

Ampliando horizontes tecnológicos desde la implementación de un ecosistema de recursos de aprendizaje virtual para estudiantes universitarios

<http://doi.org/10.53358/ideas.v6i2.1003>

Juan Diego Cerrón¹, Jair Jesús León Lucano², Olger Gutiérrez Aguilar³

1: Laboratorio de Fabricación Digital, Universidad Continental,

2: Publicidad y Multimedia, Universidad Católica de Santa María

3: Universidad Católica de Santa María

jcerrons@continental.edu.pe, jair.leon@ucsm.edu.pe, ogutierrez@ucsm.edu.pe

Fecha de envío, enero 19/2024 - Fecha de aceptación, junio 6/2024 - Fecha de publicación, julio 15/2024

Resumen: Durante la pandemia, las universidades tuvieron que cambiar la modalidad de enseñanza, pasando de presencial a virtual. Esto limitó la oportunidad de aprender acerca de las tecnologías de fabricación digital de forma experiencial. Ante esto, se adaptó el programa "Ruta Maker" incorporando ecosistemas de recursos de aprendizaje para fabricación digital. El objetivo de conocer en los estudiantes del programa "Ruta Maker" el alcance de un ecosistema integral de recursos de aprendizaje virtual en el fortalecimiento de habilidades tecnológicas, en la adopción de una cultura maker in house y DIY y en la construcción de máquinas de fabricación digital de código abierto. Es un estudio de tipo transversal, con muestreo intencionado, donde se aplicó cuatro instrumentos a 48 estudiantes universitarios del programa "Ruta Maker". Se logró un nivel adecuado de aprendizaje en el programa. En el eje 1 "Habilidades tecnológicas 4.0" destacó la dimensión "Diseño 2D y 3D" (83%). En el eje 2 "Espacios de experimentación", la dimensión "Layout CNC MASLOW" tuvo mejor resultado que las otras dimensiones (83%). En el eje 3 "Cultura DIY Máquinas de Fabricación Digital", las dos dimensiones tuvieron logros similares (73% y 71%). La satisfacción de los estudiantes valora más el equipo del Fabber Tech y el acompañamiento/prototipado. En conclusión, los ecosistemas de aprendizaje de fabricación digital en modalidad virtual, es una opción pedagógica que permite el diseño y fabricación digital en casa, fomentando la cultura Maker-DIY.

Palabras Clave: Cultura Maker; DIY; Ecosistemas de aprendizaje; Estudiantes universitarios.

Abstract: During the pandemic, universities had to shift from in-person to virtual teaching. This limited the opportunity to learn about digital manufacturing technologies experientially. In response, the "Ruta Maker" program was adapted by incorporating ecosystems of learning resources for digital manufacturing. The objective was to assess the impact of a comprehensive virtual learning resources ecosystem on strengthening technological skills, adopting an in-house maker and DIY culture, and constructing open-source digital manufacturing machines among students in the "Ruta Maker" program. This is a cross-sectional study with purposive sampling, where four instruments were applied to 48 university students in the "Ruta Maker" program. An adequate level of learning was achieved in the program. In Axis 1, "4.0 Technological Skills," the "2D and 3D Design" dimension stood out (83%). In Axis 2, "Experimentation Spaces," the "Layout CNC MASLOW" dimension performed better than the other dimensions (83%). In Axis 3, "DIY Digital Manufacturing Machines Culture," the two dimensions had similar achievements (73% and 71%). Student satisfaction valued the Fabber Tech team and the support/prototyping the most. In conclusion, digital manufacturing learning ecosystems in a virtual modality are a pedagogical option that enables digital design and manufacturing at home, fostering the Maker-DIY culture.

Keywords: Maker Culture; DIY; Learning Ecosystems; University Students.

Introducción

La pandemia ocasionada por el virus SARS-COV-2 trajo muchos cambios en las dinámicas de vida, en la educación el mayor cambio se enfocó en la pedagogía digital, debido a las limitantes de movilización y tránsito civil, los centros de estudios universitarios optaron por brindar sus servicios educativos bajo la modalidad de enseñanza virtual. Perú no fue ajeno a este cambio, evidenciándose brechas de acceso tecnológico y competencias tecnológicas en el binomio docente-alumno, siendo más crítico a nivel de instituciones educativas públicas (1). A su vez se convirtió en una oportunidad para modernizar la educación universitaria para que introduzca la digitalización, la tecnología y la virtualidad; siendo una transición derivada de la crisis sanitaria (Vázquez Cupeiro y García Arnau 2022).

Así mismo, esta situación conllevó a desafíos para las universidades y los mismos profesores en lograr recrear el nivel de enseñanza que se obtiene en clases presenciales, en sesiones virtuales. Para diversos profesores, ha sido un cambio radical en su forma de enseñanza, al mismo tiempo que fueron restringidos al uso de máquinas y equipamiento con fines pedagógicos; siendo entre tantas las carreras de ingeniería afectadas para acceder a los laboratorios remotos simulados. (3)

En el marco de la cuarta revolución tecnológica se requiere de profesionales con nuevas capacidades y que manejen tecnologías como inteligencia artificial, la impresión en 3D, la robótica, la biotecnología, fabricación digital, que modifiquen actividades y procesos en el sector productivo y social según los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 (4) (5). Por otro lado, desde el 2015 se promovía los Maker Space o espacios de experimentación, con tecnología basados en el aprender haciendo y en la exploración de diversos software y hardware a partir de la mentalidad DIY (del inglés Do It Yourself o Hazlo Tú Mismo) según el reporte Horizon (6), evidenciando que aún es limitada su abordaje desde las universidades y que se vio restringida durante la pandemia.

