

## CONSTRUYENDO PUENTES DE APRENDIZAJE. UN PROYECTO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

González, Mónica L. (1, 2), Vilche Ernesto A. (1), Knopoff, Patricia A. (1)

(1) Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación al uso de TIC (UNITEC), Facultad de Ingeniería, 48 y 116, Universidad Nacional de La Plata, [dispos@ing.unlp.edu.ar](mailto:dispos@ing.unlp.edu.ar)

(2) Cátedra de Dispositivos Electrónicos A y B, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras Claves:** Voluntariado Universitario, Laboratorio de Electrónica, Aprendizaje Situado, Compuertas lógicas, Aprendizaje por proyectos

### Introducción

*“La experiencia humana no sólo implica pensamiento, sino también afectividad y únicamente cuando se consideran en conjunto se capacita al individuo para enriquecer el significado de su experiencia”, D. Ausubel.*

El trabajo que se presenta surge en el marco del proyecto denominado *Laboratorio de Electrónica básica: un espacio para enseñar, aprender, compartir experiencias y despertar vocaciones*, acreditado por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación en el marco de la Convocatoria 2011 del Programa de Voluntariado Universitario. Este es un proyecto de Extensión Universitaria enmarcado en las temáticas desarrolladas por la Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC (UNITEC). El mismo se encuentra actualmente en ejecución en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata en el espacio de la cátedra de Dispositivos Electrónicos A y B.

En el área de Educación en Ingeniería las actividades del UNITEC están relacionadas con la propuesta y ejecución de transformaciones en las prácticas pedagógicas que permitan articular y mejorar los procesos de Enseñanza y de Aprendizaje con el uso de TIC en educación, junto con la organización y gestión de los procesos educativos mediados por tecnologías en etapas tempranas en la formación de grado de la carrera de Ingeniería en Electrónica. Dentro de este espacio se trabaja en la formación en competencias, habilidades y desempeños con la intención del mejoramiento de la calidad educativa con áreas de interés en Microelectrónica, Dispositivos Semiconductores y Electrónica Analógica.

El proyecto de voluntariado tiene como objetivo comprometer al alumno universitario en la puesta en práctica de los saberes adquiridos, en su camino por la Universidad pública y gratuita, en beneficio de la comunidad. Con este enfoque, se pretende realizar un trabajo interdisciplinario de diseño y ejecución de materiales didácticos aplicados a talleres-laboratorios de electrónica para introducir al estudiante secundario en los conceptos de Lógica proposicional, incorporando las bases del Álgebra de Boole, mediante la utilización de Compuertas Lógicas Electrónicas implementadas con interruptores y diodos LED. Esta iniciativa de generación de espacios compartidos de saberes, diseño de materiales y estrategias didácticas innovadoras propicia mejorar la calidad del proceso educativo en un marco de colaboración y enriquecimiento mutuo entre la Universidad y la Escuela Media.

Se pretenden formular espacios alternativos de trabajo a través del fortalecimiento de la práctica y calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencia y tecnología en la Escuela Media, haciendo hincapié en la formación académica vinculada con el aprendizaje por proyectos y la resolución de problemas reales. Se busca lograr la integración de los

conocimientos propios de la disciplina (saber), las competencias, habilidades y desempeños (saber hacer), y el compromiso con el contexto social y ético (saber ser). Varias investigaciones en el campo de las teorías del aprendizaje han demostrado que las experiencias realizadas con la manipulación de materiales reales dentro de una propuesta didáctica contribuyen a mejorar la producción de un aprendizaje significativo.

### Marco de referencia

*“Probablemente uno de los problemas más importantes de la educación y la formación en la actualidad es que la mayoría de los enfoques instructivos utilizados no están en consonancia con las necesidades de los niños y jóvenes actuales ni con el tipo de sociedad en que estamos viviendo.*

*La descomposición de los conocimientos, la transmisión de las informaciones, el modelo unidireccional profesor—alumno, el conocimiento como algo estático se contraponen con una visión del conocimiento mucho más dinámica y compleja.”, Gros Salvat B., 2002*

Los modelos curriculares cognitivos–constructivistas están centrados en el aprendizaje por construcción de significados a través de procesos de comprensión. Se enfatiza el interés por el estudio de los procesos complejos del pensamiento, el procesamiento de la información y su aplicación a modelos educativos centrados en la resolución de problemas y orientados hacia la construcción de un aprendizaje significativo para desarrollar capacidades basadas en la comprensión, análisis e investigación.

