

Productividad gamificada: un aprendizaje lúdico de los sistemas de producción Flow Shop y Job Shop

Gamified Productivity: A Playful learning on Job Shop and Flow Shop Production Systems

Silvana Ruiz Moreno¹
Jhon Edward Aguirre Cuervo²
José Alejandro Durango Marín³

¹ *Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.*
Email: Silvana.ruiz@pascualbravo.edu.co

² *Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.*
Email: Je.aguirre@pascualbravo.edu.co

³ *Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.*
Email: Ja.durango@pascualbravo.edu.co

 OPEN ACCESS



Copyright:

©2024. La revista *Ingenierías USBmed* proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia [creativecommons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) Atribución no comercial SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Tipo de artículo: Investigación.

Recibido: 19-07-2023.

Revisado: 05-09-2023.

Aprobado: 10-12-2023.

Doi: 10.21500/20275846.6523

Referenciar así:

S. Ruiz Moreno, J. E. Aguirre Cuervo y J. A. Durango Marín, "Productividad gamificada: un aprendizaje lúdico de los sistemas de producción Flow Shop y Job Shop," *Ingenierías USBMed*, vol. 15, n.º 1, pp. 31–40, 2024.

Disponibilidad de datos:

todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

Conflicto de intereses:

los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

Editor: Andrés Felipe Hernández.
Universidad de San Buenaventura,
Medellín, Colombia.

Resumen. La enseñanza y aprendizaje de la Ingeniería Industrial requiere la constante reinención de estrategias y métodos para el aprendizaje efectivo de los conceptos teóricos y prácticos, lo que incluye pensar en métodos lúdicos que permitan generar interés a través del espíritu competitivo e investigativo de los estudiantes. Este artículo, presenta una lúdica enfocada en construir el concepto de productividad con base en la comparación de dos de los sistemas productivos más conocidos en la industria como lo los sistemas Flow shop y Job shop. Con esta lúdica, se ha logrado demostrar que los jugadores no solo comprenden la definición de productividad, sino que aprenden sobre las ventajas y desventajas de cada tipo de sistema de producción de forma efectiva.

Palabras Clave. Aprendizaje, Enseñanza, Gamificación, Ingeniería Industrial, Lúdica, Productividad, Sistemas de fabricación.

Abstract. Industrial Engineering teaching and learning requires the constant reinvention of strategies and methods for the effective learning of theoretical and practical concepts, which includes thinking about gamification methods that allow generating interest through the competitive and investigative spirit of the students. This paper presents a playful approach focused on building the concept of productivity based on the comparison of two of the best-known production systems in the industry, such as Flow shop and Job shop. After the application of the game, it was possible to demonstrate that players understand the definition of productivity, and also learn about the advantages and disadvantages of each type of production system effectively.

Keywords. Gamification, Industrial Engineering, Learning, Playful, Production Systems, Productivity, Teaching.

I. Introducción

La enseñanza de la ingeniería se enfrenta a diversos retos asociados no solo a la necesidad de innovar en metodologías y técnicas propias de la enseñanza en la educación superior [1], [2]; sino también a lograr vincular a través de la motivación a los estudiantes en sus procesos formativos como actores principales de su aprendizaje [2], [3]; sumando la necesidad de fortalecer la formación en competencias blandas para su desempeño en la vida profesional.

La Ingeniería Industrial no se encuentra exenta de afrontar estos retos, de acuerdo con un estudio que se realizó en tres universidades colombianas donde se analiza el nivel de complejidad de las temáticas que se presentan en el programa de Ingeniería Industrial, los estudiantes manifestaron la necesidad de usar metodologías que faciliten la comprensión de temáticas asociadas a la planeación de capacidad, el plan maestro de producción y la programación dinámica [4].

Esto evidencia la necesidad de generar estrategias que permitan mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes para la aplicación de sus conocimientos en un entorno simulado y real. En [5] se presentan los resultados de un estudio realizado a un grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial sobre el autoaprendizaje en su proceso formativo, se encontró que más del 50% busca formas de aprender de la mano del docente bajo la percepción de que el aprendizaje se encuentra realmente bajo su responsabilidad; reconocen, además, la importancia de participar en las clases magistrales, pero también mencionan el impacto que tienen las estrategias didácticas que refuercen la comprensión de los conceptos adquiridos en el aula.

En consecuencia, y con la importancia dada a la innovación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, la implementación de lúdicas y juegos en el aula se ha hecho presente con más frecuencia en la enseñanza de la ingeniería, presentándose así la gamificación como una técnica que posibilita subsanar algunos de los retos que estudiantes y docentes han identificado para el aprendizaje de conceptos técnicos.

La gamificación se ha reconocido recientemente como una ciencia que selecciona, aplica, implementa e integra elementos de juego con el propósito de motivar e influir en comportamientos humanos focalizados en obtener un resultado productivo [6]; es decir, en la gamificación se reúnen técnicas para la realización de actividades productivas en diferentes contextos reales [6]-[8]. Desde este enfoque sistemático para orientar a un grupo de personas hacia un resultado productivo, la gamificación permite abordar algunos de estos retos identificados en la enseñanza de la ingeniería gracias al interés generalizado por jugar, competir y superar retos como motivaciones inherentes del ser humano [3], [9].

