

Simulation games for teaching in Industrial Engineering: case study at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

*Original*

Simulation games for teaching in Industrial Engineering: case study at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito / Ruiz, C. R.; Castiblanco, I. A.; Cruz, J. P.; Pedraza, L. C.; Londo(-n)o, D.. - In: ENTRE CIENCIA E INGENIERIA. - ISSN 1909-8367. - STAMPA. - 12:23(2018), pp. 48-57. [10.31908/19098367.3702]

*Availability:*

This version is available at: 11583/2976160 since: 2023-02-17T17:38:59Z

*Publisher:*

Universidad Catolica de Pereira

*Published*

DOI:10.31908/19098367.3702

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# Juegos de simulación en la enseñanza de la Ingeniería Industrial: caso de estudio en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito<sup>1</sup>

## Simulation games for teaching in Industrial Engineering: case study at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

## Jogos de simulação no ensino de Engenharia Industrial: estudo de caso na Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

C. R. Ruiz, I. A. Castiblanco, J. P. Cruz, L. C. Pedraza y D. Londoño

Recibido: junio 27 de 2017 - Aceptado: enero 15 de 2018

**Resumen**— Las tendencias actuales en la enseñanza de la ingeniería han demostrado la necesidad de un cambio en los modelos pedagógicos tradicionales, por aquellos que promuevan un enfoque hacia el aprendizaje activo en el cual la participación de todos los actores en el proceso es importante. En este sentido, mediante metodologías lúdicas es posible utilizar técnicas y dinámicas propias de los juegos de simulación como medio eficaz para involucrar y motivar a los estudiantes, con el fin de desarrollar sus habilidades y destrezas, que comúnmente en el aula de clases o en las situaciones de su

vida real se ven restringidas por su condición de estudiantes, lo que en ocasiones dificulta la comprensión de problemas que deben enfrentar en la práctica. El presente artículo muestra la metodología usada para la construcción de una lúdica para el desarrollo de habilidades y competencias de estudiantes de ingeniería industrial.

**Palabras Clave**—Aprendizaje, diseño, educación universitaria, lego, simulación.

**Abstract**— Current trends in teaching in engineering have shown the need for a change on the traditional pedagogical models, by those who promote an approach to active learning in which the involvement of all stakeholders in the process is important. In this regard, through playful methodologies it is possible to use techniques and dynamics of simulation games as an effective means to involve and motivate students to develop their skills, that commonly in the classroom or their real life situations are restricted by their role as students, which sometimes makes it difficult to understand the problems that they must face in practice. In this sense, the present article shows the methodology used for the development of a simulation game for the development of skills and competencies of students of industrial engineering.

**Keywords**—Learning, design, undergraduate education, lego, simulation.

**Resumo**— As tendências atuais no ensinando em engenharia demonstraram a necessidade de uma mudança nos modelos pedagógicos tradicionais por aqueles que promovem um foco na aprendizagem activa, em que a participação de todos os interessados no processo é importante. Baseado no anterior, através de métodos lúdicos é possível usar técnicas e dinâmicas de jogos de simulação como uma forma eficaz para envolver e motivar os alunos a desenvolver suas habilidades comumente na sala de aula que é restrito el contato com situações da vida real por causa de sua condição de estudantes, o que às vezes dificulta a compreensão dos problemas enfrentados na prática. Neste sentido, este trabalho mostra a metodologia utilizada para

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación “Ludificación de las metodologías de enseñanza en ingeniería a través del uso de Invention System Kits”. Presentado por el Centro de Investigación en Manufactura y Servicios - CIMSER.

C. R. Ruiz, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá Colombia, email: carlosr.ruiz@escuelaing.edu.co

I. A. Castiblanco, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá Colombia, email: ivonne.castiblanco@escuelaing.edu.co

J. P. Cruz, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá Colombia, email: joan.cruz@escuelaing.edu.co

L. C. Pedraza, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá Colombia, email: liliana.pedraza@escuelaing.edu.co

D. Londoño, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá Colombia, email: diana.londono@escuelaing.edu.co

**Como citar este Artículo:** Ruiz, C. R., Castiblanco, I. A., Cruz, J. P., Pedraza, L. C. y Londoño, D. Juegos de simulación en la enseñanza de la Ingeniería Industrial: caso de estudio en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12, no. 23, pp. 48-57, enero - junio, 2018.



## a construção de um jogo para o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes de engenharia industrial.

*Palabras chave—* Aprendizagem, projeto, educação universitária, lego, simulação

### I. INTRODUCCIÓN

LA necesidad de un cambio en los métodos tradicionales de enseñanza es reconocida por todas las instituciones, sin embargo, pocas de ellas realmente han cambiado sus modelos pedagógicos para lograr este propósito [1]. Las tendencias recientes en educación promueven el cambio de un enfoque de aprendizaje pasivo, en el cual el profesor es el eje del proceso “dictando” sus clases, a un enfoque de aprendizaje activo en el que la participación de todos los actores del proceso es importante [2] Active Learning is being introduced for education field, and learning style is change from passive learning to participatory type. Active learning (AL. Este nuevo enfoque ha demostrado una mejora significativa en el desempeño de los estudiantes [3] physical procedures, and competency. However, they are ineffective in teaching clinical medicine. StepStone Interactive Medical Software (SS, [4] the other group discussed septic shock and experienced cardiogenic shock through simulation. Student comprehension of the assessment and management of shock was then evaluated by oral examination (OE.

En la formación de ingenieros, este cambio es fundamental debido al rol que desempeñan en el desarrollo de la sociedad, y para el cual no es suficiente que cuenten con un vasto conocimiento de las ciencias básicas y los fundamentos de su campo particular de estudio, sino también con la capacidad que tengan de aplicar dichos conocimientos en la práctica. Este nuevo paradigma de formación basado en competencias, implica el uso de metodologías de aprendizaje y evaluación que permitan su logro efectivo.

Metodologías lúdicas que implican el uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos, son un medio eficaz para involucrar y motivar a los estudiantes, así como desarrollar sus habilidades, destrezas y conductas [5]. En este artículo se presenta la experiencia del uso de una metodología de enseñanza basada en un juego de simulación para desarrollar competencias asociadas a la resolución de problemas y toma de decisiones, con la consideración de aspectos técnicos y económicos de manera integral y sistemática, en particular en temas asociados a la gestión de operaciones. La complejidad para entender por parte de los estudiantes algunos de estos temas, fue la principal motivación para el desarrollo de la metodología propuesta.

Para el desempeño profesional de un ingeniero industrial es fundamental esta área de conocimiento, pero debido a que en general el contacto con situaciones de la vida real todavía es limitado por su condición de estudiantes, les resulta difícil comprender la magnitud de los problemas que deben enfrentar en la vida real, así como la complejidad de considerar múltiples objetivos que compiten entre sí. Metodologías de enseñanza tradicionales, tales como las clases magistrales, pueden servir para que los estudiantes adquieran el conocimiento y comprendan los conceptos, pero se ven limitadas en lograr el desarrollo de las habilidades requeridas en su futuro profesional [6] [7].

