



**Universidad Internacional de La Rioja**  
**Facultad de Educación**

**Trabajo fin de máster**

Estudio de la influencia del uso software de simulación en el aprendizaje de circuitos eléctricos en la materia de Tecnología 3º ESO en los centros de la Comunidad Autónoma de Madrid.

**Presentado por:** Tomás Pérez Lara  
**Línea de investigación:** Medios audiovisuales y nuevas tecnologías aplicadas a la educación  
**Director/a:** Francisco Javier Almeida Martínez

**Ciudad:** Alcalá de Henares  
**Fecha:** 29 de Junio de 2012



Índice de contenidos.....	1
Resumen.....	2
Abstract.....	3
1. Introducción.....	4
1.1. Objetivos.....	5
1.2. Aportaciones.....	5
1.3. Metodología.....	5
2. Marco Conceptual .....	6
2.1. Teoría Aprendizaje Significativo.....	6
2.2. Teoría Socio-Histórica.....	8
2.3. Teoría de los Modelos Mentales.....	9
2.4. Entornos de Aprendizaje Constructivista.....	10
2.5 Entornos de Aprendizaje por Ordenador.....	11
3. Evaluación.....	14
3.1. Diseño del Estudio.....	14
3.2. Procedimiento.....	15
3.3. Instrumento para la evaluación.....	17
4. Resultados.....	17
5. Discusión de los resultados.....	19
6. Conclusiones y Trabajos futuros.....	20
7. Bibliografía.....	22
8. Anexos.....	24

## Resumen

Según la experiencia en la enseñanza de circuitos eléctricos se ha detectado que los alumnos mantienen errores conceptuales importantes después de haber sido estudiado el tema. Después de una revisión bibliográfica se confirma que hay un determinado tipo de errores que mantienen los alumnos en diferentes países y niveles educativos.

Por otra parte, en los centros educativos existe un fácil acceso a herramientas de simulación por ordenador, pero en muchos casos estas no se utilizan junto con las actividades adecuadas para conseguir aprendizajes significativos.

Partiendo de estas premisas la intención de este trabajo fue el desarrollo de actividades a realizar con el software de simulación ***Crocodile Clips***. Dichas actividades estaban creadas para ayudar a los alumnos a superar las dificultades que les surgen en el aprendizaje de circuitos eléctricos.

El marco conceptual está basado en aspectos del constructivismo que propician el uso de herramientas software. Esta elección se hace ya que según investigaciones previas es el modelo didáctico más adecuado al aprendizaje de las ciencias. En este marco se resumen las teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel, la Socio-Histórica de Vygotsky y la de Modelos Mentales de Jhonson-Laird. En este marco también se hace una aproximación a la simulación por ordenador.

Con el fin de investigar los resultados del uso de las actividades en el aprendizaje realizado por los alumnos, se realizó un estudio cuasi-experimental. Los resultados cuantitativos reflejaron que hubo diferencias estadísticamente significativas en los resultados de los alumnos que utilizaron el software de simulación al compararlos con los resultados de los alumnos que no lo utilizaron. Los resultados cualitativos sugieren que los alumnos del grupo experimental han estado más satisfechos con esta actividad que los alumnos del grupo de control. Estos resultados nos llevan a pensar que es posible que el uso de software de simulación junto con actividades adecuadas tengan un efecto positivo en el aprendizaje. Sin embargo esta diferencia también puede haber estado causada porque las actividades realizadas por el grupo de control no eran adecuadas para el uso sin el software de simulación.

**Palabras clave:** Software, Circuitos Eléctricos, Simulación, Constructivismo.

## **Abstract**

Based on experience in teaching electrical circuit it has been detected that major students misconceptions hold after it was studied the subject. A literature review confirms that there is a certain type of errors that keep students from different countries and education levels.

Moreover, in schools there is easy access to computer simulation tools, but in many cases these are not used with appropriate activities to achieve meaningful learning. On this basis, the intention of this work was the development of activities to do with the ***Crocodile Clips*** simulation software. These activities were created to help students overcome the difficulties that arise in learning circuitry. The framework is based on aspects of constructivism that encourage the use of software tools. According to previous researches, it is the most appropriate teaching model for learning science. This framework summarizes the theories of Ausubel's Meaningful Learning, Vygotsky's Socio-Historical and Johnson-Laird's Mental Models. This framework also provides an approach to computer simulation.

In order to investigate the results of the use of learning activities undertaken by the students, it was conducted a quasi-experimental study. The quantitative results showed that there were statistically significant differences in the results of students who used simulation software to compare the results of students who did not use it. The qualitative results suggest that students in the experimental group have been more pleased with this activity instead of students in the control group. These results suggest that it is possible that the use of simulation software with appropriate activities have a positive effect on learning. However, this difference may also have been caused because the activities of the control group were not suitable for use without the simulation software.

**Keywords:** Software, Electric Circuits, Simulation, Constructivism.

## **1. Introducción**

Gracias a las tecnologías de la información y la comunicación se obtienen ventajas para la educación científica, pero en la mayoría de los currículos actuales se observa que el software se utiliza principalmente como un medio transmisor de contenidos didácticos. Con el software se presenta la información y se desarrollan las actividades de las unidades didácticas, pero la interacción del alumno con el software queda limitada a la recepción de conceptos elaborados y el uso de esa información en actividades de evaluación de los conocimientos adquiridos. Es por tanto, una metodología de enseñanza transmisiva, en la que no se tiene en cuenta el papel que tienen las concepciones de los alumnos en los procesos de aprendizaje de la ciencia, no se promueve el desarrollo de métodos científicos y no se asegura la construcción de conocimientos significativos. (Pontes, 2001)

Por otra parte, las metodologías que no tienen en cuenta las ideas de los alumnos en el proceso de aprendizaje de las ciencias, producen un gran número de conceptos alternativos, y estos permanecen como errores conceptuales entre los alumnos de todos los niveles. Este hecho es muy común en el tema de los circuitos eléctricos (Pontes y Pro, 2001). Por tanto, uno de los objetivos de la enseñanza debe consistir en ayudar a los alumnos a transformar sus concepciones, en ideas científicas mediante procesos de cambio conceptual y metodológico (Gil et al., 1991). Para ello se han llevado a cabo investigaciones sobre la manera de lograr dicho cambio conceptual. Una de ellas es el uso de software de simulación y modelado, mediante planteamientos didácticos con un enfoque constructivista sobre el aprendizaje de las ciencias, ya que según (Windschitl & Andre, 1998) se ha comprobado que con el uso de estas herramientas y dicha metodología se obtenía una mejora significativa en el aprendizaje, en términos de sustitución de ideas erróneas por conceptos científicamente aceptados.

Por lo tanto la informática educativa puede ayudar a mejorar la calidad de la enseñanza de tecnología cuando se utiliza software adecuado y, sobre todo, cuando se aplican propuestas metodológicas que favorezcan el aprendizaje activo y reflexivo (Pontes, 2001). Estas propuestas se basan en la idea de que los alumnos deben ser protagonistas de su propio aprendizaje, pero es el profesor el que debe utilizar las estrategias y los recursos adecuados para conseguir que los alumnos participen como elementos activos en ese proceso. Entre estos recursos se encuentra el software de simulación y las actividades elaboradas por el profesor, para orientar el trabajo de los alumnos, cuando utilizan un programa de ordenador.

### **1.1.- Objetivos**

Según las observaciones realizadas durante el periodo de prácticas en el Colegio San Ignacio de Loyola de Alcalá de Henares (Madrid) en el departamento de tecnología. Durante el desarrollo los contenidos sobre circuitos eléctricos básicos, se ha comprobado que se utiliza un programa de simulación y modelado de circuitos como una actividad más del currículo, en la que se plantean ejercicios relacionados con todos los contenidos expuestos y se entregan al profesor para su posterior evaluación.

Se plantea entonces y según lo expuesto en la introducción que la utilización de esta herramienta no tiene un propósito didáctico concreto sino que está orientada como una actividad más que calificar.

Los objetivos que se plantean son los siguientes:

Partiendo de investigaciones previas y las observaciones realizadas en el aula, sobre errores conceptuales de los alumnos en el estudio de circuitos eléctricos, se pretende:

**1.-** Desarrollar actividades en las que se utilice un programa de simulación y modelado de circuitos eléctricos dentro de un entorno de actividades constructivista.

**2.-** Evaluar si hay diferencia en el grado de cambio de los conceptos erróneos hacia los conceptos científicamente aceptados, por los alumnos que utilizaron el software y los que no lo han utilizado.

### **1.2.-Aportaciones**

Las aportaciones del trabajo son las actividades desarrolladas para lograr el cambio conceptual sobre circuitos eléctricos simples. Estas actividades tienen un diseño en el que se busca la predicción, interacción y por último explicación. Pensamos que este tipo de actividad es más efectiva que aquellas en las que únicamente se pide al alumno que obtenga un resultado cuantitativo sobre un circuito eléctrico. Además, este TFM aporta una evaluación sobre los resultados obtenidos por dos grupos de alumnos de 3º ESO, antes y después de realizar las actividades, utilizando uno de ellos el software *Crocodile Clips*.

### **1.3.-Metodología**

En primer lugar se desarrollará el marco conceptual adoptado para el desarrollo de las actividades utilizadas en la fase de investigación. Como se indicó anteriormente se utilizará un enfoque constructivista y se resumirán los fundamentos teóricos sobre aprendizaje significativo según Ausubel, la teoría socio-histórica de Vygotsky, y la teoría sobre modelos mentales de Jhonson-Laird. Estas teorías contribuyen al enunciado de los entornos de aprendizaje constructivista de Jonassen, que serán sobre

los que se fundamenten el uso de herramientas de simulación y modelado por ordenador y las actividades a realizar para lograr los objetivos propuestos.

En segundo lugar se describirán las características básicas de la simulación por ordenador y como se encuadra dentro de la taxonomía de Kemmis sobre entornos de aprendizaje por ordenador. Con este fundamento se presentará el software de simulación utilizado.

