

Material didáctico sobre la Selección de Procesos de Fabricación

María Dolores Martínez-Rivero^{*a} Pedro M. Hernández-Castellano^a,
María Dolores Marrero-Alemán^a, Luis Suárez-García^a

^a Grupo de Innovación Educativa Ingeniería de Fabricación, ULPGC,
Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, ESPAÑA 35017

RESUMEN

En el Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se detectaron carencias en el alumnado relacionadas con la capacidad de seleccionar un proceso de fabricación adecuado para sus diseños, pese a que impartían varias asignaturas sobre Procesos de Fabricación. Esto motivó la creación de un material didáctico sobre la selección de procesos de fabricación que incluía una nueva metodología de selección de procesos denominada *Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process*. La metodología puede ser aplicada tanto en ámbitos industriales como en ámbitos académicos. Este trabajo se trata en su vertiente educativa junto con el material didáctico que la contiene. Se ha realizado una fase de validación con un grupo de nueve alumnos voluntarios de la asignatura *Procesos Industriales*, de introducción a los procesos de fabricación, y con tres alumnos de Trabajo Fin de Grado, todos ellos pertenecientes al título mencionado anteriormente. Se muestra el diseño de la actividad y del proceso seguido durante la aplicación, así como el análisis de los resultados obtenidos en esta validación que revelan el potencial efecto de integración horizontal que tiene la metodología entre asignaturas de diseño y fabricación y de integración vertical entre cursos, aprovechando el conocimiento organizacional de los repositorios.

Palabras Clave: Material didáctico, Integración horizontal y vertical, Conocimiento organizacional, TFT, Ingeniería de los Procesos Fabricación.

1. INTRODUCCIÓN

La selección de procesos de fabricación es una actividad que tradicionalmente estaba reservada a personas con gran experiencia en la industria, y en muchas ocasiones está condicionada por el conocimiento que estas personas dispongan. Actualmente, en el contexto de una cuarta revolución industrial denominada Industria 4.0, se requiere de otras metodologías que permitan aprovechar los nuevos avances tecnológicos y realicen una mejor gestión del conocimiento generado en las organizaciones. Este trabajo se centra en la descripción de un material didáctico sobre la selección de procesos de fabricación que se ha desarrollado como un paquete *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) para ser usado en *Learning Content Management System* (LCMS) tipo Moodle, ya que disponen de muchas herramientas para conseguir un aprendizaje adaptativo. Se justifica la necesidad de desarrollar este material didáctico junto a una breve revisión del estado del arte en cuanto a la selección de procesos de fabricación. Se presenta la nueva metodología propuesta como evolución de una metodología de procesos de diseño aceptada por la comunidad científica. Se realiza una descripción del material didáctico, su estructura y del proceso seguido para su desarrollo, así como de una herramienta informática de apoyo denominada *Cambridge Engineering Selector* (CES) que se ha adquirido recientemente por el Servicio de Biblioteca de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Se exponen de forma resumida los primeros resultados obtenidos en una fase de validación en la aplicación de la metodología y uso del material didáctico con estudiantes del Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos (IDIDP). Estos estudiantes han participado de forma voluntaria en esta experiencia piloto y algunos están cursando la asignatura *Procesos Industriales* de tercer curso del mencionado grado. También se realizó una evaluación con estudiantes de último año que estaban realizando su Trabajo Fin de Grado (TFG) para identificar diferencias entre estos dos perfiles de estudiantes. Esta fase de validación se complementa con las opiniones de docentes especializados en el área de conocimiento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. El trabajo finaliza con unas conclusiones extraídas en el desarrollo del material didáctico y su aplicación.

*maria.martinez145@alu.ulpgc.es; teléfono 928 451896; fax 928 451484; www.cfi.ulpgc.es

2. ANTECEDENTES

El material didáctico y la metodología MPSIDP fueron una respuesta a la detección de carencias en el conocimiento del alumnado sobre una correcta selección de los procesos de fabricación, pese a que estos cursaban asignaturas sobre técnicas de fabricación como *Procesos Industriales* o *Tecnologías de Desarrollo de Productos*. A este hecho se unió la adquisición de una licencia para el uso del *software CES EduPack* de Granta por parte de la ULPGC. Aunque este contaba con un módulo para la selección de procesos de fabricación, no estaba especializado en la misma sino en la selección de materiales, y podía causar un uso inadecuado suponiendo un problema en vez de una herramienta útil: restricción de candidatos por un uso inadecuado del *software* o una mala identificación de requisitos al no contar con recomendaciones sobre los valores a establecer en el diseño.