En el contexto de la pandemia, fue un reto para la Universidad Continental a pesar de que ya había implementado la modalidad virtual o híbrida para la enseñanza en sus carreras académicas; abordar en el marco de la virtualización de contenidos Fab Lab el desarrollo de habilidades en tecnologías 4.0, fabricación digital, diseño de producto; debido a la dependencia tecnológica, la centralización y falta de espacios de experimentación; que estaban generando limitaciones para el aprendizaje y logros de competencias formativas. A esto se sumó que en los estudiantes no era su preferencia la enseñanza remota, debido a diversos factores que el alumnado puede presentar, como la motivación del estudiante, problemas o limitaciones técnicas, manejo de tiempos y dificultad a establecer conexión de internet. (7)

Frente a esta situación, y buscando opciones, se activó el programa de la Ruta Maker dirigido a estudiantes universitarios de diferentes carreras profesionales para desarrollar la formación en habilidades tecnológicas, también involucrar a los estudiantes en la construcción de equipamiento de fabricación digital, para que puedan crear sus propios espacios de experimentación en casa; de esta manera adoptar las culturas maker y DIY, para poder aportar con proyectos innovadores multidisciplinarios.

Sin embargo, este programa generó nuevas incógnitas, como cuál sería la forma de enseñar estos temas sin el uso de las maquinarias físicas, o sin el procedimiento experiencial presencial de los laboratorios Fab Lab de las sedes de la universidad, o cómo se podría generar un espacio de aprendizaje similar en casa, estando con las limitaciones de movilización y variado acceso a tecnologías durante la pandemia.

En este sentido, la investigación se realizó por el interés de dar respuestas antes planteadas, con el objetivo de conocer en los estudiantes del programa "Ruta Maker" el alcance de un ecosistema integral de recursos de aprendizaje virtual en el fortalecimiento de habilidades tecnológicas, en la adopción de una cultura maker in house y DIY y en la construcción de máquinas de fabricación digital de código abierto.

Para lograr el objetivo del estudio se aplicó un método cuantitativo de tipo observacional-descriptivo, bajo un diseño transversal y un muestreo intencionado de 48 estudiantes de las carreras de ciencias e ingeniería, ciencias de la empresa, derecho y ciencias de la salud, que participaron en el programa durante el ciclo académico 2022-20. Se aplicó tres instrumentos con rúbricas de evaluación con escala Likert, recopilando dimensiones de aprendizaje logrado por cada uno de los tres ejes del programa "Ruta Maker". Además, se midió vía una encuesta la percepción de satisfacción de los estudiantes, que facilitó recomendaciones de mejora.

Metodología y materiales

Se aplicó un diseño cuantitativo de tipo observacional, descriptivo y transversal, con una muestra intencionada de 48 jóvenes estudiantes de la Universidad Continental, de carreras relacionadas a las Facultades de Ingenierías, Ciencias de la Empresa, Derecho y Ciencias de la Salud. Estos estudiantes participaron del programa de la "Ruta Maker" en un entorno virtual (a distancia) y con el soporte de un equipo Fab Lab de la Universidad en cuatro sedes: Huancayo, Lima, Arequipa y Cusco.

Los tres ejes del estudio estuvieron alineadas al programa "Ruta Maker", desde las cuales se buscó conocer el alcance de la plataforma de aprendizaje para la formación de habilidades en fabricación digital, la capacidad para diseñar un espacio maker inhouse que permita la construcción de prototipos de corte tecnológico, y la viabilidad de poder construir máquinas de fabricación digital open source accesible. Cada eje tiene sus propias dimensiones con sus atributos respectivos de cumplimiento que se espera alcance el estudiante (Ver tabla 1).

Tabla 1. Ejes, variables y dimensiones del estudio.

| Ejes | Variables de estudio | Dimensiones |
|---|---|--|
| Relación de habilidades tecnológica 4.0 y aprendizaje experiencial | Variable Independiente: Habilidades tecnológicas 4.0 | Diseño 2D y 3D Operación de Máquinas de Fabricación Digital Programación Electrónica Manufactura Electrónica |
| | Variable Dependiente: Aprendizaje experiencial | Diseño de Páginas Web (E Portafolio) |
| Relación de espacios de experimentación y Brechas tecnológicas | Variable Independiente: Espacios de experimentación | Diseño y/o Coworking Impresión 3D Corte láser CNC Corte de papel vinilo Isla electrónica Galería de Proyectos |
| | Variable Dependiente: Brechas tecnológicas | Diseño de espacio inhouse CNC MASLOW Diseño de espacio inhouse Cortadora Láser Diseño de espacio inhouse para Impresión 3D |
| Relación de cultura DIY máquinas de fabricación digital y proyectos de impacto positivo | Variable Independiente: Cultura DIY Máquinas de fabricación Digital | CNC Impresión 3D Cortadora láser |
| | Variable Dependiente: Proyectos de impacto positivo | Laboratorios de innovación Lernybot Quipu |

Se aplicaron tres instrumentos que midieron cada uno de los ejes descritos en la tabla 1. Se utilizaron rúbricas de evaluación que permitieron abordar los conceptos teóricos y el aprendizaje expresado en habilidades y capacidades tecnológicas. Cada instrumento tuvo una batería de criterios de evaluación con puntajes entre 0 a 20, en una Escala de Likert con cinco opciones de calificación.

