

Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva

Educational innovation model for teaching applied engineering using additive manufacturing

Eduardo Berra Villaseñor¹ , Francisco Mar Barrón² ,
Juan Roberto Hernández Herrera³  y Martín Badillo Maldonado⁴ 
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

Resumen. En el presente artículo se desarrolla una propuesta para un modelo de innovación educativa que pueda servir como apoyo para propiciar que el alumno de ingeniería, pueda obtener las competencias profesionales del área de ingeniería aplicada, utilizando como herramienta de apoyo la manufactura aditiva. A través de una fase experimental, se crearon dos grupos de control que desarrollaron proyectos tecnológicos del área de ingeniería: en el primero se utilizó la manufactura aditiva aplicada durante el desarrollo y la fase final del diseño del producto; y un segundo grupo de alumnos trabajó de la forma tradicional basada sólo en el funcionamiento correcto del proyecto. Mediante un análisis cualitativo se corroboró que los alumnos que aplicaron la manufactura aditiva, generaron productos finales con un alto nivel estético y funcional, de esta manera obtuvieron mejores resultados en sus notas en comparación con el otro grupo de control. Finalmente se aplicó una encuesta para medir el grado de satisfacción con respecto a esta forma diferente de estudiar la ingeniería aplicada, destacando los resultados como óptimos según un análisis de correlaciones de Pearson.

Palabras Clave. modelo de innovación educativa; manufactura aditiva; ingeniería aplicada; enseñanza; competencias profesionales.

Abstract. An approach to a model that enhances technological innovation in education that supports the engineering students is that this paper pursues in order to the professional competencies in the area of applied engineering through the use of additive manufacturing tools. In the experimental phase two control groups were created, they developed technological projects in their field. The first group used additive manufacture during the experiment and in its final stage, the product design; meanwhile, the second group worked in a conventional centered way. Using a qualitative analysis it was confirmed that students that applied the additive manufacturing, got a more aesthetic and functional result, thus they obtained a better result with higher grades compared to the second group. Finally, a survey was conducted in order to measure the degree of satisfaction in students with a different way of studying, applying engineering, highlighting the results as optimal according to Pearson's analysis.

Keywords. educational innovation model; additive manufacturing; applied engineering; teaching;

¹ e-mail: eduardo.berra@upaep.edu.mx

² e-mail: francisco.mar@upaep.edu.mx

³ e-mail: juanroberto.hernandez@upaep.edu.mx

⁴ e-mail: martin.badillo@upaep.edu.mx

professional skills.

Como citar. E. Berra Villaseñor et al., "Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva", *Jou. Cie. Ing.*, vol. 13, no. 2, pp. 29-52, 2021. doi:10.46571/JCI.2021.2.3

Recibido: 04/06/2021 **Revisado:** 11/10/2021 **Aceptado:** 06/12/2021

1. Introducción

Las instituciones de educación superior tienen el reto de formar ingenieros que puedan contribuir a la solución de los problemas de nuestra realidad, es necesario, por tanto, revisar y mejorar continuamente la práctica docente, orientándolas a las nuevas necesidades sociales. Una forma de atender estas necesidades es a través de la innovación [1], concepto que si bien posee acepciones con diversos alcances, implica siempre el uso de la creatividad para la resolución de problemas a través de nuevas y mejores maneras [2–4].

Un país con mayores esfuerzos encaminados a la innovación tendrá mayor capacidad para afrontar los retos que el entorno mundial, actual y cambiante nos plantea en todos los aspectos: sociales, ambientales, salubres, económicos, productivos, etc. [1]. El Foro Económico Mundial calcula un índice mundial de competitividad ubicando a México en el lugar 57 de 140 países, así como un índice de innovación donde ocupamos el puesto 52 (World Economic Forum, 2015); aunque afortunadamente no estamos en los últimos lugares, esto proporciona un indicio de que tenemos un amplio quehacer al respecto si pretendemos solucionar o al menos reducir nuestros problemas actuales y los que se vislumbran para el futuro, de hecho una de las cinco grandes metas del gobierno mexicano actual es lograr una prosperidad sostenida, reflejada en más empleos de calidad y basada parcialmente en la gestión de la innovación [5].

La tarea de promover y lograr sistemáticamente la innovación en nuestro país es un problema con múltiples facetas, desde una baja inversión en investigación y desarrollo (I+D) hasta una vinculación débil entre los diferentes actores [1]. De estos factores debemos tomar el que nos corresponde: promover la innovación desde nuestras aulas.

Algunos métodos como el "Diseño de Proyectos de Innovación Educativa" se han implementado con el propósito de fomentar la cultura de la innovación y el diseño de proyectos de innovación educativa, para la mejora en la calidad educativa con profesores del Nivel Medio Superior y Nivel Superior del Instituto Politécnico Nacional [6], estos tienen como objetivo que nuestro sistema de educación superior promueva la aplicación del conocimiento de manera real y práctica, integrando la investigación que realizan con las necesidades económicas y sociales [7]. El Sistema Educativo Nacional (SEN) debe ser capaz de fomentar en sus integrantes las características de una persona innovadora, ya que las carreras son demasiado técnicas y los estudiantes de ingeniería no están acostumbrados a mirar el horizonte social [8].

Algunos métodos actuales de enseñanza tienen como objetivo desarrollar habilidades, así como agilizar el aprendizaje, en este sentido, el estudiante tiene una singular carencia que se representa como un síntoma de esta situación donde los estudiantes encuentran difícil realizar su trabajo de titulación, para el cual, por naturaleza requieren habilidades vinculadas a la innovación. Desafortunadamente antes de este momento culminante en sus estudios de licenciatura, son pocos los que llegan a realizar proyectos que facilite estas habilidades, ya que el compromiso real de su formación, recae sobre los profesores y su forma de generar el conocimiento y las habilidades requeridas de innovación [9].

Por supuesto que desempeñan en este sentido un rol por demás importantes métodos como el aprendizaje basado en proyectos y las comunidades virtuales (Ej. Comunidades de Software Libre) han demostrado un éxito en su crecimiento y estabilidad [10], el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje basado en la investigación, por mencionar algunos. Estos métodos

en común, buscan promover las competencias del alumno para la identificación de problemas reales, trabajo en equipo, pensamiento crítico, análisis, síntesis y autodirección [11, 12], sin embargo, ninguno de ellos aborda con detalle particular al proceso de innovación como elemento central en la resolución de problemas del entorno. Esta innovación puede manifestarse a través de creaciones de diversa naturaleza, pero de interés particular es la innovación a través de la aplicación de manufactura aditiva y los prototipos generados con ella. El uso de modelos 3d pueden mejorar las prácticas en las universidades y otras instituciones, así como la implementación de herramientas 3d y la necesidad de generar modelos mediante la aplicación de esta tecnología [13]. Por lo descrito anteriormente, una tecnología factible es la manufactura aditiva mediante impresión en 3d, debido a su bajo costo y versátil aporte en el desarrollo de modelos físicos en 3d.

2. Objeto de la Investigación

Diseñar un modelo de innovación educativa como apoyo para la obtención de competencias profesionales enfocadas al saber hacer, en el área de ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva, a partir del análisis de los modelos de enseñanza aprendizaje.

3. Estado del Arte

Hablar sobre la innovación implica la implementación de un producto, bien o servicio que puede ser nuevo o mejorado. Igualmente se puede aplicar a un proceso, entendido como un nuevo método de comercialización o un nuevo método organizacional dentro de las prácticas de negocios, así como las relaciones exteriores o la organización del lugar de trabajo. Por tanto, la innovación puede darse en cualquier sector de la economía, incluso en los servicios públicos como la salud o la educación [14].

Precisamente en lo que respecta a la educación, Wals [15] concluye en su investigación que los gobiernos de los países del mundo deben operar en la vanguardia de la innovación educativa mediante la introducción de nuevas formas de aprendizaje. Lo anterior, basándose en varias de las temáticas que propone la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), relacionadas con la educación para el desarrollo sustentable (ESD), a través de la red mundial de universidades para la innovación (GUNI). La referida red fue creada por la UNESCO, la Universidad de las Naciones Unidas y la Universidad Politécnica de Cataluña, y en los últimos diez años ha investigado, compilado y compartido una significativa cantidad de innovaciones para la educación superior.

Zappe, Mena y Litzinger [16] plantean que en la mayoría de universidades y colegios norteamericanos la creatividad requerida para la innovación se encuentra escondida en los diferentes contenidos de los currículos de las ingenierías, responsabilizando de lo anterior a quienes las diseñan o incluso al espíritu empresarial. Es decir, la creatividad no se alienta en los cursos cuyos contenidos son más de corte analítico o de carácter técnico. Los investigadores, educadores, los políticos y las organizaciones nacionales, plantean constantemente sobre la necesidad de que los ingenieros graduados sean más creativos y por lo tanto innovadores. Es desde esta perspectiva que se analizan algunos modelos de innovación aplicados a la ingeniería, para encontrar una respuesta objetiva al vacío en la ciencia que existe en dicha área.