Por último, se planteará el diseño de la investigación, que consistirá en la formación de una muestra de alumnos, con un grupo de control y otro de tratamiento. Ambos realizarán un test sobre circuitos básicos, y realizarán las actividades planteadas siguiendo la misma metodología, el grupo de control con lápiz y papel y el grupo de tratamiento mediante el software de simulación y modelado. Una vez realizadas las actividades los alumnos del grupo de control y el grupo de tratamiento volverán a realizar el test sobre circuitos.

Finalmente se realizará un análisis de los resultados para la posterior propuesta de conclusiones y trabajos futuros.

## **2.-Marco Conceptual**

Según se indicó en la introducción el resultado de la investigación de Windschitl & Andre, confirmó que, la metodología constructivista, podía ser más efectiva en el logro del cambio de errores conceptuales de los alumnos que la experiencia no constructivista. A continuación, se expondrán los conceptos básicos de esta teoría aplicables a la investigación propuesta en este trabajo.

Aunque no se puede decir que sea una teoría que tiene un enfoque unificado se puede considerar una teoría de aprendizaje por reestructuración (Pozo, J.I., 1994) sustentada fundamentalmente en la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel, la Teoría Socio-Histórica de Vygotsky y la teoría de Modelos Mentales de Jhonson-Laird.

### **2.1. Teoría del Aprendizaje Significativo**

Es una teoría psicológica que estudia el proceso de aprendizaje de unos determinados conocimientos por un proceso, según el cual, se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de una forma no arbitraria. Esto implica que antes de preparar un tema de instrucción los educadores deben tener en cuenta la estructura cognitiva de los alumnos. El educador debe intentar conocer como están organizados los conceptos en la mente del estudiante en relación a un tema concreto, para relacionar los conceptos que el alumno tiene ya asimilados con los nuevos conceptos, a través de una organización previa que logre enlazar lo que el



alumno ya sabe con la nueva información. De esta forma el estudiante modificará y/o construirá una organización conceptual que tenga sentido y sea creíble para él. Esta credibilidad será señal, de aceptación y de esta manera la nueva información encajará en la estructura cognitiva del estudiante de manera significativa.

La teoría de aprendizaje significativo (Ausubel, 1983), distingue el concepto de ideas ancla, representando las ideas y/o conceptos existentes en la estructura cognitiva de los estudiantes. Estas ideas son las referencias para enlazar las nuevas informaciones para que adquieran un sentido lógico o significativo. La presencia de estas ideas, conceptos o proposiciones inclusivas, en la mente de alumno es lo que da significado al nuevo contenido en su relación con las ideas ancla.

Otros dos conceptos de la teoría de Ausubel son la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, los cuales son procesos que se aparecen durante el aprendizaje significativo.

La diferenciación progresiva supone que la mente de cada individuo tiene una organización jerárquica de los contenidos para un área determinada de conocimientos. Existe una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas o generales se sitúan en la cima y progresivamente incluyen proposiciones, conceptos y datos menos inclusivos o particulares y menos diferenciados.

La reconciliación integradora se produce si durante la asimilación de nuevos conceptos, las ideas ya establecidas en la estructura cognitiva son reconocidas y relacionadas en el curso de un nuevo aprendizaje, posibilitando nueva organización y la atribución de un significado nuevo. Todo aprendizaje construido por la reconciliación integradora también dará una mayor diferenciación de los conceptos o proposiciones ya existentes.

Los conceptos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora se pueden aprovechar en la labor educativa, puesto que la diferenciación progresiva puede producirse presentando al inicio del proceso educativo, las ideas más generales e inclusivas que serán enseñadas, para diferenciarlos poco a poco en términos de detalle y especificidad. Se puede decir que es más fácil para los alumnos captar los aspectos diferenciados de un todo inclusivo previamente aprendido, que llegar al todo a partir de sus diferentes componentes. Así, la organización de los contenidos de una materia en la mente de un estudiante pasa a ser una estructura jerárquica (Moreira, 2006).

Por último, según Ausubel, hay dos condiciones para el aprendizaje significativo:

- a) El material utilizado en el proceso de aprendizaje debe ser potencialmente significativo, es decir, que los contenidos a estudiar se deben poder

relacionar con la estructura cognitiva de los alumnos de una forma no arbitraria.

- b) Los estudiantes deben tener el deseo de relacionar el nuevo material potencialmente significativo de forma sustantiva y no arbitraria con su estructura cognitiva.

## **2.2. Teoría Socio-Histórica de Vygotsky**

La idea principal de la Teoría Socio-histórica de Vygotsky se refiere a que los procesos psicológicos superiores tienen su origen y se construyen de forma social, es decir, cuando el individuo participa en actividades compartidas con otros. Vygotsky propone analizar el desarrollo de los procesos psicológicos superiores a partir de la internalización de determinadas prácticas sociales, ayudándose en su organización, de instrumentos de mediación. De entre estos instrumentos se propone, que la mediación relativa a los signos, es la que cobra mayor relevancia. Aquí se encuentra el lenguaje que se adquiere, en general, en la vida social.

Mediante el trabajo colaborativo y desde la perspectiva de Vygotsky, los estudiantes transforman un proceso que es interpersonal, entre sus compañeros y también con su profesor en un proceso intrapersonal, es decir, consigo mismo. De esta manera su organización conceptual interna sería el resultado de una serie de sucesos evolutivos.

Vygotsky propone que el ser humano no se limita a responder a los estímulos sino que actúa sobre ellos, transformándolos. Esto es posible gracias a la mediación de instrumentos que se interponen entre el estímulo y la respuesta. Frente a la cadena de estímulos y respuestas del asociacionismo, Vygotsky propone un ciclo de actividad en el que gracias al uso de instrumentos mediadores, el sujeto actúa y modifica el estímulo, no limitándose a responder ante su presencia de modo reflejo. Los mediadores son instrumentos que transforman la realidad en lugar de imitarla.

Esta teoría del aprendizaje también diferencia entre niveles de desarrollo efectivo y de desarrollo potencial. El primero está determinado por lo que el individuo consigue hacer de manera autónoma, mientras que el otro nivel representa lo que sería capaz de hacer con ayuda de otras personas o de instrumentos mediadores.

Por último, se toma de Vygotsky el concepto de “herramienta cognitiva” como el objeto o medio provisto por el entorno de aprendizaje que permite a los estudiantes incorporar nuevos métodos o símbolos auxiliares en su actividad de aprendizaje, que de otra manera sería inviable (Vygotsky, L.S., 1988)

### **2.3. Teoría de los Modelos Mentales**

La teoría de los modelos mentales ofrece un marco teórico amplio para describir los procesos cognitivos vinculados al aprendizaje de las ciencias. La deducción es el modo de razonar que las personas utilizan para explicar y examinar el estado de las cosas o la validez de una premisa. Datos experimentales en psicología cognitiva sugieren que las personas razonan y resuelven problemas mediante el procesamiento de representaciones mentales o representaciones internas. La teoría que propone la existencia de tales modelos y su funcionamiento se conoce con el nombre de la teoría de los modelos mentales de Philip Johnson-Laird (1983) y ha demostrado ser sumamente poderosa para predecir y explicar los procesos cognitivos superiores en las personas. Postula que cuando las personas razonan tratan de compatibilizar sus premisas con sus propios conocimientos sobre el estado de las cosas.

El autor plantea que, si se conocen las causas de un fenómeno, qué resulta de él, cómo influye, qué lo controla, qué lo inicia y cómo prevenirlo, así cómo se relaciona con otros estados o en qué se asemeja a otros fenómenos similares, cómo predecir su inicio y su desarrollo, cómo es su estructura interna entonces se puede comprender dicho fenómeno. Y en términos psicológicos se puede asumir que se tiene un modelo mental de trabajo sobre ese fenómeno.

Se trata de una teoría constructivista en sentido amplio, no solo por reconocer la actividad del sujeto en la construcción de Modelos Mentales, sino por otorgar un papel que estructura la realidad que los modelos representan. Es decir, que de algún modo lo real está presente en el modelo al establecer su carácter analógico. Esta característica devuelve al ámbito de las posiciones cognitivas al objeto que está siendo conocido, al mismo tiempo que como constructor de representaciones mentales internas le otorga una papel decisivo al sujeto.

Se ha estudiado el desarrollo de los modelos mentales mediante diseños apropiados de actividades de enseñanza aprendizaje, de las cuales se concluye que es posible reconstruir un modelo mental mediante la reflexión, la remediación o corrección de los errores así como la reconstrucción de procesos. Los modelos mentales son descritos como dinámicos y adaptables. Un modelo mental puede cambiar en el curso de una conversación, a través de la adquisición de un nuevo conocimiento. Los estudiantes progresan cuando confrontan sus modelos mentales primitivos o ingenuos con los modelos mentales de expertos y la comprensión de un concepto se profundiza cuando es apoyado por diversas situaciones de aprendizaje. (Otero, 1999).

## **2.4 Entornos de Aprendizaje Constructivista (EAC)**

El modelo de Entornos de Aprendizaje Constructivista, consiste en una propuesta que parte de un problema como núcleo del entorno, en el que se ofrecen al estudiante herramientas de interpretación y de apoyo intelectual, para que el alumno resuelva el problema formulado. El objetivo del modelo es el de diseñar entornos que impliquen a los alumnos en la elaboración del conocimiento. Los elementos constitutivos del modelo son: Propuesta de actividad y herramientas cognitivas.

### **2.4.1.- Propuesta de actividad.**

El modelo EAC parte de los problemas, o de las preguntas y, mediante ellos, se llega a la información y a la elaboración de los conceptos adecuados. Estas técnicas se basan en el aprendizaje activo y constructivista. Los criterios para seleccionar las actividades dependen de la materia, del estilo de aprendizaje de los alumnos, de los recursos instrumentales y materiales disponibles. Se pueden utilizar todos los criterios o alternar su aplicación. En cualquier caso las actividades se definen por las siguientes características: (Jonassen, 2000)

- Factores contextuales que rodean el problema.
- Descripción del clima físico, sociocultural y organizativo del problema.
- Actividades que presenten el mismo tipo de retos que los del mundo real.
- Dotar de un espacio de manipulación del problema que permita a los alumnos contrastar los efectos de sus acciones y recibir respuestas a través de los cambios en el aspecto de los objetos físicos o en las representaciones de sus acciones. Las manipulaciones no han de ser necesariamente físicas. El uso de los ordenadores puede suplir el carácter físico de los problemas, cuando éstos tengan esa naturaleza.

