

Propuesta de escenario lúdico para facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje en temáticas de Simulación Discreta

Hands-on activity to facilitate the teaching – learning process of Discrete Simulation topics.

Carlos Mauricio Zuluaga Ramírez, Manuela del Pilar Gómez Suta
Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira Colombia
Tecnológica de Pereira
 Correo-e: madegomez@utp.edu.co

Resumen—Este artículo expone una propuesta de escenario lúdico para facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje en temáticas e instrumentos computacionales asociados a la Simulación Discreta. En un inicio se presenta el sustento teórico de la metodología pedagógica empleada para su diseño y se muestran nociones básicas de las temáticas que se pueden explorar en el escenario lúdico. Posteriormente se presenta el desarrollo de la propuesta y el modelo de simulación resultante, que se puede alcanzar al ejecutar el ambiente pedagógico expuesto. Por último, se desarrollan algunas conclusiones y consideraciones.

Palabras clave— Escenario lúdico, proceso de enseñanza – aprendizaje, simulación discreta, software PROMODEL.

Abstract— This article presents a proposal of a hands-on activity to facilitate the teaching - learning process in thematic and computational instruments associated with Discrete Simulation. At first, the theoretical support of the pedagogical methodology used for its design is presented and basic notions of the themes that can be explored in the hands-on activity are presented. Subsequently it presents the development of the proposal and the resulting simulation model, which can be achieved by executing the pedagogical environment exposed. Finally, some conclusions and considerations are developed.

Key Word —Hands-on activity, teaching – learning process, discrete simulation, PROMODEL software

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la tecnología conduce al desarrollo económico y social de los países, la importancia de una buena formación en ingeniería académica debe ser considerada como un aspecto central en todo sistema educativo [1]; en especial cuando son los ingenieros los llamados a interactuar con

entornos computacionales empleando conceptos matemáticos y lógicos para analizar diferentes problemáticas, evaluar varias alternativas y tomar decisiones encaminadas a desarrollar soluciones eficaces [2].

En este orden la educación universitaria tiene un rol estratégico en el proyecto de desarrollo económico, social y político en el que está comprometido el país, por esto, el empleo de metodologías y herramientas de enseñanza, que brinden a las nuevas generaciones las competencias demandadas, son unos de los temas a tratar [3]. De este modo se debe plantear una formación que abarque tanto aspectos teóricos como aplicaciones prácticas, que muestren a los estudiantes cómo relacionar el conocimiento abstracto que aprenden en las sesiones de conferencias con los problemas del mundo real y sus dificultades ; así mismo, esta formación debe permitir a los futuros profesionales desarrollar habilidades de comunicación que emplearán para trabajar en colaboración y habilidades de auto – aprendizaje que puedan utilizar para enfrentar entornos altamente cambiantes y competitivos [1].

Lo anterior se ve reforzado porque existe un consenso sobre la discrepancia presente en el comportamiento dinámico del medio laboral y el sector educativo, es decir, entre los requerimientos que necesitan los nuevos profesionales y el desarrollo paulatino que existe en la academia frente a los procesos de enseñanza que fomentan las habilidades y capacidades exigidas [4], pues a medida que el medio ambiente cambia, las demandas de la industria con respecto a las habilidades que deben poseer los nuevos ingenieros también lo hacen.

La enseñanza de la investigación de operaciones y estadística a nivel de pregrado no es ajena a la situación antes planteada;

ya que es usual que los problemas a los que se enfrentan los estudiantes de ingeniería en su vida profesional, relacionados con esta temática difieren de los que han resuelto en los ámbitos académicos con la ayuda de las herramientas matemáticas y computacionales [5]. Sumado a esto, investigaciones como la de [6], demuestran que existen amplias brechas entre las expectativas de la industria y las habilidades de los graduados de ingeniería, especialmente en referencia a la capacidad de trabajo en equipo y resolución de problemas.

A partir de las problemáticas y necesidades expresadas desde el contexto académico y laboral, [7] expone ciertos retos que enfrenta la enseñanza de la investigación de operaciones y estadística, algunos de ellos se expresan a continuación:

- Esta rama del conocimiento está fuertemente atada a las ciencias computacionales, por ende, se ve afectada por los continuos cambios en el desarrollo de software, creando incertidumbre sobre cuáles deben ser las habilidades y conocimiento que las instituciones académicas deben brindar a sus estudiantes.
- El estudio de la investigación de operaciones y estadística debe tener en cuenta el surgimiento constante de nuevos sistemas complejos, que deben llegar a ser descritos y analizados en los ámbitos académicos.
- La enseñanza de este tipo de herramientas informáticas relacionadas con la investigación de operaciones y estadística puede verse de una manera alejada al resto de saberes, cuando es exactamente lo contrario, pues los futuros profesionales deben responder a necesidades holísticas y no particulares.