En general, se ha evidenciado que el uso de las técnicas de gamificación en los procesos de enseñanza de la Ingeniería Industrial logra aumentar la implicación y la motivación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje [10], [11]; combinar teoría y práctica; facilitar la asimilación del aprendizaje; proporcionar una retroalimentación inmediata que no necesariamente llega del docente, sino de los grupos de trabajo, lo cual permite que los errores animen a los estudiantes a intentarlo de nuevo, a continuar aprendiendo y potenciar el espíritu crítico e investigativo frente a un problema que se simula en su entorno de aprendizaje; es decir, se logra convertir el aprendizaje de conceptos que tradicionalmente se conciben como difíciles en algo divertido [12]-[14].

Este artículo presenta el diseño, aplicación y validación de una lúdica que compara dos sistemas de fabricación con base en su productividad en diferentes escenarios de aprendizaje, específicamente en grupos de gestión de la producción, al igual que los hallazgos asociados a futuras investigaciones orientadas a las dinámicas de trabajo en equipo, liderazgo y desarrollo de habilidades blandas mientras se comprenden conceptos teóricos propios de la ingeniería.

II. Desarrollo del artículo

A. La gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería

Uno de los principales retos que la pedagogía enfrenta es generar estrategias que posibiliten un mayor impacto en el aprendizaje desde la educación superior [15], considerando que el mercado laboral actual busca profesionales que sean flexibles a los cambios y presenten una disposición para adquirir o potenciar las habilidades y competencias asociadas a la resolución de situaciones problemáticas. Esto puede lograrse a través de la disposición de ambientes educativos que demanden una alta participación por parte de los estudiantes [16] y puedan motivar el interés investigativo sobre temáticas particulares del área; dicho interés puede verse estimulado al implementarse la gamificación como una herramienta de aprendizaje para la realización de tareas de una forma agradable y con información clara y estructurada sobre el procedimiento que debe seguirse para ganar un juego [17].

Dentro de los principales beneficios de aplicar técnicas de gamificación en un entorno académico se encuentra la inmersión y participación de la totalidad de estudiantes en actividades que utilizan elementos de juego que realizan una trazabilidad del progreso y superación de retos como objetivo final. Algunos beneficios que se pueden considerar del uso de estas herramientas son [18]-[20]:

- Mayor control y responsabilidad por parte de los estudiantes en su aprendizaje.
- Pérdida del miedo al fracaso, esto se debe a la sensación de libertad de cometer errores y a la oportunidad de intentarlo nuevamente.

- Generar un ambiente de disfrute por el aprendizaje y baja frustración.
- Facilitar la interacción con compañeros y docentes para la ejecución de las actividades.
- Desarrollo de habilidades complementarias como trabajo en equipo, comunicación asertiva, liderazgo, entre otras habilidades blandas.
- Generar escenarios de debate al analizar una situación desde diferentes perspectivas.
- Mayor medida de posibilidad de cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Generación de indicadores que midan los resultados y se puedan comparar.
- Retroalimentación en tiempo real y motivación al logro de los objetivos.

Adicionalmente, la gamificación se presenta como una tendencia en el aprendizaje de las nuevas generaciones y, más aún, herramienta que será de gran impacto al integrarse con el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), en especial por la posibilidad de registrar, analizar y socializar los resultados que se obtengan de su implementación para generar oportunidades de mejoramiento en las estrategias que se diseñen [13], [21].

Cuando se habla de gamificación en la enseñanza de la Ingeniería Industrial no solo se hace alusión al diseño de una actividad con componentes lúdicos para comprender un concepto propio del área de estudio, se habla de un proceso sistemático que permite identificar una necesidad de aprendizaje que responde a un supuesto teórico a probar, seguido de la formulación de un objetivo general o propósito tras la lúdica y unas metas que se espera sean logradas al finalizar el juego [22]. Con base en la etapa inicial que caracteriza el enfoque de la lúdica, se procede al diseño de la estrategia de gamificación que se descompone de un plan sistemático de juego o conjunto de pasos que responden a criterios y reglas que direccionan a los jugadores; todo lo anterior bajo una temática claramente seleccionada y definida. A continuación, se define la temática que será estudiada en la lúdica con el fin de ilustrar los conceptos básicos de los sistemas de fabricación y de productividad.

B. Sistemas de fabricación y productividad

Tradicionalmente se han reconocido diferentes sistemas de fabricación que se pueden clasificar por las características de los tipos de producto, la capacidad de fabricación y la ordenación física de los recursos de producción [10].

El desempeño de los diferentes sistemas de manufactura se puede medir en función de la cantidad de unidades que se fabrican, las unidades que se producen conformes según las características de calidad inherentes del producto o incluso por la cantidad de recursos que requiere para dar cumplimiento a las necesidades

de la demanda [23], [24]. En este sentido se han identificado dos sistemas principales para la producción: los sistemas de fabricación en flujo o *flow shop* y los sistemas de fabricación funcionales tipo taller o *job shop*. Cuando se hace alusión a sistemas de producción en cadena o flujo, se identifican procesos de manufactura orientados al producto y para productos masificados; mientras que en los sistemas tipo taller o funcionales se encuentran distribuciones que cuentan con zonas de trabajo y suelen fabricar lotes pequeños de productos diversos; es en esta distribución donde la manufactura celular cobra importancia para la generación de ventajas competitivas en los procesos de fabricación [23].

Si bien estos no son los únicos tipos de sistemas de fabricación, permiten comprender en primera instancia qué es un sistema de fabricación, su relación con el desempeño generalizado de la planta y las variables de producción a considerar en el momento de diseñar sistemas productivos. En este sentido, evaluar la pertinencia de cualquiera de los sistemas de fabricación requiere una comprensión de las variables de producción como lo son las características del producto, el volumen de demanda, la disposición física de la planta, los puestos de trabajo y los ciclos de producción; aspectos que pueden comprenderse gracias a vivencias experienciales y no solo teóricas [24], razón por la que las visitas industriales y la generación de entornos simulados de producción en el aula tomen fuerza para la comprensión de estos conceptos.

C. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se presenta una metodología que responde al objetivo principal de proponer una lúdica que posibilite la comprensión de la productividad en dos sistemas de fabricación diferentes para condiciones de demanda similares. Las fases desarrolladas se presentan en la Figura 1.

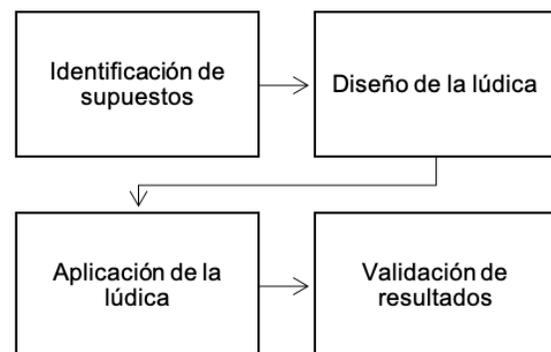


Figura 1. Metodología

Para la identificación de supuestos se inicia con la selección de la temática a través de entrevistas a docentes y estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de dos instituciones. En dichas entrevistas se cuestiona por las temáticas que podrían requerir apoyo de metodologías para ahondar en la comprensión de un

entorno real y simulado, con esta caracterización de las temáticas se identifican los supuestos de cada una de ellas relacionados a la gestión de recursos de producción, toma de decisiones e indicadores que podrían apoyar la comprensión de la misma.

En segunda instancia, se diseña una lúdica que motive al estudiante a partir de aspectos de competición y colaboración a través de la formación de equipos con roles asignados para la temática seleccionada. Este diseño se basa en las fases de gamificación [25]: la definición de un objetivo de aprendizaje, transformación del aprendizaje en un juego, propuesta de un reto y el establecimiento de reglas de juego.

Una vez diseñada la lúdica se aplica en diferentes grupos de interés con el fin de evaluar su pertinencia para la comprensión de la temática seleccionada; en este caso la lúdica se aplicó a tres grupos de Gestión de la producción y, en un segundo momento, a los participantes del 10° Encuentro Nacional de la Red Iddeal; con esta última se procede a reunir resultados significativos de la lúdica para validar su impacto con base en las preguntas de discusión que acompañan el diseño metodológico.

D. Resultados obtenidos

1) Identificación de supuestos

Para la identificación de temáticas en las que el uso de gamificación fuese pertinente, se realizó una entrevista a 30 estudiantes y 4 docentes del programa de Ingeniería Industrial en dos instituciones de educación superior sobre cuáles áreas de estudio requieren de metodologías de aprendizaje que tengan un rol activo por parte del estudiante; lo anterior, considerando la dificultad de asistir a entornos reales de producción o visitas industriales en algunas de las asignaturas.

La encuesta se centraba en consultar qué tan necesario consideraban el uso de lúdicas como estrategia para cada uno de los cuatro temas y sus respectivos aspectos a aprender con base en el estudio presentado en [4]. La calificación se realizó con base en una escala de Likert de 1 a 5, siendo 1 poco interesante y 5 muy interesante. Los temas evaluados fueron: 1. MRP; 2. Sistemas de fabricación; 3. Distribución de planta; y 4. Control de calidad. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

De acuerdo con los resultados anteriores se evidencia que las características de los diferentes sistemas de fabricación al igual que los tipos de distribución de planta se evaluaron como las temáticas más pertinentes para implementar la gamificación en su enseñanza; sin embargo, los demás temas no se encuentran muy lejos según la importancia media de cada una de ellas.

Adicionalmente, se propuso una pregunta abierta no obligatoria: “¿Qué conceptos o definiciones que son clave para un ingeniero industrial considera que deben reforzarse desde las lúdicas?”. Ante esta pregunta se identificaron 25 respuestas y 9 abstenciones; en gene-

ral las respuestas dadas coincidían en la necesidad de brindar una diferenciación clara entre conceptos como eficiencia, eficacia y productividad; ya que es una inquietud permanente en los cursos específicos del programa.

Partiendo de lo anterior se decide diseñar una lúdica que fortalezca el concepto de productividad construido de forma activa por los estudiantes y que permita la comprensión de las características principales de algunos sistemas de fabricación; definiendo el supuesto a considerar como el sistema de fabricación que incide en el nivel de productividad, aunque se cuente con características similares en demanda, productos y recursos de producción.

En función de las necesidades identificadas, el objetivo general de la lúdica se centra en comparar de una forma divertida y sencilla la productividad de dos sistemas de fabricación diferentes para un mismo producto a través del tiempo total de la corrida de producción en un entorno simulado. Igualmente, se espera que la lúdica permita identificar habilidades de liderazgo y comunicación en un entorno de producción haciendo uso de la gamificación como una metodología que genere un entorno seguro de aprendizaje y desarrollo de habilidades blandas [17].

2) Diseño de la lúdica

Con los supuestos y el propósito claramente definido, la lúdica se estructura a partir de condiciones básicas identificadas en la gamificación como claves para obtener resultados desde el aprendizaje: definición de metas que sean comprensibles para los participantes; reglas de juego definidas; y un plan de ejecución estructurado y que permita la motivación a través de un entorno de competencia [6], [17], [25], [26]. A continuación, se presentan los apartados que componen la lúdica y que se exponen a los jugadores antes de su aplicación.

