

# **EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. UNA EXPERIENCIA EN LA ASIGNATURA MODELOS Y SIMULACIÓN, PERIODO 2015-2016**

**Sonia I. Mariño, Pedro L. Alfonzo, Ana E. Gomez Codutti**

**Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas  
y Naturales y Agrimensura.**

**Universidad Nacional del Nordeste. Prov. de Corrientes. Argentina**  
simarinio@yahoo.com, plalfonzo@hotmail.com, anacodutti@live.com.ar

RESUMEN	ABSTRACT
<p>En carreras de grado el Aprendizaje Basado en Problemas es una estrategia didáctica de gran aplicabilidad. Se presenta una experiencia concretada en el primer cuatrimestre de los ciclos lectivos 2015 y 2016 en la asignatura Modelos y Simulación, orientada a la resolución de problemas abstraídos de la realidad para los cuales se ha proporcionado como solución el modelado y simulación utilizando una diversidad de lenguajes de programación. Los simuladores construidos permiten la ejecución de prácticas interactivas y diversos experimentos con finalidades de estudios comparativos.</p>	<p>Problem-based learning is a didactic strategy with great applicability. The paper presents an experience developed in the first four-month period of the 2015 and 2016, applied in Models and Simulation subject. It was designed in order to propose solving problems abstractions developing a software simulator using in the constructions a diversity of programming languages. The simulators allow the interactive practices execution and the design of different experiments in order to elaborate comparative studies.</p>
PALABRAS CLAVE:	KEYWORDS:
ABP, Modelos - Simulación - Educación Superior.	PBL - Models - Simulation - Higher Education.

## INTRODUCCIÓN

Las tendencias en Educación Superior propician las metodologías activas de enseñanza. El Aprendizaje Basado en Problemas o ABP está comprendido en estas metodologías, consistiendo en una técnica de aprendizaje significativo. Brinda al estudiante un espacio de construcción de conocimientos, dado que éste los adquiere y fortalece a partir de la indagación.

Morales Bueno y Landa Fitzgerald (2004, p. 152) afirman que el ABP constituye “una estrategia de enseñanza-aprendizaje que se inicia con un problema real o realístico, en la que un equipo de estudiantes se reúne para buscarle solución”.

En Calvopiña León y Bassante Jiménez (2016, p. 343) se expone que “las investigaciones psicológicas sugieren que el ABP favorece el aprendizaje de los estudiantes a través de la resolución de problemas y estos se apropian no sólo de los contenidos sino de estrategias que desarrollan su pensamiento”.

En Garmendia, Barragués, Zuza y Guisasola (2014) se describe una propuesta de enseñanza fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos (ABPyP) en el profesorado de las áreas de Ciencias Experimentales, Matemáticas y Tecnología. Además, se puede localizar una vasta bibliografía del uso del ABP en disciplinas que recurren a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

La asignatura “Modelos y Simulación”, en que se enmarca este trabajo, pertenece al plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste (FaCENA-UNNE). Se enfatiza la búsqueda y la solución de problemas científicos y profesionales aplicando técnicas específicas, orientando su objetivo general a proporcionar una formación sólida en el manejo de los conceptos y métodos para la simulación de sistemas mediante el procesamiento digital de modelos matemáticos.

Estos modelos se construyen sobre una realidad que genera una situación problematizadora, siendo la simulación la estrategia para analizar información y apoyar la toma de decisiones.

Berger-Vidal, Gambini-López y Velázquez-Pino (2000, p. 93) definen la simulación como “la imitación o réplica del comportamiento de un sistema o de una situación, usando un modelo que lo representa de acuerdo al objetivo por el cual se estudian el sistema”. Otras definiciones pueden localizarse en la literatura (Coss Bu, 1992; Ross, 1999; Law y Kelton, 2000; Ríos Insúa, Ríos Insúa, Martín Jimenez y Jimenez Martín, 2009).

En García (2015, p. 217) se resumen distintas posturas en el abordaje de las simulaciones. Considera que “habría una diferencia nítida entre prácticas representacionales vinculadas con la modelización, entre las cuales estarían las simulaciones computacionales, y prácticas interventivas vinculadas con sistemas físicos”. Es así que “si las simulaciones computacionales ocupan un espacio genuino en la actividad científica, entonces estarían más fuertemente emparentadas con la teorización y en un claro contraste con la experimentación”.

