

(09-028) - Development of virtual and physical automotive models for virtual assembly plant

Acuña López, Alejandro ¹; López Carvajal, Camila ¹; Vázquez Esquivel, Rubén ¹;
Saavedra Gastélum, Verónica ¹; González Almaguer, Carlos Alberto ¹

¹ Tecnológico de Monterrey

In times of the COVID pandemic, universities found it necessary to schedule their courses online and this caused new digital learning alternatives to be explored. In our case, virtual laboratories and mixed reality lessons were developed to engage students and ensure learning objectives.

One of the results of this effort was the development of a virtual simulator of an ERP system for a car assembly company. This assembler was initially supported by the Meccano model construction system, but based on surveys of teachers and students, it was decided to have its own automotive models.

The new automotive models were developed with the support of AI and digital and 3D printed models were obtained. These digital twins have enriched the teaching-learning experience, by having the opportunity to replicate the (simplified) assembly line of a car, physically and virtually.

This article shows the design process, 3D prototyping and virtual and physical implementation of the new automotive models. Research professors and students from different branches of Engineering and Product Design participated in the development of this project.

Keywords: "Digital twins" ; "Professional education" ; "Virtual assembly plant" ; "Educational innovation"

Desarrollo de modelos automotrices virtuales y físicos para ensambladora virtual

En tiempos de la pandemia de COVID, las universidades se vieron en la necesidad de programar sus cursos en línea y esto provocó que se exploraran nuevas alternativas digitales de aprendizaje. En nuestro caso, se desarrollaron laboratorios virtuales y lecciones de realidad mixta, para enganchar a los alumnos y asegurar los objetivos de aprendizaje.

Uno de los resultados de este esfuerzo fue el desarrollo de un simulador virtual de un sistema ERP de una ensambladora de autos. Esta ensambladora se apoyó en un inicio con el sistema de construcción de modelos Meccano, pero con base en encuestas a docentes y estudiantes, se decidió contar con modelos automotrices propios.

Los nuevos modelos automotrices se desarrollaron con el apoyo de IA y se obtuvieron modelos digitales e impresos en 3D. Estos gemelos digitales han enriquecido la experiencia de enseñanza aprendizaje, al tener la oportunidad de replicar la línea de ensamblaje (simplificada) de un auto, de manera física y virtual.

El presente artículo muestra el proceso de diseño, prototipado 3D e implementación virtual y física de los nuevos modelos automotrices. En el desarrollo de este proyecto participaron profesores investigadores y estudiantes de diferentes ramas de Ingeniería y Diseño de Producto.



Palabras clave: "Gemelos digitales" ; "Educación profesional" ; "Ensambladora virtual" ;
"Innovación educativa"

Correspondencia: Alejandro Acuña López aacuna@tec.mx

Agradecimientos: Los autores desean agradecer el apoyo financiero de Writing Lab, Instituto para el Futuro de la Educación, Tecnológico de Monterrey, México, en la producción de este trabajo. Los autores agradecen el apoyo financiero de Novus Grant con PEP No. PHHT085-22ZZNV064, TecLabs, Tecnológico de Monterrey, México, en la producción de este trabajo.

1. Introducción

Sin duda, se puede afirmar que existe un antes y un después de la pandemia de COVID-19. El confinamiento nos obligó a cambiar la manera en que se realizaban las actividades más cotidianas. Y la práctica de la docencia en la Educación Superior no fue la excepción. Se tuvo la necesidad de recurrir a plataformas para videoconferencias, tales como Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, entre otras. También se aceleró el desarrollo de lecciones, actividades y prácticas con el apoyo de tecnologías, como la Realidad Aumentada (RA) (de Pedro, 2011) y Realidad Virtual (RV) (Pantelidis, 2009). Lo anterior debido al confinamiento y la educación a distancia, así como la necesidad de implementar actividades atractivas y que “engancharan” a los estudiantes. Durante la pandemia, y en el caso específico de las ingenierías, estas tecnologías recrearon el aprendizaje del laboratorio, a través de dispositivos como un teléfono inteligente, una tableta o la propia computadora personal. Estas tecnologías abrieron un mundo de posibilidades al permitir a los estudiantes recrear situaciones auténticas, tales como la operación de maquinaria, el ensamblaje de un producto o aprender el manejo de herramientas, sólo por mencionar algunos ejemplos.

