

## GAMIFICACIÓN CON MAQUETADO DIGITAL 3D Y REALIDAD VIRTUAL EN LA ASIGNATURA DE LOGÍSTICA.

Jaime Bustos Gómez, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [jaime.bustos@ufrontera.cl](mailto:jaime.bustos@ufrontera.cl)

Pablo Acuña-Mardones, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [pablo.acuna@ufrontera.cl](mailto:pablo.acuna@ufrontera.cl)

Marjorie Morales Casetti, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [marjorie.morales@ufrontera.cl](mailto:marjorie.morales@ufrontera.cl)

Ruth Novoa Troquian, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [ruth.novoa@ufrontera.cl](mailto:ruth.novoa@ufrontera.cl)

Martha Ramírez-Valdivia, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [martha.ramirez@ufrontera.cl](mailto:martha.ramirez@ufrontera.cl)

Javier Ortiz, 4-Prot, [javier.ortiz@4prot.com](mailto:javier.ortiz@4prot.com)

Juan Carlos Orellana, Depto. Ing. Industrial y de Sistemas, U. de La Frontera, [juancarlos.orellana@ufrontera.cl](mailto:juancarlos.orellana@ufrontera.cl)

### RESUMEN

Se realiza una experiencia de gamificación utilizando construcción de maquetas o prototipos 3D digitales y recorrido inmersivo con realidad virtual en el contexto de la asignatura de Logística y Distribución a fin de establecer su aporte pedagógico. Se utiliza como referencia el caso de un Centro de Transferencia operativo, para el que los estudiantes elaboran las maquetas digitales a partir de planos, fotografías y videos de las instalaciones con consultas al personal por vía remota. Se utiliza la herramienta de prototipado 4Prot debido a su simplicidad de uso, capacidades gráficas y funcionalidad de realidad virtual. Con ello, los estudiantes deben analizar su operación y establecer recomendaciones de mejora potencial en torno a las operaciones, tecnología, gestión de la información y seguridad laboral. Posterior a la experiencia se realiza una encuesta de percepción a los estudiantes acerca del uso y potencialidades de la metodología. Se concluye que el maquetado digital 3D y análisis con recorrido inmersivo en realidad virtual es reconocido por los estudiantes como una metodología atractiva, de fácil implementación, les produce una percepción de innovación activa de su parte, involucramiento en su proceso de aprendizaje y que quisieran utilizar en otras asignaturas. Se realizan recomendaciones para el uso futuro de la metodología de enseñanza-aprendizaje.

**PALABRAS CLAVES: Realidad virtual en Ingeniería, Maquetado digital, Gamificación**

### INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza-aprendizaje ha cambiado: modelos educativos basados en el estudiante, desarrollo de competencias, incorporación de tecnología, etc. (Ardila-Muñoz, 2019; Ortiz-Colón et al., 2018). Esta tendencia se venía dando de manera paulatina, pero fue acelerada a partir de la crisis sanitaria surgida a finales de 2019, forzando un esquema de enseñanza a distancia, con fuerte uso de tecnológicas y ajustes metodológicos (Bustos-Gutiérrez, 2021) posibilitados por las tecnologías de la transformación digital (BID, 2021).

Una estrategia que se vislumbra como herramienta para hacer más interesante la forma de transmitir conocimiento en esta nueva realidad es la gamificación (Ardila-Muñoz, 2019; González-Acosta et al., 2020). Ésta utiliza la lúdica para promover la enseñanza y el aprendizaje en los

estudiantes: “el uso de juegos formativos permite desarrollar destrezas, asociar y conectar información, mejorar la capacidad de análisis en la formación” (González-Acosta et al., 2020: 162), siendo su utilización transversal a todas las disciplinas y áreas del conocimiento.

El desarrollo de experiencias formativas que acerquen a los estudiantes a los entornos laborales con realismo son muy importantes y se ven facilitados por tecnologías como la realidad virtual y realidad aumentada. La realidad virtual (RV) es el uso de despliegue gráfico 3D en combinación con dispositivos de interfaz para crear un ambiente inmersivo interactivo (Pan et al., 2006). Su uso en educación ha incrementado significativamente en los últimos años (Manseur, 2005, Lee et al. 2010). En general se cree que facilita el proceso de aprendizaje a través del involucramiento, la inmersión y la interactividad (Merchant et al., 2014), habiéndose demostrado beneficios educacionales tangibles como la reducción de la curva de aprendizaje y mejores resultados de aprendizaje (Lee et al., 2010; Stone, 2001). Los entornos virtuales típicamente se clasifican como de escritorio o inmersivos, siendo los primeros aquellos que usan dispositivos de interfaz convencionales, como mouse, teclado y pantallas, en tanto los inmersivos utilizan tecnologías más avanzadas como visores tipo casco (head mounted display) y guantes (Fernandes et al., 2003).

