



ISSN: 2422-4340

**La formación ciudadana y el aprendizaje
basado en la experiencia: trayectos
pedagógicos en la educación superior**

 Programa
Editorial

Universidad Autónoma
de Occidente

COLECCIÓN
EXPERIENCIAS

Fabio Jurado Valencia
Sonia Cadena Castillo
Editores académicos

7

La formación ciudadana y el aprendizaje basado en la experiencia: trayectos pedagógicos en la educación superior

Vicerrectoría
Académica
Centro de Desarrollo Académico



ACREDITACIÓN
INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
Vigilada MinEduación.
Res. No. 16740, 2011-F-0201.

La formación ciudadana y el aprendizaje basado en la experiencia: trayectos pedagógicos en la educación superior / Carlos Hernán Aponte Coronado, Álvaro Hernán Plazas Bermúdez, Juan Vicente Pradilla Cerón, Elizabeth Gómez Etayo, Carlos Eduardo Castang Montiel, Gladis Miriam Aparicio Rojas; editores académicos Fabio Jurado Valencia, Sonia Cadena Castillo,-- Primera edición.-- Cali: Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente, 2021. 199 páginas, ilustraciones.-- (Colección experiencias)

Contiene referencias bibliográficas.
ISSN: 2422-4340

1. Aprendizaje basado en problemas. 2. Pedagogía. 3. Lectura. 4. Escritura. 5. Ingeniería-Enseñanza. I. Aponte Coronado, Carlos Hernán. II. Plazas Bermúdez, Álvaro Hernán. III. Pradilla Cerón, Juan Vicente. IV. Gómez Etayo, Elizabeth. V. Castang Montiel, Carlos Eduardo. VI. Aparicio Rojas, Gladis Miriam. VII. Valencia, Jurado, editor, VIII. Cadena Castillo, Sonia, editor. IX. Universidad Autónoma de Occidente.

378.125- dc23

La formación ciudadana y el aprendizaje basado en la experiencia: trayectos pedagógicos en la educación superior

EDITORES ACADÉMICOS:
Fabio Jurado Valencia
Sonia Cadena Castillo

© AUTORES:
Carlos Hernán Aponte Coronado
Álvaro Hernán Plazas Bermúdez
Juan Vicente Pradilla Cerón
Elizabeth Gómez Etayo
Carlos Eduardo Castang Montiel
Gladis Miriam Aparicio Rojas

ISSN: 2422-4340
Primera edición, 2020

El contenido de esta publicación no compromete el pensamiento de la Institución, es responsabilidad absoluta de sus autores.

Este libro no podrá ser reproducido por ningún medio impreso o de reproducción sin permiso escrito de las titulares del Copyright.

Elaborado en Colombia
Made in Colombia

Personería jurídica, Res. No. 0618, de la Gobernación del Valle del Cauca, del 20 de febrero de 1970. Universidad Autónoma de Occidente, Res. No. 2766, del Ministerio de Educación Nacional, del 13 de noviembre de 2003. Acreditación Institucional de Alta Calidad, Res. No. 16740, del 24 de agosto de 2017, con vigencia hasta el 2021. Vigilada Mineducación.

COLECCIÓN
EXPERIENCIAS

Gestión editorial

**Vicerrector de Investigaciones,
Innovación y Emprendimiento**
Jesús David Cardona Quiroz

Jefe Programa Editorial
José Julián Serrano Q.
jserrano@uao.edu.co

Coordinación Editorial
Jorge Ivan Escobar Castro
jiescobar@uao.edu.co

Corrección
María del Pilar Osorio

Diseño y diagramación
Luis Osorio Tejada
luisosoriotejada@gmail.com

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

© Universidad Autónoma de Occidente
Km. 2 vía Cali-Jamundí,
A.A. 2790, Cali, Valle del Cauca,
Colombia

Prólogo..... 9

**El aprendizaje basado en
problemas en estudiantes de
primer año de ingeniería**

Carlos Hernán Aponte Coronado 17

**La ficha de lectura como
instrumento para la apropiación
de contenidos académicos en
textos universitarios**

Álvaro Hernán Plazas Bermúdez . . . 43

**Aportes de los retos creativos
colaborativos en la formación de
estudiantes de primer semestre
de ingeniería**

Sandra Arce Guerrero 65

CONTENIDO

**Módulo de creatividad para
estimular el pensamiento creativo
del ingeniero en formación a
través del reto**

Sandra Arce Guerrero 65

**La consigna y su influencia en el
desempeño de los estudiantes
de Arquitectura de Sistemas
Multimedia (ASM)**

Juan Vicente Pradilla Cerón 87

**Hacia una pedagogía para la
formación ciudadana**

Elizabeth Gómez Etayo 115

**Laboratorios de transferencia
de calor a bajo costo para
propósitos educativos en
ingeniería mecánica**

Carlos Eduardo Castang Montiel. . . . 137

**Preconceptos de los estudiantes
de programas de ingeniería y
estrategias de enseñanza en
cursos de física general**

Gladis Miriam Aparicio Rojas 159

Laboratorios de transferencia de calor a bajo costo para propósitos educativos en ingeniería mecánica

Carlos Eduardo Castang Montiel¹⁰

¹⁰ Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Bolívar; especialista en Gestión de Proyectos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y magíster en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesor del Departamento de Energética y Mecánica de la Universidad Autónoma de Occidente.