Metas:

- Reconocer los sistemas de producción de interés en la fabricación de un producto y sus diferencias.
- Identificar las variables de decisión que inciden en los sistemas de fabricación.
- Evaluar la productividad de los dos sistemas de producción.

Criterios o reglas:

- La metodología de la lúdica se dará a conocer previamente a la totalidad de participantes.
- Los grupos deben estar conformados por el mismo número de integrantes.
- Ambos equipos contarán con el mismo tiempo para establecer estrategias en la planta de producción.
- Previo a iniciar una corrida de producción los integrantes de ambos equipos contarán con un modelo del producto terminado para analizar.
- Antes de iniciar la corrida de producción deberán tener todos los productos completamente desarmados (mate-

Tabla 1. Temáticas de interés para la gamificación en ingeniería industrial

Tema	Aspectos a aprender	Importancia					Importancia media
		1	2	3	4	5	
1	Uso de software para desarrollo de un MRP	2	5	10	15	2	3.3
	Comprensión del BOM	2	5	10	15	2	3.3
	Integración del plan agregado con el MRP	0	0	15	15	4	3.7
2	Diferencias	0	2	12	15	5	3.7
	Ventajas y desventajas	0	2	12	15	5	3.7
	Características de producción	0	0	10	15	9	4.0
3	Tipos de distribución de plantas	0	0	10	15	9	4.0
	Costos de la distribución	5	5	10	6	8	3.2
	Asignación óptima de zonas en planta	0	0	14	10	10	3.9
4	Cartas de control para variables y atributos	0	1	13	16	4	3.7
	Diseño de muestreos de aceptación	0	1	13	16	4	3.7
	Six sigma en el control de calidad	0	0	13	15	6	3.8

ría prima sin procesar) y se les dará el nivel de demanda a satisfacer, este será el mismo para ambos grupos.

- El tiempo máximo de la corrida de producción es el mismo para los dos grupos, depende del nivel de demanda a ser atendido y lo define el moderador.
- El ganador se define con base en el cálculo de los indicadores de producción, calidad y productividad, es decir, ganará el grupo que iguale o supere en mejor medida el valor meta de los indicadores.

Roles:

Para la aplicación de la lúdica se debe contar con los siguientes roles:

- **Moderador:** puede ser el docente del curso o un monitor con conocimientos previos de la temática. Su rol consiste en definir las unidades a producir y el tiempo máximo de la corrida, monitorear tiempos, registrar resultados y orientar a líderes y colaboradores.
- **Líder de equipo:** debe haber un líder por cada grupo de trabajo que debe ser seleccionado por los miembros del equipo y en ningún caso por el moderador para así permitir la integración de los participantes. El líder es un enlace entre el moderador y los colaboradores, deberá velar por la recolección de datos resultantes de la lúdica, brindar la información que solicite el moderador y motivar a su grupo.
- **Colaboradores:** son los participantes activos de la lúdica que hacen parte de cada sistema de fabricación; sus dinámicas dependerán en gran medida de las indicaciones de cada líder y de ellos depende el ensamble de las piezas.

Plan de juego:

El plan de juego consta de diez (10) pasos que deben ser conocidos previamente por el moderador y se explicará a los participantes en la etapa introductoria; a continuación, los pasos:

1. Introducción: se expone el propósito de la lúdica a los asistentes con una breve introducción a los tipos de

sistemas de manufactura y productividad. Se explica que al no presentarse limitaciones ni cuellos de botella supuestos se espera que tengan la libertad de tomar decisiones de producción que beneficien su productividad.

2. Formación de equipos: los asistentes deben dividirse en dos grupos de trabajo, donde cada grupo debe contar con al menos:

- Líder que formará y motivará a los colaboradores.
- Mínimo 3 y máximo 6 colaboradores para el ensamble de las piezas.

3. Asignación del sistema de fabricación: a cada líder se le explica qué sistema de fabricación le corresponde ejecutar. Si el sistema asignado es *flow shop* deberán seleccionar la distribución de planta que quieren seguir según el espacio disponible; si es *job shop* deben centrar sus esfuerzos en diseñar el puesto de trabajo de cada colaborador con base en el producto a elaborar. El sistema de producción se asigna aleatoriamente por el moderador y para que puedan analizar y proponer el proceso de producción se les entregará un producto ensamblado.

4. Socialización del sistema a simular: en este paso el líder de cada equipo debe capacitar, motivar y explicar a su grupo de trabajo el producto que deben elaborar y el sistema de fabricación asignado; igualmente podrá proponer la metodología de trabajo o escuchar ideas de su grupo para cumplir satisfactoriamente con la asignación.

5. Preparación de la planta: este paso es de tiempo libre para cada equipo; se motiva a los asistentes para que desarrollen corridas de prueba, distribuyan la planta o sus puestos de trabajo, evalúen habilidades y aptitudes de los colaboradores en motricidad fina, inspección o ensamble de piezas, y definan un tiempo estimado de producción para la demanda que se les propone.

6. Inicio de las corridas de producción: de forma simultánea se dará la indicación a ambos grupos de iniciar la producción considerando un mismo nivel de

demanda. Este paso puede variar de 5 a 20 minutos según el nivel de demanda.

7. Recolección de información: inmediatamente finalicen la corrida de producción deberán indicar al moderador con las manos levantadas que finalizaron el proceso productivo; el moderador registrará el tiempo de la corrida de producción y los líderes de cada planta diligenciarán el tablero de control que se presenta en la Tabla 2

8. Si bien en la Tabla 2 se muestran los indicadores a evaluar al finalizar las corridas de producción, la información requerida para calcularlos deberá ser suministrada por los líderes del equipo al moderador, quien los deberá registrar en el formato que presenta la Tabla 3 este formato puede ser en papel, tablero o Excel.