Por esta razón, la metodología propuesta busca que los estudiantes tomen decisiones con la aplicación de conocimientos teóricos, y se perciban sus efectos sobre un sistema productivo físico que se desarrolló para lograr este propósito.

En la metodología se utilizan elementos propios de los juegos de simulación. La idea de usar estos elementos en contextos no asociados al ocio se ha incrementado en los últimos años en todo tipo de contextos [8]. En particular, los juegos de simulación buscan la imitación de la operación de sistemas, o procesos, que consideran una serie de reglas predefinidas [9].

Este artículo se encuentra organizado como se muestra a continuación. En la sección II se presenta una revisión del estado del arte. En la sección III se describe la metodología usada para el desarrollo de la lúdica. En la sección IV se presentan los resultados de su implementación, y en la sección V se exponen las conclusiones a las que se pudo llegar como reflexión sobre el proceso, sus resultados y perspectivas.

### II. ESTADO DEL ARTE

Una actividad que implique competencia entre adversarios (jugadores) que operan bajo ciertas restricciones (reglas) en la búsqueda de un objetivo (ganar) a través de un modelo que representa la realidad, se considera un juego de simulación [10]. Estos juegos constan de dos elementos: una descripción y un modelo de simulación [11]. La descripción es una introducción al juego en la cual se explica a los jugadores el contexto, reglas básicas, características de los equipos, estructura del modelo de simulación, entre otros elementos. En el modelo de simulación se lleva a cabo el juego, se procesan las decisiones que toman los jugadores y se obtienen los resultados de las mismas.

Los juegos de simulación son una herramienta útil para comprender problemas de la vida real con el propósito de entrenar y analizar el comportamiento de personas o sistemas, así como predecir su conducta. A través de su uso, no solo se pueden desarrollar competencias propias de un campo de conocimiento, sino también otro tipo de competencias o destrezas, como la capacidad de trabajo en equipo, de solución de problemas y de comunicación oral y escrita [11]. Una ventaja de los juegos de simulación es el grado de compromiso con el que se involucran los participantes, puesto que a la vez que aprenden, se divierten [12]. Otros beneficios que se pueden lograr incluyen mayor motivación en el proceso de aprendizaje, aumento del crecimiento cognitivo, incorporación de características que fomentan un comportamiento más maduro, y mejora de la atención de los participantes que disminuye el comportamiento disruptivo [13].

Como metodología de enseñanza han sido utilizados en diversos campos del conocimiento, tales como juegos de simulación en línea en el desarrollo de competencias relacionadas con la gestión de contratos para la construcción de edificaciones, que considera conceptos de gestión y normatividad [14]. En medicina, por las características propias de la práctica médica, los juegos de simulación permiten que se ejecuten procedimientos complejos

en condiciones controladas y seguras, el desarrollo de competencias en el diagnóstico de enfermedades [15] y la comprensión de principios de gestión quirúrgica [16], entre otros ejemplos.

En el campo de la ingeniería su uso se evidencia en aplicaciones en ingeniería civil [17–20], eléctrica [21–23], de sistemas [21,24–28], mecánica [29–31] y química [32–34]. En el caso particular de ingeniería industrial, el desarrollo de juegos de simulación se ha dado principalmente en áreas como gestión de producción e inventarios y gestión de la cadena de abastecimiento. El más antiguo y conocido es el juego de la cerveza [35]. Este fue desarrollado en el MIT Sloan School of Management, con el propósito de simular una cadena de abastecimiento sobre la cual se deben decidir los tamaños de las órdenes a realizar al proveedor de cada eslabón, con el fin de lograr el menor costo de operación en cada uno de ellos y de la cadena, considerando los inventarios, productos faltantes y tiempos de entrega, entre otros factores. Algunos ejemplos de áreas de la ingeniería industrial en las cuales se han aplicado, son:

- Diseño de sistemas productivos [36–44]”
- Planeación y control de producción [45–53].
- Gestión de la cadena de abastecimiento [54–57].

Al considerar el área del diseño de sistemas productivos con el uso de mecánicas de ludificación, existen casos de estudio que involucran el uso de tecnologías como Lego Mindstorms, enfocado a la enseñanza en las universidades [39], donde se utilizó esta herramienta para enseñar conceptos de fabricación para crear valor, sobre actividades de planeación y control de producción.

Un diseño productivo basado en este enfoque, propone una serie de recursos para la puesta en marcha de un juego de simulación; consiste en un conjunto de piezas, sujetadores y herramientas, que permiten simular una línea de producción. Se plantea desde las necesidades de entrega y cumplimiento de las órdenes de producción con respecto a pronósticos de demanda, con implicación en las actividades de abastecimiento entre el almacén y la fábrica propuesta, para considerar aspectos como lotes de suministro, materias primas, producto en proceso y producto terminado [43].

Dentro de los juegos de planeación y control de la producción [46] se presentan desarrollos sobre el enfoque push (empujar las ventas) y pull (búsqueda de necesidades del consumidor) en la planeación de operaciones, para comparar las técnicas de planeación de los requerimientos de materiales (MRP) y justo a tiempo (JIT). El fin es simular una planta de producción de automóviles mediante procesos aleatorios de pedidos. El juego hace referencia a la gestión de inventarios, con la consideración de inventarios en proceso (WIP), stock final y tiempos para atender las órdenes, y para maximizar el rendimiento de la operación con el uso de las dos técnicas propuestas.

En la misma área, el juego Simulation of Production and Logistic Environment (SIMPLE) se desarrolla en una plataforma con atributos flexibles para mejorar la experiencia de los jugadores, con el ajuste de parámetros como la

duración del juego, demanda del mercado, el inventario inicial, la capacidad de producción de los fabricantes y la estructura de costos, medio con el que se evalúa el desempeño de las decisiones de cada jugador, asociado a la gestión de inventarios, capacidades y planificación de la producción, temas estrechamente relacionados con la gestión de operaciones [51].

Así mismo, en el área de gestión de cadenas de abastecimiento, juegos como el de suministro de sangre, se caracteriza por considerar productos perecederos y comportamientos de demanda por encima de la oferta, en donde se busca recrear los diferentes eslabones representados por donantes (proveedores), Centro Nacional de Sangre (transforma la sangre en productos, distribuye y almacena), médicos (minoristas) y el paciente (usuario final). La intención es modelar flujos de material e información en un canal determinado. El modo de juego es mediante un PC y el uso de Microsoft Excel [54].

Otros juegos como el de Simulación de la gestión de la cadena de abastecimiento de automóviles (AUSUM), tiene como propósito fomentar la toma de decisiones en los jugadores en la cadena, teniendo en cuenta restricciones como capacidades logísticas, inversión de capital y tiempos de entrega, para minimizar el costo de la gestión circunscrito en la industria del automóvil [57].

