

La formación práctica del ingeniero electrónico en el laboratorio*

The practical education of the electronics engineer in the laboratory

Juan Carlos Cruz

Ingeniero Electricista, profesor tiempo completo Universidad de San Buenaventura Cali.
jccruz@usb.edu.co

José Fernando Valencia

Ingeniero Electricista, profesor tiempo completo Universidad de San Buenaventura Cali.
jfvalenc@usb.edu.co

Grupo de investigación *Didácticas y nuevas tecnologías*
Universidad de San Buenaventura Cali

Resumen

El presente artículo es una propuesta metodológica de trabajo en el laboratorio para la formación de ingenieros electrónicos. En él se plantea la importancia de potenciar las habilidades prácticas y la creatividad de los estudiantes de ingeniería a través dinámicos e interactivos trabajos de laboratorio, que privilegien el razonamiento y el análisis por encima del trabajo mecánico y se muestran los resultados de la evaluación de la propuesta metodológica, aplicada a los alumnos que cursaron las asignaturas de circuitos eléctricos y electrónicos, donde se destacan elementos esenciales que propenden por trabajos de laboratorio que verdaderamente impacten el quehacer práctico de los estudiantes.

Palabras claves: Ingeniero, laboratorio, aprendizaje colaborativo, circuitos.

Abstract

This article reports on a methodological proposal for laboratory work for the education process of Electronics Engineering students. The importance of strengthening the practical skills and the engineering students' creativity through dynamic and interactive lab tasks that privilege reasoning and analysis over mechanical work is presented here. Likewise, the article describes the findings of the evaluation of the methodological proposal implemented with the students that took the subjects of electrical and electronic circuits, in which important elements aimed at laboratory tasks that truly impact the practical activities of students are emphasized.

Keywords: engineer, laboratory, collaborative learning, circuits.

* Este artículo hace parte del trabajo de investigación *Lineamientos para la formulación de un modelo pedagógico que fundamente la formación del ingeniero electrónico en el actual contexto científico, tecnológico y social*, del grupo *Didácticas y nuevas tecnologías*, registrado por Colciencias e inscrito en el Centro General de Investigaciones de la Universidad de San Buenaventura Cali.

Fecha de recepción: Julio de 2004

Aceptado para su publicación: Septiembre de 2004

Introducción

El papel de la ingeniería en la sociedad

Desde sus inicios, la práctica de la ingeniería ha estado orientada a mejorar la sanidad y el bienestar de la sociedad, a través de la aplicación ética de cada uno de los desarrollos de la ciencia.

Hablar del papel de la ingeniería en la sociedad es remontarse a los primeros estudios del hombre, cuando este resolvía con ingenio y creatividad las necesidades más apremiantes de su condición nómada.

Ante esto, algunos autores han tratado de construir una definición de ingeniería que se ajuste a sus verdaderos desarrollos y al aporte que hace al mejoramiento de la calidad de vida, dándose por aceptada la que actualmente ofrece la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), organismo internacional que vela por la calidad de los programas de ingeniería en Estados Unidos, que manifiesta que "Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y las ciencias naturales, adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio afín (sic) de desarrollar modos en que se pueden utilizar, de manera óptima, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales" (Mosquera, 2003).

Entre los desarrollos obtenidos por medio de aplicación de la ingeniería se pueden destacar: los diversos medios de transporte con altos grados de seguridad; sistemas productivos acordes con las demandas de la creciente población mundial; equipos e instru-

mentos médicos de alta precisión, utilizados en la realización de cirugías o para monitoreo y control de los signos vitales en los pacientes; sistemas que permiten una ágil comunicación, ya sea a nivel empresarial o personal; dispositivos especialmente diseñados para lograr un máximo de entretenimiento, etc.; la nueva biología molecular o biotecnología, que está desarrollando aplicaciones en el campo de la salud humana; el procesamiento de alimentos y el manejo de la biodiversidad, entre otros. Sin embargo, estas tecnologías también plantean grandes desafíos, que van desde peligros de exclusión social en términos de acceso y uso de las mismas, hasta problemas de impacto ambiental (desarrollo sostenible) y de dilemas éticos (Chaparro, 1998).

En general y gracias a sus aportes, beneficios y desempeño, la ingeniería y los ingenieros han logrado alcanzar una excelente credibilidad y confianza por parte de la sociedad, aspectos que se convierten en factor esencial de desarrollo profesional que debe trascender el simple reconocimiento de las habilidades o el ascenso en competencias laborales, e insistir en la necesidad de formación de hombres y mujeres que, además de dominar las diversas expresiones de la técnica, puedan ser portadores del equilibrio, la justicia y la equidad en la sociedad como respaldo al desarrollo nacional (Cañón, 2003). De aquí que los ingenieros adquieren una gran responsabilidad en la disminución de la brecha social, la cual comienza por aceptar su deber de reconocerla y comprometer sus esfuerzos, tanto técnicos como políticos, para superarla.

De esta manera, la educación en ingeniería no debe estar solamente soportada en el

aprendizaje de contenidos. El objetivo primario será propender por un fuerte conocimiento del cómo aprender, continuando la generación de ingenieros competentes, bien fundamentados en matemática y ciencias de la ingeniería y que tengan una comprensión de diseño en el contexto social.

Se conoce que el sector industrial espera que la formación del nuevo ingeniero sea lo bastante amplia no sólo para los desarrollos en ingeniería sino también para otras profesiones –como medicina, derecho y administración– en donde se puedan utilizar nuevas tecnologías de manera útil, respondiendo a las cambiantes condiciones del mercado para ingenieros.

Actualmente los programas de ingeniería se están esforzando para que los estudiantes sean más conscientes de las complejas relaciones entre ingeniería y sociedad industrializada (incluyendo la dimensión ambiental), animándolos y preparándolos para asumir un mayor protagonismo en el cambio social y alentándolos a ser ciudadanos productivos. La tendencia es que los planes de estudios en cada institución integren los principios de ciencias naturales, ciencias de la ingeniería y matemática con una exposición temprana y amplia de la práctica de la ingeniería, así como del diseño creativo.

