

# HARN: Herramienta para el Aprendizaje de Sistemas de Representación Numérica

Luciano Lorenti<sup>1</sup>, Horacio Villagarcía<sup>1,2</sup>, Javier Giacomantone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Informática (III-LIDI),  
Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata - Argentina.  
<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires  
{llorenti,hvw,jog}@lidi.info.unlp.edu.ar

**Resumen.** En este artículo se presenta una herramienta concebida para utilizarse en el proceso de enseñanza aprendizaje en la cátedra Organización de Computadoras de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata. Los principales problemas en los estudiantes de primer año en la facultad involucran deficiencias en el proceso de aprendizaje. La falta de pensamiento crítico y de habilidades básicas para plantear y resolver problemas, se suman a la escasa capacidad de expresión oral y escrita. En los últimos cuatro años la cátedra ha realizado experiencias en grupos reducidos, adoptando variantes de distintas estrategias de enseñanza aprendizaje que tienen como objetivo, estudiar los problemas mencionados y evaluar el resultado de las soluciones propuestas. El objetivo principal de este artículo es presentar una herramienta para el estudio de sistemas de representación numérica, en el contexto de un esquema de aprendizaje basado en problemas, adaptado a las necesidades particulares de la cátedra.

**Palabras clave:** Sistemas de Representación Numérica, Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Centrado en el Estudiante, Organización de Computadoras

## 1 Introducción

Entre los objetivos mas importantes de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata sin dudas se encuentra obtener una formación integral de sus estudiantes. El graduado debe reunir una serie de habilidades básicas que le permitan abordar con solvencia tanto los avances científico-tecnológicos como tener la capacidad de auto-aprendizaje, pensamiento creativo, trabajo cooperativo y habilidades de comunicación [1]. Las características anteriores están asociadas a un aprendizaje continuo y a las adecuadas estrategias de enseñanza aprendizaje que eventualmente se adopten. La tarea de incluir nuevos esquemas de aprendizaje en asignaturas de primer año en informática enfrenta ciertos problemas [2], normalmente relacionados con el número de alumnos en cada curso, conocimientos básicos previos insuficientes y una formación secundaria

heterogénea. Se han realizado numerosas investigaciones intentado determinar el nivel de conocimientos de los estudiantes que completan el colegio secundario y continúan sus estudios universitarios [3], confirmando los resultados negativos de los operativos nacionales de evaluación de la calidad educativa y de las pruebas de competencia de algunas universidades en el ingreso. En los últimos años en el marco de la cátedra Organización de Computadoras se han realizado esfuerzos tendientes a proponer, desarrollar y evaluar alternativas pedagógicas capaces de brindar mejores soluciones a los problemas de adaptación y aprendizaje que los estudiantes presentan. Las estrategias propuestas tienen como objetivo que los estudiantes tengan un mayor control y responsabilidad en el proceso de aprendizaje [4]. Avances pedagógicos importantes en Informática e Ingeniería han utilizado una estrategia de aprendizaje basado en problemas (PBL) [5][2][1][6]. PBL puede ser definido como el ambiente de aprendizaje en el cual el proceso para resolver un determinado problema incluye la búsqueda de información y la incorporación de nuevos conocimientos necesarios para abordar la solución del mismo. Aplicar PBL o alguna adaptación particular en una asignatura de primer año tiene como objetivo desarrollar habilidades tanto para resolver problemas como para asimilar habilidades de aprendizaje, pero requiere analizar un conjunto de condiciones iniciales. Entre las consideraciones más importantes el número de alumnos es fundamental, ya que grupos numerosos no permitirán aplicar directamente una estrategia de aprendizaje PBL. Otro aspecto importante a considerar en una asignatura de primer año en Informática [7], es decidir si reforzar una cierta característica de PBL como la resolución de problemas abiertos o adoptar un grado de dificultad creciente y gradual [8][9]. PBL fue utilizado por primera vez en la Escuela de Medicina de la Universidad McMaster (Canadá) como una propuesta educativa innovadora. A pesar de que fue adoptada con éxito por otras prestigiosas escuelas de Medicina [10][11] como Harvard, las particularidades y adaptaciones necesarias para Informática e Ingeniería es aún un área activa de investigación [12][13]. Una propuesta alternativa específica para la cátedra de Organización de Computadoras, denominada MNLS (“Modified New Learning Strategy”) [14], ha sido evaluada y como resultado de la misma surgen necesidades específicas para mejorar los resultados obtenidos. MNLS utiliza una estrategia PBL modificada. Las dos modificaciones más importantes que incorpora es el trabajo orientado sobre problemas y una transición gradual en el nivel de dificultad de los problemas propuestos [15]. Estudios recientes indican la conveniencia de utilizar herramientas de software como apoyo del proceso de enseñanza aprendizaje de Organización y Arquitectura de Computadores [13]. En [14] MNLS sugiere y evalúa la utilización de distintas herramientas como Digital Works versión demo escrita por D. Barker en la Universidad de Teesside para analizar circuitos digitales, un simulador denominado MSX88 basado en la familia Intel 8086 [16], y propone desarrollar e incorporar una herramienta para estudiar sistemas de representación numérica. El artículo está organizado del siguiente modo, en la sección 2 se describe los sistemas de representación numérica estudiados en Organización de Computadoras. En la sección 3 se presenta la herramienta propuesta, los objetivos y los alcances actuales de la misma.