El uso de maquetas o prototipos para la enseñanza de fundamentos, procesos, técnicas, etc. es una práctica de larga data en la educación en Ingeniería y Ciencias. Las tecnologías digitales facilitan el uso de este tipo de recursos, combinándolos con nuevas formas de visualización como la realidad virtual. Sin embargo, como toda herramienta tecnológica, la justificación para su incorporación como recurso didáctico en el proceso formativo debe ser su valor pedagógico.

En este trabajo se aborda la evaluación de la metodología de maquetado digital 3D con el software 4Prot en conjunto con el uso de visualización con realidad virtual para una asignatura de Logística, a fin de establecer su valor como herramienta formativa.

## DESARROLLO

A continuación, se aborda la especificación de la experiencia de aprendizaje diseñada, incluyendo la descripción disciplinaria, la plataforma tecnológica y el desafío propuesto a los estudiantes, los mecanismos de evaluación de resultados y metodología de desarrollo de la experiencia.

### Entorno disciplinario de aplicación

Según el *Council of Logistics Management*, la Logística es el proceso de planear, implementar, operar y controlar en forma eficiente el flujo y su costo, el almacenamiento de las materias primas, inventarios en proceso y de bienes terminados, así como el flujo de información que se origina en los puntos de consumo (finales e intermedios) a fin de satisfacer los requerimientos de los clientes. Para su operación, la Logística requiere de instalaciones físicas y una plataforma tecnológica que dé soporte a sus procesos de manipulación, traslado, almacenamiento de productos, así como la gestión de la información generada en las diferentes actividades involucradas. En tanto, la planificación y diseño de procesos requiere un conocimiento cercano de las necesidades y limitaciones detalladas que aparecen en éstos, como consideraciones físicas de espacio, peso, fragilidad u otras que afectan la manipulación de productos y su almacenamiento. Es importante, entonces, para los profesionales que aborden tareas de diseño y gestión logística recibir una formación lo más cercana posible a la realidad de operación donde se desempeñarán.

La asignatura de Logística y Distribución es una asignatura obligatoria en la formación de Ingenieros Civiles Industriales en la Universidad de La Frontera, cuyo objetivo es desarrollar los fundamentos teóricos y metodológicos de la Logística de los Negocios y de la Cadena de

Suministros, con énfasis en los aspectos de modelación, diseño y operación de estos sistemas. El curso, de 5° año en el currículo, incorpora la revisión y utilización de herramientas de software para apoyar la modelación y resolución de problemas en el ámbito de la Logística.

Los resultados de aprendizaje relacionados a la asignatura consideran: aplicar conocimientos científicos para solucionar problemas logísticos en diferentes organizaciones; formular proyectos de ingeniería, integrando variables económicas, técnicas, de recursos humanos y cuidado al medio ambiente; defender ideas por escrito y con argumento profesional en distintos contextos.

La asignatura se dicta en base a una combinación de metodologías que incluyen: Clases expositivas interactivas para la presentación del contenido lógicamente estructurado, con espacios para la interacción con estudiantes; resolución de ejercicios y problemas para ejercitar, ensayar y poner en práctica contenidos e interpretación de resultados; estudio de casos reales o simulados para interpretar, generar hipótesis, contrastar datos, reflexionar y argumentar posibles propuestas de solución; aprendizaje basado en problemas cuya resolución se aborda a través de la búsqueda de fuentes de información variadas.

### Plataforma de maquetado digital 3D

Por su parte, 4Prot es una herramienta de prototipado o maquetado digital 3D desarrollado por un emprendimiento colombiano que apunta a facilitar la elaboración de maquetas con un enfoque similar a los juegos como Minecraft en base a bloques gráficos volumétricos configurables. La plataforma provee bibliotecas de bloques según área temática tales como oficina, salud, inmobiliaria, carreteras, logística, industria, etc. La figura 1 muestra la interfase principal de la aplicación con sus diferentes áreas.

La plataforma además permite el trabajo de multijugador y visualización de la maqueta usando realidad virtual con visores Oculus Quest 2.



