

CONSTRUCCIÓN DE VIDEOJUEGOS PARA EL APRENDIZAJES DE MODELACIÓN MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Angel Pretelín-Ricárdez^{1,2}, Ana Isabel Sacristán Rock¹

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav-IPN), México,

²Instituto Politécnico Nacional, UPIITA, México

apretelin@ipn.mx, asacrist@cinvestav.mx

Este artículo corresponde a un avance de investigación, donde se describe un estudio cualitativo con estudiantes de ingeniería, abordado desde una visión constructorista (Papert & Harel, 1991), donde se explora, cómo a través de la implementación de un micromundo (Hoyles & Noss, 1987) donde se diseñan y programan videojuegos, los estudiantes pueden favorecer el aprendizaje de la modelación matemática de sistemas ingenieriles (fluidos, maquinas simples, sistemas digitales, etc.). Planteamos que el diseño y programación de videojuegos se lleve a cabo a través de la realización de un conjunto de actividades, inspiradas en las Model Eliciting Activities (MEA) o Actividades Generadoras de Modelos (Hamilton, Lesh, Lester, & Brilleslyper, 2008). La idea es que a través de la realización de estas actividades ayudemos a los estudiantes a entender mejor el proceso de modelación matemática de sistemas para la ingeniería.

Palabras claves: Modelación matemática, videojuegos, constructorismo, aprendizaje matemático.

Situando nuestro trabajo: Introducción y marco teórico.

Actualmente muchas investigaciones en el ámbito educativo han volcado su atención hacia los videojuegos, para utilizarlos en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias en todos los niveles. Esto se ha dado, de acuerdo con lo expuesto por Shaffer (2006), debido a que los videojuegos van más allá de la simulación de un fenómeno físico o la emulación de la realidad, pues permiten que el usuario o estudiante, aprenda nuevas habilidades producto de las nuevas formas de razonamiento que se generan de una actividad altamente inmersiva. Así pues, jugar videojuegos para aprender algo, ha ido ganando terreno y ha sido un tema muy recurrente en las investigaciones de los últimos años.

En el estudio que reportamos aquí, no utilizamos a los videojuegos como un medio para el aprendizaje, más bien los colocamos en la categoría de producto de un conjunto de actividades, diseñadas para que el estudiante construya a través de la experimentación, con un motor de videojuegos, aprendizaje relacionado con la modelación matemática de sistemas ingenieriles. Mostramos aquí una propuesta metodológica y algunos resultados que surgen de explorar cómo conceptualizan y desarrollan el proceso de modelación matemática, un grupo de estudiantes de la carrera

de ingeniería mecatrónica del Instituto Politécnico Nacional, en México. La idea principal de la metodología y sus actividades, es que los estudiantes construyan un videojuego, cuya mecánica o puzzles, esté basada en el modelo matemático de algún sistema de la realidad (e.g. fluidos, maquinas simples, sistemas digitales, etc.) aplicado en la ingeniería.

Para el diseño de nuestra metodología, tomamos en consideración que para un estudiante de ingeniería, aprender a construir modelos matemáticos, es una actividad muy importante para su vida profesional, debido a que es el primer paso para poder diseñar cualquier dispositivo, sistema, producto o proceso. Además, modelar matemáticamente algo, requiere que el estudiante posea y aplique conocimientos interdisciplinarios que se relacionen de forma sinérgica con sus conocimientos en matemáticas y física, para construir las representaciones adecuadas que lo lleven a refinar y validar un modelo.

Para entender nuestro estudio, hay que situarse en los trabajos relacionados con el aprendizaje basado en el diseño de videojuegos. En particular, los resultados mostrados por Yasmin B. Kafai y colaboradores (ver Kafai, Franke, Ching & Shih, 1998), los cuales sientan las bases y la estructura de la metodología que seguimos y su relación con el construccionismo —que considera que el aprendizaje se facilita, cuando el estudiante se involucra en la construcción activa de objetos externos que puede compartir (Papert & Harel, 1991). Complementando lo anterior y en referencia a la aplicación del construccionismo en el aprendizaje basado en el diseño de videojuegos, (Kafai & Resnick, 1996) dicen que el nuevo conocimiento puede ser adquirido con mayor eficacia si los estudiantes se comprometen en la construcción de productos que son personalmente significativos para ellos. Una de las conclusiones importantes en los trabajos de Kafai et al. (1998) es que: “El diseño de juegos proporciona una situación que naturalmente combina temas de la práctica y la teoría, y la reflexión sobre estas relaciones y el diseño de juegos, proporciona oportunidades para la discusión, reflexión y colaboración dentro de un contexto significativo” (p.180).