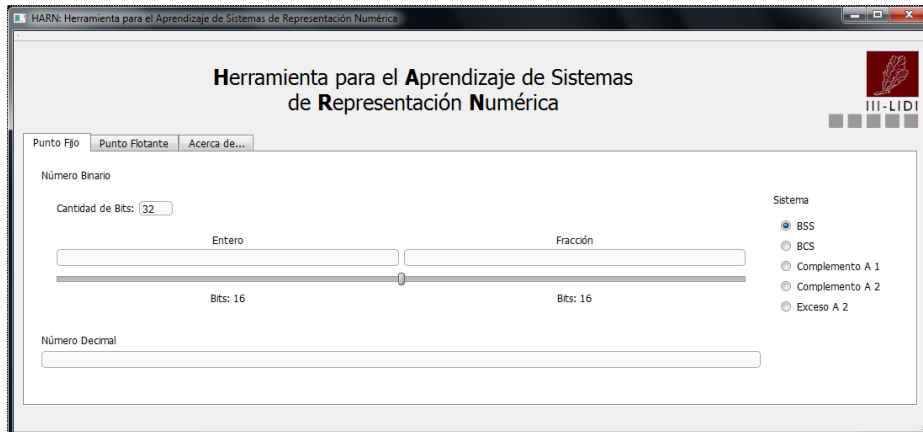
En la sección 4 se presentan resultados preliminares. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

## 2 Sistemas de Representación Numérica

El estudio de sistemas de representación numérica tiene como objetivo representar y operar con números naturales, enteros, racionales e irracionales, sujeto a las restricciones que un sistema digital en particular presenta. Los sistemas de numeración contienen al sistema de numeración anterior de modo tal que si tenemos capacidad de operar con números complejos también podemos operar con números reales, irracionales, racionales, enteros y naturales. Los sistemas de representación numérica en una computadora tienen limitaciones propias del espacio material de representación disponible, y por lo tanto es necesario estudiar detalladamente las consideraciones de diseño y alcances particulares. Las cuatro características principales son: los estados distintos permitidos, normalmente binario, el espacio de representación finito, las unidades funcionales y la comunicación entre unidades funcionales, el ancho de los buses. El programa de la asignatura Organización de Computadoras, tanto en los grupos de experiencia piloto donde se empleó el abordaje denominado MNLS, como en el curso regular incorpora el estudio de sistemas posicionales de coma fija sin signo, con signo, complemento a la base, complemento a la base reducida y coma flotante. También se estudian los casos normalizados, en particular la norma IEEE 754. Se estudia con particular énfasis la caracterización correcta de cada sistema analizado, características tales como el rango y resolución de los mismos. Dattatreya [17] presenta un enfoque sistemático para la enseñanza de aritmética binaria en cursos de primer año en Informática e Ingeniería que con diversas adaptaciones y temas adicionales forma parte del desarrollo de la asignatura. Distintos enfoques han sido propuestos para optimizar la estrategia de enseñanza-aprendizaje de sistemas de representación numérica y aritmética binaria [18][19]. En particular la herramienta desarrollada, en el contexto de la modalidad MNLS propuesta, permite la interacción con el alumno. El objetivo fundamental de la misma es proveer una realimentación positiva cuando el alumno intenta resolver los problemas planteados.

