico y complejo. Más abajo, se detalla la definición.

2.1.1. Objetivos de aprendizaje y organización del diseño

- Definir los problemas de la vida real que se han preparado en base a la pedagogía basada en el diseño.
- Resolver el problema según las etapas del proceso del diseño en ingeniería.
- Emplear las competencias de pensamiento crítico en la resolución del problema.

2.1.2. Enfoque de la pedagogía basada en el diseño

Constituye un proceso de resolución de problemas en el que los procesos de diseño en ingeniería y el pensamiento crítico se emplean conjuntamente a través del uso del aprendizaje basado en los problemas junto con el enfoque de la pedagogía basada en el diseño para resolver el problema planteado basado en uno real. Se espera que el/la estudiante sea activo en la resolución de la tarea, desde la identificación del problema al proceso de desarrollo del producto.

2.1.3. Tipo de tarea

Se les proporcionan a los/as estudiantes situaciones problemáticas reales, cuya solución es necesaria para la región en la que viven. Se crean tareas en los contextos apropiados mediante una selección de temas relacionados con lo siguiente: la energía sostenible, el medio ambiente, las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), y demás áreas de prioridad similares. La formación del profesorado se organiza dentro del espectro de los programas de ciencias y sociedad y de las prácticas educativas innovadoras del Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de Turquía (TÜBİTAK). Asimismo, el Ministerio de Educación de Turquía (MoNE) desea dotar al profesorado de capacidades holísticas, basadas en la investigación e innovadoras para el siglo XXI. En este contexto, se espera que el proyecto contribuya a la formación del profesorado en dichas destrezas. Los/as docentes en formación tendrán un papel importante en la educación del alumnado según los objetivos del Ministerio de Educación de Turquía.

2.1.4. Duración

La duración del diseño del proyecto será de 6 a 8 semanas (4 horas en aula y 4 horas fuera del aula), desde la presentación inicial hasta la final, con la exposición de los productos del diseño.

2.1.5. Múltiples perspectivas (MP)

Para diseñar un producto educativo y efectivo, es importante que el alumnado interactúe con expertos en la materia. En este proceso, el profesorado debe ofrecer apoyo al alumnado cuando contacten con diversos agentes. Además, los/as estudiantes pueden trabajar en grupo y compartir sus ideas.

2.1.6. Voz crítica (VC)

Los miembros del equipo se reunirán para debatir el tema y fomentar la reflexión y la voz crítica en el programa de formación del profesorado. También recibirán apoyo de un miembro del profesorado experimentado en el colegio. Por su parte, el académico en la universidad ejercerá de guía del proceso. En la pedagogía basada en el diseño, tanto estudiantes, como profesores/as y académicos se reunirán periódicamente para conformar una sólida red de comunicación. Los/as estudiantes compartirán tareas entre ellos. En determinados puntos del proceso, se llevarán a cabo reuniones para debatir y tomar nuevas decisiones.

2.1.7. Razonamiento basado en la evidencia y pensamiento interdisciplinar

En este programa, se proponen ocho partes con actividades según las etapas del proceso de diseño en ingeniería. Comenzando por la primera parte, este proceso puede resumirse del siguiente modo. Por un lado, hay preguntas sobre la definición de problemas de la vida real, por ejemplo: «¿Cuál es la situación problemática en la que vas a trabajar?», «Define la situación del problema». También se proponen preguntas guiadas por el profesorado en cada parte para promover y evaluar las competencias de pensamiento crítico de los/as docentes en formación. De este modo, durante la fase de resolución de problemas, las competencias de pensamiento crítico se emplean junto con las destrezas del proceso científico. Además, los/as docentes en formación tendrán que sintetizar y analizar la información para resolver

problemas y tomar decisiones en lugar de repetir la información, es decir, deberán pensar en vez de memorizar. Estas preguntas requieren que piensen en sí mismos y en los recursos, mejorando el proceso mediante el uso de capacidades de pensamiento de orden superior. Por ende, el pensamiento crítico será un resultado de la actividad. En la hoja de trabajo también aparecen otro tipo de preguntas, tales como: «¿En qué fuentes te basas para trabajar con esos parámetros?», «¿Cómo evalúas la fiabilidad de las fuentes que consultas?» que sirven para relacionar las competencias de pensamiento crítico con el contenido y, así, promover el mismo. Como resultado, esta aplicación tiene el potencial para fomentar el pensamiento crítico y demostrar cómo la pedagogía basada en el diseño se puede integrar en los colegios.

2.1.8. La función del alumnado

El alumnado debe completar un proceso de diseño cooperativo trabajando en equipo.

2.1.9. La función del profesorado

El profesorado ejerce de guía y de orientador fomentando el pensamiento crítico.

2.1.10. La función del personal académico

El personal académico trabaja conjuntamente con miembros del profesorado y con el alumnado.

2.1.11. Proceso de evaluación

El proceso de evaluación consta de los siguientes pasos:

- Evaluación entre pares
- Evaluación del diseño del producto
- Evaluación del docente
- Evaluación del personal académico mediante rúbricas y herramientas de evaluación alternativas

En la segunda parte, los docentes de ciencias en prácticas (PCP) investigarán el problema planteado usando diferentes recursos como libros, revistas, artículos o

internet; y en base a sus conclusiones, explicarán la función de estos parámetros en los aerogeneradores ecológicos. En la tercera parte, proporcionarán soluciones a problemas de la vida real. En la cuarta parte, los PCP platearán su diseño mediante un dibujo o una simulación. En la quinta parte, se decantarán por una de las opciones propuestas en las partes previas y crearán sus prototipos, que serán evaluados en la sexta parte. Si alguna modificación es necesaria, la harán y de lo contrario, mejorarán su diseño mediante la integración de tecnología o lo pondrán en marcha sin problema en la séptima parte. Por último, presentarán sus estudios, los prototipos y las fases del desarrollo y, finalmente, evaluarán su propio trabajo y el de los demás.

Aerogenerador ecológico



Un propietario quiere usar un aerogenerador para abastecer su casa de energía, pero no hay colinas cerca. ¿Dónde colocaría un ingeniero el aerogenerador?

Parte 1. ¿Cuál es la situación problemática?

Preguntas guía del docente

(Al principio de la actividad)

1. ¿Alguna vez has visto un aerogenerador? ¿Sabes cómo funcionan?

2. ¿Crees que es posible construir un aerogenerador en otro lugar que no sea una colina? ¿Cómo lo construirías?

Define la situación del problema:

3. ¿Cuál es el problema? ¿Qué puedes hacer en esta situación?

4. ¿Cuáles son los objetivos?

¿Cuáles son las limitaciones del diseño?

5. ¿Por dónde deberías empezar?

6. Nombra al menos dos limitaciones de tu diseño. Explica por qué dichas limitaciones afectan a tu diseño.

¿Qué parámetros consideras que serían efectivos para un aerogenerador ecológico?

7. Describe las características de un aerogenerador ecológico. ¿Cómo determinas estas características?

8. ¿Se puede colocar en cualquier lugar?

9. ¿Se puede fraccionar el problema en varias partes?

Parte 2. Realiza una investigación sobre tu problema empleando diversos recursos (libros, revistas, artículos o internet). Después, basándote en tu investigación, explica la función de estos parámetros en los aerogeneradores ecológicos.

(Cuando sea necesario:)

10. ¿Qué necesitas para proporcionar una solución a este problema de la vida real?

11. a) ¿Existen algunas circunstancias similares que hayan sucedido anteriormente en las que podamos basarnos?

11. b) ¿Qué preguntarías a la gente de la zona empleando un diseño similar? ¿Cómo usas los datos para tu diseño?

12. ¿Cuáles son los factores internos y externos que afectarán a esta necesidad?

13. ¿Cómo decidirás los parámetros descritos abajo? ¿Qué efecto tienen en los aerogeneradores?

14. ¿En qué fuentes te basas para trabajar con esos parámetros?

15. ¿Cómo evalúas la fiabilidad de las fuentes que consultas?

Parámetros	Importancia
1. Altura del aerogenerador (p. ej.)	
2.	
3.	
4.	

Parte 3. Proporciona soluciones al problema. (Estas soluciones pueden variar en función de tu investigación y tu imaginación. Ten en cuenta los parámetros que proporcionan soluciones efectivas.)

16. ¿Cómo has llegado a estas soluciones? Explica tu razonamiento.

17. ¿Cuáles son tus hipótesis sobre cada diseño?

18. ¿Qué diseño es más adecuado para cada problema? Explica cómo has elegido el diseño.

19. Si quieres diseñar un aerogenerador, ¿cómo integrarías un aerogenerador real?

20. ¿Por qué elegiste estas características?

21. Explica cómo has llegado a estas soluciones.

22. ¿Cuál empezarías a diseñar primero? Explica por qué.

¿Qué preguntas harías si necesitas ayuda de una persona experta en la materia?

Parte 4. a) Elige, al menos, dos diseños que crees que funcionarían mejor de entre todas las soluciones que has propuesto y desarrolla una estrategia para implementarlos.

23. ¿Hay algo más que necesites?

24. ¿Qué detalles buscas?

25. ¿Necesitas materiales o información adicional?

Parte 4. b) Dibuja tus ideas de diseño basándote en tu plan.

1 ^{er} diseño: ...	2 ^o diseño: ...
-----------------------------	----------------------------

Parte 5. Decide qué diseño funciona mejor. Después, crea un prototipo basándote en el diseño. (Puedes realizar modificaciones durante el proceso, pero regístralas y compártelas).

26. ¿Qué criterio vas a utilizar para elegir qué diseño es el mejor?

27. ¿Necesitas construirlo o puedes simularlo?

27. a) Si decides simularlo:

¿En qué plataforma lo harás? ¿Por qué?

27. b) Si decides construirlo:

28. ¿Qué materiales, destrezas y herramientas necesitarás para crear el prototipo?

29. De entre los anteriores, ¿cuál es el más importante?, ¿por qué?

30. ¿Puedes explicar las fases del prototipo?

31. Describe el formato que vas a emplear para construir el prototipo (3D, dibujo, etc.).

Parte 6. Prueba tu prototipo y evalúa si cumple los objetivos originales. (Registra y comparte los cambios que realices).

Se requiere alguna modificación:

No se requiere ninguna modificación:

<p>¿Qué modificaciones hay que hacer? ¿En qué partes? ¿Por qué son necesarias?</p>	<p>¿Por qué consideras que tu prototipo funciona adecuadamente?</p>
<p>¿Cómo se van a llevar a cabo?</p>	

32. ¿Cuál fue el criterio que seguiste para realizar las modificaciones?

33. ¿En qué momento crees que has triunfado? ¿Por qué?

Parte 7. Crea una lista de cambios para tu prototipo en base a las respuestas de la parte 6, dibuja una nueva versión del prototipo y mejóralo en base a esos cambios.

34. ¿Cómo podrías mejorar este producto en el futuro?

35. ¿Qué competencias tecnológicas crees que necesitas para desarrollar o crear un producto más avanzado en el futuro?

<p>Lista de modificaciones</p>	<p>Dibuja una nueva versión del prototipo</p>

Mejora tu prototipo y explica los cambios que has hecho en el proceso de mejora.

36. ¿Qué te gustaría cambiar si tuvieras una segunda oportunidad para completar este reto de diseño?

37. ¿Qué tipo de competencias tecnológicas puedes aprender para mejorar tu diseño?

Parte 8. Tras terminar el prototipo, prepara una presentación o una memoria delineando el proceso llevado a cabo desde el principio hasta el final para compartirlo con otras personas que trabajan en el mismo campo.

38. Si tuvieras que proponer un algoritmo para diseñar aerogeneradores, ¿qué tipo de algoritmo sería?

39. ¿Qué has aprendido de otros diseños para el mismo reto? ¿Qué competencias has mejorado?, ¿han sido competencias específicas del tema de estudio, tecnológicas o sociales (p. ej. auto control, mentalidad abierta o perseverancia)?

Referencias

- Jolly, A. (2016). *STEM by design: Strategies and activities for grades 4-8*. Routledge
- Ministry of National Education (2018). Vision 2023. Turkey Ministry of National Education. Retrieved June 12, 2021, from http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf
- Söylemez, A. (2021, 19th May). ABD'den Ağrı'daki köyüne dönüp kendi imkanlarıyla yaptığı rüzgar panelinden elektrik üretti. Retrieved from: <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/abdden-agridaki-koyune-donup-kendi-imkanlariyla-yaptigi-ruzgar-panelinden-elektrik-uretti/2246782>

CAPÍTULO 3

El diseño de productos en estudios europeos

y

El proceso de planificación de diseños en la Universidad Tecnológica de Eindhoven (TU/e)

Cui Ping, Durdane Bayram-Jacobs, Elise Quant

Escuela de Eindhoven (ESoE), Universidad Tecnológica de Eindhoven, Países Bajos

3.1. Contextualización del diseño de productos en Europa

Basándonos en los resultados de nuestras búsquedas bibliográficas iniciales y nuestros ejemplos locales, hemos llegado a las siguientes conclusiones. En primer lugar, existe una falta de retos y productos de diseño en la bibliografía europea de los programas de formación del profesorado y los niveles educativos de primaria a secundaria, que necesitan una investigación adicional. Los artículos sobre retos y productos de diseño se encuentran altamente sesgados hacia la formación en ingeniería. Tan solo hemos encontrado cinco artículos (el 17% de los estudios recabados en la búsqueda) que incluyen retos y productos de diseño en las etapas de primaria a secundaria y en programas de formación al profesorado. Los ejemplos de la bibliografía europea emplearon mayoritariamente el diseño digital como producto de diseño, pero también otros como el artefacto físico, construcción de modelos y el diseño esquemático. Cuatro de los cinco productos de diseño de la etapa de primaria a secundaria y la formación del profesorado se categorizaron como «diseño digital». Sin embargo, estos productos de diseño digital son herramientas complementarias online diseñadas por investigadores/as o docentes para promover el aprendizaje del alumnado. En este aspecto, estas herramientas de apoyo online se diferencian de las empleadas en la formación en ingeniería, ya que, con estas últimas, los estudiantes crean productos de diseño resolviendo retos en diseño. Hay buenos ejemplos locales

del uso de retos en diseño y proyectos en programas de formación al profesorado, como los mencionados en la Escuela de Eindhoven, TU/e, en los Países Bajos. Esto se debe a que existe un curso interdisciplinar relativamente nuevo en las escuelas de secundaria de los Países Bajos llamado Investigación y Diseño (I&D). Las investigaciones futuras podrían centrarse más en recabar y analizar estos ejemplos locales. En segundo lugar, tan solo hemos podido encontrar tres estudios que mencionasen la interdisciplinariedad; lo que indica la falta de integración de los conocimientos de diferentes ámbitos en muchos estudios. En tercer lugar, en esos tres estudios interdisciplinarios, las características interdisciplinarias son más visibles en los retos y procesos de diseño, en lugar de en los productos de diseño; por lo que se necesita seguir pensando en cómo dar mayor visibilidad a las características interdisciplinarias en los productos de diseño. Por último, los plazos que permiten a los alumnos completar de forma eficiente una tarea de diseño varían enormemente y deberían tenerse en cuenta en el futuro para preparar los retos y productos de diseño interdisciplinarios en los programas de formación del profesorado.

