

## Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D

### Getting ready for Generation Z students - considerations on 3D printing curriculum

**Diana Popescu** 

University Politehnica of Bucharest, Bucharest, Romania  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0057-662X>

**Diana Mariana Popa\*** 

University Politehnica of Bucharest, Bucharest, Romania  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8529-9416>

**Beatrice Gabriela Cotet** 

University Politehnica of Bucharest, Bucharest, Romania  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6218-7689>

**Recibido** 29-01-19 **Revisado** 05-02-19 **Aprobado** 23-04-19 **En línea** 25-04-19

#### \*Correspondencia

Email: [dianapopa.upb@gmail.com](mailto:dianapopa.upb@gmail.com)

#### Citar como:

Popescu, D., Popa, D.M., & Cotet, B.G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 240-268. doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.280>

## Resumen

Debido a que en todo el mundo se ha adoptado la impresión 3D (3DP) en muchas áreas de actividades, la educación formal se ha convertido en una solución obligatoria para adquirir el conocimiento teórico y a las habilidades prácticas para un uso eficiente, para brindar contribuciones reales al desarrollo de esta tecnología y sus aplicaciones. Los verdaderos nativos digitales, los estudiantes de la generación Z acceden ahora a la universidad. Los universitarios de la Generación Z reciben instrucción por parte de profesores que pertenecen a la Generación X y a los primeros representantes de la Generación Y. Estos profesores tienen que hacer frente al diferente conjunto de habilidades y mentalidades de la nueva generación de estudiantes, al igual que, en el caso de la impresión 3D, a una sobreexposición mediática de esta tecnología que genera una tendencia cada vez mayor de los jóvenes a la adquisición rápida de conocimientos superficiales y a la autosuficiencia. En este contexto, nuestras investigaciones examinan los retos y las implicaciones inherentes a los aspectos curriculares de la impresión 3D, ofreciendo una serie de consideraciones y análisis basados en el estudio de la literatura y en una larga experiencia en la enseñanza de esta materia en el ámbito de la ingeniería. Se presentaron también los resultados de un estudio que persigue comprender las expectativas de los estudiantes de la Generación Z de Rumania en relación con el aprendizaje y la enseñanza de la impresión 3D. Estamos de acuerdo con la idea de que la enseñanza debe ser adaptada a los conocimientos anteriores del estudiante, pues la personalización de esta en función de los rasgos de los alumnos no resulta ni práctica ni eficaz. Al mismo tiempo, consideramos que el conocimiento de las características de las nuevas generaciones, de sus hábitos de estudio y de sus preferencias como grupo, pueden, sin lugar a duda, orientar a los profesores a la hora de elegir las herramientas y los métodos adecuados en aras de mejorar la transmisión correcta del contenido y de garantizar que este llegue eficazmente a la audiencia.

**Palabras clave:** Impresión 3D, Ingeniería, Currículo, Educación, Gen Y, Gen Z.

## Summary

As there is a worldwide adoption of 3D printing (3DP) in many activity areas, formal education becomes mandatory for acquiring theoretical knowledge and hands-on skills for an efficient use, for bringing real contributions to the development of this technology and its applications. Truly digitally natives, Gen Z students are now entering higher forms of education. They are trained by Gen X and early Gen Y professors who should be able to cope not only with students' different set of skills and mind-set, but also, in case of 3D printing, with the media overexposure of this technology and, consequently, with a tendency of fast acquiring shallow knowledge and being auto-sufficient with this. In this context, our research examines the challenges and implications raised by 3DP curriculum aspects, providing a series of considerations and analyses based on literature review and on a long experience of teaching this topic in an engineering environment. Results of a survey aimed to understand Gen Z Romanian students' expectations on learning and teaching 3DP are also presented. We agree the idea that teaching should be adapted to student prior knowledge, not being practical and efficient to customize it to student trait. In the same time, we consider that knowing new generation characteristics, learning habits and preferences, as a group, can definitely support teachers in choosing the right tools and methods so that to improve correct content delivery and to ensure that this content efficiently reaches audience.

**Keywords:** 3D Printing; Engineering; Curriculum; Education; Gen Y; Gen Z.

## Introducción

Desde su lanzamiento a finales de los 80, se han utilizado varios nombres para designar lo que ahora se considera “tecnología disruptiva” (Manyika, Chui, Buglin, Dobbs, Bison & Mars, 2013): Fabricación Aditiva (FA) – el nombre estandarizado (ASTM 52900 2015) que señala el enfoque de fabricación de construcción de objetos mediante la superposición de capas de materiales;

impresión 3D (3DP) – el término más utilizado, coloquial, que expresa una analogía con la impresión de papel para impresión de tinta, aunque realmente se refiere a un proceso: Modelado por Deposición Fundida (MDF); Prototipado Rápido – el nombre que indica una importante aplicación de esta tecnología, es decir, fabricación de prototipos directamente (“rápido”) desde modelos virtuales en 3D; Fabricación de Forma Libre Sólida; Fabricación Capa por Capa, etc.

¿Por qué esta tecnología, inicialmente vista como demasiada especulativa por la industria, se convirtió en el boom en los últimos años? Algunas posibles explicaciones podrían ser:

- Un gran número y continuamente creciente de aplicaciones: ingeniería, medicina, servicio militar, entretenimiento, arquitectura, moda, arte, educación, etc. Los medios están presentando especialmente las historias de éxito con especial enfoque en las historias espectaculares, enfatizando solo las ventajas de esta tecnología.
- Asequibilidad: cualquiera puede adquirir máquinas de MDF (o FFF – Fabricación con Filamento Fundido) (incluso en supermercados) con menos de 200 dólares por equipo, que no es el caso para todas las máquinas de tecnologías de fabricación.
- Accesibilidad: el concepto 3DP no es difícil de entender y algunos resultados (es decir, objetos) se pueden obtener con poco conocimiento técnico con tan solo siguiendo una serie de instrucciones/pasos.
- Libertad de diseño: las impresiones en 3D con geometrías complejas pueden fabricarse, lo cual significa obtener productos con pesos reducidos y una mejorada funcionalidad o contruidos directamente como un conjunto (Cuellar, Smit, Plettenburg, & Zadpoor, 2018). Esta característica permite la fabricación de objetos para la industria (Milewski, 2017), pero también objetos espectaculares/impresionantes.
- La propiedad intelectual no es un tema que está totalmente regulado, incluso si los proveedores de servicio FA u otros propietarios de repositorios en línea, por ejemplo, están tratando de tomar medidas para limitar el uso desleal de la información digital que conlleva a objetos físicos. Ya que es imposible monitorear lo que las personas imprimen en casa, copiar elementos sin permiso, es considerado atractivo para algunos, contribuyendo así a la popularidad de 3DP.

Es interesante también observar que las ventajas importantes de FA como el modelo de proceso de negocios simplificado, la fabricación de piezas y repuestos por encargo, la personalización sencilla de productos o componentes, logística simplificada, idoneidad para la producción local y producción a pequeña escala (Manyika et al., 2013) son menos conocidos por la gran audiencia y, por consiguiente, menos discutidos, sin embargo, son muy importantes para la industria.