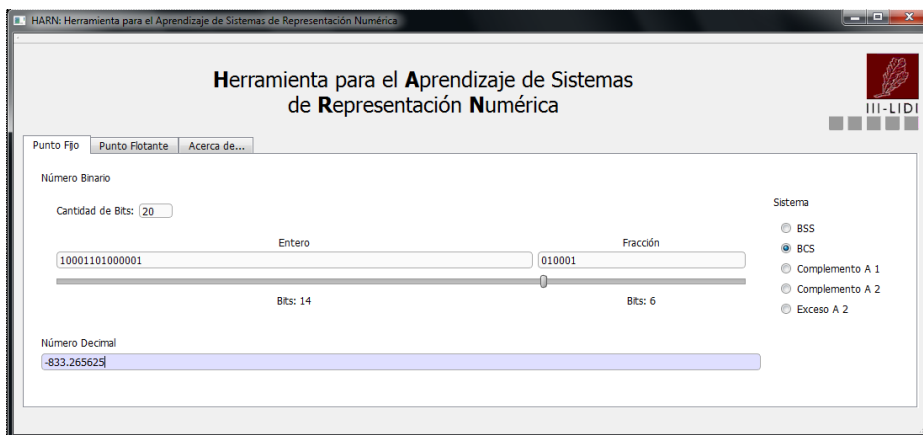
## 3 HARN

HARN pretende acercarse al alumno utilizando una interfaz gráfica sencilla e intuitiva. Una primera vista de la herramienta se puede observar en la Fig.1. La elección de una pestaña en particular nos ubica en un determinado tipo de representación, al inicio y por omisión, tal como muestra la Fig.1 antes mencionada comienza en la solapa de representaciones de punto fijo, donde el alumno podrá definir la cantidad de bits a utilizar (en la figura por ejemplo, 32) y el sistema a utilizar para la representación de un número binario (en la figura BSS).

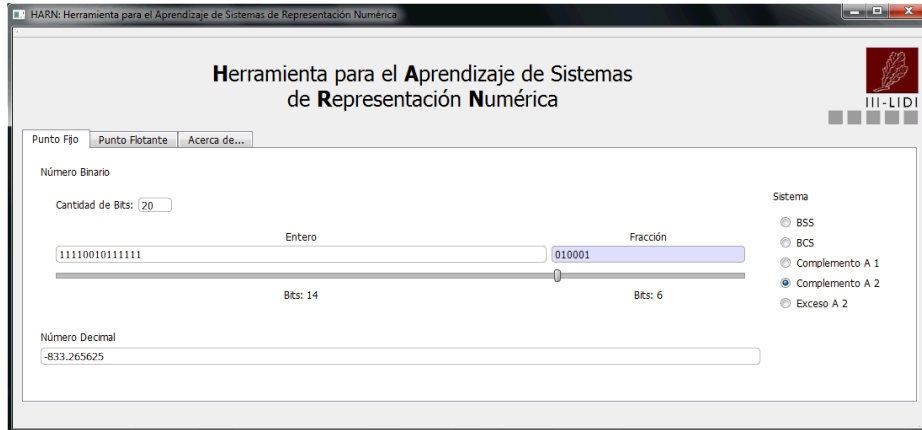


**Fig. 1.** Binario sin signo

Se determina, en un rectángulo central dividido en dos partes de igual dimensión, las zonas para contener la parte entera y la parte fraccionaria de una representación. Mediante una barra con deslizamiento se puede cambiar la ubicación del punto de separación entre ambas partes permitiendo llegar a ambos extremos, estableciendo una representación que utilice todos los bits para la parte entera o para la fraccionaria. A medida que el alumno ingrese los bits en alguna de las partes de la representación binaria, el valor decimal de la conversión se despliega en la parte inferior de la pestaña.