### III. METODOLOGÍA

Manrique [58] propone siete pasos para diseñar una experiencia de juego. A continuación se explica cada uno de ellos y la forma como se aplican en el proyecto:

- *Paso 1: Amar lo que se hace.* Se debe sentir pasión por la iniciativa que se está emprendiendo.
- *Paso 2: Desarrollar una estrategia y prepararse.* Es necesaria una correcta preparación para los retos que se van a enfrentar. El equipo debe adquirir el conocimiento y las competencias necesarias para ser capaz de enfrentar el proyecto y sus complejidades.
- *Paso 3: Visualizar por qué, qué y quién.* Se debe definir claramente el propósito que se persigue con el juego, quiénes son los jugadores y qué los motiva.
- *Paso 4: Explorar un nuevo mundo.* Los juegos deben tener un contexto, contar una historia que permita a los participantes involucrarse en la experiencia.
- *Paso 5: Mejorar las mecánicas del juego.* Los procedimientos y componentes del juego deben ser seleccionados y configurados de acuerdo con el propósito que se persigue.
- *Paso 6: Mejorar la experiencia visual.* Con el fin de crear una experiencia en la cual los participantes se involucren mejor y se diviertan, el juego debe ser visualmente atractivo.
- *Paso 7: Hacer muchos ensayos.* No se puede esperar que todo salga perfecto desde la primera versión, lo que implica múltiples pruebas del funcionamiento para identificar fallas y solucionarlas.

### A. Paso 1: Amar lo que se hace

El equipo que participó en el proyecto estuvo constituido por profesores y estudiantes de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, motivados por la oportunidad de desarrollar propuestas innovadoras y de impacto en la calidad de la formación recibida por futuros estudiantes que pudieran beneficiarse. Los profesores estaban vinculados a los programas de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas, y los estudiantes pertenecían al programa de Ingeniería Industrial, todos miembros del Semillero de Investigación en Producción, quienes contribuyeron desde su especialidad en la aplicación de su área de conocimiento, a la construcción del juego de simulación.

### B. Paso 2: Desarrollar una estrategia y prepararse

En este caso particular el equipo aprendió el funcionamiento de los componentes de hardware y software que se iban a utilizar en el modelo de simulación. Se seleccionó para la simulación la herramienta LEGO® Mindstorms Education EV3, que comprende dos elementos: hardware y software. El hardware (Fig. 1) se compone de:

- Un ladrillo inteligente EV3. Este elemento funciona como unidad de control, a través del cual se pueden controlar los motores y sensores.
- Un motor mediano que permite realizar movimientos.
- Dos motores grandes para desplazamientos que requieren mayor potencia y precisión.
- Un sensor ultrasónico que permite detectar obstáculos entre otros.
- Un sensor de color que reconoce hasta 7 colores (negro, azul, verde, amarillo, rojo, blanco y sin color).
- Un sensor giroscópico que detecta el movimiento de rotación en un eje simple.
- Dos sensores de contacto que identifican si se hace presión sobre el botón táctil que poseen.
- Accesorios adicionales como cables de conexión, ruedas y piezas de ensamble (piezas móviles, flexibles y de fijación).

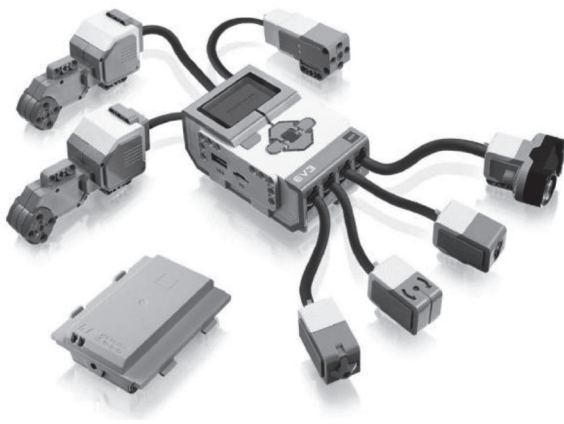


Fig. 1. Componentes de hardware del kit LEGO® Mindstorms® Education EV3. [59]

El software utilizado fue el de propiedad de LEGO para el Mindstorms Education EV3 que cuenta con un entorno

gráfico intuitivo basado en iconos, en el cual la programación se hace de la forma *drag and drop*, es decir, arrastrar y colocar bloques de instrucciones en un orden, de acuerdo a la tarea que se necesite realizar (Fig. 2).

Este proceso tomó alrededor de seis meses durante los cuales se construyeron diversos modelos (Fig. 3) que permitieron adquirir destrezas en la construcción, ensamble y programación de los mismos.

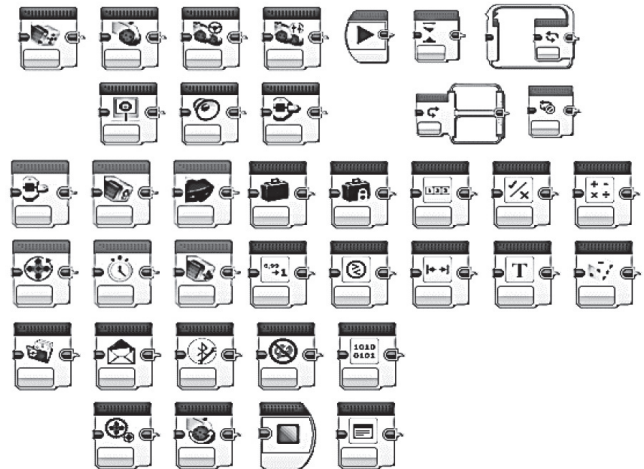


Fig. 2. Entorno de programación del software LEGO® Mindstorms® Education EV3.

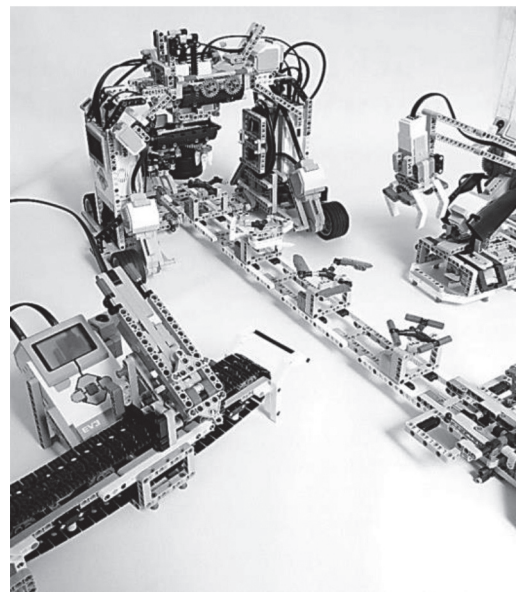


Fig. 3. Modelos desarrollados en la etapa de aprendizaje de la herramienta seleccionada.

### C. Paso 3: Visualizar por qué, qué y quién

La necesidad intrínseca fue aportar al logro de los resultados esperados de aprendizaje del programa de Ingeniería Industrial. De acuerdo con el Proyecto Tuning, los resultados de aprendizaje son “*formulaciones de lo que el estudiante debe conocer, comprender o ser capaz de demostrar tras la finalización del proceso de aprendizaje*” [60].

En el proyecto se estableció que el juego de simulación debía ser desarrollado para que estudiantes de ingeniería

industrial fueran capaces de resolver problemas y tomar decisiones de un sistema productivo, con análisis de información histórica y búsqueda del mejor resultado en términos económicos y de servicio al cliente. Con este objetivo se busca que el concepto de formación en competencias sea efectivo en los cursos del plan de estudios que se pueden beneficiar del uso de herramientas de este tipo.