Tabla 2. Indicadores de los sistemas de producción

Categoría Indicador	Cálculo	Valor meta
Producción	$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades demandadas}} \times 100$	100%
	$\frac{\text{Tiempo máximo}}{\text{Tiempo de la corrida}} \times 100$	>100%
Calidad*	$\frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Unidades producidas}} \times 100$	100%
Productividad**		

*Los productos conformes y no conformes son detectados por el líder de producción del equipo contrario, en este proceso de inspección participan ambos líderes con el fin de llegar a acuerdos sobre la calidad. **Los asistentes deben proponer el indicador de productividad considerando que es la relación entre las salidas del sistema y los recursos empleados [27], [28].

Tabla 3. Formato de registro de información para el moderador

Recolección de información		
Datos	Flow Shop	Job Shop
Unidades demandadas*		
Tiempo máximo de la corrida*		
Unidades producidas		
Tiempo de la corrida		
Unidades conformes		
Indicadores		
indicador	Flow Shop	Job Shop
$\frac{\text{Un. producidas}}{\text{Un. demandadas}} \times 100$		
$\frac{\text{Tiempo máximo}}{\text{Tiempo de la corrida}} \times 100$		
$\frac{\text{Un. conformes}}{\text{Un. producidas}} \times 100$		
Productividad**		
Seleccione el ganador		

*Tanto las unidades demandadas como el tiempo máximo de la corrida será el mismo para ambos equipos y se define por el moderador. **Este indicador es definido por cada grupo de trabajo.

9. Análisis de resultados: Con el tablero de control resultante cada grupo de trabajo se reúne para analizar las siguientes preguntas:

- ¿El sistema de fabricación tuvo incidencia en el tiempo empleado para dar respuesta a la demanda?
- ¿Qué mejoras haría a su planta de producción para mejorar la productividad? Si conoce herramientas de mejora desde su formación en ingeniería menciónelas.

10. Socialización: Cada grupo de trabajo presenta sus hallazgos en 5 minutos a todos los asistentes.

11. Cierre: Se presentan las conclusiones generales sobre el impacto de los diferentes sistemas de producción en los resultados que se obtienen en una planta de producción. En el cierre se propone proyectar las metas de la lúdica y consultar con los jugadores si considera que cada una de ellas se cumplió y por qué.

Los pasos propuestos consideran una sola corrida de producción; sin embargo, pueden realizarse varias corridas de producción que incluyan variaciones y sugerencias de mejora identificadas por los mismos grupos de trabajo. Estas corridas de producción deberán tener el mismo tiempo máximo pero podrían representar una mejoría en el indicador de productividad que los grupos propongan, en caso de decidir continuar el juego con más de una corrida se deberán agregar columnas al formato presentado en la Tabla 3. En cuanto a la duración de cada paso, la Tabla 4 muestra los tiempos sugeridos de juego para facilitar la comunicación y definición de estrategias por parte de los grupos.

Tabla 4. Duración estimada de la lúdica

Paso	Duración
1. Introducción	10 min
2. Formación de equipos	5 min
3. Asignación del sistema de fabricación	5 min
4. Socialización del sistema a simular	10 min
5. Preparación de la planta	30 min
6. Inicio de las corridas de producción	20 min
7. Recolección de información	10 min
8. Análisis de resultados	10 min
9. Socialización	10 min
10. Cierre	10 min

Según lo anterior, la duración estimada de la lúdica es de 2 horas, por lo que puede desarrollarse sin problema en la mayoría de las asignaturas que incluyan la comprensión de los tipos de sistemas de fabricación.

Recursos de entrada.

- Mano de obra: se requiere 1 líder de producción y al menos 3 colaboradores de base por cada uno de los dos grupos de trabajo.
- Materiales: se requieren 12 unidades de producción (6 por cada grupo) que se encuentren separadas en

empaques independientes; a mayor número de unidades de producción mayor será el tiempo máximo permitido a la corrida de producción.

- Medio ambiente: cuatro mesas rectangulares grandes para simular el entorno de fabricación, papel periódico, marcadores lapiceros y tablero de control.

Resultados esperados de la lúdica.

1. Tablero de control del proceso de producción con:

- Cantidad de productos elaborados.
- Cantidad de productos defectuosos.
- Tiempo total de la corrida de producción.
- Tiempo promedio de fabricación por unidad.
- Propuesta de indicador de productividad.

2. Sustentación grupal sobre la idoneidad de cada sistema de producción para la demanda atendida y el producto fabricado.

3. Análisis de habilidades de comunicación, trabajo en equipo y confrontación de resultados.

3) Resultados y aplicación de la lúdica

La lúdica se aplicó en tres grupos de gestión de la producción y en un evento académico nacional con estudiantes de diferentes universidades. Durante su aplicación se evidenciaron dinámicas diversas de trabajo en equipo donde el líder asumía rol de control del grupo o de apoyo al grupo; igualmente, algunos grupos generaron dinámicas donde de forma individual se comprendía el ensamble del producto y otros donde se generaba una discusión conjunta del proceso.

En este sentido se presenta un resumen de los resultados obtenidos asociados a la comprensión del concepto de la productividad y de los sistemas de fabricación.