Desde una concepción constructivista del aprendizaje significativo se considera al alumno como responsable de su propio proceso de aprendizaje utilizando las ideas y las concepciones previas para tratar situaciones problemáticas nuevas, que impliquen soluciones a través de los conocimientos adquiridos y la manipulación de los objetos de estudio. En este contexto, el *“aprender haciendo”* es una de las estrategias de aprendizaje más efectivas, y constituye un enfoque opuesto al modelo de enseñanza tradicional. En el modelo tradicional el conocimiento suele presentarse sin relación con el contexto. Se privilegia la transmisión de la información a través de un modelo emisor activo-receptor pasivo donde el docente transmite y el alumno recibe. La enseñanza y el aprendizaje están disociados de la situación didáctica reflejándose en la separación entre teoría y práctica como elementos aislados en la situación de clase. La enseñanza se orienta a la memorización y a la reproducción del discurso del profesor. Los sistemas de evaluación asociados a este modelo llevan a la respuesta única, no dejando espacios para la creatividad y el desarrollo de un pensamiento crítico.

Como alternativa se propone un cambio de paradigma. Se adopta una visión de articulación teoría-práctica transformando las estrategias didácticas hacia un enfoque de aprendizaje significativo y contextualizado. Desde esta perspectiva, se destacan los siguientes principios: el conocimiento no se trasmite sino que se construye porque es el resultado de una actividad; el significado se crea en la mente del aprendiz y se revaloriza al ser compartido. Los aportes de la teoría de la Cognición Situada presentan al conocimiento como situado, parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza. El aprendizaje se entiende como los cambios en las formas de comprensión y participación de los sujetos en una actividad conjunta. El enfoque instruccional de la enseñanza situada *“destaca la importancia de la actividad y el contexto para el aprendizaje y reconoce que el aprendizaje escolar es, ante todo, un proceso de enculturación en el cual los estudiantes se integran gradualmente a una comunidad o cultura de prácticas sociales. En esta misma dirección, se comparte la idea de que aprender y hacer son acciones inseparables.”*, Díaz Barriga F. (2003).

Los modelos curriculares resultantes son más complejos y fundamentados en actividades basadas en la resolución de problemas a través de estrategias apoyadas en el razonamiento,

pensamiento crítico, creatividad, transferencia y trabajo grupal. Sobre la base de estos principios se ha elaborado el proyecto educativo de voluntariado universitario: *Laboratorio de Electrónica básica: un espacio para enseñar, aprender, compartir experiencias y despertar vocaciones*.

## Metodología de trabajo

El Álgebra de Boole opera con relaciones lógicas sobre variables que admiten únicamente dos valores, designados convencionalmente con 1 y 0.

Son suficientes tres operadores para generar toda la variedad de funciones lógicas correspondientes a una lógica proposicional (con Principio de Tercero Excluido). En este proyecto se ha trabajado con los operadores AND (producto lógico), OR (suma lógica) y NOT (complementación) como base para la formación de las funciones y análisis de valor de verdad de diferentes proposiciones, aunque es posible generar otros conjuntos de operadores de base, equivalentes lógicamente a los mencionados.

Los valores posibles según el álgebra booleana (1 y 0) aparecen en las compuertas diseñadas como estados en los LEDs. Un LED encendido corresponde al valor booleano 1 y un LED apagado corresponde al valor booleano 0.

Con las compuertas AND, OR y NOT se inicia el trabajo con los estudiantes, analizando el comportamiento de cada circuito, a partir de la circulación de la corriente eléctrica según la disposición seleccionada de los interruptores y observando el estado del LED que indica el estado final de la compuerta. Para cada compuerta, el estudiante varía las posiciones de los interruptores de forma de establecer todos los estados posibles de la compuerta en su tabla de estado correspondiente.