Ahora en pleno 2024, y afortunadamente, la pandemia y el confinamiento se han terminado. Hemos regresado de manera física a nuestras instalaciones y laboratorios, pero hemos conservado el uso de las mencionadas tecnologías virtuales e inmersivas, ahora con la posibilidad de realizar experiencias de aprendizaje híbridas. Es decir, con el apoyo de elementos tanto físicos, como virtuales.

El presente documento muestra el proceso de diseño de una innovación educativa de aprendizaje híbrido, considerando la RV y RA, así como medios físicos. Se trata de un proyecto que complementa a una planta virtual ensambladora de autos, desarrollada durante la pandemia y dirigida a estudiantes de Diseño de Producto e Ingenierías Industrial y Automotriz. Ante la necesidad de contar con modelos de autos originales, y no depender de licencias y permisos de uso de soluciones comerciales existentes, se decidió desarrollar conceptos automotrices propios. Y para el desarrollo de estos nuevos autos se echó mano de otra tecnología en franco desarrollo en los últimos años: la Inteligencia Artificial (IA) (Ronquillo et al., 2023). La IA fue de gran ayuda para el proceso de diseño de estos nuevos conceptos automotrices, enfatizando su importante rol en la aceleración de los procesos de iteración y ayudando en la toma de decisiones creativas.

2. Objetivos

A continuación, se describirá el objetivo general de este proyecto, así como los objetivos específicos.

2.1 Objetivo general

Desarrollar modelos educativos originales virtuales y físicos, para una ensambladora virtual de autos, para apoyar el desarrollo de competencias relacionadas con la integración de sistemas y tecnologías emergentes en estudiantes de Ingeniería Industrial, Ingeniería Automotriz y Diseño de Producto.

2.1 Objetivos específicos

1. Comprender y aplicar conceptos de diseño automotriz y aeronáutico.
2. Idear y prototipar modelos educativos virtuales y físicos.
3. Validar modelos educativos y cotejar sus restricciones y parámetros de diseño.

3. Contexto, antecedentes y alcances

En este apartado se dará un contexto del proyecto, sus antecedentes y alcances, previo a la descripción propia de la metodología.

3.1 Contexto

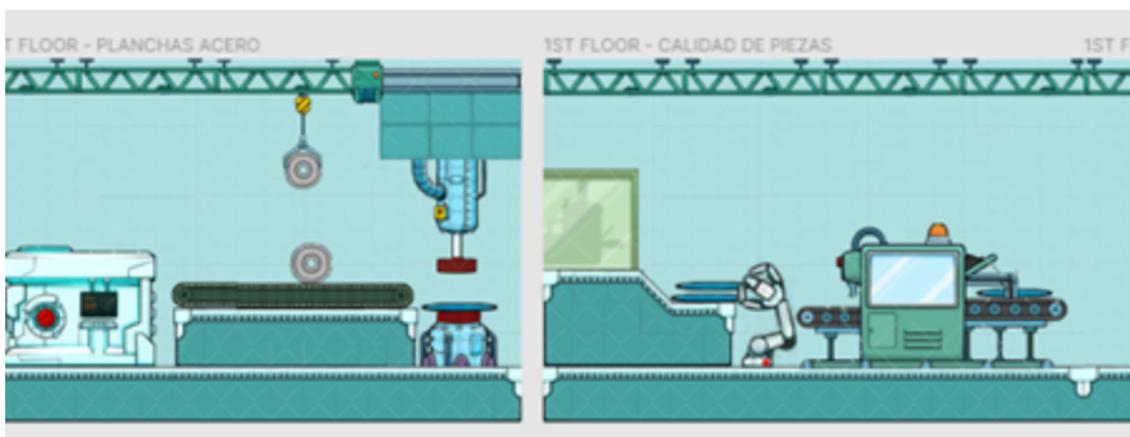
Antes de explicar la metodología detrás de este proyecto, es importante mencionar que este proyecto de innovación educativa cuenta con el apoyo del Fondo Novus para la Innovación Educativa (Novus, 2021), con el ID N22-326. Novus es una iniciativa del Institute for the Future of Education (2024), que busca reforzar la cultura de la innovación educativa en la formación de profesionales y con base en el desarrollo de competencias, un distintivo del Tecnológico de Monterrey, México.