De los resultados obtenidos (Tabla 5) puede evidenciarse que el *flow shop* tiene una clara ventaja sobre el *job shop* para la fabricación de un mismo tipo de producto, por lo que se formula la inquietud en cada uno de los grupos si al diversificar los productos la situación podría cambiar dejando como consulta posterior a los participantes las ventajas del uso de la manufactura celular.

Ahora, al consultar sobre el indicador de productividad que proponían y cómo concebían la productividad, las respuestas de cada grupo fueron:

Grupo 1: “Es la relación entre la cantidad de tiempo que se dio para realizar la producción y el tiempo efectivo utilizado”.

Grupo 2: “Qué tan rápido se hace cada unidad fabricada, es decir, el tiempo total de la corrida de producción dividida entre el número de unidades fabricadas”.

Grupo 3: “La productividad relaciona la cantidad de insumos utilizados y los productos obtenidos; podría medirse entonces como: tiempo de producción disponible dividido unidades fabricadas”.

Grupo 4: “Podría decirse que es la cantidad de productos fabricados por minuto”.

Se obtuvieron entonces resultados significativos asociados no solo a la motivación de los participantes, ya que se construyeron conceptos de forma colaborativa en todos los casos, sino también evidenciados en la generación de dinámicas de trabajo en equipo que permite evidenciar la posibilidad de integrar la lúdica con temáticas asociadas al desarrollo de habilidades blandas en la ingeniería.

4) Validación de resultados

Con base en los indicadores obtenidos de los diversos juegos de la lúdica y las discusiones generadas con los participantes, se identifica que intrínsecamente cada uno de los grupos comprende de forma general la productividad como una relación entre uso de insumos y productos obtenidos. Ahora, al analizar los indicadores obtenidos, se evidencia que en todos los casos los sistemas de producción en flujo o cadena obtuvieron mejores resultados en el indicador de cumplimiento en el tiempo de producción; sin embargo, esto se da por las dinámicas de la lúdica donde solo se propone un tipo de producto a fabricarse y en baja cantidad, por lo que las ventajas que representa el uso de sistemas tipo taller no pueden evidenciarse.

Ante esta observación cobran relevancia las dos preguntas de cierre para la discusión de los grupos donde se encontraron las siguientes conclusiones:

“¿El sistema de fabricación tuvo incidencia en el tiempo empleado para dar respuesta a la demanda?”: La respuesta en los cuatro grupos fue afirmativa, aludiendo a aspectos relacionados con el tipo de producto fabricado, la baja demanda a satisfacer o incluso el tipo de distribución de puestos de trabajo que se habían diseñado.

“¿Qué mejoras haría a su planta de producción para mejorar la productividad?”: En este caso se identificó que en los equipos de trabajo que tuvieron un sistema tipo *flow shop* mejorarían su estrategia de juego al realizar un sistema de producción híbrido donde en algunas etapas del proceso se ensamblaran “partes” del producto terminado y las regresarán a la línea de producción; mientras que en los equipos de trabajo que tuvieron sistemas *job shop* identificaron la oportunidad de generar células de manufactura para aprovechar las ventajas de este tipo de sistema.

Finalmente, se proyectaron las tres metas propuestas para la lúdica consultando a los participantes si se cumplieron, se evidenció que un 100% de los participantes de los 4 juegos se encuentran de acuerdo con el cumplimiento de los tres objetivos una vez finalizada la actividad.

Lo anterior valida el uso de la lúdica en el reconocimiento de los sistemas de producción, la identificación de las variables de decisión que inciden en los sistemas de fabricación y en la comprensión y evaluación de la productividad gracias al rol activo de aprendizaje de los participantes.

Tabla 5. Indicadores de los sistemas de producción

Grupo	Sistema	Producción		Calidad
		Cumplimiento unidades	Cumplimiento tiempo	Conformes
1	Job shop	100 %	140 %	100 %
	Flow shop*	100 %	150 %	100 %
2	Job shop	100 %	110 %	100 %
	Flow shop*	100 %	130 %	100 %
3	Job shop	100 %	105 %	100 %
	Flow shop*	100 %	130 %	100 %
4	Job shop*	100 %	140 %	100 %
	Flow shop*	100 %	140 %	100 %

*Ganador de cada juego

III. Conclusiones

El uso herramientas de gamificación diseñadas bajo esquemas sistemáticos con metas, propósitos y supuestos claros posibilitan un aprendizaje experiencial de temáticas específicas de la ingeniería gracias a la motivación desde la competición y colaboración de los participantes; estas metodologías de enseñanza y aprendizaje deben potenciarse desde un entendimiento pedagógico en la educación superior.

Si bien el uso de lúdicas permite conseguir objetivos de aprendizaje al hacer del estudiante un actor activo del proceso de construcción de conceptos y desarrollo de técnicas aplicadas en entorno simulados, se hace necesario identificar la pertinencia de los temas sobre los que se diseñan lúdicas considerando la perspectiva de estudiantes y docentes; lo anterior permite reconocer los conceptos que requieren fortalecerse desde un enfoque práctico para los futuros profesionales.

De las encuestas realizadas se evidencia que la totalidad de participantes identifican las lúdicas y estrategias de gamificación como pertinentes para la apropiación de una o más temáticas propias de la ingeniería industrial, dejando abierta la posibilidad de continuar construyendo lúdicas en diferentes temáticas o integrando nuevos conceptos a la lúdica presentada.