El primer instrumento contiene 16 ítems, en esta se contempla atributos sobre las habilidades tecnológicas 4.0 y capacidad de aprendizaje experiencial, por consiguiente, se consideró propiedades que permiten medir el conocimiento adquirido de los módulos de la plataforma "Ruta Maker" para la formación de habilidades y tecnologías 4.0 y aprendizaje sobre portafolio digital.

El segundo instrumento tiene 8 ítems, en esta se contempla un conjunto de condiciones que subyacen la capacidad de los estudiantes para desarrollar espacios de experimentación y retos de brechas tecnológicas, orientadas a valorar la capacidad de los alumnos de poder conseguir las tecnologías de forma autónoma y evidenciar la habilidad de diseñar las maquinarias y espacios ideales para una recreación maker in house.

El tercer instrumento contiene 7 ítems, en esta se contempla un conjunto de condiciones que expresen las características de adquirir una cultura DIY, capacidad para fabricación digital de maquinarias y desarrollar proyectos de impacto positivo, que permita medir qué tanto los alumnos pueden generar y proponer proyectos con beneficio social, y su nivel de organizarse.

Adicionalmente, se aplicó un instrumento de satisfacción, que exploró la valoración de los estudiantes sobre el programa sobre acompañamiento y prototipado, materiales de enseñanza, metodología, Fabber Tech y aspectos generales.

La recolección de los datos se realizó en los estudiantes del programa "Ruta Maker" previa explicación del consentimiento informado, para luego aplicarles los cuatro instrumentos que miden los tres ejes del alcance del programa y la satisfacción de los alumnos. Para evaluar el primer eje se aplicó el instrumento sobre habilidades tecnológicas y aprendizaje experiencial durante las 5 sesiones; en el caso de la dimensión Diseño de Pagina Web se evidenció la documentación en las websites de cada estudiante. En el segundo eje se aplicó el instrumento sobre "Espacios de experimentación y brechas digitales" durante las dos sesiones, valorando los procedimientos que van logrando con sus diseños propuestos de layouts de experimentación. En el tercer eje se aplicó el instrumento sobre la "Cultura DIY máquinas de fabricación digital y proyectos de impacto positivo" durante cinco sesiones, utilizando actividades con criterios a valorar para cada procedimiento que ejecuto el estudiante.

Los datos de cada eje se analizaron de forma descriptiva, aplicando métodos estadísticos de frecuencias. Primero se obtuvieron los puntajes totales por ítem de todos los encuestados, se determinó los porcentajes por ítem y luego se calculó el promedio de los porcentajes por dimensión de cada variable en estudio, que expresa el logro esperado de aprendizaje y se clasificó en cuatro niveles EAMI: Excelente (E), representa un nivel de logro destacado en el aprendizaje si el promedio se ubica entre 90-100%, Adecuado (A) si se encuentra entre 70-89%, se considerara un nivel de aprendizaje aceptable, Mínimo (M) aprendizaje cuando se ubica entre 50 a 69% e Insatisfactorio (I) cuando está por debajo del 50%.

En el caso de los datos de satisfacción se analizó las frecuencias según las categorías determinadas para cada eje del programa.

Resultados y discusión

Los resultados muestran las evidencias empíricas del alcance del programa Ruta Maker que a través de un ecosistema de recursos de aprendizaje ha mejorado los aprendizajes y capacidades tecnológicas en estudiantes universitarios de diferentes carreras profesionales.

Para el primer eje, el análisis concluye que los estudiantes obtuvieron un mayor nivel de aprendizaje en la dimensión de Diseño 2D y 3D con un 83% en comparación a las otras cuatro dimensiones. Esto muestra que los alumnos, independiente de la carrera universitaria, tienen mayor posibilidad de desarrollar competencias para digitalizar iniciativas con algún programa vectorial, aumentando la oportunidad para generar futuros proyectos, con la implementación de este nuevo conocimiento. Mientras que la dimensión de manufactura electrónica que busco desarrollar competencias para diseñar y construir el hardware obtuvo el más bajo porcentaje (67%) conjuntamente con la variable dependiente "aprendizaje experiencial" (ver tabla 2). Los tres ítems con más bajo puntaje están relacionados con el manejo de instrumentos electrónicos, mediante el uso del software Thinkercad, y el uso

real de los aparatos electrónicos (ítem 11 y 14 respectivamente), mientras que el ítem 15 confirma la dificultad de documentar los aciertos y desaciertos de sus innovaciones mediante el desarrollo de una página web, el cual no permite visualizar las nuevas abstracciones y aplicaciones elaborados por los estudiantes.

Esto refleja que cuando los estudiantes son de carreras donde la programación no es un eje central, las dificultades de aprendizaje se amplían y tendrán un mayor reto en completar de forma exitosa estos desafíos.