Figura N°1. Interfase de trabajo de plataforma de prototipado digital 3D 4Prot

Durante la etapa preliminar del diseño de la experiencia, se realiza una capacitación al docente y los ayudantes acerca del uso y capacidades de 4Prot junto a una mentoría para fortalecer su exploración y evaluación. Estas actividades se desarrollan de forma virtual.

## El desafío de aprendizaje

Se diseña una experiencia de aprendizaje de tipo caso, utilizando como referencia un Centro de Transferencia (CT) operativo en la ciudad de Temuco del cual se cuenta con abundante información descriptiva y técnica. Se provee a los estudiantes con especificaciones de las instalaciones y dependencias del CT, diagrama de planta, imágenes y videos.

Para diseñar los desafíos de aprendizaje se utiliza la taxonomía de Bloom a fin de establecer entregables de diferente ámbito y complejidad cognitiva: conocer, analizar, diseñar, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Desafíos de aprendizaje

Elaborar Maqueta o prototipo 4Prot respetando consideraciones de espacio y seguridad aplicables a la distribución y operación de equipos y personas.
Incluir: 1 cargador frontal (yale), 3 transpaletas manuales (paletas), 1 transpaleta motorizada con conductor lateral, 8 operarios en las diferentes actividades. Anime los que considere pertinentes para ilustrar su operación
Etiquetar y describir los procesos desde la recepción hasta despacho de vehículos de reparto.
Identificar la información generada, documentos pertinentes y dispositivos de captura de datos
Identificar dificultades potenciales para la operación eficiente de las instalaciones.
Realizar el recorrido del prototipo en modo realidad virtual.

## Instrumento de medición de resultados

Utilizando como referencia los trabajos de Madathill et al. (2017), De Castro et al. (2018) y Sainz-de-Abajo et al. (2018) se elabora un instrumento cuestionario para medir la percepción de los estudiantes respecto de la metodología de maquetado, la plataforma utilizada y su autoevaluación de aprendizajes. Adicionalmente se establecen preguntas abiertas donde se pide profundizar en sus percepciones y recomendaciones, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuestionario de evaluación de la experiencia metodológica

Dimensión	Preguntas
<b>Perfil de usuarios</b>	1. Me gusta mucho jugar videojuegos
	2. Habitualmente juego a través de aplicaciones del teléfono
	3. Habitualmente juego videojuegos multijugador en línea
	4. Conozco el concepto de gamificación para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje
	5. He cursado asignaturas donde se utilizan recursos de gamificación
<b>Experiencia de uso</b>	6. Fue divertido usarla
	7. Me sentí dentro de las instalaciones analizadas
	8. Me sentí a gusto utilizándola
	9. Me permitió incorporar ideas creativas mientras realizaba el análisis
	10. Me gustaría usar esta herramienta en otras asignaturas
	11. Fue interesante usar un videojuego en clase
<b>Experiencia formativa</b>	12. Fomentó mi vinculación con el proceso de aprendizaje del curso
	13. Fomentó mi motivación por aprender los contenidos del curso
	14. Permitted aprender de manera activa
	15. Hizo que las actividades del curso fueran más entretenidas
	Permitted aprender:

	16. Procesos de gestión en actividades de Logística (de un Centro de Transferencia)
	17. Tecnologías para el manejo de materiales
	18. Tecnologías para la gestión de la información
	19. Procesos de gestión de la información
	20. Seguridad laboral (riesgos y consideraciones de seguridad)
	21. Espacialidad o realismo del entorno de trabajo (dimensiones, proporciones, peso)
<b>Preguntas abiertas</b>	22. ¿Qué aspectos de 4Prot te parecieron positivos?
	23. ¿Qué aspectos de 4Prot te parecieron negativos?
	24. ¿Qué funcionalidades o características le agregarías o mejorarías de 4Prot?
	25. ¿Qué otros posibles usos crees que se le pueden dar a esta herramienta?
	26. ¿Qué aspectos metodológicos sugieres para mejorar el uso de 4Prot en el curso?
	27. ¿En qué asignaturas te gustaría usar 4Prot y para qué actividades?
	28. Comenta los aspectos positivos y negativos de tu experiencia de uso de la realidad virtual

### Desarrollo de la experiencia

Se destina un periodo de 2 semanas al trabajo, comenzando por la presentación del desafío por parte del equipo docente (actividad presencial) y una capacitación a los estudiantes en el uso de la herramienta por parte del equipo de desarrollo de la plataforma (actividad remota). Se programa una sesión remota de consultas con un profesional trabajando en la empresa para proveer mayores detalles operativos de los procesos y su implementación. Se destinan dos sesiones presenciales de 2 horas para que los estudiantes trabajen en sus maquetas, además del trabajo individual fuera de clases que cada estudiante debe dedicar.