El curso interdisciplinario *Designing STEM Education* (Diseñando Educación STEM) y dos ejemplos de proyectos de diseño de profesores/as en formación ofrecieron buenos ejemplos locales de cómo crear un entorno de aprendizaje que implemente el pensamiento crítico en los retos y productos de diseño en los programas de formación del profesorado. Basándonos en los ejemplos de proyectos de diseño de nuestros/as profesores/as en prácticas locales encontramos algunas características de los retos y productos de diseño. Los retos de diseño los plantean normalmente los/as propios/as profesores/as en formación tras un análisis exhaustivo de las necesidades de los/as clientes e investigar las necesidades del público al que se dirigen los productos, es decir, quienes van a utilizar dichos productos de diseño; etc. Lo que ofrecemos a los/as docentes en formación como formadores de docentes es un problema o petición relevante en el mundo real. Los productos de diseño creados por el alumnado, y que podrán aplicar en sus clases como profesores/as de secundaria, son importantes para su carrera profesional. Además, esos productos de diseño también se envían a los/as clientes para que puedan llevarlos a la práctica. Por lo tanto, los/as docentes en formación no solo son diseñadores activos, sino también los propietarios de los productos de diseño que potencian su identidad profesional como educadores.

Las competencias del pensamiento crítico se incluyen como parte del curso. A pesar de que desarrollar las capacidades del pensamiento crítico en el alumno no es una meta explícita del curso, se incluye en las actividades del mismo. En nuestros ejemplos de diseño local, el enfoque del diseño instructivo es el aprendizaje basado en desafíos, no en problemas. Esto se debe a que la TU/e ofrece a los/as estudiantes un aprendizaje basado en desafíos como parte importante de la visión del papel educativo en la TU/e de cara al 2030. Por otra parte, este tipo de aprendizaje basado en retos comparte ciertas características con el aprendizaje basado en problemas, como plantear un problema del mundo real o la necesidad del trabajo en equipo. Las tareas son abiertas y constituyen retos reales para clientes concretos. Por ello, pueden aplicarse inmediatamente en la práctica y tienen implicaciones prácticas que además promueven el desarrollo del pensamiento crítico en el alumnado durante el proceso de diseño. Las competencias de pensamiento crítico mencionadas en el contexto de diseño/ entorno de aprendizaje; tales como las perspectivas múltiples, el discurso crítico, el razonamiento basado en las pruebas y el pensamiento interdisciplinar, están integradas en el proceso de diseño. Como educadores de docentes, ofrecemos al alumnado de educación guías para fomentar las competencias de pensamiento crítico, como el uso de la telaraña curricular (Van Den Akker, 2003) como herramienta para inspirar el pensamiento crítico de los/as estudiantes de educación sobre los fundamentos del diseño del currículo. Las pruebas que respaldan las elecciones de diseño que el equipo de docentes en formación ha tomado son un elemento indispensable en el informe final de diseño. Esto también hace consciente al equipo de que hay que presentar un razonamiento claro basado en pruebas tras las negociaciones entre iguales. En cuanto al proceso de evaluación, el pensamiento crítico no está todavía integrado de forma explícita en el proceso, proporcionando al alumnado pruebas sobre su desarrollo del pensamiento crítico de acuerdo con sus objetivos de aprendizaje. Esto se debe a que el pensamiento crítico no es un objetivo independiente del curso en nuestro programa de educación docente. No sería difícil incluirlo de forma explícita en el proceso de evaluación del curso en un futuro, ya que las competencias del pensamiento crítico ya están integradas en el proceso de diseño.

En este capítulo, ofreceremos algunos ejemplos locales para inspirar a educadores/as de docentes a integrar en la práctica las competencias del

pensamiento crítico en retos y productos de diseño. En el capítulo 4 se incluirá información más detallada sobre cómo implementar las dimensiones del pensamiento crítico en la pedagogía basada en el diseño desde un punto de vista tanto teórico como práctico.

3.2. Un curso interdisciplinar de formación del profesorado - «Diseñando educación STEM»

3.2.1. Análisis del curso interdisciplinar de formación al profesorado empleando las competencias del pensamiento crítico¹

Este apartado ofrece una breve visión general de nuestro programa de ciencias de la educación y la comunicación en el ESoE para ayudar a entender las estructuras de nuestro programa de formación al profesorado. A continuación, deberá leer nuestro análisis de las estructuras de los cursos interdisciplinarios Diseñando Educación STEM, conectados con las competencias del pensamiento crítico desde el punto de vista de un formador de docentes. Para ello, ofrecemos un caso local de cómo integrar el pensamiento crítico en el proceso de diseño desde la perspectiva de un formador de docentes.

El programa del Máster en Didáctica de Ciencias y Comunicación (Science Education and Communication) prepara a candidatos a docentes de ciencias para la educación secundaria superior. El programa tiene una duración de dos años y contiene 5 especialidades: física, química, matemáticas, informática y una combinación de ciencias naturales, vida y tecnología (NVT) con investigación y diseño. El programa está precedido por un grado enfocado en la especialización elegida por los/as estudiantes (física, química...). Entonces, el alumnado estudiará la pedagogía de la materia elegida (por ejemplo: enseñanza de física), ciencias de la educación, educación en el diseño STEM, ahondarán en el conocimiento de su materia y completarán las prácticas en escuelas de secundaria (<https://www.tue.nl/en/our-university/departments/eindhoven-school-of-education/>).

El curso interdisciplinar Diseñando Educación STEM es un curso obligatorio para todo el alumnado de educación dentro del ámbito de las STEM (química, física, matemáticas, informática e investigación y diseño) y consta de dos partes. La primera parte es una preparación para la segunda, en la que los/as estudiantes

trabajan en equipos multidisciplinares en diseños de currículos para las escuelas y otros ámbitos de la educación. A continuación, analizamos la estructura del curso Diseñando Educación STEM en relación con las competencias del pensamiento crítico desde la perspectiva de un docente.

En el Capítulo 4, se pueden encontrar las explicaciones explícitas de las competencias del pensamiento crítico. Aquí ofrecemos un resumen de las competencias del pensamiento crítico para analizar la estructura de nuestro curso interdisciplinario. Se necesita prestar más atención a estas competencias cuando creamos un entorno de aprendizaje para aplicar retos y productos de diseño en los programas de formación docente. Incluyen *los objetivos de aprendizaje, el enfoque en el pensamiento crítico, el enfoque de diseño instruccional, el tipo de tarea, la duración, las perspectivas múltiples, la voz crítica, el razonamiento basado en pruebas y el pensamiento interdisciplinario, la toma de decisiones, la metarreflexión sobre el conocimiento y las destrezas del pensamiento crítico, el discernimiento entre la información y las opiniones, la negociación entre pares, la incertidumbre, el papel del alumnado y el apoyo del profesorado*. Cabe mencionar que el pensamiento crítico es solo uno de los objetivos de nuestro curso interdisciplinario, y esas competencias del pensamiento crítico a veces se integran implícitamente en el curso.

3.2.2. Objetivos de aprendizaje y planificación del diseño

- Reconocer los avances en el campo de la educación STEM.
- Ser capaz de aplicar los conocimientos de la pedagogía basada en el diseño a un diseño educativo para un cliente externo.
- Ser capaz de explicar las opciones de diseño y realizar una evaluación (pensamiento crítico implícito).

3.2.3. Enfoque pedagógico basado en el diseño

El aprendizaje basado en retos: el diseño requiere que el alumnado de educación cree un producto para resolver un problema educativo del mundo real a petición de un cliente (tales como escuelas y organizaciones educativas sin ánimo de lucro).

Empleando el aprendizaje basado en retos, se espera que el alumnado aprenda de forma activa e integre el contenido de la materia STEM y su conocimiento sobre educación para diseñar un producto educativo.

3.2.4. Tipo de tarea

Los colegios y otras organizaciones educativas solicitan tareas auténticas y relevantes. Por ejemplo, uno de nuestros clientes se llama Engineers Without Borders (Ingenieros sin fronteras) y es una organización sin ánimo de lucro cuyo objetivo es promover, enseñar y aplicar soluciones técnicas sostenibles en los países en vías de desarrollo para mejorar la calidad de vida local. Si tomamos otro ejemplo, nuestro cliente también puede ser un instituto que desee establecer proyectos en grupo basados en retos para su alumnado.

3.2.5. Duración

El proyecto de diseño ocupa un semestre y dura 20 semanas desde el inicio hasta la presentación final de los productos de diseño.

3.2.6. Perspectivas múltiples (PM)

En todo proyecto de diseño intervienen diversas partes: un cliente (a menudo colegios y organizaciones educativas o incluso empresas), estudiantes de educación que son quienes diseñan y profesionales relevantes de las universidades para ofrecer una retroalimentación profesional. Para poder diseñar un producto educativo excelente, el alumnado debe comunicarse y colaborar con las distintas partes interesadas.

Además, el alumnado, que puede provenir de diferentes asignaturas, trabaja en equipo para diseñar un producto educativo. Por tanto, cada estudiante aporta una perspectiva diferente.

3.2.7. Voz crítica (VC)

Nuestro curso Diseñando Educación en STEM crea un entorno de aprendizaje que activa la voz crítica. Por ejemplo, nuestra tarea de proyecto está diseñada para involucrar a múltiples partes: clientes, diseñadores (estudiantes) y otros profesionales relevantes. Para diseñar un producto que satisfaga las necesidades de las distintas partes, los/as estudiantes necesitan una gran capacidad de comunicación que active la voz crítica en el equipo, pero también con sus clientes y profesionales.

Además, para inspirar esta voz crítica en los/as estudiantes, ofrecemos la telaraña curricular de Van Den Akker (2003) (véase la Figura 3.3) para guiar al alumnado a pensar de forma crítica en la justificación del diseño de su currículo o los talleres.



Figura 3.2. Telaraña curricular de Van Den Akker (2003)

3.2.8. Razonamiento basado en la evidencia

En este curso se requieren tres elementos básicos en el informe final de diseño (parte del producto de diseño). Esos tres elementos son: (a) análisis, (b) elecciones de diseño, (c) evaluación de las decisiones de diseño. Por lo general, el análisis incluye el análisis de la petición de los/as clientes, materiales de búsqueda, el análisis del objetivo del grupo (quién usará los productos diseñados), el conocimiento de los antecedentes del producto y la justificación de diseño. Los resultados de los análisis

proporcionan las pruebas para el siguiente paso del proceso de diseño. Durante el proceso de diseño, los/as estudiantes necesitan prestar especial atención a la justificación de sus elecciones de diseño. Para ello, el equipo necesita anotar sus tomas de decisiones, así como las razones que apoyan esa decisión. El paso final es la evaluación de esas decisiones de diseño. En este paso, los/as estudiantes evalúan sus decisiones de diseño según estos cuatro criterios: *importancia*, *consistencia*, *funcionalidad* y *efectividad*, que se mencionan más adelante en este capítulo. Empleando estas cuatro dimensiones para evaluar los materiales curriculares diseñados, los/as estudiantes pueden reflexionar sobre su diseño y obtener algunas recomendaciones para su rediseño.

3.2.9. Pensamiento interdisciplinar

El curso está estructurado de forma interdisciplinar y contiene dos tipos de conexiones interdisciplinarias.

La composición del equipo es un ejemplo de la conexión interdisciplinar. El alumnado de este curso proviene de diferentes departamentos como química, física, matemáticas e ingeniería. En el curso trabajan juntos como un equipo interdisciplinar en tareas auténticas que normalmente demandan los/as clientes.

Otra forma en la que el alumnado conecta disciplinas es a través del diseño de sus productos. Por ejemplo, una de las tareas exigidas por el cliente es diseñar un producto interdisciplinar para el colegio.

3.2.10. El papel del alumnado en formación

Los/as futuros docentes son diseñadores activos que trabajan en equipo.

3.2.11. El papel del profesorado

El profesorado es como un coach que ofrece retroalimentación durante el proceso de diseño y evalúa el producto final de diseño.

3.2.12. Proceso de evaluación

El proceso de evaluación incluye: (a) la evaluación de los/as compañeros/as de equipo durante el proceso de colaboración y (b) la evaluación del profesorado (coach/profesorado del equipo) de los productos de diseño.

1. Evaluación entre iguales: se ofrecen cuatro criterios en la rúbrica para la evaluación del proceso:
 - El modo en que se ha participado en el grupo
 - Puesta en práctica de los conocimientos de las lecciones/ programas/ bibliografía en el proyecto
 - Cumplir con los acuerdos y la planificación
 - Aportación creativa
2. Evaluación del profesorado/ coaches: el profesorado/coaches evalúa el producto final utilizando rúbricas para evaluar proyectos de diseño que incluyen cuatro dimensiones (subrúbricas) que hacen referencia a los elementos esenciales requeridos en el producto final: análisis del informe de diseño, descripción de la elección del diseño, evaluación y material y presentación.

3.3. Ejemplo de preguntas guía para facilitar el pensamiento crítico desde el curso interdisciplinar «Diseñando Educación STEM»

En este curso se ofrecen unas preguntas guía relacionadas con cada proceso del diseño para facilitar el pensamiento crítico del alumnado (véase la Tabla 3.1). Estas preguntas guía están diseñadas para facilitar el debate de los/as estudiantes en los grupos, dirigido por el/la profesor/a o tutor/a. Por ejemplo: al inicio del proceso de diseño (pasos del 1 al 3), el/la docente puede participar en los debates del alumnado para mejorar su pensamiento crítico. A partir del paso 4 del proceso, tienen que escribir los resultados de los debates junto con las pruebas en el informe de diseño. Durante el proceso de colaboración pueden dividir las tareas, pero todos son responsables del resultado final del informe de diseño.

Tabla 3.1. Preguntas guía para facilitar el pensamiento crítico en el alumnado

Proceso de diseño	Preguntas guía
1. Elegir un reto de diseño	• ¿Qué experiencia tienes?

		<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué conocimientos previos posees sobre este reto? • ¿Cuál es tu formación en la materia?
2. Acuerdos sobre planificación y cooperación	2a. Competencias en el equipo	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué competencias están presentes en tu equipo? • ¿Qué es importante para el contenido de la materia? • ¿En qué medida los miembros del equipo tienen experiencia docente? • ¿Cuáles son las competencias escritas de los miembros? • ¿Cuáles son las competencias colaborativas de los miembros? • ¿Cuáles son las competencias de planificación de los miembros?
	2b. Reparto de tareas	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los papeles y tareas de cada miembro del equipo?
	2c. Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo puedes llegar a los demás a través de las reuniones? • ¿Qué momentos son adecuados para consultar?
	2d. Documentos	¿Dónde se guardarán los documentos conceptuales?
	2e. Conceptos relevantes del mapa mental de ESCOM	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué conceptos del mapa mental de ESCOM del EME31 son relevantes para este proyecto? • ¿Quién estudiará estos conceptos? • ¿Cuándo y cómo se compartirán los resultados?
	2f. Planificación	<p>Tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contacto con el cliente - elaboración de conceptos relevantes del mapa mental - (borrador) material para estudiantes/profesores - retroalimentación sobre el material conceptual - plan de diseño conceptual/ presentación provisional - ejecución del ensayo - evaluación - presentación/ plan de diseño
3. Derechos de uso del producto de diseño	3a. Derechos	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son vuestros derechos como autores del producto de diseño? • ¿Cuáles son los principios de la reutilización o reproducción?