Tomando en consideración la idea de proveer a los estudiantes de un contexto significativo, utilizamos el concepto de micromundo. Por un lado Papert (1980) define un micromundo como un ambiente interactivo de aprendizaje (restringido por reglas) que permite al usuario, realizar operaciones sobre los objetos. Estas operaciones están subordinadas a un marco teórico particular; y favorecen que los estudiantes tengan mejores oportunidades para representar, construir, compartir ideas y conceptos, así como para experimentar con ellos.

Por otro lado, Hoyles & Noss (1987) consideran que un micromundo tiene al menos cuatro componentes que interactúan entre sí:

El componente técnico, que es el software, programa o programas en el cual se enfoca la atención del estudiante sobre una idea o proceso específico (Hoyles & Noss, 1987). En nuestro caso el componente es el motor de videojuegos (e.g. Game Maker Studio de Yoyo Games, 2015), el cual provee a los participantes con todas las herramientas necesarias para implementar un modelo matemático en un videojuego. En particular Game Maker cuenta con un motor físico que le permite a los estudiantes construir simulaciones que se rijan por las principales leyes físicas del mundo real (cuando esto sea necesario).

El componente pedagógico, que es el encargado de estructurar y relacionar las actividades, de tal forma que se puedan explorar adecuadamente los conceptos involucrados en el componente técnico (Hoyles & Noss, 1987). Aquí es donde está situada la actividad, que pretende favorecer la construcción de aprendizaje matemático relacionado con la modelación matemática. Además está conformado también, por las intervenciones de los investigadores-instructores participantes.

El componente contextual, son las situaciones sociales y culturales en las cuales las actividades de programación toman lugar, afectando el aprendizaje del estudiante (Hoyles & Noss, 1987). Es decir, es el ambiente social de la clase donde se integra el micromundo que proponemos.

El componente del estudiante, que engloba aspectos cognitivos y afectivos (conocimientos previos e historia de los participante) que influyen en la forma en que las actividades son percibidas por los estudiantes, debido a su sistema de representaciones (Hoyles & Noss, 1987). En este caso fueron doce estudiantes de ingeniería en su penúltimo año de estudios. Cabe señalar que los alumnos voluntarios, matriculados en este curso, están interesados en dedicarse a la programación de videojuegos de manera profesional. Así mismo, es importante hacer notar que estos estudiantes ya habían cursado previamente algunos cursos relacionados con modelado y simulación de sistemas.

Tomando en consideración que nuestra intención es que los estudiantes reflexionen acerca de la modelación matemática de sistemas, durante el proceso de construcción (diseño y programación) de un videojuego. Se propuso, como parte del componente pedagógico, una actividad compuesta de seis tareas (orientadas a la resolución de problemas), diseñadas tomando en consideración los seis principios de las Actividades Reveladoras del Modelo (*Model-Eliciting Activities / MEAs*): Realidad, construcción del modelo, documentación del modelo, autoevaluación, generalización del modelo, prototipo simple (Hamilton et al., 2008). Estas actividades, son llamadas así, porque los productos que los estudiantes producen van más allá de respuestas cortas a preguntas específicas, e implican el uso de herramientas conceptuales compartibles, manipulables, modificables y reutilizables, para construir, describir, explicar, manipular,

predecir o controlar sistemas matemáticamente significativos. (Lesh, Doerr, 2003). En la siguiente sección, se da una descripción de la propuesta.

Una propuesta para aprender modelación matemática a través de la construcción de videojuegos

El propósito principal de nuestra actividad, es indagar acerca de cómo se construye y se transforma el proceso de construcción de modelos a partir de la secuencia de tareas descrita más adelante. Estas tareas fueron desarrolladas por los estudiantes, de forma individual y colaborativa, después de que el investigador participante, les planteó de forma general un problema de la vida real relacionado con la modelación matemática de sistemas en ingeniería. Lo que buscábamos principalmente aquí, era plantear a los estudiantes un problema, no en forma de enunciado (manera tradicional), sino hacer el planteamiento del problema a resolver, como una problemática, que puede tener múltiples soluciones, dependiendo del contexto en el que se aplica un modelo, tal y como sucederá en una situación real en la vida de un ingeniero.