De la aplicación de las lúdicas en diferentes grupos de estudio logra concluirse que si bien la gamificación permite que el proceso de aprendizaje sea percibido desde la diversión; es necesario caracterizar el público objetivo en función de su área de formación, conocimientos previos y nivel de formación en que se encuentran; esto se debe a que en los grupos donde participaron estudiantes de niveles inferiores donde no se contaba con conocimientos de métodos y tiempos, el proceso de organización de la planta fue más lento y la comunicación al interior de los equipos no fue fluida como sí lo fue en los equipos donde los participantes se encontraban en niveles de formación similares y avanzados.

IV. Trabajos futuros

Se ha evidenciado un creciente interés en el desarrollo de estudios empíricos para la comprensión de los impactos y la eficacia de la gamificación en los procesos de aprendizaje y enseñanza de la ingeniería; sin embargo, la falta de procedimientos y modelos estándar para la evaluación de la gamificación es un desafío para el diseño, la comparación y el análisis de resultados relacionados que se obtienen de estas estrategias.

Igualmente, la temática permite una posible integración con una segunda parte de la lúdica enfocada en la distribución de plantas que permita, a través de la asignación de medidas teóricas de los puestos de trabajo, definir las áreas requeridas para cada sistema de fabricación.

Si bien esta lúdica se desarrolla con un enfoque asociado a la comprensión de conceptos propios de la ingeniería industrial, se evidencia el potencial de incorporar un análisis de desarrollo de habilidades blandas en la ingeniería gracias a la gamificación en el aula.

Por último, como se identificó en el apartado dedicado a la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería, se evidencia la posibilidad de integrar el uso de TIC a través de formularios en línea para la recolección de los datos finales del juego o incluso la creación de dashboards en herramientas como Power BI o Google Data Studio que permitan la trazabilidad y comparación de múltiples corridas de producción en un mismo entorno de juego.

V. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Red de Investigación, Desarrollo y Divulgación de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje a través de la lúdica, Red IDDEAL, quienes a través del 10° Encuentro Nacional de la Red Iddeal 2023 “Estrategias lúdicas para la formación en ingeniería e innovación: porque jugando también se aprende” propiciaron espacios de socialización, apropiación y di-

vulgación del conocimiento en áreas de estudio de diversas instituciones del país, permitiendo hallar escenarios y prospectivas futuras de investigación que permitan continuar con el desarrollo de nuevas estrategias para la el aprendizaje y enseñanza de la ingeniería.

Referencias

- [1] R. H. Barbosa Monteiro, M. R. De Almeida Souza, S. R. Bezerra Oliveira, C. Portela Dos Santos y C. E. De Cristo Lobato, "The Diversity of Gamification Evaluation in the Software Engineering Education and Industry: Trends, Comparisons and Gaps," *Proc. - Int. Conf. Softw. Eng.*, págs. 154-164, mayo de 2021. DOI: [10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00025](https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00025).
- [2] J. Miranda, "The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 93, pág. 107278, jul. de 2021. DOI: [10.1016/J.COMPELECENG.2021.107278](https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2021.107278).
- [3] J. Ulmer, S. Braun, C. T. Cheng, S. Dowey y J. Wollert, "Human-Centered Gamification Framework for Manufacturing Systems," *Procedia CIRP*, vol. 93, págs. 670-675, ene. de 2020. DOI: [10.1016/J.PROCIR.2020.04.076](https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.04.076).
- [4] O. Valencia-Rodríguez, Y. Forero-Páez, L. Pulgarín-Arias, S. M. C. Otálvaro y S. Pinzón-Salazar, "Areas of Interest for the Incorporation of Gamification in Industrial Engineering," *Hum. Rev. Int. Humanit. Rev./Rev. Int. Humanidades*, vol. 11, n.º 3, págs. 1-14, dic. de 2022. DOI: [10.37467/REHVHUMAN.V11.4308](https://doi.org/10.37467/REHVHUMAN.V11.4308).
- [5] G. Elena Capote León, D. C. Noemí Rizo Rabelo y D. C. Gisela Bravo López, "La autoregulación del aprendizaje en estudiantes de la carrera ingeniería industrial," *Rev. Univ. y Soc.*, vol. 9, n.º 2, págs. 44-52, 2017 [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es. [Last access: 16-05-2023].
- [6] J. Díaz-Ramírez, "Gamification in engineering education – An empirical assessment on learning and game performance," *Heliyon*, vol. 6, n.º 9, pág. 04972, sep. de 2020. DOI: [10.1016/J.HELIYON.2020.E04972](https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E04972).
- [7] S. Doherty, E. Palmer y L. Strater, "Gamification: Current Research and Applications," vol. 2017-October, págs. 2096-2099, oct. de 2017. DOI: [10.1177/1541931213602006](https://doi.org/10.1177/1541931213602006).
- [8] M. Keepers, I. Nesbit, D. Romero y T. Wuest, "Current state of research & outlook of gamification for manufacturing," *J. Manuf. Syst.*, vol. 64, págs. 303-315, jul. de 2022. DOI: [10.1016/J.JMSY.2022.07.001](https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2022.07.001).
- [9] J. Módné Takács, M. Pogátsnik y T. Kersánszki, "Improving Soft Skills and Motivation with Gamification in Engineering Education," *Lect. Notes Networks Syst.*, vol. 389 LNNS, págs. 823-834, 2022. DOI: [10.1007/978-3-030-93904-5_81/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93904-5_81/COVER).
- [10] M. Urgo, W. Terkaj, M. Mondellini y G. Colombo, "Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 36, págs. 172-184, ene. de 2022. DOI: [10.1016/J.CIRPJ.2021.11.006](https://doi.org/10.1016/J.CIRPJ.2021.11.006).
- [11] E. V. Karmanova, E. V. Chernova y A. S. Dokolin, "Modeling Knowledge Assessment with Gamification Technology on E-Learning Platform," *Multi-Conference Ind. Eng. Mod. Technol. FarEastCon.*, 2019. DOI: [10.1109/FAREASTCON.2019.8934089](https://doi.org/10.1109/FAREASTCON.2019.8934089).
- [12] M. C. Carnero, "Fuzzy Multicriteria Models for Decision Making in Gamification," *Math 2020*, vol. 8, n.º 5, pág. 682, 2020. DOI: [10.3390/MATH8050682](https://doi.org/10.3390/MATH8050682).
- [13] C. A. Gonzalez Almaguer, A. C. Aguirre Acosta y P. O. Perez Murueta, "Gamification and Simulation: Distance Education for Industrial Engineering Students," *Futur. Educ. Innov. Work. Ser. - Mach. Learn. Digit. Technol. Educ. Innov. Work. 2021*, 2021. DOI: [10.1109/IEEECONF53024.2021.9733771](https://doi.org/10.1109/IEEECONF53024.2021.9733771).
- [14] F. D. de la Peña Esteban, J. A. Lara Torralbo, D. Lizcano Casas y M. C. Burgos García, "Web gamification with problem simulators for teaching engineering," *J. Comput. High. Educ.*, vol. 32, n.º 1, págs. 135-161, abr. de 2020. DOI: [10.1007/S12528-019-09221-2/TABLES/15](https://doi.org/10.1007/S12528-019-09221-2/TABLES/15).
- [15] A. Wedel, C. Müller, J. Pfetsch y A. Ittel, "Training teachers' diagnostic competence with problem-based learning: A pilot and replication study," *Teach. Teach. Educ.*, vol. 86, pág. 102909, nov. de 2019. DOI: [10.1016/J.TATE.2019.102909](https://doi.org/10.1016/J.TATE.2019.102909).
- [16] J. Jo, H. Jun y H. Lim, "A comparative study on gamification of the flipped classroom in engineering education to enhance the effects of learning," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 26, n.º 5, págs. 1626-1640, sep. de 2018. DOI: [10.1002/CAE.21992](https://doi.org/10.1002/CAE.21992).
- [17] C. Gerdenitsch, "Work gamification: Effects on enjoyment, productivity and the role of leadership," *Electron. Commer. Res. Appl.*, vol. 43, pág. 100994, sep. de 2020. DOI: [10.1016/J.ELERAP.2020.100994](https://doi.org/10.1016/J.ELERAP.2020.100994).
- [18] A. P. Markopoulos, A. Fragkou, P. D. Kasidiaris y J. P. Davim, "Gamification in engineering education and professional training," vol. 13, n.º 2, págs. 118-131, jun. de 2015. DOI: [10.1177/0306419015591324](https://doi.org/10.1177/0306419015591324).