### **2.4.2.- Herramientas Cognitivas.**

Cada tarea tiene una demanda cognitiva específica, para la cual los alumnos deben tener las competencias adecuadas. Para llegar a ese nivel de competencia cognitiva el entorno de aprendizaje debe proporcionar a los alumnos las herramientas para apoyar estas funciones, que son necesarias, para elaborar la información.

Las herramientas cognitivas pueden ser herramientas informáticas cuyo propósito es abordar y facilitar ciertos tipos de procedimientos cognitivos. Se trata de dispositivos intelectuales utilizados para visualizar, organizar, automatizar o suplantar las técnicas de pensamiento. Estas herramientas sirven para representar de una mejor manera el problema que se esté realizando, ayudar a promover en el alumno los propios conocimientos que ya tiene, o servir para consolidar esquemas preexistentes en el

alumno mediante la automatización de los ejercicios de un nivel inferior; también pueden ayudar a reagrupar la información necesaria para resolver un problema.

Las herramientas cognitivas representan el proceso de aprendizaje y deben seleccionarse para apoyar el tipo de procedimiento necesario para cada tarea cognitiva. (Jonassen, 2000) propone varias en su modelo para crear Entornos de Actividades Constructivistas:

**Herramientas de representación de problemas:** Las herramientas de visualización proporcionan representaciones que permiten a los alumnos asimilar mejor la realidad. Por lo tanto, de cara al diseño de las actividades se deberían analizar las tareas que va a desarrollar el alumno y establecer una relación con los procesos psicológicos implicados para tratar de reflejar en las herramientas de visualización aquellas funciones demandadas para que los alumnos las puedan aprender.

**Herramientas para crear modelos de conocimiento:** El uso de este tipo de herramientas se basa en la articulación de la información y conocimientos entre sí de manera que se establezcan las relaciones oportunas, como, conexiones, relaciones causa-efecto, consecuencias, previsiones y predicciones. Existen dos tipos de herramientas de representación: las estáticas y las dinámicas. Las herramientas estáticas son un recurso del que se puede obtener información y conocimiento. Las herramientas dinámicas son los modelos de simulación que permitan representar las relaciones de dependencia entre distintos fenómenos.

**Herramientas de apoyo al rendimiento:** Sirven para automatizar rutinas que quitan energía y tiempo necesarios para otras actividades de pensamiento más complicadas.

**Herramientas para recopilar información:** Herramientas orientadas a familiarizarse con motores de búsqueda documentales, bases de datos y fuentes de información.

## **2.5.- Entornos de aprendizaje por ordenador**

Dado que, como hipótesis de trabajo se contempla el uso de software de simulación y modelado es conveniente enunciar los fundamentos que se utilizan para desarrollar estas herramientas, y dentro de que paradigmas se encuentra este tipo de software. Con estos fundamentos se puede presentar la herramienta software que hemos utilizado en este trabajo. En primer lugar definiremos qué es un modelo y qué es una simulación.

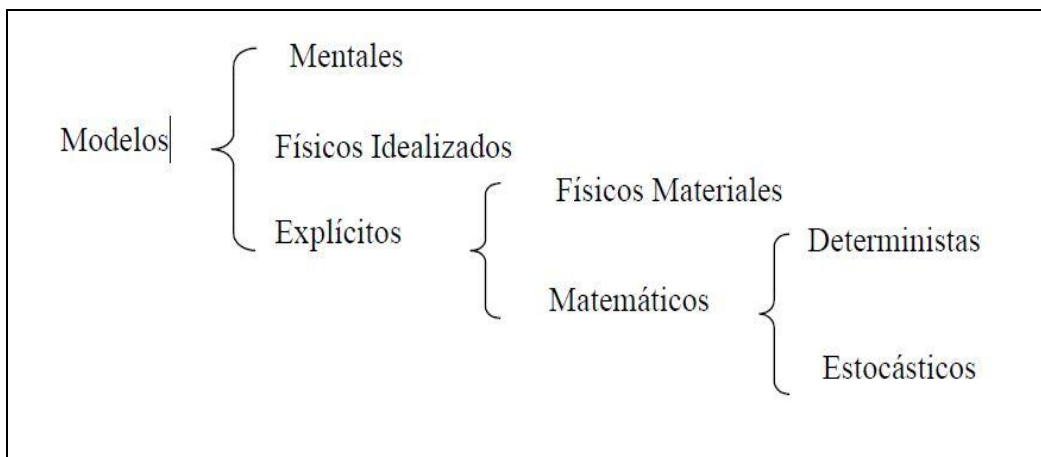
El Modelo es una representación simplificada de un Sistema. Con el modelo se pueden obtener resultados numéricos que coincidan con los experimentales dentro de unos márgenes establecidos previamente.

La Simulación es la experimentación con un modelo para obtener conclusiones o realizar predicciones.

Una vez definido el concepto de modelo, a continuación se describe el proceso hasta obtener un modelo con el que experimentar.

1. Se parte del modelo mental, que es la representación mental de un sistema físico mediante analogías.
2. Del modelo mental se pasa al modelo físico idealizado, que se define como una representación idealizada del sistema, con los atributos que se utilizarán y la explicación de las simplificaciones realizadas.
3. El siguiente paso es el modelo explícito, que se origina en un modelo mental y en un modelo físico idealizado, actuando este último como unión entre ambos. Los modelos explícitos más importantes son los modelos físicos materiales y los modelos matemáticos, siendo este último el utilizado para la simulación por ordenador.
4. El Modelo Matemático es la representación de un sistema por medio de ecuaciones matemáticas o distribuciones estadísticas de valores aleatorios. Los modelos informáticos son modelos matemáticos calculados en un ordenador.

<http://www.fiqus.unl.edu.ar/galileo/download/documentos/modelos.pdf?lang=es&output=json>



Finalmente para completar el marco sobre el que presentar el software de simulación utilizado en el presente trabajo se describe brevemente la propuesta de Kemmis et al. (1977) sobre entornos de aprendizaje por ordenador según la cual un software educativo se puede definir según los siguientes paradigmas:

#### **A) Paradigma Instructivo**

El objetivo general es enseñar al alumno un determinado contenido de un tema o impartir una destreza específica. La tarea del aprendizaje se descompone en una serie de sub-tareas, cada una de las cuales tiene sus propios objetivos y requisitos previos, que están estructurados y secuenciados para formar un conjunto coherente.

Los entornos informáticos de este paradigma se fundamentan en el conductismo. En estos entornos el protagonismo es ejercido por el ordenador en detrimento de la autonomía del alumno. Se facilita la adquisición de habilidades básicas siguiendo una metodología conductista.

#### **B) Paradigma Revelador**

El estudiante es guiado a través de un proceso de aprendizaje por descubrimiento. El tema de estudio y su teoría o modelo subyacentes son revelados gradualmente mientras utiliza el programa informático. El ordenador actúa como mediador entre el estudiante y un modelo “oculto” de alguna situación objeto de estudio.

El alumno ejerce un papel activo, ya que controla y se sirve del ordenador para descubrir por sí mismo, según una estrategia de investigación guiada por el profesor.

Se hace uso generalizado de gráficos, dibujos y animaciones. Las actividades diseñadas según este paradigma tienen en cuenta la realidad cotidiana y las ideas previas del alumno, siguiendo la visión constructivista de la teoría de Ausubel. Las simulaciones de fenómenos naturales y dispositivos técnicos pertenecen a este paradigma.

#### **C) Paradigma Conjetural**

El alumno controla el ordenador, pudiendo manipular y probar sus propias ideas e hipótesis. El programa informático actúa como una herramienta, como un medio de expresión que permite al alumno modelizar algún fenómeno o sistema físico, reflejando su propio modelo mental.

A diferencia de los programas de simulación en los que el modelo subyacente es inaccesible al usuario, en los programas de modelización es el usuario el que piensa, articula y explicita su propio modelo, para después ejecutarlo y evaluarlo.

#### **D) Paradigma Emancipatorio**

El ordenador se usa como dispositivo que libera al alumno de tareas “no auténticas” desde el punto de vista educativo. El ordenador se utiliza exclusivamente como una herramienta para el alumno y solo interviene parcialmente en el proceso de aprendizaje.

A continuación se presenta el software “*Crocodile Clips*” utilizado en el presente trabajo. Según lo expuesto hasta ahora en este capítulo este software de simulación y modelado cumple con los paradigmas revelador y conjetural y está basado en modelos matemáticos deterministas de análisis de circuitos eléctricos.

Un análisis más detallado se encuentra en el **Anexo I** al presente trabajo. La elección de este software está motivada porque se considera el más adecuado al nivel de 3º de ESO, ya que es sencillo e intuitivo y tiene funcionalidades adecuadas a las actividades propuestas para este trabajo, sobre todo la visualización de corriente y potencial en un punto utilizando el puntero de ratón, y la fácil modificación de parámetros como los valores de resistencia y tensión de la fuente.

### **3.- Evaluación**

La propuesta de trabajo es la investigación del aprendizaje realizado por alumnos que han trabajado con la herramienta de simulación y modelado de circuitos eléctricos “*Crocodile Clips*”. Las actividades se han planteado como una situación problemática en la que las preguntas son realizadas con el propósito de estimular a los alumnos a pensar e interactuar de forma consciente con los recursos informáticos y no simplemente por prueba y error.

Como hipótesis de investigación se plantea que la realización de actividades con un enfoque constructivista de aprendizaje, el uso de software de simulación y modelado podría suponer una mejora en los resultados obtenidos por los alumnos en el post- test sobre circuitos eléctricos básicos.

#### **3.1-Diseño del estudio**

El estudio se llevó a cabo en un centro de educación secundaria “San Ignacio de Loyola” que cuenta con dos grupos de 3º de ESO. El grupo de control será el curso 3ºA con 23 alumnos (69,56% chicos y 30,44% chicas) y el grupo experimental será el grupo



3ºB de 24 alumnos (87,5% de chicos y 12,5% chicas). El grupo experimental realizará las actividades propuestas en el aula informática mientras que el grupo de control realizará estas mismas actividades en el aula convencional con lápiz y papel.