(Se recomienda a los estudiantes que los productos sean de acceso libre a no ser que el cliente indique lo contrario. Se recomienda que solo empleen imágenes permitidas)	3b. Publicación en Wikiwijs	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Conocéis las licencias de uso que emite la ESoE? • ¿Por qué publicar el producto de diseño en Wikiwijs? • ¿Bajo qué acuerdo de licencia se publica en Wikiwijs? • ¿Las imágenes empleadas poseen algún derecho asociado a ellas?
	4. Plan de diseño	<p>4a. Miembros del grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Quiénes son los miembros del equipo? • ¿Es un equipo multidisciplinario? <hr/> <p>4b. Cliente</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién es el cliente? <hr/> <p>4c. Análisis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Peticiones del cliente:</i> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué requisitos demanda el cliente para el diseño? Por ejemplo, si debe estar basado en la telaraña curricular. 2. <i>Recursos:</i> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué materiales educativos pueden ser parcialmente útiles para los materiales educativos que estáis diseñando o cuáles pueden inspiraros? 3. <i>Análisis del público meta:</i> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué sabéis del público al que va dirigido vuestro diseño educativo? 4. <i>Conocimientos previos:</i> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué competencias previas relevantes (conocimiento, aptitudes y actitudes) esperas que los estudiantes ya tengan adquiridas de: <ol style="list-style-type: none"> i. Educación formal ii. Educación informal <p>Indica en qué te basas.</p>

5. *Relación con la evolución de la educación transversal:*

- ¿Cómo se relaciona este proyecto con otros desarrollados en la educación científica transversal?
- ¿A qué conceptos relevantes del mapa mental de ESCOM te puedes referir?

6. *Personas y partes involucradas en el proyecto:*

- ¿Qué personas y partes están involucradas en este proyecto?
- ¿Cuáles son los papeles de las diferentes partes interesadas?
- ¿Quién participa en el diseño y con quién debe haber coordinación dentro o fuera de la escuela?
- ¿Cuáles son sus intereses/ qué papel representan?

7. *Estudiantes involucrados:*

- Describe las consideraciones sobre la conveniencia y el modo de implicar a los estudiantes en el proyecto.

4d.
Elecciones de
diseño

1. *Desafíos (cuestiones curriculares) en los que se quiere centrar esta serie de lecciones:*

- ¿Cuáles son los retos que quieres abordar con el diseño de tu lección?

- ¿Cuáles son los conceptos de esta categoría en el mapa mental? (al menos dos de los conceptos)

2. *Objetivos de aprendizaje:*

- ¿Cuáles son los objetivos de aprendizaje que se quieren alcanzar?

- ¿Cuáles son los conceptos del mapa mental? (Refiérete a, por lo menos, dos conceptos de esta categoría en el mapa mental).

- ¿Cómo determinarás si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje?

- ¿Cuál es la relación entre los objetivos de aprendizaje y los programas de examen u otros marcos pertinentes?

- ¿De qué cursos se trata?

- ¿En qué medida hay integración de cursos?

3. *Estrategia para tener en cuenta los conocimientos previos:*

- ¿Cómo piensas incluir los modelos mentales de los alumnos sobre los temas de su serie de lecciones?
-

(Utiliza el conocimiento extraído tanto de la lectura de bibliografía como de la práctica)

4. *Tener en cuenta la diversidad:*

- ¿Cómo piensas tener en cuenta la diversidad en su serie de lecciones?
- ¿Cómo piensas tener en cuenta las diferencias en la motivación por la ciencia en su serie de lecciones?

5. *Elección del enfoque de la pedagogía de la ciencia:*

a. *Pedagogía:*

- ¿Qué enfoque pedagógico has elegido para tu serie de lecciones? (remítete a un concepto del mapa mental).

b. *Consecuencias para la estructura:*

- ¿Qué significa el enfoque pedagógico elegido para la estructura del curso y su posterior elaboración? (Utiliza la telaraña curricular (<http://curriculumontwerp.slo.nl/spinnenweb>)).

6. *Utilización de las TIC:*

- ¿Cómo vas a utilizar (o no) las TIC dentro de tu serie de lecciones? (Por ejemplo, utiliza el modelo iPAC; véase <http://www.mobilelearningtoolkit.com/ipac-framework.html>).

7. *Activación y motivación de los alumnos:*

- ¿Cómo se activa y/o motiva a los alumnos en la enseñanza que has diseñado?

8. *Guía docente:*

- ¿Qué debe saber/comprender/trabajar un profesor sobre el material didáctico si no lo realizan los diseñadores?
-

3.4. Ejemplos de diseño de un curso interdisciplinario de formación del profesorado¹

En este punto, presentamos dos ejemplos de diseño locales de nuestros/as estudiantes de educación para ayudar a entender cómo se aplica el curso basado en el diseño mencionado anteriormente, en un programa de formación del profesorado.

¹ Los/as estudiantes han dado su consentimiento informado para utilizar el diseño de su producto en este capítulo.

El primer ejemplo de diseño es del curso interdisciplinario Diseñando Educación STEM, y el segundo, del curso Pedagogía de la asignatura de Investigación y Diseño.

3.4.1. Ejemplo 1: taller de diseño sobre electrotecnia

Este ejemplo fue diseñado por los estudiantes de magisterio de la ESoE, Stefan Maubach, Hester Wolf, Janna van Rosmalen, Joris Veens, Stef Voermans (Máster en Didáctica de las Ciencias y Comunicación de la ESoE) para el curso Diseñando Educación en las CTIM.

El cliente que solicitó este producto de diseño se llama EWB, para su proyecto «Escuelas del futuro: Mozambique». Este proyecto pretende capacitar a los/as adolescentes de Mozambique a través de la educación técnica y el espíritu empresarial (Escuelas del Futuro-Mozambique, 2019). Los objetivos del proyecto son despertar el interés por la ciencia y la tecnología y proporcionar a los/as adolescentes conocimientos fundamentales sobre el desarrollo técnico y social. A largo plazo, se pretende inspirar y facilitar al alumnado a que emprendan un camino de educación superior en un área técnica y animarlos a poner en práctica los conocimientos obtenidos para mejorar el bienestar de la comunidad local.

La tarea de diseño consiste en crear un nuevo taller electrónico para los/as adolescentes mozambiqueños de entre 14 y 16 años (estudiantes de secundaria). El taller debe ser práctico y acompañado de una serie de ejercicios sobre la teoría relacionada con la parte práctica. EWB también solicitó que el presupuesto por alumno fuese inferior a 15 euros para que el proyecto sea sostenible en el futuro.

El proceso de diseño está formado por cuatro pasos principales: análisis, elecciones de diseño, evaluación, producto de diseño. En el primer paso, los/as estudiantes realizaron un análisis exhaustivo de los requisitos de la tarea de diseño, de los materiales de origen disponibles y de los antecedentes educativos locales, incluyendo el sistema educativo general de Mozambique, la situación escolar del alumnado a los que va dirigido y la vida cotidiana y educación informal de estos/as. Después de este análisis inicial, los/as docentes en formación completaron la justificación del diseño inicial del taller empleando la telaraña curricular (Van Den Akker, 2003).

Motivación: inspirar a la gente para que aprenda sobre tecnología y ciencia, abordar los problemas de la comunidad, e inspirarles para que cursen estudios superiores.

Objetivos: los objetivos de aprendizaje serán diferentes para cada taller. Los módulos pueden impartirse de forma independiente, por lo que no es necesario poseer conocimientos previos de otros módulos para participar en uno.

Contenido: las clases se centrarán en la tecnología eléctrica.

Las actividades de aprendizaje incluyen experimentos prácticos, explicaciones teóricas y ejercicios en talleres modulares. Estas actividades de aprendizaje están diseñadas en consonancia con el enfoque didáctico: la educación auténtica, como aprender haciendo.

El alumnado de la Universidad Eduardo Mondlane dirigirán el taller para los/as alumnos/as de secundaria. Deben guiar a los/as estudiantes de secundaria de forma activa a lo largo del taller, ya que estos/as tienen muy pocos conocimientos previos.

Materiales y recursos: la escuela no dispone de material que pueda ser utilizado en el taller. Por tanto, hay que encargarlo todo manteniéndose en un rango de precios de 15 euros por alumno/a.

Agrupación: el alumnado con mayor nivel educativo y motivación por la tecnología son los elegidos. Estos/as estarán en su mayoría en el rango de edad de entre 14 y 16 años, pero pueden ser mayores.

Ubicación: el taller se impartirá en el instituto São Joaquim. No se espera que la escuela proporcione ningún equipo técnico.

Duración: el taller se dividirá en diferentes módulos, que variarán en cuanto a duración, dificultad y objetivos de aprendizaje.

Evaluación: los resultados del taller no se evaluarán formalmente, pero aquellos/as trabajadores/as de EWB que lleven a cabo el taller analizarán si se logran los objetivos de aprendizaje. Existe la posibilidad de mostrar los resultados en una feria científica. Por ejemplo, los/as docentes en formación tienen previsto entrevistar a los/as ejecutores del taller de EWB con una pregunta de tipo «en una escala del 1 al 10, ¿qué relevancia cree que tiene el taller para el alumnado de secundaria en Mozambique?»

Basándose en los resultados del análisis anterior, los/as estudiantes continúan explicitando sus opciones de diseño integrando perspectivas y conocimientos interdisciplinarios en el paso 2.

El resumen de las opciones de diseño

Los retos que se abordarán en el taller son la «motivación para Beta» y la «irrelevancia». Para ello, se impartirá un taller práctico y se conectará con problemas y situaciones de la vida real con las que los estudiantes puedan estar familiarizados.

Los objetivos de aprendizaje del taller son las destrezas del siglo XXI, la colaboración, la comunicación y la alfabetización tecnológica. Los/as alumnos/as aprenderán a colaborar, ya que trabajarán con otros/as estudiantes. Sus destrezas de comunicación se desarrollarán cuando presenten los resultados del taller en la feria científica. El alumnado aprenderá sobre tecnología, ya que ésta será el centro del taller.

El contenido del taller se centrará en la electrónica. Intentaremos ceñirnos al plan de estudios de física de Mozambique a la hora de decidir los objetivos finales de aprendizaje de cada módulo del taller.

Como los alumnos tienen pocos conocimientos previos, el taller se dividirá en varios módulos. De este modo, la teoría puede enseñarse a un ritmo lento. Además, para tener en cuenta sus conocimientos previos, se les pide a los/as alumnos/as que realicen una tarea antes del taller.

Para adaptarse a los distintos tipos de estudiantes, el taller será tanto práctico como teórico. Además, tienen la posibilidad de descubrir ellos/as mismos/as las posibilidades de la tecnología.

Los enfoques didácticos de la «educación auténtica» y «educación por concepto-contexto» se emplearán para motivar a los/as alumnos/as.

Evaluación de las elecciones de diseño

El paso 3 incluye las evaluaciones de las elecciones de diseño que los/as estudiantes hicieron en el paso 2. Inicialmente, los/as estudiantes formularon los supuestos y las opciones que debían evaluarse. Después, trabajaron en la formulación de métodos y herramientas para evaluar estos supuestos y opciones de diseño.

Supuestos para evaluar:

1. Un taller basado en la realidad de los/as alumnos/as contribuirá a aumentar su interés por la tecnología, ya que pueden ver directamente cómo pueden utilizar en su vida diaria los conocimientos recién adquiridos y las destrezas de desarrollo.
2. Todas las decisiones de diseño se aplican al mismo.

Decisiones de diseño para evaluar:

1. Queremos usar un taller modular para diferenciar por nivel y oportunidad.
2. El taller debe, ante todo, inspirar al alumnado a realizar carreras en tecnología y ciencia y, después, la transmisión de conocimiento.

Métodos y herramientas para evaluar los supuestos y las opciones de diseño:

Cada uno de los supuestos y opciones de diseño se evaluará en base a cuatro criterios: relevancia, consistencia, funcionalidad y eficacia. Los criterios de evaluación son ofrecidos por el profesorado/coaches, y estos métodos y herramientas de evaluación son todos diseñados por los/as docentes en formación.

Criterio de evaluación 1: relevancia

Expectativa: los/as estudiantes ven un vínculo entre el taller y su realidad, y de ahí, la relevancia del taller.

Método y herramientas

Los métodos y herramientas que se utilizan para evaluar la relevancia se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Método y herramientas para evaluar la relevancia

<i>Método</i>	<i>Herramienta</i>
Prueba o microevaluación con estudiantes neerlandeses	Encuesta realizada por estudiantes neerlandeses. Pregunta: ¿Puedes relacionar los conocimientos y las destrezas prácticas adquiridas en el taller con algo de tu vida cotidiana?
Entrevista de grupo focal con estudiantes universitarios	Entrevista con estudiantes universitarios. Pregunta: En una escala del 1 al 10, ¿qué relevancia crees que tiene el

	taller para los/as estudiantes de secundaria mozambiqueños?
Entrevista de grupo focal con clientes (ejecutores del EWB)	Entrevista con los ejecutores de EWB. Pregunta: En una escala del 1 al 10, ¿qué relevancia cree que tiene el taller para los/as estudiantes de secundaria mozambiqueños?

Criterio de evaluación 2: consistencia

Expectativa: el producto finalizado se basa en todas las opciones de diseño planteadas en el plan de diseño.

Método y herramientas: la consistencia se evaluará mediante el método de cribado. Los/as estudiantes comprobarán si la conexión entre las opciones de diseño publicadas en el plan de diseño y su producto final de diseño-taller son consistentes.

Criterio de evaluación 3: funcionalidad

Expectativa: la modularidad del taller no afecta a la capacidad de los/as estudiantes para seguir el taller en su conjunto, ni al profesorado para supervisar el taller. Incluso si el alumnado pierde un módulo, deberían poder continuar el taller y contribuir al módulo final. El nivel medio de los módulos debe ajustarse al nivel de la clase, de manera que todos/as los/as alumnos/as puedan terminar con éxito cada uno. En cuanto al profesorado, debe quedar claro cómo está estructurado el taller leyendo la guía docente, sin ninguna ayuda externa.

Método y herramientas:

Los métodos y herramientas que se utilizan para evaluar la funcionalidad se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Método y herramientas para evaluar la funcionalidad

<i>Método</i>	<i>Herramienta</i>
Prueba o microevaluación con estudiantes neerlandeses	Observación. Qué observar: ¿se atascan los alumnos durante un módulo si no han hecho otro módulo determinado? ¿En qué medida (1-10) participan los/as alumnos durante el taller?