Powers y Cambell [17] desarrollaron un estudio de una muestra de 215 acuerdos de licencia que implican 345 patentes en empresas de la industria de ciencias de la vida y más de 60 universidades de Estados Unidos entre 1990 y 2002. Los resultados indicaron que los acuerdos de licencia que generan de las universidades de Estados Unidos, la forma en que una tecnología patentada tiene licencia no parecen tener un efecto tanto en la productividad (producción de publicaciones agregada) y sobre el alcance de la colaboración de las personas no es parte en la licencia, es decir los de fuera de la universidad. Este estudio ha demostrado que uno de los efectos de los emergentes contra normas de secreto y auto interés estimulados por una

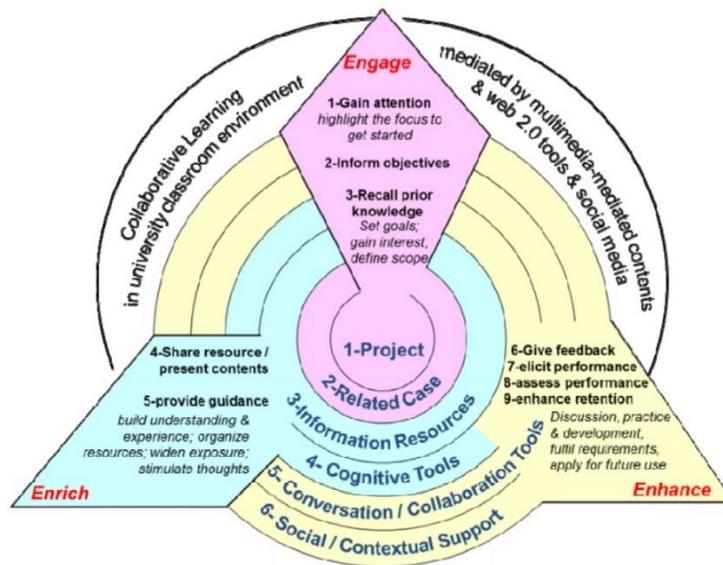


Figura 1: Modelo entorno de aprendizaje colaborativo.

cultura de la comercialización y la generación de ingresos puede ser una disminución en las formas tradicionales de difusión del conocimiento y la colaboración en proyectos con otros investigadores fuera de la misma institución, un fenómeno que parece amenazar lo que es ampliamente considerado como un motor clave de la innovación [17].

Gómez Gonzalvo [18] examinó los puntos de vista y sentimientos de los estudiantes cuando se trata de lidiar con este tipo de innovación educativa, cuando son ellos los que tienen que tomar una actitud activa hacia el aprendizaje. Un estudio de casos y auto etnografía se utilizó en este proyecto, donde se obtuvieron como conclusiones que la innovación educativa a través de las TIC en el entorno universitario y de proyectos fomentan la participación activa de los estudiantes y la participación en su propio aprendizaje; por lo tanto, las tareas de este tipo deben ser implementadas de una manera planificada en el programa curricular. La duración del proyecto debe ser mucho más largo y permitir que los posibles beneficios que las TIC ofrecen. Iniciativas de este tipo deben ser evaluadas y recompensadas de manera que los estudiantes se sientan recompensados por el esfuerzo puesto en estas prácticas auto dirigidos y se interesan en ellos. El desarrollo de estos programas y proyectos debe contar con el respaldo de las instituciones educativas que los estudiantes asistan, con el objetivo de valorar el trabajo que realizan fuera del aula. Las habilidades y capacidades adquiridas por los estudiantes son esenciales para su desarrollo en contextos tecnológicos que son una parte integral de la era de la información; por ello son esenciales para sus futuras competencias [18].

Como un primer paso, se presentan algunos modelos cuyas propuestas apoyen al logro de competencias profesionales en los alumnos universitarios. Después se describirán otros ejemplos que vayan encaminados de forma más directa a la enseñanza de la ingeniería y la consecución de la innovación. En primera instancia, se describe la investigación de Leow y Neo [19], que agregaron a los modelos tradicionales de Jonassen [20] sobre el ambiente de aprendizaje constructivista y el de Gagne [21] que se refiere a los eventos instruccionales, tres componentes: la participación, el enriquecimiento y la mejora. Lo anterior generó un entorno de aprendizaje colaborativo mediado por contenidos multimedia y herramientas web 2.0 véase Fig. 1.

En la participación los estudiantes se les informaron los objetivos y recordaron conocimientos previos a través de una dinámica para provocar más interés. Para enriquecer el aprendizaje deberían compartir y organizar los recursos que se les suministraron, que constaban de varias

herramientas como mapas mentales, sitio wiki, etcétera. Finalmente, para mejorar la retención, los estudiantes asimilan lo aprendido aplicándolo a la resolución de problemas complejos o actividades de mayor nivel.

Benítez [22] describe el modelo educativo que la Universidad Regional del Sureste está implementando como una estrategia para fortalecer e innovar la calidad educativa que ofrece a sus estudiantes. De acuerdo con la propuesta metodológica del modelo educativo los elementos que lo conforman fueron los siguientes: I. Elementos pedagógicos, II. Técnicas didácticas, III. Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, IV. Formación integral, V. Sistema de evaluación continua. A manera de resultados la autora menciona que es importante reconocer el trabajo, la dedicación, la buena disposición y el deseo porque la Universidad Regional del Sureste continúe su proceso de mejora. Con este modelo se amplían las posibilidades de aprendizaje, se cultivan la ética y los valores como la honestidad, responsabilidad, cultura de trabajo, espíritu de superación, el respeto a la dignidad de las personas, respeto por la naturaleza, aprecio por la cultura y un ámbito humanístico. Implementar un modelo educativo constructivista como éste requiere de un alto compromiso institucional y gran reto para los que en ella estamos. Como una limitante del trabajo de investigación, no especifica el cómo, o a través de qué se realizará el incremento en la profundidad del aprendizaje.

En el Reino Unido se está desarrollando un proyecto a 40 años, tratando de trasladar la pasión de vuelta a la ingeniería y la redefinición de la ingeniería para toda una nueva generación. Es un modelo donde se aplica los principios de la creatividad (véase figura 2), el diseño y la innovación de una manera multidisciplinar a las principales disciplinas de ingeniería para hacer frente a los retos de importancia regional, nacional y global a través de aprendizaje basado en proyectos de bloques estructurados. Se menciona en él, que la ingeniería es mucho más que sólo el conocimiento: es un proceso de creatividad (la identificación de problemas y la generación de posibles soluciones), Diseño (dar forma a esas soluciones para satisfacer las necesidades de un cliente), y la Innovación (lo que supone una solución a la realidad práctica). Donde los clientes pueden ser personas, empresas, gobiernos o la sociedad en general. Y que la experiencia en ingeniería sólo viene con la práctica, siendo la práctica la que permite a un ingeniero aprender otras capacidades importantes del pensar estratégicamente sobre todo el contexto, manteniendo la atención en el detalle.

Este es un proyecto de 10-15 años para revitalizar la enseñanza de la ingeniería, y se cree que este enfoque es la forma más eficaz para crear un modelo financiero sostenible a largo plazo, estructurado para proporcionar una alta rentabilidad sobre el capital invertido por la totalidad de sus diversas partes interesadas [23].

Hamui-Sutton y colaboradores [24] presentaron un modelo educativo para desarrollar actividades profesionales confiables cuyo objetivo es formar humanos con conocimientos, habilidades y actitudes confiables para desempeñarse en el escenario cambiante del Sistema Nacional de Salud en México (SNS). Se examinaron los documentos internacionales y nacionales sobre competencias en medicina. Con base en el análisis de los 8 dominios, las 50 competencias y las 13 Actividades Profesionales Confiables (APROC) propuestas por la Association of the American Medical College (AAMC), Se realizó un diseño curricular con el ejemplo del programa de Ginecología y Obstetricia de pregrado. Un grupo focal con 5 ginecólogos expertos, profesores de la especialidad realimentaron las competencias y los programas. Se elaboró el diseño pedagógico del MEDAPROC con tres áreas: 1) propuesta de la AAMC; 2) contenidos curriculares de los programas en pre y posgrado, y 3) hitos y planeación de la agenda del día con dispositivos pedagógicos para desarrollar las competencias, cubrir temas del programa y desarrollar la práctica clínica en actividades deliberadas para el aprendizaje teórico/práctico. Se concluye que el MEDAPROC ofrece versatilidad, movilidad estudiantil y flexibilidad curricular en un sistema por bloques y no por sedes de adscripción. Como limitantes no define el estilo de prácticas, pero fundamenta que para el desarrollo de las competencias humanas son necesarias

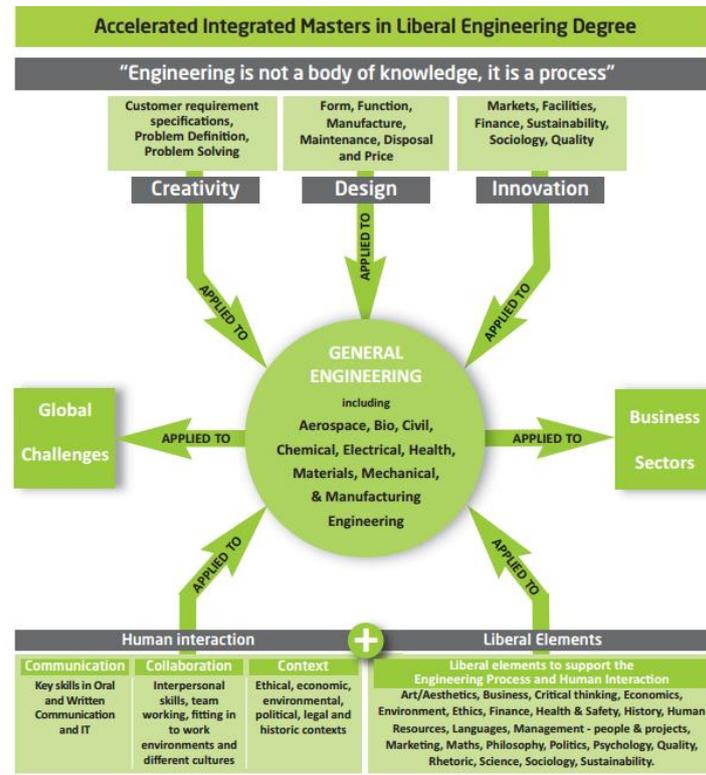


Figura 2: Modelo de los principios de la creatividad.

actividades teórico-prácticas.