Resumen

Las universidades viven grandes desafíos; uno de ellos, especialmente en los programas de Ingeniería, es la construcción de conocimiento duradero en sus estudiantes. Lograr esto, permitiría sin duda la formación de ingenieros críticos, empoderados, capaces de confrontar las teorías clásicas y, sobre todo, comprometidos con el desarrollo de su entorno. En la actualidad, con el avance tecnológico, el mundo requiere de ingenieros capaces de adaptar e implementar soluciones a los problemas de las comunidades y los territorios. Para ello, las universidades y los programas de Ingeniería deben incluir más trabajo experimental activo en las aulas de clase como parte de sus metodologías educativas. El aprendizaje basado en la experiencia es el mecanismo usado más ampliamente en la formación de sujetos con capacidades para el emprendimiento, entendido como uno de los factores importantes para el crecimiento y desarrollo de las comunidades. Una opción interesante para la formación de este ciudadano trata de explorar la constitución de dispositivos dentro de los ambientes académicos que permitan el desarrollo de habilidades cognitivas a partir de la experimentación. Este artículo muestra los resultados, en términos de habilidades, de la generación de conocimiento y aprendizaje obtenidos a partir de la construcción de bancos de prueba para el estudio de fenómenos de conducción transitoria de calor, utilizando Arduino, desarrollado por los estudiantes durante el segundo semestre académico del año 2018 en el curso de Transferencia de calor del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma de Occidente en la región Pacífica colombiana.

Palabras clave: conducción transitoria de calor, banco de pruebas, Arduino, número de Biot, cuerpo concentrado.

Abstract

Actually universities face great challenges, one of them, especially in engineering programs is the construction of knowledge of their students. This would undoubtedly allow the training of critical, empowered engineers, capable of confronting classical theories and committed to the development of their community. Nowadays, with the technological advance, the world requires engineers capable of adapting and implementing solutions to the real problems of the communities and territories. For this reason, Universities and engineering programs must include more active experimental work in classrooms as part of their educational methodologies. It is not surprising to find that experience-based learning is the most widely used mechanism in the training of individuals with capacities for entrepreneurship,

which is understood as one of the important factors for the growth and development of communities. An interesting option, for the training of this new citizen, is to explore the construction of equipments within the academic environments that allow the development of cognitive skills from experimentation. In this context, this article shows the results in terms of skills, knowledge generation and learning obtained from the construction of test devices for the study of transient heat conduction phenomena using Arduino developed by students during the second semester academic year 2018 in the heat transfer course of the mechanical engineering program of a university in the Colombian Pacific region.

Keywords: Transient heat transfer, Arduino, Biot number.

Introducción

Uno de los grandes desafíos que enfrentan las universidades, especialmente los programas de Ingeniería, es la construcción de conocimiento de sus estudiantes, lo cual redundaría en la formación de ingenieros críticos, empoderados, capaces de confrontar las teorías clásicas y, sobre todo, comprometidos con el desarrollo de su entorno. Para lograr este cometido se requiere la innovación continua en la enseñanza, es decir, profesores líderes, capaces de salir del molde tradicional para orientar la enseñanza hacia la creación y el emprendimiento, es decir, como sujetos académicos en la generación de conocimientos en ingeniería, totalmente acorde con los tiempos actuales (Warhuus & Vaid, 2014).

Hoy en día, enseñar ciencias en Ingeniería, le exige al profesor un conocimiento muy cercano a los avances tecnológicos, que trascienda el dominio de los fundamentos teóricos, que entienda el desarrollo como una actividad en la cual hay que participar de manera decidida, y al estudiante como un sujeto proactivo, comprometido con su proceso de formación. La integración de las actualizaciones tecnológicas en el aprendizaje activo de las ciencias es indispensable en este momento histórico (Cahya et al., 2017). El aprendizaje activo involucra la observación, los cuestionamientos, el análisis, la interpretación de datos y la comunicación de los resultados. Estos objetivos se logran cuando el estudiante de Ingeniería realiza pruebas de laboratorio. No es un secreto que el mundo requiere de ingenieros capaces de adaptar el avance tecnológico e implementar soluciones para los problemas de las comunidades y los territorios. Para ello, las universidades y los programas de Ingeniería deben incluir más trabajo experimental en las aulas de clase como parte de sus metodologías educativas, no solo como herramientas de formación, sino además con los experimentos en laboratorios, que representan

uno de los requerimientos fundamentales en los currículos de Ingeniería en la perspectiva de la acreditación (ABET, 2018).