Esta tecnología no debería y no puede reducirse a aplicaciones espectaculares o que sea utilizada por aficionados. No solo se trata de comprar una impresora 3D e imprimir en cada juguete u otros objetos descargados de repositorios en línea o con ingeniería inversa. Anualmente, cientos de artículos científicos y patentes se publican. Se estudian y se optimizan parámetros de proceso de FA, nuevos materiales son adaptados a esta tecnología y se financian proyectos de investigación (Agencia Ejecutiva de la Comisión Europea para la Pequeña y Mediana Empresa, 2016). FA debería ver más allá de la publicidad y de los mitos (Roca, Vaishnav, Mendonca & Granger, 2017). Esto es una paradoja sobre FA: es tanto una tecnología sobreestimada y subestimada.

Los educadores deberían colocar a FA/3DP en el lugar correcto entre las otras tecnologías. Sin embargo, la opinión de los autores es que la educación formal a profundidad es obligatoria en este campo, considerando el contexto descrito y la importancia de la tecnología. Esto es particularmente necesario en la educación superior cuyo objetivo es capacitar no solo a los usuarios de tecnología, sino también a desarrolladores de tecnologías.

Este artículo aborda los enfoques de los currículos 3D para la capacitación de estudiantes de ingeniería, tratando de ver si los profesores están considerando enviar información, no solo el contenido, pero también las características y estilos de aprendizaje de la nueva generación de estudiantes. Los estudiantes de la Generación Y y la Generación Z están matriculados hoy en día en instituciones de educación superior, y son capacitados por profesores de la Generación X. Tal como se presenta en la sección de antecedentes teóricos, hay diferencias entre las generaciones que forman el grupo actual de estudiantes (Monaco & Martin, 2007; Jonas-Dwyer & Pospisil, 2004; DiLullo, 2015), que imponen enfoques educativos diferentes. También hay estudios que analizan los desafíos planteados por la Generación Z a la Generación Y a profesores de ingeniería, como (Correia & Bozzuti, 2017). En general, los analistas consideran que debería haber modificaciones en el paradigma educativo requerido por los estudiantes de la Generación Z. Entre otros, estos cambios indican que el uso de herramientas de aprendizaje colaborativo, el desarrollo de mayor contenido creativo y práctica basada en evidencias, el uso de actividades prácticas, así como la provisión de retroalimentación permanente y un contacto más personal con el profesor. Al mismo tiempo, los métodos de enseñanza deberían también motivar a los estudiantes a estudiar esta tecnología en detalle y ayudarlos a desarrollar su pensamiento crítico y razonamiento sobre los procesos 3D. Ambos conocimientos teóricos y prácticos son obligatorios en la educación 3D. Las conferencias y los trabajos en laboratorio deben ser interesantes y atractivos, pero no para entretener. Los contenidos de varios planes de estudios también se discuten en el artículo, mientras se enumeran sus objetivos comunes de aprendizaje y resultados de aprendizaje. Si estos currículos tienen una forma basada en las características de la Generación Y y la Generación Z es también un aspecto investigado. Se presenta nuestra propia experiencia al diseñar el currículo 3D, junto con los resultados de un estudio de seis años cuyo objetivo era entender las expectativas de los estudiantes sobre el aprendizaje y enseñanza de esta tecnología. La sección final resume nuestras conclusiones en el currículo 3D y métodos de enseñanza adaptados a los estudiantes de la Generación Z.

### **Antecedentes Teóricos**

#### ***Enseñanza de la Generación Y y Generación Z***

Es muy frecuente creer que las generaciones como los humanos tienen personalidades, y la generación Y o los Millennials (nacidos entre 1985 y 1994) se creen que han creado su propia personalidad: confiados, auto-expresivos, liberales, optimistas y abiertos a cambios en el mundo. Algunas de las características que se han atribuido a los Millennials son la absorción de la tecnología en su vida diaria, una confianza incuestionable en el futuro, que puede servir como una oportunidad para el desarrollo, pero también como un riesgo (por ejemplo bajo la forma de incapacidad para asumir responsabilidades sociales, éticas o científicas) y miedo a la responsabilidad (Barnes & Noble College 2015). La siguiente generación ha recibido muchos nombres, incluyendo Generación Z, “Generación del Compartir”, generación de “Conectados a la Tecnología todo el Tiempo”, y “Nacimiento Digital” (Barnes & Noble, 2015), iGeneration, iMillennials o generación post-Millennials. Incluye la generación nacida desde 1995 en adelante. La Generación Z nace en la era digital, son verdaderamente nativos digitalmente con conectividad omnipresente, información global y nuevos ciclos 24/7. Con frecuencia se dice que tienen “miedo de estar fuera de línea”, FOBO.” Los miembros de ambas generaciones ahora están siguiendo programas educativos a nivel mundial, y los educadores se están enfrentando al desafío de obtener un resultado educativo similar al de las generaciones que tienen diferentes características y estilos de aprendizaje.

Se ha investigado más sobre cómo se debe abordar la Generación Y y la Generación Z en el lugar de trabajo que en cómo deben abordarse en el aula. Aunque podríamos aplicar más confiablemente muchos de los hallazgos de los entornos de trabajo a los educativos. La investigación ha demostrado que con frecuencia los instructores tienen menos conocimientos sobre las características de esta generación (Correia & Bozzuti 2017). Todavía no se analizan a fondo las diferencias en los estilos de aprendizaje para cada una de estas generaciones. Los

educadores, en base a su experiencia práctica en el aula, tienden a considerar que estas diferencias existen, pero aún no hay un análisis riguroso. Hay aún pocos datos sobre los hábitos de aprendizaje de la Generación Z dado que esta generación está recién ingresando a escuelas y universidades. Sin embargo, un hecho bien documentado es que con el tiempo más y más Millennials tuvieron acceso a Internet, y desde luego una mayor parte de su generación ha tenido acceso a internet en comparación con sus predecesores (PewResearchCenter, 2018). Sin embargo, la Generación Z creció con medios sociales ya existentes, teléfonos inteligentes e información accesible con un solo clic, dando por sentado estas cosas. Esto es una de las razones por las cuales, con respecto al estilo de aprendizaje, existen diferencias entre las dos generaciones en la forma en que se procesa la información. El soporte de enseñanza para los Millennials combina tanto el modelo educativo tradicional y las nuevas técnicas digitales, mientras la Generación Z prefiere modelos y técnicas digitales – Realidad Virtual, Realidad Aumentada, etc. Los Millennials preferirían comunicarse por texto o voz, mientras que la Generación Z prefiere usar comunicación por vídeo. (Thomas, 2011). Los miembros de la Generación Z son pragmáticos, de múltiples tareas, pero tienen una corta capacidad de atención, (Corbisiero and Ruspini, 2018). El estilo de aprendizaje para los Millennials debe responder a la rapidez con que se debe presentar la información a fin de capturar su atención, considerando el periodo de atención corto y comportamiento de fácil distracción. La Generación Z explorará las alternativas educativas. Seguirán las soluciones de aprendizaje a pedido o justo a tiempo como tutoriales de YouTube o se buscarán empleadores que ofrezcan capacitación de desarrollo en el lugar de trabajo. Tal como se observa (Swanzen, 2018; Shatto & Erwin, 2016), la Generación Z prefiere aprender observando y haciendo que escuchando y leyendo, más que otras generaciones.