## **EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA**

La asignatura aporta a la formación profesional del futuro informático. En este contexto, se considera el ABP como una metodología activa de aprendizaje que entrena a los estudiantes avanzados en estrategias de resolución de problemas, analogías simplificadas del desempeño profesional.

Se postula que la construcción de los simuladores –como técnica activa– incrementa el interés de los estudiantes dado que al “aprender haciendo” afianzan sus conocimientos en los métodos de modelado y simulación de sistemas, y su aplicación en la resolución de problemas reales.

La continua integración de los contenidos contribuye en la consolidación de saberes centrados en temas como probabilidad, estadística, modelización y codificación para lograr la representación computacional del problema elegido. Las experimentaciones permiten diseñar y validar distintas vías de solución.

Por otra parte, la innovación es un elemento de la sociedad del conocimiento. En aulas de Educación Superior, el ABP implica desarrollar una gran capacidad creativa, los estudiantes deben sustentarse en nuevas propuestas orientadas a la integración de los conocimientos y resolución de los problemas con métodos y herramientas que, en este caso, apoyen el modelado y simulación de problemas.

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo se define como: Modelizar problemas abstraídos de situaciones reales, y visualizar como la simulación aplicada en problemas definidos por los estudiantes con el acompañamiento del equipo docente ilustra el aprendizaje basado en problemas.

Así se adhiere a Cataldi, Lage y Dominighini (2013, p. 10) quienes consideran que utilizar las simulaciones logra en los estudiantes mayor autonomía y propicia en los docentes el desempeño de su rol como facilitador orientado a la comprensión. Además, brindan diversas oportunidades de experimentación.

El trabajo se enmarca en las acciones de docencia e investigación aplicada descripta inicialmente en Mariño y López (2011). Entre ellas se mencionan: i) la incorporación de recursos humanos de grado a fin de afianzar y propiciar un ámbito de formación continua en temas específicos de la asignatura, ii) la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) plasmadas en innovaciones pedagógicas (alternativas complementarias para acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje), iii) la elaboración de materiales didácticos en diversos formatos y iv) la integración de temas abordados en la asignatura con otras disciplinas, otros dominios del conocimiento y la práctica profesional. Particularmente en este trabajo se abordarán aquellas vinculadas a los ítems i y iv.

## **METODOLOGÍA**

A fin de evaluar los aprendizajes de los estudiantes, que optan por esta asignatura, se realizó un análisis de las producciones del seminario integrador. Finalizadas las exposiciones y la devolución de las mismas, éstas se sistematizaron.

El estudio fue exploratorio Se siguió el criterio de la representatividad exhaustiva, debido a que “se selecciona a toda la población indicada en la problemática a estudiar y no a una muestra” (Sagastizábal et al, 1999 en Díaz y del Lago, 2008, p. 3).

Se aplicó la técnica de observación documental considerando el “estudio de los documentos, hoy día de muy diversos tipos y de soportes muy variados, con la peculiaridad de que siempre nos darían una observación mediata de la realidad” (Aróstegui, 2001, p. 402 en Díaz y del Lago, 2008, p. 4). En este trabajo, la observación documental se centró en el análisis del problema y su tratamiento, aplicación de conceptos abordados en la asignatura y en el informe o memoria técnica elaborada por los estudiantes.

En relación con el análisis de datos, se trabajó con análisis de contenido, es decir, el “conjunto de operaciones, transformaciones, reflexiones, comprobaciones que se realizan para extraer significados relevantes en relación con los objetivos de la investigación. El fin de este análisis es agrupar los datos en categorías significativas para el problema investigado” (Sagastizábal et al, 1999, p. 136 en Díaz y del Lago, 2008, p. 4).