Los laboratorios convencionales en Ingeniería son espacios creados para la disertación en los cuales el estudiante modifica algunas variables de entrada en un montaje previamente establecido para analizar las salidas del sistema o los cambios ocurridos durante una operación; esto, de alguna manera, limita el espacio para la creatividad debido a que el estudiante no interviene en ningún momento en la construcción, es decir, se pierde lo más valioso de la experiencia: la concepción, la implementación y la operación. En consecuencia, el ingeniero en formación limita sus pretensiones a la adquisición y el análisis de datos, lo cual es importante; pero, si el estudiante participara en la construcción de su equipo, no solo analizaría los resultados, sino que sería responsable del fenómeno que quisiera analizar y esto involucraría muchas más habilidades relacionadas con el ingenio.

No sorprende encontrar que el aprendizaje basado en la experiencia es el mecanismo más ampliamente usado en la formación de sujetos con capacidades para el emprendimiento (Morselli, Costa & Margiotta, 2014). En este sentido, el interés de las comunidades universitarias hacia el emprendimiento ha sido más bien bajo; el desafío es alentar a los jóvenes a lanzar al mercado nuevas ideas, que puedan desarrollar sus potencialidades así como el resultado de sus investigaciones académicas. Sin embargo, en los últimos años, el cambio parece tener lugar en sectores intensivos de la tecnología en ingeniería, mismos que se han identificado como una clave para la transformación social y el crecimiento económico de las comunidades, indispensable en países en vía de desarrollo (Stamboulis & Barlas, 2014). Una opción interesante para la formación de este ingeniero es explorar la constitución de equipos sobre el componente teórico de los ambientes académicos para el desarrollo de nuevas habilidades.

Comúnmente, una de las claves para el éxito de los equipos destinados a la experimentación es la definición de los objetivos de las pruebas por parte del docente y el apoyo a las necesidades de aprendizaje del estudiante en cuanto al refuerzo de los conceptos fundamentales. Sin embargo, no todos los tópicos pueden cubrirse con las pruebas; por eso, los laboratorios deben ser cuidadosamente diseñados. El diseño y la construcción de bancos de pruebas otorgan beneficios en cuanto a la construcción de conocimiento y puede realizarse también a bajo costo económico.

En particular, en cursos profesionales de Ingeniería Mecánica, como Transferencia de calor, existe un desarrollo constante; una buena aproximación en el desarrollo de las clases es el uso de tareas y ejemplos prácticos en Ingeniería, lo cual permite una conexión directa con los problemas y la profundización y

apropiación de los conceptos más allá de lo que una lección puramente teórica podría aportarle (Docekal, Golembiovsky & Docekal, s. f.). Valdría la pena pensar cuáles son las vías para medir las competencias desarrolladas por los estudiantes; esto parece muy amplio, pero incluye la mejora de los resultados de aprendizaje y también involucra los efectos potenciales sobre aspectos sociales y económicos; sin embargo, orientar la educación hacia la experiencia, plantea una vía para el desarrollo de potencialidades en los estudiantes (Jensen, 2014).

Este artículo muestra los resultados en términos del desarrollo de habilidades en cuanto a diseño e implementación de conceptos aprendidos a partir de la construcción de bancos de prueba desarrollados por los estudiantes, durante el segundo semestre académico del año 2018, en el curso Transferencia de calor, del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma de Occidente en la región Pacífica colombiana. El objetivo es que los estudiantes puedan analizar problemas de conducción transitoria de calor en esferas y cilindros mediante el concepto de cuerpo concentrado; adicionalmente, deben observar la evolución temporal de la temperatura mediante el uso de Arduino y, finalmente, por medio de algunas suposiciones, se espera que tengan la capacidad de establecer los coeficientes de transferencia de calor por convección natural y forzado, lo cual cubre una parte importante de los objetivos de aprendizaje de dicho curso.

Marco de referencia

En la actualidad, las sociedades viven una crisis energética y es indispensable encontrar alternativas a los combustibles fósiles para satisfacer las demandas de energía. Por esta razón, la Ingeniería ha puesto su mirada en la optimización de la operación de plantas térmicas donde la energía es transformada. En este sentido, los fenómenos de transporte de energía son cada vez más estudiados por los ingenieros con el fin de buscar soluciones sostenibles a los requerimientos energéticos de las comunidades. Estos fenómenos de transporte de energía son analizados en cursos como Transferencia de Calor, en donde el estudiante aprende sobre los modelos analíticos y numéricos para la solución de problemas que involucran conducción, convección y radiación de energía térmica.