Por esta razón se presenta la pertinencia de plantear estrategias educativas que sean un puente entre los conocimientos científicos y las posibilidades tecnológicas que pueden surgir de la empleabilidad de teorías y postulados de las ciencias básicas, y a su vez, que estas estrategias pedagógicas faciliten que los desarrollos académicos alcanzados se puedan llevar a aplicaciones prácticas en espacios reales, donde se busque satisfacer necesidades sociales [3].

En este documento, el grupo de investigación GEIO, presenta una propuesta pedagógica que busca crear un escenario lúdico donde los participantes puedan vivenciar un experimento que facilite identificar algunos conceptos básicos de Investigación de Operaciones y Estadística en relación con la Simulación Discreta, de esta forma, brindarles instrumentos con los cuales de manera sencilla puedan desarrollar modelos empleando el software PROMODEL. Dicha estrategia pedagógica busca facilitar que los participantes: i) asimilen una serie de conceptos científicos y ii) relacionen los mismos con la empleabilidad de una herramienta tecnológica.

De esta forma en el apartado número dos se muestra el sustento teórico de la metodología empleada para el desarrollo de la propuesta, además, se exponen algunos conceptos de Simulación Discreta que se pueden explorar en el escenario lúdico. En el título tres se expone el desarrollo de la propuesta pedagógica, más adelante se explica el modelo de simulación resultante que se puede alcanzar y por último se despliegan algunas conclusiones y recomendaciones.

II. MARCO TEÓRICO

Este apartado contiene el soporte teórico de la metodología empleada para diseñar el escenario lúdico; también expone algunos conceptos de Simulación Discreta, que se considera pueden ser tratados para comprender mejor el documento.

A. Metodología del grupo GEIO

Desde la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, el Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO) investiga sobre nuevas herramientas y métodos de enseñanza que puedan emplearse en el aula de clase para ser el punto de conexión entre los aspectos científicos y tecnológicos que debe conocer el ingeniero industrial para responder a las problemáticas sociales de su entorno.

A partir de investigaciones desarrolladas por más de quince años, GEIO ha generado una metodología activa que permite al estudiante vivir el conocimiento por medio de la simulación de ambientes reales que deberá afrontar en su vida profesional, de esta forma, involucra capacidades como el raciocinio, la percepción, emoción, memoria, imaginación y la voluntad en la construcción de su propio conocimiento [8].

La metodología del grupo GEIO ha sido evaluada a través de diversos métodos como los expuestos en [9]–[11]. Por ejemplo [10], a través de validación por criterio de expertos, comprobaron que la herramienta lúdica *fábrica de camisas modificada* era una propuesta didáctica clara, pertinente, viable, coherente y eficaz para la exposición y análisis de la programación dinámica determinista en el problema simple de balanceo de línea de ensamble.

Así mismo la metodología desarrollada por GEIO se puede sustentar a través de los principios didácticos, definidos como los aspectos generales que la estructura de la metodología pedagógica debe seguir para la creación de objetivos y normas, que permitan alcanzar un proceso de enseñanza – aprendizaje significativo [12]. A continuación, se presenta la forma en que la metodología del grupo GEIO evidencia el empleo de los principios didácticos.

- Carácter científico del proceso educativo

La metodología del grupo GEIO es sustentada por diferentes corrientes educativas desarrolladas a partir del siglo XX,

como: la teoría socio – constructivista [13], la teoría constructivista piagetiana [14], teoremas del aprendizaje humanista [15], postulados de David Kolb y Roger Fry sobre el Aprendizaje Experiencial [16] y fundamentos del pensamiento sistémico de Peter Senge [17]. A través del estudio y aplicación de estas corrientes pedagógicas, GEIO ha propuesto una metodología de enseñanza en la educación universitaria, que busca el aprendizaje significativo por medio del desarrollo de micro mundos en el salón de clases y entendiendo los escenarios lúdicos como la representación simplificada de un entorno, donde los participantes pueden experimentar diferentes posturas sin temer grandes consecuencias, lo que da paso a la reflexión y constitución de disposiciones, partiendo de experiencias previas.