Tarea 1 (Individual). El primer cuestionamiento. Hacemos una primera exploración, dónde los estudiantes tienen que escribir los pasos que siguen para construir un modelo. Esta actividad se desarrolla para poder conocer la concepción que tiene como estudiantes de ingeniería, sobre el proceso de construcción de un modelo.

Tarea 2 (Colaborativa). El diseño del juego. Pedimos a los estudiantes, que diseñen la idea de un videojuego a partir de un breve "*story board*" (máximo 4 imágenes), diagrama esquemático o dibujo, y lo complementen con una breve descripción de la mecánica de juego. También les pedimos, que el videojuego tenga como elemento principal de su mecánica, el uso del modelo matemático que se pretende construir. Esta actividad tiene como finalidad, situar a los alumnos en el rol de un diseñador de videojuegos, y establecer una actividad en la cual hubiera un compromiso genuino de creación de un producto.

Tarea 3 (Individual). Modelación matemática / Matematización. Aquí los estudiantes deben construir un modelo matemático del problema que se describe al inicio de la actividad, y que pueda ser utilizado en la programación del videojuego que diseñaron. Con esto, se establece una actividad en la que hay un compromiso genuino y significativo de creación de un producto dónde está presente la aplicación de conceptos y representaciones matemáticas en sinergia con sus conocimientos de ingeniería, para conseguir un producto ingenieril.

Tarea 4 (individual). Modelación matemática / Simulación. Los estudiantes deben programar una simulación del modelo matematizado, utilizando el motor de videojuegos. Les pedimos esta tarea a los estudiantes para que detecten las adaptaciones

o refinamiento (según sea el caso) que tendrán que realizar a la matematización del modelo, debido a las limitaciones que pueda tener el motor de videojuegos.

Tarea 5 (Colaborativa). Construcción del videojuego. Pedimos a los estudiantes que construyan (programen) una de las ideas diseñadas previamente para el videojuego. Planteamos esta actividad para que los estudiantes le den una aplicación concreta al modelo que crearon.

Tarea 6 (Individual). Post cuestionamiento. Se realiza una segunda exploración a través de un cuestionario escrito de dos preguntas y una pregunta de forma oral, para su discusión; sobre el proceso de construcción de un modelo. Les preguntamos lo siguiente: (1) ¿Qué pasos sigues para construir un modelo?, (2) Dibuja un diagrama a bloques de los pasos anteriores. La pregunta para discusión, es: ¿La construcción de un modelo es un proceso cíclico o está acotado por un principio y un fin? Se les pide que dibujen también, un diagrama a bloques para explorar de forma más clara, si los alumnos conciben el proceso de construcción de un modelo como una actividad cíclica, o acotada por un principio y un fin.

Cabe señalar que cuando implementamos las actividades arriba descritas, como paso previo a estas tareas, tuvimos que realizar una etapa de familiarización de los estudiantes con el motor de videojuegos) Game Maker Studio, dónde además de mostrarles la forma de programación, se explicaron las reglas con las que funciona el motor físico del motor de videojuegos. Utilizamos Game Maker Studio, debido a que es un motor de videojuegos que presenta ciertas limitaciones técnicas en su motor físico, lo que obliga a que los estudiantes tengan que adaptar los modelos que construyen a las restricciones que pueda presentar como herramienta de simulación ingenieril. Pretendemos que esto sirva para que los estudiantes comprendan mejor el proceso de modelación y los modelos que construirán.

A continuación, la Tabla 1, muestra la relación de los seis principios de diseño de las MEAs y las tareas que deben llevar a cabo los estudiantes.

Tabla 1: Relación de los seis principios de diseño de las MEAs y las seis tareas de nuestra secuencia didáctica.