Y precisamente el modelo educativo TEC21 del Tecnológico de Monterrey (Modelo Tec21, 2024), propicia el desarrollo de innovaciones educativas a implementarse (principalmente) al elemento central de la formación de profesionales: el llamado Reto. Un proyecto con un desafío del mundo real asignado por el denominado “Socio Formador” (empresa, institución pública o privada, ONG). El hecho de contar con este aliado otorga mayor compromiso y formalidad en el desarrollo de soluciones, además de elevar la motivación entre los estudiantes. Al ser el Reto el elemento central del aprendizaje y el desarrollo de competencias, la implementación de innovaciones educativas son un ingrediente esencial para potencializar la experiencia de aprendizaje.

3.2 Antecedentes

La necesidad de realizar este proyecto de innovación educativa tiene sus orígenes durante la pandemia. En ese periodo se diseñó una ensambladora virtual para conocer los procesos de ERP (siglas en inglés de Planificación de Recursos Empresariales), esto para alumnos de Ingeniería Industrial. La imposibilidad de visitar plantas industriales, para aprender procesos derivados de una línea de producción, obligaron a profesores de Ingeniería a emular estos procesos con el apoyo de simuladores virtuales. En un principio, esto les permitió tener un mejor entendimiento de lo que es una línea de producción, los conceptos de componentes y subsistemas, entre otros. En la Figura 1 se muestra el diseño inicial de la interfaz de la fábrica de ensamblaje virtual.

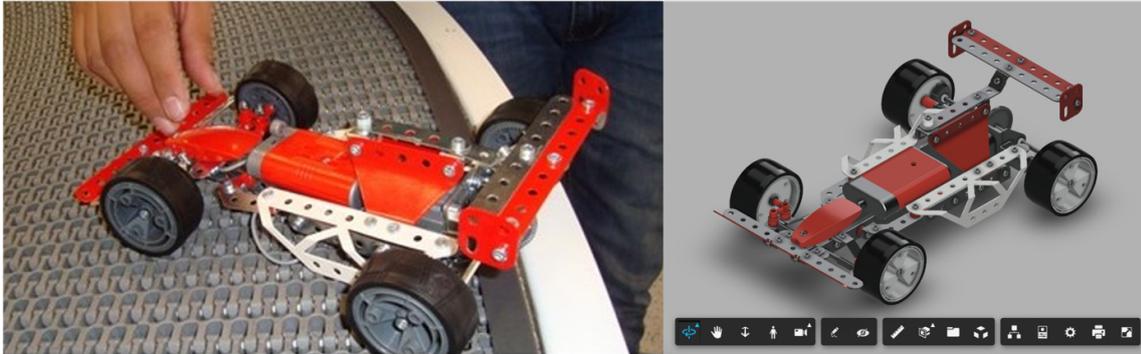
Figura 1: Interfaz de la fábrica de ensamblaje virtual



La siguiente evolución de este proyecto radicó en la utilización de conceptos automotrices existentes, patentados por marcas como Lego (Lopez-Fernandez et al.,2021; Souza, 2018) y Meccano (Marriott, 2012).

En la Figura 2, por su parte, se muestra el modelo de auto de carreras de Meccano, con su similar en modelación virtual. A esta réplica virtual del modelo físico, lo hemos denominado “gemelo digital”.

Figura 2: Carro de carreras de Meccano y su gemelo digital



Sin duda, el contar con modelos de autos que puedan ser ensamblados de manera física y virtual, enriquece mucho la experiencia de aprendizaje relacionada a una línea de ensamble. Sin embargo, la utilización de modelos comerciales para fines educativos implica el pago de licencias o permisos de utilización. Además de lo anterior, una limitación es que muchos de los componentes y subsistemas de un auto, no son claramente identificados en un auto construido con Meccano. Esto se hace evidente al intentar identificar elementos muy reconocibles de un auto, como lo son asientos, tablero, chasis y la misma carrocería.

Las áreas de oportunidad mencionadas anteriormente, así como la buena aceptación de los estudiantes ante experiencias de aprendizaje híbridas, constituyen la motivación para desarrollar conceptos automotrices propios, más apegados a un auto real, susceptibles de registro de patente e incluso para una eventual comercialización.

3.2 Alcances

Poco antes de adentrarnos propiamente a la metodología de este proyecto, también es importante precisar los alcances de este proyecto de innovación educativa. A este respecto, podemos precisar que se trata de lo siguiente:

- **Diseño de conceptos automotrices.** Se contempla el diseño de un auto compacto (dos plazas) y de un auto mediano (4 plazas). Se considerará el uso de IA en el proceso de diseño de estos conceptos automotrices.
- **Modelación virtual.** Con la intención de obtener el modelo virtual, se realizaron modelaciones en Rhino y Fusion 360.
- **Impresión 3D de autos.** Esta impresión se plantea realizar con tecnologías FDM y SLA.
- **Implementación de modelos virtuales a plataforma.** Esto se realizará con el apoyo de la empresa que diseño y construyó la ensambladora virtual
- **Implementación.** Se pretende implementar esta innovación en cursos relacionados con Ingeniería Industrial, así como en Diseño de Producto.