El método propuesto por el grupo GEIO no puede ser encasillado, pues depende del contenido que se desee exponer, de esta forma, se brinda al estudiante diversos métodos investigativos que le sean útiles cuando se deba enfrentar a contextos reales desde el rol de ingeniero. Igualmente, el contenido que se expone está acorde al plan de estudio desarrollado por la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, que responde a los desafíos que debe enfrentar un profesional exitoso.

- Carácter sistemático del proceso enseñanza – aprendizaje

La metodología del grupo GEIO ofrece una serie de escenarios lúdicos que involucran al estudiante en un acto creativo donde se puede interactuar con el objeto de estudio y con otras personas, de esta forma, se propician ámbitos donde los participantes son autores de su propio conocimiento, siendo su guía los procesos de reflexión que se generan de analizar la estructura de saberes con la que previamente contaban y la que actualmente forman. El aprendizaje que se consigue es intencional pues el participante es quien propone las metas a alcanzar, el punto al que desea llegar y la calidad de los resultados obtenidos; así, se logra un aprendizaje auténtico, retador y contextualizado. Igualmente, el empleo de simulaciones lúdicas de entorno que el futuro profesional debe enfrentar facilita al estudiante reconocer las relaciones entre el contenido científico de interés y la utilización de este en un contexto práctico.

- La vinculación de la teoría con la práctica

GEIO a través de sus laboratorios lúdicos, brinda espacios controlables donde el estudiante puede conocer una serie de situaciones prácticas, además, domina, modifica y mejora las mismas mediante el empleo de la ciencia y la tecnología que en el ámbito académico le dan a conocer; lo anterior, en búsqueda de una formación integral.

- La vinculación de lo concreto y lo abstracto

Es conveniente nombrar que GEIO no cierra sus herramientas pedagógicas a un método de enseñanza, sino que brinda un abanico de posibilidades dentro de una misma asignatura. De esta forma, con el empleo de escenarios lúdicos favorece la creación de ambientes para la recepción y elaboración de conocimientos, donde el estudiante a través de la práctica toma un papel activo, pues se expresa de una forma artística, para finalmente construir su identidad profesional.

- Carácter del trabajo consciente, creador, activo e independiente de los estudiantes bajo la dirección del docente

La metodología de GEIO permite la construcción de espacios donde el estudiante interactúe con otros mientras adquiere o afianza conceptos de interés, por esto crea nexos afectivos e involucra la sensibilidad del ser, sus emociones y espiritualidad. A partir de esta práctica de aprendizaje se estimula la creatividad y se introducen espacios de dinamismo y diversión, donde el estudiante construye su propio conocimiento, además, desarrolla un espíritu crítico al socializar y trabajar en equipo.

A partir del análisis efectuado, se puede afirmar que la metodología universitaria diseñada por el grupo GEIO, busca generar en el estudiante aprendizaje significativo, a través del empleo de escenarios lúdicos que representan entornos donde el participante experimenta diversas posturas, de esta forma, se crean procesos de reflexión orientados por el carácter científico y tecnológico que brindan las actividades. Igualmente, el papel del estudiante es activo, pues es él quien construye su conocimiento en la medida que interactúa con el entorno simulado y realiza cambios en el mismo, empleando temáticas y conceptos científicos.

El grupo de investigación GEIO, a través del empleo de las herramientas pedagógicas desarrolladas, buscar facilitar la comprensión de los contenidos científicos para que la creación y exploración de nuevos instrumentos tecnológicos se realice eficazmente, reconociendo de manera transversal a este proceso, las problemáticas sociales que el futuro profesional debe enfrentar.

B. Nociones de Simulación Discreta.

Una simulación es una imitación de una operación que ocurre en un proceso real o en un sistema a lo largo del tiempo, ya sea de carácter computacional o manual, la simulación envuelve la generación artificial de la historia de un sistema y la observación de esa historia permite realizar inferencias de las características operacionales del sistema real [18].

El comportamiento de un sistema a medida que evoluciona en el tiempo se estudia mediante el desarrollo de un modelo de simulación, que es: i) una herramienta de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes y ii) una herramienta de diseño del comportamiento de nuevas

unidades que se encuentran bajo diferentes conjuntos de circunstancias. Sin embargo muchos sistemas reales son demasiado complejos lo que hace casi imposible la modelación de los mismos; en estos casos, la simulación por computador es empleada como una imitación del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo [19].

La simulación de sistemas, siguiendo el paradigma de eventos discretos, es aquella donde las variables de estado cambian de forma discreta en el tiempo. Este tipo de modelos pueden ser analizados con métodos analíticos que se emplean de forma inductiva para estudiar el sistema bajo diferentes condiciones; así mismo, se pueden usar métodos numéricos desarrollados computacionalmente [20].