Prueba o microevaluación con el/la docente de los/as estudiantes neerlandeses/as	Entrevista con el/la profesor/a de los/as alumnos/as neerlandeses/as. Pregunta: ¿cómo calificaría (de 1 a 10) la participación media de sus alumnos/as durante una clase normal y el taller? Si algunos alumnos no participan bien, ¿cree que se debe al nivel del taller o al nivel o carácter del alumno/a?
Grupo de discusión con estudiantes universitarios	Entrevista con los/as estudiantes de la Universidad. Pregunta: ¿qué sección de la guía docente te ha resultado más difícil de entender? ¿Por qué crees que fue difícil de entender? ¿Hay partes demasiado difíciles que puedan hacer fracasar el taller? ¿Qué porcentaje del manual del/la profesor/a te ha resultado más fácil de utilizar?

Criterio de evaluación 4: efectividad

Expectativa: los/as estudiantes están más interesados en la tecnología y la ciencia después del taller.

Método y materiales:

El método y las herramientas que se utilizan para evaluar la efectividad se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Método y herramientas para evaluar la efectividad

<i>Método</i>	<i>Herramienta</i>
Prueba o microevaluación con estudiantes neerlandeses	Encuesta: pide a los/as alumnos/as que califiquen (de 1 a 10) su interés por la tecnología y la ciencia antes y después del taller. Deja que expliquen por qué hay o no hay diferencia
Prueba o microevaluación con alumnado neerlandés	Entrevista con alumnado universitario. Pregunta: ¿crees que este taller aumentará el interés de los/as estudiantes de secundaria mozambiqueños por la ciencia y la tecnología? (en una escala que va de nada, poco, algo a mucho) Pregunta: ¿este taller te habría hecho interesarte más por la ciencia y la tecnología cuando estabas en el instituto?
Grupo de discusión con alumnado universitario	Pregunta: ¿crees que este taller aumentará el interés de los/as estudiantes de secundaria mozambiqueños por la ciencia y la tecnología? (en una escala de nada a mucho).

El paso 4 es el producto de diseño: el taller diseñado se llama «construir un coche eléctrico» y consta de seis módulos. Estos seis módulos pueden verse como seis productos de diseño conectados para el público (futuros/as profesores de secundaria y sus alumnos/as de secundaria). Como los seis módulos se crearon de forma independiente, un/a estudiante de secundaria no tiene que completar el primer módulo para poder participar en el segundo. Sin embargo, cada módulo incluye un resumen del contenido por si el/la estudiante necesita unos conocimientos básicos previos.

Módulo 1: Electrónica, sensores y actuadores

Módulo 2: El motor eléctrico

Módulo 3: Combinación de circuitos

Módulo 4: El coche eléctrico

Módulo 5: ¡Al taller!

Módulo 6: Feria científica

Para este taller, los/as estudiantes diseñaron una guía del estudiante y una guía docente. La guía docente (81 páginas), uno de los productos de diseño destinado a orientar a los/as profesores para que este taller sea un éxito para los/as alumnos. La guía docente comienza con consejos y trucos para la enseñanza (para motivar al alumnado) y le siguen seis módulos del taller. La guía del alumno/a (67 páginas) consta de seis módulos y una «lista de errores comunes que se cometen cuando falla un circuito» para ayudar a los/as alumnos/as a diagnosticar y resolver los problemas autónomamente. En cada módulo de la guía del alumno/a se indica qué contenido pertenece a la parte teórica, a la parte práctica y a la parte de normas de seguridad. La Figura 3. 4 muestra un ejemplo de la hoja del estudiante para guiar a los alumnos en la construcción de su primer circuito eléctrico como paso previo a la construcción de un coche eléctrico.

Practical: Make your first electrical circuit
 In this practical you will learn how to make an electrical circuit.

Materials:

- Battery pack
- Jumper wires
- Button
- 220 Ω Resistor
- LED

What to do?

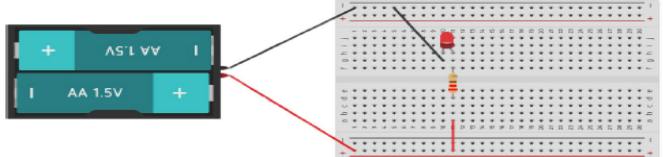



Figure 1.2. Circuit LED

 **Make sure you keep in mind the safety rules.**

1. Put the LED somewhere in the breadboard, it does not matter where.
2. Grab the resistor and make sure it connects the negative side/short pin of the LED to the other side of the breadboard.
3. Connect the positive side/long pin of the LED to the plus side of the breadboard.
4. Connect the resistor to the minus side of the breadboard.
5. Connect the plus side of the battery to the plus side of the breadboard you used and the minus side of the battery to the minus side of the breadboard you used.
6. If you have done everything right, your LED should be lit up.

Well done, you made your first electrical circuit!

Figura 3.1. Hoja del estudiante «Construye tu primer circuito eléctrico»

Los productos de diseño y los talleres están pensados para ser diseñados de forma interdisciplinar. Debido a la falta de acceso al plan de estudios de las asignaturas en Mozambique, la integración de múltiples asignaturas es difícil para los/as estudiantes de educación. Además, el enfoque solicitado en la electrónica en combinación con los recursos limitados hace difícil incluir otras materias en el taller. Por ello, los/as docentes en formación optaron por diseñar los productos-talleres dirigidos principalmente a la electrónica, e integrarlos en otras asignaturas en la medida de lo posible. También optaron por combinar la física y las matemáticas, como el trabajo con fórmulas. Además, decidieron diseñar productos-talleres independientes de la infraestructura de las TIC, porque en las escuelas de Mozambique hay escasez de herramientas multimedia y tecnológicas.

3.4.2. Ejemplo 2: una herramienta de diálogo para promover el aprendizaje autodirigido del alumnado

En este proyecto de diseño, los/as docentes en formación del Bernice d'Anjou y Nine Sellier diseñaron una herramienta de diálogo como un nuevo método para los diálogos de retroalimentación para promover el aprendizaje autodirigido. La herramienta

está dirigida a los/as estudiantes de la asignatura de secundaria neerlandesa «Investigación y Diseño (I+D)».

Investigación y Diseño (I&D) es una asignatura relativamente nueva en la educación secundaria neerlandesa que se introdujo en 2004. Los centros de secundaria pueden optar por ofrecer esta asignatura a sus alumnos/as en los niveles de HAVO (educación secundaria general superior) y VWO (educación preuniversitaria) durante todos los años (5 para HAVO y 6 para VWO). La I+D es comparable con la educación internacional en las STEM. El curso I&D es transversal, lo que significa que incluye temas de los cursos más clásicos de Países Bajos, como matemáticas, física, química y biología, en el curso basado en proyectos. Lo imparten profesores de distintas especialidades que sólo actúan como tutores. Los estudiantes de I+D trabajan en grupos en proyectos sobre problemas del mundo real que suelen resolver los/as profesionales de STEM. Al utilizar sus métodos y tener un intenso contacto con los/as profesionales de STEM, los/as estudiantes pueden hacerse una idea de las oportunidades de esta carrera. A diferencia de los cursos más clásicos, que se centran más en el desarrollo de conocimientos, los proyectos están diseñados para ayudar al alumnado a mejorar sus destrezas. Los/as estudiantes desarrollan sus competencias a lo largo del tiempo reflexionando sobre sus proyectos, de modo que están bien preparados para los estudios orientados a las STEM en las universidades (aplicadas).

Los/as estudiantes trabajan en grupo en proyectos sobre problemas del mundo real. En los tres primeros años se organizan proyectos de I+D para estos/as. Después, los proyectos son organizados por los/as propios/as estudiantes. De este modo, se apropian de sus proyectos. Estos terminan con una presentación a la clase, al profesor y a la empresa. El proyecto se califica por el producto entregado, pero también por el proceso. A lo largo de los años, los proyectos se vuelven más exigentes a medida que los estudiantes desarrollan sus competencias, que pueden considerarse destrezas del siglo XXI.

A continuación, mostramos un ejemplo de «herramienta de diálogo» creada por los/as docentes en formación. El prototipo de la «herramienta de conversación» se creó a partir de una revisión bibliográfica sobre el aprendizaje autodirigido, entrevistas con cuatro profesores de I+D y observaciones de clases de I+D actuales en dos centros educativos diferentes. El producto final del diseño se denomina

«herramienta de conversación» y tiene como objetivo establecer una relación más intensa con los/as alumnos/as durante las conversaciones de retroalimentación con el profesor (véase la Figura 3.5). Esta herramienta de conversación consta de un tablero, fichas para los/as alumnos/as y el profesor, tarjetas de respuesta con preguntas de ejemplo para individuos y grupos, y hojas de reflexión. A través de un tablero físico, fichas y tarjetas de retroalimentación, tanto los/as alumnos/as como el/la profesor/a contribuyen al tema de conversación. Las tarjetas de retroalimentación constan de varias preguntas a diferentes niveles de retroalimentación centradas en los individuos, en las que se presenta al alumnado y al profesorado un espectro de opciones de retroalimentación. Los/as estudiantes pueden documentar los resultados de las conversaciones de retroalimentación en hojas de reflexión (véase la Figura 3.6). Al final, el funcionamiento de esta herramienta de conversación en la práctica se puede visualizar en las Figuras 3.2 y 3.3.

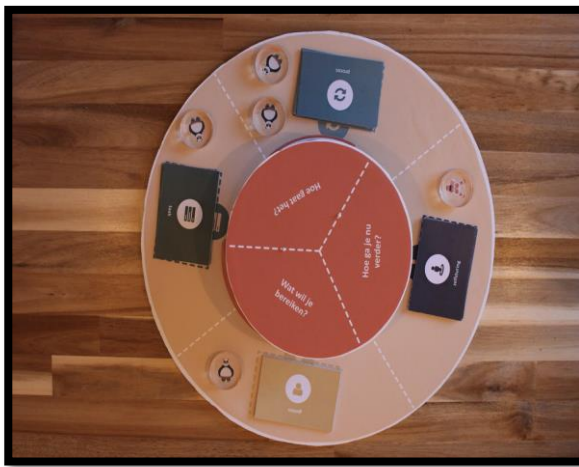


Figura 3.2. Producto de diseño - herramienta de conversación y **Figura 3.3.** Producto de diseño - hojas de reflexión

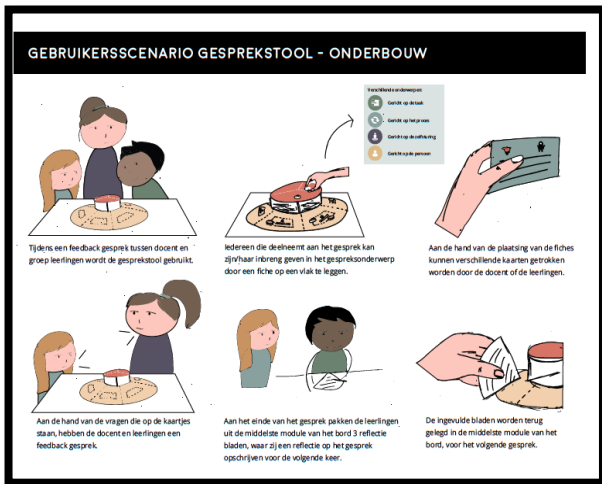


Figura 3. 4. y Figura 3. 5. Producto de diseño: cómo funciona en la práctica

Referencias

Van den Akker, J. 2003. Curriculum perspectives: An introduction. In *Curriculum landscapes and trends*, ed. J. van den Akker, W. Kuiper and U. Hameyer, 1–10. Dordrecht: Kluwer Academic.

CAPÍTULO 4

Integración del pensamiento crítico y las prácticas científicas en la pedagogía basada en el diseño

Blanca Puig, Beatriz Crujeiras, Inés Mosquera-Bargiela & Paloma Blanco-Anaya

Universidade de Santiago de Compostela (USC)

4.1. Integrando el pensamiento crítico y las prácticas científicas

Las actividades propuestas en este capítulo brindan algunos ejemplos de pedagogía basada en el diseño en términos de cómo crear situaciones y/o problemas de la vida real en el que el alumnado debe enfrentar diversos desafíos de diseño que requieren que movilicen destrezas de pensamiento crítico (PC), prácticas científicas e integren conocimientos de diferentes disciplinas científicas.

Sugerimos que se deben considerar tres cuestiones principales al diseñar y/o implementar actividades pedagógicas interdisciplinarias basadas en el diseño para el desarrollo del PC:

1) *El grado de dificultad en el ejercicio de PC puede diferir en diversos contextos y puede depender del proceso de etapa/desafío de diseño. De acuerdo con las dimensiones de nuestra propuesta de PC, evaluar los argumentos de los/as compañeros/as (PC para la negociación entre pares) puede ser menos difícil que evaluar la información proporcionada por los medios; o aplicar PC al diseño de un artefacto/producto puede ser más difícil que explicar cómo el diseño de un producto ayuda a resolver un problema de la vida real.*

2) *La participación exitosa en la pedagogía basada en el diseño requiere la articulación de PC y prácticas científicas por parte de los/as estudiantes, así como la integración del conocimiento científico de diversas disciplinas (conexiones interdisciplinarias). Los/as docentes deben informar al alumnado sobre ejemplos específicos de lo que significa esta integración. Por ejemplo, en la actividad 1, después de completar los experimentos, el/la profesor/a puede hacer que los/as alumnos/as reflexionen sobre el papel de las pruebas empíricas y el PC para llegar a una conclusión razonable sobre los diferentes efectos de la homeopatía y los antibióticos.*

Nuestra hipótesis es que un mejor desempeño en PC y prácticas científicas resultará en un artefacto/producto de diseño más sofisticado y una participación más exitosa de los/as estudiantes en el proceso de diseño. Basamos nuestra hipótesis en los resultados de la literatura que muestran que los/as estudiantes logran mejores resultados en las disciplinas científicas cuando se involucran en el aprendizaje de la ciencia a través de prácticas científicas. En el caso de la modelización, en estudios realizados en nuestro grupo de investigación (RODA), encontramos que existe una relación entre un mejor modelo material y un mejor desempeño en las operaciones de modelización y argumentación en diversos contextos (Blanco Anaya et al., 2019; Puig et al., 2017). En cuanto a la indagación, la participación de los/as estudiantes en esta práctica proporciona mejores diseños experimentales (Crujeiras-Pérez & Jiménez-Aleixandre, 2017) y les permite transferir conocimientos científicos a contextos de la vida real (González & Crujeiras-Pérez, 2016).

En la educación interdisciplinaria, estas relaciones no han sido examinadas explícitamente. Aunque estudios como el de Yu et al. (2020) investigan las relaciones entre el conocimiento científico, PC y el design thinking a través de la modelización, no abordan explícitamente la participación de los/as estudiantes en esta práctica y el papel del PC. Sin embargo, hay estudios que destacan los desafíos de los/as estudiantes al aplicar conocimiento científico del contenido al diseño de ingeniería a través de la indagación (Vieira et al., 2018) y en el uso de conocimientos matemáticos y científicos en el modelado del producto de diseño (Magana, 2017). Por lo tanto, el siguiente paso del proyecto nos permitirá abordar nuestra hipótesis inicial implementando las actividades en la formación inicial de maestros/as de primaria en la USC.