Debido a su importancia, el estudio de los fenómenos de conducción abarca gran parte del contenido global del curso de Transferencia de calor, es decir, la correcta aplicación de las teorías de conducción de calor permite realizar, entre otras cosas, cálculos de pérdida de energía en paredes de calderas, turbinas y demás dispositivos, así como estudios de confort térmico en edificaciones, lo cual está

estrictamente relacionado con el concepto de eficiencia energética (vinculado a los objetivos del desarrollo sostenible). Este enfoque se refiere al conjunto de técnicas utilizadas en diversos sectores de la economía para lograr la disminución de consumo eléctrico, lo cual redundaría en una disminución de los impactos negativos en el ambiente representado en reducción de emisiones de CO² y otros gases contaminantes (PNUD, 2018).

En Ingeniería existen dos formas analíticas de aproximarse a los fenómenos de transferencia de calor: la primera, por conducción, a partir de la suposición del estado estable (las propiedades no cambian con el tiempo) y, la segunda, suponiendo que el fenómeno es transitorio (cambio de propiedades con el tiempo). De hecho, todos los fenómenos de transferencia de calor son transitorios y la suposición de estado estable es cada vez menos usada.

Una forma de analizar los fenómenos de transferencia de calor transitoria por parte de profesores y estudiantes es mediante el análisis de cuerpos concentrados, los cuales se comportan como una “aglomeración” de masa cuya temperatura interna suele desarrollarse de la misma manera durante todo un proceso; es decir, se adquiere un mismo valor de temperatura con el paso del tiempo. Por lo tanto, para que un sistema sea considerado de este tipo, las masas que se encuentren en interacción con el medio no deben presentar algún cambio de temperatura en su geometría; es decir, se consideran como cuerpos isotérmicos. De esta manera, si se establece un sistema de masa arbitraria (m) en un instante de tiempo inicial (t_i) el cual se encuentra inmerso en un medio cuya temperatura es mayor a la temperatura inicial del cuerpo (T_∞), entonces se podrá decir con total seguridad que la temperatura interna del sistema cambiará en función del tiempo. Así, para comenzar el análisis de cuerpo concentrado, el balance energético correspondiente estaría dado por la ecuación (1) (Goldstein et al., 2002):

$$hA_s(T_s - T_\infty)dt = mC_p dT \quad (1)$$

La ecuación (1) indica que la energía que gana el cuerpo por convección es igual a la energía que se acumula en el cuerpo en un instante de tiempo determinado. Si se resuelve la ecuación (1) y se integra desde $t=0$ hasta cualquier instante t se obtiene que:

$$\frac{T_t - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-bt} \quad (2) \text{ Donde } b = \frac{hA_s}{\rho V C_p} \quad (3)$$

La ecuación (3) representa una constante temporal, la cual es función de coeficiente de transferencia de calor por convección. A partir de la ecuación (2) puede obtenerse el valor de la temperatura en cualquier instante de tiempo t y de igual forma puede calcularse el valor del tiempo que requiere el sistema para llegar a una temperatura dada. La ecuación (2) representa el modelo analítico de los cuerpos concentrados, el cual se puede definir a partir del número adimensional Biot (4):

$$B_i = \frac{hL_c}{K} \quad (4) \text{ donde:}$$

$$L_c = \frac{r_o}{3} \quad (5) \text{ para esferas}$$

$$L_c = \frac{r_o}{2} \quad (6) \text{ para cilindros}$$

Las ecuaciones (5) y (6) representan las dimensiones características de los cuerpos. El número de Biot se define como la razón entre la resistencia interna a transferencia de calor por conducción y la resistencia externa a la transferencia de calor por convección. Esto quiere decir que para que un cuerpo se comporte como un cuerpo isotérmico, la relación de resistencias térmicas debe ser un valor muy cercano a cero. Por lo tanto, se ha establecido un parámetro en el cual $B_i \leq 0.1$, entendiéndose que entre más pequeño sea este número, mayor probabilidad de que el cuerpo pueda comportarse como un cuerpo concentrado. En este contexto, el primer paso para el análisis de un fenómeno transitorio de conducción de calor es el cálculo del número de Biot. Si se cumple este parámetro, el sistema puede considerarse como concentrado y sus cálculos serán menos dispendiosos. Por el contrario, si $B_i > 0.1$, debe recalcularse haciendo ajustes a la longitud corregida de la geometría, pero este caso no es de interés en el presente artículo.

