

# 10008 OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA DE COMPUERTAS LÓGICAS. EXPERIENCIA Y EVALUACIÓN

César Estrebou<sup>(1)(2)</sup>, Natalí Salazar Mesía<sup>(1)(3)</sup>, Cecilia Sanz<sup>(1)(4)</sup>

<sup>(1)</sup>*Instituto de Investigación en Informática III-LIDI*

*Facultad de Informática UNLP*

<sup>(2)</sup>cesarest@lidi.info.unlp.edu.ar

<sup>(3)</sup>*Beca Tipo A – Facultad de Informática – UNLP*

nsalazar@lidi.info.unlp.edu.ar

<sup>(4)</sup>csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

**Resumen:** El material educativo digital “Compuertas Lógicas” es un Objeto de Aprendizaje (OA) que se utilizó para realizar una experiencia con 22 alumnos de la asignatura Programación 1 de la carrera Ingeniería en Computación de la UNLP. Este OA trata sobre compuertas y operaciones lógicas. En este sentido se incorporó un simulador digital de circuitos y un generador automático de tablas de verdad para proveer ejemplos interactivos de las compuertas lógicas y sus respectivas tablas de verdad, y también un asistente que construye de manera automática la tabla de verdad a medida que el estudiante diseña un circuito con las compuertas lógicas. Se evaluó analizar el impacto en el aprendizaje y el nivel de satisfacción de la experiencia.

Los resultados obtenidos muestran que los alumnos tienen un alto grado de satisfacción en la experiencia en relación a la interactividad de los contenidos, la experiencia en sí misma y el diseño del OA.

En cuanto al impacto en el aprendizaje los resultados obtenidos en la experiencia permiten observar una mejora en la comprensión del tema, y a la vez, se percibe que la interactividad de los contenidos utilizando un OA ha logrado la motivación de los alumnos en el aprendizaje.

**Palabras clave:** OBJETOS DE APRENDIZAJE, COMPUERTAS LÓGICAS, INTERACTIVIDAD, MATERIAL EDUCATIVO DIGITAL.

## Introducción

En la enseñanza de las carreras de informática, a los estudiantes les resulta de mayor interés aquellas asignaturas relacionadas con la programación de computadoras que las relacionadas con las arquitecturas de las computadoras [1]. Por este motivo los estudiantes tienen menos interés en estos temas, y en consecuencia disminuye su atención, y hace que tengan mayores dificultades en adquirir el conocimiento.

Existen diferentes definiciones de Objetos de Aprendizaje. Particularmente, este OA se diseñó en el marco de la Convocatoria de Objetos de Aprendizaje realizado por la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) que define a los Objetos de Aprendizaje como una unidad didáctica digital diseñada para alcanzar un objetivo de aprendizaje simple, y para ser reutilizada en diferentes Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje, y en distintos contextos de aprendizaje. Debe contar, además, con metadatos que propicien su localización, y permitan abordar su contextualización [2,3].

En la búsqueda de mitigar esta falta de interés se realizó una experiencia con un Objeto de Aprendizaje que aborda como tema las compuertas lógicas digitales de manera simple y con ejemplos interactivos que permiten observar el comportamiento de circuitos y su relación con las tablas de verdad.

## Antecedentes

Existen diversos proyectos que utilizan Objetos de Aprendizaje y materiales educativos digitales en diferentes escenarios educativos. Se presentan aquí sólo algunos proyectos que son antecedentes para el desarrollo del trabajo que aquí se presenta.

En [4, 5] se presenta una experiencia para la enseñanza de programación utilizando Realidad Aumentada (RA) con el material educativo digital EPRA cuyo tema principal son las estructuras de control. Se describe una experiencia que se evalúa desde tres perspectivas: Incidencia en el aprendizaje, motivación y nivel de satisfacción. Los resultados demuestran una mejoría en la comprensión del tema en los alumnos que han utilizado EPRA. Respecto al nivel de satisfacción se considera que EPRA alcanza niveles altos en varios aspectos en cuanto a su diseño y a las actividades de RA que dispone. Cabe destacar que esta experiencia se llevó a cabo con estudiantes de Programación 1, misma asignatura donde se lleva a cabo la experiencia de este trabajo.