3) *La evidencia del progreso del alumnado en PC puede ser necesaria para que los/as estudiantes sean conscientes de su competencia en PC.* Esto implica que PC debe ser parte del proceso de evaluación. Un ejemplo de cómo integrar este proceso de evaluación es hacer que los/as estudiantes identifiquen su propia práctica con PC y productos y preguntarles las posibles relaciones entre ellos. Halpern (2014) sugirió un modelo para enseñar PC que consta de cuatro componentes, con un componente metacognitivo para evaluar el pensamiento. A continuación, los/as estudiantes crearán sus propios productos de diseño y entornos de aprendizaje en el siguiente paso. Esta etapa del proyecto nos permitirá ver si involucrar a los/as estudiantes en

PC hace explícitas las destrezas realizadas a través de la pedagogía basada en el diseño.

4.2. Actividades para el desarrollo de PC y prácticas científicas en la pedagogía interdisciplinaria basada en el diseño

En esta sección, proporcionamos algunas pautas para la integración del PC en la pedagogía basada en el diseño interdisciplinario y algunas actividades fueron desarrolladas y/o adaptadas por las autoras de este informe en función de los resultados de la revisión de la literatura y nuestra investigación previa sobre PC. Específicamente, basamos nuestro trabajo en el proyecto CRITHINKEDU (Dominguez et al., 2018) en el que expertos/as internacionales de diversos países europeos trabajaron juntos en el desarrollo de un protocolo educativo para introducir el PC en la educación superior. Este protocolo proporciona algunas pautas útiles para los/as docentes y se basa en dos afirmaciones principales (Elen et al., 2019): 1) los/as estudiantes desarrollarán su PC al participar explícitamente en actividades de aprendizaje adecuadas; 2) volverse más fuerte en PC requiere un compromiso repetido en los procesos de PC. Esto implica que el PC debe practicarse continuamente en la pedagogía/educación interdisciplinaria basada en el diseño al permitir que los/as estudiantes piensen críticamente y participen en actividades abiertas como productos de diseño que invitan al alumnado a discutir y practicar destrezas de PC. La tabla 4.1 resume algunas dimensiones del desarrollo del PC en STEM/actividades interdisciplinarias que se refieren a: metas de aprendizaje, contexto y ambiente de aprendizaje, rol de los/as estudiantes y guía del docente. Consideramos que estas dimensiones son importantes, si bien para las actividades basadas en el diseño, la atención sobre cómo conseguir el desarrollo de PC durante el proceso de diseño es fundamental.

Tabla 4.1. Dimensiones para el desarrollo de PC en Pedagogía Basada en Diseño.

Dimensiones y subdimensiones	Características/Descripción
Metas de aprendizaje y Diseño de Planificación	Hacer explícito el desafío del diseño/productos y la necesidad de ejercitar el PC para involucrarse en el proceso de diseño a través de la articulación de prácticas científicas. Incluir el PC en los objetivos de aprendizaje.

	Encontrar objetivos de aprendizaje que apoyen la integración y conexión de conocimientos interdisciplinarios.
Integración del PC	El PC se integra utilizando un enfoque mixto para integrar tres dimensiones del conocimiento científico (ideas centrales, conceptos transversales y prácticas científicas/de ingeniería). Por lo tanto, el PC debe integrarse en las actividades, pero también debe hacerse explícito para que los/as estudiantes entiendan qué es y cómo se usa.
Enfoque pedagógico basado en el diseño	PBL (aprendizaje basado en problemas): el desafío de diseño requiere que el alumnado genere un producto para resolver un problema/dilema del mundo real, integrando conocimientos de diversas disciplinas y prácticas científicas y de PC.
Tipo de tarea	Las tareas abiertas y poco estructuradas son apropiadas para la práctica del PC en articulación con prácticas científicas y de ingeniería.
Duración de la tarea	Intervenciones/actividades a medio y largo plazo
Contexto de diseño/ambiente de aprendizaje	
<i>Múltiples perspectivas (MP)</i>	Fomentar puntos de vista diferentes e incluso opiniones contradictorias entre los/as estudiantes.
<i>Voz crítica (VC)</i>	Hacer que los/as estudiantes piensen que cuestionar las opiniones de otros/as estudiantes es beneficioso y necesario.
<i>Razonamiento basado en evidencia y pensamiento interdisciplinario (EI)</i>	Fomentar el uso de diversas piezas de datos/pruebas que requieren conocimientos de diversas disciplinas.
<i>Toma de decisiones (TD)</i>	La tarea requiere tomar decisiones críticas basadas en razones y conocimientos de diversas disciplinas.
<i>Meta-reflexión sobre conocimientos y destrezas de PC (MR)</i>	La tarea involucra a los/as estudiantes en pensar sobre su conocimiento y en su PC. ¿Qué sé sobre esto y qué necesito articular?
<i>Discernir entre información y opiniones (DIO)</i>	Utilizar criterios para evaluar la información de los medios y distinguir entre lo real y lo falso.
<i>Negociación entre pares (NP)</i>	Las tareas y el entorno de aprendizaje requieren que los/as estudiantes discutan e interactúen entre sí. Durante la negociación entre pares, deben evaluar los argumentos proporcionados por sus compañeros/as de clase.
<i>Incertidumbre (IN)</i>	El contexto/actividad ayuda a los/as estudiantes a ver que los conocimientos, las ideas y las posiciones son

		condicionales y no definitivas, por lo que se ejercita el PC.
Papel de los/as estudiantes		Completar los desafíos/productos de diseño conectados.
Guía de los/as docentes		El/la docente enseña a los/as estudiantes a pensar críticamente. El/la docente plantea preguntas abiertas y se proporciona ayuda/retroalimentación de acuerdo con las demandas de los/as estudiantes.
Proceso de evaluación		El PC se integra en el proceso de evaluación al proporcionar a los/as estudiantes pruebas sobre la integración y conexión del conocimiento interdisciplinario y su desarrollo de PC de acuerdo con los objetivos de aprendizaje.

4.2.1. Actividad 1: Diseño de un experimento para discernir entre la medicina convencional y la homeopatía.

Esta actividad aborda el PC en la educación en pseudociencias, en particular, el uso de la homeopatía para prevenir o tratar enfermedades. La actividad diseñada por Puig et al. (2020) se implementó en la formación del profesorado de primaria y fue publicada en una revista española de educación científica ampliamente reconocida en la comunidad de educación científica.

La importancia de abordar temas relacionados con la pseudociencia: según los/as autores de la tarea (Puig et al., 2020), la pseudociencia incluye todas las propuestas que pretenden ser científicas y explican fenómenos, pero sin apoyarse en la evidencia científica. En los últimos años, las pseudoterapias como la homeopatía han ganado cada vez más atención en nuestra sociedad, tal y como lo demuestra la pandemia de Covid-19. Esto enfatizó la necesidad de diseñar intervenciones que promuevan el desarrollo del PC y el conocimiento epistémico sobre la ciencia de acuerdo con la realidad (García-Molina, 2015), haciendo uso de la perspectiva de la naturaleza de la ciencia.

Integración interdisciplinaria: esta actividad incluye diferentes áreas de conocimiento relacionadas no solo con el conocimiento científico sino también con el conocimiento epistémico de la ciencia. Por lo tanto, el conocimiento científico es necesario para completar la tarea. En particular, se requieren conocimientos de

biología sobre los microorganismos y la salud para comprender el objetivo y los resultados del diseño experimental (etapas 1 y 2) y conocimientos químicos, como la molaridad o la concentración y el efecto de la dilución, para comprender la naturaleza de homeopatía y desarrollar el producto homeopático (etapa 3). El conocimiento de ingeniería también es importante para el diseño del experimento para demostrar si la homeopatía es eficaz en el tratamiento de enfermedades, mientras que el conocimiento matemático está presente tanto durante la recolección e interpretación de los datos para llegar a conclusiones en el experimento como durante la explicación del significado de la dilución antes de crear el producto homeopático. El conocimiento tecnológico también se utiliza en esta actividad, especialmente al final de la etapa 3, cuando se requiere que los/as participantes actúen como asesores de revistas y escriban y envíen correos electrónicos con consejos sobre si usar o no la homeopatía para tratar una enfermedad.

Dimensiones y desarrollo del PC

La tabla 4.2 especifica las dimensiones del desarrollo del PC en una actividad con el objetivo de presentar cómo el PC se operacionaliza en el diseño y orientar a los/as docentes en su implementación.

Tabla 4.2. Dimensiones de PC en la actividad 1

Metas aprendizaje	de	- Ejercer el PC para distinguir la homeopatía de la medicina convencional.
y		
Diseño Planificación	de	- Pensar deliberadamente en la integración y conexión de diferentes conocimientos y qué prácticas se necesita aplicar para diseñar un experimento, así como un producto homeopático para asesorar sobre la elección entre la homeopatía o la medicina convencional. - Identificar qué destrezas de PC se movilizaron durante las diferentes etapas de la tarea.
Integración del PC		Se pregunta a los/as estudiantes qué se requiere para ser un pensador crítico cuando se enfrenta a un dilema entre la homeopatía y la medicina convencional. El/la docente hace que los objetivos de PC sean explícitos para el alumnado y les pide que identifiquen sus propias destrezas de PC después de completar sus productos de diseño y discutir si un buen producto de diseño depende de un mejor desempeño en PC o no.

Enfoque pedagógico basado en el diseño	<p>Los/as estudiantes se enfrentan a un desafío de diseño relacionado con el dilema “¿<i>tratamientos convencionales o terapias pseudocientíficas?</i>” a través de la elaboración de un experimento que muestre sus diferentes efectos, y la creación de un producto homeopático en el contexto de brindar algunos consejos para elegir el mejor tratamiento para una determinada enfermedad.</p> <p>La indagación se practica cuando los/as estudiantes deben diseñar un experimento y la argumentación se articula cuando deben proporcionar consejos basados en pruebas empíricas.</p>
Tipo de tarea	Tarea abierta, de indagación guiada y argumentación. La tarea implica utilizar el PC para construir un argumento convincente para un consejo específico y, como resultado, decidir entre la homeopatía y la medicina convencional para tratar una enfermedad.
Duración	4 sesiones de 1 hora
Ambiente de aprendizaje	de <i>MP; VC; EI; TD; MR; DIO; NP</i>

En las dos primeras etapas de la actividad, los/as estudiantes están capacitados para pensar críticamente sobre el dilema de la homeopatía o la medicina convencional. La primera etapa promueve que los/as estudiantes 1) manejen diferentes opiniones sobre la homeopatía y 2) observen e interpreten los resultados del experimento realizado. La segunda etapa involucra el uso de razonamiento basado en pruebas para comparar los resultados empíricos con su hipótesis inicial. La tercera etapa mejora el PC para diseñar un producto homeopático como una forma de comprender cómo se fabrican. La etapa cuatro, la metarreflexión, anima a los/as estudiantes a pensar en el conocimiento de PC requerido para llevar a cabo y resolver diferentes tareas.

Etapas de la actividad

Etapas de la actividad

Etapas de la actividad

Etapas de la actividad

Esta etapa tiene como objetivo introducir un desafío de diseño relacionado con este dilema, “¿*Tratamientos convencionales o terapias pseudocientíficas?*” y requiere que los/as estudiantes piensen en cómo diseñar un experimento para ver los efectos de las terapias convencionales frente a las alternativas. El/la docente presenta el caso

de la homeopatía, sin dar información sobre su eficacia y funcionamiento, solo como un ejemplo de pseudoterapia.

Preguntas planteadas a los/as estudiantes:

1) ¿Estás familiarizado con el término "tratamiento convencional"? ¿Y qué es exactamente una terapia alternativa? ¿Podrías dar algún ejemplo?

2) ¿Podemos probar experimentalmente la diferencia entre un tratamiento convencional y una terapia alternativa? ¿Cómo lo harías?

Después de discutir estas preguntas, los/as estudiantes realizan el experimento. El/la profesora proporciona a los/as alumnos los materiales necesarios para el experimento y les hace reflexionar sobre el procedimiento en pequeños grupos.

-Materiales: 4 placas Petri con cultivo, 1 disco de amoxicilina (antibiótico), 1 pastilla de compuesto homeopático.

-Durante el experimento, se etiquetan cuatro placas de Petri: dos son placas de control y dos son tratadas (una con un disco de amoxicilina y otra con un compuesto homeopático). El/la profesor/a explica qué es una muestra de control (Figura 4.1).

-Formulación de hipótesis previas: ¿Qué crees que va a pasar? Los/as alumnos/as deben tratar de expresar sus hipótesis iniciales sobre lo que va a pasar en cada una de las placas.

Procedimiento: después de que los/as estudiantes hayan compartido sus ideas, el profesor contrasta el procedimiento requerido con los grupos.

1. Los/as estudiantes con las manos sucias tocan 3 placas Petri (1 placa de control, 2 placas tratadas).
2. Con las manos limpias tocan 1 placa Petri (control)
3. Colocar el disco de amoxicilina en el centro de la placa.
4. Colocar el compuesto homeopático en el centro de la placa.
5. Colocar las 4 placas en la estufa (Figura 4.2).



Figura 4.5. Explicación del/la docente sobre la prueba de control. Imagen de Puig et al. (2020)



Figura 4.6. Placas Petri (Puig et al., 2020).

Etapa 2. Uso de las pruebas para evaluar hipótesis y construir argumentos

El propósito de esta etapa es involucrar a los/as estudiantes en un proceso de revisión de la etapa anterior para analizar sus resultados, revisar sus hipótesis y sacar conclusiones. Los/as alumnos/as comprueban sus resultados experimentales, formulan sus conclusiones y las contrastan con sus hipótesis iniciales.

Preguntas guía:

1. a) ¿Qué observas?
2. b) ¿Los resultados coinciden con lo que esperabas?
3. c) ¿Se cumplen tus hipótesis anteriores?
4. d) ¿A qué conclusión llegas?
5. e) ¿Qué aprendiste de este experimento?

Etapa 3. Producir y probar un producto homeopático

La homeopatía es una práctica basada en realizar diluciones seriadas del principio activo que, en la mayoría de los casos, es el mismo que la sustancia que provocó la enfermedad (Abellán et al., 2014). En este punto, los estudiantes deben usar su PC para identificar la composición del complejo homeopático contra la amoxicilina analizando la información en los folletos. Además, se les pedirá que diseñen ellos mismos un producto de homeopatía.

Los productos homeopáticos se basan en el principio de que las altas diluciones de moléculas potencialmente activas conservan la memoria de la sustancia original (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2009). Por lo tanto, se anima a los/as estudiantes a reproducir el procedimiento en el laboratorio. Como el proceso de dilución puede resultarles desconocido, el/la docente puede mostrárselo con una solución de yodo y yodo potásico, un compuesto familiar para los/as estudiantes que se utiliza como antiséptico. Este ejemplo les ayuda a ver cómo el color naranja de esta solución desaparece con el proceso de dilución.

Preguntas planteadas a los/as estudiantes:

Echa un vistazo a los folletos en la imagen (se proporcionarán). Uno corresponde a productos de medicina convencional y el otro a un producto de homeopatía. ¿Qué folletos dirías que corresponden al producto de homeopatía? ¿Por qué? ¿Cuál es el principio activo de cada producto?

Una vez que se identifica el principio activo en un producto de homeopatía, en pequeños grupos, se creará un producto de homeopatía utilizando el mismo principio activo.