Se realizó una evaluación cuantitativa de acuerdo a un diseño cuasi-experimental, y una evaluación cualitativa según los resultados de la actividad realizada y las opiniones de los alumnos.

### 3.2.-Procedimiento

Basados en las siguientes dificultades de aprendizaje identificadas por McDermott y Shaffer (1992) y Engelhardt y Beichner (2004) (Tabla-1), se establecen unos objetivos generales y otros específicos (Tabla-2) que deberían lograr los alumnos después de la enseñanza de los contenidos sobre circuitos eléctricos simples.

<b>DIFICULTADES CONCEPTUALES</b>
1. Tener en cuenta la conservación de la corriente eléctrica.
2. Comprender que la intensidad de corriente eléctrica depende de las características de la fuente, pero también de la resistencia equivalente conectada a sus terminales.
3. Reconocer que la intensidad de corriente eléctrica no depende del orden en el que se encuentran los elementos del circuito o de la dirección de la corriente eléctrica.
4. Distinguir la resistencia equivalente de una parte de un circuito y la de un elemento aislado.
5. Saber que la resistencia equivalente es una abstracción útil para obtener la corriente total o la diferencia de potencial de un circuito.
6. Comprender que la división de corriente en un nodo de un circuito depende de la configuración total del circuito.
7. Identificar las asociaciones en serie y paralelo.
8. Diferenciar los conceptos de diferencia de potencial y corriente eléctrica.
9. Diferenciar los conceptos de diferencia de potencial y potencial eléctrico.
10. Reconocer que una batería ideal mantiene una diferencia de potencial constante entre sus terminales.
11. Calcular la diferencia de potencial entre pares de puntos de un circuito.

**Tabla-1**

<b>OBJETIVOS DE LAS ACTIVIDADES</b>		
Objetivos Generales	Circuito Eléctrico Simple	<p>1. La conservación de la corriente eléctrica en el circuito.</p> <p>2. La relación entre la corriente eléctrica total y la resistencia total del circuito.</p> <p>3. El comportamiento de la resistencia equivalente con diferentes asociaciones.</p> <p>4. Utilización de elementos de medida.</p>
Objetivos Específicos	Asociación Resistencias Serie	<p>a) La corriente eléctrica que atraviesa las resistencias es la misma.</p> <p>b) La suma de diferencia de potencial en los terminales de las resistencias es la misma que la diferencia de potencial de la fuente.</p> <p>c) La resistencia equivalente aumenta o disminuye si se coloca o se elimina una resistencia en serie.</p>
	Asociación Resistencias Paralelo	<p>d) La diferencia de potencial entre los terminales de las resistencias es la misma.</p> <p>e) La división de corriente en un nudo del circuito depende de los elementos ya existentes en el circuito.</p> <p>f) La resistencia equivalente aumenta o disminuye si se elimina o se coloca una resistencia en paralelo.</p>
	Circuitos con lámparas	<p>g) identificar que una lámpara es una resistencia y por tanto lo observado con resistencias es aplicable a las lámparas.</p> <p>h) Asociar el brillo de la lámpara con la corriente eléctrica que la atraviesa.</p>
	Fuente ideal de Tensión	i) Una batería no es una fuente de corriente eléctrica constante, pero si una fuente de tensión constante.
	Voltímetro y Amperímetro	<p>j) En el ramal donde se inserta el voltímetro la corriente es nula.</p> <p>k) En los terminales del amperímetro la diferencia de potencial es nula.</p>

**Tabla-2**

Para ayudar a los alumnos a lograr los objetivos descritos anteriormente se diseñan tres actividades de simulación y modelado por ordenador como recurso educativo. Para cada actividad se ha creado un material que contiene los objetivos que tienen que lograr los alumnos, una descripción general del modelo simulado y una relación de preguntas para que los alumnos las contesten. (Las actividades se recogen en el **Anexo II**)

La forma en la que se realizará el tratamiento será mediante el uso de las simulaciones con el software *Crocodile Clips* y utilizando métodos colaborativos, en los cuales el profesor hará una presentación con las ideas generales haciendo una diferenciación progresiva de los conceptos a tratar.

Después de la introducción y por grupos de dos o tres alumnos iniciarán las actividades de simulación. Se permitirá la interacción entre los diferentes grupos y con el profesor, quien deberá actuar como mediador en la interacción entre el alumno y el ordenador y en la interiorización de conceptos por parte del alumno, atendiendo a la zona de desarrollo próximo de Vygotsky.

Se propuso a los alumnos que primero hicieran una predicción sobre lo que va a ocurrir en el circuito, para posteriormente actuar sobre la simulación y comprobar lo que realmente ocurre y finalmente poder explicar las similitudes y diferencias entre sus ideas y soluciones científicas que se obtienen de la simulación.

### 3.3.-Instrumento para la evaluación del aprendizaje de los alumnos

Para el estudio se ha utilizado el test de 14 cuestiones sobre circuitos eléctricos, recogido en el **Anexo IV** (Silveira, 1989).

Este instrumento se aplica como pre-test a los grupos de control y experimental respectivamente. Después de las actividades se vuelve a aplicar el instrumento como post-test.

## 4.- Resultados

Los resultados obtenidos según las puntuaciones obtenidas por los alumnos en el test realizado son los que se resumen en las tablas 3 y 4.

Grupo	N	Pre-Test			Post-test		
		Media Puntuación Total	Desviación Típica	Media Respuestas Correctas	Media Puntuación Total	Desviación Típica	Media Respuestas Correctas
Tratamiento	24	7,75	1,6219	55,36%	9,63	1,81	68,79%
Control	23	7,70	2,0546	55%	8,22	2,07	58,71%

**Tabla-3**

Según los resultados presentados en la tabla 3 se puede observar que el porcentaje de aciertos del post-test ha aumentado en ambos grupos.

Grupo	Variación Pre-Test/Post-test		
	Media de la diferencia de puntuación entre Pre-test y Post-test	Desviación Típica de la diferencia de puntuación entre Pre-test y Post-test	Varianza de la diferencia de puntuación entre Pre-test y Post-test
Tratamiento	1,8750	2,1732	4,7228
Control	0,5217	2,2334	4,9880

**Tabla-4**

A partir de estos resultados se plantea el siguiente contraste de hipótesis: Se propone como hipótesis nula que no hay diferencia estadísticamente significativa en la media de puntuación entre el pre-test y pos-test entre el grupo de tratamiento y el de control.

$$H_0 \equiv \mu_0 = \mu_1.$$

Como hipótesis de investigación se propone que sí hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del pre-test y post-test.

$$H_1 \equiv \mu_0 \neq \mu_1.$$

Para realizar el contraste de hipótesis se siguió el siguiente procedimiento: Comprobar la probabilidad de que ocurra la hipótesis nula, para ello en primer lugar se comprobará si la distribución se ajusta a la distribución normal, mediante el test de *Kolmogorov-Smirnov*, si la distribución es normal se realizará una prueba *t Student* de grupos independientes. En el **anexo V** se incluyen estos dos procesos, en primer lugar se confirma que la distribución es normal con  $p > 0,05$ , y en la prueba T se obtiene con una significación de  $p = 0,836$ , para la igualdad de varianzas que da validez al análisis T, por último, se obtiene que la p de la diferencia de medias sean iguales es 0,041, por lo que al 95% se rechaza la hipótesis nula.

Con el fin de reforzar la validez de este resultado se hizo una prueba *t Student* con los resultados del pre-test, con el propósito de comprobar si el nivel de conocimientos previos sobre el tema de circuitos eléctricos era el mismo en ambos grupos. El resultado obtenido de la comparación de medias ofrece un valor de  $p = 0,06$  por lo que al 95% se rechaza que hubiera una diferencia de conocimientos significativa entre el grupo de control y el de tratamiento en el tema de circuitos eléctricos simples.

En cuanto al análisis de las actividades se ha observado lo siguiente: En el grupo de control en general les ha sido dificultosa la realización de las actividades propuestas, ya que se han visto obligados a dibujar un nuevo circuito en función de las modificaciones que se realizaban en la actividad. En el caso de la actividad 1 no es

efectiva ya que los alumnos que no comprenden la influencia de los elementos de medida no pueden visualizar que su presencia no afecta al circuito. Las dificultades reseñadas han supuesto que solo 4 de 12 grupos entregasen las 3 actividades completas. En esta actividad aunque han colaborado entre grupos y las consultas al profesor han sido muchas, el grado de satisfacción mostrado por los alumnos no fue muy alto.

Para el grupo de tratamiento los resultados obtenidos en cuanto al número de entregas completas de actividades fue de 9 de 11, con unos resultados cuantitativamente similares a los obtenidos en los grupos que hicieron entregas completas en el grupo de control. La ayuda del profesor fue menos requerida por los alumnos y hubo menos consultas entre grupos.

Algunas opiniones de los alumnos fueron:

“Hacer actividades con el simulador hace entender mejor el tema, ya que puedes ver lo que realmente ocurre en el circuito, además al trabajar por parejas tienes la opción de comentar lo que ves y resolver dudas con el compañero y si no con el profesor sin tener que explicarle la duda sino mostrando lo que ocurre en la simulación y no entiendes por qué”.

“La simulación nos da una visión real de lo que hemos aprendido teóricamente en clase. Ver lo que pasa en el circuito hace más fácil aprender y es más divertido”.

“Las actividades han sido fáciles porque podías ver lo que ocurría cada vez que cambiabas algo en el circuito”.

“Después de ver las simulaciones entendía mejor las fórmulas explicadas en clase”.

## **5.- Discusión de resultados.**

Según el análisis estadístico de los resultados se observa que los conocimientos previos sobre circuitos eléctricos antes de realizar el experimento eran equiparables en ambos grupos.

También, y según el análisis de resultados se observa una diferencia estadísticamente significativa en los resultados del post-test, obtenidos por el grupo de tratamiento, por lo que podría suponerse que las actividades realizadas con el simulador han producido un mejor aprendizaje. Sin embargo, si tenemos en cuenta los resultados de las actividades del grupo de control nos da la impresión de que los alumnos no han estado cómodos con las actividades e incluso les han producido cierto rechazo. El resultado de esto, ha sido probablemente, una menor motivación y por

tanto un menor esfuerzo de aprendizaje. Puesto que las actividades se han desarrollado pensando en el uso del simulador, parece que no han sido adecuadas para su realización en el aula convencional con lápiz y papel. Se podría pensar por tanto que otro tipo de actividades contextualizadas en situaciones reales, experiencias en laboratorio con componentes reales o incluso las dramatizaciones pueden ser más adecuadas cuando no se utiliza el software de simulación.