El desafío que debemos de responder más bien como educadores y no solo como entrenadores de habilidades profesionales y habilidades blandas es entender las expectativas y preferencias de la nueva generación para ayudar a seleccionar las herramientas y métodos adecuados para que el contenido los alcance de manera eficiente. Tal como se observa, (Correia & Bozzuti, 2017), “el instructor necesitará saber sus fortalezas, debilidades, desafíos e intereses. La gente joven quiere estar bien preparada para maximizar su potencial, aliviar los desafíos inevitables que existen entre generaciones transnacionales y capitalizar la diversidad cognitiva a través de una fuerza de trabajo generacional. La única constante en la que podemos contar es el rápido cambio de la sociedad debido a la evolución tecnológica y así, la manera en que debe evolucionar el paradigma educativo

A continuación, presentaremos el enfoque a la enseñanza de Millennials y Generación Z, tomado en un curso de tecnología AF en la Universidad Politécnica de Bucarest (UPB), la universidad más grande y antigua en Rumania. Mostraremos cómo a través de respuestas dadas por estudiantes en las encuestas sobre la forma en que les gustaría que el proceso fuese, confirman las características de la Generación Z presentadas líneas arriba. Las siguientes secciones presentan sugerencias sobre cómo el proceso de enseñanza debería adaptarse para cumplir la especificidad de los estudiantes de la Generación Z, como grupo.

### **Revisión de la Literatura sobre los Currículos de Impresión en 3D**

Las encuestas de preguntas abiertas se realizaron al inicio del curso sobre tecnología FA, entre el 2011 y 2016, en el que para 89 de 112 estudiantes de maestría, el término “Impresión 3D” es familiar. Sin embargo, solo cinco estudiantes pudieron dar información relevante sobre de qué se trata esta tecnología (ver también el concepto de “familiaridad” en (Willingham, 2003)). Estos cinco estudiantes tuvieron contacto directo con las impresoras 3D. Los otros solo escucharon sobre ellas o leyeron sobre las aplicaciones 3DP. Así, el conocimiento superficial parece ser bastante común. Además, la información sobre los otros procesos de AF que no son FDM o conocimiento detallado de FDM (como la influencia de la orientación de la parte sobre el costo y tiempo, comportamiento mecánico, estructura de soporte o calidad de superficie; corrección del archivo STL; relación entre las propiedades mecánicas de las partes y los parámetros del proceso, etc.) no fueron conocidos por ninguno de los cinco estudiantes. Vale la pena mencionar que

encuestas similares en 105 estudiantes (2001-2005) de la misma facultad mostraron que ninguno de ellos conocía nada sobre esta tecnología antes de asistir al curso. Desde la misma perspectiva, (Paudel & Kalla, 2016) se observa que los estudiantes están familiarizados con el término “Impresión en 3D” y no con “Fabricación Auditiva.” También observaron que “aquellos estudiantes que tenían conocimiento de la tecnología y alguna experiencia trabajando con impresoras FDM poseen cierto conocimiento técnico, que era mayormente limitado dentro de la tecnología FDM.”

Existe un interés general de utilizar 3DP en la educación. Ejemplos y casos de estudio de cómo impresiones en 3D se utilizan para facilitar el proceso educativo y el entendimiento de conceptos son revisados y analizados por diferentes autores, para diferentes campos y niveles de educación (Ford & Minshall, 2017; Vandavelde, Wyffels & Ciocci, 2016; Huang & Ming, 2014).

Obviamente, también se presta atención a la educación en 3DP, sujeto materia de interés de este artículo. La formación de impresoras 3D está desarrollada para escuelas (Nemorin, 2016), en universidades (Ford & Minshall, 2017; Despeisse & Minshall, 2017; Williams & Seepersad, 2012; Harvey, 2016; Diegel, Nordin, & Motte, 2018; Go & Hart, 2016; Radharamanan, 2017), por productores de FA (Stratasys, 2018; EOS, 2018). También están disponibles cursos en línea de 3DP (Capacitación en Impresión en 3D para motivar la innovación y creatividad de la EU, 2018) y la capacitación para profesionales están organizada sobre el mismo tema (MIT Professional Education, 2018; Assuncao, Silva & Pei, 2018).

Estudios como (Ford & Minshall, 2017) el presente revisa cómo y dónde la impresión en 3DP se utiliza, también se presenta una revisión no exhaustiva de los programas de educación FA (Despeisse & Minshall, 2017). Los autores utilizaron la información como base para establecer el resumen de las actividades y temas de los cursos de FA, y recomendaciones para capacitaciones. Se observa un pequeño número de programas de FA disponibles, pero también que “no se enseña FA de manera sistemática en los currículos de ingeniería y diseño dentro de las universidades.” Se pueden observar lo mismo en (Huang & Ming 2014): “aún no existe un modelo comprobado, y fácilmente aplicable para la capacitación y educación de FA.”

Además, se analizan varios artículos que presentan detalles sobre los temas de los cursos, el enfoque educativo, los métodos de evaluaciones o la retroalimentación de los estudiantes. En Williams & Seepersad (2012) se presenta el curso FA que se imparte en la Universidad de Texas en Austin y en Virginia Tech a nivel de pregrado/posgrado. Incluye temas sobre los fundamentos de FA, tecnologías de FA y análisis de sistemas, diseño de FA y el futuro de FA. Los proyectos de los estudiantes representan el 12.5% del contenido del curso. El aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje basado en proyectos (ABPr) son los principales enfoques pedagógicos utilizados. El paradigma de ABPr y las tareas grupales se aplican también a los estudiantes de último año de ingeniería de la Universidad de Wollongong de Australia en el curso de Introducción a FA (Harvey, 2016). Los temas tratados son introducción y principios fundamentales, procesos, diseño de FA, software de FA, aplicaciones de FA y direcciones futuras. Tener conocimiento de CAD es un prerrequisito. La satisfacción medida con el curso es del 90%, los estudiantes (n=45) aprecian el método de enseñanza utilizado y el hecho de que los conocimientos teóricos se aplican a modelos tangibles. Los autores también señalaron que si bien los conceptos sobre el proceso MDF eran fácilmente entendibles, este no fue el caso del proceso de fotopolimerización en cuba o batea y sus parámetros específicos de proceso. Otros trabajos sobre el uso de ABPr se presentan en (Ford & Minshall, 2017), que también revisa varios estudios en los que la 3DP se utiliza como herramienta o facilitador de aprendizaje en el desarrollo de proyectos de estudiantes de ingeniería.

En (Paudel & Kalla, 2016) se analiza el curso FA de la Universidad Estatal Metropolitana de Denver: el detalle de las clases y los contenidos de laboratorios, los resultados de aprendizaje, los métodos de evaluación, las muestras de proyectos de los estudiantes y la distribución de las notas finales. Una observación interesante de los autores es que "los estudiantes o bien están muy

entusiasmados con la tecnología de FA o son bastante escépticos", lo cual demuestra una vez más la necesidad de posicionar correctamente la tecnología en la mente de los estudiantes. Un ejemplo de plan de estudios de Diseño de FA de la Universidad de Lund también se puede encontrar en un nuevo libro sobre programas de formación y capacitación en FA (Diegel et al., 2018). Se presentan descripciones de los temas y ejercicios propuestos. El curso de 15 semanas del MIT para estudiantes de posgrado y estudiantes de pregrado de los últimos años se menciona en (Go & Hart, 2016). En las clases, se analizan, durante 2 horas cada uno, los procesos de MDF, Estereolitografía (SLA) y Sinterizado selectivo por láser/Fusión selectiva por láser (SLS/SLM). Durante las sesiones de laboratorio, grupos de estudiantes operan máquinas de MDF y SLA, observan y discuten las capacidades y parámetros del proceso, analizan las características de las piezas fabricadas, etc.