2.1) Antes de crear su propio producto, se le ilustra con una dilución de permanganato de potasio (Ver Figura 4.3).

2.2) Diseñar y crear un producto de homeopatía (líquido).

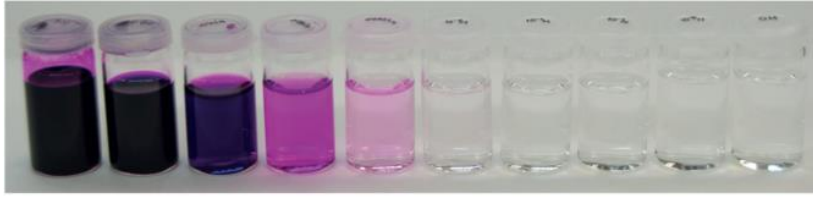


Figura 4.7. Fotografía que ilustra el proceso de sucesivas diluciones de permanganato potásico en agua (Abellán et al., 2014).

El/la docente puede utilizar una solución de yodo y yodo potásico para el mismo fin.

- Ahora que ha diseñado un producto homeopático, 3.1) ¿Qué podrías decir sobre su eficacia en el tratamiento de enfermedades? 3.2) ¿Podrías suponer por qué estos productos todavía están en el mercado/a la venta? 3.3) Imagina que trabajas como asesor de una revista de salud y recibes una pregunta de un lector que te pide consejo para elegir entre la homeopatía y los medicamentos convencionales para tratar su dolor de garganta. Escribe un correo electrónico con tus consejos.

Etapa 4. Reflexiones y análisis críticos

Para que los/as estudiantes reflexionen sobre su PC y dominio de conocimiento, la última parte les exige reflexionar sobre su propia práctica de acuerdo con las prácticas científicas requeridas y movilizadas en las diferentes etapas de la tarea.

La tabla 4.3 contiene una variedad de destrezas y disposiciones de PC. De acuerdo con las definiciones proporcionadas (ver Apéndice A), la reflexión consiste en hacer que los/as estudiantes respondan cuál(es) aplicaron durante la actividad y los marquen en la tabla con una cruz. Los/as estudiantes podrían responder a las siguientes preguntas:

- ¿En la etapa inicial? (cuando la indagación les permite comprobar su hipótesis)
- ¿En la segunda etapa? (cuando la argumentación juega un papel central en la evaluación del proceso de indagación)
- ¿En la tercera etapa? (cuando la argumentación es clave para desarrollar el consejo).

Tabla 4.3. Destrezas y disposiciones de PC (Facione, 1990; Facione & Facione, 1992)
 Consulte las definiciones en el Apéndice A.

Destrezas	Disposiciones
Interpretación	Búsqueda de la verdad
Análisis	Mente abierta
Inferencia	Analítico/a
Evaluación	Sistemático/a
Explicación	Autoconfianza
Autorregulación	Inquisitivo/a
	Madurez cognitiva

Con todo el grupo, los/as estudiantes comparan las destrezas y disposiciones articuladas durante la tarea y discuten estas preguntas: 1) ¿En qué etapas articuló más destrezas y disposiciones de PC? 2) ¿Existe relación entre el mejor desarrollo de la tarea y el mejor desempeño en el PC? 3) ¿Qué necesitamos mejorar para ser un buen pensador crítico?

¿Qué podemos esperar de los/as estudiantes y docentes al utilizar la pedagogía basada en el diseño en otra actividad?

Se espera que los/as estudiantes tengan un papel activo durante el desarrollo de la actividad. Deben diseñar un experimento, crear un producto homeopático y brindar algunos consejos sobre la elección de la medicina homeopática o convencional para tratar una enfermedad en particular en base a las pruebas empíricas.

El papel del/la docente consiste en explicar qué significa el PC en la teoría y en la práctica, y por qué es importante para enfrentar problemas/dilemas complejos. El/la profesor/a debe hacer explícitos los objetivos de PC y ayudar a los/as estudiantes a identificar sus destrezas de PC en función de las categorías proporcionadas basadas en el marco de Facione. Además, el/la docente puede animar a los/as estudiantes a probar sus ideas frente a otras alternativas durante la tarea, así como proporcionar andamiaje cuando lo soliciten.

4.2.2. Actividad 2: ¿Cómo afecta el calentamiento global a los cambios en los niveles del mar?

Esta actividad se basa en un diseño publicado recientemente por los investigadores Vendrell et al. (2021) en una revista española de educación científica muy utilizada por profesores/as de secundaria en nuestro país y en recursos educativos de la NASA (accesible en: <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/whats-causing-sea-subida-de-nivel-hielo-terrestre-vs-hielo-marino/>)

La importancia de los temas relacionados con el océano como la subida del nivel del mar: la actividad presenta un desafío de diseño al tratar un problema de gran importancia para comprender el papel del océano y el impacto del calentamiento global sobre él. Los niveles del mar pueden cambiar durante largos períodos de tiempo debido a factores naturales, como el movimiento de las placas tectónicas. Sin embargo, dado el cambio climático, el nivel medio global del mar aumentó entre 11 y 16 cm en el siglo XX (Kulp & Strauss, 2019). El aumento del nivel del mar es uno de los signos más claros del calentamiento global. Esto aumentaría la incidencia de las llamadas "inundaciones de 100 años", el término utilizado para definir una inundación que estadísticamente tiene un 1% de probabilidad de ocurrir en un año determinado (Mulhern, 2020). Gran parte de la población mundial vive cerca de las zonas costeras y estos escenarios son susceptibles a peligros naturales como cambios en el nivel del mar e inundaciones continuas.

Integración interdisciplinaria: los proyectos y programas de alfabetización oceánica se han centrado en desarrollar actividades dirigidas a la educación interdisciplinaria. El aumento del nivel del mar es un problema complejo que requiere una adecuada comprensión e integración de conocimientos de diversas disciplinas científicas (física, química, matemáticas, geología, etc.) cuyas soluciones involucran prácticas tecnológicas y de ingeniería.

Dimensiones y desarrollo de PC

La tabla 4.4 especifica las dimensiones del desarrollo de PC en la actividad 2 para mostrar cómo se operacionaliza el PC y guía a los/as docentes en su implementación.

Tabla 4.4. Dimensiones del PC en la actividad 2

Metas de aprendizaje y	- Ejercer el PC para identificar y explicar los fenómenos del aumento del nivel del mar y crear un modelo para comprender sus posibles causas y consecuencias.
Diseño de Planificación	<p>- Aplicar el PC para diseñar un producto que ayude a centrarse en el desafío de diseño para investigar inundaciones debido al aumento del nivel del mar en un lugar en particular.</p> <p>- Pensar detenidamente qué conocimientos y prácticas necesitará aplicar para usar un modelo que explique el problema del aumento del nivel del mar y diseñar un artefacto para contener las inundaciones en un lugar afectado.</p> <p>- Identificar qué destrezas de PC se movilizaron durante las diferentes etapas de la tarea.</p>
Integración del PC	<p>-Se pregunta a los/as estudiantes qué se necesita para ser un pensador crítico con el fin de abordar el problema del aumento del nivel del mar.</p> <p>- El/la profesor/a hace que los/as alumnos identifiquen sus propias destrezas de PC durante la modelización y después de diseñar sus propios artefactos. Requiere que los/as estudiantes discutan si un buen producto de diseño depende de la integración y conexión de diferentes conocimientos.</p>
Enfoque pedagógico basado en el diseño	<p>Los/as estudiantes deben abordar el desafío de las inundaciones en un área particular mediante el diseño de un producto que integre conocimientos de ingeniería, matemáticas y ciencias.</p> <p>La modelización se ejercita explicando las causas y consecuencias del problema del aumento del nivel del mar, creando un modelo material y la argumentación se integra explícitamente durante toda la tarea.</p>
tipo de tarea	Tarea poco estructurada y abierta: requiere el uso del PC para explicar cómo el aumento del nivel del mar afecta varias áreas costeras, así como tomar decisiones abiertas y razonadas para diseñar un producto que ayude en la prevención de inundaciones y daños potenciales causados por el aumento del nivel del mar en un lugar específico.
Duración	6 sesiones o más de 1 hora
Ambiente de aprendizaje	<i>MP; VC; EI; TD; MR; DIO; NP; IN.</i>

La actividad requiere poner en práctica el PC en varias etapas. Los/as estudiantes deben trabajar y compartir sus puntos de vista en pequeños grupos durante la tarea. El PC se fomenta en todas las actividades para considerar perspectivas múltiples y la

negociación entre pares. El PC también es necesario para: a) observar, identificar y analizar las principales causas y posibles consecuencias del aumento del nivel del mar; b) tomar decisiones críticas para crear un modelo que muestre los efectos del derretimiento de los polos en el aumento del nivel del mar; c) hacer predicciones y evaluarlas con base en los productos de diseño (modelos) y usando el razonamiento basado en pruebas; d) metarreflexión, es decir, pensar en lo que saben y necesitan saber sobre el nivel del mar y el calentamiento global para ser buenos pensadores críticos; e) hacer frente a eventos inciertos como los relacionados con el calentamiento global.

Etapas de la actividad

Etapas de la actividad

Esta etapa requiere la identificación del nivel del mar en las áreas locales de los/as participantes, así como la ubicación interactiva de las áreas costeras afectadas por el aumento del nivel del mar en sus países. Con este objetivo, se proporciona un recurso en línea, accesible en www.coast.climatecentral.org, en el que un mapa de ubicación permite a los/as estudiantes realizar la búsqueda de forma interactiva, obteniendo datos precisos.

Preguntas planteadas a los estudiantes:

- 1) ¿Qué entendemos por el nivel local del mar? ¿Y el nivel global del mar? ¿Cómo podemos medirlos?

- 2) Gran parte de la población mundial vive en áreas costeras y estas áreas son susceptibles a peligros como inundaciones. ¿Qué opinas sobre las causas del aumento del nivel del mar? Explica tu respuesta. Puede ayudarles con el vídeo “27 Year-Sea Level Rise”, accesible en: <https://sealevel.nasa.gov/resources/118/video-27-year-sea-level-rise/>

- 3) ¿Es tu ciudad/pueblo o región susceptible de sufrir inundaciones? ¿Qué regiones son las más afectadas por el aumento del nivel del mar en tu país? (ubicación del mapa)

Después de la ubicación del mapa, los/as estudiantes deben buscar información sobre las áreas más afectadas por el aumento del nivel del mar y los datos disponibles que apuntan a las posibles causas y consecuencias.

Etapas 2. Experimentación y modelización

El objetivo de esta etapa consiste en hacer reflexionar al alumnado sobre cómo se produce la subida del mar al responder a la siguiente pregunta: ¿Qué efecto tiene el derretimiento de los polos sobre el nivel del mar? Los/as estudiantes participan en el diseño de un experimento para explicar cómo sucede esto.

El experimento implica desarrollar un modelo bien establecido en la educación científica, similar al que se muestra en <https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-melting-ice-causes-sea-level-rising>, con el fin de responder a algunas preguntas. En lugar de dar a los/as estudiantes los pasos para construir el modelo, es importante alentarlos a pensar en cómo pueden demostrar que el nivel del mar está aumentando debido al derretimiento de los polos.

Preguntas para resolver en pequeños grupos:

- ¿Cómo son los polos? (hielo terrestre/hielo marino)
- ¿Cómo demostrarías cómo afecta el derretimiento de los polos a la subida del nivel del mar?

Debe considerar los siguientes puntos:

- ¿Podemos esperar diferencias en el derretimiento de los polos? Haz tus predicciones.
 - Variables: volumen de agua líquida y sólida, aumento del nivel del mar, temperatura, tiempo.
 - Material.
 - Procedimiento.
- Una vez diseñado el experimento, se debe ejecutar, y los/as estudiantes deben registrar, con la ayuda de una regla para medir el nivel del agua (en milímetros),

después y antes del derretimiento (Figura 4.4). Con los datos elaboran un gráfico para interpretar los resultados.

- Resultados y conclusiones. Después del experimento, ¿qué puedes decir sobre las consecuencias del derretimiento? ¿Hay alguna diferencia entre los polos?

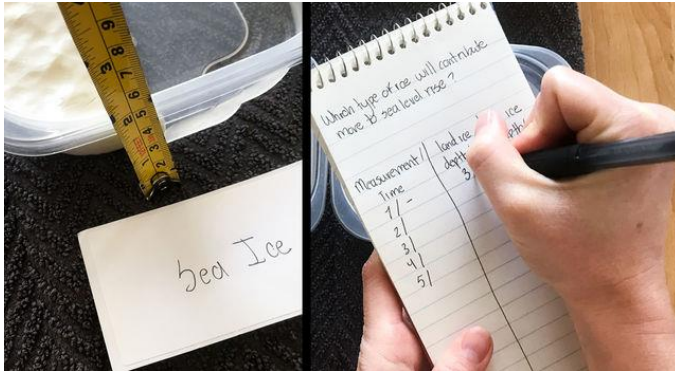


Figura 4.8. Imágenes del experimento.

(Fuente: <https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-melting-ice-causes-sea-level-rise/>)

Finalmente, para contribuir al PC de los/as estudiantes surge una pregunta: Siendo el hielo de la Antártida el responsable del aumento del nivel del mar, ¿deberíamos cuidarlo si el Ártico se derrite? ¿Por qué?

Etapa 3. Desarrollar un proyecto para resolver el problema del aumento del nivel del mar en su región

Después de profundizar en el tema, la parte final de la actividad tiene como objetivo que los/as estudiantes apliquen sus destrezas de PC para encontrar soluciones que mitiguen los efectos del aumento del nivel del mar en varios lugares. Para hacerlo, deben crear un artefacto (un producto o mecanismo de diseño) inspirado en las compuertas de Venecia en pequeños grupos. Es una tarea compleja que requiere el análisis e integración de conocimientos de diversos dominios: biología (flora y fauna), geología, matemáticas (para analizar mapas, escala), geografía, tecnología (materiales a utilizar).

Pasos que guían la actividad:

1) Como ejemplo, podemos utilizar las compuertas de Venecia para evitar que el nivel del mar afecte a la ciudad. Para obtener más información, lea la noticia "Venice

test brings up floodgates for the first time" (10 de julio, BBC) (<https://www.bbc.com/news/world-europe-53361958>)

2) Encuentra un área cercana a usted que se verá afectada por el aumento del nivel del mar en un futuro próximo. Puede obtener apoyo de coaster.climatecentral.org.

3) Diseñar y presentar un artefacto (dibujándolo y con una explicación) para evitar daños importantes a esta región causados por el aumento del nivel del mar. Debe justificar por qué es necesario evitar el aumento del nivel del mar en esta región y considerar cómo afectará el artefacto a la región (población, flora y fauna).

Una vez que todos los grupos hayan completado sus productos de diseño, los presentarán a sus compañeros/as y determinarán cuál encaja mejor en esa región según los criterios establecidos por los/as estudiantes. Este paso promueve el PC ya que el alumnado debe discutir sobre qué diseño es el mejor.

El elegido como mejor artefacto será construido a escala.