También, en [6], se describe una experiencia llevada a cabo con Objetos de Aprendizaje para la enseñanza de diferentes conceptos de programación. Aquí se hace hincapié en el momento adecuado para utilizar este OA y se realiza una experiencia con dos grupos diferentes de estudiantes: el primer grupo dispone del OA antes de la clase teórica dictada por el profesor y el segundo grupo, luego de la clase teórica. A través del análisis realizado demuestran que los estudiantes presentan un mejor rendimiento cuando utilizan el OA como complemento a las clases teóricas después de que el tema ya ha sido visto con el profesor.

Estas experiencias se tuvieron en cuenta en la planificación de la experiencia de este trabajo para definir el momento de realizarla y los aspectos analizados en la evaluación.

## Compuertas Lógicas: diseño y desarrollo

En este Objeto de Aprendizaje se presentan los conceptos elementales sobre compuertas lógicas de manera concisa, donde para cada tipo de compuerta se muestra su funcionamiento, símbolo de la lógica booleana, símbolo gráfico y se muestra un contenido interactivo con el editor de circuitos lógicos.

El contenido del OA se estructura de la siguiente manera:

- Introducción: se presenta el OA, los conocimientos requeridos para su utilización y objetivos específicos.

- Compuertas elementales: se presentan las compuertas lógicas elementales NOT, AND y OR. En la figura 1 se muestra como ejemplo un gráfico de la compuerta lógica AND con su tabla de verdad.
- Compuertas Derivadas: son las que se construyen a partir de las compuertas elementales. Se presentan cuatro combinaciones de compuertas lógicas elementales que permiten la construcción de las compuertas lógicas derivadas XOR, XNOR, NOR y NAND. En la figura 2 se muestra como ejemplo un gráfico de la compuerta lógica XOR con su tabla de verdad.
- Actividad para Asociar símbolos: cada una de las secciones compuertas elementales y compuertas derivadas posee este tipo de actividad con preguntas *multiple choice* que permite asociar un símbolo gráfico con su operación lógica.
- Actividad para Asociar operadores: cada una de las secciones compuertas elementales y compuertas derivadas posee este tipo de actividad con preguntas de selección múltiple que permite asociar un operador lógico con su símbolo gráfico.
- Editor de circuitos: es un área que le permite al estudiante experimentar y construir circuitos conectando compuertas lógicas. Este editor cuenta con un generador automático de tablas de verdad para proveer ejemplos interactivos de las compuertas lógicas y sus respectivas tablas de verdad que se va construyendo a medida que se diseña el circuito (figura 3).
- Evaluación integral: se presenta en formato de autoevaluación con preguntas de opción múltiple que incluye las respuestas y una calificación numérica sobre todos los conceptos desarrollados en el OA.
- Resumen: se presenta una síntesis de todos los temas vistos y los temas que está en condiciones de enfrentar en una etapa posterior a este OA.

En las secciones Compuertas Elementales y Compuertas Derivadas los gráficos se caracterizan por la interactividad de la compuerta lógica y su tabla de verdad (figuras 1 y 2). La interacción se realiza con un clic en las entradas A o B que actualiza la salida Q y resalta la fila correspondiente de la tabla de verdad. De manera inversa, un clic en la tabla actualiza las entradas A y B y la salida Q en el diagrama.

Compuerta Lógica AND      Tabla de verdad

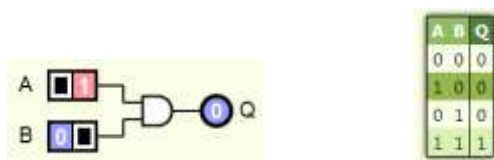


Figura 1. Ejemplo de interacción de compuerta AND y su tabla de verdad.

Compuerta Lógica XOR      Tabla de verdad

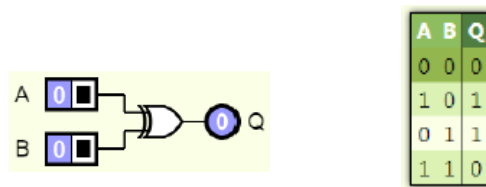


Figura 2. Ejemplo de interacción de compuerta XOR y su tabla de verdad.