La importancia de la práctica en la ingeniería electrónica

La práctica es la mejor oportunidad para comprobar si los conceptos han sido bien ense-

ñados y, por ende, comprendidos "...porque [...] es algo mucho más complejo, mucho más dinámico. La práctica es el contacto con la realidad y la realidad de la ingeniería está por fuera de las aulas... El ingeniero en el mundo laboral aprende haciendo" (Sánchez, 1989). En esta dinámica es necesario que la universidad tome la iniciativa de crear un ambiente de aprendizaje donde la formación práctica adquiera un papel preponderante y no dejar esta acción y responsabilidad a las empresas del sector productivo.

En el caso particular de la ingeniería electrónica, se encuentran diversos aspectos cuya comprensión demanda una actividad práctica que refleje toda la teoría trabajada en el aula. Pero esta actividad debe estar alejada de la simple comprobación de conocimientos que generan repetición y repartición de labores que terminen agrupadas en un documento llamado informe; por el contrario, debe ser un espacio donde se ponga a prueba el sentido crítico, la observación del fenómeno, la capacidad de resolver problemas en el acto mismo, la posibilidad de escribir y redactar un informe con conclusiones que apunten a la construcción de conocimiento en su área específica de formación y, finalmente, ser un espacio para fortalecer el trabajo cooperativo de los estudiantes.

En electrónica no sólo es importante desarrollar y reforzar las habilidades integrales de los estudiantes en cuanto a análisis y comprensión contextual de los problemas, sino que los mismos deben ser expuestos a tecnologías de punta que les permitan visualizar el acelerado cambio al que están sometidos, especialmente en la microelectrónica, los siste-

mas digitales, de radiotelecomunicaciones y automatización. Posiblemente esto no se pueda lograr desde la universidad porque "los programas de pregrado deben introducir las bases filosóficas de la práctica en ingeniería, inspirar los fundamentos que se encuentran dentro de su ciencia, ofrecer estos elementos a una práctica adecuada de ingeniería a un nivel inicial o de admisión al de una escuela de graduados y dejar al profesional con el compromiso de realizar aprendizaje de por vida" (Blanco, 1997), pero le corresponde a esta crear los puentes necesarios con diversos sectores (productivo o investigativo) para que sus estudiantes, a través de prácticas, pasantías, proyectos de investigación o de proyección social, puedan fortalecer sus estructuras cognitivas por medio del contacto directo con su contexto real. Esto permite que los egresados no salgan de la universidad a especular ni a demeritar el trabajo de formación realizado por cinco años.

Planteamiento de la cuestión

Los programas de ingeniería tienen establecidos unos espacios para las "prácticas de laboratorio" que complementan algunas asignaturas de su programa de formación. Cabe señalar que no todas las asignaturas tienen prácticas de laboratorio, ya sea porque no existe la infraestructura adecuada o porque se considera que no se requieren. En ocasiones los laboratorios conforman una materia en sí, independiente de la calificación de la clase teórica a la cual está asociada; en otros ca-

sos, es parte de la clase teórica y la evaluación de la materia incluye los resultados, tanto de la teoría como de la práctica.

En este tipo de experiencias se suelen presentar diversos problemas que interrumpen o complican la formación del ingeniero.

Uno que es muy típico está relacionado con los docentes que trabajan la parte teórica y los que desarrollan la práctica. El de la teoría se preocupa por cumplir cabalmente con el programa, sin importar en algunos casos si está atrasado o adelantado con respecto a la labor que se esté realizando en el laboratorio; mientras que el de la práctica, al ver que en ocasiones sus estudiantes no poseen los conocimientos necesarios para desarrollar el trabajo en el laboratorio, decide hacer una breve exposición del tema, creando confusión en los estudiantes porque su método no coincide con el del profesor de la teoría. Esto genera un choque de fuerzas, donde ninguno cede y los estudiantes terminan siendo los afectados.

Otro problema lo constituye las prácticas tradicionales en el laboratorio con guías lineales, donde la repetición de eventos prima sobre el trabajo analítico. Aquí los innumerables datos solicitados terminan siendo extraviados por los estudiantes, quienes al final construyen su informe con los datos de otros compañeros. Las prácticas son perfectas, no fallan y si todos son aplicados, terminan en poco tiempo, debido a que no es necesario construir nada porque el docente previamente lo había hecho todo. El trabajo en grupo se convierte en una repartición al azar, donde cada integrante se responsabiliza de una parte de la práctica

y solamente el que hace el informe tiene el conocimiento primario de lo que sucedió ese día en el laboratorio.

Ante los anteriores antecedentes se plantea una propuesta orientada a dar solución al problema de las prácticas tradicionales, la cual resuelve directamente el primer problema planteado; es decir, la falta de comunicación entre el docente de teoría y el de práctica, debido a que exige un diálogo permanente entre estos para que el desempeño de los estudiantes en el laboratorio sea adecuado y productivo.

Desarrollo de una propuesta

Inicialmente se hizo una revisión de las guías de laboratorio empleadas por los docentes; luego se analizaron los procedimientos que realizan los estudiantes en el laboratorio y se evaluaron los informes que entregaron como soporte del análisis de las prácticas. Con esta información y de acuerdo con los recursos técnicos y de infraestructura que ofrece el laboratorio, se procedió a construir prácticas que permitieran una participación más activa de cada uno de los estudiantes, con el propósito de integrarlos en un proceso colectivo de aprendizaje. Tales prácticas se soportaron en guías que se aplicaron en los laboratorios de electricidad y electrónica. En total se realizaron dieciséis prácticas, ocho de electricidad y ocho de electrónica, en un período de dieciséis semanas. Posteriormente, se aplicó una encuesta a cada uno de los estudiantes que

participaron del proceso con el fin de conocer sus apreciaciones de la nueva metodología. Finalmente, se elaboraron ajustes y se concluyó acerca del proceso desarrollado para mejorar las habilidades prácticas de los estudiantes de ingeniería electrónica.