## **RESULTADOS**

Se solicitó a los estudiantes que realizarán una abstracción de un problema real para su tratamiento a través del método de la simulación. Para la construcción de los simuladores, se propuso la adopción de la metodología basada en Mariño y López (2009) y Pace, Mariño y Lopez (2010), que consta de las siguientes etapas:

### **ETAPA 1. ANÁLISIS**

- Estudio de factibilidad: Consiste en una estimación de recursos necesarios y escenarios posibles. Permite establecer claramente los límites del software de simulación y su integración con otros entornos similares aplicables en la asignatura. Como paso previo a la etapa de selección de la herramienta, se observaron las necesidades del sistema y su potencial aplicabilidad, para acotar los posibles lenguajes o herramientas a utilizar.
- Definición de los destinatarios. Los destinatarios varían según el contexto que delimita el problema seleccionado.
- Identificación de los requerimientos: En esta etapa de la construcción de simulador, se establece de manera clara y precisa el conjunto de requisitos que debe satisfacer el software. Desde el punto de vista del rendimiento, debe generar series de números pseudoaleatorios y muestras artificiales en ciclos muy breves de tiempo.

### **ETAPA 2. DISEÑO**

- Definición de la arquitectura general: Desde el punto de vista de la arquitectura o infraestructura sobre la cual se ejecuta el software, se requiere una computadora con sistema operativo. En este caso en particular los procedimientos se ejecutan con el software científico.

- **Diseño del Entorno:** Se contemplan características como la interactividad y la definición del objetivo de implementación. En el diseño de las interfaces se deben considerar la comunicación y su especificación en el desarrollo de aplicaciones de simulación.
- **Definición de la fuente de datos:** Con la finalidad de modelizar y simular un problema se debe contar con un conjunto de datos. Los datos varían según los problemas abstraídos y seleccionados por los estudiantes.
- **Selección y evaluación de herramientas:** El análisis de las herramientas de software permite obtener una visión más concreta de las funcionalidades y características más importantes de las mismas, e identificar cuáles de ellas posibilitan dar un enfoque más sencillo y práctico de los problemas de simulación abordados. Para la construcción del simulador, los estudiantes deben evaluar y determinar aquella herramienta de programación que permitirá lograr el objetivo.

### **ETAPA 3. DESARROLLO**

- **Desarrollo del Modelo:** El modelo de simulación para resolver el problema planteado es estocástico, se requieren generar los valores de las variables aleatorias. Éstas pueden obtenerse desde un generador de números pseudoaleatorios uniformes y un método o función que transforme estos números en valores de las distribuciones de probabilidad deseada. Se indica aplicar la prueba de hipótesis Chi Cuadrado para verificar la calidad de las series de números.
- **Se generan informes según los enunciados de los problemas planteados.** Se elabora un cuadro resumen incluyendo los cálculos realizados. Asimismo, se generan representaciones gráficas e informes.
- **Verificación de los programas:** Finalizado el desarrollo se verifica el correcto funcionamiento del simulador. Se debe efectuar una validación completa del modelo de simulación mediante procesamientos de longitud arbitraria, para promover discusiones de tipo teórico, práctico, estadístico, lógico, entre otros.
- **Diseño de los experimentos:** La experimentación tiene como principal objetivo encontrar la combinación de valores de parámetros que optimicen la variable de interés. Implica aspectos de eficiencia y se relaciona a cómo llevar a cabo cada experimento. La ejecución del método de simulación genera los resultados definidos como respuestas del modelo. Se diseñan distintos escenarios (de ingreso de parámetros), y se realizan las corridas. Las salidas se sistematizan para su análisis.

### **ETAPA 4. IMPLEMENTACIÓN**

La implementación proporciona información de realimentación. La presentación de versiones constituye un medio de obtener datos para refinar el software y asegurar al finalizar el proyecto que el resultado cubra los requerimientos.

- Ejecución del procesamiento: Desarrollado el modelo se procede a la experimentación del mismo
- Análisis de resultados de la simulación: Se realiza un análisis de los datos generados por la computadora a partir del modelo simulado.
- Validaciones internas: Finalizado el desarrollo, se verifica el correcto funcionamiento
- Documentación: La documentación se relaciona con el proceso de desarrollo, operación e implantación del modelo de simulación, con miras a incrementar la vida útil del mismo.
- Actualización y mantenimiento del sistema: Se prevé considerando modificaciones: i) en función de nuevos requerimientos o cambios en la administración de la información y ii) por fallas detectadas en el uso.
- Implementación: El desarrollo de las pruebas se ejecutan en clases en presencia de los estudiantes.