Experimentalmente, el estudiante puede lograr el comportamiento de cuerpo concentrado trabajando con geometrías pequeñas y garantizando un calentamiento o enfriamiento uniforme en un lapso determinado. Una vez conocidas la temperatura inicial y el tiempo en el cual el cuerpo alcanza una temperatura determinada, es posible calcular la razón de transferencia de calor que se presenta entre el cuerpo y el medio en el que se encuentra. Dicha razón utiliza la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_t = hA_s(T_t - T_\infty) \quad (7)$$

Asimismo, la cantidad de calor acumulada por el cuerpo está dada por la ecuación (8); cabe anotar que esta cantidad de energía es igual a la expresada en la ecuación (7) en el instante de tiempo de estudio:

$$Q = mC_p(T_t - T_i) \quad (8)$$

La aplicación de estos conceptos representa resultados teóricos que pueden contrastarse y validarse con resultados experimentales, incluso trascenderlos dado que se pueden estudiar los efectos de fenómenos de enfriamiento y calentamiento, es decir, analizar la incidencia del medio en el proceso.

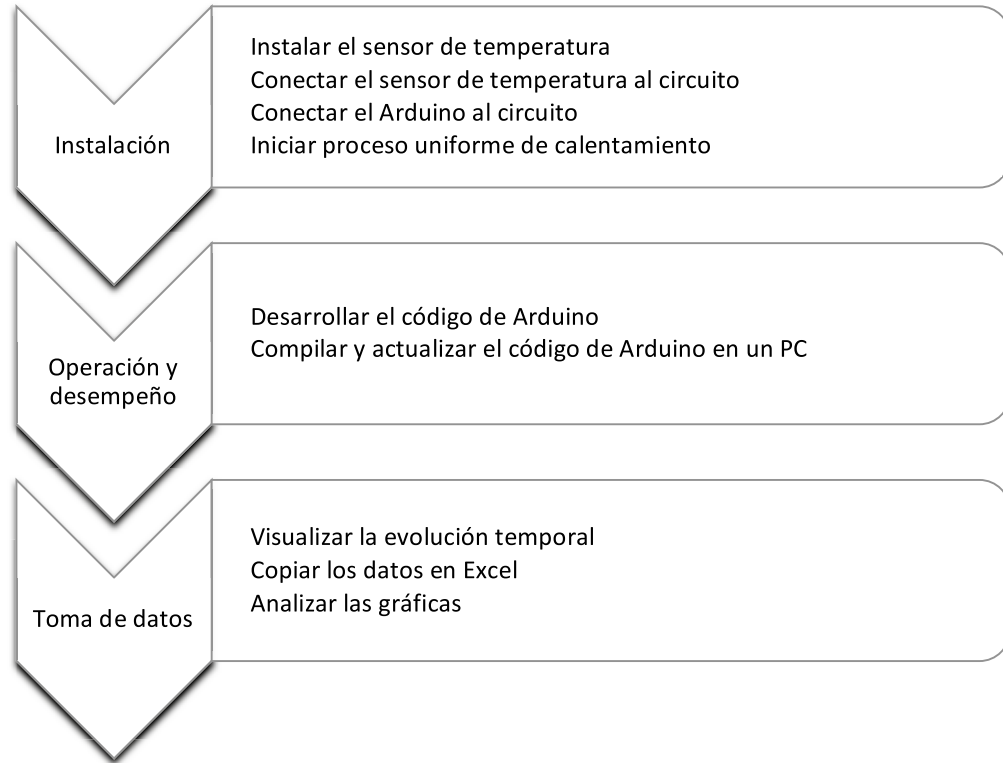
Metodología

Para describir la actividad desarrollada en clase, en principio se estableció que el estudiante debía construir un banco de pruebas en el cual pudiera verificar la evolución temporal de la temperatura de un cuerpo sometido a calentamiento y enfriamiento en un lapso determinado. A partir de estos resultados, un primer análisis sería establecer si el cuerpo se comportaba como un cuerpo concentrado asumiendo un valor razonable de velocidad del viento (menor a 1 m/s). Luego, había que mantener fijas las variables de calentamiento estableciendo lapsos de 1, 2 y 3 minutos y a partir de ahí, con los datos obtenidos, el estudiante compararía los resultados teóricos y experimentales de temperaturas finales del cuerpo. Por último, el cuerpo calentado se sometía a una corriente forzada y, a partir de ahí, se analizaba la evolución temporal; con estos datos y con los valores de velocidad del viento se establecía el coeficiente de transferencia de calor por convección forzada en los mismos lapsos. Los materiales que los estudiantes utilizaron fueron los siguientes:

- Protoboard
- Arduino Uno
- Cables Jumpers
- Resistencias de 220 Ohms
- Esferas o cilindros de material altamente conductivo
- Pantalla LCD 16 x 2
- Sensor de temperatura LM-35
- Bombillos led

Los estudiantes tenían libertad para diseñar el banco de pruebas y una opción era utilizar un sistema de calentamiento con llama y un sistema de enfriamiento por convección natural; adicionalmente, existían algunas recomendaciones en cuanto al tiempo de duración de la prueba, que no excediera de 3 minutos debido a que los cuerpos tenían conductividad elevada; la cual podía generar un accidente.