Pese a la abundante investigación llevada a cabo desde la segunda mitad del siglo XX, esta ha sido más prolífica en el ámbito de la selección de materiales. En especial se observa una carencia en las metodologías para la selección preliminar de los procesos de fabricación: existen diversas soluciones para la selección de grupos de procesos concretos (fundición, mecanizado, forma casi neta, etc.) y para la planificación de los procesos. Tras el análisis de una metodología (*Process Information Map*) y la herramienta de selección de procesos de CES mediante un producto comercial, se puso de manifiesto la necesidad de cambiar la perspectiva con la que se realiza la selección: el proceso de selección necesitaba su inclusión en un proceso de diseño que considerara los parámetros de diseño relevantes para el proceso de fabricación y que integrase un método y guías de Diseño para la Fabricación y el Ensamblaje (DFMA) que pudieran evaluar las distintas opciones a un nivel preliminar.

3. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO

3.1 Metodología *Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process*

Para influir en la forma en la que los alumnos realizan la selección del proceso de fabricación y para aumentar sus capacidades en este aspecto, se creó la metodología *Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process* (MPSIDP). Esta se basa en el proceso de diseño de Gero ¹ (izq. en la Figura 1) pero introduce una serie de modificaciones en respuesta al contexto de la Industria 4.0 y a los problemas que presentan las metodologías de selección actuales. Pese a que el proceso completo de la metodología sigue unos fundamentos y diagrama de flujo más complejos que pueden ser consultados en otras publicaciones ², la metodología se resume en las cinco etapas que se muestran en la Figura 1: (1+2) identificación de requisitos con la Guía DFMA general, también llamada etapa de *Formulación* y *Síntesis*; (3) uso del *CES EduPack* para la selección a partir de las variables de función, comportamiento y estructura (FBS) identificadas, termina con el *Análisis* y la *Evaluación* de los procesos candidatos; (4) creación o ampliación y uso de las Guías DFMA específicas, (5) e integración del proyecto en el Repositorio de Diseños.

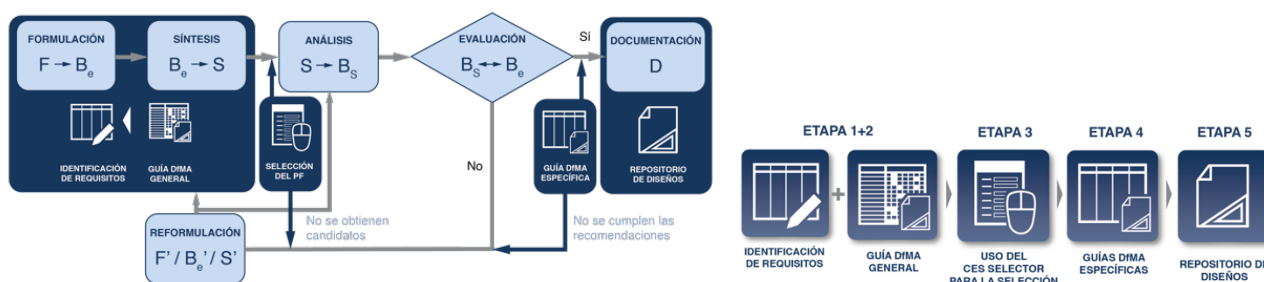


Figura 1. Modificaciones e introducciones por la metodología MPSIDP en el proceso de diseño de Gero (izq.) y metodología resumida en cinco etapas (dcha.).

Esta metodología se basa en la utilización de conocimiento y recursos generados por un grupo de personas según su experiencia. Estos son las Guías DFMA específicas (etapa 4) y los documentos del Repositorio de Diseño (etapa 5) que son creados, ampliados y mejorados por los alumnos. La metodología MPSIDP se basa en la Espiral de conocimiento ³. Esta teoría se fundamenta en que el conocimiento obtenido de la experiencia (tácito), que es difícil de transmitir e individual, se transforme en un conocimiento exteriorizado (explícito) en forma de datos e información que se pueden transmitir fácilmente y ser compartidos por un gran grupo de personas, en este caso la universidad.

Otro aspecto en el que influye la metodología MPSIDP es en la integración dentro de los estudios en los que se imparten aspectos relacionados con el Diseño y la Fabricación. Cabe reseñar que uno de los objetivos para la adaptación al EEES, es elaborar currículum basados en competencias y, por tanto, es conveniente adoptar modelos curriculares integrados ⁴. Entre los distintos modelos metodológicos que establece la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) para estructurar los planes docentes, por ejemplo en áreas como la medicina, se encuentra el modelo integrado, que puede comprender la integración horizontal o vertical. En el caso del primer tipo de integración, se produce una interrelación entre los contenidos de un mismo año, mientras, en el segundo tipo esta relación se produce entre distintos cursos académicos del mismo plan de estudios ⁴. Esta metodología pretende contribuir a lograr estos dos tipos de integración en estudios en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.