El simulador se complementa con un informe que consta de las siguientes secciones. Introducción, metodología, resultados y conclusiones. Este formato es similar al utilizado en la elaboración del Proyecto Final de Carrera, y por ello se considera que desde la asignatura se aporta a la comprensión y consolidación del contenido a exponer en informes académicos.

Cabe aclarar que las consignas del seminario especifican las pautas de evaluación. Entre ellas se mencionan:

- Originalidad. El modelo propuesto es original o introduce alguna modificación a los problemas planteados en la clase.
- Aplicabilidad en la resolución de problemas reales
- Claridad en la expresión verbal y escrita
- Integración de los contenidos abordados en la asignatura
- Empleo de generadores de números pseudoaleatorios. Se utiliza uno o varios generadores.
- Empleo de pruebas estadísticas. Se utiliza alguna prueba de validación estadística de los resultados.
- Ejecución de varias corridas, exposición de resultados y explicación de los mismos.
- Propuestas de mejoras y/o modificación como líneas futuras de trabajo

Cataldi et al. (2013, p. 10) sostienen que “la teoría y la práctica, se constituyen en dos momentos que se articulan para lograr el crecimiento individual.” Los simuladores construidos siguiendo la metodología expuesta responden a resoluciones de diversas problematizaciones desarrolladas en el primer cuatrimestre de los ciclos lectivos 2015 y 2016.

Por otra parte, en estos trabajos se fomenta el trabajo en equipo, dado que es una característica de la realidad profesional. Esta modalidad de trabajo facilita el logro de objetivos comunes, incorpora valor en los procesos de los sujetos, fomenta la socialización de conocimientos particulares reflejándose en un incremento del conocimiento de todos los integrantes.

En las Tablas 1 y 2 se sintetizan las modelizaciones abordadas por los estudiantes. Se consideraron como variables del estudio Dominio de Aplicación, número de integrantes del equipo, Problema abordado, Lenguaje de programación, desarrollo de la Interfaz, generación de representaciones gráficas.

<b>Dominio de Aplicación</b>	<b>Nº Int</b>	<b>Problema abordado</b>	<b>Lenguaje Programación</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Gráfico</b>
Comercio de bebidas	2	Inventario	PHP	SI	SI
Puerto de Corrientes	1	Hidrología	Visual Basic.net	NO	SI
Represa	2	Hidrología	Python	NO	SI
Central eléctrica	2	Consumo Eléctrico	MatLab	SI	SI
Empresa de filmaciones	1	Estudio de calidad	Java	NO	SI
Empresa proveedora de internet	2	Estudio de calidad	PHP	SI	SI
Fábrica de bebidas	3	Estudio de calidad	MatLab	SI	SI
Empresa de viajes	1	Hidrología Visual	Basic.net	NO	SI
Empresa de remises	1	Estudio de calidad	MatLab	SI	SI
Empresa telefónica	1	Inventario	Java	SI	SI
Represa	2	Hidrología	Python	NO	SI
Represa	3	Hidrología	MatLab	SI	SI

*Tabla 1. Síntesis de problematizaciones planteadas y resueltas en el Año 2015*

<b>Dominio de Aplicación</b>	<b>Nº Int</b>	<b>Problema abordado</b>	<b>Lenguaje Programación</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Gráfico</b>
Represa	1	Hidrología	MatLab	NO	SI
Juego de azar	3	Modelo matemático	MatLab	SI	SI
Represa	3	Hidrología	MatLab	SI	SI
Peaje Corrientes-Resistencia	3	Modelo de colas	PHP, MVC Codeigniter, Angular.js	SI SI	
Planta Generadora Eléctrica	1	Consumo Eléctrico	Java	SI	SI
Panadería	2	Producción	MatLab	NO	SI

*Tabla 2. Síntesis de problematizaciones planteadas y resueltas en el Año 2016*

En el año 2015 se observa una mayor diversificación en la elección de problemáticas susceptibles de resolver utilizando las técnicas estudiadas. También podría deberse al mayor número de estudiantes que cursaron la asignatura.