Tabla 2. Resultados de aprendizaje del Eje 1: Habilidades tecnológicas y aprendizaje según dimensiones.

| Dimensiones | Resultados de Aprendizaje Logrado por ítem | | | | Resultados de Aprendizaje Promedio | | | |
|--|--|---------|---------|---------|------------------------------------|-----|-----|---|
| | E | A | M | I | E | A | M | I |
| Diseño 2D y 3D | Ítem 1 | Ítem 2 | Ítem 3 | | | | | |
| | 83% | 83% | 83% | | | 83% | | |
| Operación de Máquinas de Fabricación Digital | Ítem 4 | Ítem 5 | Ítem 6 | Ítem 7 | | | | |
| | 83% | 83% | 69% | 68% | | 76% | | |
| Programación Electrónica | Ítem 8 | Ítem 9 | Ítem 10 | Ítem 11 | | | | |
| | 67% | 67% | 68% | 61% | | | 66% | |
| Manufactura Electrónica | Ítem 12 | Ítem 13 | Ítem 14 | | | | | |
| | 79% | 78% | 46% | | | | 67% | |
| E-Portafolio | Ítem 15 | Ítem 16 | | | | | | |
| | 55% | 78% | | | | | 67% | |

Para el segundo eje, se observa que las dimensiones de área de diseño y fabricación digital tuvieron un nivel de aprendizaje adecuado que oscila entre 72 y 73% respectivamente, en esa línea, para la primera dimensión hubo la limitante del acceso al software por los estudiantes durante las sesiones de trabajo; debido a problemas de conexión de internet o falta de equipamiento necesario (PC o Laptop), la adquisición de software se dificultó, ralentizando la posibilidad de avanzar de forma eficiente.

Mientras que la variable dependiente “Brechas tecnológicas” ha logrado un mayor nivel en el manejo de planificación para un Layout CNC MASLOW (83%). Este logro se explicaría porque una de las sesiones presenciales guiadas facilitó el acercamiento con la máquina, evidenciando su funcionamiento, al igual que visualizaron los materiales y el espacio requerido para su manejo eficiente, que les permitió generar un espacio inhouse para un CNC MASLOW, teniendo menor éxito en el desarrollo del Layout cortadora láser y Layout impresora 3D; ambas tuvieron los puntajes más bajos (ver tabla 3). A pesar de los resultados, se debe destacar el intento de los estudiantes, ya que el nivel de organización que se debe tener para intentar implementar layouts para máquinas, demanda de cubrir los materiales tecnológicos necesarios, espacio suficiente y las medidas de seguridad, que habrían afectado en su planificación y desarrollo.

Tabla 3. Resultados de aprendizaje del Eje 2: Espacios de experimentación y brechas tecnológicas según dimensiones.

| Dimensiones | Resultados de Aprendizaje Logrado por ítem | | | | Resultados de Aprendizaje Promedio | | | |
|------------------------------|--|--------|--------|--------|------------------------------------|-----|-----|---|
| | | | | | E | A | M | I |
| Área de diseño | Ítem 1 | | | | | 72% | | |
| | 72% | | | | | | | |
| Áreas de fabricación digital | Ítem 2 | Ítem 3 | Ítem 4 | Ítem 5 | | 73% | | |
| | 71% | 77% | 71% | 72% | | | | |
| Layout CNC MASLOW | Ítem 6 | | | | | 83% | | |
| | 83% | | | | | | | |
| Layout Cortadora Láser | Ítem 7 | | | | | | 66% | |
| | 66% | | | | | | | |
| Layout Impresora 3D | Ítem 8 | | | | | 71% | | |
| | 71% | | | | | | | |

Para el tercer eje, los resultados muestran un nivel aceptable para todas las dos dimensiones del eje, con mejor alcance en la "Construcción de máquinas de fabricación digital" con un promedio de 73%. A nivel de ítems el de menor puntaje fue el ítem número cinco (ver tabla 4), esto debido a que existe mayor dificultad de poder relacionar ideas de proyectos entre diversas instituciones, demanda de mayor tiempo a lo que dura el programa ya sean públicas o privadas, y más cuando aún son estudiantes quienes tienen las propuestas. No obstante, al ser un eje enfocado en la generación de proyectos con impacto positivo en la sociedad, se destaca el esfuerzo de los estudiantes por demostrar sus conocimientos adquiridos en diseño digital, interés de aplicación a partir de la adaptación espacial y el uso de máquinas de fabricación digital con código abierto en áreas que pueden generar resultados beneficiosos en la sociedad, siguiendo los lineamientos de la ODS y de los Fab Labs.

Tabla 4. Resultados de aprendizaje del Eje 3: Cultura DIY máquinas de fabricación digital y proyectos de impacto positivo según dimensiones.

| Dimensiones | Resultados de Aprendizaje Logrado por ítem | Resultados de Aprendizaje Promedio |
|---|--|------------------------------------|
| Construcción de Máquinas de Fabricación Digital | Ítem 1 – 76% | E |
| | Ítem 2 – 73% | A – 73% |
| | Ítem 3 – 72% | M |
| | Ítem 4 – 72% | I |
| Proyectos de Impacto Positivo | Ítem 5 – 63% | E |
| | Ítem 6 – 78% | A – 71% |
| | Ítem 7 – 71% | M |
| | - | I |

Respecto a la valoración de satisfacción de los estudiantes con los tres ejes del programa Ruta Maker, se encontró que la valoración de satisfacción de los estudiantes en el primer eje alcanzó los porcentajes más bajos en comparación al eje 2 y 3 respectivamente. A nivel de sus dimensiones, se encontró que a nivel de Fabber Tech tuvo mejor calificación de satisfacción (90%) seguido de acompañamiento y prototipado (85%) al término del programa (ver gráfico 1).