3.2 Herramienta y metodologías educativas usadas

Como réplica al desafío expuesto en los antecedentes y para la transmisión de la metodología MPSIDP anteriormente expuesta, se planteó la realización de una actuación de innovación educativa. La innovación educativa es definida ⁵ como “[...] la *facilitación o los intentos planificados y sistemáticos por los que los profesores incorporan nuevos temas, métodos, criterios de actuación y de reflexión sobre su práctica*”. Estos nuevos, o significativamente mejorados, temas, métodos, criterios y práctica son el resultado de la aplicación de la innovación en procesos, servicios o productos en el ámbito universitario y no es solo el cambio de la tecnología usada como se puede pensar ^{6,7}.

Se deduce de esta mirada al contexto de la innovación, que se puede llevar a cabo la misma mediante una innovación incremental y por combinación de conocimientos existentes, de manera que será más probable que el resultado sea exitoso si se parte de una actividad que ya ha tenido buenos resultados. La innovación en el ámbito educativo introduce el concepto de Buenas Prácticas que son facilitadoras de estas innovaciones incrementales con la extensión y combinación de las mismas en otros contextos ⁸. Existen buscadores como el *Repositorio de Buenas Prácticas en la Innovación Docente* donde se recogen algunas de las acciones llevadas a cabo en universidades ⁹. Tras su consulta y el de las numerosas metodologías educativas existentes, se decidió que el material didáctico y la actividad planteada a los alumnos se fundamentaría en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y en el uso de repositorios. Mientras esta última herramienta facilitaba la transmisión del conocimiento y la información necesaria para la teoría de la Espiral de conocimiento, el ABP implica que el alumno adquiera conocimientos y habilidades mediante un aprendizaje comprensivo y de aplicación trabajando durante un período prolongado para responder a un problema atractivo y complejo. Este tipo de metodologías permiten que el alumno sea responsable de “aprender a aprender” y encaja con el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), al pasar del método de clases magistrales a otras metodologías que desarrollan competencias genéricas y transversales de manera activa por parte del alumno ¹⁰. De ambas metodologías y herramientas educativas se encontraron referentes de Buenas Prácticas: *El Problema Reto en Ingeniería. Herramienta Activa de Enseñanza-Aprendizaje* ¹¹ y *BRACO: Buscador de Recursos Académicos Colaborativos* ¹².

Además, es necesario señalar que para la transmisión del material didáctico en los distintos LCMS se optó por el formato SCORM. Este se trata de un estándar de producción de contenidos educativos reutilizables (objetos de aprendizaje) que posibilita la transferencia de archivos entre las diferentes plataformas y módulos (cursos) ¹³. De entre los distintos programas que generan este tipo de contenidos, existen herramientas de autoría de exámenes de corrección automática (*HotPotatoes* y *Repondus*) y herramientas de autoría de contenidos (*Lectora*, *WimbaCREATE* y *eXeLearning*). Tras evaluar estas opciones, se eligió el *eXeLearning* debido a las siguientes causas: (1) es un *software* libre de código abierto y mantenido por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas de Formación del profesorado, INTEF; (2) la interfaz es amigable y no se requieren conocimientos de programación por lo que podría ser utilizado por los alumnos durante el desarrollo de la actividad de ABP; crea paquetes SCORM; (3) tiene la opción de descargar una versión en PDF; (4) incluye la posibilidad de generar un cuestionario sin tener que recurrir a herramientas externas; (5) y permite embeber el contenido generado con otras herramientas y tiene una integración adecuada en plataformas educativas.

3.3 Estructura del Material didáctico

La estructura de los contenidos del material didáctico se guía por los siguientes apartados, mostrados también en el mapa de navegación que se encuentra en la Figura 2: (1) prólogo, que se inicia con una introducción, la explicación de la interactividad y las abreviaturas; (2) contexto, que incluye el proceso de Diseño y Desarrollo de Productos, los perfiles profesionales y el estado de la industria, junto con las necesidades y argumentos en contra de las técnicas de diseño para la fabricación y el ensamblaje (DFMA); (3) el problema de la selección; (4) las metodologías existentes de selección de procesos de fabricación; (5) la explicación de la metodología *Manufacturing Process Selection Integrated in the Design*

Process, MPSIDP, que fue desarrollada junto con el material didáctico; (6) propuesta de la actividad ABP; (7) test de autoevaluación; (8) y bibliografía y referencias.