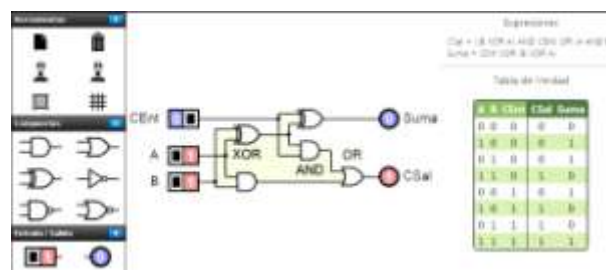


Figura 3. Editor de Circuitos con Asistente Generador de Tablas de Verdad

Es importante destacar que para desarrollar las partes interactivas del OA se realizó un proceso importante de investigación y desarrollo que involucraron principalmente tres etapas.

En una primera etapa se realizó una búsqueda de simuladores de circuitos lógicos focalizada especialmente en dos características. La primera característica fue que estuviera disponible su código fuente de forma libre para poder adaptarlo a las necesidades del OA. La segunda característica fue que tuviera la capacidad correr la aplicación del OA de forma independiente de la plataforma para facilitar y extender su disponibilidad y, en consecuencia, sus posibilidades de uso.

En una segunda etapa se realizó el análisis del código fuente del simulador de circuitos y se realizaron una serie de modificaciones necesarias para poder integrarlo con el OA de la manera planificada.

En una tercera etapa se desarrolló un asistente para la generación automática de tablas de verdad a partir del diseño de un circuito construido con entradas, salidas y compuertas lógicas.

Una vez finalizadas estas etapas de investigación y desarrollo, se realizó la construcción de la aplicación que integra el OA con la capacidad de utilizarse tanto en

línea como fuera de línea y que tiene como requerimiento de uso un navegador web habilitado para ejecutar código javascript.

El OA “Compuertas Lógicas” se encuentra disponible para su acceso tanto en su versión en línea como fuera de línea a través de la url: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50086>

### **Planificación de la experiencia**

Se realizó una sesión de prueba con 22 estudiantes de Programación 1, asignatura que corresponde al primer año de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Informática de la UNLP. Esta asignatura tiene contenidos sobre programación y organización de computadoras como parte de su plan de estudio. La experiencia se efectuó después de que los alumnos hayan accedido a los contenidos teóricos del mismo en la clase teórica de la asignatura, de acuerdo a lo establecido en [6].

El lugar donde se realizó es un aula de la facultad equipada con computadoras aptas para utilizar este OA y acceso a internet.

Antes de comenzar la sesión se realizó una evaluación pretest con preguntas referidas a tablas de verdad, compuertas lógicas y símbolos que representan las operaciones lógicas. Se realizó a 48 estudiantes de Programación 1, de los cuales se seleccionaron al azar 22 estudiantes para realizar la experiencia. Esto se debió a la cantidad de máquinas disponibles que posee la sala de PC de la Facultad.

La experiencia se organizó en una secuencia de pasos con el fin de guiar las actividades a realizar en la misma con una duración aproximada de 45 minutos donde los docentes de la cátedra de Programación 1, que también son autores de este trabajo, coordinan la sesión. Los pasos a seguir incluyen:

1. Presentar el OA y su contenido: los docentes de la cátedra dan un contexto del proyecto donde se enmarca este trabajo y el objetivo general de la experiencia que se va a realizar.
2. Recorrer la parte teórica del OA que incluye:
  - a. Compuertas Elementales
  - b. Compuertas Derivadas
3. Realizar las actividades de Asociación de Símbolos y Asociación de Operadores de las Compuertas Elementales y de las Compuertas Derivadas.
4. Utilizar el Editor de Circuitos para graficar un circuito dado por los docentes de la cátedra y responder una pregunta sobre los valores que toma la tabla de verdad asociada.
5. Realizar la evaluación integral propuesta por el OA a modo de ejercitación.

6. Realizar una evaluación postest.
7. Completar una encuesta.

La experiencia se realizó en forma individual. Se planifican futuras experiencias teniendo en cuenta el trabajo en grupos y la colaboración para el desarrollo de los conceptos aquí trabajados.