Con estas tres compuertas se introducen los conceptos de circuito serie, circuito paralelo, estado y tabla de estado, y con estos conceptos se inicia el trabajo con tablas de verdad, que para el estudiante serán, por el momento, simples indicadores de los estados posibles de cada compuerta.

Posteriormente, se comienza el análisis de funciones booleanas y el estudio de los teoremas de esta álgebra. De esta manera, los estudiantes pueden, por ejemplo, verificar por tablas de estado la equivalencia entre una compuerta NAND con la disyunción de dos compuertas NOT (Compuerta "NOT OR NOT...") e introducir así las Leyes de Morgan. De forma similar se trabaja para el análisis de los diferentes teoremas (Copi, 2000; Gamut, 2004).

Llegados a este estadio, se presentan a los estudiantes situaciones concretas a ser resueltas de forma tal que se relacionan los conceptos adquiridos desde el área de la Electricidad con los de la Lógica, explicitando su potencialidad predictiva ante situaciones específicas. Por ejemplo, una situación elemental puede estar dada por:

*Una casa tiene un tanque de agua en el techo y una bomba de agua. La bomba debe encenderse si el tanque está vacío.*

Si "tanque\_vacío" entonces... "bomba encendida"

donde "bomba encendida" aparece en la compuerta con el encendido del LED de estado.

Esta situación no requiere de compuerta para su resolución, ya que la condición de encendido de la bomba depende de una sola variable (tanque\_vacío).

*Luego instalan una cisterna subterránea, que agrega la siguiente complejidad al sistema. Si la cisterna está vacía, la bomba no debe encenderse. Es decir, la bomba deberá encenderse si el tanque está vacío y la cisterna tiene agua, ambas situaciones simultáneamente.*

Esta situación se representa con una compuerta AND:

"tanque\_vacío" AND "cisterna\_llena" entonces... "bomba encendida"

donde "tanque\_vacío" se representará con la activación de un interruptor y "cisterna llena" se representará con la activación del otro interruptor de la compuerta. Sólo si ambos interruptores

se encuentran en la posición activo/cerrado/conectado se encenderá el LED de estado de la compuerta, indicando que se ha logrado “*bomba encendida*”.

Esta situación es el inicio de una secuencia de situaciones adecuada que facilitará a los estudiantes la construcción de los conceptos que se pretenden presentar. Algunas situaciones más complejas a presentar son, por ejemplo, *una casa con dos tanques y una cisterna o un sistema de luces que indica a un empleado en el interior de un local si hay clientes por atender y cuántos hay*.

Se induce a los estudiantes a generar una representación simbólica de los operadores y finalmente se los introduce en la estructura simbólica tradicional, a fin de alcanzar un lenguaje común por todos los grupos de trabajo.

Una vez establecida la estructura simbólica, se puede llevar a niveles de complejidad creciente las situaciones a resolver por los estudiantes, ya que ellos serán capaces de trabajarlas desde la esquematización simbólica y el análisis por tablas de verdad.

El grado de avance de los estudiantes participantes del proyecto se analiza mediante pretest, ejecutados antes de iniciar el trabajo con las tres compuertas básicas, y postest ejecutados al finalizar toda la secuencia de situaciones.

### **Material didáctico diseñado**

Se diseñaron kits didácticos para el desarrollo de las secuencias en las sesiones de trabajo con los estudiantes. Cada kit se compone de tres cajas de madera (“compuertas”), donde cada una cuenta con un circuito eléctrico que corresponde a cada una de las equivalencias eléctricas de los operadores booleanos AND, OR y NOT.

Se trabaja con interruptores conectados en serie o en paralelo, según corresponda, de forma de lograr cada representación. Se utilizaron interruptores del tipo on/off, es decir, que pueden encontrarse solamente en dos estados posibles diferentes: activo/cerrado/conectado o inactivo/abierto/no-conectado. Cada interruptor colocado está acompañado (y conectado) con un LED para indicar el estado en que se encuentra. El LED que acompaña a cada interruptor se enciende si éste se encuentra en el primer estado mencionado. Estos LED cumplen la función de indicar al estudiante que la selección que ha realizado se está ejecutando efectivamente en el tablero que usa, de forma que si el interruptor se ha dañado, el LED asociado no encenderá en ninguna de las dos posiciones del interruptor (Hill – Peterson, 1984; Taub, 1982; Taub – Schilling, 1982; Tocci, 2003)

Cada compuerta, a su vez, tiene incorporado un LED adicional (LED de estado final), que es el que indica el resultado de la operación que se está ejecutando en la misma, y un par de bornes donde se conecta la fuente de alimentación. Esta fuente consiste en un transformador 220V-6V, que cuenta con fusible (para evitar daños por sobrecarga de corriente), un rectificador puente con filtro a capacitor, un regulador de tensión integrado de 5 V y un LED (para indicar que la energía eléctrica está siendo suministrada).