Ortiz-Lozano y colaboradores [9] exploran la percepción de los estudiantes en torno al Modelo Educativo Institucional (MEI), para responder la pregunta ¿Cómo perciben los alumnos de nivel superior del Instituto Politécnico Nacional (IPN), la aplicación del MEI y cuál es el impacto que este tiene en su aprendizaje? Se hizo un estudio descriptivo, con enfoque cualitativo y cuantitativo (mixto), debido a que se realizó el estudio detallado para conformar los instrumentos de investigación y obtención de información en las fuentes primarias formada por estudiantes y docentes. Se elaboró un cuestionario con escala de Likert, para lo que se llevaron a cabo una serie de análisis tanto de los ítems como de la prueba en general. Los resultados preliminares de la investigación muestran que el instrumento para recabar la percepción de los estudiantes cumple con los criterios de confiabilidad, validez de constructo e interrelación de los parámetros que se evalúan. En este sentido, se identifica que la aplicación del MEI, no ha impactado de manera significativa en su aprendizaje, ya que el compromiso real con su formación, recae sobre los profesores y su forma de generar el conocimiento en el aula. Se logró identificar que, desarrollando las preguntas para inferir con claridad las percepciones del estudiante, nos permite constatar que los alumnos son conscientes de su proceso de aprendizaje y realizan con base en sus estructuras cognitivas. De esta manera, hasta este punto, y con base en la información recabada se requiere desarrollar más investigación.

La investigación realizada por Chua, Yang y Leo [25] tuvo por objetivo determinar si una mejora del aprendizaje basado en proyectos (ABP) con intervenciones innovadoras adecuadas conduce a un aumento de la capacidad de los estudiantes para lograr mejores resultados de aprendizaje y de proyectos. El estudio se llevó a cabo con un número total de 60 estudiantes en un primer tiempo ABP, igualmente divididos en dos clases con uno que sirve como una clase experimental y otro como una clase de control. Además, una clase de estudiantes tenía

un nivel académico inferior en comparación con el otro (control). La rúbrica para el módulo basado en el proyecto incluyó una prueba de conocimiento escrito y un examen oral basado en escenarios para poner a prueba los conocimientos y habilidades para resolver problemas, una demostración artefacto para evaluar el rendimiento del artefacto. En este trabajo, un marco ABP se introdujo en dos grupos diferentes de estudiantes de ingeniería, uno con un mejor rendimiento académico previo en comparación con el otro. La principal motivación en la realización del esquema de ABP era permitir a los estudiantes a experimentar un proceso de la vida real de la propia empresa, resolución de problemas y ofrecer soluciones pragmáticas de un proyecto que tipifican los que encontrarían cuando se unen a la profesionalidad de ingeniería. Este estudio ha demostrado que el ABP, combinado con la intervención innovadora adecuada, garantizar una mejor participación en el proceso de aprendizaje y acumulación de conocimiento más profundo de contenido para manejar el proyecto. Las evaluaciones de ambos grupos demostraron que donde se aplicó la metodología ABP, fue mejor en todos los aspectos evaluativos que el equipo que trabajó de forma convencional. Las principales conclusiones de este estudio también sugieren una influencia positiva del método ABP mejorado en los estudiantes que inician un programa de ABP por primera vez. La inclusión de varias herramientas de aprendizaje y facilitando ha sido considerado como un aspecto positivo por muchos estudiantes. Entre las características mejoradas, los estudiantes han indicado la mesa redonda para ser el más eficaz en términos de promover el aprendizaje, la sinergia entre pares y de generación de soluciones creativas. Los estudiantes de ABP mejorada superaron los ABP convencionales en las ganancias de los conocimientos, la resolución de problemas, generando innovación en el diseño y la entrega de los resultados del proyecto, y estas diferencias son estadísticamente significativas. Por lo tanto, podemos deducir de este trabajo que estos logros positivos se atribuyen en gran medida a la propuesta pedagógica ABP mejorada. A pesar de que los resultados estadísticos sólo están disponibles para la primera cohorte de estudiantes en este punto, los resultados han indicado que el ABP mejorado es beneficioso en dirigir a los estudiantes hacia la dirección positiva en el logro de mejores resultados del proyecto. Mientras que la iteración de los resultados en las futuras cohortes no está determinada, somos optimistas de que los estudiantes que han experimentado la versión mejorada ABP seguirán utilizando estos métodos de aprendizaje innovadores para estimular a sí mismos para ofrecer resultados más exitosos de proyectos.

Sun [26] desarrollo un modelo denominado Problema-Idea-Producto-Empresa (PIPE) para motivar e inspirar a los estudiantes a aprender de forma activa a lo largo del proceso de descubrimiento de problemas, la generación de nuevas ideas, proponiendo nuevos productos para la planificación de nuevas empresas. La metodología se basa en la enseñanza de problemas y diseño de productos paso a paso, centrado en el estudiante, para que aquellos que no tienen muchos conocimientos les resulte útil para la identificación de problemas reales. El modelo PIPE puede proponerse tanto para las empresas como para los estudiantes de perfil técnico. Además, el modelo también puede combinarse con el modelo T, es decir, con un problema, idea, producto, tecnología y empresa. La versión preliminar del modelo PIPE ha sido utilizado para el entrenamiento en dos empresas de Hong Kong. Durante la preparación de esta propuesta, otra organización de la industria de Hong Kong está preguntando si podemos proporcionar entrenamiento a sus miembros. Un desarrollo posterior del modelo PIPE es descubrir problemas en la industria e invitar a los gerentes de la industria relevante para ser los evaluadores. En el futuro, el autor tiene el plan de invitar a los industriales como invitados especiales, así como los asesores de las nuevas ideas, nuevos productos y las nuevas empresas. El modelo de PIPE no toma en cuenta la cultura local. La investigación anterior demostró que la capacidad nacional hace influencias culturales en la innovación. Las investigaciones futuras demostraran cómo la cultura China local influirá en las actividades de enseñanza y aprendizaje, así como herramientas de evaluación en el modelo PIPE. Otra investigación futura será validar la teoría que las actividades de enseñanza y aprendizaje pueden realmente mejorar la actitud de la innovación y

| Process | Creativity | Innovation | Entrepreneurship | Notes: |
|----------------|---|--|--|--|
| Problem | New Ideas | New Product | New Enterprise | PIPE |
| Principle | Using Brains (thinking creatively) | Hands-on (Involving in team) | Moving Feet (Going out to society) | From head to feet |
| Practice | Report 1: Idea generation Idea screening | Report 2: Product concept Product design | Report 3: Market research Financial analysis | Final report Presentation : A simple business plan (or competition) |
| Project | Team-based projects with 5-8 students playing various managing roles in a self-organized mock company | | | Performance assessment (group 70%, individual 30%) |

Figura 3: Modelo PIPE (Problema, Idea, Producto, Empresa).

la capacidad de los estudiantes que toman cursos en el marco del modelo PIPE como se observa en la Fig. 3.

Hanieh y colaboradores [27], diseñaron un nuevo modelo para la enseñanza de la ingeniería que se basa en la definición de la función integrada (IDEF) como técnica de modelado véase Fig. 4. Dicha función integrada se basa en seis variables: las entradas, las salidas, los controles, los mecanismos, la información y la dinámica. Las salidas con los principales resultados de la enseñanza de la ingeniería, es decir, el conocimiento producido, los graduados, las oportunidades por la calidad estudiada y el desarrollo que ofrece una mejor calidad de vida de la gente. Las principales entradas para el proceso de enseñanza de ingeniería son la preparación del currículo donde los estudiantes son el centro del proceso educativo. Además de las cuestiones teóricas los estudiantes deben ser competentes en la práctica. Los facilitadores transfieren aquellos conocimientos adquiridos a través de los contactos para el proceso educativo. El nivel y la pertinencia de este conocimiento se mide y controla teniendo retroalimentación de la sociedad local. El total de elementos mencionados requiere de recursos para que se puedan efectuar. La dinámica se refiere al deterioro del proceso de la educación en ingeniería que llegará como entrada desde las necesidades del mercado. Se compone de las variables teoría de la investigación y práctica que se utiliza para variar la sensibilización del estudiante. Así mismo, la salida emanada de la dinámica es el conocimiento que se brinda al estudiante.

Junk y Matt [28], proponen que además de los métodos tradicionales de desarrollo de productos, la creciente disponibilidad de dos nuevas tecnologías digitales en 3D como se observa en la Fig. 5, tales como la fabricación digital (impresión 2d) y la digitalización de superficies (3d-exploración), ofrecen nuevas oportunidades en los procesos de desarrollo de productos en la actualidad. Con respecto a la aplicación sistemática de estas tecnologías en la educación de los estudiantes en el desarrollo de productos desde el campo, sin embargo, existe sólo un pequeño número de enfoques hasta ahora. Este documento explora varias formas en las que las tecnologías digitales en 3D de manera productiva se pueden utilizar en diseño educación. Los aspectos innovadores aquí incluyen estudiantes de Thar montaje e instalación de las impresoras 3D a sí mismos, y Thar que se introducen a un enfoque que 3d-ascanning seguido por 3d-impresión. Los resultados de un nuevo enfoque a las habilidades que imparten para el diseño de piezas para la impresión 3D se presentan en este documento. Este enfoque no es sólo acerca de enseñar a los estudiantes cómo utilizar las impresoras 3D. Además de esto, los estudiantes se reúnen de forma independiente y operan varias impresoras 3D como parte de un taller. Los talleres realizados mostraron que los estudiantes están entusiasmados con la corriente de la impresión 3D. El uso de kits de construir por sí mismo, en particular, condujo a una profunda comprensión de esta nueva tecnología. En otro estudio de caso, la aplicación continua de la ingeniería inversa, desde el escaneo de los productos a la impresión en 3D, se ha demostrado. Ambas tecnologías son así unidas. El análisis de los resultados mostró que el “proyecto de aula” es un apoyo complementario al aprendizaje y que es importante para el desarrollo profesional. El proyecto

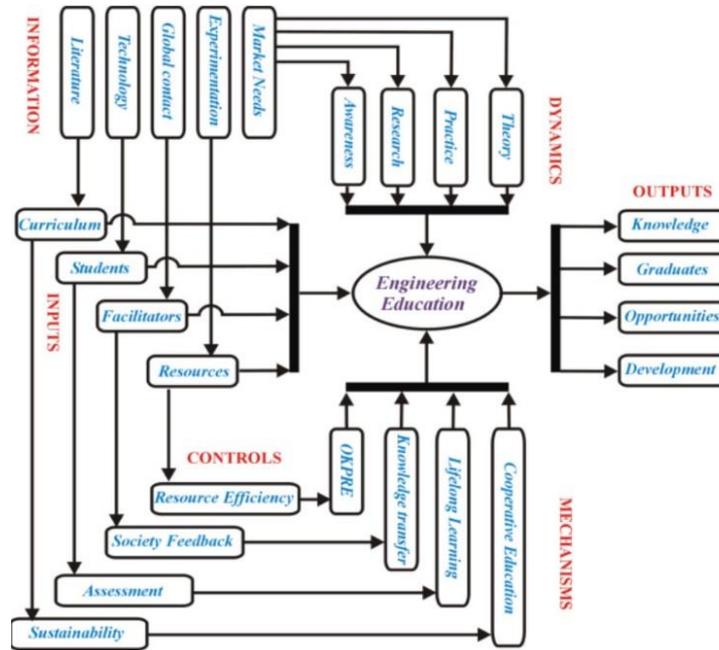


Figura 4: Modelo para la enseñanza de la ingeniería (IDEF).