Los softwares de simulación se caracterizan por emplear una interfaz gráfica de usuario, animación y salidas automatizadas para medir el rendimiento del sistema. PROMODEL™ [21] es un software ofrecido por Promodel Corporation y es uno de los paquetes de simulación más usados en el mercado. Este producto se enfoca a procesos de fabricación de uno o varios productos, líneas de ensamble y transformación, entre otros; así mismo, su lenguaje de programación proporciona el modelado de situaciones especiales no cubiertas por las opciones incorporadas.

Los elementos de modelado en PROMODEL™ son partes (entidades), ubicaciones, recursos, redes de rutas, lógica de enrutamiento, procesamiento y llegadas. Las entidades llegan y siguen la lógica de enrutamiento y procesamiento de una ubicación a otra. Los recursos se utilizan para representar personas, herramientas o vehículos que transportan partes entre ubicaciones o realizan operaciones. Los elementos de enrutamiento y procesamiento ejecutan la lógica procesal definida por el usuario en el lenguaje de programación de PROMODEL™ [22].

En PROMODEL™ se pueden distinguir una serie de módulos que permiten hacer un estudio integral del sistema de interés; cada uno de estos módulos cuenta con herramientas de trabajo que hacen del software uno de los paquetes más completos en el mercado. A continuación se hace una breve descripción de algunos de ellos [23].

- **PROMODEL:** Es el área de trabajo donde se define el modelo y todos sus componentes. En este módulo se programa todo lo que tiene que ver con las relaciones entre las variables del modelo, tanto contadores como relaciones lógicas, flujos, actividades y ciclos.
- **Editor gráfico:** Son una serie de bibliotecas que permiten dar una mejor presentación visual a los modelos realizados. Además, cuenta con la capacidad de importar y crear las imágenes necesarias para representar con mayor propiedad el problema a simular.

- **Resultados:** PROMODEL cuenta con una interfaz de resultados que facilita la administración, manejo y análisis de información. En este módulo se pueden ver los resultados de todas las variables del modelo, además permite la interacción con hojas de cálculo, como Excel.

III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta desarrollada bajo la metodología del grupo GEIO para trabajar conceptos básicos de la Investigación de Operaciones enfocados a la Simulación Discreta, parte de la lúdica denominada “Fábrica de vasos” [24], en la cual se recrea un sistema productivo Push de cinco estaciones que manufacturan una única referencia. Para la generación del escenario lúdico se requiere de vasos plásticos con tapas, fichas de lego grandes y pequeñas, marcadores, un rollo de sticker, un cronometro y una mesa grande o varias pequeñas, además de computadores con el software PROMODEL (se recomienda emplear la versión student que es de acceso gratuito).

En un inicio, el orientador asigna los roles de gerente general, jefe de producción, operarios y analistas de trabajo. Así mismo se establece la distribución de planta que se muestra en la

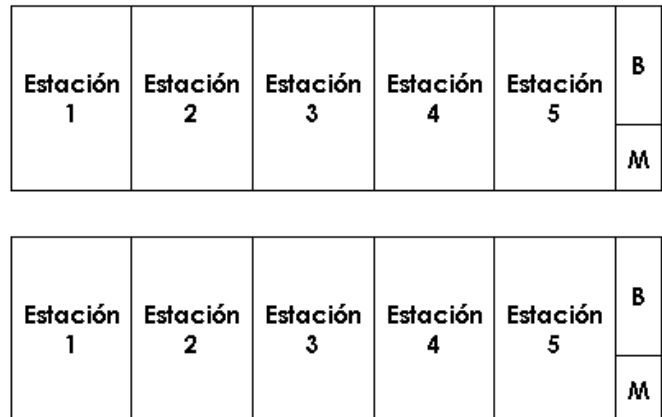


Figura 1 Distribución de Planta – tomada de [25]

En la primera estación se ubican los vasos apilados, en la segunda un contenedor de plástico con fichas pequeñas, en la tercera estación se sitúa otro contenedor con fichas grandes y tapas, en la cuarta estación se ubican los stickers y el marcador. La quinta estación representa la zona de calidad, donde el producto terminado puede clasificado como bueno o malo.

En esta primera etapa, también se deben establecer las instrucciones de producción, de forma, que para todos los participantes sean claras.