Análisis de la guía tradicional

Un ejemplo de guía tradicional se muestra en la Figura 1. Primeramente se observan los elementos del marco teórico y las actividades a realizar. En la mayoría de los casos analizados, el marco teórico es extenso y explica cabalmente la teoría que enmarca la práctica, lo cual coarta las capacidades indagativas del estudiante, quien al tener toda la información no busca más y así este trabajo es omitido; solamente unos cuantos leen lo que el docente plantea en la guía, otros ni siquiera se informan del contenido del material.

Otro aspecto a resaltar en las guías tradicionales es que detallan completamente las actividades que debe realizar el estudiante, convirtiéndose en una receta y como tal, la práctica termina siendo una mecanización de acciones. Esto hace que el discente no ponga a prueba su creatividad porque no es necesario, ya sabe que la actividad funciona debido a que el profesor previamente la había construido y por tal razón da fe que funciona.

Finalmente, se observa en la Figura 2 los elementos que el docente le propone al estudiante para que tome datos: las tablas, construidas con variables que él mismo considera que deben ser analizadas y que no da lugar al estudiante para que haga otro tipo de observación; primero, porque no se le pide y segundo, porque no genera un interés de hacerlo.

Figura 1

Guía de práctica de laboratorio en esquema tradicional.

LABORATORIO DE FÍSICA I

Práctica No. 3: MOVIMIENTO RECTILÍNEO

I. OBJETIVOS

A. ESPECÍFICOS

- Determinar el movimiento rectilíneo en sus fases: aceleración y velocidad en una banda.

B. GENERALIZADOS

- Determinar la relación existente entre el desplazamiento efectuado por un móvil y el tiempo empleado para recorrerlo.
- Identificar las magnitudes que se relacionan entre velocidad y tiempo.
- Obtener en un instante dado el tiempo que tarda un móvil en recorrer una distancia y el tiempo que tarda en recorrer una velocidad dada.
- Determinar la posición inicial, la velocidad inicial y la aceleración que posee un móvil.

II. MARCO TEÓRICO

Consideramos un móvil que se mueve a lo largo de una sola dimensión, por ejemplo el eje x, en los siguientes casos:

Si la velocidad del móvil es constante, se trata de un movimiento rectilíneo uniforme (MRU). En este caso la velocidad es igual a la distancia recorrida dividida por el tiempo empleado en recorrerla. No importa cuál sea la distancia recorrida, siempre se obtendrá el mismo valor de la velocidad. Por eso se dice que la velocidad es una magnitud escalar.

$$v = \frac{d}{t}$$

Si la velocidad del móvil cambia, se trata de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). En este caso la velocidad cambia a lo largo del tiempo. La velocidad inicial, la velocidad final y la aceleración están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$v_f = v_i + at$$

Si la velocidad del móvil cambia a lo largo del tiempo, se trata de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). En este caso la velocidad cambia a lo largo del tiempo. La velocidad inicial, la velocidad final y la aceleración están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$v_f = v_i + at$$

Si la velocidad del móvil cambia a lo largo del tiempo, se trata de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). En este caso la velocidad cambia a lo largo del tiempo. La velocidad inicial, la velocidad final y la aceleración están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$v_f = v_i + at$$

IV. ACTIVIDADES Y MATERIALES

1. Materiales: Puzos, Carriles (MRU),

Coloque el carril de aceleración y el carril de MRU en un extremo de la pista, lo cual debe estar muy bien alineado. Coloque la cámara "Motion Workshop" al compás, asegurándose primero la cámara y luego el carril. Después de colocar el carril de aceleración y el carril de MRU en el extremo de la pista, coloque el carril de MRU y el carril de MRU en el extremo de la pista. Después de colocar el carril de MRU y el carril de MRU en el extremo de la pista, coloque el carril de MRU y el carril de MRU en el extremo de la pista.

Fig. 1

Los puzos de la pista de aceleración y los puzos de la pista de MRU se colocan en la pista de aceleración. Después de colocar los puzos en la pista de aceleración, coloque los puzos en la pista de MRU.

Fig. 2

Marco teórico rígido, lo cual no da posibilidad a que el estudiante investigue el tema.

Descripción de las actividades que tienen que realizar los estudiantes durante el desarrollo de la práctica

Montaje detallado de la práctica, esto impide el desarrollo creativo del estudiante

Figura 2

Guía de práctica de laboratorio en esquema tradicional.

Tabla donde se deben registrar los datos que de acuerdo al profesor son los más importantes de la práctica

Tabla No. 1

No	Tiempo t (s)	Posición x (m)

Tabla No. 2

No	Tiempo t (s)	Velocidad v (m/s)

Tabla No. 3

No	Tiempo t (s)	Aceleración a (m/s ²)

Análisis de los datos.

Construya los siguientes gráficos:

- Usando papel milimetrado construya los gráficos x vs t , v vs t y a vs t . Anote algunas observaciones sobre estos gráficos. Encuentre la ecuación de la posición en función del tiempo: $x = at^2$. De las observaciones que los gráficos y las gráficas de corte.
- Determine el valor de la velocidad inicial v_i y la posición inicial x_i (de ejemplo que la velocidad media es igual a la velocidad instantánea).
- Calcule el porcentaje de error en su medida de la velocidad del carril de laboratorio.

Descripción de cada una de las variables que deben ser registradas en las tablas.

Tabla No. 4

No.	x(t)	t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)

Construya los siguientes gráficos:

- Usando papel milimetrado construya el gráfico x vs t . Para el método de linealización halla la ecuación de posición contra tiempo: $x = at^2$.
- Determine la posición inicial, la velocidad inicial y la aceleración del carril. Compare la aceleración obtenida por la gráfica con el valor promedio de la aceleración medida en la tabla No. 4.
- Calcule el porcentaje de error en su medida de la aceleración.