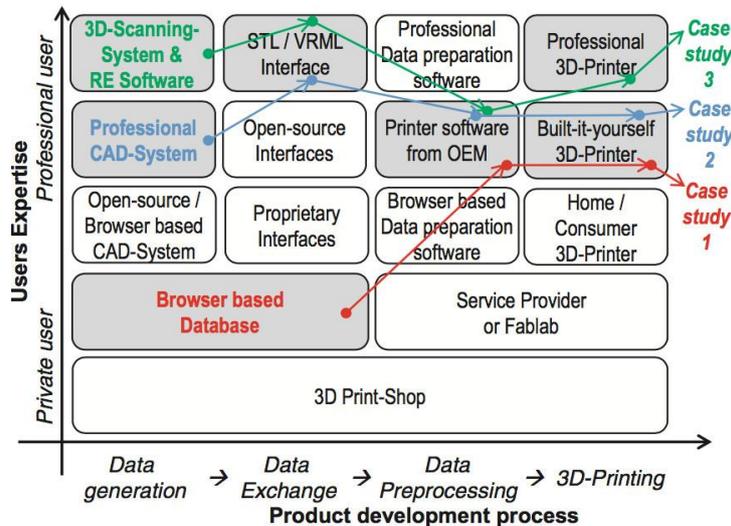


Figura 5: Modelo desarrollo de productos mediante 3D printing.

de aula contribuye a la transferencia del conocimiento de los principios teóricos presentados en clase, al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, e incentiva el interés por la investigación.

Como se puede observar en la presente revisión de la literatura, aún con todos los invaluables esfuerzos que han descrito cada uno de los investigadores en sus correspondientes contextos, falta un modelo que pueda brindar una propuesta integral e innovadora, que considere la programación de actividades específicas, instrumentos de evaluación, y el uso de herramientas de software y hardware. De forma concreta, se carece de una propuesta que directamente se aplique de forma pertinente dentro de una o varias asignaturas en cada ciclo académico. Es decir, que pueda encontrar cabida de forma oficial en los programas de una ingeniería en particular. Además

de que el alumno pueda sentirse motivado en un espacio donde se apoyen y valoren sus ideas creativas al momento de proponer una solución a un problema complejo.

4. Metodología

4.1. Alcance de la investigación

Una vez realizada la revisión de la literatura de la presente investigación, se considera que el alcance inicial se perfila como un estudio parcialmente explicativo, debido al hecho de que las variables se relacionarán entre sí y aportan cierta información explicativa. Y como alcance final, se requiere analizar cuantitativamente la correlación que existe entre el uso de manufactura aditiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje con la obtención de competencias profesionales del saber hacer [29]. Es decir, se analizará cómo es y cómo se manifiesta la relación o vínculo entre aplicación de la manufactura aditiva y la obtención de las competencias del saber hacer del alumno de ingeniería.

4.2. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Para poder verificar la correlación descrita anteriormente, se requiere realizar un experimento para manipular deliberadamente las variables a través de los instrumentos de medición mediante un análisis cualitativo del mismo. El análisis cuantitativo permite el desarrollo de procesos en términos descriptivos para interpretar diferentes acciones, hechos, lenguajes para situarlos en una correlación de acuerdo al contexto [30]. De forma concreta, se identificarán los indicadores que permitan medir el grado de aprendizaje del alumno por medio de un instrumento que se diseñará en escala de Likert. Como instrumentos básicos se requieren las actividades de enseñanza-aprendizaje propias de la asignatura de ingeniería aplicada que permitirán establecer la problemática que se planteará para que el alumno diseñe e implemente su prototipo. Por tanto, el docente tendrá un papel esencial como facilitador en relación con la demostración del modelo de innovación educativo.

4.3. Población objeto de estudio

En el caso particular de la investigación la población objetivo son las ingenierías, específicamente de las carreras de ingeniería industrial, mecatrónica y sistemas computacionales y tecnologías de la información, estas áreas participan en un evento de investigación llamado expo ciencias, en el último evento realizado en 2015, la cantidad de alumnos de la área de ingeniería industrial que participan fue de 30, mientras que en la carrera de mecatrónica se tuvo una participación de 60 alumnos y en sistemas computacionales y tecnologías de la información con una participación de 8 alumnos, que mediante una metodología para el desarrollo de prototipos son candidatos para participar, cabe mencionar que los proyectos presentados cubren los requisitos necesarios de identificación de la problemática, y sustento para su desarrollo, sin embargo no todos realizan el prototipo mediante manufactura aditiva. Del total de proyectos presentados en la expo-ciencias 2015 solo el 25% tienen un aporte sobre el diseño utilizando la manufactura aditiva, aunque una comparación respecto al año 2012, donde se tenía un porcentaje del 10% muestra el incremento de manufactura aditiva para el desarrollo de prototipos.

4.4. Desarrollo de la propuesta

Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva El modelo de innovación educativa que se describe a

continuación, está basado en la teoría general de sistemas y sus totalidades que llevan a cabo interacciones tanto internas como externas y su medio con las que trabaja, hoy en día es una fuente poderosa que hace posible la explicación de ciertos fenómenos que pasan en el mundo

real y hacen posible saber qué puede pasar en días futuros con ciertos sistemas o parte de ellos, el análisis de los elementos de un sistema como caja negra: entrada, procesos, salidas y retroalimentación. Las entradas son los ingresos del sistema que pueden ser recursos materiales, recursos humanos o información. Las entradas constituyen la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas [31].

Procesos o caja negra, se utiliza para representar a los sistemas cuando no sabemos qué elementos o cosas componen al sistema o proceso, pero sabemos que entradas corresponden determinadas salidas y con ello poder inducir, presumiendo que a determinados estímulos, las variables funcionarían en cierto sentido como puede observarse en la figura 6.



Figura 6: Esquema general del modelo basado en la teoría general de sistemas. Fuente. Elaboración propia.

4.5. Descripción del modelo

Las entradas o insumos del modelo se componen por el objetivo de la asignatura, el objeto de formación y la problemática:

- **Perfil docente para la asignatura:** Se requiere de una evaluación de docentes capacitados en ingeniería aplicada teórica y práctica, para poder plasmar los conocimientos que se estudiarán, tanto introductorios como complejos, en un proyecto concreto. Además dicho profesional deberá tener las habilidades necesarias para implementar la manufactura aditiva en el proyecto que generará cada equipo de trabajo.
- **El objeto formativo son todos aquellos conocimientos, habilidades y competencias necesarias con las que el alumno cuenta como base para poder aplicarlas en el proceso de elaboración del prototipo final:** En esencia se requiere que el alumno tenga bases firmes en Programación aplicada y Análisis y Diseño de sistemas, para que pueda desarrollar el proyecto semestral con los conocimientos necesarios del área.
- **Equipamiento para la Manufactura aditiva:** La institución educativa deberá proveer de la tecnología suficiente para la implementación de la manufactura aditiva:
- **Laboratorio de cómputo conectado en red con equipos que cubran los requisitos necesarios para ejecutar los programas para la edición 3D son los siguientes:** CPU 2 GHZ, RAM de 4 GB, Mouse de tres botones, y tarjeta gráfica con capacidad para Open GL y 1 GB de RAM.
- **Software:** El conjunto de aplicaciones para el diseño en 3D tienen licencias libres y licencia freeware, lo que implica que no se pagará por su uso.
- **Hardware:** El hardware mínimo necesario será equipar el laboratorio de cómputo con al menos cuatro impresoras 3D para el uso y desarrollo de los alumnos correspondientes.

En lo que respecta al proceso, se realiza un conjunto de pasos iterativos apoyados en la manufactura aditiva de la forma siguiente:

- **Análisis y definición del problema:** Sin la comprensión debida de la problemática, este primer paso no se puede avanzar de forma clara y efectiva, debido a que es esencial entender a qué se refiere la problemática concreta. McKay, Marshall y Hirschheim [32], establecen que el diseño como la solución de un problema es regularmente caracterizado como una forma de dar un orden para satisfacer necesidades, hacer mejoras requeridas que transformen y mejoren el entorno. Todo lo anterior, haciendo énfasis en el diseño cuidadoso del análisis y definición del problema.
- **Planificación:** Permite establecer diferentes hitos para la consecución de las fases proyectadas. Para realizar una planificación eficiente se distinguen tres niveles de aplicación en el modelo. El primero se centra en las características funcionales para alcanzar el producto final del proyecto. El siguiente nivel es de la técnica, es decir, centrándose en las características técnicas de las entregas del proyecto como una forma de apoyar el aseguramiento de los requisitos funcionales para el prototipo. Finalmente se propone el nivel de gestión de proyectos, que consiste en aquellas actividades y procesos para permitir el trabajo técnico enfocado a un procedimiento efectivo [33].
- **Implementación a través de la manufactura aditiva:** En la mayoría de los centros de estudios los estudiantes sólo conceptualizan los conocimientos que requieren cierto diseño o utilizan la simulación virtual como ya se detalló en la revisión de la literatura. A través de la aplicación de la manufactura aditiva la cual permitirá desafiar a los estudiantes a realmente aplicar las aptitudes más altas de sus conocimientos nuevos y adquiridos con anterioridad. Lo anterior ayuda a que los ingenieros graduados que se han enfrentado a la creación de prototipos físicos sean capaces de explorar y presentar respuestas a problemas más allá de sólo un soporte digital. El diseño de un prototipo mediante manufactura aditiva permite tener cuatro funciones: la exploración para investigar el espacio físico utilizando componentes de su creación; la verificación para hacer una evaluación de un diseño durable y ergonómico; realizar una comunicación efectiva que permita el conocimiento compartido o ser el inicio de otros profesionales en la búsqueda de una toma de decisiones más certera; finalmente la especificación que funcione como un modelo de referencia [34].
- **Evaluación del pre-prototipo:** En el presente paso, se realiza una revisión profunda para ver si el objetivo que se trazó en un inicio concuerda con el avance de su proyecto a través de la observación de su pre-prototipo. Desde este contexto podrían surgir tres tipos de resultados: 1) el prototipo cumple cabalmente con el objetivo especificado al inicio del curso por lo que el alumno ha trabajado eficientemente, tanto de forma individual como en equipo; 2) el pre-prototipo no cumple con el objetivo debido a carencias elementales de conocimientos, un proceso de trabajo inadecuado o un esfuerzo poco apropiado tanto a nivel individual o en equipo, entre otras causas por lo que se debe redefinir el problema; 3) el pre-prototipo cumple con el objetivo e incluso excede las expectativas propuestas dado que el trabajo tanto individual como en equipo de los alumnos fue eficaz y eficiente, lo que podría apoyar al desarrollo de una forma educativa de innovación, y por tanto, también podría re-definirse el problema para futuras aplicaciones del curso. Todo lo anterior teniendo en cuenta lo que afirma Seymour [35], sobre la acción de evaluar en el sentido de que debe ir acompañada por una variedad de métodos institucionales que sirvan como herramienta para el docente en su afán de evaluar eficazmente. Como apoyo a lo anterior se deben establecer logros en el aprendizaje de los alumnos, bases para el dialogo docente-alumno para la búsqueda de la calidad de la educación y la creación de espacios para la innovación.
- **Redefinición del problema:** Dado el análisis de la implementación y puesta en marcha del pre-prototipo si es necesario se redefinirá el problema de acuerdo a lo expuesto anteriormente, lo cual ayudará al seguimiento de la integridad del programa educativo de las asignaturas de ingeniería aplicada.

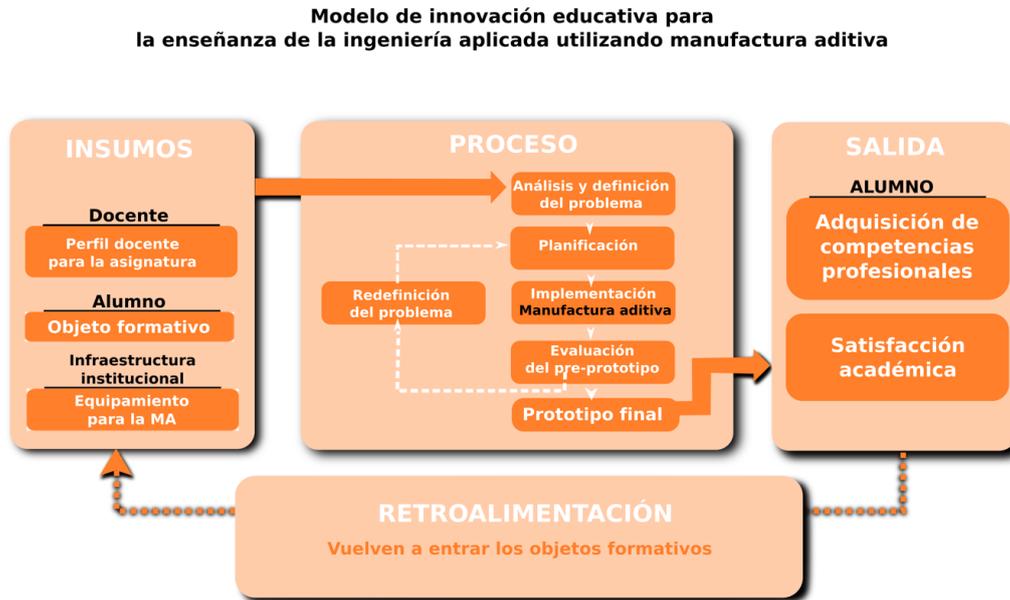


Figura 7: Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva. Fuente: Elaboración propia.

- **Prototipo final:** La evaluación del producto final se realizará con respecto a una rúbrica que especificará las características de funcionamiento tecnológico, estéticas y la aplicación de lo estudiado en la materia de la ingeniería aplicada.

Después de realizado el proceso se obtendrán dos tipos de resultados o salidas que son el grado de adquisición de competencias profesionales del área de la ingeniería aplicada enfocadas al “saber hacer” y por ende el grado de satisfacción del alumno que ha incluido en su desarrollo académico al manufactura aditiva. Ambos resultados equivalen a las evidencias de la efectividad del modelo, ya que serán los argumentos que afirmen una hipótesis verdadera o falsa de la propuesta de este artículo.

Finalmente, se debe realizar una retroalimentación de los resultados que implique una mejora continua del modelo, así como de posibles correcciones del proceso. El elemento considerado como principal para efectuar lo anterior, serán los objetos formativos del estudiante, es decir, que la forma más objetiva de evaluar un resultado, será comprobar el estado de los conocimientos, habilidades y destrezas que el alumno ha conseguido en la aplicación del modelo de innovación educativa. La retroalimentación permitirá al modelo ser una prueba completa de efectividad, ya que permite al docente y alumnos tener una valoración precisa de sus progresos [36]. Todo el argumento anterior puede observarse en la figura 7.

Con relación a las entradas, se contemplan todas las actividades de enseñanza- aprendizaje para la asignatura de ingeniería aplicada, así como los objetivos de la asignatura. Así mismo se tienen las competencias profesionales que deberá adquirir el estudiante al final de su periodo semestral.

4.6. Indicadores

La búsqueda de alternativas a la solución de problemas es el reto fundamental de la evaluación como proceso para el mejoramiento de la calidad de la educación. Para ello es necesario crear

un clima organizacional donde se facilite y propicie la práctica evaluativa. Según Mora Vargas [37], los estudios que se plantean basados en la experimentación se realizan para determinar o demostrar vínculos causales entre ciertas variables. Para García Cabrero [38], la evaluación de la educación deberá reflejar en sus modelos y sistemas lo más avanzado de las teorías y políticas sociales. Los indicadores son un aspecto que debe definirse a partir del perfil que se espera lograr en los alumnos a través del Sistema Educativo Nacional (SEN). Con base en esto, podrán ponerse en práctica estrategias de monitoreo que permitan valorar el avance hacia el logro del perfil, así como corregir deficiencias y restablecer el rumbo, e instrumentar los recursos que faciliten este proceso.

De manera complementaria Vidal y colaboradores [39], sustentan que las universidades se vinculan a la sociedad, y específicamente en el área del trabajo, tratando de alcanzar la integridad formativa que permita al educando adquirir los conocimientos (saber), las habilidades (saber hacer), las aptitudes (poder hacer) y las actitudes (querer hacer) que garantice las competencias profesionales requeridas y lograr comportarse a la altura de su tiempo (saber ser); y por otro lado Salas Perea [40], apunta que la calificación profesional ya no es concebida únicamente como la acumulación de saberes o habilidades, sino como la capacidad de actuar, intervenir y decidir en situaciones no siempre previstas; así, el foco de atención se ha desplazado de las calificaciones a las competencias profesionales.

De acuerdo al Employment and Training Administration United States Department of Labor; define en su modelo de competencias de ingeniería (2015), donde una competencia es el conjunto de conocimientos, habilidades y capacidades relacionados que afectan a una parte importante de su trabajo (un papel o responsabilidad), que se correlaciona con el desempeño en el trabajo, que se puede medir en comparación con los estándares bien aceptados y que puede mejorarse a través del entrenamiento y desarrollo; utiliza en su modelo las destrezas "soft-skills" y habilidades de preparación para el trabajo que la mayoría de los empleadores demandan y muestran las competencias técnicas de toda la industria necesarias para crear redes de carrera dentro de una industria. Estas competencias se consideran transversales, ya que permiten que un trabajador se mueva fácilmente entre los subsectores de la industria.

Los indicadores educativos suelen definirse como medidas estadísticas sobre aspectos que se consideran importantes de los sistemas educativos, según Morduchowicz [41], deben proveer información en el contexto del proyecto, permitir el análisis de tendencias y proyectar situaciones futuras. En tal sentido, los indicadores educativos tienen que transmitir algo sobre un sistema informando algunos de sus aspectos, también marcan tendencias, así se retroalimenta el conocimiento para la toma de decisiones en caso de necesidad de corregir aspectos de las acciones que se estarán llevando adelante. Para Jaeger [42], se denominan indicadores a todas aquellas variables que pueden representar un status que se agrega o un cambio de objetos, instituciones o elementos que están bajo un estudio, además de que permiten dar un informe sobre su cambio para comprender sus condiciones. Por tanto, permiten que cualquier fenómeno se pueda describir y evaluar de forma cualitativa. Para el estudio del modelo se plantea las hipótesis contenidas en la tabla 1.