Los planes de estudio del 3DP analizados no mencionan explícitamente que están desarrollados no sólo para lograr los resultados del aprendizaje, sino que también están basados en las características de los estudiantes actuales. Sin embargo, su análisis mostró un claro enfoque en el ABPr, en el uso de ayudas visuales (videos, esquemas y, naturalmente, una gran variedad de objetos tangibles) para atraer la atención de los estudiantes y facilitar el aprendizaje activo, en el desarrollo de proyectos creativos, etc. Todo esto también se puede encontrar en la literatura como recomendaciones para enseñar a los estudiantes de la Generación Z (Swanzen, 2018; Correia & Bozutti, 2017, Moore, Jones & Frazier, 2017).

En resumen, los objetivos principales de aprendizaje de todos estos cursos es enseñar a los estudiantes los fundamentos de la tecnología de FA, el flujo típico de fabricación, el tipo de procesos y materiales; presentar aplicaciones de FA mediante estudios de casos y ejemplos en diferentes campos y proporcionar a los estudiantes experiencia práctica en el diseño de FA y el uso de impresoras 3D. Los resultados de aprendizaje se centran tanto en los aspectos teóricos como en las habilidades prácticas y, en general, incluyen: entender las particularidades, ventajas y limitaciones de la tecnología de FA, entender las diferencias entre los diferentes procesos de FA, conocer las diversas aplicaciones de FA en los diferentes campos, mostrar un flujo completo de FA, saber cómo diseñar piezas y ensamblajes de FA, conocer el software de FA, conocer los componentes principales de una impresora 3D, conocer los parámetros del proceso, entender las causas de los defectos o errores en 3DP, ser capaz de calibrar y operar una impresora 3D y posprocesar las piezas. Todos los cursos utilizan el ABPr para alcanzar estos objetivos y para desarrollar la capacidad de los estudiantes para analizar, razonar, evaluar, explicar resultados y proponer soluciones o mejoras.

Aunque no se relaciona explícitamente los métodos de entrega de contenidos con las características de la nueva generación, se puede observar que los profesores son conscientes de la necesidad de adaptarse a las preferencias y características de los estudiantes, especialmente a las relacionadas con mantener la atención de los estudiantes combinando los conocimientos teóricos con la práctica, utilizando ejemplos tangibles e involucrándoles en el trabajo colaborativo.

## Método

En la UPB-IMST se imparte un curso de fabricación aditiva a los estudiantes de primer año de maestría. El curso tiene una duración de 14 semanas, con 2 horas de clases y 2 horas de trabajo de laboratorio cada semana, y está organizado de la siguiente manera: Fundamentos de FA (perspectiva histórica, principio de trabajo, definición, ventajas y limitaciones, STL) - 4h, procesos de FA (clasificaciones, procesos estandarizados, sistemas, materiales de los parámetros del proceso) - 8h, estudio comparativo en FA (ejemplos, discusiones) - 2h, proceso de MDF (parámetros del proceso, influencia de los parámetros del proceso en las propiedades mecánicas, defectos, soluciones de software de rebanado, estructuras de soporte, posprocesamiento, materiales, RepRap) - 8h, diseño de 3DP - 2h, ejemplos de aplicaciones - 4h. Las clases incluyen videos, esquemas e ilustraciones y fomentan la discusión libre. Durante las clases y los laboratorios se presentan las colecciones de piezas, ensamblajes y proyectos de estudiantes o de

investigación previamente desarrollados. Durante los laboratorios, los estudiantes diseñan o rediseñan piezas (tener conocimiento de CAD en 3D es un prerrequisito) y ensamblajes en 3DP y se les enseña a operar las máquinas y aprender acerca de los componentes de las impresoras 3D, corregir archivos STL, experimentar con diferentes parámetros del proceso y orientaciones de construcción, trabajar en grupos las tareas. En algunos años, también se les pidió a los estudiantes que escribieran y presentaran un ensayo corto sobre temas de FA acordados con el profesor.

El curso se impartió inicialmente con una delimitación más clara entre las clases (aspectos teóricos) y las actividades prácticas (la primera clase fue en 2001). Sin embargo, con el paso del tiempo, sobre la base de los comentarios de los estudiantes y mediante el análisis de su comportamiento y participación durante las clases, se hizo el cambio hacia el aprendizaje activo. El modelo de clases invertidas se utilizó el semestre pasado durante dos trabajos de laboratorio y los resultados fueron prometedores. Esperamos que la 3DP permita fácilmente combinar la teoría y la práctica, así como hacer que el proceso de enseñanza sea interesante y creativo.

En el período 2014-2017, 58 estudiantes participaron voluntariamente en una encuesta de preguntas cerradas con el objetivo de evaluar la opinión de los estudiantes sobre cómo se debe aprender y enseñar en el campo de 3DP. Los estudiantes pudieron añadir comentarios libres a su elección. Se formularon las siguientes preguntas:

- P1. *¿Cómo preferiría aprender a imprimir en 3D?*
- P2. *¿Cuáles son las mejores herramientas para la enseñanza de la impresión en 3D?*
- P3. *Durante el estudio individual, ¿cuán difícil fue filtrar la información en línea?*
- P4. *¿Ha escrito mensajes o navegado por Internet durante las clases?*
- P5. *¿Cuál debería ser la relación entre la teoría y la práctica para la formación en ingeniería de impresión en 3D?*
- P6. *¿Debería enseñarse la impresión en 3D en el primer año/ segundo o tercer, ... año?*

## Resultados

El objetivo de las **P1** y **P2** era investigar el método de aprendizaje preferido por los estudiantes para adaptar el método de enseñanza de manera acorde. Como herramienta de enseñanza (**P2**) se prefirió trabajar en proyectos individuales y las discusiones en clase. Se observó que cada año el número de estudiantes que prefieren proyectos individuales en lugar de proyectos grupales aumentaba lenta pero continuamente. Esta observación también se puede encontrar en la literatura que compara los comportamientos de las generaciones; la explicación de los especialistas es que la Generación Z en comparación con los Millennials muestra mayor individualismo, a pesar del alto interés en las redes sociales. De acuerdo con los resultados de Thomas (2011), los estudiantes de nuestra muestra valoran el aprendizaje mediante la observación y la acción, y es por ello que prefirieron los proyectos individuales.

Sin razonar en estereotipos, las respuestas a las **P1** y **P2**, tal como se presenta en la Figura 1 y la Figura 2, refleja la tendencia de los Millennials y de la Generación Z a preferir el aprendizaje mediante ejemplos y la enseñanza visual en forma de videos. Esperábamos que los estudiantes no estuvieran contentos de leer un artículo en casa; sin embargo, nos sorprendió su oposición a este enfoque de enseñanza, como se refleja en las altas puntuaciones de totalmente en desacuerdo y en desacuerdo. Parecería que los estudiantes investigados prefieren considerablemente adquirir conocimientos lo más rápido posible y con el menor esfuerzo de razonamiento posible (queriendo la información ya resumida, "lo esencial").