Para lograr lo anterior, se ha conjuntado un equipo de profesores de las áreas de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y Diseño de Producto, así como dos estudiantes en calidad de OnCampus Intern (becarios de profesional con un sueldo de medio tiempo).

4. Metodología

En el presente apartado se explicarán los detalles de la metodología e implementación del proyecto.

La propuesta general de implementación considera desde el mes de febrero de 2023 a junio de 2024, pero considerando únicamente los períodos académicos comprendidos en ese tiempo determinado. Es decir, el proyecto se realizó dentro de los semestres febrero-junio de 2023, agosto-diciembre de 2023 y febrero-junio de 2024. No se consideraron los períodos intensivos de Verano 2023 (julio) e Invierno 2024 (enero). Esto respondió a las cargas de trabajo de los profesores y estudiantes involucrados. La Figura 3 muestra la planificación inicial del proyecto y su distribución en los tres semestres considerados.

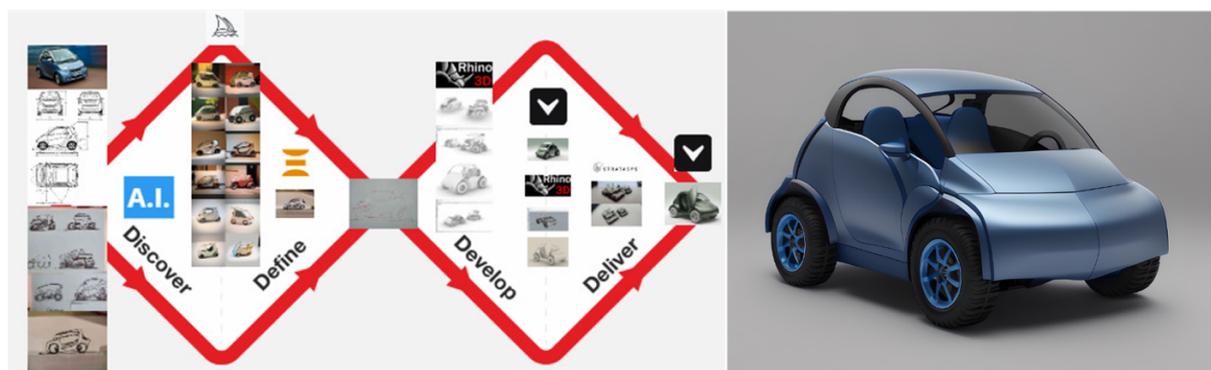
Figura 3: Planificación general del proyecto



Durante este primer semestre de implementación, se eligió al estudiante de segundo año de Diseño de Producto, quien se desempeñará como On Campus Intern a lo largo del proyecto. También se realizó una investigación de los componentes y sistemas a considerar en cada tipo de automóvil y los distintos tipos de líneas de montaje, así como la definición de los parámetros de diseño, componentes y sistemas de la línea de producción. Se logró el diseño base para el primer concepto automotriz, un Micro Compact Car (MCC), esto por la sencillez de su diseño y para fungir como referencia para el auto de cuatro plazas. Para el desarrollo de esta primera propuesta de auto se utilizó el método de diseño de Doble Diamante del British Design Council (Tschimmel, 2012).

En la Figura 4 se muestra el diagrama que simplifica la implementación de la primera iteración del método de Doble Diamante, así como un render del resultado obtenido.

Figura 4: Primera implementación del método de Doble Diamante y el resultado obtenido



A continuación se describen cada una de las etapas de esta primera implementación del método de diseño de Doble Diamante:

1) Discover (Descubrir). Se puede observar que se parte de la idea de un automóvil con las proporciones de un MCC (Micro Compact Car), específicamente inspirado en un "Smart Fortwo". A partir de sus medidas y proporciones se comenzó a generar un proceso de ideación a través del bocetaje a mano, del cual se obtuvieron 24 ideas diferentes. Posteriormente, algunos de estos bocetos sirvieron para alimentar la inteligencia artificial Midjourney, a través de las cuales se obtuvieron más de 32 propuestas formales, en una primera fase divergente de exploración formal.