En cuanto a los elementos interactivos presentes en el Material para facilitar la exposición de los contenidos cabe destacar los siguientes (Figura 3): (1) ventanas emergentes con información ampliada, tanto textual como en formato vídeo; (2) ampliación de imágenes; (3) galería de imágenes para visualizar varios ejemplos gráficos; (4) lupa que permite aumentar ciertas partes de las imágenes para apreciar ciertos detalles concretos; (5) descarga de archivos especialmente útil para la adquisición de los formatos para la actividad ABP por parte de los alumnos; (6) y preguntas para la evaluación.

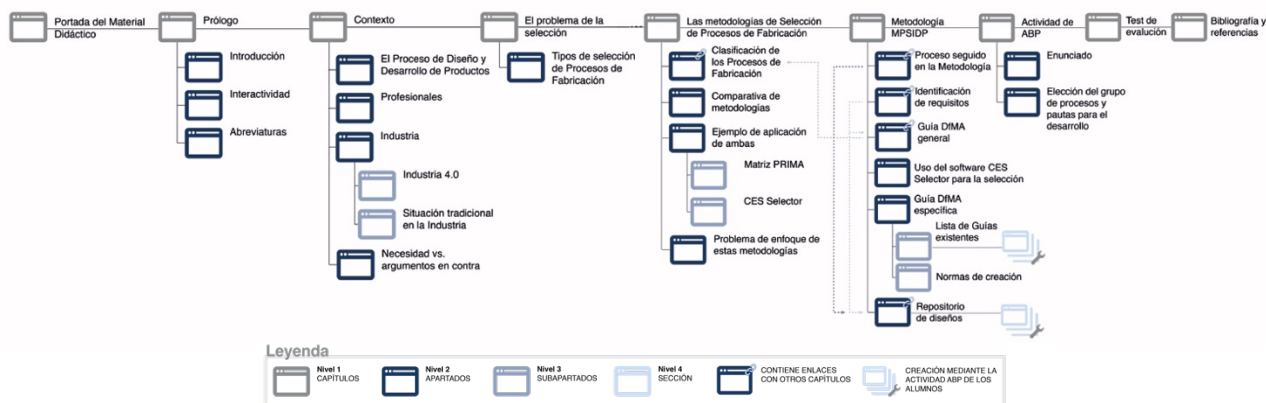


Figura 2. Mapa de navegación del material didáctico.



Figura 3. Elementos interactivos de izq. a dcha.: ventana emergente de información textual, ventana emergente de vídeo, galería de imágenes, lupa y test de evaluación.

La configuración de las páginas se realizó a partir de la edición del estilo base del *eXeLearning* para así realizar la creación de un estilo propio para el material didáctico (Figura 4).

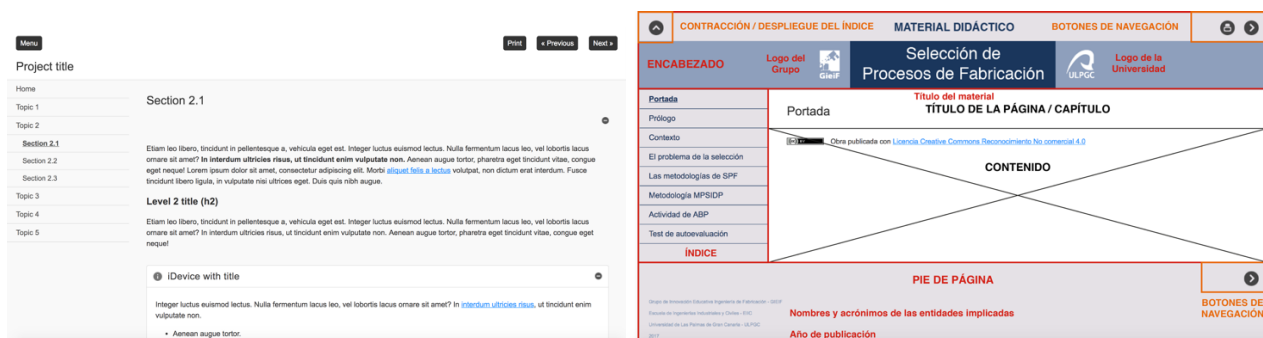


Figura 4. Estilo base del *eXeLearning* (izq.) frente al generado para el material didáctico (dcha.).

A continuación se muestran algunas páginas del Material donde se puede apreciar el uso de la galería de imágenes para la descripción de las formas de las piezas, la descarga del formato de las Guías DFMA específicas y un test de identificación de las formas en unos casos de ejemplo (Figura 5 de izq. a dcha. y de arriba a bajo). Para los ejemplos gráficos de las formas en la galería de imágenes se utilizaron fotos de piezas utilizadas en prácticas de laboratorio.