BIBLIOGRAFÍA

- Young R. A. Física. Vol. 1. Cuarta Edición. México, 1996.
- Gepp-Fisher-Grove. Física Clásica y Moderna. McGraw-Hill.
- Burd D. E. Experimentación. Prentice Hall, México, 1991.
- Guía de Física. Física Laboratorio Computacional. Volumen 1. Science Workshop, 1996.

Procedimiento a seguir para procesar los datos tomados

Descripción de cada una de las variables que deben ser registradas en las tablas.

Cuando se termina la práctica, los estudiantes, en actividades por fuera del aula, construyen los gráficos solicitados y proceden a producir conclusiones. Sin embargo, estos se enfocan al cumplimiento de los objetivos y no hay probabilidad de proponer algo verdaderamente interesante, especialmente porque la linealidad de la actividad no le da la posibilidad de experimentar cosas nuevas.

Al observar el desarrollo de cada una de las prácticas se notaron algunos aspectos importantes, que a continuación se destacan:

- Existe un interés por montar los elementos y dispositivos de una manera rápida con el fin de observar el fenómeno y recoger los datos de la mejor forma.
- Algunos estudiantes se distraen demasiado debido, tal vez, a que los grupos se forman, por lo general, en un número de cuatro, donde uno o dos realizan el montaje y los otros esperan para apuntar los datos en las tablas previamente diseñadas.
- Cuando la práctica no está resultando como debería, el estudiante recurre al profesor para que revise el montaje y pueda auxiliarlo con el inconveniente presentado. Como el docente previamente había montado la práctica, conoce las posibles fallas y termina ayudando a los estudiantes para que puedan tomar los datos pedidos para el respectivo análisis.
- Los datos son dictados y colocados en los lugares que corresponden; el montaje y el procedimiento señalado son ejecutados correctamente. Sin embargo, esta rigurosa ejecución no evidencia la racionalidad que un estudiante de ingeniería debe tener. El proceso racional ha sido desplazado por el instrumental.

Finalmente, después de varios días, el informe es entregado al profesor. Vale la pena destacar que en el setenta por ciento de los casos, este es redactado por un solo estudiante, de acuerdo con la información recogida en el laboratorio.

Los informes son elaborados con esmero y siguiendo parámetros de las normas Icontec. En ellos se detallan los procedimientos e inconvenientes que se presentaron durante la práctica. Las tablas y gráficos que los soportan son acompañados de un análisis superficial de la situación trabajada en el laboratorio. Las conclusiones se basan en definiciones dadas por los libros o simplemente afirman o no el cumplimiento de los objetivos planteados y la comprobación de la teoría recibida en el aula. Asimismo, no se observa propuestas de mejoras a cada uno de los montajes realizados y en un ochenta por ciento se refleja que la práctica fue un éxito. Por parte del docente se nota tranquilidad porque sus estudiantes cumplieron a cabalidad y esto se manifiesta en las notas académicas asignadas, que en una escala de 0 a 5, no son inferiores a cuatro punto cero (4.0).

Propuesta de trabajo en el laboratorio

Pensando dar solución al escaso desarrollo en la creatividad y las habilidades prácticas de los estudiantes de ingeniería electrónica,

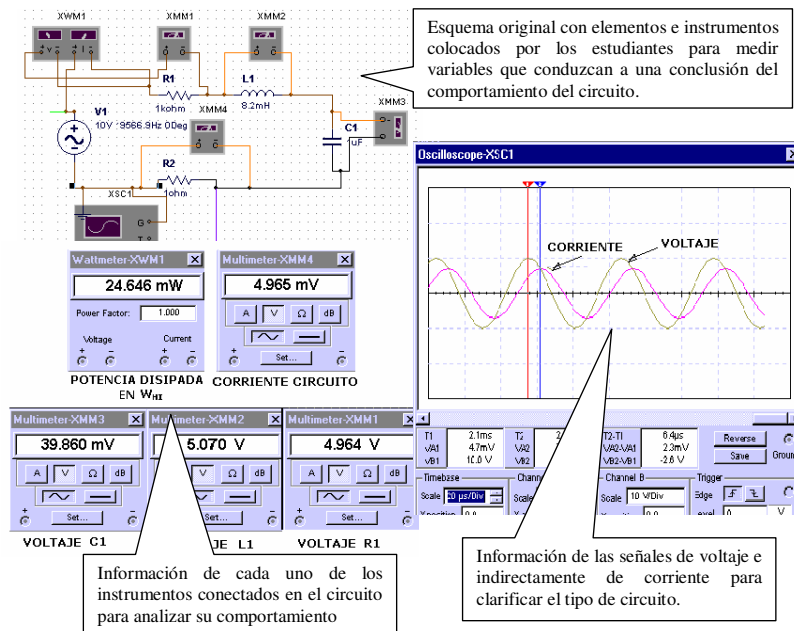
se trabajó la posibilidad de cambiar el procedimiento empleado en el laboratorio, en cual es la mejor oportunidad para comprobar si los conceptos han sido bien diseñados y por ende comprendidos "...porque la práctica es algo mucho más complejo, mucho más dinámico. La práctica es el contacto con la realidad y la realidad de la ingeniería está por fuera de las aulas... El ingeniero en el mundo laboral aprende haciendo. Si la ingeniería se aprende haciendo, previas unas buenas bases, por qué no empezamos a hacer ese aprendizaje de la ingeniería desde la facultad, en vez de dejarlo hasta cuando el estudiante, llega a la industria. Nosotros tenemos que aprender el arte de la ingeniería y podríamos aprenderlo así: dediquemos un rato a las bases y otro rato, pero desde el principio, desde el primer semestre, a hacer ingeniería, a hacerla evidente y vivirla" (Sánchez, 1989). Es así como la ejecución práctica permite crear habilidades

necesarias para adaptar o transformar una situación y comprenderla científica, técnica y humanamente.