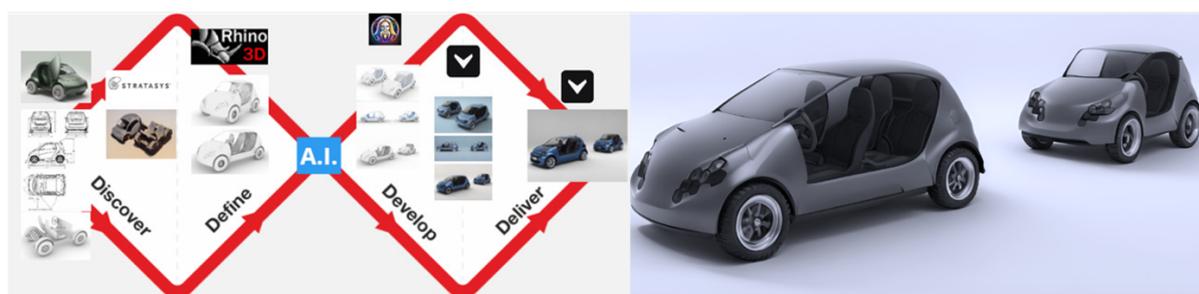
2) Define (Definir). En esta primera fase convergente se llevó a cabo un proceso de selección para determinar cuál de las 32 propuestas cumplía mejor con los requisitos de este proyecto. Se decidió señalar las características que destacaban a varios de los modelos y a partir de estos criterios se generó un nuevo boceto a mano a partir del cual se basaría el modelado 3D en Rhinoceros y el apoyo de la herramienta de IA Deep Dream.

3) Develop (Desarrollar). Sobre esta base se realizaron varias propuestas de modelado 3D, iniciando así la segunda fase divergente de este proceso. El proceso de modelación fue lento, debido a que se exploraron diferentes comandos para tratar de representar la idea definida en la fase anterior, además de que el trabajo de modelación estuvo sujeto a la carga de trabajo de los docentes y estudiantes involucrados. Posteriormente, el modelo 3D terminado se utilizó para alimentar una vez una inteligencia artificial con el fin de obtener un render más realista de la propuesta, sin tener que someterla al trabajo de un motor de renderizado convencional. En esta ocasión se utilizó Vizcom como inteligencia artificial, que puede utilizar tanto bocetos hechos a mano como modelos 3D como base generativa. El resultado, más que verlo como un producto terminado, reveló nuevas formas que la IA interpretó y que motivaron al equipo a considerarlas como retroalimentación para mejorar el modelo virtual y esta vez, apoyado en un par de modelos impresos en 3D, un nuevo modelo se generó, que se envió nuevamente a Vizcom para obtener una imagen renderizada final.

4) Deliver (Entregar). La última fase convergente finaliza con esta representación resultante de Vizcom, en la cual es producto de un aviso muy simple que decía: "Render imagen de un micro auto, color azul, fondo de estudio". Esta primera etapa del proceso creativo para el desarrollo de este vehículo de juguete concluye parcial pero satisfactoriamente, ya que servirá como guía para la generación de un nuevo modelo de 4 pasajeros, con el objetivo de que la planta virtual cuente con al menos dos variedades de coches para montar.

Por su parte, y como parte de las actividades realizadas durante el segundo semestre del proyecto, en la Figura 5 se visualiza la segunda implementación del método de diseño de Doble Diamante.

Figura 5: Segunda implementación del método de Doble Diamante y el resultado obtenido



En esta segunda fase del proyecto se centró en realizar un coche para cuatro pasajeros, siguiendo el mismo diseño básico del coche de la fase anterior, como si de una familia de productos se tratara. Para ello se imprimió el modelo anterior para comprobar el espesor mínimo de impresión y su calidad (Figura 6).

Figura 6: Primeras pruebas de impresión 3D de auto compacto



Esto sirvió para comprobar que había piezas muy finas y conjuntos que se perdían por causa de la escala. Por ello se tomó la decisión de modelar ambos vehículos, siguiendo una nueva línea de diseño, esta vez sin puertas, para reducir los tiempos de impresión y mejorar la continuidad de las superficies para una mejor impresión.