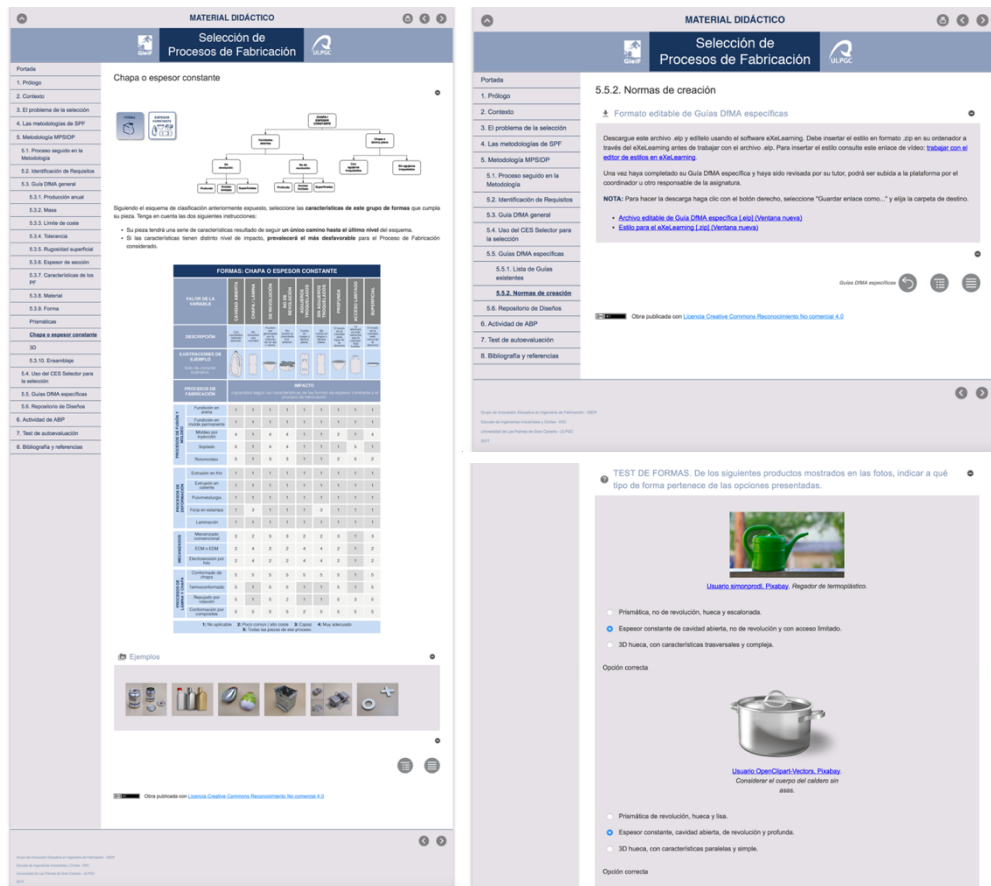


Figura 5. Imágenes del material didáctico.

4. RESULTADOS

Para comprobar la utilidad y capacidad de aplicación de la metodología y el material didáctico en una asignatura de introducción a los procesos de fabricación, se diseñó un trabajo de curso basado en la metodología MPSIDP para un grupo de 9 alumnos de *Procesos Industriales* del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos (IDIDP) de la ULPGC. El proyecto se realizó en tres fases, tras las cuales, los alumnos respondieron a un cuestionario de valoración en *Google Formularios* de la metodología y del material didáctico. El proceso de aplicación llevado a cabo con estos alumnos se muestra en la Figura 6.

Por otro lado, se aplicó la metodología MPSIDP en los diseños de los TFG de 3 alumnos del Grado en IDIDP de la ULPGC que tenían previsto presentar en la convocatoria extraordinaria (julio) del curso 2017/18. Con estos, tras la captación de voluntarios en una primera sección expositiva del material, se llevó a cabo la metodología de forma guiada en dos secciones. En la primera de ellas se alcanzó la etapa 3 (selección con el CES) con los alumnos. Posteriormente la responsable de la aplicación de la metodología generó las Guías DFMA específicas de esos candidatos y el documento para el Repositorio de Diseños. Cabe mencionar que no se les solicitó a los alumnos que creasen o completasen las guías por la limitación de tiempo que tenían para presentar el TFG y porque usualmente los alumnos aprovecharán los documentos que generen los alumnos que aplican la metodología en sus trabajos de curso (como los de *Procesos Industriales*). En la segunda sesión los alumnos procedieron a aplicar las Guías DFMA específicas a sus diseños y

realizaron los rediseños necesarios. Al final se les proporcionó el acceso a un cuestionario de valoración a través de *Google Formularios*.