Principios de diseño de las MEAs	Tareas relacionadas
Documentación del modelo	En la tarea 3, los estudiantes describen la forma en la que matematizan el modelo. Y de manera indirecta a las cuestiones de la modelación matemática, documentan el diseño del juego.
Realidad	El problema de diseñar (Tarea 2) y programar (Tarea 5) un videojuego es un problema realista que compromete de manera genuina a los estudiantes con la tarea de construir un modelo. También se observa los mismo en la Tarea 4, dónde el

Principios de diseño de las MEAs	Tareas relacionadas
	estudiante tiene que adaptar su modelo a la herramienta tecnológica dónde pretende simularlo.
Construcción del modelo	Los estudiantes construyen una primera versión del modelo (Tarea 3) y hacen un refinamiento y simplificación del mismo cuando los adaptan para programar una simulación (Tarea 4), en el motor de videojuegos. Ahí establecen las relaciones necesarias para correr primero una simulación y posteriormente el videojuego (Tarea 5).
Prototipado simple	Cuando los estudiantes establecen las relaciones y restricciones adecuadas que relacionan las ecuaciones simplificadas del modelo (Tarea 4), establecen pasos sencillos y estructurados para poder generar un conjunto de pruebas (como la simulación del modelo simplificado) para poder probar la efectividad del mismo.
Generalización del modelo	Muy relacionado con lo descrito en el renglón anterior, a partir de la Tarea 4, se generan las restricciones y relaciones que permitirán la reutilización del modelo en otras situaciones y con otras herramientas tecnológicas.
Autoevaluación	Durante la etapa de refinamiento y simplificación del modelo (Tarea 4), los estudiantes inician una auto evaluación de los pasos que siguieron, así como las herramientas matemáticas que utilizaron para desarrollar el modelo construido y toman decisiones con respecto a lo discutido, para después validar lo que hicieron al implementarlo en un videojuego (Tarea 5). Así mismo en la tarea final (Tarea 6), se lleva a cabo una reflexión sobre el proceso del modelado, y como lo concebían al momento de iniciar las actividades (Tarea 1) y como, todo el proceso transformó y enriqueció sus conceptos a partir de la creación de un videojuego.

Un videojuego con modelación del agua: Algunos resultados

A continuación presentamos algunos resultados (también reportados en Pretelín-Ricárdez & Sacristán, 2014).

Tarea 1 (Individual). El primer cuestionamiento

Ante la petición específica de que los estudiantes describan en forma escrita los pasos que siguen para construir un modelo para el comportamiento del agua, pudimos observar de manera casi general que a la gran mayoría de estudiantes participantes, les es muy difícil expresar y estructurar de forma escrita lo anterior (ver Figura 1).

e. Movimientos, variables y (Grados de libertad)
Analizar el fenómeno, representarlo matemáticamente, analizar su comportamiento, implementar una acción en base a lo anterior.

Figura 1. Algunas respuestas de parte los alumnos, a la Tarea 1

De hecho aquí podemos hacer mención, de que aunque en la práctica, pueden construir modelos matemáticos, tienen dificultades al momento de plantear los pasos que siguen para construir uno.

Tarea 2 (Colaborativa). El diseño del juego

Para esta tarea, los estudiantes desarrollan sencillos “story boards” (ver Figura 2).

En la Figura 2, se muestra el “story board” para un videojuego basado en el modelo matemático de un fluido (comportamiento de una partícula de agua) – ver Pretelín-Ricárdez & Sacristán (2014). Se pudo observar que los estudiantes mostraron gran interés y compromiso en esta tarea pues, como ellos dijeron, el motivo principal por el que participan en el curso, es porque quieren dedicarse al diseño o programación de videojuegos, cuando egresen de la carrera.

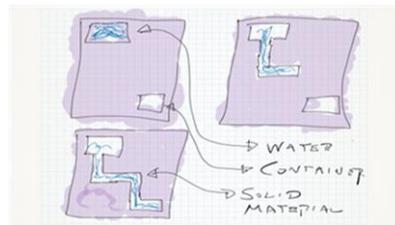


Figura 2. Story board para un videojuego basado en el modelo matemático de un fluido (agua)

Tarea 3 (Individual). Modelación matemática / Matematización

En esta tarea, ningún estudiante tuvo problemas relevantes, para construir la matematización de los modelos que se les pidieron. Es decir, realmente los estudiantes saben representar muy bien los sistemas a través de ecuaciones.