Las actividades de aplicación de los conocimientos se plantean desde una problemática o una necesidad específica que puede ser desarrollada en un ambiente virtual o real. El ambiente virtual busca destacar la importancia de la simulación como estrategia didáctica y de comprensión directa, donde la interacción con los elementos no es destructiva sino constructiva, mientras que el ambiente real está asociado con la implementación de situaciones concretas, susceptibles de alteraciones externas, no incluidas en el modelo teórico previamente planteado por el docente en el aula y que pueden causar daños directos a equipos e individuos. Un ejemplo de un montaje virtual del laboratorio se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Desarrollo de una práctica de laboratorio por medio de un software de simulación.



Este tipo de prácticas es el apropiado para que el estudiante se aproxime, en forma segura, al funcionamiento de cada uno de los dispositivos analizados teóricamente en el aula. Aquí no existe la posibilidad de daños materiales; por el contrario, intencionalmente se pueden generar posibles fallas para observar lo que podría suceder en el modelo práctico implementado. Además, la interacción que el estudiante tiene con cada uno de los instrumentos permite ampliar su visión analítica porque dispone de toda la información de equipos funcionando sincrónicamente y no de información secuencial como sí suele suceder en un caso real, debido a que no se puede contar con muchos instrumentos funcionando a la vez.

Con el fin de propiciar un ambiente de aprendizaje acorde con las circunstancias y las exigencias de formación del actual ingeniero, donde pueda desarrollar su habilidad creativa, propositiva e interpretativa a través del contacto con los dispositivos eléctricos y electrónicos, se pensó en un cambio en el trabajo de laboratorio, de manera que sea más dinámico, riguroso y flexible al momento de realizar las prácticas. Para ello se construyeron prácticas que combinan la teoría, la simulación y la ejecución de proyectos con diseños propios de los estudiantes pero con la temática dirigida por el docente.

Lo anterior implicó la elaboración de guías de laboratorio, tanto de circuitos eléctricos como de electrónicos y los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

- Tema de la práctica: Está relacionado con la teoría vista durante la semana que precede a la práctica. El estudiante emplea el

tema para apropiarse de los conceptos y así conocer a fondo qué es lo que va a trabajar en el laboratorio.

- Objetivos: Básicamente son los logros que el docente plantea y que deben ser alcanzados por los estudiantes cuando terminen su trabajo.
- Equipos a utilizar: Es un listado de equipos que los estudiantes deben emplear para tomar la información necesaria en el transcurso de su práctica. Es bueno aclarar que sólo se señalan los equipos y no se especifican los valores de los elementos que conforman el circuito ni se indica para qué serán utilizados.
- Procedimiento descriptivo de la práctica que se debe implementar: Es un pequeño procedimiento sugerido para desarrollar la práctica; sin embargo, debe ser completado por los estudiantes debido a que en la guía se omiten situaciones y eventualidades que sólo son identificadas por el discente cuando construye su trabajo de laboratorio.
- Preguntas teóricas relacionadas con el tema de la práctica: Se trata de fomentar en el estudiante su actitud investigativa y observativa, debido a que algunas preguntas están orientadas a buscar información que complemente su conocimiento del tema y las otras para que se contesten directamente durante el desarrollo del trabajo en el laboratorio.

En la Figura 4 se muestra una guía de laboratorio de circuitos eléctricos, donde se destacan los elementos señalados anteriormente.

Figura 4

Guía de laboratorio de circuitos eléctricos.

Universidad de San Buenaventura - Cali
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Laboratorio de Circuitos Eléctricos I
Práctica No. 3
Leyes de Kirchhoff

Objetivos

1. Comprobar experimentalmente las leyes de Kirchhoff.
2. Encontrar en forma práctica, la resistencia equivalente de un circuito de resistencias conectadas en serie y otras conectadas en paralelo.
3. Verificar la funcionalidad de un circuito equivalente.

Equipos a Utilizar

- Multímetro digital y análogo
- Cables de Conexión
- Fuente de voltaje
- Pines
- Protoboard

Procedimiento

1. El grupo debe implementar un circuito serie como se muestra en la figura 1

Figura 1. Circuito serie

2. Se debe tomar lectura de los voltajes en cada elemento, la corriente del circuito y elaborar una tabla donde se muestren los valores medidos con los calculados y los simulados. Explicar de qué manera se comprueba la L.C.K.

Se le entrega al estudiante una configuración circuital que sirva de guía para construir la propia

3. Implementar un circuito paralelo como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Circuito combinación serie y paralelo

4. Tomar lectura del voltaje y la corriente en cada elemento. Elaborar una tabla donde compare los datos medidos, calculados y simulados. Explicar de qué manera se comprueba la L.C.K.
5. Encontrar el circuito equivalente de los circuitos mostrados en la Fig. 1 y 2. Explicar por qué esos circuitos obtenidos son los equivalentes de los indicados en cada figura.

Preguntas Teóricas

1. ¿Cómo se construye en la práctica una fuente de corriente D.C.?
2. ¿Cuáles son las especificaciones técnicas de las fuentes duales que se usan en el laboratorio?
3. ¿Cómo se construye una fuente de voltaje variable de A.C.?

Preguntas para resolver en el laboratorio

¿Qué diferencias existen entre el circuito equivalente y el circuito principal construido por el grupo?
 Con ayuda de un transformador reductor de voltaje, alimentar el circuito de la figura 1 y comprobarla L.V.K. ¿Qué resultados obtiene?

No se le da los valores de los elementos que deben utilizar.

Las preguntas son de dos tipos: unas, motivan al estudiante a consultar para ampliar conocimientos y las otras, para determinar el grado de comprensión de la práctica.