Tanto en el año 2015 como en el año 2016 se evidenció coincidentemente que los problemas de hidrología presentan un mayor porcentaje de elección (Figura 1). Se podrían mencionar distintas hipótesis que sustenten esta decisión; entre algunas se mencionan: i) que la región se encuentra ubicada en una importante zona rodeada de ríos muy caudalosos y que limita con tres países; ii) el interés de la hidrología para asegurar la producción agrícola-ganadera –uno de los aportes econó-

micos al país-. De igual manera es interesante este abordaje dado que permite visualizar como los estudiantes determinan áreas interdisciplinarias de interés que podrían posibilitar desarrollo profesional regional con proyección.

En el año 2016, porcentualmente se ha incrementado el número de simuladores que incluyen interfaz gráfica. Lo expuesto podría fundamentarse en el constante recordatorio que estos métodos de predicción pueden utilizarse como apoyo a la toma de decisiones, en clientes que pueden desconocer el funcionamiento de herramientas computacionales, por lo cual demandarían interfaces de interacción fácil y comprensible a fin de asegurar su empleo.

En ambos años, el 100% de los simuladores construidos incluyeron representaciones gráficas, dado que se insiste en la frase: “una imagen puede decir más que mil palabras”, particularmente en estas herramientas de análisis de la información que soportarían decisiones estratégicas en los problemas planteados.

Desde la formación disciplinar, además del estudio y utilización de métodos y técnicas particulares de simulación se profundiza en la integración de los conocimientos de herramientas computacionales para la codificación de los simuladores. Es así como en ambos ciclos lectivos se determina que MatLab es seleccionado preferentemente (Figura 2). Se pueden hipotetizar distintas argumentaciones que sustenta esta elección, entre las que se mencionan: esta herramienta es utilizada en otras asignaturas de la carrera que se cursan; posibilita la generación de representaciones gráficas y el desarrollo rápido de interfaces. Ambas características facilitan experiencias de usuario con aquellos sujetos no familiarizados con el ingreso de parámetros desde líneas de comando.

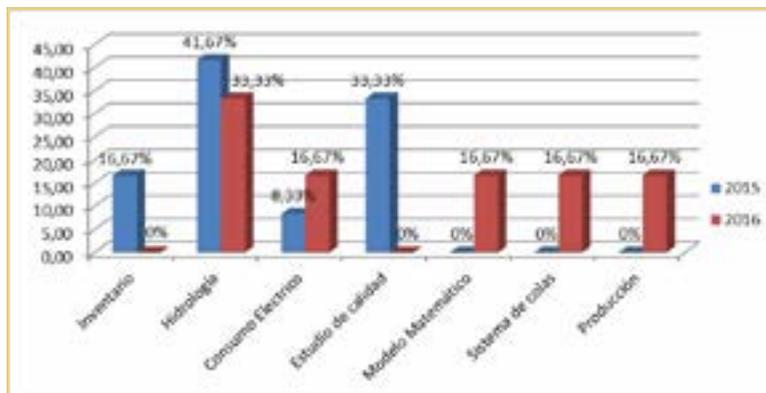


Figura 1. Selección de situaciones problematizadoras, en años 2015 y 2016

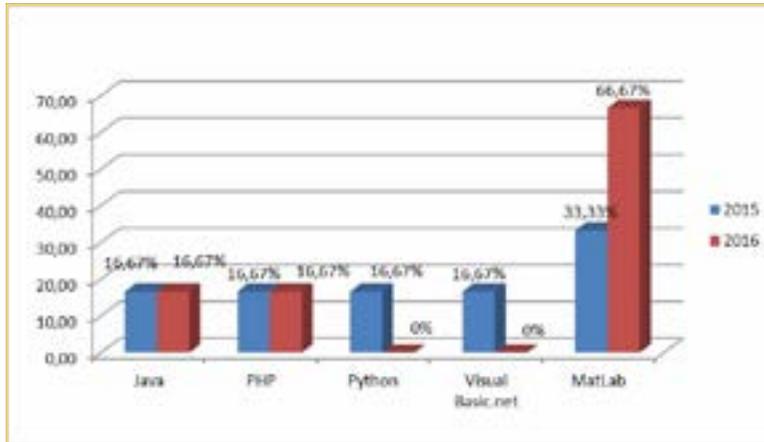


Figura 2. Uso de lenguajes de programación en años 2015 y 2016

## CONSIDERACIONES

La simulación en las organizaciones brinda escenarios alternativos para apoyar la toma de decisiones. En ámbitos de Educación Superior, y desde un abordaje de la disciplina Informática se constituye en una herramienta que permite integrar y afianzar la problematización de abstracciones del mundo real a través de la creación de diversos escenarios.