## Evaluación

Esta experiencia se evaluó desde dos aspectos: impacto en el aprendizaje y grado de satisfacción. Para medir cada una de ellas se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos que se describen a continuación.

Para medir el impacto en el aprendizaje se utilizó la técnica de pretest y postest donde se evaluaron los mismos contenidos con la misma complejidad: tablas de verdad, compuertas lógicas y operadores lógicos. Se realizaron 6 preguntas de opción múltiple en ambos casos. Se tuvo en cuenta los diferentes momentos para tomar las evaluaciones: la evaluación pretest la realizaron 45 estudiantes de una comisión de programación 1 presentes en esa fecha. Del total de estudiantes se seleccionaron 22 al azar para realizar la experiencia.

Asimismo, el postest se evaluó luego de realizar la experiencia con los 22 estudiantes seleccionados.

Esta forma de evaluar el impacto en el aprendizaje ha sido utilizada en diferentes experiencias con materiales educativos digitales y permite obtener el grado de conocimiento previo a la experiencia y el impacto del OA sobre el conocimiento [7].

Por otro lado, para medir el grado de satisfacción se utilizó una encuesta dirigida a los alumnos que permite obtener resultados en relación a diferentes características de este OA tales como contenido, usabilidad y disponibilidad. Se creó con la herramienta formulario Google Form e incluyó preguntas abiertas, de opción múltiple y con la escala de Likert. Se analizan los resultados en la próxima sección.

## Resultados

Se presentan los resultados de la primera implementación de la experiencia con el OA Compuertas Lógicas desde dos aspectos: Impacto en el aprendizaje y grado de satisfacción.

Se realizó una evaluación diagnóstica (pretest) a los estudiantes de la cátedra Programación 1 que tiene como objetivo principal analizar las principales dificultades detectadas en los alumnos, en relación a la comprensión del tema propuesto: uso y aplicación de las compuertas lógicas. Esta evaluación se realizó en el horario de práctica de la asignatura y participaron todos los estudiantes que asistieron a clase ese día, 48 en total.

Se trata de una evaluación en papel, con formato *multiple choice* en la cual se plantean seis problemas sencillos. El alumno, de forma individual, debe elegir la tabla de verdad, compuerta lógica u operador lógico más conveniente para contestar a la pregunta correspondiente.

En los resultados obtenidos de los 48 estudiantes se observa que en el uso de las tablas de verdad no se encontraron grandes dificultades. La muestra indica que el 89% de los estudiantes contestó correctamente las preguntas acerca de las tablas de verdad, mientras que el 22% eligió una compuerta lógica que no correspondía con la solicitada, y el 85% acertó a las preguntas sobre operadores lógicos. Los resultados de este análisis se muestran a continuación en la figura 4, 5 y 6.

Asimismo, se puede concluir que los estudiantes dentro de los errores que se señalan tienen más dificultades con las tablas de verdad, compuertas lógicas y operadores lógicos de las compuertas derivadas que de las compuertas elementales.

#### PRETEST - TABLAS DE VERDAD

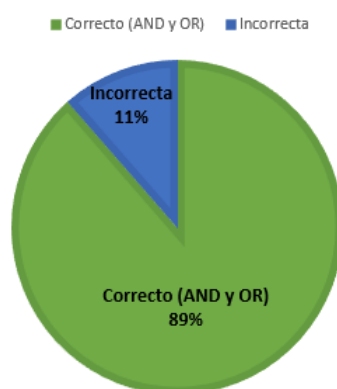


Figura 4: Resultados correspondientes a las tablas de verdad de la evaluación pretest.

#### PRETEST - COMPUERTAS LÓGICAS

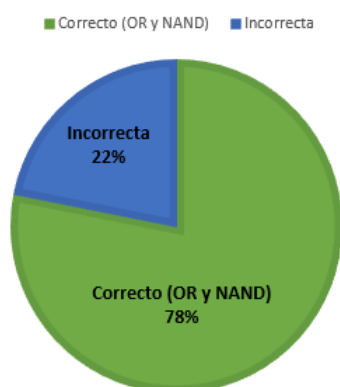


Figura 5: Resultados correspondientes a las Compuertas Lógicas de la evaluación pretest.