Se puede observar en la guía que el docente explicita el circuito que se debe construir, pero en ningún momento entregan los valores de los elementos.¹ Esto se hace con el fin de propiciar en los estudiantes un análisis constructivo de lo que puede ser la implementación de un circuito, de acuerdo con los valores predeterminados por ellos. En muchas ocasiones encuentran que los valores no son factibles porque una variable de corriente, de voltaje o de potencia se lo impide o porque simplemente el elemento que entrega la ener-

gía no soporta la exigencia de carga por parte del circuito.

Para la presentación del informe, los estudiantes tienen que reunir unos elementos que permiten configurar totalmente su trabajo práctico. Este informe se elabora en dos momentos: uno anticipado, que corresponde a una semana antes de la práctica donde el estudiante debe diseñar, construir y hacer la simulación de los circuitos que va a implementar en el laboratorio; y otro donde el estudiante asiste al laboratorio y ejecuta todo lo que tiene

1. Las guías pueden o no contener los circuitos explícitos y las estructuras pueden variar ligeramente en cada práctica, dependiendo principalmente de la temática a trabajar y de las habilidades y competencias desarrolladas en los estudiantes.

planeado, aquí debe tomar información y verificar si su diseño y análisis simulado coincide con el desarrollo real. En este momento el estudiante se expone a múltiples situaciones adversas, tales como: el mal funcionamiento de un dispositivo, de un equipo o mal uso de la teoría que él acepta como válida dentro de su construcción cognitiva. Aquí la participación del docente es apropiada para dar solución a los múltiples interrogantes que aparecen y para dilucidar aquellos conceptos que considere que están confusos.

El trabajo que deben realizar los estudiantes se compone de los siguientes elementos:

- a. Un trabajo escrito previo con los siguientes elementos:
 - Portada de presentación.
 - Tema y objetivos de la práctica.
 - Listado de equipos, materiales y dispositivos utilizados.
 - Procedimiento detallado de la práctica a desarrollar.
 - Esquema del circuito que van a implementar en el laboratorio.
 - Cálculos de cada uno de los elementos.
 - Simulación de la práctica a través de software.
 - Solución teórica de las preguntas hechas en la guía de laboratorio.
- b. Debe cumplir al menos con el cálculo teórico y la simulación del trabajo que se va a implementar para que el docente le permita la realización de la práctica.
- c. Para dar por terminada la práctica, esta debe ser sustentada por los integrantes del grupo e inmediatamente presentar el

informe, el cual debe contener los siguientes elementos:

- Trabajo previo (punto a).
- Datos medidos.
- Comparación y análisis de lo teórico y simulado con lo práctico.
- Conclusiones y observaciones de la práctica realizada.

Aplicación de la propuesta

A continuación se presentan los resultados del simulacro de implementación de la propuesta, donde se hizo un seguimiento a las actividades realizadas por los estudiantes.

Se observó que las funciones se repartieron proactivamente desde el mismo momento en que se comenzó a desarrollar el diseño de la práctica (antes de asistir al laboratorio). Algunos construyeron marcos teóricos extensos, otros simplemente cumplieron con lo básico apoyándose en que la teoría ya había sido trabajada en el salón de clase. Cuidadosamente organizaron las simulaciones hechas con el software adecuado y también implementaron tablas para consignar los datos que consideraban necesarios y, finalmente, se notaron aquellos que estaban interesados por pedir los materiales y equipos para comenzar a ejecutar la práctica.

Debido a que los estudiantes ya habían trabajado el método tradicional, se observó la tendencia de repartirse las labores, pero cuando los resultados no empezaron a coincidir fue

importante la participación de todos: el que hizo los cálculos teóricos, porque posiblemente estaban mal hechos o porque los valores de los elementos no eran los mismos utilizados en la práctica; también entró a opinar el que hizo la simulación porque el procedimiento ejecutado fue muy parecido al que se tenía que implementar en el laboratorio real y, finalmente, el trabajo realizado por los que montaron la práctica fue necesario revisarlo porque quizá se omitió una conexión o se falló en la utilización de los elementos de medición.

La toma de datos se hizo más rigurosa porque se contó con unos resultados previos que debían coincidir, en un alto porcentaje, con los de la práctica real. Igualmente las observaciones fueron apareciendo en la medida que se ejecutaba cada acción y además se logró una mayor atención de cada actividad, evitando así errores que conllevaran a una falla de la práctica que previamente se había planeado. A pesar de observarse una alta participación de los estudiantes, se notó cierta apatía de unos cuantos, posiblemente por el hábito que existía de hacer las cosas de una determinada manera.

Algo importante que se tuvo en cuenta fue el tiempo para ejecutar la práctica. En una primera instancia se notó que tres horas eran poco tiempo en el laboratorio para realizar un análisis concienzudo de cada una de las situaciones. Por lo tanto, se decidió ajustar los contenidos de las prácticas siguientes para que no se presentaran los mismos problemas.

Evaluación de la propuesta

Para la evaluación de la propuesta se contó con las apreciaciones de los estudiantes de

circuitos eléctricos y de circuitos electrónicos que vivieron el cambio en la metodología de trabajo en el laboratorio. Además, se cuenta con la experiencia de los profesores encargados de dirigir las prácticas, quienes también fueron testigos de este cambio.

A los estudiantes se les aplicó una encuesta que buscaba medir la aceptación de la nueva propuesta de trabajo, su pertinencia y si colmaba sus expectativas o, por el contrario, estaba alejada de los objetivos reales de una práctica de laboratorio. Adicionalmente, se les pidió sugerencias y observaciones que permitieran mejorar el trabajo planteado. A continuación se presentan las observaciones y resultados obtenidos de la encuesta, analizados en distintos tópicos.