Las dimensiones con los más bajos porcentajes de satisfacción en el primer eje fueron metodología y material de enseñanza, que al término del tercer eje se incrementaron, lo cual, refleja la importancia de su medición para insertar procesos de mejora en el desarrollo de las sesiones educativas del programa como el incremento de horas de acompañamiento vía recorridos virtuales en cada FabLab y desarrollo de guías e instructivos y acceso a material de enseñanza vía consultas online.

En los tres momentos destacaron la apertura, compromiso y capacidad técnica del equipo facilitador de los FabLab. Consideran que es un espacio para fortalecer redes de trabajo consolidando un espacio de intercambio de conocimientos.

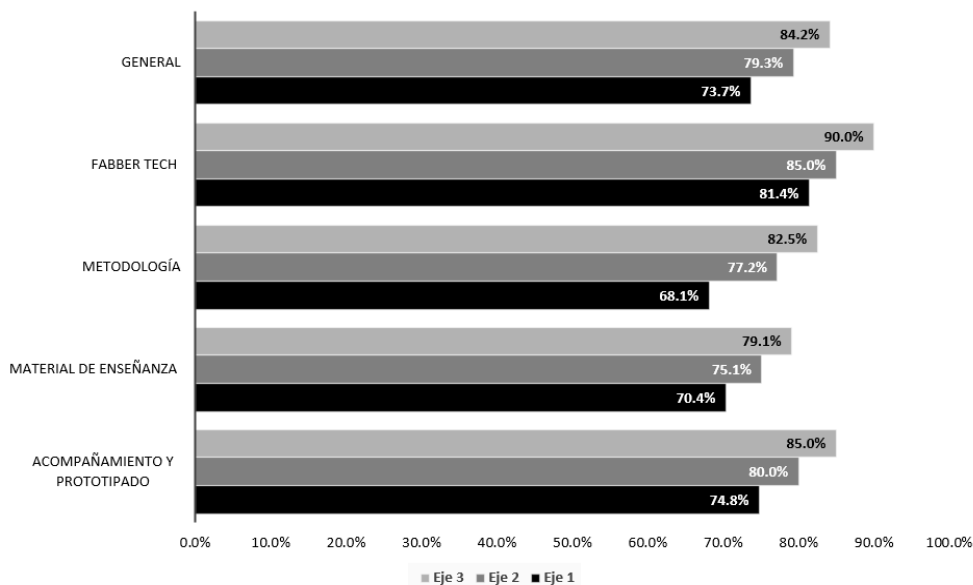


Fig. 1. Resultados de satisfacción de estudiantes al Programa Ruta Maker según ejes.

Conclusiones y trabajos futuros

En este estudio se evidenció que el desarrollo de un ecosistema integral de recursos de aprendizaje virtualizados bajo un programa educativo para estudiantes universitarios de diversas carreras profesionales aporta en el fortalecimiento de habilidades tecnológicas, fomenta la cultura maker in house y facilita la construcción de máquinas de código abierto en fabricación digital por parte de los estudiantes.

El primer eje del programa educativo que se estudió muestra la viabilidad que tiene una plataforma de aprendizaje virtual para la formación de habilidades de fabricación digital como evidencian los resultados de este estudio. En esta línea, existen investigaciones que mediante la fusión de tecnologías digitales y electrónicas se pueden integrar sistemas complejos. (8) demuestra esta importancia, al utilizar recursos digitales como almacenamiento digital y sistemas de control virtuales, para capturar la información de instrumentos electrónicos como el Arduino, pudiendo conseguir la fabricación de una turbina. Los estudiantes, mediante las enseñanzas del programa, tienen el conocimiento para poder recrear estos sistemas híbridos o de forma independiente.

Otro aspecto relevante en este eje fue la metodología mixta de sesiones sincrónicas donde accedieron a orientaciones técnicas claves y vía la modalidad asincrónica del programa el autoaprendizaje, generando interés esta forma mixta de aprendizaje, este modelo se alinea con el modelo de trabajo de Mahmood et al. 2021) quien llegó a plasmar el uso de Virtual Learning Factory Toolkit (VLFT), que es una manera innovadora de aprendizaje de fabricación digital.

Al haber definido en el estudio la vinculación entre las habilidades tecnológicas 4.0 y aprendizaje experiencial, se halló que aún es un reto. Dewey señala que lograr nuevas competencias es aprender haciendo, que se logra a partir de la experiencia (10); explica que las personas aprenderán y crecerán como resultado de sus experiencias vividas y su interacción con el mundo. La forma en la que se debe integrar las habilidades tecnológicas 4.0 a la enseñanza es mediante proyectos de investigación y basados en resolver problemas, las cuales tienen mayor probabilidad de obtener mejores resultados; bajo esta premisa se estructuró el programa educativo, por ello se promovió el uso de las nuevas tecnologías a lo largo del curso, e incentivando su constante uso.