### PRETEST - OPERADORES LÓGICOS

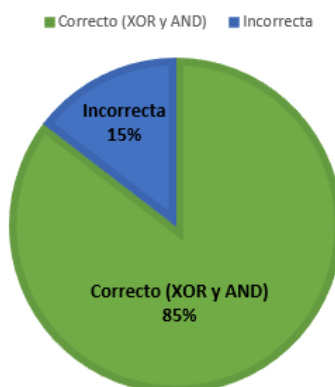


Figura 6: Resultados correspondientes a los operadores lógicos de la evaluación pretest.

En la figura 5 se muestra el porcentaje más alto donde los estudiantes tienden a confundirse, el tema de las compuertas lógicas, y no se observan problemas en la identificación de los operadores lógicos.

Las mejoras que se observan en la evaluación postest tienen que ver con aquellos estudiantes que demostraron tener poco conocimiento previo acerca del tema como se observa en las figuras 7, 8 y 9. Cerca del 60% no tuvo errores en la evaluación pretest y tampoco en la evaluación postest. Sin embargo para el 35% que tuvo más errores la mejora resultante es cercana al 90%. Estos resultados permiten vislumbrar la utilidad de este Objeto de Aprendizaje en la enseñanza del tema propuesto y alientan el diseño de este tipo de materiales educativos digitales complementarios a los que se utilizan en las clases tradicionales.

### POSTEST - TABLAS DE VERDAD

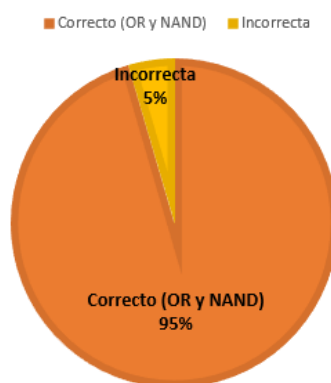


Figura 7: Resultados correspondientes a las tablas de verdad de la evaluación postest.



### POSTEST - COMPUERTAS LÓGICAS

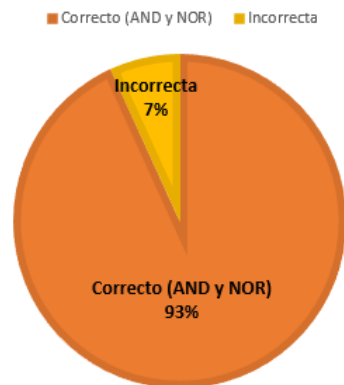


Figura 8: Resultados correspondientes a las Compuertas Lógicas de la evaluación posttest.

### POSTEST - OPERADORES LÓGICOS

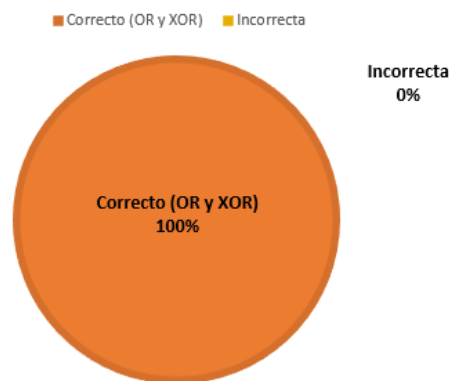


Figura 9: Resultados correspondientes a los operadores lógicos de la evaluación posttest

En relación al grado de satisfacción de la experiencia todos los alumnos estuvieron de acuerdo que los temas vistos sobre operaciones y compuertas lógicas resultaron de utilidad para la comprensión de los mismos. Menos del 30% contaba con algún conocimiento previo sobre el tema.

Sobre el aporte que brinda este OA, principalmente, el 81% eligió interacción con los contenidos y ejercitación en el uso de compuertas y operaciones lógicas, así como también profundización de los contenidos. La motivación también representa un aporte fundamental para este material y el tema propuesto.

Cerca del 50 % de los alumnos valoró con 5 la ayuda de las actividades de asociación de símbolos, asociación de operadores y el editor de circuitos en una escala de 1 a 5, siendo 1 el menor valor y 5 el mayor valor. Entre el 36 y 40% asignó valor 4 estas actividades y el resto con una valoración de 3.