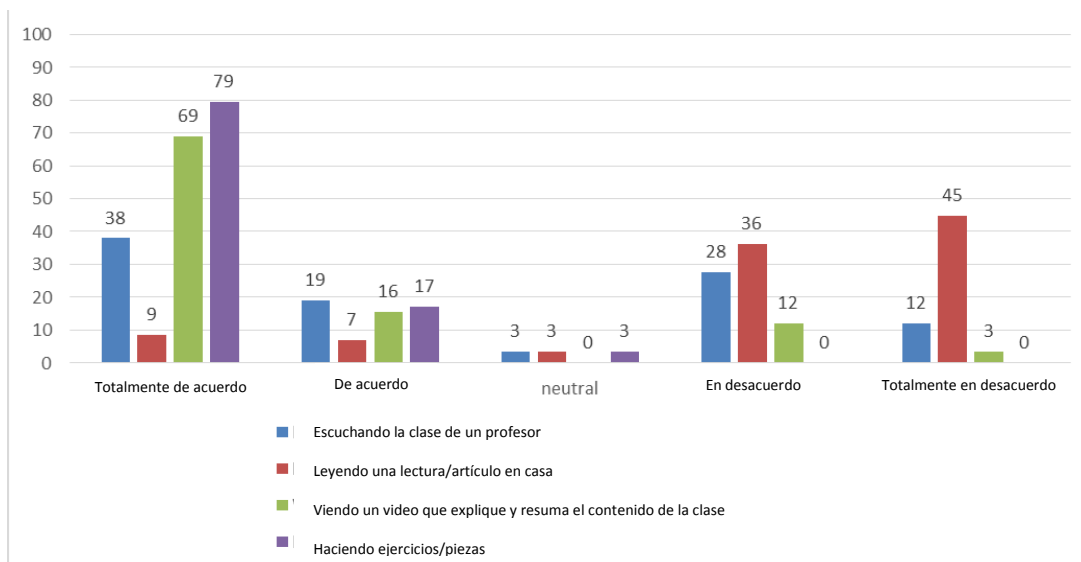


Figura 1. ¿Cómo preferiría aprender a imprimir en 3D?

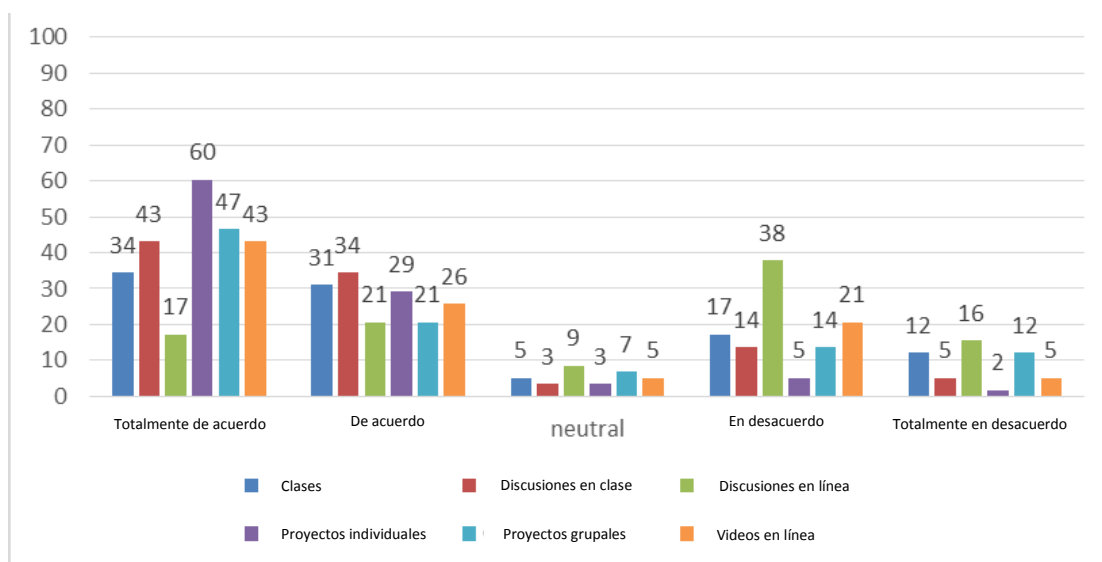


Figura 2. ¿Cuáles son las mejores herramientas para la enseñanza de la impresión en 3D?

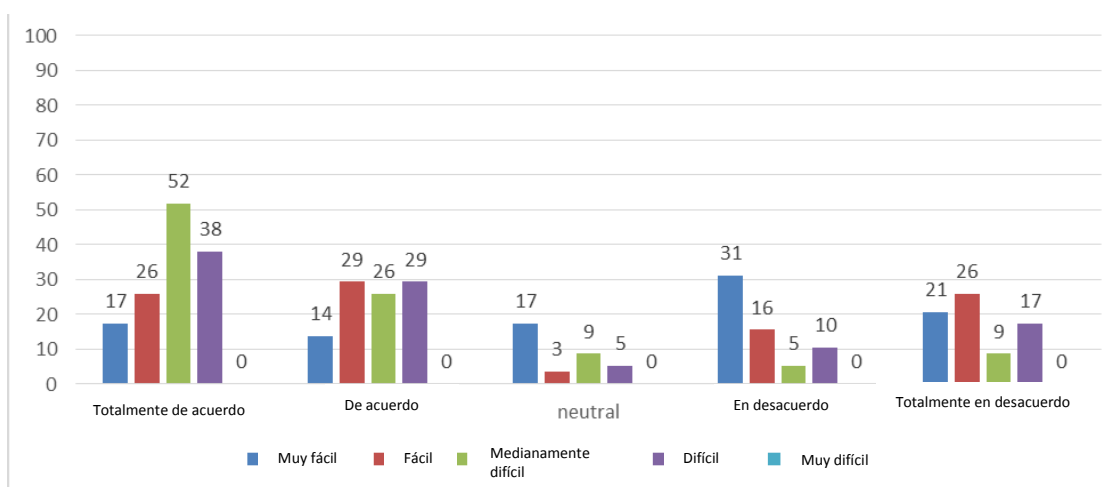


Figura 3. Durante el estudio individual, ¿cuán difícil es filtrar la información en línea?

Se formuló la **P3** (Figura 3) para investigar la capacidad de los estudiantes para encontrar y filtrar información pertinente sobre la 3DP utilizando Internet. A pesar de su presencia casi permanente en línea, en los años con presentaciones de ensayos, los estudiantes mostraron no ser capaces de separar la información relevante de la irrelevante y cuestionar las fuentes. La mayoría de las veces, aceptan los primeros diez o veinte resultados de búsqueda que Google brinda. Además, al observar los métodos de búsqueda y filtrado en Internet de los estudiantes, se observó que las opciones de imágenes y videos en Google se utilizaban para buscar aplicaciones y estudios de casos de 3DP, y sólo después la opción que brindaba los resultados de texto. Cuando se les pidió que profundizaran el tema, les resultó difícil filtrar la información. Sin embargo, al proporcionarles el apoyo necesario, los resultados finales (ensayos cortos) de su trabajo fueron buenos (nota media de 8.4/10).