Etapas 4. Reflexiones y análisis críticos

Para que los/as estudiantes reflexionen sobre su PC y dominio de conocimiento, la última parte requiere que reflexionen sobre su propia práctica de acuerdo con las prácticas científicas requeridas en las diferentes etapas de la tarea. Consulte la Tabla 4.3 para conocer las destrezas y disposiciones de PC (consulte el Apéndice A para ver las definiciones). La reflexión consiste en:

1. Reflexiones sobre el contenido de la actividad: ¿Qué conocimientos aplicaste a la actividad? ¿Te sentiste confiado en tus conocimientos?
 2. Reflexiones sobre tu PC. La siguiente tabla (ver Tabla 4.3) contiene una variedad de destrezas y disposiciones de PC. ¿Cuál de las definiciones provistas (ver Apéndice A) aplicaste a la actividad? Por favor, márcalos con una cruz en la tabla.
- ¿En la primera etapa? (cuando la argumentación juega un papel central)
 - ¿En la segunda etapa? (cuando la indagación y la modelización son necesarios para diseñar un experimento y proporcionar un modelo explicativo)

- ¿En la tercera etapa? (cuando la modelización y la argumentación interactúan para crear un diseño para controlar el aumento del nivel del mar).

Con todo el grupo, los/as estudiantes comparan las destrezas y disposiciones articuladas durante la tarea y discuten estas preguntas: 1) ¿En qué etapas articulaste más destrezas y disposiciones de PC? 2) ¿Existe una relación entre un mejor diseño y rendimiento en el PC? En otras palabras, ¿tener más destrezas te ayuda a crear un mejor diseño? 3) ¿Qué necesitamos mejorar para ser un buen pensador crítico?

¿Qué podemos esperar de los estudiantes y docentes al utilizar la pedagogía basada en el diseño en otra actividad?

Se espera que el alumnado tenga un papel activo durante el desarrollo de la actividad. Debe crear un modelo y completar un producto de diseño.

El papel del/a docente consiste en explicar qué significa el PC en la teoría y en la práctica, y por qué es importante para enfrentar problemas/dilemas complejos. El/la docente debe hacer explícitos los objetivos de PC y ayudar a los/as estudiantes a identificar sus propias destrezas de PC en función de las categorías basadas en el marco de Facione (consulte el Apéndice A). Además, el/la docente puede animar a los/as alumnos/as a probar sus ideas frente a otras alternativas durante la tarea, así como proporcionar un andamiaje para satisfacer las demandas específicas de estos/as.

Apéndice A. Definiciones de destrezas y disposiciones de PC

La definición de cada habilidad es:

Análisis: "identificar las relaciones inferenciales previstas y reales entre declaraciones, preguntas, conceptos, descripciones u otras formas de representación destinadas a expresar creencias, juicios, experiencias, razones, información u opiniones". (Facione, 1990, p. 17)

Explicación: "declarar los resultados del propio razonamiento; justificar ese razonamiento en términos de las consideraciones probatorias, conceptuales, metodológicas, críticas y contextuales en las que se basaron los propios resultados; y presentar el propio razonamiento en forma de argumentos convincentes". (Facione, 1990, p. 21)

Evaluación: "evaluar la credibilidad de declaraciones u otras representaciones que son relatos o descripciones de la percepción, experiencia, situación, juicio, creencia u opinión de una persona; y para evaluar la fuerza lógica de las relaciones inferenciales reales o previstas entre declaraciones, descripciones, preguntas u otras formas de representación". (Facione, 1990, p. 18)

Inferencia: "identificar y asegurar los elementos necesarios para sacar conclusiones razonables; formular conjeturas e hipótesis; considerar información relevante y deducir las consecuencias que se derivan de datos, declaraciones, principios, pruebas, juicios, creencias, opiniones, conceptos, descripciones, preguntas, u otras formas de representación". (Facione, 1990, p. 19)

Interpretación: "comprender y expresar el significado o significado de una amplia variedad de experiencias, situaciones, datos, eventos, juicios, convenciones, creencias, reglas, procedimientos o criterios". (Facione, 1990, p. 16)

Autorregulación: "controlar conscientemente las propias actividades cognitivas, los elementos utilizados en esas actividades y los resultados deducidos, particularmente mediante la aplicación de destrezas de análisis y evaluación a los propios juicios inferenciales con el objetivo de cuestionar, confirmar, validar o corregir ya sea el razonamiento de uno o los resultados de uno". (Facione, 1990, p. 22)

Las disposiciones se describen a continuación:

Búsqueda de la verdad: "estar ansioso por buscar el mejor conocimiento en un contexto dado, valiente al hacer preguntas y honesto y objetivo al realizar investigaciones, incluso si los hallazgos no respaldan los intereses propios o las opiniones preconcebidas". (Facione et al., 1995, p.8)

Mente abierta: "tolerante de puntos de vista divergentes y sensible a la posibilidad del propio sesgo". (Facione et al., 1995, p.6)

Analítico: "premiar la aplicación del razonamiento y el uso de la evidencia para resolver problemas, anticipando posibles dificultades, conceptuales o prácticas, y estando constantemente alerta a la necesidad de intervenir". (Facione et al., 1995, p.7)

Inquisitivo: "la curiosidad intelectual y el deseo de aprender, incluso cuando la aplicación del conocimiento no es evidente". (Facione et al., 1995, p.6)

Madurez cognitiva: "abordaje de problemas, indagación y toma de decisiones con la sensación de que algunos están necesariamente mal estructurados, algunas situaciones admiten más de una opción plausible y muchas veces los juicios deben ser hecho con base en estándares, contextos y pruebas que impiden la certeza". (Facione et al., 1995, p.9)

Autoconfianza: "confiar en la solidez de los propios juicios razonados y en la inclinación a conducir a otros en la resolución racional de los problemas". (Facione et al., 1995, p.8)

Sistematicidad: "ser organizado, ordenado, centrado y diligente en la investigación". (Facione et al., 1995, p.7)

Referencias

- Blanco Anaya, P., Díaz de Bustamante, J., & Mendonça, PCC (2019) Las destrezas argumentativas en la evolución de modelos en una actividad de geología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3105
- Crujeiras-Pérez, B., & Jiménez-Aleixandre, MP (2017). Compromiso de estudiantes de secundaria en la planificación de investigaciones: resultados de un estudio longitudinal en España. *Investigación y práctica de la educación química*, 18, 99-112.
- Elen, J., Verburgh, A., Jiang, L. y Dumitru, DE (2019). Promoción del pensamiento crítico en las instituciones europeas de educación superior: hacia un protocolo educativo. En C. Domínguez & R. Payan-Carreira (Eds.). Vila Real: UTAD.
- González Rodríguez, L., & Crujeiras Pérez, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2018>
- Halpern, DF (2014). *Pensamiento y conocimiento: una introducción al pensamiento crítico* (5ª ed.). Nueva York: Prensa de psicología.
- Magaña, AJ (2017). Modelado y simulación en la educación en ingeniería: una progresión de aprendizaje. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 143(4), 04017008
- Puig, B., Castiñeiras, D., & Pérez Maceira, JJ (2020). ¿Tratamientos convencionales o terapias alternativas? Comprobamos la ineficacia de la homeopatía [¿Tratamientos convencionales o terapias alternativas? Demostramos la ineficacia de la homeopatía]. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 99, 43-48.
- Vieira, C., Seah, YY y Magana, AJ (2018). Estrategias de experimentación de los estudiantes en diseño: ¿son suficientes los datos del proceso? *Aplicaciones informáticas en la enseñanza de la ingeniería*, 26, 1903-1914. <https://doi.org/10.1002 /cae.22025>
- Yu, K., Wu, P. y Fan, S. (2020). Relaciones estructurales entre el conocimiento científico, el pensamiento crítico, el proceso de diseño de ingeniería y el producto de diseño de estudiantes de secundaria. *Revista Internacional de Educación en Ciencias y Matemáticas*, 18(6), 1001-1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>

CAPÍTULO 5

Prácticas de Evaluación en Pedagogía Basada en Diseño:

Una visión general de las experiencias europeas y las direcciones futuras

Eleonora Concina y Michele Biasutti

Universidad de Padua

5.1. Prácticas de evaluación en la pedagogía basada en el diseño

El análisis actual de las principales cuestiones relacionadas con las prácticas de evaluación en la pedagogía basada en el diseño aplicada a la educación STEM ha sido guiado por algunas preguntas, como las mencionadas en la sección de Introducción: 1) ¿Qué se debe evaluar? 2) ¿Cómo evaluar el objetivo de aprendizaje y el proceso de aprendizaje? 3) ¿Cuál es el papel de los/as estudiantes en el proceso de evaluación?

La primera pregunta, *¿Qué se debe evaluar?*, se ha centrado en lo que se debe considerar como objetos del proceso de evaluación. En esta perspectiva, la evaluación del aprendizaje debe considerar no solo los contenidos disciplinarios y las destrezas relacionadas, sino también las destrezas y destrezas transversales que se necesitan para encontrar soluciones a los problemas de la vida real. Además, se deben considerar cuestiones como enfrentar situaciones desafiantes con un enfoque flexible, transformar el conocimiento y cooperar con los pares para alcanzar un objetivo común (Berasategi et al., 2020; Rudybiani et al., 2020). La segunda pregunta, *¿Cómo evaluar el objetivo de aprendizaje y el proceso de aprendizaje?*, puede encontrar posibles respuestas: la forma en que se puede evaluar la consecución de estos objetivos de aprendizaje es integrando las tareas de evaluación propuestas tradicionalmente en clase para la asignación de notas (pruebas, exámenes escritos y orales,...) con actividades que puedan implicar a los/as alumnos/as en la reflexión sobre soluciones complejas, muy similares a problemas que podrían experimentar en contextos de la vida real (Mehrabi Boshradi & Hosseini, 2020). Las tareas basadas en problemas, los proyectos colaborativos y las discusiones, los grupos focales y las simulaciones pueden ofrecer las condiciones adecuadas para poner a prueba las destrezas de los estudiantes. Las herramientas TIC pueden ser

útiles en la planificación de tareas de evaluación que estimulen al alumnado a pensar de forma interdisciplinar sobre los contenidos y destrezas que han adquirido en clase (Tmiova & Sus, 2020). La naturaleza pedagógica de estas tareas también ofrece una respuesta para la tercera pregunta, *¿Cuál es el papel de los/as estudiantes en el proceso de evaluación?*, lo que implica un papel más activo de los/as educandos/as, que tienen que desarrollar destrezas de autorregulación y actitudes reflexivas hacia su proceso de aprendizaje. Todos estos elementos de innovación requieren que los/as docentes estén preparados para implementarlos y adoptarlos adecuadamente dentro de sus aulas. Es crucial proponer oportunidades de desarrollo profesional para docentes y educadores, para ayudarlos a desarrollar la conciencia y enseñar y evaluar competencias.

5.2. Aplicación de la pedagogía basada en el diseño en la Universidad de Padua

Actualmente en la Universidad de Padua se vienen implementando proyectos interdisciplinarios, con particular referencia a la formación de docentes. Biasutti y El-Deghaidy (2012) propusieron una actividad colaborativa interdisciplinaria para futuros/as maestros/as de primaria, quienes tienen que diseñar un proyecto interdisciplinario. El objetivo de esta tarea era promover el logro de la competencia principal de gestión del conocimiento y ayudar a los/as estudiantes a reflexionar críticamente sobre su proceso de aprendizaje y sus resultados. La tarea se desarrolló online, a través de la plataforma Moodle y utilizando herramientas como Wiki. La actividad tuvo una duración aproximada de cinco semanas, donde los/as participantes pudieron trabajar de forma asíncrona. Se les pidió que planificaran un proyecto interdisciplinario que pudiera aplicarse en la escuela primaria o preparatoria, respetando algunos criterios específicos: el título; un breve resumen del proyecto (abstract); las disciplinas involucradas, que deben incluir disciplinas STEM; curso involucrado; número de horas (clases); fases de implementación; objetivos: competencias; contenidos de las actividades; estrategias de enseñanza/aprendizaje; herramientas/material y tareas de evaluación de los/as estudiantes. Los resultados mostraron que los/as participantes desarrollaron todas las destrezas y competencias que se incluyen en el proceso de gestión del conocimiento. Asimismo, mejoraron su actitud para pensar críticamente, trabajar en colaboración y valorar y respetar el trabajo de los/as demás.

En la Universidad de Padua, se propondrá un enfoque interdisciplinario aplicado a algunas disciplinas, incluidas las disciplinas STEM, en un curso académico para la formación de profesores de primaria. La unidad de investigación de Padua en el año académico 2021/2022 implementará una serie de iniciativas dentro del proyecto P2D Erasmus+. Estas iniciativas se propondrán a los alumnos del Grado de Maestro/a en Educación Primaria. En particular, se propondrán actividades de diseño pedagógico a estudiantes de los primeros años a quienes se les pedirá que diseñen actividades educativas a nivel interdisciplinario considerando una disciplina STEM y otra materia del plan de estudios. El curso en el que se propondrán las actividades formativas será un curso de Metodología con un total de 9 ECTS e incluirá a más de 200 maestros/as en formación. Las actividades de diseño se llevarán a cabo en el segundo semestre y tendrán como objetivo el desarrollo de destrezas relacionadas con el diseño interdisciplinario con especial énfasis en las disciplinas STEM y destrezas transferibles como el pensamiento crítico (PC) y la pedagogía basada en el diseño. Las actividades se basarán en el marco de la pedagogía basada en el diseño con un enfoque centrado en el/la alumno/a, y adoptarán estrategias de aprendizaje colaborativo y basado en proyectos, animando a los/as estudiantes a reflexionar sobre los contenidos y las relaciones entre disciplinas trabajando en colaboración. Las actividades pedirán al alumnado que se enfrenten a situaciones reales que encontrarán en su futura actividad profesional educativa. El desarrollo de las destrezas antes mencionadas se medirá a través de herramientas estandarizadas y pruebas de evaluación especialmente construidas por el equipo de investigación de Padua. Los objetivos de aprendizaje se centrarán en mejorar las destrezas de PC de los/as estudiantes, las actitudes para trabajar en colaboración y las destrezas para resolver problemas. La consecución de los objetivos de aprendizaje se evaluará con instrumentos desarrollados específicamente para esta tarea. El plan de actividades se informa en detalle a continuación.

5.2.1 Objetivos de aprendizaje y diseño de planificación

- Completar los desafíos de diseño/productos;
- Reflexionar sobre los contenidos del curso;
- Seleccionar la información considerando la tarea específica;

- Aplicar los contenidos del curso a tareas de la vida real considerando el contexto específico y las características de la situación;
- Integrar contenidos de diferentes materias en una perspectiva interdisciplinar;
- Considerando diferentes aspectos al mismo tiempo;
- Trabajar en colaboración para alcanzar un objetivo común.

5.2.2. Enfoque de pedagogía basada en el diseño

- Aprendizaje basado en proyectos, en el que los/as estudiantes deben involucrarse en el diseño de un producto que pueda aplicarse en una clase de escuela primaria;
- Enfoque centrado en el/la alumno/a, para animarlos/as a asumir un papel activo en su proceso de aprendizaje.