Dinámica de trabajo

En un comienzo la metodología no fue muy bien aceptada por los estudiantes, quienes veían cómo se cambiaba el paradigma existente en la realización de las prácticas de laboratorio y en la presentación de los informes. En las primeras sesiones fue necesario realizar correcciones y hacer muchas exigencias a los estudiantes para que presentaran los informes previos de la manera especificada, y para que se animaran a llevar la iniciativa del trabajo práctico en el laboratorio sin tener que esperar a que fuera el profesor quien dirigiera esas labores. Posteriormente, los estudiantes aceptaron con gusto la metodología planteada y reconocieron que ésta ha permitido que el trabajo en el laboratorio sea más agradable y productivo para el grupo.

Consideraron como muy pertinente la confrontación que se lleva a cabo entre los desarrollos teóricos, la simulación de los circuitos y la

realización de la práctica en sí, lo cual les permite verificar de distintas maneras los conocimientos adquiridos en clase.

También manifestaron que es muy satisfactorio el hecho de que son ellos mismos quienes deben diseñar su propio circuito y no el profesor, como solía ser antes. De esta manera están desarrollando habilidades y están ganando confianza en su quehacer como ingenieros.

Además, esta metodología permite descubrir y corregir sus propios errores al contar con dos filtros antes de la práctica: el desarrollo teórico y la simulación de los circuitos. Un informe previo bien desarrollado exige que el estudiante verifique por medio de la simulación los circuitos que montará en el laboratorio, lo cual da la posibilidad de detectar y corregir algún problema de diseño o de modificar algún concepto que no haya sido interpretado correctamente.

Formación como Ingeniero

Los estudiantes manifiestan que la nueva metodología potencia habilidades propias de los ingenieros, como pensamiento divergente y convergente, trabajo en equipo y serendipia, que serán muy importantes en su formación profesional.

Se adquieren habilidades para diseñar e implementar diferentes tipos de circuitos eléctricos y electrónicos, esto debido a que en cada guía de laboratorio el profesor deja los diseños a cargo de los estudiantes. También se adquieren habilidades en el manejo, operación y cuidado de distintos equipos de medición. Por otro parte, consideran que el hecho de realizar diseño, práctica y simulación es un

trabajo que los acerca más a la realidad que deberían vivir como ingenieros. De esta manera obtienen una estrategia de trabajo donde el diseño teórico y la simulación preceden a la implementación física de cualquier diseño eléctrico o electrónico, garantizando en gran porcentaje el éxito del proyecto.

Finalmente, también se propende por el desarrollo de habilidades en la presentación de informes y el análisis de resultados.

Pertinencia de las prácticas con la teoría

Mediante este tópico se verifica la coherencia entre los temas trabajados en las clases teóricas y las prácticas implementadas en los laboratorios.

Al respecto, los estudiantes manifestaron que en general, los temas y trabajos de laboratorio están fuertemente ligados con los conceptos adquiridos en clase, de manera que logran cumplir con los objetivos de aplicar y verificar la teoría.

Sin embargo, resaltan que algunos temas de la clase no son implementados en las prácticas y son estos los que generalmente no quedan bien fundamentados en su mundo de conocimientos.

Además, critican que en ocasiones se genera un desfase temporal entre la realización de la teoría y la práctica, de forma que cuando están realizando el laboratorio éste corresponde a un tema de clase visto hace tres o más semanas atrás.

Observaciones generales

En relación con las observaciones que los estudiantes y profesores tienen sobre el método de trabajo en el laboratorio, se mencionan las siguientes:

- Es conveniente que el profesor, antes de iniciar la práctica, resuelva las dudas que surgieron en los estudiantes al realizar el trabajo previo.
- Los grupos de trabajo en el laboratorio deben ser pequeños, ideal de dos o tres personas.
- El personal del laboratorio debe garantizar el buen estado de los equipos y elementos de trabajo, así como de disponer de las cantidades necesarias para el desarrollo de las prácticas. También debería buscar métodos que agilice la entrega de los materiales y equipos a los grupos de trabajo.
- Se debe buscar que los diseños propuestos en los laboratorios correspondan con aplicaciones más prácticas que motiven aún más a los estudiantes.
- Es ideal que la entrega de las guías de laboratorio se haga con una semana de anticipación, para que los estudiantes dispongan del tiempo suficiente en la realización del trabajo previo.
- Los profesores deben desarrollar metodologías durante el trabajo en el laboratorio para garantizar la evaluación de cada uno de los integrantes del grupo, de acuerdo con su desempeño en la práctica y no solamente por el documento escrito que entregan.

Cada uno de los aspectos señalados en la evaluación sirvieron para ajustar el trabajo práctico en el laboratorio y propiciar una dinámica participativa de todos los actores involucrados en el proceso: El docente, para estar atento de los temas y así mismo garantizar que las

prácticas sirvan de complemento de aprendizaje y la adquisición de habilidades propias de los ingenieros; el encargado del laboratorio, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y dispositivos y los estudiantes, quienes deben comprometerse con la realización razonada, proactiva y colectiva de las actividades propuestas.

¿Qué se pretende con esta propuesta?

La propuesta que se presenta para el trabajo en el laboratorio contiene varias pretensiones relacionadas con el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes, de manera que los acerque apropiadamente a su desarrollo como profesionales en ingeniería.

Por un lado, se pretende cambiar los esquemas tradicionales a los que vienen acostumbrados los estudiantes cuando realizan las prácticas de laboratorio, para que éstas dejen de estar determinadas por procesos repetitivos a los que se ven expuestos y se conviertan en algo mucho más que un escenario para tomar datos, verificar funcionamientos y comprobar una teoría que ha sido validada cientos de veces.

Por otra parte, se busca que los alumnos lleguen al laboratorio con una visión clara de la práctica que van a realizar, logrando obtener un mayor provecho de ella. Esto es posible con la ejecución del momento anticipativo, el cual exige la realización previa de los desarrollos teóricos y la simulación de los circuitos diseñados por ellos mismos.