Se utilizó la **P4** como un método para evaluar si las clases eran lo suficientemente interesantes y desafiantes para evitar que utilizaran los teléfonos inteligentes durante las clases para actividades no relacionadas con estas. El 61% de los estudiantes admitió abiertamente haber escrito mensajes o navegado por Internet durante las clases. Sin embargo, algunos estudiantes comentaron que a veces buscan en Google términos que no entendían (en lugar de preguntar al profesor), mientras que otros dijeron que pueden hacer más de dos cosas a la vez, es decir, prestar atención a las clases y escribir mensajes no relacionados con el curso. Parece que existe el mito de que las nuevas generaciones pueden ser multitareas. Esta es una opinión que no compartimos, puesto que lo que los estudiantes llaman multitarea es de hecho un cambio rápido entre tareas, lo que disminuye la eficacia de todas las tareas y reduce la capacidad de la memoria para recuperar los datos de estas tareas después de un período mediano de tiempo. Durante el período de la encuesta, se hicieron cambios en el formato de las clases. Se utilizaron más esquemas, dibujos, ilustraciones y videos. Algunas nociones teóricas fueron presentadas también en formato visual, y se impartieron dos presentaciones de Pecha Kucha. Se observó que, durante las presentaciones de Pecha Kucha, los estudiantes no usaron teléfonos inteligentes. Las preguntas formuladas después de las nuevas presentaciones no mostraron un entendimiento más rápido de las nociones teóricas enseñadas. Sin embargo, durante las recapitulaciones, los estudiantes pudieron recordar con mayor rapidez la información de estas clases en comparación con las clases tradicionales.

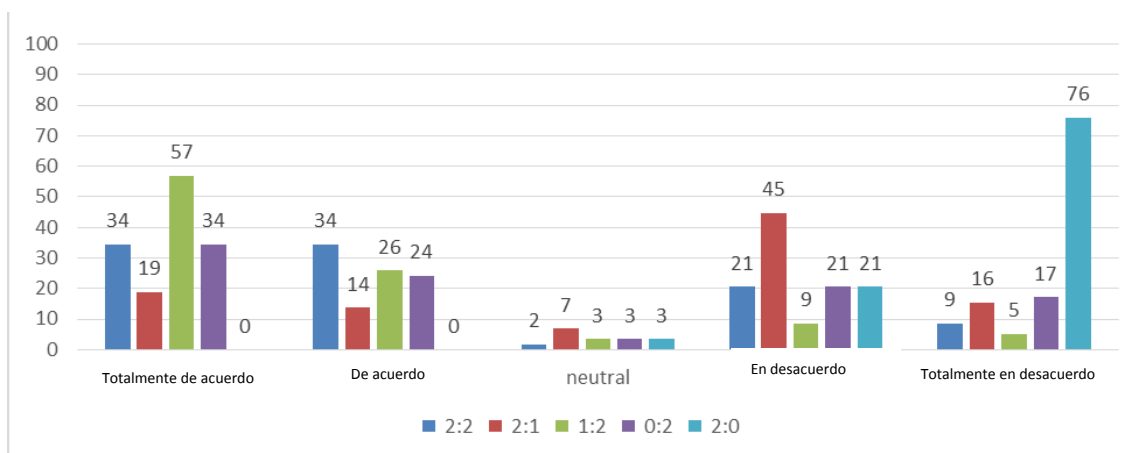


Figura 4 ¿Cuál debería ser la relación entre la teoría y la práctica para la formación en ingeniería de impresión en 3D?

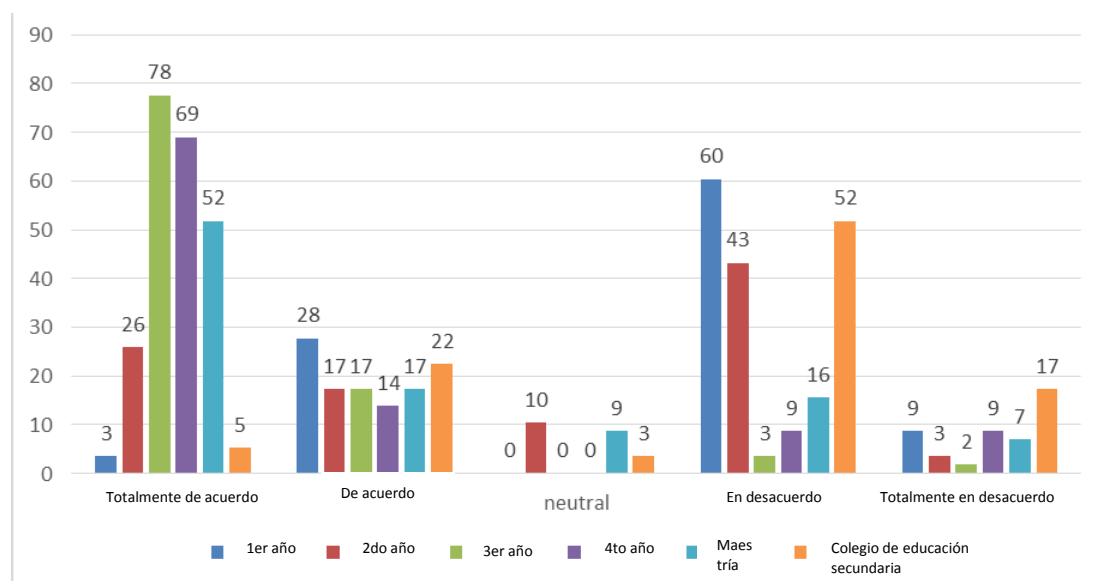


Figure 5. ¿Debería enseñarse la impresión en 3D en el primer año/ segundo o tercer, ... año?

El objetivo de la **P5** fue investigar si los estudiantes prefieren más teoría o más práctica (teoría: práctica) y como herramienta para verificar la coherencia de las respuestas en relación con la P1. Como se muestra en la Figura 4, los estudiantes claramente prefieren más actividades prácticas.

La **P6** investiga la opinión de los estudiantes sobre la dificultad de la asignatura (solicitándoles que piensen si pueden manejar la información a una edad más temprana), así como la oportunidad de tener conocimientos sobre la 3DP que pueden ser utilizados para otros cursos. Con respecto a esta pregunta, la mayoría de los estudiantes rumanos consideraron que los temas no eran adecuados para los estudiantes de secundaria (Figura 5). Esto entra en contradicción con la tendencia de enseñar 3DP en la educación CTIM en Estados Unidos, por ejemplo. Los estudiantes también indicaron la preferencia por estudiar 3DP en su tercer año de estudio, y los comentarios indicaron el valor de utilizar impresiones tangibles en 3D en otras disciplinas técnicas (como robótica, mecanismos, diseño de productos).

Las dos últimas preguntas también fueron formuladas a otros 105 estudiantes de la misma facultad en el período 2000-2004. Sus opciones eran hacia un mayor equilibrio entre la teoría y la práctica, 2:2 (2h de clase, 2h de laboratorio por semana), que fueron preferidas por el 62% de los encuestados (el 8% no tenía opinión sobre el tema). En la P6, estos estudiantes de 2000-2004 respondieron a favor de estudiar tecnología de FA en su primer semestre de estudios de maestría (65%, no opina: 12%).