En general les ha gustado la experiencia, la recomendarían a otros compañeros y les gustaría disponer del Objeto de Aprendizaje como complemento a las clases teóricas.

No han surgido dificultades más allá de una necesidad de simplificar la funcionalidad de conexión en el editor de circuitos cuando unen las entradas con las compuertas lógicas, lo cual es un tema pendiente a mejorar en este OA. Además, en la misma encuesta se incluyó una sección para indagar a los estudiantes sobre diferentes aspectos de diseño del OA, tales como: la organización de los contenidos, la tipografía y su color, el uso de imágenes para ejemplificar, y las consignas de las actividades en relación a su claridad y facilidad de comprensión.

Las preguntas eran del tipo cerrado, utilizando una escala de Likert con los siguientes valores posibles: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, Totalmente de acuerdo.

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 10. En general, los estudiantes han estado de acuerdo o totalmente de acuerdo en considerar la organización de los contenidos adecuada e intuitiva (90,9%), con una tipografía clara y de buen contraste con el fondo (90,9%), con imágenes de tamaño adecuado y que resultan ejemplificadoras de los contenidos (81,9%) y con consignas que presentan una redacción clara y específica (81,8%).

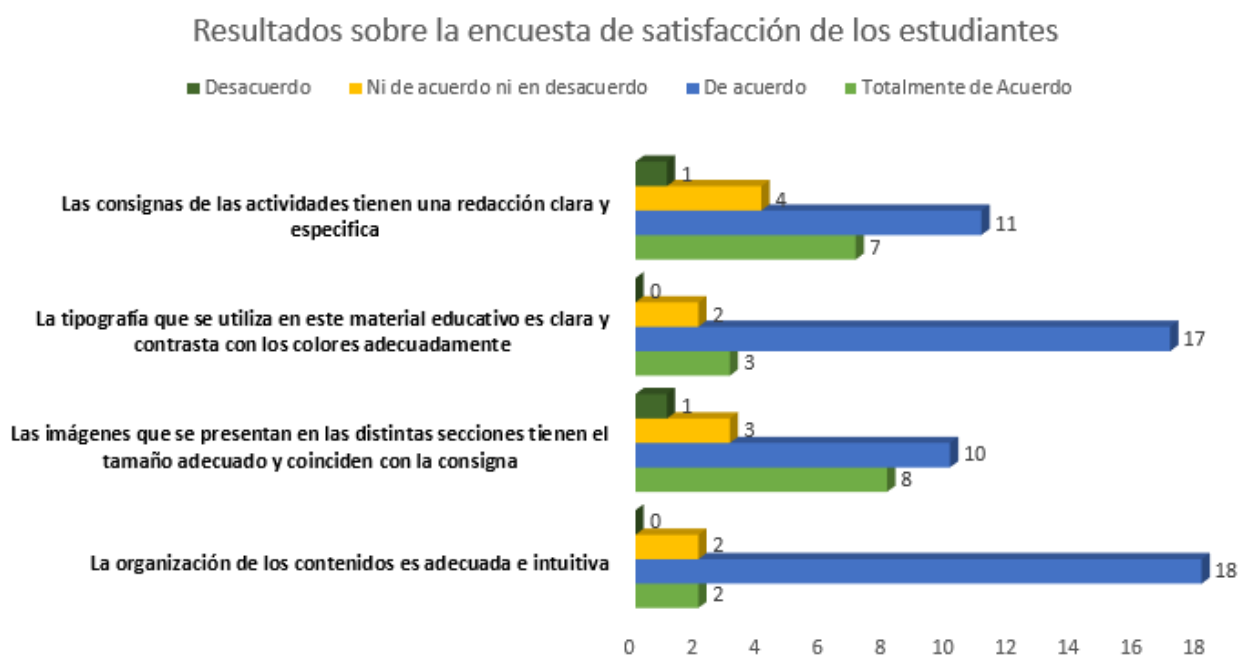


Figura 10: Resultados de la encuesta sobre la satisfacción de los estudiantes en relación al diseño del OA

## Conclusiones

En este trabajo se describe una experiencia llevada a cabo con 22 alumnos de la cátedra de Programación 1 de la Facultad de Informática de la UNLP. Se utiliza el objeto de aprendizaje “Compuertas Lógicas” que estructura el contenido de una unidad

de esta asignatura y contiene el marco teórico, actividades relacionadas que se caracterizan por la interactividad, además de un editor que construye automáticamente la tabla de verdad para que resulte más intuitivo para el estudiante la forma de comprender el funcionamiento de los circuitos.