Figura 1. Procedimiento metodológico para la visualización de la evolución temporal de temperatura en un cuerpo mediante Arduino



Fuente: elaboración propia

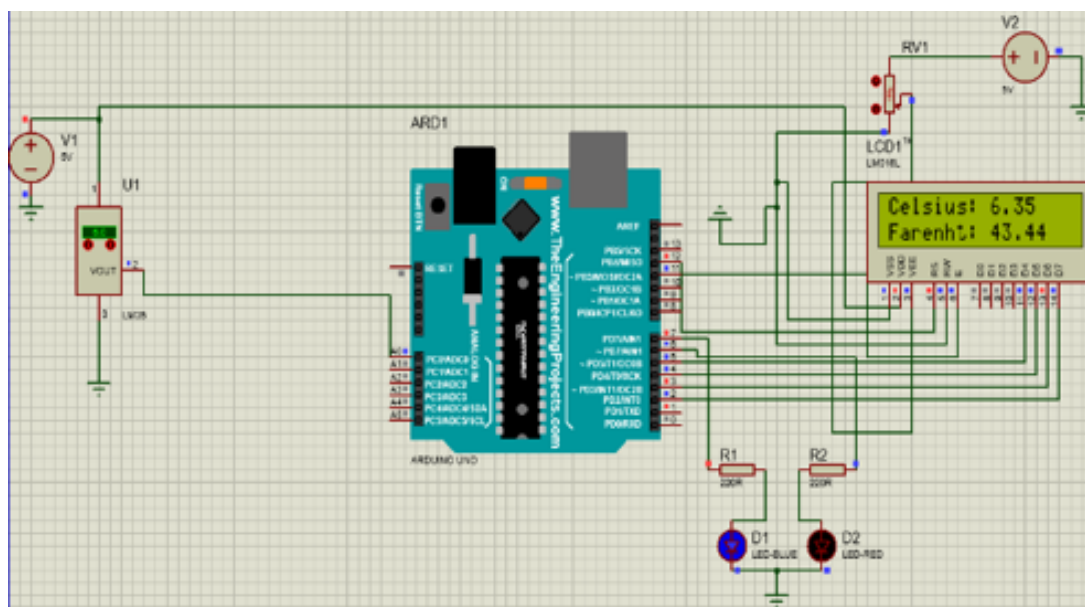
A partir de la información conceptual, los estudiantes debían establecer un proceso metodológico para lograr los objetivos definidos. La figura 1 muestra el proceso metodológico desarrollado por uno de los estudiantes para la construcción del banco de pruebas; el procedimiento planteado fue el siguiente: el cuerpo debe ser perforado hasta su centro geométrico de tal forma que el sensor de temperaturas pueda alojarse sin ningún tipo de holgura; para lograr esto era necesario adicionar epóxico térmico. Luego se debían realizar las conexiones del sensor al circuito y realizar el código correcto para la adquisición de la señal de temperatura en una computadora.

Resultados

Inicialmente, los estudiantes realizaron la programación del código en Arduino. Para ello, emplearon un lenguaje C. Con el código lo que se pretendía era que el programa graficara en tiempo real la evolución temporal de la temperatura en el cuerpo. De igual forma, se debían instalar bombillos *led* para cuando la temperatura excediera los 26 °C se encendiera el rojo y por debajo de 10 °C sucediera lo mismo, pero con el *led* de color azul.

De esta manera, los estudiantes realizaron la simulación del sensor de temperatura en programas de simulación, para verificar el correcto funcionamiento del montaje en físico y evitar así posibles daños en el montaje real; en la figura 2 puede observarse uno de los montajes desarrollado por los estudiantes del curso. Posteriormente, se realizó la validación del código de Arduino el cual requería una serie de pasos lógicos que permitiera la correcta adquisición de la señal de temperatura; en la figura 3 puede observarse uno de los códigos implementados.

Figura 2. Simulación del banco de pruebas



Fuente: elaboración propia

Una vez desarrollada la validación del código, los estudiantes pudieron construir el banco de pruebas; los resultados pueden observarse en las figuras 4 y 5. El sistema de calentamiento se realizó con mecheros, lo cual generaba problemas en el calentamiento dado que no se garantizaba la uniformidad de temperatura en los cuerpos. Por otro lado, debido al material de las esferas y algunos cilindros, perforar los cuerpos se convertía en una tarea compleja; algunos estudiantes optaron por realizar la medición superficial de la temperatura lo cual pudo conseguirse mediante dispositivos que permitían sujetar los sensores a la esfera permitiendo la medición. Esto no interrumpía la operación, pero los resultados se desviaban del comportamiento que se esperaba inicialmente.