A la vista de los resultados obtenidos y con el fin de mejorar el experimento se podrían utilizar otro tipo de actividades para el grupo de control. Estas actividades incorporarían el trabajo de los mismos conceptos pero con enunciados de situaciones reales que promuevan en el alumno una mayor implicación y motivación. En el **Anexo III** se proponen estas actividades.

## **6.- Conclusiones y trabajos futuros.**

Actualmente, los estudios que identifican dificultades de los estudiantes con algunos contenidos relacionados con la tecnología no se limitan únicamente a la detección de estos problemas sino que también se ocupan de presentar soluciones para ayudar a los alumnos a superarlas. Según la revisión bibliográfica de este trabajo en el caso de los circuitos eléctricos muchos alumnos después de tratar el bloque de contenidos de electricidad de 3º de ESO, mantienen errores conceptuales y razonamientos equivocados. En este trabajo y para ayudar a los alumnos a superar estas dificultades se han desarrollado unas actividades para realizar con ayuda de un software de simulación y modelado, teniendo en cuenta las dificultades más comunes que les surgen a los alumnos en el estudio de los circuitos eléctricos y en un entorno de aprendizaje constructivista.

El análisis estadístico de los resultados del trabajo muestran que ha habido diferencia en el resultado entre pre-test y post-test para los alumnos del grupo de tratamiento en comparación con el grupo de control, por lo que se podría pensar que realizar actividades de simulación y modelado por ordenador puede ayudar a los alumnos a superar las dificultades que normalmente aparecen durante el estudio de los circuitos eléctricos.

Las observaciones durante la sesión de trabajo y los resultados de las actividades muestran que las preguntas sobre los conceptos introducidos en las actividades precisan de una constante interacción con el modelo de simulación pudiendo haber provocado más predisposición de los alumnos hacia el aprendizaje, además el material también parece que ha sido potencialmente significativo para ayudar a los alumnos en su aprendizaje.

Para los trabajos futuros se propone:

Con el fin de mejorar el experimento para averiguar si existe diferencia en el aprendizaje entre el grupo de control y el de tratamiento, se podría hacer una segunda evaluación utilizando el grupo de control las actividades del **Anexo III** y el grupo de tratamiento las actividades ya utilizadas del **Anexo II**.

En relación a la misma temática de circuitos eléctricos, sería conveniente realizar estudios más amplios en otros centros de la localidad, con diferentes tipos de alumnado y grupos aleatorios.

Se propone también utilizar el test D.I.R.E.C.T. (**D**etermining and **I**nterpreting **R**esistive **E**lectric **C**ircuits **C**oncepts **T**est) como una herramienta más completa que la utilizada en este trabajo tanto para evaluar los errores conceptuales y poder desarrollar actividades centradas en los resultados de cada grupo, así como herramienta para el test utilizado en la investigación.

Sería interesante desarrollar actividades orientadas al aula convencional y comparar resultados con actividades preparadas para el uso de simuladores.

Siguiendo el criterio de este trabajo se pueden continuar con las siguientes investigaciones:

Investigación sobre errores conceptuales y dificultades de aprendizaje en relación a los bloques de contenidos “Estructuras” y “Mecanismos” de 3º de ESO, y “Electrónica” y “Neumática e Hidráulica” de 4º de ESO, junto con una propuesta de actividades mediante software de simulación y modelado.

## 6.- Bibliografía

Ausubel, D.P. et al. (1983). 2ª Ed. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Engelhardt, P.V. y R.J. Beichner (2004). Students' understanding of direct current resistive circuits. *American Journal of Physics*, 72, 1, 98-115.

Gil, D., et al. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Jhonson-Laird, P. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.

Jonassen, D. (2000). *El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje en Ch. Reigeluth (2000): Diseño de la instrucción. Teoría y modelos*. Madrid: Aula XXI Santillana.

Kemmis, S., Atkin, M. y Wright, S. (1977). *How do students learn?*. Occasional paper num. 5, CARE University of East Anglia.

Mcdermott, L.C. y P.S. Shaffer (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60, 11, 994-1003.

Moreira, M.A. (2003). *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS.

Otero, R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación. *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 4, nº2.

Pontes, A.(2001). Nuevas formas de aprender física con Internet: Una experiencia educativa sobre aprendizaje de conceptos y procesos científicos. *Alambique*, 29, 84-94.

Pontes, A y Pro, A. (2001). Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 103-122.



Pozo, J.I. (1994). *Teorías Cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Silveira, F.L., Moreira, M.A. y R. Axt (1989). Validación de un test para verificar si los alumnos poseen concepciones científicas sobre corriente eléctrica en circuitos simples. *Ciencia y Cultura*, 24, 11, 1129-1133.

Vygotsky, L.S. (1988). *Pensamiento y Lenguaje*. Barcelona: Paidós.

Windschitl, M. Y Andre, T. (1996). Using Computer Simulations to Enhance Conceptual Change: The Roles of Constructivism Instruction and Student Epistemological Beliefs. *Journal Of Research in Science Teaching*, Vol.35 Issue 2, pp.145-160.

## **Webgrafía**

Hugo Alberto Kofman. Modelos y Simulaciones Computacionales en la enseñanza de la física, revisado 06/2012.

<http://www.fiqus.unl.edu.ar/galileo/download/documentos/modelos.pdf?&lang=es&output=json>

Pedro Marquès Graells. Evaluación y selección de software educativo, revisado 06/2012.

<http://www.tecnoneet.org/docs/2002/62002.pdf>

José Manuel Ruiz Gutiérrez. Análisis de Crocodile Clips, revisado 06/2012

[http://www.crocodile-clips.com/es/Valoración -  
\\_Crocodile Physics/attachments/Informe%20Valoracion%20Crocodile%20Physics%20v605.pdf](http://www.crocodile-clips.com/es/Valoración_-_Crocodile_Physics/attachments/Informe%20Valoracion%20Crocodile%20Physics%20v605.pdf)

## 8.- Anexos

### Anexo I (Análisis del software Crocodile Clips)

(<http://www.tecnoneet.org/docs/2002/62002.pdf>)

FICHA SIMPLIFICADA DE CATALOGACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROGRAMAS EDUCATIVOS
<b>TITULO DEL MATERIAL:</b> CROCODILE CLIPS <b>DIRECCION URL:</b> <a href="http://www.crocodileclips.com">http://www.crocodile clips.com</a> <b>AUTOR:</b> CROCODILE CLIPS LTD
<b>TEMÁTICA:</b> Entorno para la simulación Circuitos Eléctricos. Permite experimentar de forma fácil y segura. Especialmente diseñado para el uso en el aula con pizarras digitales interactivas.
<b>CONTENIDOS:</b> <p style="margin-left: 40px;"><u>CIENCIAS:</u> Electricidad y Magnetismo. Química Inorgánica, Electroquímica, Óptica, Ondas, Dinámica (Fuerzas, Movimientos, Leyes de Newton) (Circuitos, Energía, Generadores, Uso Electrónica (Teoría de Circuitos, Circuitos analógicos, Puertas lógicas, Secuenciales, Flip-Flop, Aplicaciones)</p> <p style="margin-left: 40px;">^ <u>TECNOLOGÍA:</u> Electrónica, Creación de PCB, Programación de PIC's, Transformación de Movimientos.</p> <p>Para cada contenido dispone de un currículum con unidades didácticas. Cada contenido dispone de elementos para crear modelos de simulación. Dichos elementos tienen propiedades configurables para simular diferentes condiciones para un mismo experimento. El modelo creado también simulará el efecto real de una propiedad fuera de rango o un diseño erróneo del modelo.</p>
<b>DESTINATARIOS:</b> Alumnos de ESO, Bachillerato, Formación Profesional, Universidad.
<b>TIPOLOGIA:</b> SIMULADOR-CONSTRUCTOR-UNIDAD DIDACTICA TUTORIAL-PREGUNTAS Y EJERCICIOS-TALLER CREATIVO
<b>CARACTERISTICAS PARA ALUMNOS CON N.E.E:</b> Posee controles para visualización en 3D de muchos modelos. Dispone de iconos reales en lugar de símbolos para reducir el nivel de abstracción en la creación y uso de modelos.
<b>MAPA DE NAVEGACION:</b> En un primer nivel se elige el bloque de simulación (Ciencias y Tecnología). Una vez elegido el bloque se puede crear un nuevo modelo, o bien elegir uno de los modelos incluidos en la instalación o bien abrir otros modelos disponibles en la web, aunque los accedes como si los tuvieras en tu PC. Además esta disponible un control para la configuración y otro para la ayuda.