Para este trabajo se definen las siguientes competencias:

- (i) Habilidades interpersonales. Mostrar habilidades para trabajar efectivamente con otros. Demostrar comprensión con su comportamiento, empatía y sensibilidad, manteniendo líneas de comunicación abiertas y respetando la diversidad.
- (ii) Iniciativa. Demostración de un compromiso con el desempeño efectivo del trabajo, tomando acción por su cuenta y monitoreo a lo largo del trabajo. Ser persistente, buscador de nuevos retos, esforzarse por alcanzar las metas y trabajador independiente.
- (iii) Ciencia y tecnología. Uso de reglas y métodos científicos para expresar ideas y resolver problemas en papel, en computadoras o dispositivos adaptativos. Comprensión del uso

| Variables | Dimensión |
|--|--|
| X_1 = Modelo educativo utilizando manufactura aditiva. | 1.- Competencias de Eficiencia Personal. 2.- Competencias Académicas. 3.- Competencias para el trabajo. 4.- Competencias técnicas. |
| Y_1 = Competencias profesionales de ingeniería aplicada. | 1.- Habilidades interpersonales. 2.- Iniciativa. 3.- Ciencia y tecnología. 4.- Pensamiento y análisis crítico. 5.- Conocimientos computacionales. 6.- Trabajo en equipo. 7.- Planeación y organización. 8.- Pensamiento creativo. 9.- Solución de problemas y toma de decisiones. 10.- Fundamentos de ingeniería. 11.- Manufactura y construcción. 12.- Ingeniería económica. |

Tabla 1: Hipótesis 1 (H1).

apropiado de la tecnología y aplicación en la conducción de experimentos, así como el análisis e interpretación de resultados.

- (iv) Pensamiento y análisis crítico. Usador de procesos de pensamiento lógico para analizar información y sacar conclusiones. Revisión crítica, análisis, síntesis, comparación e interpretación de la información, agilidad mental para la identificación de conexiones, entender, orientar e integrar nueva información.
- (v) Conocimientos computacionales. Uso de la tecnología de la información y aplicaciones relacionadas, incluyendo dispositivos adaptativos y software, para transmitir y recuperar información. Entender fusiones y terminologías relacionadas con software y hardware sistemas de información y equipo de comunicación. Uso de sistemas de modelaje para diagnóstico de problemas y posibles soluciones, así como el uso de internet para la búsqueda de información en línea.
- (vi) Trabajo en equipo. Trabajar cooperativamente con otros y completar el trabajo asignado. Identificarse como miembro del equipo y su rol, estableciendo relaciones productivas, integrándose a los objetivos del equipo y solucionando conflictos.
- (vii) Planeación y organización. Planeación y priorización del trabajo para la administración de tiempos efectivos y el término de las tareas. Anticiparse a los obstáculos, identificar nuevas formas de organización de trabajo, desarrollo de tareas concretas, identificación de tarea y recursos en la administración de proyectos.
- (viii) Pensamiento creativo. Generación de innovación y creación de soluciones. Uso original de análisis y generación de nuevas ideas innovadoras en áreas complejas. Encontrar nuevas formas de agregar valor al esfuerzo del trabajo del equipo y modificar o implementar sistemas para incrementar el desarrollo.
- (ix) Solución de problemas y toma de decisiones. Generación, evaluación e implementación de solución de problemas. Análisis de condiciones existentes y la definición de situaciones críticas, integrar el conocimiento previo en la obtención de alternativas de solución, tomar decisiones difíciles, observar y evaluar los resultados.
- (x) Fundamentos de ingeniería. Desarrollar fundamentos de ingeniería y sus interacciones con la sociedad. Identificar y describir los principios básicos de una ciencia y tecnología relacionadas a la práctica de la ingeniería. Utilizar elementos de una o más áreas de la ciencia para ayudar en la formación del diseño o modelo.

- (xi) Manufactura y construcción. Proceso mediante el cual los materiales son convertidos o ensamblados en productos de más valor. Identificar y priorizar los requisitos técnicos, ambientales, económicos, reglamentarios y otros de un proyecto de fabricación o construcción. Procesos de manufactura.
- (xii) Ingeniería económica. Economía para aplicación a proyectos de ingeniería. Evaluar los costos iniciales de capital; Costos anuales de operación, mantenimiento y reparación; Y reemplazo periódico de los costos del equipo u otros componentes. Identificar y cuantificar los riesgos económicos asociados con un proyecto o producto, incluyendo cómo se consideran los costos de garantía para un producto. Desarrollo de acciones preventivas y correctivas, e implementación y aseguramiento de calidad.

Otro factor del estudio es la determinación de la satisfacción del alumno como puede observarse en la tabla 2.

| H2: La impartición de cátedra y el uso manufactura aditiva es determinante en la satisfacción del alumno. | |
|---|--|
| Variables | Factores |
| X_1 = Cátedra con manufactura aditiva. | 1.- Conocimientos teóricos impartidos 2.- Organización y desarrollo de proyecto 3.- Metodología de evaluación 4.- Desempeño docente |
| Y_1 = Factores de satisfacción del alumno. | 1.-Estructuración de cátedra 2.-Habilidades docentes 3.-Resultados obtenidos |

Tabla 2: Hipótesis 2 (H2).

4.7. Instrumento de medición para la satisfacción del alumno

Para el diseño del instrumento de medición de la satisfacción del alumno que se encuentra contenido en la tabla 3, se tomó en cuenta la estructura básica de la evaluación de la calidad del proceso académico, utilizada en las instituciones de educación superior (IES) inscritas en la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). El diseño se puede observar a continuación teniendo como base el ítem correspondiente, la métrica, el sujeto de aplicación y la descripción del diseño.

| Ítem | Métrica | Sujeto de aplicación | Descripción |
|--|--|---------------------------------|---|
| 1. El alumno tuvo un acercamiento al conocimiento de la disciplina a través de situaciones concretas o ejemplos. | Establecer el grado de aplicación de los conocimientos aprendidos. | Alumno | Habilidades, conocimientos y destrezas del alumno. |
| 2. El alumno contó con materiales útiles y pertinentes para el aprendizaje. | Determinar si se cuenta con las herramientas necesarias para el desarrollo de la asignatura. | Institución educativa y alumnos | Equipamiento de los laboratorios de cómputo. |
| 3. Se fomentó la participación en eventos para mostrar los conocimientos aprendidos en clase mediante proyectos aplicados. | Establecer la proyección de los trabajos finales de cada equipo. | Alumnos | Participación en eventos de corte académico-científico. |
| 4. Los contenidos fueron impartidos con un dominio del tema adecuado. | Determinar las habilidades docentes para impartir la propuesta | Alumno | Habilidades, conocimientos y destrezas docentes. |
| 5. Existió claridad en la comunicación docente-alumno. | Establecer la capacidad de la comunicación entre docente y alumnos. | Alumno | Comunicación docente-Alumnos. |
| 6. Los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad. | Determinar el grado de aplicación de los conocimientos. | Alumno | Conocimientos actualizados según el contexto. |
| 7. Se presentaron varios enfoques teóricos referentes a la materia. | Establecer las diferentes perspectivas de estudio de la materia. | Alumno | Trabajo interdisciplinario. |
| 8. Se utilizaron diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno. | Establecer el grado de dominio en la aplicación de la manufactura aditiva como herramienta. | Alumno | Aplicación de estrategias como la manufactura aditiva. |
| 9. Existió compromiso con el desarrollo del aprendizaje de los alumnos. | Establecer el apego de las acciones académicas en el aula según objetivos. | Alumno | Compromiso institucional. |
| 10. El docente se mostró dispuesto a la resolución de dudas dentro y fuera de clases. | Determinar el grado de acompañamiento del docente en el proceso de aplicación del modelo. | Alumno | Tutorías del docente. |

Tabla 3: Encuesta de satisfacción.

5. Resultados

5.1. Validación

Para verificar la fiabilidad del instrumento que tiene por objetivo medir si la satisfacción del alumno es aceptable con la aplicación del modelo propuesto, se sometió a la comprobación mediante el índice de consistencia interna Alfa de Cronbach. La herramienta informática para aplicar el índice fue el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS) de la empresa IBM en su versión 23. En la tabla 4 se pueden observar el número de casos totales de sujetos a los que se les aplicó el instrumento, con un total de 12 casos válidos que equivalen al 100%, sin tener ninguno excluido.

| | | N | % |
|-------|----------|----|-------|
| Casos | Válido | 12 | 100,0 |
| | Excluido | 0 | 0 |
| | Total | 12 | 100,0 |

Tabla 4: Resumen de procesamiento de casos. Fuente: Elaboración propia, generada con SPSS.

En lo que respecta a la tabla 5, se puede apreciar que el índice de consistencia interna, Alfa de Cronbach generado por el SPSS, arrojó un total de ,925 al realizar el análisis en conjunto de los 10 ítems. Lo anterior se traduce en que el instrumento aplicado posee una consistencia alta que equivale a tener un instrumento fiable, debido a que se encuentra entre los valores más cercanos a 1.

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| 0.925 | 10 |

Tabla 5: Estadísticas de fiabilidad. Fuente: Elaboración propia, generada con SPSS.

5.2. Análisis descriptivo

A continuación, se realizó un análisis descriptivo para obtener la moda y percentiles, cuya información contenida se muestra en la tabla 6. Como dato importante se puede ver que la moda en la mayoría de ítems es igual a 1 y 2, que respectivamente equivale a “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, lo cual representa una aceptación importante en la metodología de aplicación del modelo. En el caso de los percentiles ningún valor es mayor a 2, lo que implica que se tienen resultados semejantes al análisis de la moda. Hasta este punto de la revisión de los resultados se puede apreciar que el modelo fue aceptado satisfactoriamente por los alumnos en su mayoría.

6. Análisis de correlaciones

Se aplicó un análisis de correlaciones de Pearson con la finalidad de ver la relación entre cada una de las variables. El total de correlaciones menores a ,05 fueron un total de 30, de las cuales las relaciones bilaterales más significativas fueron 5 con un valor de 0.00 (ver tabla 7), y se presentan a continuación:

- El ítem correspondiente a “Se utilizaron diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno”, tiene una relación significativa con “Los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad”, lo cual implica que la aplicación de la manufactura aditiva permitió en la mayoría de los casos, una forma de aplicar los contenidos de la materia al contexto económico en el cual el alumno se desenvuelve profesionalmente.

| | | El alumno tuvo un acercamiento al conocimiento de la disciplina a través de situaciones concretas o ejemplos. | El alumno contó con materiales útiles y pertinentes para el aprendizaje | Se fomentó la participación en eventos para mostrar los conocimientos aprendidos en clase mediante proyectos aplicados. | Los contenidos fueron impartidos con un dominio del tema adecuado. | Los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad. | Se presentaron varios enfoques teóricos referentes a la materia. | Se utilizaron diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno. |
|-------------|----------|---|---|---|--|--|--|---|
| 2*N | Válido | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Moda | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Percentiles | 25 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 50 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.00 |
| | 75 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.75 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |

Tabla 6: Análisis descriptivo (extracto). Fuente: Elaboración propia, generada con SPSS.