En respuesta a lo anterior, dentro de las competencias que se espera desarrollar en el estudiante se encuentran las siguientes [61]:

- Capacidad de aplicar conocimiento en el campo de las matemáticas e ingeniería.
- Habilidad para analizar e interpretar datos para convertirlos en información para la toma de decisiones.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Capacidad para identificar, solucionar y asociar problemas de ingeniería en un contexto industrial real.

En este estudio se busca de una forma cualitativa, explorar desde la percepción de los estudiantes cómo la interacción con el juego planteado, aporta al desarrollo de estas competencias.

#### D. Paso 4: Explorar un nuevo mundo

En este caso se propuso un contexto que situaba el juego en el área de despacho de pedidos de una empresa que fabrica tres tipos de productos: amarillo, rojo y verde. Se adjunta al contexto la información de las últimas 50 órdenes recibidas de estos productos. La información de demanda se genera con una distribución discreta con probabilidades de ocurrencia asignadas para cada tipo de producto. A los participantes se les entrega de forma escrita este contexto con algunos días de anticipación. Otra información relevante que se provee es:

- Costo de almacenamiento por producto.
- Costo de faltante por orden.

El rol que desempeñan los jugadores es el de planear los niveles de inventarios necesarios para hacer frente a un número de pedidos futuros y atenderlos de acuerdo con un sistema que los comunica. Los pedidos que debe atender cada equipo se generan de forma aleatoria con la misma distribución de probabilidad con la que se generaron los datos de contexto para el juego.

Por su parte, se establecen los siguientes criterios para evaluar el desempeño en la participación del juego de simulación:

- Velocidad en el procesamiento de las órdenes. El tiempo en la experiencia de simulación comienza a medirse desde que se genera la primera y hasta que se atiende la última orden.
- Precisión en el procesamiento de las órdenes. La atención incorrecta de las órdenes se penaliza cuando se envía un producto diferente al solicitado en la orden.
- Costos de almacenamiento y faltante. Se define un costo en función de los niveles de inventario al final del periodo y de las órdenes que no se pudieron satisfacer.

En la Tabla I se definen las métricas específicas del juego con el fin de obtener resultados generales que permitan

medir la participación de cada equipo y obtener la tabla de posiciones (ganador).

Como se mencionó en la sección III-C, el mejor resultado en términos económicos y de servicio al cliente, está asociado al puntaje que obtiene cada equipo, cuyo objetivo es lograr el menor posible.

TABLA I  
MODELO DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL JUEGO DE SIMULACIÓN

Aspectos a Evaluar	Métrica
Velocidad en el procesamiento de las órdenes	1 punto/segundo
Precisión en el procesamiento de las órdenes	20 puntos/orden incorrecta
Costo de almacenamiento	20 puntos/producto rojo
	15 puntos/producto verde
	10 puntos/producto amarillo
Costo de faltantes	25 puntos/orden no atendida

Dado que en general la investigación busca explorar nuevas estrategias de enseñanza a nivel cualitativo, no se considera parte del alcance evaluar el comportamiento individual de cada grupo en cada métrica (aspecto a evaluar). El resultado final de estas permite calcular la tabla de posiciones al final del juego.

#### E. Paso 5: Mejorar las mecánicas del juego

La mecánica principal del juego se desarrolla en dos etapas. La primera de planeación, la segunda de ejecución. En la primera se provee a los participantes de información histórica con la cual se pueden planear los niveles de inventarios y la estrategia de operación. En la segunda, un estímulo visual hace las veces de un pedido de producto entrante, con esta información los participantes del equipo deben atender este pedido de forma correcta en el menor tiempo posible.

En respuesta, en las etapas de planeación y ejecución se espera el fomento de la participación del trabajo colaborativo. El equipo de estudiantes para sobresalir en un ambiente competitivo, debe inicialmente comprender la necesidad planteada, analizar la mecánica del juego y hacer la transformación de datos en información para así tomar decisiones adecuadas que permitan la mejor ejecución. En la segunda fase con el uso de la tecnología Lego Mindstorms EV3 sobre la que está soportada el juego, se realiza la etapa de ejecución, que consiste en procesar pedidos con base en niveles de inventarios previamente establecidos por los equipos.

Las principales acciones esperadas por los participantes en la mecánica de juego son:

- Seleccionar la ubicación por tipo de producto (rojo, verde y amarillo) en los dispensadores. Se amplía en la sección III-G.

- Administrar los niveles de inventarios, la gestión de servicio al cliente y costos, basados en información histórica.
- Servir las órdenes entrantes de forma ágil y correcta.
- Evitar la penalización sobre procesamiento de órdenes incorrectas, costo de faltantes y exceso de inventario.
- Proponer nuevas estrategias que permitan dar respuesta al objetivo, para superar nuevos retos durante el juego.

La evaluación de desempeño de cada equipo depende fundamentalmente de su capacidad para responder a los criterios descritos en la sección III-D y las acciones listadas anteriormente.

#### F. Paso 6: Mejorar la experiencia visual

Los elementos de interacción se desarrollaron con base en un modelo de simulación físico, con el diseño de un sistema de atención de órdenes soportado en una aplicación de software que las genera y que a través de una interfaz muestra la información sobre la orden entrante, el número de órdenes atendidas y el tiempo de juego transcurrido desde que el equipo inició su participación. Con esta perspectiva, el juego de simulación se puede clasificar dentro de la categoría de estrategias de reto competitivo [62], ya que se genera presión sobre los jugadores a través del tiempo transcurrido y el éxito en la operación con relación a los demás equipos competidores.

La experiencia visual fue desarrollada con el uso de VBA (Visual Basic for Applications) de Microsoft Office Excel, para presentar una interfaz simple y clara, con la información relevante y de interés para el equipo, en su participación en el juego de simulación. En la Fig. 4 se presenta una captura de la interfaz informativa.



Fig. 4. Interfaz del Sistema de atención de órdenes Microsoft VBA Office Excel.

#### G. Paso 7: Hacer muchos ensayos

Esta tarea sucedió a lo largo de todas las fases de desarrollo. En la fig. 5. se presenta uno de los primeros prototipos desarrollados a lo largo de la etapa de diseño.

Con los componentes de hardware y software especificados en la sección III-B, el modelo de simulación físico está compuesto por los 3 dispensadores para cada tipo de producto (servir la orden entrante sea de producto rojo, verde o amarillo), la banda transportadora (garantiza el flujo físico de producto), sensor infrarrojo (registra el pedido y genera una nueva orden), interfaz dinámica (muestra información a los jugadores del juego en tiempo real),



Fig. 5. Prototipo de simulación físico.

información ampliada en la sección III-G y por último, el ladrillo inteligente EV3 (hace de unidad de control).

En la fase de desarrollo del modelo de simulación fue necesario el ensamble de las piezas del mismo y la programación de su comportamiento. Elementos como la banda transportadora requirieron pruebas para determinar la velocidad adecuada, los dispensadores de pedidos requirieron pruebas para ajustar los mecanismos de activación y posicionamiento para lograr que depositaran los productos en las posiciones correctas.