- [19] S. Eliyas y P. Ranjana, “Gamification: Is E-next Learning’s Big Thing,” *J. Internet Serv. Inf. Secur.*, vol. 12, n.º 4, págs. 238-245, nov. de 2022. DOI: 10.58346/JISIS.2022.I4.017.
- [20] M. K. Kabilan, N. Annamalai y K. M. Chuah, “Practices, purposes and challenges in integrating gamification using technology: A mixed-methods study on university academics,” *Educ. Inf. Technol.*, págs. 1-33, abr. de 2023. DOI: 10.1007/S10639-023-11723-7/FIGURES/4.
- [21] J. Bilinkis, A. Gromoff e Y. Gorchakov, “Boosting Motivation Through Process Gamification: Evidence from Higher Education,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 1011, págs. 45-57, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-20798-4_5/FIGURES/6.
- [22] A. Anil Yasin y A. Abbas, “Role of gamification in engineering education: A systematic literature review,” *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON.*, vol. 2021-April, págs. 210-213, abr. de 2021. DOI: 10.1109/EDUCON46332.2021.9454038.
- [23] Z. Qin e Y. Lu, “Self-organizing manufacturing network: A paradigm towards smart manufacturing in mass personalization,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 60, págs. 35-47, jul. de 2021. DOI: 10.1016/J.JMSY.2021.04.016.
- [24] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, A. Ghadge y R. Raut, “A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs- A review and empirical investigation,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 229, pág. 107853, nov. de 2020. DOI: 10.1016/J.IJPE.2020.107853.
- [25] L. Lluch Molins, F. Yorika Balbontin Escorza y N. Sullivan Campillay, “Enhancing cooperative learning and student motivation with gamification strategies: a case study in industrial engineering,” *JOTSE, ISSN-e 2013-6374, Vol. 12, No. 3, 2022 (Ejemplar Dedic. a Train. Teach. Innov. Eng. 2030)*, págs. 611-627, vol. 12, n.º 3, págs. 611-627, 2022. DOI: 10.3926/jotse.1693.
- [26] F. Séculi, F. Julián, F. Xavier Espinach y M. Alcalà, “Competences Assessment and Gamification Strategies to Incentive Students,” *Lect. Notes Mech. Eng.*, págs. 302-308, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-92426-3_35/COVER.
- [27] S. Tangen, “Demystifying productivity and performance,” *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 54, n.º 1, págs. 34-46, 2005. DOI: 10.1108/17410400510571437/FULL/XML.
- [28] J. H. Heizer y B. Render, “Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas,” 2007 [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Dirección_de_la_producción_y_de_operac.html?hl=es&id=FAAXNQAACAAJ. [Last access: 06-03-2023].