<b>ASPECTOS PEDAGOGICOS Y FUNCIONALES</b>				
	<b>EXCELENTE</b>	<b>ALTA</b>	<b>CORRECTA</b>	<b>BAJA</b>
Eficacia didáctica, puede facilitar el logro de sus objetivos.	<b>X</b>			
Facilidad de instalación y uso.	<b>X</b>			
Relevancia de los aprendizajes, contenidos .	<b>X</b>			
Versatilidad didáctica: modificable, niveles, ajustes, informes.	<b>X</b>			
Considera problemáticas de acceso (NEE) .		<b>X</b>		
Capacidad de motivación, atractivo, interés.	<b>X</b>			
Adecuación a los destinatarios de los contenidos, actividades.	<b>X</b>			
Potencialidad de los recursos didácticos: síntesis, resumen.			<b>X</b>	
Tutorización, tratamiento diversidad, evaluación (preguntas, refuerzo).				<b>X</b>
Enfoque aplicativo/ creativo de las actividades.	<b>X</b>			
Fomento del autoaprendizaje, la iniciativa, toma decisiones.	<b>X</b>			

**ASPECTOS TECNICOS Y ESTETICOS**

	EXCELENTE	ALTA	CORRECTA	BAJA
Entorno audiovisual: presentación, pantallas, sonido, letra.	X			
Elementos multimedia: calidad, cantidad.	X			
Calidad y estructuración de los contenidos.	X			
Estructura y navegación por las actividades.	X			
Híper textos descriptivos y actualizados.	X			
Interacción con las actividades: diálogo, análisis respuestas.	X			
Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada.	X			
Originalidad y uso de tecnología avanzada.	X			
Documentación		X		

**RECURSOS DIDACTICOS QUE UTILIZA**

<input type="checkbox"/> INTRODUCCION	<input checked="" type="checkbox"/> EJERCICIOS DE APLICACION
<input type="checkbox"/> ORGANIZADORES PREVIOS	<input checked="" type="checkbox"/> EJEMPLOS
<input type="checkbox"/> ESQUEMAS	<input type="checkbox"/> RESUMENES/SINTESIS
<input checked="" type="checkbox"/> GRAFICOS	<input checked="" type="checkbox"/> ACTIVIDADES AUTOEVALUACION (No las incluye pero se pueden crear)
<input checked="" type="checkbox"/> IMAGENES	
<input checked="" type="checkbox"/> PREGUNTAS	

**ESFUERZO COGNITIVO QUE EXIGEN LAS ACTIVIDADES DEL PROGRAMA**

<input checked="" type="checkbox"/> CONTROL PSICOMOTRIZ	<input checked="" type="checkbox"/> RAZONAMIENTO (deductivo, inductivo, crítico)
<input type="checkbox"/> MEMORIZACIÓN / EVOCACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> PENSAMIENTO DIVERGENTE / IMAGINACIÓN
<input checked="" type="checkbox"/> COMPRENSIÓN / INTERPRETACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> PLANIFICAR / ORGANIZAR / EVALUAR
<input checked="" type="checkbox"/> COMPARACIÓN/RELACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> HACER HIPÓTESIS / RESOLVER PROBLEMAS
<input checked="" type="checkbox"/> ANÁLISIS / SÍNTESIS	<input checked="" type="checkbox"/> EXPLORACIÓN / EXPERIMENTACIÓN
<input checked="" type="checkbox"/> CÁLCULO / PROCESO DE DATOS	<input type="checkbox"/> EXPRESIÓN (verbal, escrita, gráfica..) / CREAR
<input checked="" type="checkbox"/> BUSCAR / VALORAR INFORMACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> REFLEXIÓN METACOGNITIVA

## Características de Crocodile Clips

- Realizar experimentos con circuitos eléctricos con modelos de comportamiento complejos.
- Exactitud y fiabilidad de los modelos y la interactividad en las simulaciones en tiempo real.
- Facilidad de integración de los modelos y sus elementos en un escenario determinado.
- Exactitud y amplitud de los modelos matemáticos con amplia gama de variables.
- Manipulación de una gran cantidad de parámetros de los objetos.
- Modificación de las características de un modelo es sencilla de realizar.
- Apoyo al diseño de enunciados de problemas para el profesor.
- Herramienta orientada al aprendizaje constructivista.
- Se consigue una reducción de tiempo en la preparación de la actividad y por tanto más tiempo para poder realizar la actividad y analizar resultados.
- Permite reproducir el método científico.
- En Secundaria se puede utilizar en las materias de: Tecnología en 1º, 3º y 4º ESO, Ciencias Naturales en 1º, 2º y 3º de ESO, y Física y Química en 3º y 4º de ESO.
- En el Bachillerato Científico- Tecnológico se puede utilizar en las materias de Tecnología Industrial, Electrotécnia y Física y Química.

[http://www.crocodile-clips.com/es/Valoración -  
\\_Crocodile Physics/attachments/Informe%20Valoracion%20Crocodile%20Ph  
ysics%20v605.pdf](http://www.crocodile-clips.com/es/Valoración_-_Crocodile_Physics/attachments/Informe%20Valoracion%20Crocodile%20Physics%20v605.pdf)

## Anexo II (Actividades propuestas sobre circuitos eléctricos básicos)

### ACTIVIDAD 1

#### Descripción general

Utilizando la simulación será posible observar que a través del voltímetro la corriente es nula, y la tensión en los terminales del amperímetro la diferencia de potencial es nula.

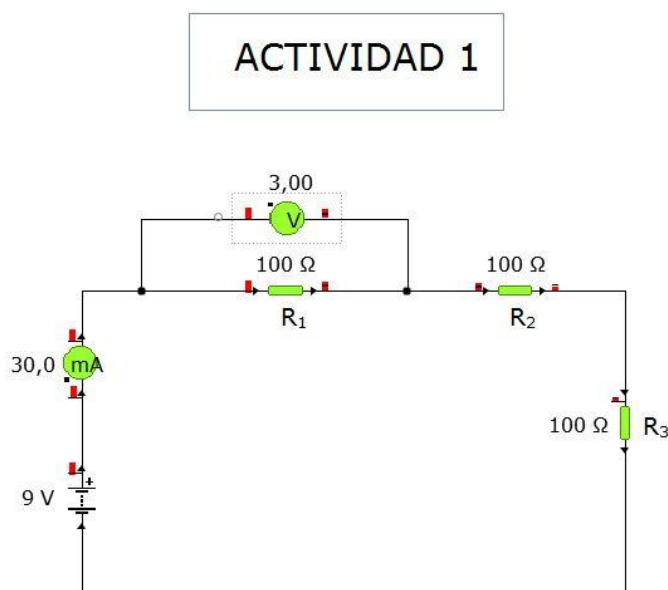
#### Objetivos de la actividad

Dado un circuito con elementos de medida situados en sus ramales el alumno debería ser capaz de:

- tratar el circuito como un sistema
- el voltímetro es un elemento que se utiliza para medir la diferencia de potencial entre dos puntos
- el voltímetro tiene una resistencia muy elevada y la corriente que le atraviesa es nula
- el amperímetro es un elemento que se utiliza para medir la corriente eléctrica en un ramal
- el amperímetro tiene una resistencia nula por lo que la tensión en sus terminales es nula.

#### Preguntas propuestas a los alumnos.

- Modifica el valor de  $R_1$  y observa los valores que marcan el voltímetro y el amperímetro.
- Elimina el amperímetro y el voltímetro y comprueba con el cursor cual es la corriente en el ramal y cual es la tensión en los terminales de  $R_1$ .



## **ACTIVIDAD 2**

### **Descripción general**

Con el modelo de simulación y cambiando de posición el conmutador 1 (S1) el amperímetro registra la variación de corriente en un punto determinado del circuito, siendo esta la corriente total del circuito. Con la ayuda del amperímetro es posible observar el comportamiento de la corriente eléctrica a lo largo del circuito y con el voltímetro es posible observar la diferencia de potencial entre varios pares de puntos del circuito.

### **Objetivos de la actividad**

1.- Dado una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito simple, el alumno debería:

- a) ser capaz de entender la corriente eléctrica como una consecuencia de la diferencia de potencial y de la resistencia eléctrica del circuito
- b) Relacionar el incremento de corriente eléctrica en el circuito con la reducción de la resistencia eléctrica equivalente.

2.- Dado un nodo del circuito, el alumno debería apreciar que la división de corriente depende de los elementos conectados a partir de ese nodo del circuito.

3.- Dada una asociación en serie de resistencias, el alumno debería darse cuenta de que:

- a) la corriente que las atraviesa es la misma.
- b) la resistencia equivalente aumenta cuando una resistencia se asocia en serie.
- c) la suma de potencial en las resistencias del circuito es igual es igual a diferencia de potencial de la fuente.
- d) la diferencia de potencial en los bornes de la fuente es una característica propia de la fuente y que el circuito no puede modificar.

### **Preguntas propuestas a los alumnos**

1.- Arrancar el modelo 2 de simulación y contestar la siguiente pregunta: cuando se cierra el conmutador que ocurre con la resistencia equivalente del circuito.

2.- La intensidad de corriente eléctrica en el punto E, en relación con la intensidad medida por el amperímetro es: a) más baja; b) igual; c) más alta.

3.-Abrir el modelo 2 y comprobar las anteriores respuestas. ¿Que puedes decir sobre el comportamiento de la corriente eléctrica en el circuito?

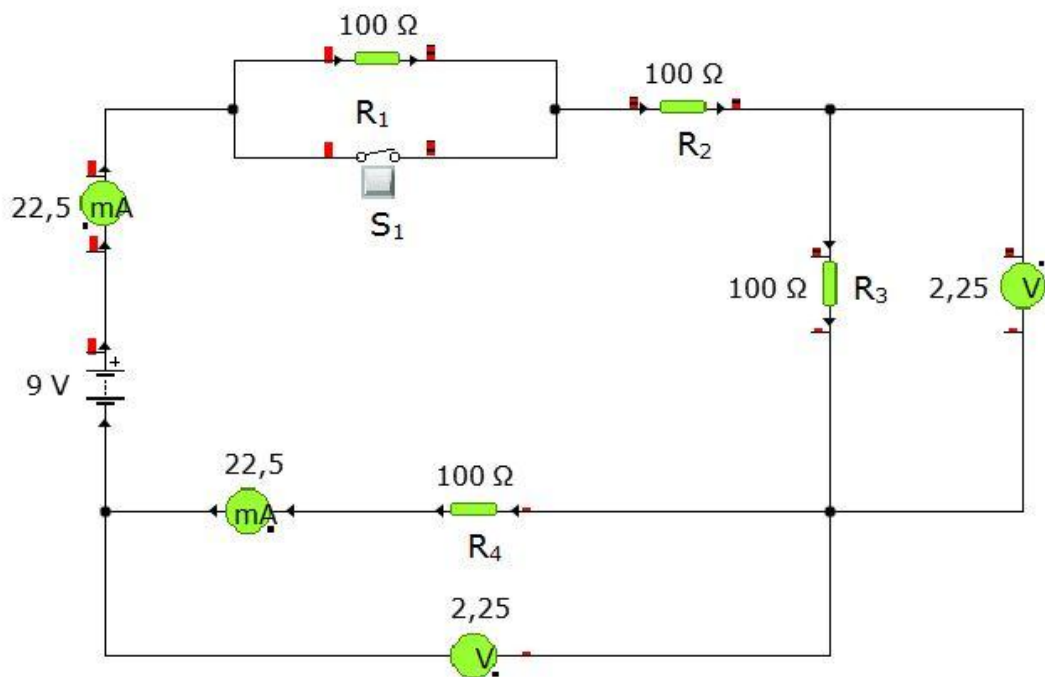
4.- Abrir el modelo 3. Sobre el circuito hay distribuidos voltímetros para medir la diferencia de potencial entre varios pares de puntos del circuito. Modifica el valor de las resistencias R2 y R3 a un valor de 1000 Ohmios y abre el interruptor. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre b y d.