Siendo el ABP el método que considera a los alumnos como el eje del aprendizaje, la modelización y la experimentación utilizando los simuladores por ellos construidos contribuyen a estos objetivos de consolidación de conocimientos.

Para propiciar y desarrollar el Aprendizaje Basado en Problemas en la asignatura Modelos y Simulación, se indicó a los estudiantes la elaboración de una situación problemática para su tratamiento computacional, análogo a las presentadas en las clases teóricas-prácticas. Así, los resultados obtenidos en dos ciclos lectivos evidenciaron que el diseño, construcción y experimentación con los simuladores propició la profundización de los conocimientos adquiridos y aportó a la integración y consolidación de conocimientos tratados en la asignatura y otras cursadas del plan de estudios de la carrera.

Particularmente, estos simuladores permiten el ingreso de parámetros a fines de experimentar, realizar estudios comparativos y efectuar prácticas sustentadas en el análisis de los resultados como una herramienta de apoyo al proceso de aprendizaje significativo. Esto

último se logró con el diseño de tablas resúmenes y gráficas las cuales analizaron los estudiantes. Es así como los alumnos adquieren destrezas en la realización de reportes complementados de su correspondiente explicación, teniendo en cuenta la importancia de este aspecto en el mundo profesional, donde las gerencias constantemente solicitan este tipo de tareas para tomar decisiones adecuadas.

Estos desarrollos aportarán a la construcción de una base de conocimiento de problemas abstraídos y tratados en la asignatura con fines de constituir el sustento del diseño de otros experimentos de simulación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berger-Vidal, E., Gambini-López, I., Velázquez-Pino, C. (2000). *Simulación de Sistemas, Notas del Instituto de Investigación en Ciencias Matemáticas*. Recuperado el 30 de Mayo de 2014, de Simulación de Sistemas: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/Matematicas/Notas\\_instituto/Simulacion\\_sistemas.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/Matematicas/Notas_instituto/Simulacion_sistemas.pdf)

Calvopiña León, C. E., Bassante Jiménez, S. A. (2016), *Aprendizaje basado en problemas*. Un análisis crítico. Revista Publicando, 3(9):341-350.

Cataldi, Z., Lage, F. J., Dominighini, C. (2013). *Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 10(17): 8-16.

Coss Bu, R. (1992). *Simulación. Un enfoque práctico*. Ed. Limusa.

Díaz, M., Del Lago, S. (2008). *Educación a Distancia en el Nivel Superior: Un análisis sobre las prácticas de evaluación de los aprendizajes*, en Anales del Encuentro Internacional BTM 2008: Educación, Formación y Nuevas Tecnologías, Punta del Este, Uruguay.

García, P. (2015). *Caracterización de una noción de simulación a partir de prácticas experimentales*, Principia: An International Journal of Epistemology, 19(2):217-234.

Garmendia, M., Barragués, J. I., Zuza, K., Guisasola, J. (2014), *Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos*. Enseñanza De Las Ciencias, 32(2):113-129

Law, A. M., Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw Hill.

Mariño, S. I., López. M. V. (2009). *Propuesta Metodológica para la Construcción de Software Educativo en la Asignatura Modelos y Simulación*. Anales de XXII ENDIO y XX EPIO.

Mariño, S. I., López. M. V. (2011). *Experiencias en docencia e investigación en la asignatura Modelos y Simu-*

*lación de la FaCENA - UNNE. Anales del XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, p. 798-801.*

Morales Bueno, P.; Landa Fitzgerald, V. (2004). *Aprendizaje Basado en Problemas*. Theoria, 13:145-157.

Pace, G. J., Mariño, S. I., Lopez, M. V. (2010). *Material Didáctico de la cátedra Modelos y Simulación*. FaCENA. UNNE. Inédito. Corrientes. Argentina.

Ríos Insúa, D., Ríos Insúa, S., Martín Jimenez, J., Jimenez Martin, A. (2009). *Simulación. Métodos y Aplicaciones*. México: Alfa Omega Grupo Editor.

Ross, S. M. (1999). *Simulación*. México: Prentice-Hall.