A modo de fomentar la exploración y autoaprendizaje, se establece que cada estudiante debe elaborar su propia maqueta para abordar los desafíos planteados.

Para la experiencia de realidad virtual, cada estudiante en conjunto con el equipo docente programa una sesión de trabajo en el Laboratorio a su conveniencia. La configuración la realiza el equipo docente y provee indicaciones de funcionamiento de los controles de navegación.

Al final de las 2 semanas de trabajo los estudiantes deben entregar un informe con sus resultados y completar la encuesta-cuestionario de forma voluntaria y confidencial.

### RESULTADOS

En las tablas 3, 4 y 5 se detallan los resultados de las encuestas, respondidas por 19 estudiantes (55% de participación)

Tabla 3. Resultados Sección Perfil de usuarios

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
1. Me gusta mucho jugar videojuegos	58%	21%	11%	5%	5%
2. Habitualmente juego a través de aplicaciones del teléfono	16%	5%	32%	21%	26%
3. Habitualmente juego videojuegos multijugador en línea	37%	21%	32%	0%	11%

4. Conozco el concepto de gamificación para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje	26%	42%	21%	5%	5%
5. He cursado asignaturas donde se utilizan recursos de gamificación	11%	42%	37%	5%	5%

Se puede apreciar que los estudiantes que responden son mayoritariamente adeptos a videojuegos, multijugador y en línea. Conocen el concepto de gamificación y han sido expuestos a ello en otras asignaturas durante su formación.

Tabla 4. Resultados Sección experiencia de uso

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
6. Fue divertido usarla	53%	42%	5%	0%	0%
7. Me sentí dentro de las instalaciones analizadas	47%	21%	21%	11%	0%
8. Me sentí a gusto utilizándola	58%	32%	11%	0%	0%
9. Me permitió incorporar ideas creativas mientras realizaba el análisis	58%	26%	16%	0%	0%
10. Me gustaría usar esta herramienta en otras asignaturas	63%	32%	5%	0%	0%
11. Fue interesante usar un videojuego en clase	79%	21%	0%	0%	0%

Mayoritariamente los estudiantes encontraron entretenida e interesante el uso de la herramienta de prototipado. Asimismo, consideraron que hicieron uso de su creatividad, se sintieron a gusto y les gustaría usarla en otras asignaturas.

Tabla 5. Resultados Sección experiencia formativa

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
12. Fomentó mi vinculación con el proceso de aprendizaje del curso	53%	37%	11%	0%	0%
13. Fomentó mi motivación por aprender los contenidos del curso	53%	37%	11%	0%	0%
14. Permitió aprender de manera activa	68%	21%	11%	0%	0%
15. Hizo que las actividades del curso fueran más entretenidas	74%	21%	5%	0%	0%
Permitió aprender:	42%	42%	16%	0%	0%

16. Procesos de gestión en actividades de Logística (de un Centro de Transferencia)					
17. Tecnologías para el manejo de materiales	37%	42%	21%	0%	0%
18. Tecnologías para la gestión de la información	37%	26%	26%	5%	5%
19. Procesos de gestión de la información	26%	37%	26%	5%	5%
20. Seguridad laboral (riesgos y consideraciones de seguridad)	37%	42%	21%	0%	0%
21. Espacialidad o realismo del entorno de trabajo (dimensiones, proporciones, peso)	58%	32%	11%	0%	0%

En relación a la percepción del valor pedagógico, los estudiantes perciben una mayor vinculación y motivación con su proceso de aprendizaje, aprendiendo de manera activa y entretenida. Asimismo, perciben aportes en el aprendizaje de procesos de gestión logística y de la información, así como tecnologías para el manejo de materiales y de gestión de la información. También seguridad laboral y muy marcadamente la espacialidad o realismo del entorno de trabajo.

### Preguntas abiertas.

En relación con qué aspectos metodológicos se sugiere mejorar el uso de 4Prot y maquetado digital en el curso se menciona hacer un trabajo a lo largo del semestre y en más talleres, avanzando por fases y más pausado, terminando con un proyecto completo. Asimismo, se recomienda proveer mayor documentación de uso de la plataforma.