A través de las pruebas de funcionamiento se identificaron oportunidades de mejorar el sistema, por ejemplo, inclusión de un sensor que permitiera identificar la entrega de una orden con el fin de poder generar de forma automática la siguiente. Se probaron diferentes sensores y en diferentes configuraciones y, finalmente, se escogió un sensor infrarrojo de movimiento ya que daba los resultados más precisos y consistentes.

El desarrollo de la interfaz de visualización también implicó diversas versiones que permitieron ajustar su comportamiento y la presentación precisa de la evolución y resultados del juego, puesto que inicialmente las órdenes eran registradas en documentos físicos por un supervisor del juego, hasta llegar a una configuración final, tal como se presenta en la Fig. 6, en donde el estímulo que se genera cuando pasa un producto por el sensor infrarrojo, informa que un producto ha llegado al final del sistema. Se utiliza Matlab para procesar esta señal lo que permite que la aplicación desarrollada en VBA cree una nueva orden y la presente en la interfaz gráfica.

Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento con la simulación de las condiciones en las que se desarrollaría el juego, en las cuales miembros del equipo desarrollador hacían las veces de participantes del juego, lo que permitió ajustar fallas menores e identificar oportunidades de mejoramiento de la experiencia.

La configuración final del sistema físico de simulación se presenta en la Fig. 7.

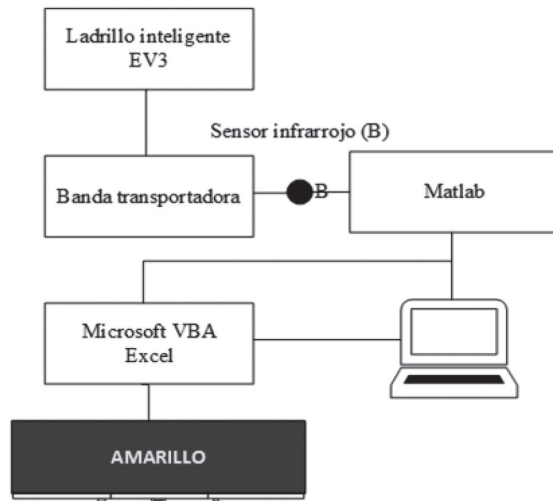
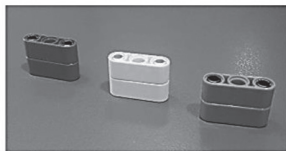


Fig. 6. Sistema de atención de órdenes resultante de numerosos ensayos.



Fichas que representan productos

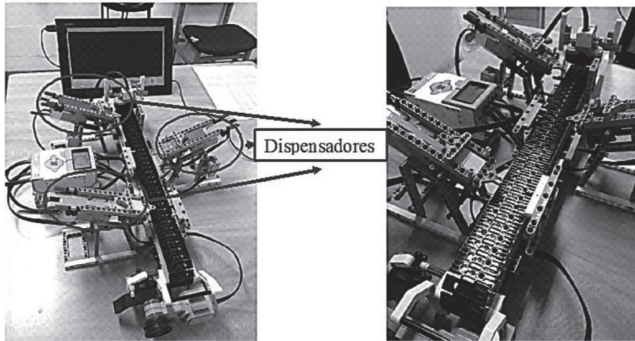


Fig. 7. Sistema de despacho desarrollado.

#### IV. IMPLEMENTACIÓN

Los diferentes pasos de la metodología descrita anteriormente fueron ejecutados con el fin de desarrollar el juego. En esta sección se presentan los resultados de la implementación del juego con el fin de explorar la percepción de los estudiantes del desarrollo de las competencias planteadas inicialmente. El juego desarrollado fue puesto en práctica durante Eciencia 2016. Este es un encuentro científico y cultural que desarrolla la Institución anualmente, y una de sus actividades son concursos propuestos por las unidades académicas. Por parte de la Decanatura de Ingeniería Industrial, se propuso el desarrollo de este juego y se denominó “Diseño de Sistemas Productivos con Lego”. En este concurso participaron 7 equipos, conformados cada uno por 3 estudiantes. Siguiendo las etapas propuestas se entregó a los equipos el contexto del juego, se definió una fecha de entrega para sus decisiones de planeación y se estableció una programación para el desarrollo de la etapa de ejecución.

Previo a la participación de los equipos se realizó una inducción sobre el funcionamiento del sistema y las métricas con las cuales se evaluaría su desempeño. En la Fig. 8 se presenta un registro fotográfico de la participación de uno de los equipos.

Los resultados finales de la lúdica por equipos se presentan en la tabla II.



Fig. 8. Aplicación del juego de simulación física provisto de la interfaz dinámica.

TABLA II  
PUNTAJES DE LOS EQUIPOS PARTICIPANTES

Equipo	Puntaje
Equipo 1	321
Equipo 2	194
Equipo 3	254
Equipo 4	305
Equipo 5	309
Equipo 6	213
Equipo 7	210

Como resultado, el equipo ganador en esta versión del concurso fue el equipo 2, que además de haber desarrollado una buena planeación, acertó en su ejecución. Esto quiere decir que al final del juego tuvieron el menor puntaje en comparación con los demás equipos. En particular, tuvieron un menor costo de almacenamiento al poseer la menor cantidad de productos en inventario. Además, atendieron la mayor cantidad de órdenes posible reduciendo el costo de órdenes no atendidas. Por último, lograron sincronizar su equipo en la banda automatizada consiguiendo precisión en el cumplimiento de las órdenes y, a su vez, mayor velocidad de trabajo. Por otra parte, los demás equipos si bien completaron toda la actividad, su desempeño fue inferior en los diferentes indicadores.

En complemento de la metodología descrita por Manrique [58], en el juego de simulación propuesto se consideró el diseño, ajuste y aplicación de una encuesta cualitativa para

conocer la percepción de los participantes sobre el grado de contribución del juego en el desarrollo de competencias. Se obtuvo respuesta del 86% de los participantes. Las preguntas realizadas y los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- *Pregunta 1: ¿Considera que la actividad le permitió aplicar conocimientos relacionados con el campo de las matemáticas e ingeniería?*

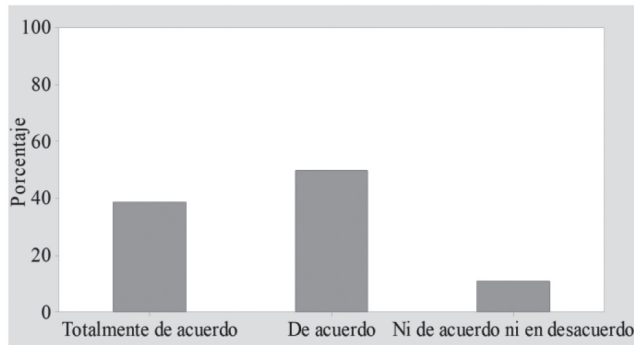


Fig. 9. Resultados pregunta 1.

El 89% de los participantes consideró que su participación en el juego contribuyó a la aplicación de su conocimiento en el campo de las matemáticas e ingeniería.