1. El operario de la primera estación, toma uno de los vasos y lo envía a la segunda estación.

2. El operario de la estación dos, toma el vaso, le introduce una ficha pequeña y lo envía a la estación tres.
3. En la tercera estación, el operario toma el vaso con la ficha pequeña (producto en proceso), le introduce una ficha grande, coloca una tapa sellando el vaso y lo envía al operario de la estación cuatro.
4. El operario de la estación cuatro, pinta los stickers, pega uno en la parte inferior del vaso y lo envía a la estación cinco.
5. La quinta estación es calidad, este operario revisa el producto terminado y declara como defectuosos los que no cumplen las siguientes condiciones:
 - El sticker debe estar bien pintado y pegado.
 - El vaso debe estar bien tapado.
 - El vaso debe tener dos fichas, una grande y una pequeña.

El Jefe de producción, mediante el cronometro, contabiliza el tiempo de proceso global y garantiza que cada corrida se realice en un tiempo de cinco minutos. El Gerente al final de cada ronda, debe contabilizar la cantidad de productos buenos, defectuosos y producto en proceso de cada estación. Los analistas de trabajo deben identificar las fallas del proceso y plantear estrategias de mejora.

Se recomienda realizar dos corridas dependiendo del tiempo que se disponga, de esta forma, reconocer el comportamiento del sistema.

Para el proceso de retroalimentación, es necesario dejar las estaciones de trabajo tal cual como quedaron después de la última corrida. Además, se recomienda comenzar con las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué fue lo que paso en la lúdica?
- ✓ ¿Qué sucedió en cada estación de trabajo?
- ✓ ¿Cómo se sintió cada participante desde su rol?
- ✓ ¿Se encontró algún desperdicio o muda de producción?
- ✓ ¿Existen estrategias para volver más efectivo el sistema?

Lo usual es que se presenten altos niveles de inventario de producto en proceso, un alto porcentaje de producto defectuoso y que la estación cuatro, sea identificada como el cuello de botella. Además, pueden surgir diferentes estrategias de mejora como emplear dos operarios en la estación cuatro, modificar las herramientas de trabajo (marcador), entre otras. Se sugiere implementar algunas de las mejoras planteadas por los participantes y volver a ejecutar el experimento.

Después de comprobar si las propuestas de mejora fueron las indicadas, se recomienda al orientador preguntar si existen más opciones para optimizar el proceso, como pueden ser: i) el empleo de líneas automatizadas, ii) diferentes

distribuciones de planta, iii) aumento o disminución de número de operarios, entre otras. De esta forma plantear si es eficiente comprobar cada una de estas posibles mejoras como se hizo anteriormente, es decir, realizando diversas corridas por cada propuesta realizada y así exponer que el empleo de los modelos de simulación podría ser una herramienta mucho más apropiada y que requiera menos tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere a los participantes la generación de un modelo de simulación sobre el sistema productivo ya expuesto. Para comenzar, se recomienda al orientador generar las siguientes preguntas

- ✓ ¿Cómo está distribuida la planta?
- ✓ ¿Cuántos centros de trabajo tiene el proceso?
- ✓ ¿Cuáles son las entradas del sistema? ¿A dónde llegan las entradas?
- ✓ ¿Cuáles son los subproductos del proceso?
- ✓ ¿Cuáles son las salidas del sistema?
- ✓ ¿Cuáles son los tiempos de proceso de cada centro de trabajo?

De esta forma permitir a los participantes identificar los diferentes elementos del experimento realizado, así facilitar la conducción y generación del diagrama que represente el sistema "Fábrica de vasos". En la Figura 4 Diagrama Fábrica de vasos se puede observar una propuesta diseñada por los autores, dicha imagen se encuentra como anexo al final del documento.

Una vez desarrollado el diagrama del sistema, se recomienda al orientador hacer una breve presentación del software PROMODEL, sus módulos principales y paradigma de funcionamiento. Después dar la oportunidad a los participantes de explorar las diferentes opciones de programación, con la finalidad de que estos se familiaricen con la interfaz gráfica presentada.

Se sugiere al orientador brindar las primeras indicaciones sobre las configuraciones referentes a las locaciones, entidades, llegadas del sistema y procedimientos, para esto puede entregar parte del código referente; no obstante, se recomienda brindar a los participantes tanta libertad como sea posible para explorar las diferentes herramientas del software.