Se describen a continuación las etapas de la segunda implementación del método de Doble Diamante:

1) Discover (Descubrir). En esta fase se produce el primer momento divergente al explorar diferentes propuestas de modelado 3D, derivadas del modelo final para dos pasajeros. Se consideraron las medidas y proporciones de un Smart Fortwo. En esta etapa se realizó un gran trabajo de análisis del chasis, con el fin de pulir el diseño anterior hacia una propuesta más limpia, con superficies de al menos 1 mm de espesor. Se quitaron las puertas, se reemplazaron los guardafangos y la capota, así como los postes que conectan el techo con la estructura lateral. Esto se logró con herramientas de desarrollo de superficies en Rhinoceros, como Surface Network, Sweep 2 Lines y Bounding Box, por nombrar algunas.

2) Define (Definir). Para la primera parte convergente, se considera este nuevo modelo de vehículo de dos pasajeros como diseño base para el modelo de cuatro pasajeros, alargando aún más su distancia entre ejes y modificando sus superficies para agregar una segunda fila de asientos. Se agrega un diseño de patrón hexagonal para representar las luces delanteras y traseras, inspirado en enjambres de abejas. Una vez que tengas los dos modelos terminados, procederás a renderizar usando IA.

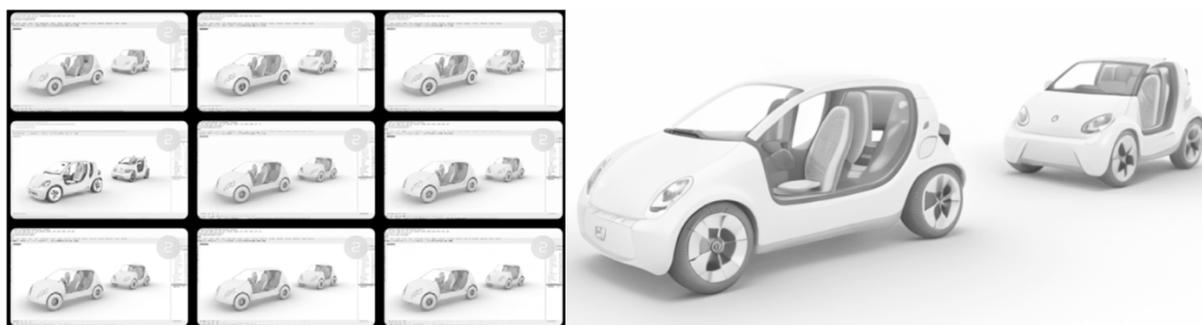
3) Develop (Desarrollar). Es en esta etapa donde se decide utilizar dos IA diferentes (en sus versiones gratuitas) para el renderizado de estos modelos, utilizando el mismo mensaje ("Un concept car de juguete, basado en un microcoche urbano, color azul, coches gemelos") y con la intención de comparar los resultados y definir cuál consigue una mejor calidad en la representación de materiales, iluminación y composición.

4) Deliver (Entregar). En la última parte del proceso se selecciona una de las alternativas desarrolladas, como la que cumple una función similar a la propuesta de la fase 1, la de aportar nuevas ideas de diseño sobre la existente, perpetuando un círculo virtuoso de mejora continua. donde el diseño anterior siempre se puede mejorar.

Por otra parte, la utilización de la herramienta de IA Leonardo, fue de gran ayuda para la iteración de las propuestas de diseño, encaminadas al diseño final. En esta IA se llevaron a cabo varias pruebas utilizando una vista previa en modo ártico (Figura 4) de los modelos completados en la fase anterior como imagen base. Se realizaron 42 pruebas, con el mismo mensaje, pero alternando con diferentes valores como el "Modelo afinado y ajustado", la "Fuerza inicial", la "Guía de imagen" (con qué fuerza se pondera el mensaje) y la "Escala de guía". Se seleccionaron aquellos que no cambiaron significativamente el diseño base y sólo agregaron colores y texturas que favorecieran el propósito de comunicar la idea de un auto de juguete. En los resultados obtenidos se observó que en el caso de Leonardo, y utilizando la imagen base, los renders se modificaban mucho de la idea original, cuando los valores de "Image Guidance" eran menores a 6 puntos. Debido a lo anterior, se optó por el "estilo de animación 3D" o "Anime Pastel Dream", para que los renders generados no existieran cambios significativos.

La Figura 7 presenta una muestra del trabajo realizado con el apoyo de la herramienta IA Leonardo y el resultado final.

Figura 7: Muestra de trabajo realizado con Leonardo y resultado final



Por otro lado, las primeras pruebas de la incorporación e implementación de los nuevos modelos a la Ensambladora Virtual se programaron para este segundo semestre, pero por retrasos en el proyecto, se espera estén integrados al 100% para finales del mes de abril del presente año. En cuanto a la estrategia de gamificación, que es un componente adicional de la experiencia de aprendizaje, también se definirá un poco más adelante y con base en experiencias previas (González et al., 2022), y será un ingrediente más de este proyecto.