Se evalúan dos aspectos de este OA a través de la experiencia: impacto en el aprendizaje y grado de satisfacción en cuanto a la experiencia y diseño del objeto de aprendizaje.

Los temas que aborda este OA, en general, no resultan atractivos para los estudiantes. La tendencia en esta materia se orienta a la parte de programación de computadoras. Sin embargo, el uso de este tipo de complementos a los materiales ya disponibles en la asignatura puede incrementar la motivación de los estudiantes en el aprendizaje.

Los resultados presentados conducen a la conclusión que los estudiantes tienen un alto nivel de satisfacción con la experiencia realizada utilizando el Objeto de Aprendizaje Compuertas Lógicas y la interactividad que brinda en el desarrollo de sus actividades. Los estudiantes perciben que esta experiencia les permitió alcanzar mayor entendimiento en el tema así como también ayudó tanto en la ejercitación y como en la profundización de los contenidos. La motivación resultó una influencia positiva por la interacción con los contenidos.

A través de los resultados obtenidos en las evaluaciones pretest y postest se puede establecer vislumbrar que este OA incrementa la comprensión de los temas para aquellos estudiantes que tienen poco conocimiento previo acerca del tema. No obstante es necesario ampliar la muestra para obtener resultados más concluyentes.

## Trabajo Futuro

Se proyecta poder realizar nuevas experiencias con grupos mayores de alumnos de cátedras de los primeros años donde traten esta temática.

Se planea el diseño y desarrollo de otro OA que incluya los temas de circuitos combinatoriales y secuenciales, así como también otros temas relacionados a la organización de computadoras.

## Bibliografía

- [1] Stallings, W. (2005) Computer Organization and Architecture: Designing for Performance (7th Edition), Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- [2] Sanz, C., Barranquero, F., Moralejo, L. (2016) CROA: a learning object design and creation methodology to bridge the gap between educators and reusable educational material creation. 8th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2016) Barcelona, España. Julio de 2016. Publicado en las Actas de la Conferencia ISBN: 978-84-608-8860-4 pp. 4583-4592.

[3] Massa, S. (2012). "Objetos De Aprendizaje: Metodología de desarrollo y evaluación de la calidad." Directores: Prof. Ing. Armando De Giusti. Prof. Lic. Patricia Pesado. Tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas – Facultad de Informática – UNLP. Marzo de 2012.

[4] Salazar Mesía N., Sanz C., Gorga G. (2016) Experiencia de enseñanza de Programación con Realidad Aumentada. Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI 2016. Almería, España. Julio de 2016. Publicado en las Actas de las Jornadas ISBN: 978-84-16642- 30-4 - Pp. 213 a 220.

[5] Salazar Mesía N., Sanz C., Gorga G. (2016) Augmented Reality for Programming Teaching. Student Satisfaction Analysis. Proceedings of the 2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems. En cooperación con IEEE, ACM and IFIP. Noviembre 2016, Orlando, Florida, USA

– ISBN: 978-1-5090-2300-4/16 IEEE DOI 10.1109/CTS.2016.43 – Pp. 165-171,

[6] Begosso, L. R., Begosso, L. C., Begosso, R.

H. (2016). "An approach for the use of Learning Objects in teaching computer programming concepts". IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Eire, PA, 2016, pp. 1-8. doi: 10.1109/FIE.2016.7757619.

[7] Salazar Mesía N., Gorga G., Sanz C. (2016) Experiencia con Realidad Aumentada. Análisis de la incidencia en la comprensión de las estructuras de control. Actas del XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016), ISBN: 978-987- 733-072-4. Pp. 1231-1241.