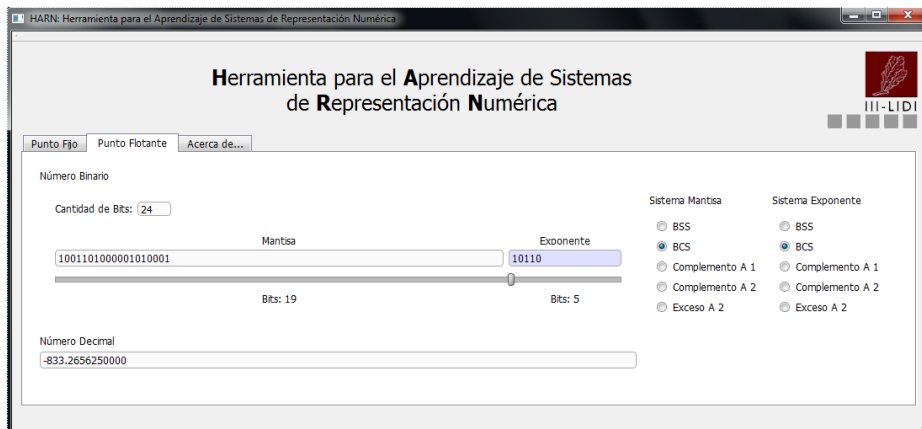


**Fig. 2.** Binario con signo



**Fig. 3.** Complemento a 2

Las figuras Fig.2 y Fig.3 reflejan el mismo valor decimal (-833.265625) utilizando 20 bits en total (14 bits parte entera y 6 bits parte fraccionaria) con representación BCS y Complemento a 2 respectivamente. En estos casos se procedió al revés ingresando el valor decimal del número en la parte inferior para obtener su representación binaria. Si optáramos por la pestaña de representación de punto flotante nos encontraríamos con la figura Fig.4, que muestra la disposición de campos similares a los anteriores permitiendo definir la cantidad total de bits de cada campo y los sistemas de representación a utilizar en la mantisa y el exponente. En la mencionada figura se observa una de las posibles representaciones en punto flotante correspondiente al mismo número decimal de la figura Fig.2.



**Fig. 4.** Punto Flotante

## 4 Resultados Preliminares

La herramienta HARN aún no ha sido evaluada en forma completa con respecto a la influencia sobre una metodología particular en asignaturas de primer año como Organización de Computadoras. Los resultados presentados a continuación fueron obtenidos en experiencias parciales principalmente enfocadas hacia la metodología empleada utilizando una parte reducida de la funcionalidad que actualmente posee HARN denominada RHARN. La Tabla 1 indica la estructura de los cuatro grupos denominados TLSA, TLSB, NLS, MNLS. En el primer grupo, TLSA, se utilizó una estrategia de aprendizaje que denominamos tradicional, en el segundo grupo se utilizó el mismo enfoque pero los alumnos utilizaron RHARN como ayuda y motivación para resolver problemas. En NLS se utilizó una estrategia PBL con mínimas adaptaciones y en MNLS una estrategia especialmente adaptada a la asignatura y a estudiantes de primer año. Tanto NLS como MNLS utilizaron RHARN.

**Tabla 1.** Características de los Grupos

Organización de Computadoras				
Grupo	TLSA	TLSB	NLS	MNLS
Nro Est.	30	30	30	30
Equipos	-	-	5	5
Tareas	-	-	3	3

Al finalizar el semestre se planteó un problema nuevo, integrador de sistemas de representación numérica, a todos los alumnos y los resultados fueron resumidos en la Tabla 2.