- Particularmente el ítem “El docente se mostró dispuesto a la resolución de dudas dentro y fuera de clases”, tuvo una alta significancia tanto con “El alumno tuvo un acercamiento al conocimiento de la disciplina a través de situaciones concretas o ejemplos”, como con “Se fomentó la participación en eventos para mostrar los conocimientos aprendidos en clase mediante proyectos aplicados”. Lo cual representa que el acompañamiento cercano del docente como facilitador es fundamental en la aplicación del modelo, no para resolver todas las dificultades, sino para conducir acertadamente a los alumnos en sus propuestas para la resolución de problemas complejos, en la consecución de los objetivos planteados en la planeación.
- “Los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad” en correlación con “Existió compromiso con el desarrollo del aprendizaje de los alumnos”, no únicamente se trata de resolver el problema mediante un proyecto, de forma integral se busca que dicho trabajo pueda trascender proyectándose en eventos científicos e incluso en posibles aplicaciones en un contexto particular de la sociedad.
- Para poder estudiar una temática desde varias perspectivas, se requiere de un docente experto en el tema en cuestión, que permita descubrir el trabajo interdisciplinario para estimular a sus alumnos a encontrar la forma correcta de ser un equipo. Tal es el caso de la relación de los ítems “Se presentaron varios enfoques teóricos referentes a la materia” y “Se utilizaron diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno”.

6.1. Validación

6.2. Prueba de prototipos (Expociencias Universidad)

La rúbrica utilizada para la evaluación del desarrollo de proyectos mediante manufactura aditiva y sin factura aditiva se muestra a continuación:

Los resultados obtenidos en la evaluación mediante una escala de Likert ponderada en rangos de 5 a 10 nos muestra una diferencia con los desarrollos mediante manufactura aditiva, en comparación con los que no fueron desarrollados con manufactura aditiva en forma significativa (véase gráfica 1 y 2).

Como se puede observar en la gráfica 1 y en la graficado se tienen una diferencia significativa entre el uso de manufactura aditiva en los proyectos.

| | | Se presentan varios enfoques teóricos referentes a la materia. | Se utilizaron diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno. | Existió compromiso con el desarrollo del aprendizaje de los alumnos. | El docente se mostró dispuesto a la resolución de dudas dentro y fuera de clases. |
|---|---|--|---|--|---|
| El alumno tuvo un acercamiento al conocimiento de la disciplina a través de situaciones concretas o ejemplos. | Correlación de Pearson Sig. (bilateral) No. | 0.714 0.009 12 | 0.714 0.009 12 | 0.845, .001, 12 | 0.917, .000, 12 |
| Se fomentó la participación en eventos para mostrar los conocimientos aprendidos en clase mediante proyectos aplicados. | Correlación de Pearson Sig. (bilateral) No. | 0.764, 0.004, 12 | 0.764, 0.004, 12 | 0.704, 0.011, 12 | 0.856, 0.000, 12 |
| Los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad | Correlación de Pearson Sig. (bilateral) No. | 0.845, 0.001, 1 | 0.845, 0.001, 1 | 1.000, 0.000, 12 | 0.775, 0.003, 12 |
| Se presentan varios enfoques teóricos referentes a la materia. | Correlación de Pearson Sig. (bilateral) No. | 1, 0, 12 | 1.000, .000, 12 | 0.845, 0.001, 12 | 0.655, 0.021, 12 |
| Se utilizarán diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno. | Correlación de Pearson Sig. (bilateral) No. | 1.000, 0.000, 1 | 1, 0, 12 | 0.845, 0.001, 12 | 0.655, 0.021, 1 |

Tabla 7: Correlaciones significativas con valor , (extracto). Fuente: Elaboración propia, generada con SPSS.

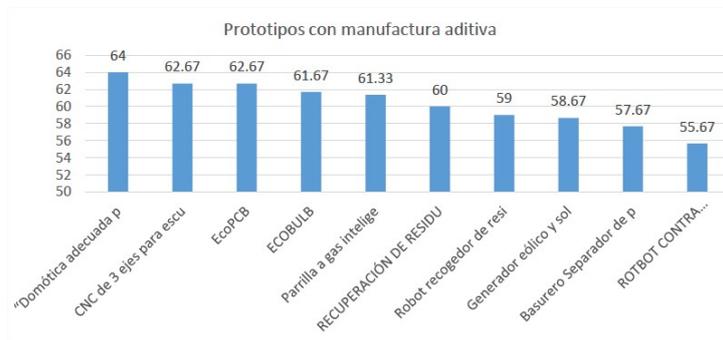


Figura 8: Prototipos con manufactura aditiva



Figura 9: Prototipos Sin manufactura aditiva

TÍTULO DEL PROYECTO:

Integrantes:

1. Identificación de Necesidades

Identifica una situación desfavorable padecida por una población específica o un entorno de aplicación, filtrando los aspectos relevantes. Busca y analiza antecedentes de fuentes pertinentes, identificando aspectos resueltos y no resueltos. Realiza cuestionamientos para proponer nuevas y mejores formas de atender las necesidades identificadas. Realiza entrevistas y diseña pruebas convenientes con los posibles usuarios para orientar el diseño y la funcionalidad del prototipo. Indica con claridad para qué servirá el prototipo.

2. Especificación de Funcionalidades

Especifica la funcionalidad esperada del prototipo a través de variables claramente definidas, de forma que pueda comprobarse su logro. La funcionalidad muestra una comprensión profunda de las necesidades identificadas. La funcionalidad del prototipo muestra creatividad para satisfacer las necesidades detectadas a través de nuevas y mejores maneras. Identifica métodos de diseño, desarrollo y evaluación para cada funcionalidad y los relaciona con coherencia por medio del planteamiento de objetivos.

3. Planeación

Identifica los recursos necesarios para desarrollar el prototipo, verificando su disponibilidad o accesibilidad, identifica posibles aspectos de diversa naturaleza que podrían permitir su realización. En caso de que el prototipo no sea factible, replantea los pasos anteriores. En caso de que el desarrollo del prototipo sea factible, se planifican las actividades por realizar, distribuyendo responsabilidades para un trabajo en equipo, y enmarcando en el tiempo las fechas tentativas de terminación por cada paso restante del método.

4. Sustento Tecnológico

Identifica los temas especializados que deben comprender porque ofrece sustento tecnológico al prototipo, identifica con qué aspecto o componente del prototipo se relacionan y busca fuentes de información pertinentes.

5. Diseño

Modela de forma general el prototipo por medio de un diagrama de bloques. Cada bloque posee nombre y representa un componente del sistema. Los bloques están relacionados por líneas con flechas que representan el flujo de algún tipo de señal y poseer una etiqueta que denota su naturaleza. Se muestra el diseño específico de cada bloque. Se emplean métodos y herramientas de diseño actualizado, existe coherencia entre el diseño, las funcionalidades especificadas y el sustento tecnológico.

6. Desarrollo

Presenta avances graduales del desarrollo del prototipo a través del tiempo. El desarrollo es coherente con el diseño. Emplea equipo y herramientas adecuadas, realiza pruebas convenientes para depurar fallas, es consciente de los errores cometidos y de las causas relacionadas. Desarrolla el prototipo cuidando su integridad y respetando al entorno.

7. Evaluación

Presenta una matriz de evaluación para las funcionalidades especificadas. Para evaluar cada función selecciona con coherencia el método, los instrumentos, las variables y unidades involucradas. Realiza una interpretación objetiva de los resultados obtenidos y se presentan las conclusiones correspondientes.

7. Conclusiones

El propósito principal de esta investigación fue la incorporación de una estratégica forma de desarrollar competencias de ingeniería aplicada en alumnos de nivel licenciatura. En base a la revisión de la literatura, se demostró que a pesar de todos los invaluable esfuerzos que han descrito cada uno de los investigadores de contextos revisados, faltaba un modelo que pueda brindar una propuesta integral que considerara la programación de actividades específicas, instrumentos de evaluación, y el uso de herramientas de software y hardware. De forma concreta, se carecía de una propuesta que directamente se aplique dentro de una o varias asignaturas en cada ciclo académico; que fuera factible de forma oficial en los programas de una ingeniería aplicada. Además, que lograra que el alumno pudiera sentirse motivado en un espacio donde se le apoye y valoren sus ideas creativas al momento de proponer una solución a un problema complejo.

Se desarrolló un Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva, y se evaluó un experimento con sesenta alumnos del área de ingeniería para la corroboración de nuestras hipótesis. Para la H1: El modelo educativo con Manufactura aditiva influye en la obtención de competencias profesionales de ingeniería, la confirmación del experimento nos da de manifiesto que las competencias fueron desarrolladas con mayor profundidad y más alta connotación por los alumnos que utilizaron en sus proyectos manufactura aditiva por encima de los que no la utilizaron. Los resultados obtenidos en la evaluación mediante una escala de Likert ponderada en rangos de 5 a 10 nos muestra una diferencia con los desarrollos mediante manufactura aditiva, en comparación con los que no fueron desarrollados con manufactura aditiva en forma significativa. El experimento no es determinante más si es revela la diferencia de tal hecho.

Por otra parte, para la H2: La impartición de cátedra y el uso manufactura aditiva es determinante en la satisfacción del alumno. Quedó definida de manera categórica que el alumno favorece una clase que se imparta de manera dinámica y de aplicación práctica. Los resultados de la correlación de Pearson soportan que el alumno prefiere la utilización de diferentes estrategias que estimularon la participación del alumno y con los contenidos de la asignatura son actualizados y aplicables a la realidad.