## Discusión

La literatura (Klein, 2003; Lalley & Gentile, 2009; Willingham, 2003) trata la efectividad de dar instrucciones individualizadas basadas en los estilos de aprendizaje, tipos de inteligencia, personalidades o habilidades de los estudiantes, y muestra que no hay una evidencia clara de que "el estilo de instrucción mejore el rendimiento" (Lalley & Gentile, 2009), que "los recursos cognitivos interactúen pero no correspondan a las categorías de representaciones curriculares" (Klein, 2003) y que "los profesores deberían centrarse en el mejor formato del contenido... *el formato importa de la misma manera para todos los estudiantes*" (Willingham, 2005). (Lalley & Gentile, 2009) consideran que es incorrecto "que la instrucción deba adaptarse a los estilos de los estudiantes", proponiendo adaptarla al conocimiento previo del estudiante. Reconociendo que no es práctico y eficiente personalizar la enseñanza a los atributos del estudiante, también consideramos que conocer las características, hábitos de aprendizaje y preferencias de la nueva

generación, como grupo, puede definitivamente apoyar a los profesores en la elección de las herramientas y métodos correctos para que el contenido llegue eficientemente a la audiencia.

Los resultados de nuestra encuesta mostraron preferencias claras de los estudiantes hacia actividades de aprendizaje más visuales, interactivas y prácticas, experiencias de aprendizaje más digitalizadas, más pruebas de aplicaciones teóricas en la práctica, así como una transferencia de conocimientos mucho más rápida por parte del formador. También quieren participar en el proceso de aprendizaje y no ser receptores pasivos de información. Un período de atención (demasiado) corto, una conducta multitarea, la falta de pensamiento crítico también representan desafíos para los educadores.

La encuesta también mostró la dificultad de los estudiantes para filtrar la información de 3DP en Internet y encontrar fuentes confiables, y también la reticencia a estudiar artículos científicos en casa. Creemos que esta última observación puede explicarse por las características de los niveles de instrucción en las escuelas rumanas de educación secundaria que, lamentablemente, brindan demasiada información procesada por los profesores en detrimento de los estudios individuales basados en una diversidad de recursos teóricos.

Se han realizado investigaciones significativas sobre lo que debería incluir la enseñanza de la ingeniería y cómo deberían alcanzarse los resultados educativos. Muchas universidades a nivel mundial han implementado enfoques complejos para desarrollar no sólo las habilidades técnicas de sus estudiantes, sino también las profesionales/"blandas" (Shuman, Besterfield-Sacre & McGourty, 2005). Sin embargo, ha habido menos investigaciones sobre cómo enseñar a la Generación Y a la Generación Z. Ejemplos de investigaciones sobre la educación de los Millennials son (Roberts, Newman & Schwartzstein, 2012; Meister & Willyerd, 2010).

Los profesores deben tomar en cuenta y abordar no sólo las exigencias, los intereses y los hábitos de aprendizaje de las nuevas generaciones, sino también el creciente contexto de la 3DP. Deben adaptar de forma constante y creativa las metodologías de enseñanza y, al mismo tiempo, deben enfrentarse a los mitos de la 3DP y a la sobreexposición de los medios de comunicación para posicionar esta tecnología en el lugar que le corresponde entre las demás tecnologías de fabricación. También es importante elaborar planes de estudio para garantizar que los objetivos de aprendizaje y las competencias adquiridas sean lo más similares posible en todo el mundo, y que los estudiantes tengan un correcto entendimiento de las capacidades tecnológicas y de la gama de aplicaciones. Abogamos por la educación formal de FA con métodos de enseñanza adaptados a las características de los nuevos estudiantes para apoyarlos a ser innovadores, comprometidos e interesados en adquirir conocimientos tanto prácticos como teóricos. El peligro que se debe evitar de manera proactiva es no permitir que el conocimiento superficial sea considerado suficiente por los nuevos estudiantes, quienes pueden ver desde una edad temprana que pueden obtener impresiones sin tener información completa en el campo.

Se pueden hacer algunas sugerencias basadas en la investigación que se presenta en este artículo, que podrían aplicarse también a otras asignaturas o niveles de educación. Lo más importante, en nuestra opinión, es considerar las características de las nuevas generaciones, pero no comprometerse a impartirles conocimientos menos profundos con el argumento de que no lo prefieren. En cambio, los educadores deberían disfrazar esta información en formatos más atractivos e incorporar las tecnologías y dispositivos tan familiares entre la Generación Z. También se podrían incluir esquemas, gráficos, videos, presentaciones de Pecha Kutcha, clases invertidas, etc. en las clases más 'tradicionales' basadas en presentaciones en PowerPoint. Esperamos que las tareas y las actividades orientadas a proyectos sean fáciles de implementar en la enseñanza de la 3DP. Se sugiere que los educadores interactúen más con la nueva generación de estudiantes, que inicien debates durante las clases, que brinden ciclos de retroalimentación más cortos y que incorporen actividades prácticas en las clases. En la enseñanza, tal vez los educadores deberían hacer mayor uso de los videos de YouTube para explicar conceptos y hablar más usando imágenes.

Otra sugerencia es que los educadores deben mostrar a los estudiantes que acceder a los primeros resultados de una búsqueda en Google no es suficiente. Los educadores deben ayudar a los estudiantes a identificar fuentes confiables y pedirles que filtren y analicen la información de manera crítica.

## Referencias

- Assunção, E.G., Silva, E.R., & Pei, E. (2019). Professional Training of AM at the European Level. In: Pei E., Monzón M., Bernard A. (Eds), *Additive Manufacturing – Developments in Training and Education*. Springer, Cham.
- Barnes & Noble Colleg. (2015). *Getting to Know Gen Z: Exploring a New Generation's Expectations for Higher Education: New Research Provides Insights into the Characteristics of Future Students*. Available at: <https://next.bncollege.com/wp-content/uploads/2015/10/Gen-Z-Research-Report-Final.pdf>
- Correia, S. C. & Bozutti, D.F. (2017). Challenges and Difficulties to Teaching Engineering to Generation Z: a case research. *Propósitos y Representaciones*, 5(2), 127 -183. Doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.163>
- Corbisiero, F., & Ruspini, E. (2018). Guest editorial. *Journal of Tourism Futures*, 4(1), 3-6. Doi: <https://doi.org/10.1108/JTF-03-2018-069>
- Cuellar, J. S., Smit, G., Plettenburg, D., & Zadpoor, A. (2018). Additive manufacturing of non-assembly mechanisms. *Additive Manufacturing*, 21, 150-158. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.02.004>
- Despeisse, M. & Minshall, T. (2017). Skills and Education for Additive Manufacturing: A Review of Emerging Issues. In: Lödding H., Riedel R., Thoben KD., von Cieminski G., Kiritsis D. (Eds), *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. APMS 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 513, Springer, Cham.
- Diegel, O., Nordin, A., & Motte D. (2018). Teaching Design for Additive Manufacturing Through Problem-Based Learning. In: Pei E., Monzón M., Bernard A. (Eds) *Additive Manufacturing – Developments in Training and Education*. Springer, Cham
- DiLullo, C. (2015). Learners of a New Generation. In Chan, L.K. & Pawlina, W. (Eds.), *Teaching Anatomy: A Practical Guide*, 11-21, Springer International Publishing, Switzerland. EOS Academy (2018). AM Training Portfolio. Available at [https://cdn.eos.info/12a0083b67076d44/e9fc19c06c85/AdditiveMinds\\_Brochure\\_April\\_2018\\_en\\_WEB.pdf](https://cdn.eos.info/12a0083b67076d44/e9fc19c06c85/AdditiveMinds_Brochure_April_2018_en_WEB.pdf)
- European Commission Executive Agency For Small And Medium-Sized Enterprises (2016). Identifying current and future application areas, existing industrial value chains and missing competences in the EU, in the area of additive manufacturing (3D-printing). available on <http://ec.europa.eu/>
- Ford, S., & Minshall, T. (2017). 3D printing in teaching and education: A review of where and where and how it is used. Available at [www.researchgate.net/publication/320617391\\_3D\\_printing\\_in\\_teaching\\_and\\_education\\_A\\_review\\_of\\_where\\_and\\_how\\_it\\_is\\_used](http://www.researchgate.net/publication/320617391_3D_printing_in_teaching_and_education_A_review_of_where_and_how_it_is_used)
- Go, J. & Hart, A.J. (2016). A framework for teaching the fundamentals of additive manufacturing and enabling rapid innovation, *Additive Manufacturing*, 10, 76–87. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.03.001>
- Harvey, S.B. (2016). Teaching additive manufacturing in a higher education setting, AAEE2016 Conference, Coffs Harbour, Australia, 329-336.
- Huang, Y., & Ming, L.C. (2014). Frontiers of Additive Manufacturing Research and Education Additive Manufacturing – Developments in Training and Education, An NSF Additive Manufacturing Workshop Report. Available at <http://nsfam.mae.ufl.edu/2013nsfamworkshopreport.pdf>
- ISO/ASTM 52900:2015 – Additive Manufacturing. Terminology.