Los principales problemas estuvieron en lograr un calentamiento uniforme de los cuerpos; algunos estudiantes realizaron inmersión de los cuerpos en agua caliente, esta era una buena solución; otros, por el contrario, ubicaron sensores de temperatura en la superficie y en el centro del cuerpo protegiéndolos con epóxico e incrementaron la intensidad de la llama de tal forma que esta abrazara por completo la superficie de los cuerpos.

Figura 3. Código de Arduino implementado en la prueba

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2)
const int ledRojo = 6;
const int ledAzul = 7;
int brillo;
float centi()
{
  int dato;
  float c;
  dato=analogRead(A0);
  c=(500.0*dato)/1023;
  return(c);
}
float fahren (float cent)
{
  float f;
  f=cent*1.8 + 32;
  return (f);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(ledRojo, OUTPUT);
  pinMode(ledAzul, OUTPUT);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Celsius:");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Farenht:");

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  float Centigrados=centi();
  float Farenheit=fahren(Centigrados);
  brillo = map(Centigrados, 10, 40, 0, 255);
  brillo = constrain(brillo, 0, 255);
  analogWrite(ledRojo, brillo);
  analogWrite(ledAzul, 255 - brillo);
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(Centigrados);

  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print(Farenheit);
  Serial.println(Centigrados);
  delay(10000);
```

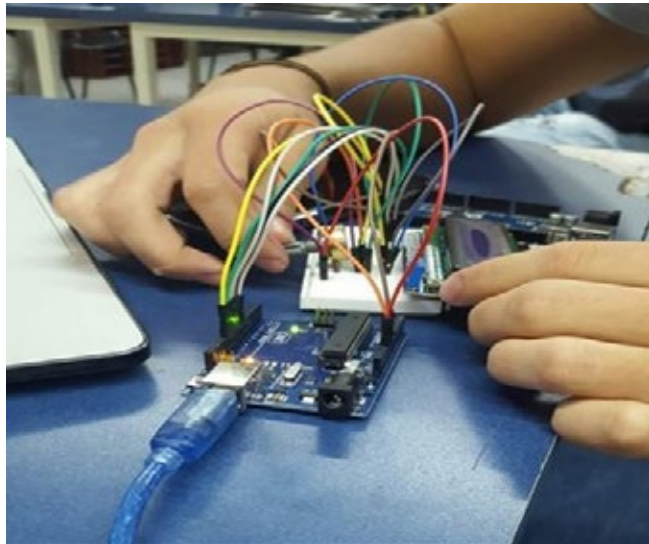
Fuente: elaboración propia

Figura 4. Montaje final



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Montaje final en operación



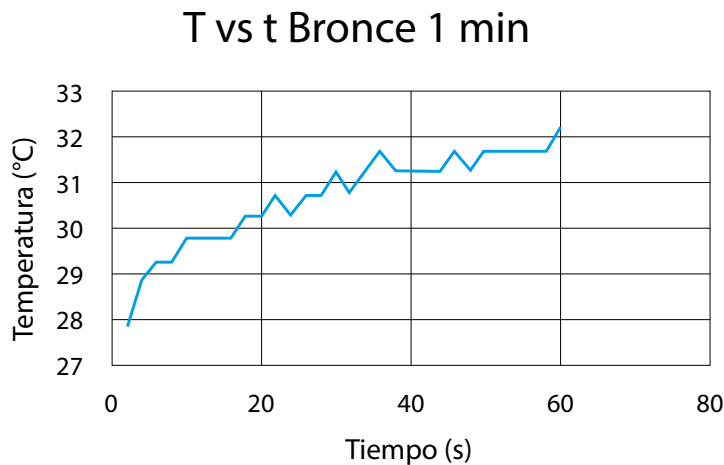
Fuente: elaboración propia

Una vez establecido un calentamiento uniforme, los estudiantes en casa trataron de controlar algunas variables del ambiente para emular el espacio de un laboratorio y poder realizar la prueba; algunos de los resultados se muestran

en la figura 6. En esta figura se observa cómo evoluciona la temperatura en un cilindro de bronce de 1,5 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de largo durante dos instantes de tiempo.

La primera prueba se realizó durante 30 segundos y la segunda prueba durante un minuto. En principio los estudiantes estimaron un valor para el coeficiente de transferencia de calor (h) para el cálculo del número de Biot y realizar la valoración del cuerpo concentrado y, a partir de ahí, con los datos de temperatura, pudieron establecer una comparación entre los valores de temperatura alcanzados en un lapso con la ecuación (2), y los resultados obtenidos con el banco de pruebas; es decir, los estudiantes pudieron verificar la validez de los postulados teóricos a partir de un equipo construido por ellos.

Figura 6. Resultados del análisis temporal de la temperatura en un cilindro de bronce de 1,5 in de diámetro y 3 in de largo sometido a calentamiento



Fuente: elaboración propia

Figura 7. Anemómetro manual para medir la velocidad del viento



Fuente: elaboración propia

Una segunda prueba implicaba el análisis temporal del cuerpo, pero en esta oportunidad los estudiantes debían medir la velocidad del viento para poder establecer un coeficiente de transferencia de calor forzado; de esta manera, debían buscar alternativas para caracterizar el enfriamiento de un cuerpo sometido a estas condiciones. Una forma para realizarlo era construyendo anemómetros; en ellos se realiza una marca en un punto y con un cronómetro se toma el tiempo que tarda en realizar un giro; en la figura 7 se observa un anemómetro utilizado para este fin.