Tarea 4 (individual). Modelación matemática / Simulación

El problema vino en esta tarea, al momento de pretender simular cada uno de los modelos matematizados en Game Maker Studio. Los estudiantes se encontraron, en primer lugar que en algunos casos las ecuaciones que ellos pretendían simular estaban planteadas para sistemas tridimensionales, mientras que el motor de videojuegos, posee un motor físico bidimensional. Se dieron cuenta que en casi todos los casos habían planteado matematizaciones muy completas, pero que eran imposibles de simular para su validación en el motor de videojuegos. En este punto, los estudiantes plantearon sus dudas e inquietudes en forma de charla, de la cual resalta lo siguiente:

Javier: ...Es que estamos muy acostumbrados, cuando nos ponen un problema de modelación, a ir directamente como "loquitos" ha hacer la ecuaciones y a matematizarlo todo, y queremos hacerlo así. En este caso cuando usted nos pidió "modelen agua", entonces lo primero que yo pensé fue: "pues vamos a tener que hacer una ecuación gigantesca". Entonces después fuimos observando que podíamos atacar el problema, de manera conceptual, con los parámetros o

propiedades físicas que tiene una partícula del agua, y ya entendido eso, pues podemos empezar igual a intentar matematizarlo y simplificarlo.

En esta actividad, hay que resaltar que el proceso de construcción de un modelo en la vida de un ingeniero, tiene que ver con restricciones de conocimiento y limitaciones técnicas de software y de hardware. O como diría uno de los estudiantes:

Javier: Es como si llegas a una ecuación matemática, o un modelo gigantesco, que matemáticamente está bien, y tu sabes que se va a comportar como debería comportarse, pero cuando ya quieres pasarlo a algo palpable (concreto), un software por ejemplo, como en este caso el motor de videojuegos, y te encuentras con muchas restricciones de lo que te permite y no te permite el software. O si te lo permite, pero es tu máquina (computadora) la que no puede lidiar con el modelo y esas son las cosas a las que tenemos que enfrentarnos como ingenieros. Hay que ver en dónde va a implementarse y si ese medio soporta nuestro modelo matemático.

A esto debe adaptarse el modelo o la construcción del modelo, y los estudiantes los sortearon de manera adecuada, después de haber charlado y reflexionado con ellos

Tarea 5 (Colaborativa). Construcción del videojuego

Teniendo ya un modelo validado, previamente en una simulación construida en el motor de videojuegos, fue relativamente sencillo para los estudiantes programar los videojuegos diseñados en la Tarea 2 (ver Figura 3).



Figura 3. Captura de pantalla de un videojuegos basado en el comportamiento de partículas de agua

Tarea 6 (Individual). Post cuestionamiento

En esta etapa se plantearon las preguntas: (1) ¿Qué pasos sigues para construir un modelo?, (2) Dibuja un diagrama a bloques de los pasos anteriores. Los estudiantes refinaron sus respuestas con respecto a la Tarea 1. Hubo estudiantes que definieron el proceso de construcción de un modelo, como un proceso cíclico, al momento de escribirlo y al momento de representarlo a través de un diagrama de bloques; sin embargo, la mayoría lo representó como un proceso lineal, con un principio y un fin, no cíclico.

En lo que respecta a la pregunta para discusión, se desarrolló de la siguiente forma (se presenta la discusión con dos alumnos):