Esta forma de diseñar los kits se fundamenta en la necesidad de evitar que el estudiante se aparte de su razonamiento, en las conexiones que realiza, como consecuencia posibles fallas en los circuitos.

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran el circuito eléctrico interno y cada caja armada para realizar las funciones lógicas AND, OR y NOT, respectivamente. Cada caja cuenta, en su parte superior, con el esquema del circuito eléctrico equivalente al operador que representa y el nombre de dicho operador. En su parte inferior, la compuerta está formada por un circuito algo más complejo que el representado en el exterior, debido a la necesidad de establecer un circuito electrónico adecuado a las finalidades didácticas perseguidas.

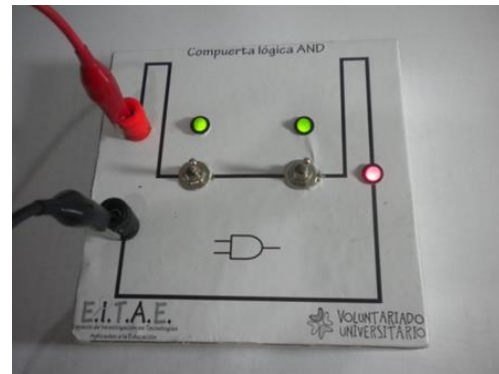
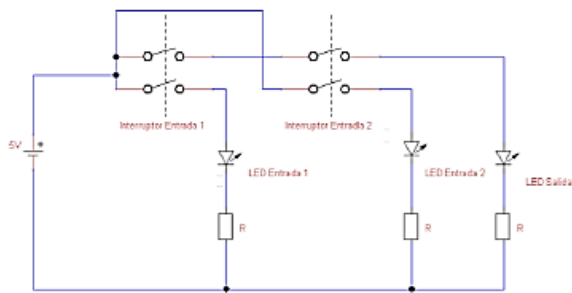


Figura 1: Compuerta OR. Circuito eléctrico interno y kit diseñado

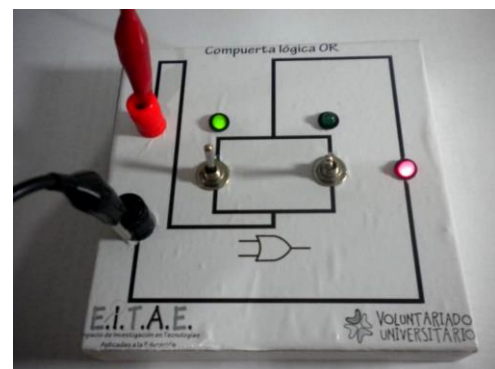
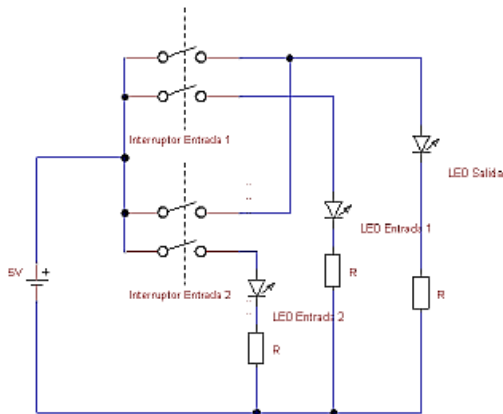