- *Pregunta 2: ¿Considera que la actividad le permitió mejorar sus habilidades para analizar e interpretar datos para tomar decisiones?*

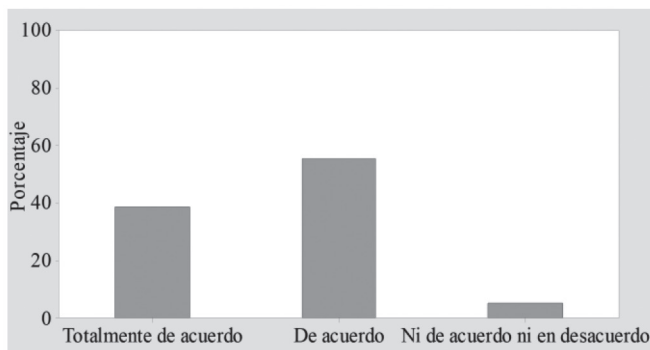


Fig. 10. Resultados pregunta 2.

El 95% de los jugadores consideró que su participación en el juego de simulación favoreció su capacidad para analizar e interpretar datos para convertirlos en información para la toma de decisiones.

- *Pregunta 3: ¿Considera que la actividad favoreció su capacidad para solucionar problemas, usando un juego de simulación para recrear un contexto industrial real?*

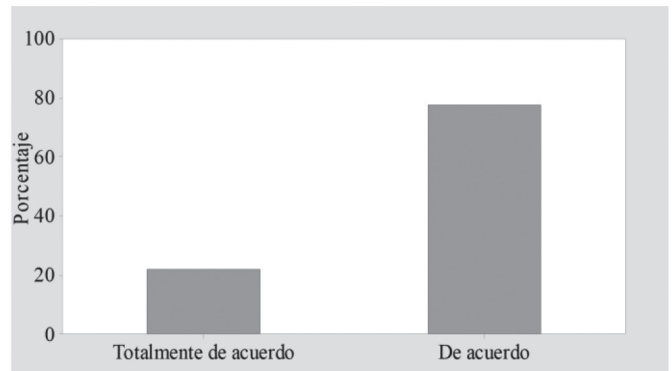


Fig. 11. Resultados pregunta 3.

El 100% de los jugadores expresó que su participación en el juego de simulación favoreció su capacidad para solucionar problemas como beneficio del juego de simulación en un contexto industrial real.

Otros hallazgos hacen referencia a comentarios por parte de los jugadores sobre su participación en la lúdica, como reconocer la importancia de un balance entre la teoría y la práctica en temas de la ingeniería industrial, puesto que soporta la planeación y esta última permite experimentar efectos como la incertidumbre presente en la estimación de la demanda, según se evidenció en la elaboración de pronósticos, una actividad efectiva en la industria para reducir la variabilidad de los procesos de gestión de operaciones con impacto en los costos y servicio al cliente.

Además, los jugadores recomiendan realizar convocatorias más amplias hacia otros programas de ingeniería, en contextos similares al planteado en el juego de simulación, para generar equipos multidisciplinarios.

Para los investigadores, los resultados de esta implementación fueron satisfactorios en cuanto al desempeño general del sistema, el software y las mecánicas de juego.

## V. CONCLUSIONES

Promover el aprendizaje activo, desde los juegos de simulación, genera entornos en los que los estudiantes pueden participar, motivados por intereses como aplicar y fortalecer sus conocimientos teóricos y prácticos. Con este planteamiento, el juego de simulación presentado en este caso de estudio busca reunir una serie de conceptos del campo de la ingeniería industrial, como planeación de demanda, procesamiento de órdenes, definición de políticas de inventario, circunscrito en un contexto real al considerar restricciones presentes en la industria: uso eficiente de recursos, búsqueda de reducción de tiempos de procesamiento para atender órdenes y minimizar costos asociados a la gestión.

Adicionalmente, se puede evidenciar que los estudiantes perciben el aporte del juego en el desarrollo de competencias de ingeniería como capacidad de aplicar conocimiento, habilidad para analizar e interpretar datos para convertirlos en información para la toma de decisiones, capacidad para

trabajar en equipo, capacidad para identificar, solucionar y asociar problemas de ingeniería en un contexto industrial real. El desarrollo de dichas competencias surge gracias a la implementación de la ludificación como estrategia de enseñanza, tanto en el diseño del juego como en su implementación con los estudiantes. Es importante resaltar el interés y motivación que manifestaron los estudiantes durante la actividad, quienes al ver una estrategia innovadora y diferente a las acostumbradas durante su formación, logró que voluntariamente se mantuvieran comprometidos y activos en su participación.

Al momento de diseñar futuros juegos de simulación se debe tener en cuenta la flexibilidad de los mismos, para recrear nuevos entornos, agregar o eliminar supuestos y restricciones para la resolución de futuros problemas en la enseñanza en ingeniería. Asimismo, es necesario lograr un mayor desarrollo en la interfaz visual de los jugadores, para hacer su experiencia más interactiva y cercana al mundo laboral, además de motivar y comprometer al estudiante en su proceso de aprendizaje.

Dado que en general esta investigación busca explorar nuevas estrategias de enseñanza a nivel cualitativo, se considera adecuado para estudios futuros explorar el desempeño de cada grupo en cada una de las métricas, desde la primera hasta la última orden de pedido. De igual manera, ampliar la muestra y ejecutar más simulaciones.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, que a través de su convocatoria “Jóvenes Investigadores 2015” financió el proyecto “Ludificación de las metodologías de enseñanza en ingeniería a través del uso de Invention System Kits”.

#### REFERENCIAS

[1] *Unesco. Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development.* 2010.

[2] Yajima, K., Hayakawa, Y., Kashiwaba, Y., Takahashi, A., Oiguchi, S. Construction of Active Learning Environment by the Student Project. *Procedia Comput Sci* 2016;96:1489–96. doi:10.1016/j.procs.2016.08.195.

[3] Subramanian, A., Timberlake, M., Mittakanti, H., Lara, M., Brandt, M.L. Novel Educational Approach for Medical Students: Improved Retention Rates Using Interactive Medical Software Compared with Traditional Lecture-Based Format. *J Surg Educ* 2012;69:449–52. doi:10.1016/j.jsurg.2012.05.013.

[4] Littlewood, K.E., Shilling, A.M., Stemland C.J., Wright, E.B., Kirk, M.A. High-fidelity simulation is superior to case-based discussion in teaching the management of shock. *Med Teach* 2013;35:e1003–10. doi:10.3109/0142159X.2012.733043.

[5] Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L., Dixon, D. Gamification: toward a definition. *Chi* 2011, p. 12–5. doi:978-1-4503-0268-5/11/0.

[6] Ben-Zvi T, Carton TC. Business Games as Pedagogical Tools. PICMET '07 - 2007 Portl. Int. Conf. Manag. Eng. Technol., IEEE; 2007, p. 1514–8. doi:10.1109/PICMET.2007.4349473.

[7] Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., Tronci, M. A simulation based game approach for teaching operations management topics. Proc. - Winter Simul. Conf., 2012. doi:10.1109/WSC.2012.6465028.

[8] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. From game design elements to gamefulness. *Proc 15th Int Acad MindTrek Conf Envisioning Futur Media Environ - MindTrek '11* 2011;9–11. doi:10.1145/2181037.2181040.

[9] Hidayatno, A., Indonesia, D., Moeis, A.O. Development of Simulation Game for Teaching Strategic and Operational Aspect of Production

System. Proceeding 2014 Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag., 2014, p. 1316–21.