5.- Modifica el valor de R2 y R3 a 100 Ohmios y cierra el interruptor, ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos a y d?

6.- Cuando el interruptor está abierto y  $R_4$  tiene un valor de 1.000 Ohmios, a que valores tiende la corriente eléctrica y la diferencia de potencial entre los puntos d y e? ¿Por qué?

7.- ¿Es posible modificar la diferencia de potencial en los bornes de la fuente en alguna posición del interruptor? ¿Por qué?

## ACTIVIDAD 2





### ACTIVIDAD 3

#### Descripción general

Utilizando el modelo 3 de simulación será posible obtener dos o tres resistencias asociadas en paralelo variando las posiciones de los interruptores. Además existe la posibilidad de asociar las anteriores resistencias en serie con una cuarta resistencia.

El amperímetro muestra la corriente eléctrica que pasa a través de cada resistencia en cualquier posición de los interruptores. Podemos modificar el valor de resistencia eléctrica y la diferencia de potencial de la fuente de alimentación.

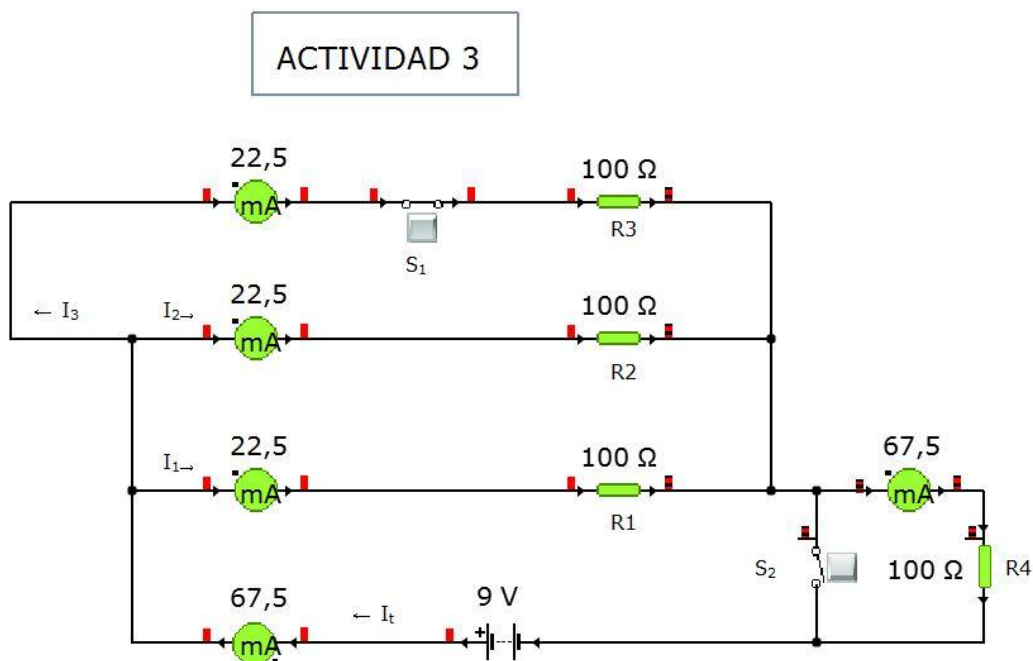
#### Objetivos de la actividad

Dado un circuito con una asociación mixta, serie-paralelo de resistencias, el alumno debería ser capaz de

- tratar el circuito como un sistema
- apreciar el comportamiento de la resistencia equivalente
- identificar el comportamiento de la diferencia de potencial en los terminales de las resistencias.
- identificar cual es la corriente eléctrica que atraviesa cada resistencia.

#### Preguntas propuestas a los alumnos

- Con los interruptores  $S_1$  y  $S_2$  cerrados modifica el valor de  $R_3$ , y explica el comportamiento de los valores de  $I_1, I_2, I_t$ .
- Con el interruptor  $S_1$  cerrado y el interruptor  $S_2$  abierto en las posiciones modifica  $R_3$ . Explica porque, en este caso, todas las corrientes varían.



### **Anexo III (Actividades propuestas para trabajos futuros para el grupo de control).**

#### **1.- Sistema de alarma para un almacén**

El dueño de una ferretería tiene un pequeño almacén en el que hace pequeñas reparaciones mientras no tiene clientes. En alguna ocasión ha notado que le han sustraído algún producto de los que tiene en sus expositores. Él lo atribuye a que está un poco sordo y no escucha cuando alguien entra en su tienda. Por eso necesita que alguien le construya una alarma visual que le indique cuando se abre la puerta.

#### **2.- Luces del árbol de navidad**

Una fabricante de adornos navideños necesita que le diseñen una tira de 9 lámparas para adornar los arboles de navidad. Se pide que se haga un diseño para que todas las lámparas brillen igual y especificar el tipo de bombilla que hay que utilizar para que la pila que se utilice sea de 9V.

#### **3.- Pruebas sobre las luces de Navidad**

El sistema del problema anterior ya está diseñado y en la fase de pruebas nos damos cuenta que dos luces brillan más que las demás. Sabiendo que todas las bombillas son iguales ¿Qué es lo que ha podido pasar? ¿Cómo se podría solucionar?

#### **4.- Regulador luminoso**

En casa cuando estáis en el salón una buena iluminación para tomar la cena, pero cuando veis una película en la televisión es más agradable con un poco menos de luz. ¿Qué harías para regular la luz de tu salón?, ¿Cómo influye el dispositivo que has diseñado en las bombillas de las lámparas de tu salón?

#### Anexo IV (Test Circuitos Eléctricos Básicos)

Silveira, F.L., Moreira, M.A. y R. Axt (1989).

En todas las preguntas de este test se supone que las lámparas son iguales, es decir, tienen la misma resistencia eléctrica. El brillo de la lámpara aumenta cuando la intensidad de corriente eléctrica aumenta. La batería utilizada tiene una resistencia interna despreciable.

1) Para el circuito de la figura 1 podemos afirmar que:

- a) L1 brilla más que L2 y esta brilla más que L3.
- b) L3 brilla más que L2 y esta brilla más L1.
- c) Las tres tienen el mismo brillo.

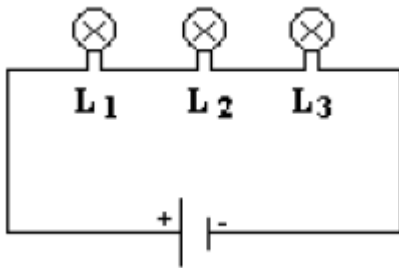


Figura 1

2) En el circuito de la figura 2, R es una resistencia. En este circuito:

- a) L1 y L2 tienen el mismo brillo.
- b) L1 es más brillante que L2.
- c) L2 es más brillante que L1.

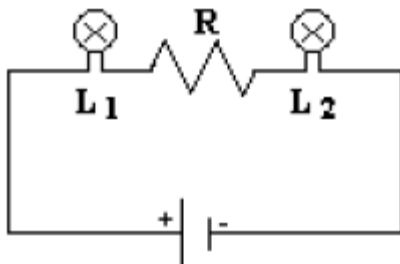


Figura 2

3) En el circuito de la figura 3, R es una resistencia. En este circuito:

- a) L1 tiene el mismo brillo que L2.
- b) L2 es más brillante que L1.
- c) L1 es más brillante que L2.

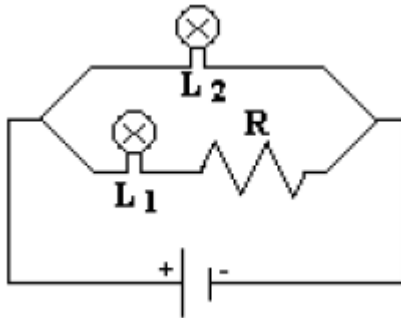


Figura 3

4) En el circuito de la figura 4, S es un interruptor abierto. Cuando se cierra:

- a) El brillo de L1 aumenta.
- b) El brillo de L1 permanece igual.
- c) El brillo de L1 disminuye.

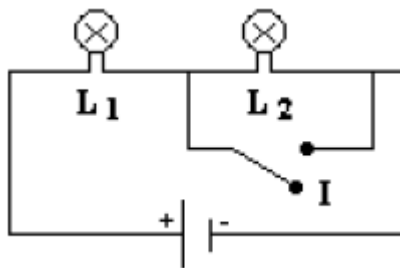


Figura 4

5) En los circuitos de la figuras 5 y 6, la lámpara L, la resistencia R y la batería son exactamente iguales. En esta situación:

- a) L es más brillante en el circuito de la figura 5.
- b) L tiene el mismo brillo en ambos circuitos.
- c) L es más brillante en la Figura 6.

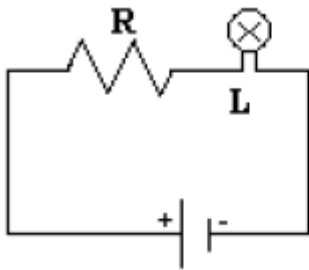


Figura 5

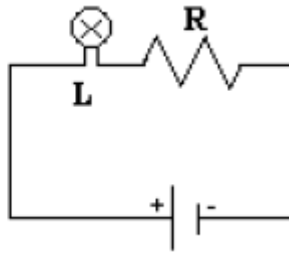


Figura 6

6) En el circuito de la figura 7 R es una resistencia y, S es un interruptor abierto. Cuando se cierra el interruptor:

- a) L es más brillante en el circuito de la figura 5.
- b) L es igual de brillante en ambos circuitos.
- c) L es más brillante en el circuito de la figura 6.