- Jiang, R., Kleer, R., & Piller, F.T. (2017). Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030, *Technological Forecasting & Social Change*, 117, 84–97. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.006>
- Jonas-Dwyer, D., & Pospisil, R. (2004). The Millennials effect. Implications for academic development in Research and Development in Higher Education: Transforming Knowledge into Wisdom Holistic Approaches to Teaching and Learning, 27, 194-207. Available at <http://www.herdsa.org.au/publications/conference-proceedings/research-and-development-higher-education-transforming-18>
- Klein, P. D. (2003). Rethinking the multiplicity of cognitive resources and curricular representations: alternatives to "learning styles" and "multiple intelligences. *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 45-81. Doi: <https://doi.org/10.1080/00220270210141891>
- Lalley, J.P., & Gentile, J.R. (2009). Adapting Instruction to Individuals: Based on the Evidence, What Should It Mean? *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 20(3), 462-475. Available at <https://eric.ed.gov/?id=EJ869330>
- Manyika, J. L., Chui, M., Buglin, J., Dobbs, R., Berson, P., & Mars, A. (2013, May). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute
- Meister, J. C., & Willyerd, K. (2010). Mentoring Millennials. *Harvard Business Review*, 88(5), 68-72. Available at <https://hbr.org/2010/05/mentoring-millennials>
- Milewski, J.O. (2017). Additive Manufacturing Metal, the Art of the Possible. *Additive Manufacturing of Metals*, 7-33. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58205-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58205-4_2)
- MIT Professional Education, Additive Manufacturing: From 3D Printing to the factory floor (2018). Available at <http://professional.mit.edu/programs/short-programs/additive-manufacturing>
- Monaco, M., & Martin, M. (2007). The millennial student: A new generation of learners. *Athletic Training Education Journal*, 2(2), 42-46. Available at <https://www.learntechlib.org/p/158826/>
- Moore, K., Jones, C., & Frazier R.S., (2017). Engineering Education for Generation Z. *American Journal of Engineering Education*, 8(2), 111-126. Available at <https://eric.ed.gov/?id=EJ1162924>
- Nemorin, S. (2017). The frustrations of digital fabrication: an auto/ethnographic exploration of 3D Making in school. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(4), 578-59. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9366-z>
- Paudel, A.M., & Kalla, D.K. (2016). Direct Digital Manufacturing Course into Mechanical Engineering Technology Curriculum, in: ASEE Annu. Conf. Expo., ASEE, New Orleans, USA. Doi: <https://doi.org/10.18260/p.26848>
- Pew Research Center, Millennials - Pew Social Trends. Available at <http://www.pewsocialtrends.org/2010/02/24/millennials-confident-connected-open-to-change/>
- Radharamanan, R. (2017). *Additive Manufacturing in Manufacturing Education: A New Course Development and Implementation*, In: ASEE Annu. Conf. Expo., ASEE, Columbus, USA.
- Roberts, D. H., Newman, L.R., & Schwartzstein, R. M. (2012). Twelve tips for facilitating Millennials' learning. *Medical Teacher*, 34(4), 274-278. Doi: <https://doi.org/10.3109/0142159X.2011.613498>
- Roca, J. B., Vaishnav, P., Mendonca, J., & Granger, M. (2017). Getting past the hype about 3D Printing. *MIT Sloan Management Review*, 52(3), 56-62. Available at [http://ilp.mit.edu/media/news\\_articles/smr/2017/58323.pdf](http://ilp.mit.edu/media/news_articles/smr/2017/58323.pdf)
- Shatto, B., & Erwin, K. (2016). Moving on from Millennials: Preparing for Generation Z. *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 47(6), 253–254. Doi: <https://doi.org/10.3928/00220124-20160518-05>
- Shuman, L.J., Besterfield-Sacre, M., & McGourty, J. (2005). The ABET "Professional skills" - Can they be taught? Can they be assessed? *Journal of Engineering Education*. 94, 41-55. Doi: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00828.x>

- Stratasys (2016), Introduction to 3D Printing Curriculum. Available at <http://www.stratasys.com/resources/search/education-materials/download-introduction-3d-printing-curriculum>
- Swanzen, R. (2018). Facing the generation chasm: the parenting and teaching of generations Y and Z. *International Journal of Child, Youth and Family Studies*, 9(2), 125-150. Doi: <https://doi.org/10.18357/ijcyfs92201818216>
- Thomas, M. (Ed.) (2011), Deconstructing Digital Natives: Young People, Technology and the New Literacies, Routledge, New York, NY.
- Training in 3D Printing to foster EU innovation and creativity (2018), 3D Printing Curriculum. Available at [https://3d-p.eu/wp-content/uploads/2018/08/IO2\\_Curricula-of-3DP-course.pdf](https://3d-p.eu/wp-content/uploads/2018/08/IO2_Curricula-of-3DP-course.pdf) (accessed May 13th 2018)
- Vandeveldt, C., Wyffels, F., Ciocci, MC. et al. (2016). Design and evaluation of a DIY construction system for educational robot kits. *International Journal of Technology and Design Education*, 26, 521-540. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9324-1>
- Williams, C.B., & Seepersad, C.C. (2012). Design for Additive Manufacturing Curriculum: A Problem - and Project- Based Approach, in: 23rd Annu. Int. Solid Free. Fabr. Symp., Laboratory for Freeform Fabrication and University of Texas at Austin, Austin, USA, 81-92.
- Willingham, D. T. (2003). Why students think they understand--when they don't. *American Educator*, 48, 38-41. Available at <http://www.math.jhu.edu/~wsw/whentheydont.html>
- Willingham, D. T. (2005). Do visual, auditory, and kinesthetic learners need visual, auditory, and kinesthetic instruction? *American Educator*, 29, 31-35. Available at <https://www.aft.org/ae/summer2005/willingham>