Los alumnos pueden encontrar en la implementación del modelo una forma novedosa de asimilar y utilizar sus conocimientos orientados a la ingeniería aplicada en soluciones tangibles, concretas y profesionales mediante el uso de la manufactura aditiva. El principal argumento que sostiene la afirmación anterior, es en primer término el aspecto estético-profesional de los prototipos como un primer paso en la búsqueda de la innovación; en segundo término, se encuentra la eficiencia funcional que presentaron la mayoría del prototipo desarrollados por los grupos analizados. Esta es la principal contribución de este modelo, la incursión de la manufactura aditiva a la realización de proyectos de ingeniería aplicada, que lejos de ser terminal, provee evidencia de múltiples aplicaciones y beneficios.

Queda por experimentar la aplicación del modelo en otras instituciones educativas con programas similares de ingeniería aplicada, y el extender la cantidad de grupos que por cuestión de alcance se dejó para futuros trabajos. Así como también, la búsqueda de aplicación de áreas fuera de la aplicación ingenieril, como modelo de utilidad.

El trabajar con este modelo permite que las instituciones de educación superior desarrollen de forma interdisciplinaria al alumno, un prototipo final requiere de la aplicación de múltiples disciplinas, habilidades, destrezas y conocimientos que dan a los alumnos las competencias iniciales para ser protagonistas de una sociedad y un estilo de vida cada día más demandante.

8. Trabajos futuros por realizar

Como futuras investigaciones en la aplicación del modelo; se llevará a cabo con un número mayor de estudiantes del aplicado en la prueba piloto para el diseño del mismo, así como la aplicación

de este modelo en otras instituciones educativas que ofrezcan programas educativos en el área de ingeniería; para que con ello sea implementado de manera formal en sus planes y programas de estudio.

Por otra parte, se requiere analizar la forma la aplicación del modelo en la especialización para el trabajo en el área industrial; logrando así fortalecer la vinculación universidad-industria, y fomentar la innovación en instituciones educativas como agente que cambio para el desarrollo económico y social de la región, estado o ciudad donde ésta se ubique.

Mediante el desarrollo del modelo se pretende fomentar la innovación y el desarrollo de patentes en el diseño de prototipos novedosos e innovadores.

Finalmente, se hace necesario la aplicación del modelo, para el desarrollo de competencias profesionales, para estudios de posgrado en el área de las ingenierías.

Referencias

- [1] G. Ramos and J. Yermo, "México: Políticas prioritarias para fomentar las habilidades y conocimientos de los mexicanos para la productividad y la innovación. ocde," 2015.
- [2] C. Cobo, "Skills for innovation: Envisioning an education that prepares for the changing world," *Curriculum Journal*, vol. 24, no. 1, pp. 67–85, 2013.
- [3] J. Dyer, H. Gregersen, and C. Christensen, "El adn del innovador," *Barcelona: Deusto*, 2012.
- [4] A. Franco, "El viaje de un innovador," *La construcció de la economia del conocimiento*, 2016.
- [5] S. de Economía, "Plan nacional de desarrollo 2013-2018," *Gobierno de la Republica. México*, 2013.
- [6] C. Flores Estrada, V. H. Luna Acevedo, and M. R. Navarro López, "La innovación en proyectos de investigación educativa," 2010.
- [7] D. Wood, C. Wilson, and A. García, "Fomentando la innovación en méxico," *Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars/Fundación Idea*, 2014.
- [8] B. Bravo-Díaz and P. G.-Y., *-Diseño como herramienta para implementar el nuevo planteamiento del modelo educativo por competencias en cursos de ingeniería*. PhD thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2013.
- [9] T. M. Ortiz-Lozano, I. T. Servin Rivas, P. Acevedo-Nava, and M. Quino Sosa, "Los alumnos de educación superior y la aplicación del modelo educativo en el instituto politécnico nacional.," *Cultura: Revista de la Asociación de Docentes de la USMP*, vol. 28, pp. 259–278, 2014.
- [10] J. Jurado, "Hermes plataforma de desarrollo de agentes móviles para dispositivos móviles," *Jou.Cie.Ing.*, vol. 2, no. 1, pp. 54–59, 2010.
- [11] L. Galeana, "Aprendizaje basado en proyectos," *Revista Ceupromed*, vol. 1, no. 27, pp. 1–17, 2006.
- [12] A. E. González and Á. del Valle López, *El aprendizaje basado en problemas: Una propuesta metodológica en educación superior*, vol. 18. Narcea Ediciones, 2008.
- [13] Y. O. Mamori Suzuki, *El prototipado rápido del hueso temporal para el entrenamiento quirúrgico y Educación Médica*. Taylor y Francis, 2014.
- [14] I. I. Data, "Oslo manual," *Paris and Luxembourg: OECD/Euro-stat, na dan*, vol. 19, p. 2021, 2005.
- [15] A. E. Wals, "Sustainability in higher education in the context of the un desd: a review of learning and institutionalization processes," *Journal of Cleaner Production*, vol. 62, pp. 8–15, 2014.
- [16] S. Zappe, I. Mena, and T. Litzinger, "Creativity is not a purple dragon," in *VentureWell. Proceedings of Open, the Annual Conference*, p. 1, National Collegiate Inventors & Innovators Alliance, 2013.
- [17] J. B. Powers and E. G. Campbell, "Technology commercialization effects on the conduct of research in higher education," *Research in Higher Education*, vol. 52, no. 3, pp. 245–260, 2011.
- [18] F. G. Gonzalvo, "Educational innovation through icts in the university setting. what do students think of these practices?," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 11, no. 1, pp. 49–60, 2014.
- [19] F.-T. Leow and M. Neo, "Redesigning for collaborative learning environment: Study on students' perception and interaction in web 2.0 tools," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 176, pp. 186–193, 2015.
- [20] D. Jonassen, "Designing constructivist learning environments. instructional-design theories and models, volume ii: A new paradigm of instructional theory. cm reigeluth," 1999.
- [21] R. Gagné, "Teoría del aprendizaje," *Las condiciones del aprendizaje*. Aguilar, Madrid, 1970.
- [22] P. V. Benítez, "La innovación desde un modelo educativo," *Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle*, vol. 10, no. 40, pp. 77–85, 2013.
- [23] T. O. University, "The new model institute for technology and engineering (nmite)," 2015.
- [24] A. Hamui-Sutton, M. Varela-Ruiz, A. Ortiz-Montalvo, and U. Torruco-García, "Modelo educativo para desarrollar actividades profesionales confiables (medaproc)," *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, vol. 53, no. 5, pp. 616–629, 2015.

- [25] K. J. Chua, W. Yang, and H. Leo, “Enhanced and conventional project-based learning in an engineering design module,” *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 24, no. 4, pp. 437–458, 2014.
- [26] H. Sun, “The pipe® model and tools for teaching innovation and entrepreneurship in chinese universities,” in *ICIE 2017-Proceedings of the 5th International Conference on Innovation and Entrepreneurship*, p. 145, Academic Conferences and publishing limited, 2017.
- [27] A. Abu Hanieh, A. Hasan, S. Abdelall, and P. Krajnik, “The role of resource efficiency in engineering education,” *10.14279/depositonce-3753*, 2013.
- [28] S. Junk and R. Matt, “New approach to introduction of 3d digital technologies in design education,” *Procedia Cirp*, vol. 36, pp. 35–40, 2015.
- [29] R. Hernández-Sampieri and C. P. M. Torres, *Metodología de la investigación*, vol. 4. McGraw-Hill Interamericana México, 2018.
- [30] J. Martínez, “Métodos de investigación cualitativa,” *Revista de la corporación internacional para el desarrollo educativo*, vol. 8, no. 1, 2011.
- [31] L. v. Bertalanffy, “Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones.(1968),” *Trans. Juan Almela. México: Fondo de Cultura Económica*, 1993.
- [32] J. McKay, P. Marshall, and R. Hirschheim, “The design construct in information systems design science,” *Journal of Information Technology*, vol. 27, no. 2, pp. 125–139, 2012.
- [33] D. Dvir, T. Raz, and A. J. Shenhar, “An empirical analysis of the relationship between project planning and project success,” *International journal of project management*, vol. 21, no. 2, pp. 89–95, 2003.
- [34] J. Geraedts, E. Doubrovski, J. Verlinden, and M. Stellingwerff, “Three views on additive manufacturing: business, research and education,” in *Ninth Int. Symp. Tools Methods Compet. Eng., I. Horváth, A. Albers, M. Behrendt, and Z. Rusák, Eds*, pp. 1–15, 2012.
- [35] E. Seymour, “Tracking the processes of change in us undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology,” *Science Education*, vol. 86, no. 1, pp. 79–105, 2002.
- [36] S. Brophy, S. Klein, M. Portsmore, and C. Rogers, “Advancing engineering education in p-12 classrooms,” *Journal of Engineering Education*, vol. 97, no. 3, pp. 369–387, 2008.
- [37] A. I. Mora Vargas, “La evaluación educativa: Concepto, períodos y modelos revista electrónica” actualidades investigativas en educación”, vol. 4, núm. 2, julio-diciembre, 2004, universidad de costa rica,” *San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica*, 2004.
- [38] B. García Cabrero, “Modelos teóricos e indicadores de evaluación educativa,” *Sinéctica*, no. 35, pp. 1–17, 2010.
- [39] M. J. Vidal Ledo, R. S. Salas Perea, B. Fernández Oliva, and A. L. García Meriño, “Educación basada en competencias,” *Revista cubana de educación medica superior*, vol. 30, no. 1, 2016.
- [40] R. S. S. Perea, L. D. Hernández, and G. P. Hoz, “Las competencias y el desempeño laboral en el sistema nacional de salud,” *Revista cubana de educación medica superior*, vol. 26, no. 4, pp. 604–617, 2012.
- [41] A. Morduchowicz, “Los indicadores educativos y las dimensiones que los integran. buenos aires: Iipe,” 2006.
- [42] R. M. Jaeger, “7: About educational indicators: Statistics on the conditions and trends in education,” *Review of research in education*, vol. 6, no. 1, pp. 276–315, 1978.