IV. MODELO DE SIMULACIÓN "FÁBRICA DE VASOS"

Mediante la ejecución del escenario lúdico propuesto, los participantes con ayuda del orientador podrían desarrollar el modelo de simulación que se presenta en la Figura 5 Locaciones y Figura 6 Entidades, ambas imágenes se encuentran como anexos al final del documento. Así mismo en la Figura 2 Llegadas y Figura 3 Módulo de Procedimientos se encuentra la configuración respecto al módulo de llegadas y procedimientos.

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
vaso	estación 1	1	0	inf	0.1		no
ficha pequeña	estación 2	1	0	inf	0.1		no
ficha grande	estación 3	1	0	inf	0.1		no
tapa	estación 3	1	0	inf	0.1		no
sticker	estación 4	1	0	inf	0.1		no

Figura 2 Llegadas

Tabla de edición de procedimientos			Tabla de edición de enrutamiento				
Entidad	Locación	Operación	Blk	Salida	Destino	Regla	Movimiento lógico
vaso	estación 1	wait 5	1	vaso	cola vaso	first 1	move for 0.1
vaso	cola vaso	move	1	vaso	estación 2	load 1	
ficha pequeña	estación 2	load 1 wait 6	1	vaso con ficha pequeña	cola vaso ficha pequeña	first 1	move for 0.1
vaso ficha pequeña	cola vaso ficha pequeña	move	1	vaso con ficha pequeña	estación 3	first 1	
all	estación 3	group 3 as vaso tapado					
vaso tapado	estación 3	wait 8	1	vaso tapado	cola vaso tapado	first 1	move for 0.1
vaso tapado	cola vaso tapado	graphic 2 move	1	vaso tapado	estacion 4	join 1	graphic 2
sticker	estación 4	join 1 vaso tapado wait 60	1	vaso terminado	cola vaso terminado	first 1	move for 0.1
vaso terminado	cola vaso terminado	Move	1	vaso terminado	estación 5	first 1	
vaso terminado	estación 5	wait 15	1	vaso terminado	Salida	0.70 0000 1	move for 0.1
				vaso terminado	Salida	0.30 000	move for 0.1

Figura 3 Módulo de Procedimientos

Finalmente desarrollado el modelo de simulación, se plantea un conversatorio donde los participantes pueden compartir las dificultades presentadas, las ventajas de emplear un ambiente lúdico como apoyo para el planteamiento de configuraciones en el software PROMODEL™. Se recomienda al orientador generar una situación de confianza donde todos puedan expresarse libremente, de esta manera, propiciar una retroalimentación sobre las experiencias adquiridas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El escenario lúdico propuesto permite la exploración de un sistema productivo sencillo, donde los participantes reconocen y modifican variables de este sin incurrir en riesgos para ellos u otros, de esta forma, pueden recopilar

todo el conocimiento vivenciado durante su ejecución para tener insumos con los cuales desarrollar un modelo de simulación discreta.

- Mediante la propuesta pedagógica presentada se brinda la oportunidad a los estudiantes de conocer un escenario sencillo de posibles situaciones que desde un rol profesional deberán enfrentar
- A partir de la metodología desarrollada desde el grupo GEIO se pueden diseñar diversas herramientas pedagógicas con las que se busca la comprensión de los contenidos científicos para que la exploración de nuevos instrumentos tecnológicos se realice de manera eficaz, de esta forma, brindar herramientas a los estudiantes para que respondan a necesidades sociales de su entorno profesional.
- Para conocer la eficacia de la propuesta generada, se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en la aplicación y medición estadística de los impactos de ejecutar esta herramienta, así como evaluar su influencia en el desarrollo de competencia para lo cual se recomienda seguir el modelo planteado por [26] desde el grupo GEIO.
- Futuras investigaciones pueden tratar el modelamiento de sistemas que presenten problemáticas vivenciadas en algún contexto laboral como lo exponen [27], con el fin de realizar estudios donde se mezclen herramientas didáctica desarrolladas desde la academia y situaciones relevantes donde el futuro profesional deberá desenvolverse.
- En futuros proyectos se propone realizar investigaciones semejantes a la expuesta en este documento y ampliarla con paradigmas metodológicos propios de la Ingeniería Industrial como lo es el QFD. Lo anterior con el fin de generar herramientas didácticas que promuevan el aprendizaje significativo y coadyuven al fortalecimiento de competencias de los estudiantes universitarios.

REFERENCIAS

[1] A. Cruz-Martín, J. A. Fernández-Madrigal, C. Galindo, J. González-Jiménez, C. Stockmans-Daou, and J. L. Blanco-Claraco, "A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 3, pp. 974–988, 2012.