Asimismo, se realizó una consulta vía *online* a cinco docentes sobre su valoración de la metodología MPSIDP. Se les facilitó el acceso al material didáctico completo en versión HTML usado por los alumnos de *Procesos Industriales*, el enunciado de la actividad realizada con estos alumnos, junto con una presentación explicativa con audio y con un cuestionario de valoración.

Los resultados obtenidos de la aplicación y de los cuestionario de valoración se muestran a continuación en los apartados 4.1 a 4.3.

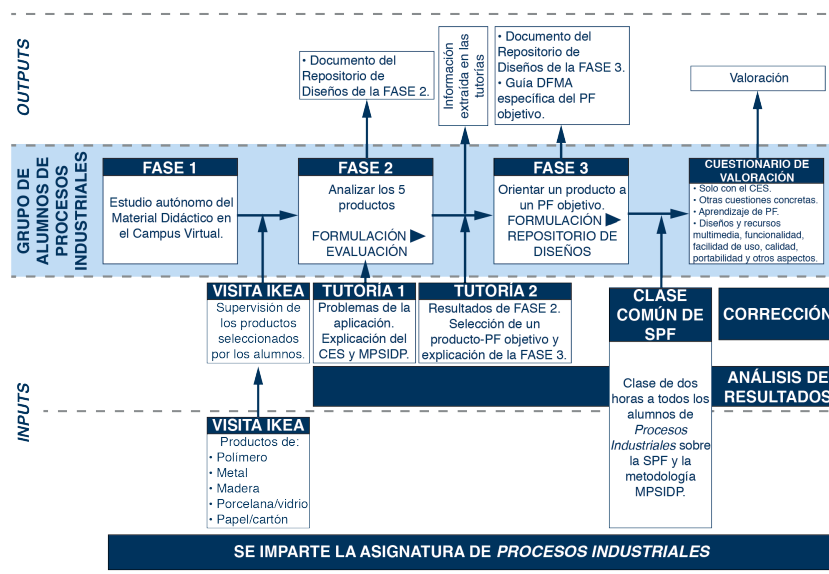


Figura 6. Esquema del proceso de aplicación con los alumnos de la asignatura de *Procesos Industriales*.

4.1 Asignatura de *Procesos Industriales*

Tras la realización del trabajo de curso aplicando la metodología MPSIDP por parte de los alumnos de *Procesos Industriales*, se obtuvieron los resultados de los que se extraen las siguientes observaciones: (1) al analizar productos comerciales, en bastantes casos solo se obtuvo un candidato en la Fase 2; (2) se logró abarcar una amplia variedad de procesos de fabricación en las Guías DFMA específicas creadas; (3) y algunos de los procesos de fabricación candidatos de la Fase 2 fueron erróneos (3 de los 9 alumnos presentaron este problema). Estos candidatos erróneos aparecidos en la Fase 2 fueron motivados tanto por errores de los alumnos y problemas con el *software* CES, como con la metodología MPSIDP y el material didáctico. Parte de los mismos quedaron reflejados en el cuestionario de valoración. Los más destacados con respecto al material didáctico y la metodología fueron: (1) baja capacidad de realización de las Guías DFMA específicas en la Fase 3 por parte del alumnado; (2) mal planteamiento inicial de la Fase 3 puesto que al utilizar productos comerciales se pierden oportunidades para realizar rediseños e incluso los alumnos preferirían aplicarla a diseños propios; (3) necesidad de una tutoría, clase o vídeo clase inicial para comprender el *software* CES, la metodología y los formatos y así evitar que los alumnos inviertan más horas de las necesarias (abarcaron entre 15 a 50 horas) y que no comentan tantos errores en la identificación de requisitos y el uso del *software*; (4) falta de información sobre algunos procesos y materiales en la Guía DFMA general; (5) y los alumnos copiaron tácticas del único ejemplo que existía en ese momento del uso de la metodología.

Finalmente, a la hora de evaluar aspectos de diseño, recursos multimedia, funcionalidad, facilidad de uso e interactividad del Material (Figura 7), la mayoría de los alumnos consideran bastante adecuada (4 de 5 en la escala Likert) el diseño, los recursos multimedia y la calidad de contenidos y eficacia. Sin embargo, ven una menor adecuación de la funcionalidad y facilidad de uso, sección del cuestionario donde se preguntó por la posibilidad de estudio autónomo, la capacidad intuitiva de la navegación y sus vías. Los alumnos valoraron el material didáctico con un 4 de 5 al igual que la metodología pero vieron muy necesaria (5 de la escala Likert) la introducción en clase de los contenidos del material didáctico antes del estudio autónomo.