Basado en los hallazgos del estudio y de otros como el de Kashif, es importante reenfoque espacios de aprendizaje, orientados a un mayor acompañamiento en vivir la experiencia aplicada, por ende, las plataformas utilizadas en programas como el "Ruta Maker" deberían considerar ajustes y aumentar el nivel pedagógico, como la mejora del aprendizaje activo, la adaptación a las necesidades individuales de los estudiantes y la preparación para situaciones reales en el campo de la ingeniería de producción. Así mismo, se debe explorar ciertas mejoras para el futuro, como evaluar el nivel de habilidades tecnológicas para estudiantes de diferentes carreras, y así poder realizar actualizaciones al programa, de acuerdo al nivel y disciplina del estudiante.

En el caso del segundo eje del programa en estudio, que tenía como propósito diseñar un espacio funcional maker in house se observa un nivel adecuado en las habilidades de los estudiantes para la construcción de máquinas prototipo a través de la manufacturación digital. Los resultados alcanzados resaltan la importancia de realizar visitas guiadas y la experiencia vivencial de los estudiantes con respecto al acceso a las máquinas de un laboratorio Fablab/Maker, esto habría facilitado su aprendizaje en la adaptación y recreación del layout para una máquina CNC MASLOW en sus domicilios, esto se explicaría porque en las sesiones sincrónicas del programa educativo accedieron a la demostración en su diseño y funcionamiento a diferencia de los otros dos layouts que tuvieron limitaciones de espacio y mobiliario suficiente en los domicilios de los estudiantes.

Investigaciones sobre este tema muestran que la educación de manufactura digital es un reto, pero mediante la digitalización, es posible idealizar nuevos conceptos y nuevas formas de conceptualizar espacios físicos para la creación de laboratorios de manufactura. El SmartLab, propuesto por Tihinen et al. (2021), es uno de diversos acercamientos que instituciones educativas realizan para demostrar nuevas formas de organización de laboratorios, que pueden ser implementadas en universidades, institutos, e incluso en los hogares de los estudiantes, con las debidas precauciones. Este laboratorio simplifica secciones de un laboratorio más grande, como un FabLab o un Maker Space, al separar en dos fases/grupos el proceso de manufactura: idealización y producción, generando ecosistemas híbridos físico-virtuales, especializados en diseño o manufactura más eficientes al agilizar los procesos de creación.

Por otro lado, cada Fablab y laboratorio similar requiere de espacios de experimentación para poder realizar la comprobación de los prototipos a prueba y error. Estos espacios de experimentación usualmente están en los mismos laboratorios. No obstante, debido a las restricciones de la pandemia, dificultaron el acceso. Este evento trajo consigo barreras que vía el conocimiento de la cultura maker inhouse buscó superarla; este programa se enfocó en poder minimizar las brechas digitales para poder establecer ecosistemas de aprendizaje virtual. Es así que, los diseños propuestos en el programa para el diseño y uso de ciertas máquinas de fabricación digital dan la posibilidad de integrar una enseñanza de tipo práctica material-discursiva; que se alinea con lo que señala (12) quien enfatiza la importancia de poder aprender mediante la concentración en las herramientas en tiempo real, demostrando que el rol de las tecnologías experimentales en el aprendizaje de estudiantes en laboratorios es fundamental. En este sentido, las brechas de acceso, de uso y de competencias deben ser abordadas oportunamente.

El tercer eje del programa se enfocó en desarrollar capacidades en estudiantes para la construcción de máquinas de fabricación digital open source accesible, alcanzando un nivel adecuado. El proceso de poder diseñar desde cero el prototipo de las máquinas, y el poder identificar el material y código open source requerido para elaborar dicha máquina fue un importante logro que alcanzaron los estudiantes, transmitiéndoles autonomía y control sobre máquinas de fabricación digital que no conocían antes, para poder llevar a cabo nuevos proyectos que involucre el diseño digital e impresión 3D; a esto se suma la capacidad de adaptabilidad cuando los estudiantes provenían de diversas carreras. El estudio muestra vinculación con otras experiencias como el desarrollo de un programa educativo sobre la mentalidad de crecimiento en el maker space que genera mentalidades más creativas. (13)

Al finalizar el programa, los estudiantes adquirieron un nivel adecuado de conocimientos necesarios para poder replicar máquinas de diseño digital como una impresora 3D o un CNC MASLOW. Esto como parte de la cultura DIY, y como comenta Azhar et al: "Las cosas deben ser simples; deben ser robustas; y ser reproducibles". La capacidad de poder replicar modelos gracias a código y diseños open source abre una puerta de oportunidades para el área de investigación y de manufactura capitalizando la tecnología digital.

Otro aporte importante fue el alcance de los beneficios percibidos por los estudiantes de diversas disciplinas universitarias que participaron en el programa; se evidenció el conocimiento adquirido y el interés posterior al programa, con intenciones de incorporarse a nuevos talleres especializados en máquinas de fabricación digital, a la vez que ven la importancia en futuros proyectos internos y externos a la universidad. Así mismo, la formación multidisciplinaria aporta al desarrollo de innovaciones sociales, así una investigación realizada por (15) comprobó que la colaboración multidisciplinaria en proyectos sociales es más efectiva, ya que este enfoque logra superar problemas de habilidades individuales, que en una creación colectiva se reducen, generando confianza y mejores opciones de respuesta a necesidades sociales.