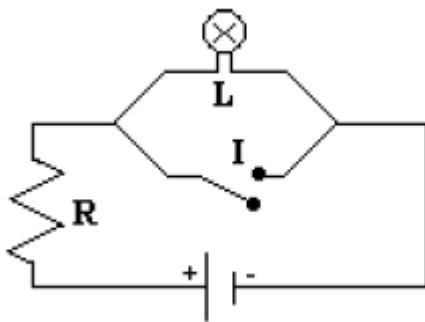


Figura 7

7) En el circuito de la figura 8,  $R_1$  y  $R_2$  son dos resistencias. La caja negra puede contener resistencias, baterías o una combinación de ambas. Para que la corriente por  $R_1$  tenga la misma intensidad que por  $R_2$ , la caja negra:

- Debería tener solo resistencias.
- Debería tener al menos una batería.
- Puede tener cualquier asociación de resistencias y baterías.

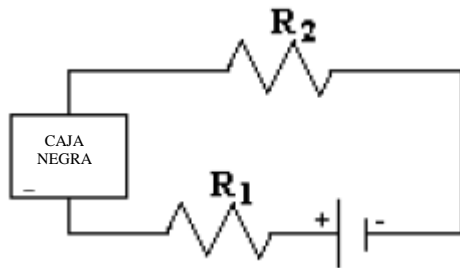


Figura 8

8) En el circuito de la figura 9,  $L$  es una lámpara,  $R$  es una resistencia,  $C$  es un condensador descargado y  $S$  es un interruptor abierto. Cuando se cierra el interruptor:

- $L$  comienza a brillar y se mantiene brillando mientras el interruptor esta cerrado.
- $L$  no brillará mientras es el condensador no esté cargado..
- $L$  puede brillar durante una parte del proceso de carga del condensador.

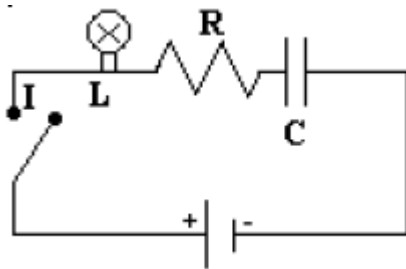


Figura 9

Las preguntas 9 y 10 se refieren al circuito de la figura 10.

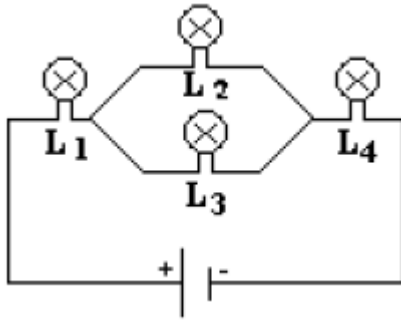


Figura 10

9) En el circuito de la figura 10 el brillo de L1 es:

- a) El mismo que el de L4.
- b) Más alto que el de L4.
- c) Más bajo que el de L4.

10) En el circuito de la figura 10 el brillo de L2 es:

- a) El mismo que el de L4.
- b) Más alto que el de L4.
- c) Más bajo que el de L4.

**El circuito de la figura 10 se modifica eliminando la lámpara L3.**

**El nuevo circuito es por tanto el mostrado en la figura 11.**

11) Cuando comparamos el brillo de L1 en los circuitos de las figuras 10 and 11, este es:

- a) Más alto en el circuito de la figura 11.
- b) Más bajo en el circuito de la figura 11.
- c) El mismo en ambos.

12) Cuando comparamos el brillo de L4 en los circuitos de las figuras 10 and 11, este es:

- a) Más alto en el circuito de la figura 11.
- b) Más bajo en el circuito de la figura 11.
- c) El mismo en ambos.

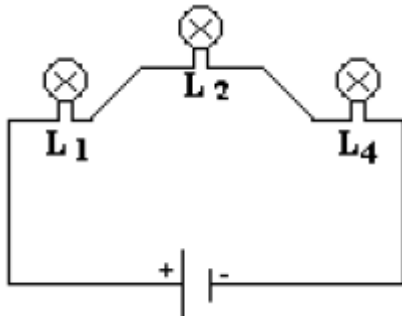


Figura 11

13) En el circuito de la figura 12:

- a) L1 brilla más que L2 y que L3.
- b) L1 y L2 tienen el mismo brillo y es menor que el de L3.
- c) L1, L2 y L3 brillan igual

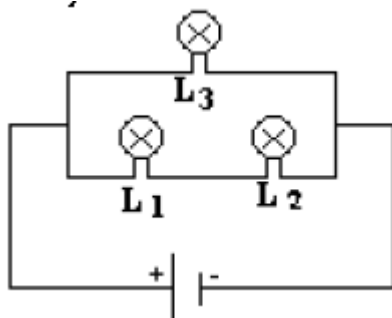


Figura 12



14) En el circuito de la figura 13, cuando el interruptor está abierto, las lámparas L3 y L4 se apagan, aunque L2 sigue brillando. Que les ocurre a las lámparas L1 y L5?

- a) Ni L1 ni L5 brillan.
- b) L1 brilla and L5 no brilla.
- c) L1 y L5 brillan.

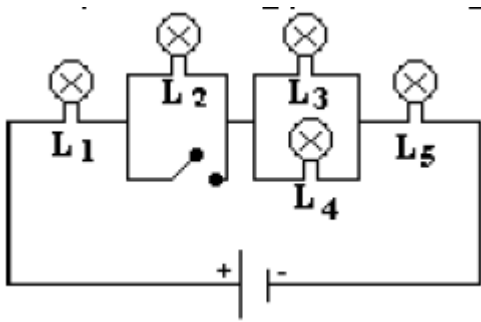


Figura 13

**Anexo V (Análisis Estadístico de los resultados cuantitativos).**

**Puntuaciones Obtenidas en los test.**

	<b>PRE-TEST CONTROL</b>	<b>POST-TEST CONTROL</b>	<b>DIFERENCIA PRE-POST TEST CONTROL</b>
<b>A1</b>	8	8	0
<b>A2</b>	10	8	-2
<b>A3</b>	9	10	1
<b>A4</b>	6	8	2
<b>A5</b>	5	10	5
<b>A6</b>	6	7	1
<b>A7</b>	5	6	1
<b>A8</b>	10	10	0
<b>A9</b>	8	10	2
<b>A10</b>	6	9	3
<b>A11</b>	9	7	-2
<b>A12</b>	10	8	-2
<b>A13</b>	9	10	1
<b>A14</b>	10	10	0
<b>A15</b>	7	6	-1
<b>A16</b>	10	7	-3
<b>A17</b>	9	7	-2
<b>A18</b>	5	7	2
<b>A19</b>	5	6	1
<b>A20</b>	10	8	-2
<b>A21</b>	9	8	-1
<b>A22</b>	4	9	5
<b>A23</b>	7	10	3

	<b>PRE-TEST TRATAMIENTO</b>	<b>POST-TEST TRATAMIENTO</b>	<b>DIFERENCIA PRE-POST TEST TRATAMIENTO</b>
<b>B1</b>	10	12	2
<b>B2</b>	10	10	0
<b>B3</b>	9	10	1
<b>B4</b>	9	12	3
<b>B5</b>	10	9	-1
<b>B6</b>	6	10	4
<b>B7</b>	6	11	5
<b>B8</b>	5	9	4
<b>B9</b>	8	10	2
<b>B10</b>	8	12	4
<b>B11</b>	9	11	2
<b>B12</b>	5	10	5
<b>B13</b>	6	8	2
<b>B14</b>	6	7	1
<b>B15</b>	7	12	5
<b>B16</b>	8	10	2
<b>B17</b>	8	11	3
<b>B18</b>	8	8	0
<b>B19</b>	9	9	0
<b>B20</b>	8	12	4
<b>B21</b>	8	7	-1
<b>B22</b>	5	7	2
<b>B23</b>	9	7	-2
<b>B24</b>	9	7	-2

### Resumen del procesamiento de los casos

HERRAMIENTA	Casos				
	Válidos		Perdidos		Total
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N
PREPOST 0	23	100,0%	0	0,0%	23
1	24	100,0%	0	0,0%	24

### Descriptivos

HERRAMIENTA	Estadístico	Error típ.	
PREPOST 0	Media	,5217	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	- ,4441 1,4875
	Media recortada al 5%	,4614	
	Mediana	1,0000	
	Varianza	4,988	
	Desv. típ.	2,23341	
	Mínimo	-3,00	
	Máximo	5,00	
	Rango	8,00	
	Amplitud intercuartil	4,00	
	Asimetría	,398	,481
	Curtosis	-,429	,935
	PREPOST 1	Media	1,8750
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
Media recortada al 5%		1,9167	
Mediana		2,0000	
Varianza		4,723	
Desv. típ.		2,17321	
Mínimo		-2,00	
Máximo		5,00	
Rango		7,00	
Amplitud intercuartil		4,00	
Asimetría		-,241	,472
Curtosis		-,912	,918

### Pruebas de normalidad

HERRAMIENTA		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		Shapiro-Wilk <sup>a</sup>
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE	0	,131	23	,199	,942	23	,199
POST	1	,148	24	,159	,940	24	,159

### Estadísticos de grupo

HERRAMIENTA		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PREPOST	0	23	,5217	2,23341	,46570
	1	24	1,8750	2,17321	,44360

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias	
		F	Sig.	t	gl
PREPOST	Se han asumido varianzas iguales	,030	,862	-2,105	45
	No se han asumido varianzas iguales			-2,104	44,775

### Prueba de muestras independientes

		Prueba T para la igualdad de medias		
		Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
PREPOST	Se han asumido varianzas iguales	,041	-1,35326	,64278
	No se han asumido varianzas iguales	,041	-1,35326	,64316

### Prueba de muestras independientes

		Prueba T para la igualdad de medias	
		95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		Inferior	Superior
PREPOST	Se han asumido varianzas iguales	-2,64789	-,05863
	No se han asumido varianzas iguales	-2,64884	-,05768

**PRUEBA T DEL PRE-TEST DEL GRUPO DE CONTRO Y TRATAMIENTO**

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la Igualdad de Medias						
								Intervalo de confianza 95% de la Diferencia	
	F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	Inferior	Superior
Se asume igualdad de varianzas	3.68	.06	-.10	45.00	.92	-.05	.54	-1.14	1.04
Igualdad de varianzas no asumida			-.10	41.85	.92	-.05	.54	-1.15	1.04