Para el tercer y último semestre del proyecto, se terminó con la impresión 3D de los modelos de dos y cuatro plazas, sufriendo unas últimas modificaciones, en específico en el chasis y la carrocería. Estas modificaciones se dieron por varios motivos: entre ellos, la compatibilidad entre programas de diseño y del proveedor de impresión 3D, así como ajustes de ensambles y la optimización de materiales y el proceso de fabricación. En la Figura 8 se muestra la modelación de la carrocería, fotografías de impresiones 3D y del proceso de acabado para una primera validación ante estudiantes.

Figura 8: Diseño final, impresión y acabados



Esta validación tuvo la intención de darnos información valiosa de la percepción de los modelos, la facilidad de manipulación y ensamble de los diferentes componentes, entre otros. Lo anterior previo a las implementaciones finales. En la Figura 9 se muestra la validación de los modelos con alumnos de cuarto año de Diseño de Producto.

Figura 9: Validación de funcionalidad de modelos físicos



Entre los comentarios de los estudiantes, después de esta actividad de validación de percepción y funcionalidad, podemos resaltar los siguientes:

- Después de darles un contexto rápido del proyecto, manifestaron que es una buena idea y que la posibilidad de manipulación física y virtual de los modelos automotrices es un gran acierto.
- Reconocieron que estos modelos son mucho más entendibles que las construcciones hechas con soluciones comerciales como LEGO y Meccano.
- Además, comentaron que el diseño les pareció “lindo” y atractivo.
- Un estudiante tuvo una confusión con los soportes de los asientos, pero eso se solucionaba simplificando el diseño y eliminando dicho soporte.
- Mencionaron que la carrocería en ciertas partes parecía frágil y que sería mejor utilizar un sistema de imanes para conectarla con el chasis.
- Comentaron que, aunque es muy intuitivo el armado de cada auto, ciertas piezas no embonaban bien o se separaban fácilmente

También en este tercero y último semestre del proyecto, se realizarán las actividades en diferentes cursos de Ingeniería Industrial y Diseño de Producto, la recolección de datos cualitativos y cuantitativos, así como la documentación y cierre de todo el proyecto. Estas actividades se realizarán, como ya se mencionó anteriormente, durante el mes de abril del 2024. Esto debido a que la fecha límite para el registro de los resultados de la implementación ante Novus, es el 30 de mayo del presente. También se considera para un poco más adelante, con base en los tiempos que eso implica, se pretende difundir los resultados de este proyecto en revistas indexadas y artículos de congresos.

Las variables en estudio, por su parte, son el aprendizaje y la resolución de problemas, las cuales para demostrar estadísticamente los resultados se aplicarán pruebas para la variable aprendizaje y el uso de una rúbrica para identificar el desarrollo en la resolución de problemas. Se aplicarán dos exámenes de conocimientos enfocados a la práctica (tema) de la cual queremos medir el uso. El primero previo a la práctica y el segundo después de haberla realizado, para medir si hay aprendizaje y que sea estadísticamente significativo.

5. Resultados

Debido al momento que se vive en el proyecto, actualmente no se cuenta con resultados finales de la implementación, pero los autores consideran importante compartir los antecedentes, contexto y proceso de implementación de esta innovación educativa, a desarrollarse en el Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro. Y precisamente el Tecnológico de Monterrey, como el sistema privado más importante de universidades de México, es reconocido como pionero en innovación educativa en América Latina. Las expectativas que tenemos, y en base a experiencias similares, es que la implementación de estos nuevos modelos automotrices propios tenga buena aceptación por parte de la población estudiantil de Ingeniería Industrial y Diseño de Producto; que contribuyan a una mejor experiencia de aprendizaje híbrido (digital y físico), con el apoyo de la realidad virtual y el ingrediente de la gamificación. También se pretende, como ya se mencionó, eventualmente compartir con otros Campus de nuestra universidad y comercializar la plataforma de ensamblaje virtual y los modelos automotrices. Es importante mencionar que los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un potencial conflicto de intereses.