Se recomienda usar el enfoque y plataforma en asignaturas que tengan proyectos y espacios físicos, para visualizar como se vería en la realidad. En Dirección de Proyectos, Procesos de Manufactura, Gestión de Operaciones, para observar los lugares donde se llevan a cabo los distintos procesos y entender por qué puede haber demoras o colas en la producción o como están distribuidas las locaciones de cada máquina. Automatización de procesos productivos, Gestión de la Calidad y cualquier otra que requiera graficar instalaciones y/o maquinarias. En Ingeniería Industrial para simular distintos puestos de trabajos y en automatización para evaluar la factibilidad de distintos procesos. En una visita industrial.

En relación a la experiencia inmersiva con realidad virtual para recorrer las maquetas realizadas, los estudiantes comentan que se puede observar con mayor claridad la instalación diseñada, con una experiencia motivante y diferente, que se siente "real" el observar el mundo creado y de fácil uso. Sin embargo, se recomienda mejorar la navegación con los controles.

### Discusión, limitaciones y recomendaciones

A la luz de la experiencia realizada y los resultados de percepción estudiantil, se reconoce el aporte pedagógico, materializado en una vinculación de los estudiantes con su proceso formativo, de manera entretenida e interesante. Asimismo, existe una percepción del aprendizaje de

conceptos, procesos y herramientas tecnológicas pertinentes a la Logística, en concordancia con los hallazgos de Madathil et al. (2017).

Se debe identificar desafíos pertinentes a la disciplina para los cuales sea relevante contar con maquetas que faciliten el análisis de conceptos, procesos, normativas u otros elementos.

Si bien existen otras alternativas que pueden ayudar a la construcción de maquetas y su recorrido con realidad virtual, tales como simulación o software de edición gráfica, estos tienen la desventaja que la preparación y diagramación de una maqueta requiere un esfuerzo importante para proveer realismo.

Por último, queda pendiente estudiar el impacto de la metodología y plataforma en el aprendizaje efectivo de los estudiantes, que requiere una consideración detallada del análisis desarrollado por los estudiantes a la luz de rúbricas establecidas.

Por su parte, el maquetado digital tiene la desventaja de que, al no ser una herramienta de simulación, no cuenta con interacción pertinente entre los bloques. Asimismo, aspectos técnicos más complejos de gestión logística como ruteo de vehículos, decisiones de gestión de inventario, análisis de localización deben ser desarrollados fuera del entorno de la maqueta

## CONCLUSIONES

El trabajo realizado permite concluir que la metodología de maquetado digital 3D con el uso de la plataforma 4Prot es percibida favorablemente por los estudiantes, quienes mayoritariamente reconocen su aporte lúdico que se traduce en una mayor vinculación con los contenidos del curso. Asimismo, éstos perciben aprendizajes de fundamentos, procesos y tecnologías.

## REFERENCIAS

- Ardila-Muñoz, J. (2019). Supuestos teóricos para la gamificación de la educación superior. *Magis Revista Internacional de Investigación en Educación*, 12(24), 71-84.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2021). Transformación Digital en la Educación Superior en América Latina y el Caribe.
- Bustos-Gutiérrez, M. (2021). Genially como herramienta para gamificar en un curso de Macroeconomía. *XI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria – CIDU*, 1–8.
- De Castro, C. et al. (2018). El uso de videojuegos serios en el aprendizaje de francés en educación superior. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 157-177.
- Fernandes, K.J. et al. (2003). Immersive learning system for manufacturing industries, *Computer in Industry*, 51(1), 31–40.
- González-Acosta, E. et al. (2020). La gamificación como herramienta educativa: el estudiante de contabilidad en el rol del gerente, del contador y del auditor. *Formación Universitaria*, 13(5), 155-164.
- Lee, E. A. et al. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach, *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442.
- Madathil, K. et al. (2017). An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Reality-based Case Studies into an Online Asynchronous Learning Environment. *Computers in Education Journal*, 8(3), 1-10.
- Manseur, R. (2005). Virtual reality in science and engineering education. *Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference*, 1-13.

- Merchant, Z., et al. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Ortiz-Colón, A. et al. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44(e173773), 1-17.
- Pan, Z. et al. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20–28.
- Sainz-de-Abajo, B. et al. (2018). Gamificación en la evaluación dinámica de contenidos de la materia básica del Grado en Criminología. *IN-RED 2018: Congreso Nacional de Innovación Educativa y de Docencia en Red*. 1-10
- Stone, R.J. (2001). Haptic feedback: a brief history from telepresence to virtual reality. En *Haptic Human-Computer Interaction*. Berlin, Springer.