Figura 2: Compuerta OR. Circuito eléctrico interno y kit diseñado

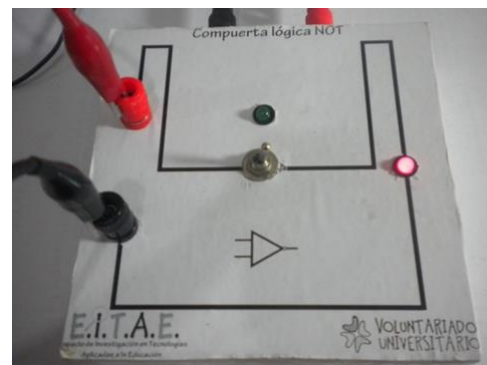
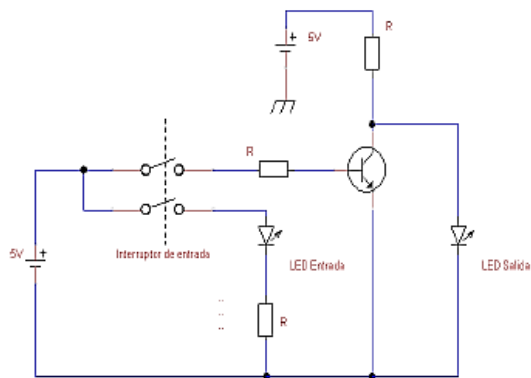


Figura 3: Compuerta NOT. Circuito eléctrico interno y kit diseñado

## Resultados y discusión

Este proyecto ha sido acreditado para el período 2011-2012, con una asignación tardía de la partida presupuestaria correspondiente. Esta dilación en el acceso a los fondos necesarios para la adquisición de materiales para la construcción de los kits didácticos coloca al presente

proyecto en situación de construcción de kits en la actualidad y será ejecutado con los estudiantes de Escuela Media durante el primer semestre del año 2013.

En función de dar continuidad y permanencia al proyecto, se ha presentado y acreditado la segunda edición del mismo a consideración de la SPU previéndose su desarrollo y ejecución durante el año 2013. Para el mismo se trabajará en el análisis y diseño de compuertas lógicas complejas (NAND, NOR, NOT...AND NOT... y NOT... OR NOT...) con el objetivo de introducir a los estudiantes en el trabajo con las compuertas lógicas electrónicas compuestas por circuitos integrados, de forma tal de facilitar el acceso de los jóvenes a las nuevas tecnologías.

## Conclusiones

Se presentó una metodología de actividad didáctica interdisciplinaria entre la Física, en el área de la Electricidad, y la Lógica, en el área del Álgebra de Boole. Se sustenta la propuesta de interdisciplinaria en la biunivocidad existente entre las Compuertas Lógicas Electrónicas y el Álgebra de Boole.

A partir del análisis de la circulación de la corriente eléctrica en circuitos eléctricos en serie y en paralelo –diseñados y construidos ad hoc-, los estudiantes de nivel secundario pueden ingresar al estudio de las estructuras lógicas elementales, correspondientes a una base suficiente de operadores booleanos, que se constituirán en el cimiento donde construir los conceptos más complejos, derivados de ellos y constituyentes de los diversos teoremas booleanos. Por otra parte, los alumnos voluntarios de este proyecto han aplicado los conocimientos adquiridos utilizando metodologías de aprendizaje situado y realización de proyectos, incorporando además valores éticos y responsabilidad social, compartiendo conocimientos.

## Bibliografía

Ausubel D., Teoría del aprendizaje significativo, consultado en:

[http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje\\_significativo.pdf](http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje_significativo.pdf)

Copi, I. (2000). Introducción a la Lógica. México: Limusa

Díaz Barriga, F. (2003). *Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 5. Consultado en: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>

Gamut, LTF. (2004). Introducción a la Lógica, Buenos Aires: EUDEBA

Gros Salvat B. (2002), *Constructivismo y diseños de entornos virtuales de aprendizaje*, Revista de educación, Nro. 328, pp. 225-247

Hill - Peterson. (1984). Teoría de conmutación y diseño lógico, México: Ed. Limusa.

Taub, H. (1982). Circuitos digitales y microprocesadores, México: Ed. McGraw-Hill.

Taub - Schilling (1982). Digital Integrated Electronics, New Jersey: Ed. McGraw-Hill.

Tocci, R. (2003). Sistemas Digitales: Principios y aplicaciones, México: Pearson Educación.