Si bien se espera dar término a este proyecto a finales de mayo del presente, los resultados parciales obtenidos hasta el momento nos dan la tranquilidad de que vamos por buen camino y somos positivos de que el cierre nos brindará hallazgos y datos interesantes. Esto nos permitirá mejorar la experiencia de la implementación e incluso extender la muestra a otros campus de nuestra Institución. Obtuvimos un gran aprendizaje en la manera en que se condujo la etapa de proceso de diseño, haciendo una mezcla interesante entre el bocetaje a mano, la modelación 3D, la intervención de herramientas de IA y la impresión 3D.

6. Conclusiones

La experiencia vivida, hasta el momento en que se escriben estas líneas, nos han dejado aprendizajes importantes. Entre estos aprendizajes, podemos destacar la importancia de contar con capital humano idóneo para llevar a cabo este proyecto. Sin duda, no basta con el interés, compromiso y responsabilidad, sino con el contar con las habilidades, actitudes necesarias. También es importante ser resiliente ante las situaciones que se encuentran fuera de nuestro alcance. Un ejemplo muy puntual de lo anterior es que los equipos de impresión en resina (SLA) presentaron fallas al momento de requerir las primeras impresiones, lo que nos obligó a acudir con un proveedor externo. Y, como ya se mencionó, desafortunadamente existieron problemas de compatibilidad de archivos de diseño vs de impresión, lo que nos obligó a ajustar el diseño original y perder muchos detalles de este. A tiempo pasado, también se reconoce que en un futuro próximo podemos retomar el diseño original y realizar las impresiones en resina correspondientes, así como la incorporación a la ensambladora virtual.

Consideramos que desarrollar nuestros propios conceptos automotrices (virtuales y físicos) será un gran aporte de valor añadido porque no dependeremos de licencias y permisos de empresas como LEGO y Meccano. Esto nos permitirá escalar la propuesta según sea necesario (educación continua) y en un momento dado, como se comentó anteriormente, considerar una eventual comercialización. Otra ventaja es que estos conceptos estarán adaptados a la Ensambladora Virtual y con las especificaciones y alcances pertinentes requeridos.

7. Trabajo a futuro

Una vez terminada la implementación de la innovación educativa, se pretende emprender un segundo proyecto, de la misma naturaleza que el presentado, pero enfocado a conceptos aeronáuticos. A este respecto, es importante que el Estado de Querétaro, es uno de los dos polos de la industria aeronáutica en el país. De igual manera, se buscará contar con el apoyo del Fondo Novus para la Innovación Educativa, así como el apoyo de Socios Formadores de esta industria.

Referencias

- de Pedro Carracedo, J. (2011). Realidad Aumentada: un nuevo paradigma en la educación superior. In *Actas del Congreso Iberoamericano Educación y Sociedad* (pp. 300-307).
- González Almaguer, C.A., Saavedra Gastélum, V., Aguirre Acosta, Á. C., Zubieta Ramírez, C., Acuña López, A., Pérez Murueta, P. O., & Morales Rivas L. J. (2022, February). Mixed Reality and Gamification in Distance Learning Education: The Virtual Enterprise Planning Simulator to Learn ERP Strategies. In *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 222-230). Cham: Springer International Publishing.
- Institute for the Future of Education (2024) Obtenido el 19 de marzo de 2024, desde <https://tec.mx/es/ife>
- Lopez-Fernandez, D., Gordillo, A., Ortega, F., Yagüe, A., & Tovar, E. (2021). LEGO® serious play in software engineering education. *IEEE Access*, 9, 103120-103131.
- Marriott, R. (2012). *Meccano* (Vol. 653). Bloomsbury Publishing. Modelo Tec21 (n.d.). Obtenido el 23 de marzo de 2024, desde <https://tec.mx/es/modelo-tec>
- Novus - Innovación Educativa (2021). Obtenido el 19 de marzo de 2024, desde <https://novus.tec.mx/es>
- Pantelidis, V. S. (2009). Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in science and technology education*, 2, 59-70.
- Ronquillo, K. K. M., Pérez, L. D. R. P., Veloz, J. F. A., & Solís, R. L. F. (2023). La inteligencia artificial aplicada en la innovación educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje: Artificial intelligence applied to educational innovation in the teaching and learning process. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1597-1613.
- Souza, I. M., Andrade, W. L., Sampaio, L. M., & Araujo, A. L. S. O. (2018, October). A Systematic Review on the use of LEGO® Robotics in Education. In *2018 IEEE frontiers in education conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
- Tschimmel, K. (2012). Design Thinking as an effective Toolkit for Innovation. In *ISPIM Conference Proceedings* (p. 1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