También se desea que el estudiante comprenda que cuenta con diferentes herramientas (teóricas, de simulación y prácticas) y que puede interactuar con ellas para conceptualizar, comprobar, diseñar e implementar circuitos o dispositivos electrónicos, según sus preferencias durante el aprendizaje.

Que su mente esté abierta a los nuevos desarrollos que día a día se generan en los ambientes tecnológicos, incluidas las NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación).

Finalmente, se quiere que el informe de la práctica del laboratorio se entregue al final de la misma y no como ocurre tradicionalmente, en la fecha del próximo laboratorio o algunos días después de finalizada la práctica. De esta manera se puede garantizar que los datos y conclusiones que se colocan en el informe son realmente aportados por el grupo en sí y no por uno solo de los integrantes.

Conclusiones

Llegar a una propuesta de este tipo fue el resultado de un análisis del contexto del ingeniero, de ciertas teorías pedagógicas y del concurso de algunos estudiantes interesados en mejorar su actividad académica. Pero su implementación necesita del decidido apoyo de todos los actores para que se cumplan cabalmente las pretensiones señaladas, desde equipos de laboratorio modernos y en buen funcionamiento hasta el convencimiento por parte de los estudiantes de que es un ambiente de aprendizaje propicio para desa-

rollar las habilidades que actualmente se demandan de un ingeniero.

La actitud del profesor de laboratorio es importante y su participación proactiva en el mismo le exige una mayor preparación, ya que estará expuesto a gran cantidad de interrogantes y posiblemente no podrá responder a alguno de ellos, pero debe estar en capacidad de poder sugerir alternativas que al ser implementadas den un resultado positivo al grupo de trabajo. No deberá ser autoritario ni incidir en las decisiones que tomen los estudiantes porque puede caer en la coartación de actividades creativas de los discentes.

A pesar que la propuesta pretende hacer un cambio de paradigma en los estudiantes con respecto a la ejecución de prácticas de laboratorio, se observa que debido a que no está ligada con una propuesta pedagógica muchos elementos formativos se pierden cuando se enfrentan a un sistema tradicional y asig-naturista que les exige resultados de tipo numérico y no productivo.

Con esta experiencia se demuestra que es posible desarrollar e implementar, sin altos costos, metodologías de enseñanza acordes con las tendencias de la educación, de manera que se potencien las competencias que la sociedad exige a los ingenieros para su desarrollo profesional.

Si han de existir factores que retracen estos procesos, hay que buscarlos en las instituciones y en los docentes, porque se observó que los estudiantes se adaptan con cierta facilidad a las nuevas propuestas siempre y cuando estas sean coherentes y productivas.

Bibliografía

- BLANCO R. Luis Ernesto. *La calidad como factor de competitividad en la educación superior*. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería y líderes de la industria. ACOFI. 1997.
 - CAÑÓN Rodríguez, Julio César. *Ingeniería y sociedad: La vigencia del mito. Epimeteo, Prometeo y Hermes*. XXIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Septiembre de 2003.
 - CASTELLANOS ÁLVAREZ, Juan; LARA DÍAZ, Lidia y otros. *Diseño conceptual para la formación holística del ingeniero mecánico*. Anuario científico de la Universidad de Cien Fuegos "Carlos Rafael Rodríguez". 2002. Tomado del sitio web <http://www.ucf.edu.cu/publicaciones/anuario2002/pedagogia/articulo12.pdf>
 - CONTRERAS SALAZAR, Jaime. *Actualización y modernización curricular en los programas de ingeniería en Colombia*. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería y líderes de la industria. ACOFI. Mayo de 1997 pp.154-159.
 - CHAPARRO, Fernando. *Haciendo de Colombia una sociedad del conocimiento. Conocimiento, innovación y construcción de sociedad: Una agenda para la Colombia del Siglo XXI*. Bogotá: Colciencias. Agosto 15 de 1998.
 - GÓMEZ RODRÍGUEZ, Víctor G.; CARRERAS MARTÍNEZ, Vladimir y DELGADO ÁLVAREZ, Noemí. *Calidad en la enseñanza de la ingeniería: una mirada al problema desde la óptica del profesor universitario*. Anuario científico de la Universidad de Cien Fuegos "Carlos Rafael Rodríguez". 2002. Tomado del sitio web <http://pluton.ucf.edu.cu/publicaciones/anuario2002/pedagogia/articulo18.pdf>
 - GRECH, Pablo. *Introducción a la ingeniería: un enfoque a través del diseño*. Pearson. Primera edición. Bogotá D.C. 2001.
 - JACOBSON, I.D. *Un nuevo enfoque a la educación en ingeniería. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería y líderes de la industria*. ACOFI. Mayo de 1997. p.17-25.
 - LÓPEZ PARRA, Javier F. *Desarrollo de competencias en la formación de ingenieros de sistemas*. Revista ACIS. Edición No. 84. Enero - mayo de 2003.
 - MARCHISIO, Susana; RONCO, Jorge y VON PAMEL, Oscar. *El trabajo colaborativo por proyectos en ambientes virtuales como estrategia formativa profesional en ingeniería*. Tomado del sitio web <http://www.edudistan.com/ponencias/Susana%20Marchisio1.htm>
 - MOSQUERA BENÍTEZ, Héctor Damián. *Introducción a la ingeniería: Ciencia, tecnología y sociedad: Una visión humanística de la Ingeniería*. XXIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Septiembre de 2003.
 - PRADOS, W. John y PROCTOR, Stanley. *What will it take to reform engineering education*. Chemical Engineering Progress. New York. Marzo de 2000.
 - SÁNCHEZ G., Jorge. *Elementos propios de la profesión en los currículos de ingeniería*. Ciclo de conferencias de la Facultad de Ingenierías U. Nacional. 1989.
 - SCHÖN, Donald A. *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós. 1987.
 - VALENCIA GIRALDO, Asdrúbal. *La magia y el arte de la ingeniería*. Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia. No. 14. Agosto de 1997.
-