[10] Bloomer, J., What Have Simulation and Gaming got to do with Programmed Learning and Educational Technology? *Innov Educ Train Int* 1973;10:224–34. doi:10.1080/1355800730100402.

[11] Adelsberger, H.H., Bick, M.H., Kraus, U.F., Pawlowski, J.M. A simulation Game approach for efficient education in Enterprise Resource Planning systems. *Esm'99 - Model Simul A Tool Next Millenn*, Vol. 1 1999;Soc Comp Simulat Int; IBIB PAN, Inst Biocybernet &.

[12] Anderson, C. Simulation Game Playing - A Nursing Instructional Strategy. *Clin Simul Nurs* 2008;4:e7–15. doi:10.1016/j.ecns.2009.05.049.

[13] Bruder, P. Game on: Gamification in the classroom. *Educ Dig* 2015;80:56.

[14] Agapiou, A. An Evaluation of a Contract Management Simulation Game for Architecture Students. *Transactions*, 2006;3:38–51. doi:10.11120/tran.2006.03020038.

[15] Silverman, B.G., Holmes, J., Branas, C., Ivins, D., Weaver, R., et al. Modeling Emotion and Behavior in Animated Personas to Facilitate Human Behavior Change: The Case of the Heart-sense Game. *Health Care Manag Sci* 2001;4:213–28. doi:10.1023/A:1011448916375.

[16] Mann, B.D., Eidelson, B.M., Fukuchi, S.G., Nissman, S.A., Robertson, S., Jardines, L. The development of an interactive game-based tool for learning surgical management algorithms via computer. *Am J Surg* 2002;183:305–8. doi:10.1016/S0002-9610(02)00800-0.

[17] Au, T., Parti E.W. Building construction games-general description. *J Constr Div* 1969;95:1–9.

[18] Halpin, D.W. Constructo — An Interactive Gaming Environment. *J Constr Div* 1976;102:145–96.

[19] Veshosky, D., Egbers, J. H. Civil Engineering Project Management Game: Teaching with Simulation. *J Prof Issues Eng Educ Pract* 1991;117:203–13. doi:10.1061/(ASCE)1052-3928(1991)117:3(203).

[20] Al-jibouri, S.H., Mawdesley, M.J., Scott, D., Gribble, S. The use of a simulation model as a game for teaching management of projects in construction. *Int J Eng Educ* 2005;21:1195–202.

[21] El-Hajj, A., Kaban, K.Y. A spreadsheet simulation of logic networks. *IEEE Trans Educ* 1991;34:43–6. doi:10.1109/13.79879.

[22] Morrow, M. G., Welch, T. B., Wright, C. H. G. An inexpensive software tool for teaching real-time DSP. Proc. *1st IEEE DSP Educ. Work.*, 2000, p. 15–8.

[23] Drofenik, U., Kolar, J.W. Survey of modern approaches of education in power electronics. *IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo.*, vol. 2, IEEE; 2002, p. 749–55. doi:10.1109/APEC.2002.989329.

[24] Irvine, C.E., Thompson, M. Teaching objectives of a simulation game for computer security. Naval Postgraduate School Monterey Ca 2003.

[25] Navarro, E.O., van der Hoek, A. SIMSE: An Interactive Simulation Game for Software Engineering Education. *CATE*, In *Proceedings of the 7 th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education, Kauai, Hawaii*, 2004, p. 12–7.

[26] Leemkuil, H., de Jong, T., de Hoog, R., Christoph, N. KM QUEST: A Collaborative Internet-Based Simulation Game. *Simul Gaming* 2003;34:89–111. doi:10.1177/1046878102250605.

[27] Benitti, F. B. V., Sommariva, L. Evaluation of a game used to teach usability to undergraduate students in computer science. *J Usability Stud* 2015;11:21–39.

[28] Connolly, T.M., Stansfield, M., Hailey, T. An application of game-based learning within software engineering. *Br J Educ Technol* 2007;38:416–28.

[29] Benson, T.J. An interactive educational tool for turbojet engines. AIAA, SAE, ASME, ASEE, Jt. Propuls. Conf. Exhib. *31 st, San Diego, CA*, 1995.

[30] Benson, T. Interactive educational tool for turbofan and afterburning turbojet engines. 32nd Jt. Propuls. Conf. Exhib., *Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics*; 1996. doi:10.2514/6.1996-2561.

[31] Coller, B.D., Scott, M.J. Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. *Comput Educ* 2009;53:900–12. doi:10.1016/j.compedu.2009.05.012.

[32] Bell, J.T., Fogler, H.S. Low-cost virtual reality and its application to chemical engineering-part two. *Comput Syst Technol Div Commun* 1995;18.

[33] Rovner, S.L. Video game aims to engage students. *Chem Eng News* 2006;84:15–76.

[34] Carpenter, Y., Moore, E.B., Perkins, K.K. *ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning:*