En el desarrollo de la cultura DIY se observó barreras en conseguir los materiales necesarios para la re-creación de las maquinarias y espacios de aprendizaje. A pesar de las dificultades, los estudiantes tienen la capacidad de adaptarse a las situaciones, utilizando los materiales disponibles y pudiendo explorar nuevas formas de acoplamiento para la creación de productos. (16) asegura que la cultura DIY trae beneficios para los laboratorios, al reducir la dependencia de logística y de una enseñanza obligatoria en el ecosistema de trabajo.

Sin embargo, sigue siendo un reto cuando se trata de contextos socioculturales donde la producción local aún no es adecuada, que requiere de mejorar en la calidad y seguridad del producto. (17)

En relación con el diseño de proyectos de impacto positivo, se entiende como innovaciones utilizando máquinas de fabricación digital que ayuden a enfrentar la crisis económica, en salud, el cambio climático, la desigualdad, la erradicación de la pobreza como una contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030. De ahí que el programa educativo busco la vinculación de aplicar la cultura DIY en proyectos de impacto positivo, donde los estudiantes ampliaron el alcance de sus creaciones hacia el campo social, optimizando las ventajas que trae consigo el poder adaptar la documentación y el código abierto de diversos equipos para poder construir sus propias máquinas de fabricación digital en un espacio maker en beneficio de futuros proyectos sociales de amplio alcance (18), donde se tendrá que tener en cuenta la organización del proyecto, relacionando los objetivos con las necesidades sociales. El reto aún es investigar el alcance de la fabricación digital vía proyectos de impacto social en entornos de bajos recursos.

La valoración de los estudiantes al programa es otro aspecto relevante, que da cuenta de la opinión de los estudiantes respecto a la pertinencia de las sesiones impartidas en el programa, reconociendo una alta satisfacción por el equipo de docentes Fabber, quienes impartieron las clases, prepararon las guías de laboratorio, y acompañaron en la demostración de las máquinas del Fab Lab de la universidad Continental. Este proceso educativo, da cuenta de un alto nivel da apertura a nuevas oportunidades, ya sea de enseñanza como de investigación. En esta línea, (19) considera que los docentes deberían aprender a implementar fabricación digital en actividades educativas, así responder a las nuevas demandas pedagógicas para desarrollar prácticas de andamiaje que apoyen el aprendizaje de los estudiantes novatos en actividades de fabricación digital, que deben reconocerse como educadores facilitadores. Un factor que ha favorecido el desarrollo del programa y de aportar en la satisfacción de los estudiantes fue contar con los FabLabs de la universidad, reconocidos por ser espacios donde se promueve la colaboración, trabajo en equipo y el compartimiento de herramientas, para lograr un fin – un producto o proyecto. Estas evidencias sugieren que se debe difundir más e involucrar a estudiantes de diferentes disciplinas universitarias con orientación ajena a las ingenierías, para mayor número de colaboraciones multidisciplinarias y desarrollar proyectos innovadores de mayor impacto social. (20)

Finalmente, el alcance del programa “Ruta Maker” y similares, aportan al desarrollo de la digitalización de procesos de fabricación, desarrollando nuevos desafíos en la educación universitaria multidisciplinaria que implica desarrollar nuevas competencias vinculadas con la tecnología. Romero Gázquez et al. (2021), aclara que los estudiantes que actualmente cursan la universidad, no logran tener las mismas competencias y habilidades en el campo profesional vinculado con la tecnología y fabricación digital, debiéndose cubrir y solventar la problemática en un futuro cercano a través de nuevas iniciativas de formación para los estudiantes, el cual ha sido un aspecto que buscó aportar el programa desde sus tres ejes temáticos del presente estudio.

Una de las conclusiones corresponde a la coherencia de los resultados obtenidos en los tres ejes del programa; que se reflejó en la aceptabilidad por los estudiantes de diferentes carreras de la universidad sobre el alcance de un ecosistema integral de recursos de aprendizaje virtualizado, que fortaleció las habilidades tecnológicas, el fomento de la cultura maker in house y la construcción de máquinas de código abierto en fabricación digital.

Los resultados del primer eje comprueban la mejora de habilidades tecnológicas 4.0 de los estudiantes, evidenciando de forma indirecta la posibilidad de utilizar un espacio maker, independiente del ámbito académico. En el segundo eje, se evidencia que existen condiciones para que los estudiantes puedan implementar espacios dedicados a la experimentación y uso de máquinas de diseño digital, mediante ecosistemas caseros fomentando la cultura maker.

Finalmente, el tercer eje demuestra la capacidad de poder recrear maquinaria casera en espacios físicos fuera de laboratorios especializados, y se puede concluir que hay una valoración y aceptación del aprendizaje obtenido con la cultura DIY, con la cual los alumnos pueden lograr converger sus ideas y proyectos sin necesidad de herramientas sofisticadas o de alto costo. Además, el aprendizaje experiencial es un medio que fomenta la cultura maker, debido a que muestra en tiempo real las ventajas de utilizar diseño y fabricación digital en proyectos de impacto positivo en la sociedad, cautivando el interés de los estudiantes universitarios y ampliando sus capacidades para futuras propuestas de proyectos creativos e innovadores desde la fabricación digital.