[2] K. Garg and V. Varma, "A Study of the Effectiveness of Case Study Approach in Software Engineering Education," in *Software Engineering Education & Training, 2007. CSEET '07. 20th Conference on*, 2007, pp. 309–316.

[3] L. A. Melo B, J. E. Ramos F, and P. O. Hernández S, "La Educación Superior en Colombia: Situación Actual y Análisis de Eficiencia," *Borradores Econ.*, vol. 808, 2014.

[4] L. Mejía, "Enseñanza tradicional vs metodología lúdica. un diseño experimental para medir el impacto de competencias específicas en una asignatura del pregrado en Ingeniería Industrial de la Universidad

- Tecnológica de Pereira,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2014.
- [5] A. Kolmos, “Problem-Based and Project-Based Learning Institutional and Global Change,” in *University Science and Mathematics Education in Transition*, 2009, pp. 261–280.
- [6] A. Radermacher and G. Walia, “Gaps between industry expectations and the abilities of graduates,” in *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education - SIGCSE '13*, 2013, p. 525.
- [7] N. E. Cagiltay, “Teaching software engineering by means of computer-game development: Challenges and opportunities,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 3, pp. 405–415, 2007.
- [8] C. Jaramillo and L. Mejía, “Diez notas sobre la difusión de GEIO,” *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 1, no. 1. pp. 12–18, 15-Jun-2006.
- [9] M. Fernández Cardona and I. Industrial, “Diseño de una lúdica para la introducción al funcionamiento de las mesas de dinero en el salón de clase desde un enfoque por competencias,” 2015.
- [10] C. M. Zuluaga-Ramírez, M. Del, and P. Gómez-Suta, “Metodología lúdica para la enseñanza de la programación dinámica determinista en un contexto universitario * Methodology of hands on activities for the teaching of the deterministic dynamic programming in a university context,” *Entramado*, vol. 12, no. 1, pp. 236–249, 2016.
- [11] L. A. Mejía, “Uso de la lúdica como complemento metodológico a la enseñanza de la ingeniería industrial (v etapa),” Pereira, 2011.
- [12] E. Marius-Costel, “The didactic principles and their applications in the didactic activity,” vol. 7, no. 9, 2010.
- [13] L. S. Vigotsky, *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Critica, 1934.
- [14] D. G. Singer and T. A. Revenson, *A Piaget primer : how a child thinks*. Plume, 1996.
- [15] D. P. Ausubel, J. D. Novak, and H. Hanesian, *Educational psychology : a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- [16] D. A. Kolb, *Experiential learning: experience as the source of learning and development Englewood Cliffs*. Prentice Hall, 1984.
- [17] P. M. Senge, A. Kleiner, C. Roberts, R. B. Ross, and B. J. Smith, *La quinta disciplina en la práctica: estrategias y herramientas para construir la organización abierta al aprendizaje*, Tercera. New York: Granica S.A., 2004.
- [18] P. Lorenz, O. Magdeburg, T. J. Schriber, P. Lorenz, and D.- Magdeburg, “Teaching introductory simulation in 1996 : from the first assignment to the final presentation .,” no. August, 2014.
- [19] J. Banks, B. L. Nelson, J. S. Carson, and D. M. Nicol, *Discrete Event System Simulation*. 2010.
- [20] I. Ståhl, “Discrete event simulation on the macintosh for business students-AGPSS and alternatives,” in *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference*, 2016, pp. 3393–3404.
- [21] ProModel Corporation, “ProModel - About us,” 2016. [Online]. Available: <https://www.promodel.com/aboutus/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [22] M. Gómez, “Propuesta de herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de simulación discreta empleando la metodología aplicada por el grupo GEIO,” Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2017.
- [23] ProModel Corporation, “Online Help,” 2017. [Online]. Available: <http://www.promodel.com/onlinehelp/ProModel/80/index>. [Accessed: 15-Jan-2017].
- [24] J. Heineke and L. Meile, *Games and exercises for operations management : hands-on learning activities for basic concepts and tools*. Prentice Hall, 1995.
- [25] Grupo GEIO, *Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la Ingeniería: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial*. Pereira, 2016.
- [26] E. M. Echeverri, N. Bohorquez, and W. Arenas, “Implementación de laboratorios lúdicos para la evaluación por competencias desde un enfoque constructivista,” *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 10, no. 20. pp. 123–132, 17-Dec-2015.
- [27] P. Sanchez, Y. F. Ceballos, and G. Sánchez, “Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 25, no. 2, pp. 137–150, 2015.