- Using an Interactive Simulation To Support Development of Expert Practices for Balancing Chemical Equations. *J Chem Educ* 2016.
- [35] Sterman, J.D. Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. *Manage Sci* 1989;35:321–39. doi:10.1287/mnsc.35.3.321.
- [36] Cox, J.F., Walker, E.D. Using a Socratic Game to Introduce Basic Line Design and Planning and Control Concepts. *Decis Sci J Innov Educ* 2004;2:77–82. doi:10.1111/j.0011-7315.2004.00022.x.
- [37] Hidayatno, A., Indonesia, D., Moeis, A. O. Development of Simulation Game for Teaching Strategic and Operational Aspect of Production System. Proc. 2014 Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag., 2014, p. 1316–21.
- [38] Miller, A., Bures, M. New Approach to Industrial Engineering Education with the Help of Interactive Tools. *Procedia-Social Behav Sci* 2015;174:3413–9.
- [39] Müller, B.C., Reise, C., Seliger, G. Gamification in Factory Management Education – A Case Study with Lego Mindstorms. *Procedia CIRP* 2015;26:121–6. doi:10.1016/j.procir.2014.07.056.
- [40] Braghirolli, L.F., Ribeiro, J.L.D., Weise, A.D., Pizzolato, M. Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. *Comput Human Behav* 2016;58:315–24.
- [41] Müller, B.C., Reise, C., Duc, B.M., Seliger, G. Simulation-games for Learning Conductive Workplaces: A Case Study for Manual Assembly. *Procedia CIRP* 2016;40:353–8. doi:10.1016/j.procir.2016.01.063.
- [42] Mejía, K.A.P., Quevedo, J.L.P., Ramos, A.F.S. Herramienta didáctica para la explicación de conceptos de balanceo de línea en cursos de producción de los programas de ingeniería industrial. *Rev Educ En Ing* 2016;11:51–8.
- [43] Silva, E.D., Macedo, M., Teixeira, C., Lanzer, E., Graziani, Á.P. Game-Based Learning: Analysis of Students' Motivation, Performance, and Drop Out in a Production Engineering Course. *Adv. Hum. Factors, Bus. Manag. Train. Educ., Springer*; 2017, p. 933–45.
- [44] López, D.C., Mejía, L.A. Aplicación de una lúdica en el salón de clase para enseñanza de la ingeniería industrial. Caso ingeniería de métodos. *Entre Cienc E Ing* ISSN 1909-8367 Año 8, 15 – Prim Semest 2014, 90 - 99 2014.
- [45] Riis, J.O. Simulation games and learning in production management. *Springer Science & Business Media*; 1995.
- [46] Sun, H. A game for the education and training of production/operations management. *Educ Train* 1998;40:411–6.
- [47] Alarcón, L.F., Ashley, D.B. Playing games: Evaluating the impact of lean production strategies on project cost and schedule. Proc. 7th Annu. Conf. Int. Gr. Lean Constr., 1999, p. 263–74.
- [48] Adelsberger, H.H., Bick, M.H., Kraus, U.F., Pawlowski, J.M. A simulation game approach for efficient education in enterprise resource planning systems. *Proc. ESM*, vol. 99, 1999, p. 454–60.
- [49] Léger, P.M. Using a simulation game approach to teach enterprise resource planning concepts. *J Inf Syst Educ* 2006;17:441.
- [50] Lee, W.B., Lau, H.C.W., Ning, A. An integrated study methodology for learning strategic inventory management. *Int J Eng Educ* 2006;22:329.
- [51] Chang, Y.C., Chen, W.C., Yang, Y.N., Chao, H.C. A flexible web-based simulation game for production and logistics management courses. *Simul Model Pract Theory* 2009;17:1241–53. doi:10.1016/j.simpat.2009.04.009.
- [52] Pasin, F., Giroux, H. The impact of a simulation game on operations management education. *Comput Educ* 2011;57:1240–54. doi:10.1016/j.compedu.2010.12.006.
- [53] Rodríguez, A., Mejía, K., Ramos, A. Propuesta de un juego de mesa como herramienta didáctica para la explicación de conceptos de control de inventarios en programas de ingeniería industrial. *Rev Educ En Ing* 2016;11:45–50.
- [54] Feng, K., Ma, G. Learning Supply Chain Management with Fun: An Online Simulation Game Approach. *Calif J Oper Manag* 2008;6:41–8.
- [55] Mustafee, N., Katsaliaki, K. The blood supply game. 2010 *Winter Simul. Conf.*, 2010, p. 327–38. doi:10.1109/WSC.2010.5679151.
- [56] Anderson, E.G., Morrice, D.J. A simulation game for teaching service-oriented supply chain management: does information sharing help managers with service capacity decisions?\*. *Prod Oper Manag* 2000;9:40–55. doi:10.1111/j.1937-5956.2000.tb00322.x.
- [57] Tobail, A., Crowe, J., Arisha, A. Learning by gaming: Supply chain application. Proc. 2011 *Winter Simul. Conf., IEEE*; 2011, p. 3935–46. doi:10.1109/WSC.2011.6148084.
- [58] Manrique, V. Gamification by @victormanriquey: The LevelUP Gamification Design Process n.d. Available: <http://www.epicwinblog.net/2014/01/the-levelup-gamification-design-process.html> (accessed December 1, 2016).
- [59] *The Lego Group*. LEGO MINDSTORM EV3 User Guide. Lego.com 2013:69. <http://www.lego.com/en-gb/mindstorms/downloads/user-guide> (accessed December 2, 2016).
- [60] González, J., Wagenaar, R. Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia. 2009.
- [61] ABET. Criteria For accrediting engineering programs. Engineering accreditation commission 2006.
- [62] Hunicke, R., LeBlanc, M., Zubek, R. M. A formal approach to game design and game research. Proc. AAAI Work. *Challenges Game AI*, vol. 4, 2004, p. 1.

**Carlos Rodrigo Ruiz Cruz.** Nació en Popayán, Colombia. Ingeniero Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el año 2000. Especialista en Logística de la Universidad del Valle en 2006 y Magister en Ingeniería de esta última universidad, en 2008. Es profesor asociado en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, donde además es director de la Especialización en Gerencia de Producción Industrial.

**Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez.** Nació en Zipaquirá, Colombia. Ingeniera electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana en el año 2011. Master of Science en Ingeniería Mecatrónica, del politécnico di Torino, Italia en 2011. Master de segundo nivel en Automatización Industrial de esta última universidad en el año 2014, y especialista en Lean Manufacturing y World Class Manufacturing en 2012. Experiencia en el campo de gestión de instalaciones, desarrollo de producto y producción para el grupo FIAT - CHRYSLER en Turín, Italia. En la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito es profesor instructor de las asignaturas de Lean Management para servicios y Organizaciones, Desarrollo de Producto, Laboratorio de desarrollo de producto, Diseño de Plantas Industriales y World Class Manufacturing; coordinadora de Desarrollo de Producto y de laboratorio de desarrollo del producto.

**Joan Paola Cruz González.** Nació en Barrancabermeja, Colombia. Ingeniera Industrial de la Universidad de los Andes en 2007. Magister en Ingeniería Industrial en el Área de Gestión y Dirección Organizacional de la Universidad de los Andes de Bogotá en 2009. Experiencia profesional como consultora en las empresas Crowe Horwath y Global Consulting y como asistente de gerencia en Asesoftware Ltda. Experiencia como Profesor de Cátedra en la Universidad de los Andes. Profesora Asistente en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en Gestión Organizacional y Gestión de Capital Humano en pregrado; Pensamiento Sistémico y Dinámica de Sistemas en la Maestría en Ingeniería Industrial. Es Directora del Centro de Estudios de Sistemas de Gestión y Coordinadora del Énfasis en Gestión Integrada de la Maestría en Ingeniería Industrial.

**Liliana Pedraza Vega.** Nació en Zipaquirá, Colombia. Ingeniera de sistemas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en 1996. Especialista en Gerencia Informática de la Escuela de Administración de Negocios en 2002 y de Magister en Informática Educativa de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile en 2005. Ha trabajado como asesora de innovaciones educativas, formadora de formadores y profesora universitaria. Como asesora ha estado vinculada con el Departamento Administrativo de Estadística y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia en proyectos de transformación y/o creación de cursos y programas virtuales, así como en proyectos de rediseño de cursos con apoyo de tecnología. Como formadora de formadores ha liderado foros, cursos y talleres sobre el uso e integración de la tecnología en el proceso educativo y como profesora, ha trabajado en la Universidad Externado de Colombia, la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile y la Universidad Tecnológica de Pereira, en cursos de pregrado, de postgrado y de educación continuada. Actualmente es profesora de la Escuela Colombiana de Ingeniería y Coordinadora de Desarrollo Profesional, en la misma institución.

**Diana Catalina Londoño Restrepo.** Nació en Medellín, Colombia. Ingeniera de producción de la Escuela Universidad EAFIT en 2002. Especialista en Logística Internacional de ESUMER en 2008 y Magister en Administración con especialidad en gestión integrada de la calidad, seguridad y medio ambiente de la Universidad de Viña del Mar en 2012. Ha trabajado en las áreas de Producción y Calidad en empresas de Manufactura y como profesora universitaria para las instituciones de Educación Superior de Colombia como el Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Autónoma Latinoamericana, Universidad Central y Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, en cursos de pregrado, de postgrado.