5.2.3. Tipo de tarea

- Después de completar los productos de diseño, los/as estudiantes deben trabajar en pequeños grupos (de 2 a 4 miembros) para planificar un módulo didáctico que podría implementarse en educación primaria. El módulo debe basarse en una perspectiva interdisciplinaria, proponiendo tareas que deben vincular diferentes disciplinas para presentar un tema específico a los/as estudiantes. El módulo reflexionará sobre cómo el alumnado conecta un entorno de aprendizaje para diseñar desafíos/productos. Los/as estudiantes definirían los objetivos de aprendizaje y la tarea adecuada para promover su logro, indicando también las estrategias docentes y las prácticas de evaluación que se utilizarían.

5.2.4. Duración

- El curso tendrá una duración de un semestre. El proyecto de diseño se propondrá a los/as alumnos/as después de la primera parte del curso, teniendo tres semanas para asistir a los talleres y crear el proyecto. Finalmente, completarán módulos de aprendizaje.

5.2.5. Múltiples perspectivas (MP)

- Destrezas de PC
- Destrezas para resolver problemas
- Competencias metacognitivas
- Destrezas de trabajo en equipo

5.2.6. Estrategias de enseñanza:

- Clases magistrales, clases teóricas de presentación de los contenidos de la asignatura.
- Talleres de trabajo; más práctico e interactivo, presentar la metodología para diseñar el proyecto, analizar el contexto educativo en el que se implementaría, seleccionar los temas principales, definir los objetivos de aprendizaje, las competencias que se promueven, la duración, las actividades, las estrategias docentes y de evaluación. Tareas de aprendizaje colaborativo, donde los/as estudiantes tienen que cooperar para la elaboración del proyecto asignado.

5.2.7. Proceso de evaluación

- Los productos de diseño fueron evaluados considerando el PC (ver Capítulo 2 y 3). Como se explicó en el Capítulo 4, el razonamiento basado en pruebas desempeñará un papel importante en la evaluación de los productos de diseño.
- El proceso de diseño se evaluará en términos de competencias promovidas a través de un cuestionario sobre la autogestión del conocimiento (ver Capítulo 6).
- El logro de los contenidos del curso se evaluará con actividades como ensayos escritos y la evaluación cualitativa del producto final de la tarea colaborativa, en términos de presencia de todos los indicadores necesarios para una unidad didáctica para educación primaria, originalidad, contextualización adecuada de la propuesta, nivel de integración de varias tareas, nivel de integración de los diferentes temas considerados. La evaluación cualitativa del producto de diseño se discutirá con los/as estudiantes, para ayudarlos a desarrollar competencias de autoevaluación. El/la docente utilizará una rúbrica para

evaluar el proceso de diseño y el desarrollo de destrezas de PC (consulte el Capítulo 6).

- El nivel de competencias transversales adquiridas incluirá aspectos como el PC, la autoeficacia y el aprendizaje autorregulado que se evaluarán con instrumentos cerrados específicos (ver Capítulo 6). Más específicamente, considerando el PC, se desarrollará un cuestionario, basado en otros instrumentos existentes para evaluar las destrezas de reflexión, [e.g., el Cuestionario de Reflexión de Kember et al. (2000)].
- El entorno de aprendizaje (módulo) será evaluado por cómo se implementa la pedagogía basada en el diseño utilizando el marco de actividad presentado en el Capítulo 4 (ver Capítulo 6).

Referencias

- Berasategi, N., Aróstegui, I., Jaureguizar, J., Aizpurua, A., Guerra, N., & Arribillaga-Iriarte, A. (2020). Interdisciplinary learning at University: Assessment of an interdisciplinary experience based on the case study methodology. *Sustainability*, 12(18), 7732.
- Biasutti, M. & EL-Deghaidy, H. (2015). Interdisciplinary project based learning: an online wiki experience in teacher education, *Technology, Pedagogy and Education*, 24 (3), 339-355. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2014.899510>
- Rudibyani, R. B., Perdana, R., & Elisanti, E. (2020). Development of Problem-Solving-Based Knowledge Assessment Instrument in Electrochemistry. *International Journal of Instruction*, 13(4).
- Tmienova, N. P., & Sus, B. B. (2020). Technologies improving for knowledge and skills assessing of students of physical and mathematical specialties in e-learning. *Information Technologies and Learning Tools*, 78(4), 163-176.

CAPÍTULO 6

Marco de actividad y evaluación de P2D

Todos los socios

Todos los capítulos de este libro ofrecen una revisión de la pedagogía basada en el diseño relacionada con los objetivos del proyecto P2D (Progresión y Pedagogía del Diseño: Contextualización de la Pedagogía basada en el Diseño en los Programas de Formación Docente). El Capítulo 1 presentó la necesidad de una nueva definición (Conocimiento Pedagógico del Contenido Basado en el Diseño [DPCK]) después de revisar los estudios de pedagogía basada en el diseño con un enfoque bibliométrico. El Capítulo 2 subrayó la escasez de desafíos de diseño poco estructurados, complejos y dinámicos. Si bien se sumó a la escasez de ejemplos en los estudios europeos de formación docente, el Capítulo 3 enfatizó que los productos de diseño digital se usan comúnmente en la educación K-12. El Capítulo 4 revisó el PC de los estudios de educación disciplinarios y STEM (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas). El Capítulo 5 también examinó los estudios de educación STEM desde el punto de vista de la evaluación. En conexión con los capítulos anteriores, el Capítulo 4 y el Capítulo 5 agregaron nuevas dimensiones a la brecha en la formación docente.

En el siguiente año académico, los socios del proyecto P2D investigarán esta brecha en cuatro universidades diferentes. En el capítulo final, nos gustaría resumir nuestras ideas para el marco de actividad y evaluación.

6.1. Marco de actividades P2D

El marco de actividad de P2D fue desarrollado por nuestros socios en la Universidad de Santiago de Compostela (USC). El marco fue revisado en varias reuniones y otros socios también actualizaron sus actividades existentes utilizando el marco de actividades presentado en la Tabla 6.1.

Tabla 6.3. Marco de actividades P2D: dimensiones para el desarrollo de PC en la pedagogía basada en el diseño

Dimensiones y subdimensiones	Características/Descripción
Metas de aprendizaje	Hacer explícito el desafío del diseño/productos y la necesidad de ejercitar el PC para involucrarse en el

&	proceso de diseño a través de la articulación de prácticas científicas.
Diseño de Planificación	Incluir el PC en los objetivos de aprendizaje. Encontrar objetivos de aprendizaje que apoyen la integración y conexión de conocimientos interdisciplinarios.
Integración del PC	El PC se integra utilizando un enfoque mixto para integrar tres dimensiones del conocimiento científico (ideas centrales, conceptos transversales y prácticas científicas/de ingeniería). Por lo tanto, el PC debe integrarse en las actividades, pero también debe hacerse explícita para que los/as estudiantes entiendan qué es y cómo se usa.
Enfoque pedagógico basado en el diseño	PBL (aprendizaje basado en problemas): el desafío de diseño requiere que el alumnado genere un producto para resolver un problema/dilema del mundo real, integrando conocimientos de diversas disciplinas y prácticas científicas y de PC.
Tipo de tarea	Las tareas abiertas y poco estructuradas son apropiadas para la práctica del PC en articulación con prácticas científicas y de ingeniería.
Duración de la tarea	Intervenciones/actividades a medio y largo plazo
Contexto de diseño/ambiente de aprendizaje	
<i>Múltiples perspectivas (MP)</i>	Fomentar puntos de vista diferentes e incluso opiniones contradictorias entre los/as estudiantes.
<i>Voz crítica (VC)</i>	Hacer que los/as estudiantes piensen que cuestionar las opiniones de otros/as estudiantes es beneficioso y necesario.
<i>Razonamiento basado en evidencia y pensamiento interdisciplinario (EI)</i>	Fomentar el uso de diversas piezas de datos/pruebas que requieren conocimientos de diversas disciplinas.
<i>Toma de decisiones (TD)</i>	La tarea requiere tomar decisiones críticas basadas en razones y conocimientos de diversas disciplinas.
<i>Meta-reflexión sobre conocimientos y destrezas de PC (MR)</i>	La tarea involucra a los/as estudiantes en pensar sobre su conocimiento y pensar en su PC. ¿Qué sé sobre esto y qué necesito articular?

<i>Discernir información opiniones (DIO)</i>	<i>entre y</i>	Utilizar criterios para evaluar la información de los medios y distinguir entre lo real y lo falso.
<i>Negociación pares (NP)</i>	<i>entre</i>	Las tareas y el entorno de aprendizaje requieren que los/as estudiantes discutan e interactúen entre sí. Durante la negociación entre pares, deben evaluar los argumentos proporcionados por sus compañeros/as de clase.
<i>Incertidumbre (IN)</i>		El contexto/actividad ayuda a los/as estudiantes a ver que los conocimientos, las ideas y las posiciones son condicionales y no definitivas, por lo que se ejercita el PC.
Papel de los estudiantes		Completar los desafíos/productos de diseño conectados.
Guía de los profesores		El profesor enseña a los/as estudiantes a pensar críticamente. El profesor plantea preguntas abiertas y se proporciona ayuda/retroalimentación de acuerdo con las demandas de los/as estudiantes.
Proceso de evaluación		El PC se integra en el proceso de evaluación al proporcionar a los/as estudiantes pruebas sobre la integración y conexión del conocimiento interdisciplinario y su desarrollo de PC de acuerdo con los objetivos de aprendizaje.

6.2. Marco de evaluación P2D

La mayor diferencia del proyecto P2D es cambiar el énfasis en completar los productos de diseño para crear un entorno de aprendizaje en torno a los productos de diseño. Estudios previos enfocados principalmente en completar productos de diseño. Este proyecto tiene como objetivo cambiar el énfasis en el entorno de aprendizaje creado en torno a los productos de diseño. Al aplicar la pedagogía del diseño, diferentes programas de formación docente evaluarán cómo los/as futuros/as docentes pueden completar los desafíos de diseño al crear un entorno de aprendizaje.

En nuestras reuniones bimensuales, como grupo discutimos continuamente cómo podemos crear una nueva herramienta de evaluación que mida los productos de diseño junto con los entornos de aprendizaje. Nuestra propuesta de evaluación

presentada en la Tabla 6.2 es un esfuerzo conjunto. Utilizando el marco de actividades de P2D y las preguntas planteadas por los socios de la Universidad Tecnológica de Eindhoven (TU/e) y la Universidad Dokuz Eylul, creamos un marco de evaluación genérico. Este nuevo marco de evaluación proporcionó una hoja de ruta detallada para los/as formadores/as de docentes en el proceso de diseño. El marco de evaluación de P2D comienza con la creación de desafíos de diseño y continúa con el proceso de diseño (Paso 1 a 7). Al evaluar el ambiente de aprendizaje, decidimos enfatizar más el PC y el Paso 8 presenta las preguntas para el ambiente de aprendizaje. El marco de evaluación de P2D finaliza con la evaluación de los entornos de aprendizaje interdisciplinario alineados con el PC. Tal como lo presentaron los socios de la Universidad de Padua, estos son nuestros esfuerzos iniciales y probaremos estas ideas y ofreceremos nuevas herramientas de evaluación durante la implementación.

Tabla 6.4. Marco de evaluación P2D para la pedagogía basada en el diseño

Paso 1 Orientación

¿Por qué necesitamos/queremos un desafío de diseño?

¿Qué queremos lograr (objetivos de aprendizaje y/u objetivos organizacionales)?

¿Qué se sabe de la literatura sobre los desafíos del diseño?

Paso 2 Análisis del grupo objetivo

¿Para quién diseñamos un desafío de diseño?

¿Cuál es el nivel esperado de los/as estudiantes involucrados?

¿Qué experiencia tienen los/as alumnos/as en este tipo de proyectos?

Paso 3 Requisitos

¿Cómo se puede hacer interdisciplinar?

¿Es el pensamiento crítico un objetivo de aprendizaje?

¿A qué tipo de desafío apuntamos (estático-dinámico; muy estructurado- poco estructurado; simple-complejo)?

¿Qué otros requisitos deben cumplir el curso?

Paso 4 Evaluación de ejemplos

¿Qué ejemplos de desafíos de diseño/cursos basados en diseño conocemos?

¿Cómo se ajustan o no a nuestro propósito?

Paso 5 Desarrollo de desafíos de diseño

Hacer una lista de posibles asignaciones/formas de trabajar

Paso 6 Elegir la mejor opción

¿Cuál de las ideas del paso 5 es la más prometedora o se ajusta mejor a los requisitos?

Paso 7 Ciclo de comentarios y pruebas (Recibir comentarios sobre la versión del concepto y mejorar los productos)

¿Cuáles son tus restricciones de diseño?

¿Qué parámetros crees que serán efectivos para tu diseño?

¿Qué pruebas tienes de que está trabajando en estos parámetros?

¿Qué criterios utilizas antes de decidir qué diseño es mejor?

¿Qué materiales, destrezas y herramientas utilizas para crear el prototipo?

¿Cómo garantizas la calidad de tu prototipo y determinas si satisface su objetivo original?

¿Cómo puedes mejorar este producto en el futuro? / ¿Es ya es bueno, qué podría ser mejor?

¿Qué has aprendido de los diseños de otros desarrollados para el mismo desafío?

Paso 8 Planificación del entorno de aprendizaje que respalda la pedagogía basada en el diseño

Describir la configuración del entorno de aprendizaje. Detallar los documentos del curso (descripción de la tarea/guía de estudio/herramientas de evaluación/manual del profesor/etc.). Encontrar objetivos de aprendizaje que apoyen la integración y conexión de conocimientos interdisciplinarios. Incluir el PC en los objetivos de aprendizaje.

Preparación: ¿Qué recursos se necesitan (materiales/espacio)? Preparar a los/as docentes para su enseñanza (¿qué formación necesita el profesorado?)

¿Cómo integrar las tres dimensiones del conocimiento científico (ideas disciplinares, conceptos transversales y prácticas científicas/de ingeniería)?

¿Cómo incluir el PC y conexiones interdisciplinarias en el ambiente de aprendizaje?

- ¿Cómo fomenta el ambiente de aprendizaje diferentes puntos de vista e incluso opiniones conflictivas entre los/as estudiantes?
 - ¿Cómo apoya el ambiente de aprendizaje las opiniones en desarrollo de los/as estudiantes de diferentes disciplinas?
 - ¿Cómo fomenta el entorno de aprendizaje el uso de datos/pruebas que requiere conocimientos de diversas disciplinas?
 - ¿De qué manera las actividades requieren tomar decisiones críticas basadas en razones y conocimientos de diferentes disciplinas?
 - ¿Cómo involucran las tareas a los/as estudiantes para que piensen sobre su conocimiento y sobre su PC?
 - ¿Cómo ayudan las diferentes tareas a los/as estudiantes a articular sus ideas de diferentes disciplinas?
 - ¿Cómo requieren las tareas/actividades que los/as estudiantes discutan e interactúen entre sí?
 - ¿Cómo ayudan las tareas/actividades a los/as estudiantes a ver que los conocimientos, las ideas y las posiciones son condicionales y no definitivos en diferentes disciplinas?
-