ANEXOS

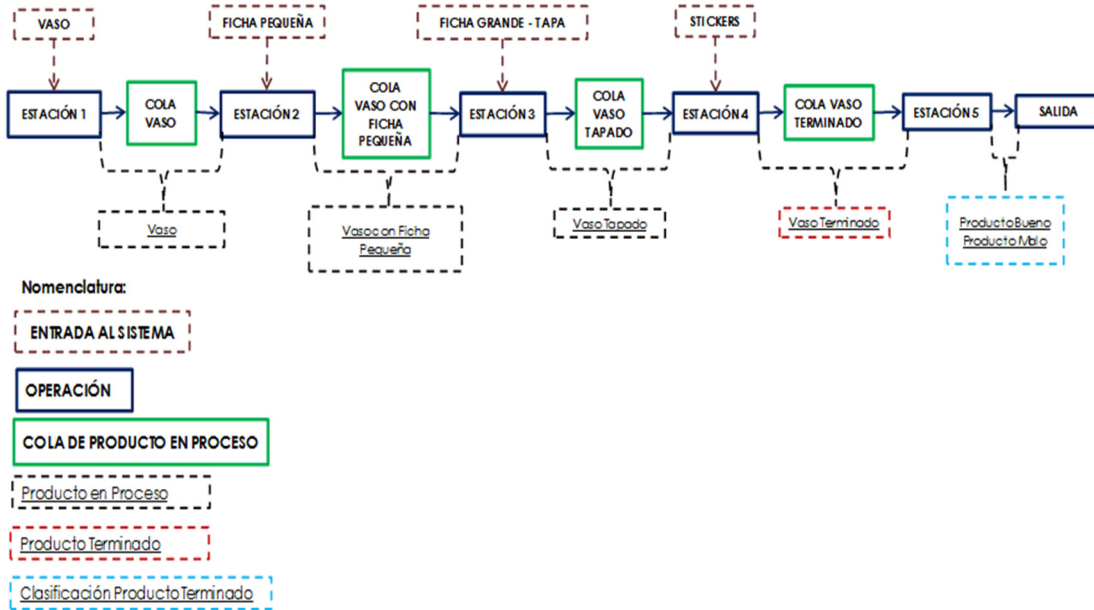


Figura 4 Diagrama Fábrica de vasos

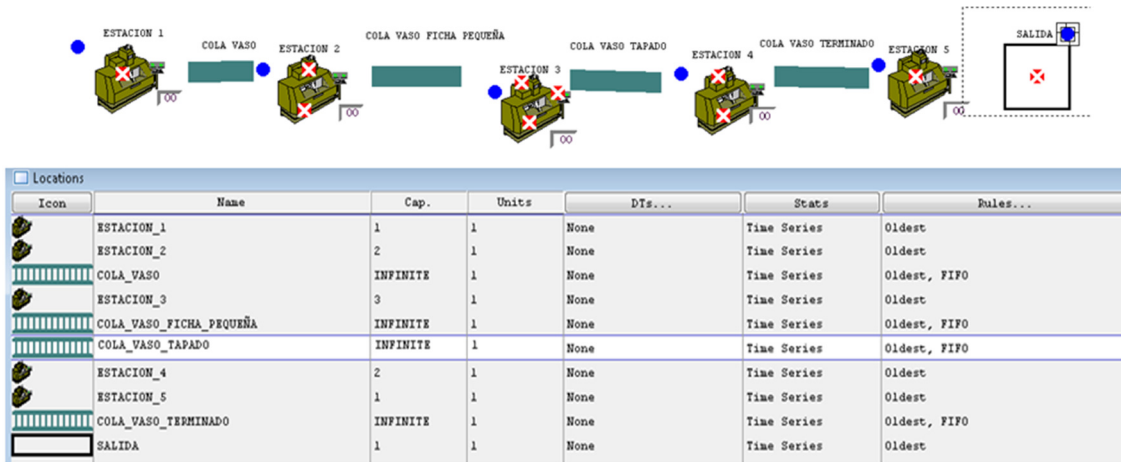


Figura 5 Locaciones

Entities

Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	FICHA_PEQUEÑA	150	Time Series
	FICHA_GRANDE	150	Time Series
	TAPA	150	Time Series
	VASO	150	Time Series
	STICKER	150	Time Series
	VASO_CON_FICHA_PEQUEÑA	150	Time Series
	VASO_TAPADO	150	Time Series
	VASO_TERMINADO	150	Time Series

Figura 6 Entidades