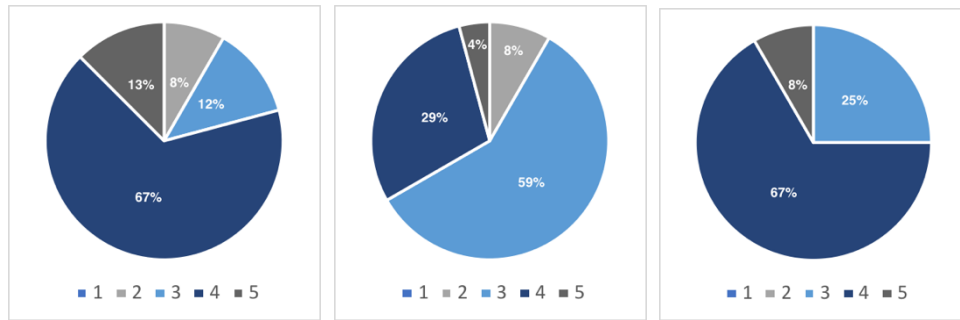


Figura 7. De izq. a dcha. los porcentajes de las respuestas en el cuestionario de valoración (en escala Likert) a las preguntas sobre el “diseño y recursos multimedia”, “funcionalidad y facilidad de uso e interactividad” y “calidad de contenidos y eficacia” del material didáctico.

4.2 TFG

Tras la aplicación de la metodología a los tres diseños de los alumnos de TFG y extraer sus respuestas del cuestionario de valoración, destacan los siguientes aspectos: (1) la selección del proceso de fabricación y los rediseños aplicados antes de la metodología en los TFG fueron acciones realizadas por los tutores y no por propio alumno, de manera que estos dependían de la disponibilidad y conocimientos de los mismos; (2) se validó la metodología ya que se obtuvo como proceso de fabricación la técnica que inicialmente les habían indicado sus tutores con conocimientos en fabricación; (3) si los alumnos hubiesen tenido esta herramienta a su disposición por haber aprendido la metodología MPSIDP en la asignatura de tercero (*Procesos Industriales*), hubiesen podido aplicarla antes y realizar los rediseños indicados por la misma; (4) los alumnos valoran el interés y utilidad de la metodología como muy alta pero reflejan como aspecto negativo que es difícil entenderla y utilizarla sin ayuda, de hecho, la mayoría de respuestas señalaron que el nivel de dificultad de aplicación era entre medio y alto; (5) y se señalaron como aspectos positivos que permite asegurar que el diseño de su TFG puede ser producido con una técnica de fabricación, justificando la selección e indicando recomendaciones de diseño.

4.3 Consulta a docentes

A los docentes se les consultó en el cuestionario de valoración, tanto por la aplicación en asignaturas sobre procesos de fabricación como en TFT. Los cinco profesores consultados pertenecen a los departamentos de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la ULPGC y la Universidad de Cádiz. Asimismo imparten asignaturas relacionadas con la Fabricación y con el Diseño. De ahí su adecuación para ser consultados por la metodología. Destacan en sus respuestas los siguientes aspectos: (1) el nivel de interés/utilidad y de aplicabilidad se encuentra entre un sí o alto y mucho y muy alto (4 y 5 de la escala) salvo los dos docentes pertenecientes a la Universidad de Cádiz que aprecian la etapa 3 con aplicabilidad media (3 de la escala) porque implica la utilización del *software* con licencia, aunque se pueden usar otras herramientas o las propias Guías DFMA específicas cuando estén creadas; (2) la mayoría de docentes consultados muestran un nivel de acuerdo muy alto (5 de la escala Likert) con la influencia de la metodología en las capacidades de selección y la recogida de experiencia en sucesivos cursos; (3) los aspectos positivos señalados fueron su aplicabilidad en asignaturas relacionadas con el diseño y fabricación y para aprender cómo se integra un amplio grupo de factores que influyen en el diseño y desarrollo de un producto; (4) en cuanto a aspectos negativos estos señalan que el material didáctico puede resultar algo complejo debido a la alta densidad de información, ciertos problemas de aplicación en ciertos productos que se pueden solucionar con las Guías DFMA específicas y que sería más adecuada su aplicación con estudiantes que ya cuenten con conocimientos previos en los procesos de fabricación; (5) y la valoración y aplicabilidad global se encuentra entre un 4 y 5 pero se invierte la proporción de las respuestas entre ellos. Asimismo, estos docentes indicaron ciertos aspectos a incluir en las Guías DFMA que se tuvieron en cuenta para la mejora y la posible ampliación futura de esta metodología MPSIDP.