- Investigador: ¿La construcción de un modelo es un proceso cíclico, o es acotado por un principio y un fin?
- Javier: Yo diría que es cíclico.
- Felipe: Sí, cíclico.
- Investigador: ¿Cómo lo plantearon en la Tarea 1, y en la Tarea 6?
- Felipe: ¡ah! ya, sí, pues si lo planteamos con un principio y un fin.
- Javier: Sí, ahora caigo... Sí, no me había dado cuenta, pero sí lo planteé la primera vez con un principio y un fin, aunque ahora puse ciertas iteraciones en el proceso.
- Investigador: ¿Por qué creen que pase eso?, que perciban el proceso de modelado como algo que comienza y finaliza. Como si no fuera un proceso que tuviera que ajustarse.
- Felipe: Pues, no sé si tenga que ver con la manera en la que se plantea un problema en las clases tradicionales. En un problema, estamos acostumbrados a que tiene un principio y una solución, o no tiene solución. Entonces partimos de ahí, entonces yo veo el modelo como un problema. Hay que resolver un problema. Cuando me dicen "modela", entonces parto inconscientemente de ese concepto, de la pregunta: ¿hay un problema?, hay entonces que resolverlo y por lo tanto tiene un fin, o no tiene un fin o no tiene solución. A lo mejor es así como yo lo estoy viendo.
- Investigador: ¿Te condiciona entonces, cómo te lo enseñaron?
- Felipe: Exacto.
- Javier: Yo creo que sí, porque como que estamos muy acostumbrados a verlo desde ese punto de vista, de solamente construir algo, ya sea un programa o un problema, con el único objetivo de darle solución a una pregunta, y no ir más allá. O sea, es decir, hasta ahí quedó y no ir más allá. Ya no se hacen iteraciones del proceso, para buscar la respuesta óptima. Creo que estamos muy condicionados por esa visión.
- Felipe: Yo a lo que me enfrenté con la petición de "modelen el agua", fue que dije "ok, es muy grande el problema", pero concluía en el momento en que entregábamos el trabajo. Es decir, de todo el libro de mecánica de fluidos ya pasé aquí las ecuaciones y entonces encontraba el modelo, y para mí ahí era el fin. Pero esta concepción va cambiando, cuando te das cuenta que tu encuentras cierta información para construir el modelo, pero no es tan trivial y te encuentras con la restricción del software. Pero a fuerza quería encontrar un fin, y realmente te das cuenta que el problemas de modelado tiene ciertas restricciones, y que te las dan, el hecho de dónde se va implementar dicho modelo como en el caso de un motor de videojuegos, y como diseñarás dentro del programa, los experimentos para probar que el modelo es efectivo, o si es efectivo sólo para ciertas situaciones.
- Investigador: Entonces ¿qué concluyes Felipe?
- Felipe: Es que es cierto: también pudimos haber creado la ecuación, que probablemente iba a estar bien, pero al momento de quererlo implementar, entonces te das cuenta que hay ciertas cosas que el software no te va permitir. ¡Ahh!, entonces hay que cambiarle, o hay que quitare, y entonces es dónde el proceso se hace cíclico.

Conclusiones y consideraciones finales

Uno de los principales hallazgos, que se reveló con este conjunto de actividades es el hecho de que los estudiantes puedan concebir el proceso de modelado, como una actividad recursiva y perfectible, sacudiéndose la concepción tradicional del enunciado que plantea un problema y que por lo tanto tiene un principio y un fin.

¿Por qué es importante esto? Porque prepara a los estudiantes para la vida profesional, poniéndolos en la zona de conflicto, donde la pregunta constante es, ¿cómo aplico todo el conocimiento teórico que tengo en una problemática real?

Por otro lado se espera que esta propuesta no funcione como una “receta de cocina” la cual hay que seguir al pie de la letra o no se obtiene el sazón adecuado, sino al contrario, la idea es continuar probándola en diversos escenarios o contextos, con diferentes herramientas tecnológicas, y con estudiantes de otros niveles o áreas de estudio, para ver qué tanto puede refinarse, adaptarse o mejorar, para que los estudiantes puedan definir, refinar, transformar y extender los conocimientos teóricos que tiene hasta poderlos aplicar de manera integral a problemas de la vida real.

Referencias

- Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F., & Brilleslyper, M. (2008). Model-eliciting activities (MEAs) as a bridge between engineering education research and mathematics education research. *Advances in Engineering Education*, 1(2), 1-25.
- Hoyles, C. & Noss, R. (1987). Synthesizing mathematical conceptions and their formalization through the construction of a Logo-base school mathematics curriculum. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 18(4), 581-595.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kafai, Y. B., Franke, M., Ching, C., & Shih, J. (1998). Game design as an interactive learning environment fostering students' and teachers' mathematical inquiry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3(2), 149-184.
- Lesh, R., Doerr, H. M., (2003). Foundations of a models and modelling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism. Models and modelling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching*. (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York : Basic Books.
- Pretelín-Ricárdez, A., & Sacristán A. I., (2014). Construction of videogames by engineering students for understanding modelling processes. In Futschek, G., & Kynigos, C. (Eds.) *Proceedings of the 3er International Constructionism Conference*, Pp. 470-479. Vienna, Austria.
- Shaffer, D. W. (2006). *How Computer Games Help Children Learn*. New York: Palgrave Macmillan.
- Yoyo Games. (2015). Game Maker Studio [Motor de videojuegos]. Disponible en: <http://www.yoyogames.com/gamemaker/download>