## 5 Conclusiones

El artículo presenta la primera versión de una herramienta simple, pero de uso específico en el proceso de enseñanza aprendizaje en estudiantes de primer año en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata. La herramienta de software denominada HARN cumple con parte de los elementos necesarios para desarrollar un escenario de estudio y evaluación de distintos abordajes pedagógicos, en el marco de las investigaciones desarrolladas en la cátedra Organización de Computadoras. Para cumplir en forma eficiente con el objetivo primario de la misma será necesario una evolución del software descripto. El trabajo futuro que surge del estudio y desarrollo realizado involucra dos aspectos, dotar a la herramienta con la capacidad de operar en todos los sistemas de representación estudiados en la cátedra y la evaluación de los resultados obtenidos desde el punto de vista del modelo de enseñanza aprendizaje empleado, permitiendo así optimizarla.

**Tabla 2.** Resultados de evaluaciones individuales asociadas a los grupos de pertenencia.

Resultados Comparativos				
Escala	TLSA	TLSB	NLS	MNLS
10 9	2%	2%	1%	3%
8 7	20%	22%	23%	26%
6 5 4	40%	37%	41%	47%
3 2 1 0	38%	39%	35%	24%

## Referencias

- Costa, L.R.J, Honkala, M., Lehtovuori A.: Applying the Problem-Based Learning Approach to Teach Elementary Circuit Analysis. *IEEE Transactions on Education*, vol. 50, No. 1, 41–48 (2007)
- García Famoso, M.: Problem-based learning: a case study in computer science. *Proceedings of the Third International Conference on Multimedia and Information Technologies in Education*, 817–821, Spain (2005)
- Etcheverry, J.: *La Tragedia Educativa*. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 1999.
- Waters, R., McCracken, M.: Assessment and evaluation in problem based learning. *Proceedings of Frontiers in Education*, vol. 2, 689–693 (1997)
- Linge, N., Parsons, D.: Problem-Based Learning as an Effective Tool for Teaching Computer Network Design. *IEEE Transactions on Education*, vol. 49, No. 1, 5–10 (2006)
- Montero, E., Gonzáles, M.J.: Student Engagement in a Structured Problem-Based Approach to Learning: A First Year Electronic Engineering Study Module on Heat Transfer. *IEEE Transactions on Education*, vol. 52, No. 2, 214–221 (2009)
- Noor, M.: Implementing a problem based learning for undergraduate course: A first experience. *The Learning Conference*. Institute of Education, University of London, UK (2003)
- Sweller, J.: The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, vol. 16, No. 2, 165–169 (2006)
- Merill, M. D.: A Task-Centered instructional Strategy. *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 40, No. 1, 33–50 (2007)
- Schmidt, H. G.: Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education*, vol. 17, 11–16 (1983)
- Schmidt, H. G.: Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. *Medical Education*, vol. 27, 422–432 (1993)

12. Ditcher, A. K.: Effective teaching and learning in higher education, with particular reference to the undergraduate education of professional engineers. *International Journal of Engineering Education*, vol. 17, No. 1, 24–29 (2001)
13. García, M.I., Rodríguez, S., Pérez, A., García A.: p88110: A Graphical Simulator for Computer Architecture and Organization Courses. *IEEE Transactions on Education*, vol. 52, No. 2, 248–256 (2009)
14. Giacomantone, J., Tarutina, T.: Problem Based Learning. A Case of Study in Computer Science First Year Students. *Computer Science and Technology Series. XV Argentine Congress of Computer Science Selected Papers. Edulp*, 123-130 (2010).
15. Sweller, J.: Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, vol. 12, No. 2, 257–285 (1988)
16. Martínez, R. D.: MSX88: Una Herramienta para la Enseñanza de la Estructura y Funcionamiento de los Ordenadores. *I Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica* (1994)
17. Dattatreya, G.R.: A Systematic Approach to Teaching Binary Arithmetic in a First Course. *IEEE Transactions on Education*, vol. 36, No. 1, 163–168 (1993)
18. Navi, K., Molahosseini, A., Esnaeildoust, M.: How to Teach Residue Number System to Computer Scientists and Engineers. *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, No. 1, 156–163 (2011)
19. Parhami, B.: Generalized Signed-Digit Number Systems: A Unifying Framework for Redundant Number Representations. *IEEE Transactions on Education*, vol. 39, No. 1, 89–98 (1990)