5. CONCLUSIONES

A lo largo del análisis se han mostrado los motivos principales por los que se han presentado problemas en la aplicación en la asignatura y que obligan a la modificación parcial de la actividad planteada en el diagrama de la izquierda de la Figura 6. A continuación, se detallan los cambios propuestos para el desarrollo de la actividad en próximos cursos

académicos: (1) realización de una primera clase/tutoría presencial o vídeo clase no presencial en la Fase 1 donde se aborden los problemas detectados este año del *software* y la metodología; (2) en la Fase 3 se propondrá la orientación de un diseño propio en vez de uno comercial y se podrá realizar esta actividad en una asignatura posterior donde los alumnos ya tendrán cierta experiencia con los procesos de fabricación; (3) y celebración de una última tutoría para abordar los resultados y problemas de la Fase 3 y así obtener el mejor resultado posible en la generación de las Guías DFMA específicas que son usadas en años posteriores.

En el caso de la aplicación de la metodología MPSISP para TFT, pese a que manifestaron su interés por tener acceso a este tipo de recursos y herramientas, expresaron que la complejidad de la metodología MPSIDP dificultaba su uso de forma independiente. En conclusión, esta metodología tiene difícil aplicación en alumnos que no la hayan impartido anteriormente en asignaturas de su titulación. En un principio se había supuesto que con la consulta del material didáctico serían capaces de llevar a cabo el procedimiento pero, como se ha demostrado también en la asignatura de *Procesos Industriales*, el material didáctico actual no está planteado para ser estudiado de forma autónoma, necesita complementarse con una clase (presencial) o vídeo clase (no presencial).

Pese a estos aspectos que muestran una necesidad de mejora en próximos cursos académicos, la metodología y el material didáctico son apreciados tanto por alumnos del tercer curso y TFG como por los docentes y contribuye positivamente en este tipo de estudios de la siguiente forma: (1) se tratan de forma práctica las capacidades y limitaciones de los procesos de fabricación; (2) aprovechamiento de la experiencia de compañeros de otros años y mejora del conocimiento generado por la supervisión de otros alumnos y profesores; (3) utilidad como elemento de integración horizontal entre asignaturas de Diseño Industrial y Fabricación; (4) integración vertical al generarse una herramienta en el tercer curso que es aprovechada por los alumnos de TFT; (5) e independencia del *software* de selección gracias a las Guías DFMA específicas creadas por los alumnos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gero, J.S., and Kannengiesser, U., “The situated function–behaviour–structure framework,” *Design Studies* 25(4), 373–391 (2004).
- [2] Hernández-Castellano, P.M., Martínez-Rivero, M.D., Marrero-Alemán, M.D., and Suárez-García, L., “Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process,” in *Proc. Twelfth Int. Symp. Tools Methods Compet. Eng.* XXVIII (2018).
- [3] Takeuchi, H., “The new dynamism of the knowledge-creating company,” *Knowledge Economy* 1, 1–10 (2006).
- [4] Escanero Marcén, J.F., “Integración curricular,” *Educación Médica* 10(4), (2007).
- [5] Díaz, L.A., and Entonado, F.B., [El docente de educación virtual, guía básica: Incluye orientaciones y ejemplos del uso educativo de Moodle] , Narcea Ediciones (2012).
- [6] Sein-Echaluze, M.L., Fidalgo-Blanco, Á., and Alves, G., “Technology behaviors in education innovation,” *Computers in Human Behavior* 72, 596–598 (2017).
- [7] UPM, [IEA 6: Componentes de la innovación educativa. El símil de la silla] (2013).
- [8] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, and Consejo Escolar del Estado, “Sobre el concepto de ‘Buena Práctica.’”
- [9] Fidalgo, A., “Repositorio de Buenas Prácticas de Innovación Educativa,” in *Innov. Educ.* (2014).
- [10] Buck Institute for Education, “What is PBL? Project Based Learning,” 2018, <https://www.bie.org/about/what_pbl> (23 October 2018).
- [11] Artal Sevil, J.S., and Artacho Terrer, J.M., “El Problema Reto en Ingeniería. Herramienta Activa de Enseñanza-Aprendizaje,” presented at CINAIC 2013. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, 6 November 2013, Madrid, ES.
- [12] Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluze, M.L., García-Peñalvo, F.J., and Pinilla-Martínez, J., “BRACO: Buscador de Recursos Académicos Colaborativos” (2015).
- [13] Fernández-Pampillón Cesteros, A., [Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet] , in *Las Plataformas Aprendiz. Mito Real.*, 45–73 (2009).