Por tanto, los resultados generados, en esta investigación, presentan un panorama hacia la importancia de complementar el estudio con futuras investigaciones donde se aplique a un mayor número de estudiantes, caracterizando el perfil etario, sexo, formación profesional, para poder llegar a un esquema más amplio con respecto a las múltiples disciplinas que puedan acceder al programa "Ruta Maker", adaptar contenidos introductorios cuando no son de ingeniería y que se aplique previamente un análisis de nivel de cada alumno previo a la inicialización del programa, para poder contrastar el nivel de aprendizaje conseguido a lo largo del programa educativo.

Referencias

1. Rojas V. Educación superior en tiempos de pandemia. Una aproximación cualitativa a las trayectorias educativas de las y los jóvenes de NdM en el Perú. Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE); 2021.
2. Vázquez Cupeiro S, García Arnau A. La educación digital en los tiempos del COVID-19: La digitalización forzosa y el ensanchamiento de las brechas educativas. Teknokultura Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales. 2022 May 9;19(2):1–3.
3. Díaz-Garay BH, Noriega-Araníbar MT, Ruiz-Ruiz MF. Experiencias y desafíos en la formación de ingenieros durante la pandemia del Covid-19. Desde el Sur. 2021 Sep 20;13(2):e0019.
4. Weller J. La pandemia del COVID-19 y su efecto en las tendencias de los mercados laborales. 2020;

5. Arsanjani A, Bharade N, Borgenstrand M, Schume P, Wood JK, Zheltonogov V. Business process management design guide: using IBM business process manager. IBM Redbooks; 2015.
6. Johnson A. L., Adams Becker, S., Estrada, V., and Freeman. Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. 2015;
7. Grodotzki J, Upadhya S, Tekkaya AE. Engineering education amid a global pandemic. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering* [Internet]. 2021;3:100058. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666912921000283>
8. Keaveney S, Athanasopoulou L, Siatras V, Stavropoulos P, Mourtzis D, Dowling DP. Development and Implementation of a Digital Manufacturing Demonstrator for Engineering Education. *Procedia CIRP* [Internet]. 2021;104:1674–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282712101180X>
9. Mahmood K, Otto T, Kuts V, Terkaj W, Urgo M, Haidegger G. Development of Virtual Learning Factory Toolkit for Production Engineering Education. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* [Internet]. 2021;1140(1):012039. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1140/1/012039>
10. Ruiz G. La teoría de la experiencia de John Dewey: significación histórica y vigencia en el debate teórico contemporáneo. *Foro de Educación* [Internet]. 2013;11(15):103–24. Available from: http://www.forodeeducacion.com/ojs/index.php/fde/article/view/260/pdf_10
11. Tihinen M, Pikkarainen A, Joutsenvaara J. Digital manufacturing challenges education—smartlab concept as a concrete example in tackling these challenges. *Future Internet*. 2021 Aug 1;13(8).
12. Valle Bernard M Del, Taverna ME. ¿Virtualidad e inclusión? Consideraciones acerca del entorno socio-educativo de los estudiantes de Ingeniería en tiempos de COVID-19. *Revista de la educación superior*. 2023;52(205):21–39.
13. Vongkulluksn VW, Matewos AM, Sinatra GM. Growth mindset development in design-based makerspace: a longitudinal study. *J Educ Res* [Internet]. 2021 May 13;114(2):139–54. Available from: <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1872473>
14. Azhar Mohd, Phutela R, Ansari AH, Sinha D, Sharma N, Kumar M, et al. Rapid, field-deployable nucleobase detection and identification using FnCas9. *bioRxiv* [Internet]. 2020 Jan 1;2020.04.07.028167. Available from: <http://biorxiv.org/content/early/2020/04/21/2020.04.07.028167.abstract>
15. Phan MH, Ngo HQT. A multidisciplinary mechatronics program: From project-based learning to a community-based approach on an open platform. *Electronics (Switzerland)*. 2020 Jun 1;9(6):1–46.
16. Wenzel T. Open hardware: From DIY trend to global transformation in access to laboratory equipment. *PLoS Biol* [Internet]. 2023 Jan 17;21(1):e3001931-. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001931>

17. Corsini L, Aranda-Jan CB, Moultrie J. Using digital fabrication tools to provide humanitarian and development aid in low-resource settings. *Technol Soc* [Internet]. 2019;58:101117. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X18302264>
18. Silva DAL, Giusti G, Rampasso IS, Junior ACF, Marins MAS, Anholon R. The environmental impacts of face-to-face and remote university classes during the COVID-19 pandemic. *Sustain Prod Consum*. 2021;27:1975–88.
19. Pitkänen K, Iwata M, Laru J. Exploring technology-oriented Fab Lab facilitators' role as educators in K-12 education: Focus on scaffolding novice students' learning in digital fabrication activities. *Int J Child Comput Interact* [Internet]. 2020;26:100207. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868920300313>
20. Colorado HA, Mendoza DE, Valencia FL. A combined strategy of additive manufacturing to support multidisciplinary education in arts, biology, and engineering. *J Sci Educ Technol*. 2021;30:58–73.
21. Romero Gázquez JL, Bueno Delgado MV, Ortega Gras JJ, Garrido Lova J, Gómez Gómez MV, Zbiec M. Falta de habilidades, conocimiento y competencias en la Educación Superior sobre la Industria 4.0 en el sector manufacturero. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* [Internet]. 2021 Jan 2;24(1):285–313. Available from: <https://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/27548>.