Los resultados para el calentamiento y el enfriamiento son de naturaleza distinta, así como los resultados al utilizar convección natural o forzada, pero ambos coinciden en que puede establecerse un valor de temperatura de un cuerpo luego que ha transcurrido un tiempo determinado, utilizando la ecuación (2). En estas pruebas los estudiantes pudieron verificar el concepto de conducción transitoria de calor en esferas y cilindros mediante el concepto de cuerpo concentrado, los efectos de la convección natural y forzada sobre el enfriamiento de cuerpos; esto pudo realizarse mediante la construcción de equipos que, en general, tenían bajo costo económico; en la tabla 1 aparece el costo promedio de estos bancos de prueba, los cuales son de gran ayuda para el ejercicio docente en esta rama de la Ingeniería.

Tabla 1. Costos promedio total del banco de pruebas

Materiales	Costo
Arduino uno con conexión USB	\$30.000
Sensor de temperatura LM -35	\$5.000
Mechero	Elementos encontrados en casa
Jumpers	\$5.000
Protoboard mini	\$10.000
LCD 2X16	Encontrado en laboratorio
Esferas 3,7 cm acero al cromo-carbono	\$10.000
Total	\$60.000

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la valoración de los resultados de aprendizaje, la evaluación se llevó a cabo mediante el uso de rúbricas analíticas que permitían medir la evolución del estudiante en el semestre:

Tabla 2. Rúbrica analítica utilizada en la evaluación del banco de pruebas

Análisis de cuerpos concentrados en un banco de pruebas utilizando Arduino					
Criterios	Nivel				
	5. Excelente	4. Bueno	3. Aceptable	2. Puede mejorar	1. Insuficiente
Diseño del banco de pruebas para estudio de cuerpos concentrados en cilindros y esferas	Permite realizar la prueba de manera excelente: calentamiento uniforme, sensores colocados en posición, control de condiciones ambientales, código compila	Permite realizar la prueba de manera correcta: calentamiento uniforme, sensores colocados en posición, código compila pero no hay control de condiciones ambientales	Permite realizar la prueba: calentamiento no uniforme, sensores colocados en posición, código compila	No permite realizar la prueba: calentamiento no uniforme, sensores colocados en posición, código no compila	No permite realizar la prueba, la estructura y el diseño del equipo no permiten obtener ningún resultado
Estructura del código de Arduino utilizado para la adquisición de la señal de temperatura	El código implementado compila perfectamente y muestra mediante comentarios la importancia de cada una de las líneas desarrolladas	El código implementado compila perfectamente	El código implementado compila pero presenta algunos errores	El código no compila	No realizó el código
Procedimiento metodológico de operación del banco de pruebas	Desarrolla una lista de chequeo para la operación segura del sistema	Desarrolla una lista de chequeo con algunas actividades de operación	Desarrolla una lista de chequeo, pero las actividades no permiten evidenciar que la operación sea segura	No desarrolla lista de chequeo pero opera el sistema	No desarrolla lista de chequeo, no sabe operar el sistema
Comprensión del concepto de cuerpo concentrado	Explica a partir de la experimentación con un lenguaje fluido y apropiado, como aplicar los fundamentos teóricos en la determinación de variables desconocidas en fenómenos de conducción transitoria real	Explica a partir de la experimentación, cómo aplicar los fundamentos teóricos en la determinación de variables desconocidas en fenómenos de conducción transitoria real	Explica cómo aplicar los fundamentos teóricos en la determinación de variables desconocidas en fenómenos de conducción transitoria real	Aplica los fundamentos teóricos en la determinación de variables desconocidas en fenómenos de conducción transitoria real	No aplica los fundamentos teóricos en la determinación de variables desconocidas en fenómenos de conducción transitoria real

Análisis de cuerpos concentrados en un banco de pruebas utilizando Arduino					
Cálculo y comprensión del número de Biot	Utiliza el número de Biot para establecer si un cuerpo es concentrado y usa correctamente las ecuaciones para establecer su temperatura entendiendo la diferencia entre cada una de ellas	Utiliza el número de Biot para establecer si un cuerpo es concentrado y utiliza las ecuaciones para calcular su temperatura.	Utiliza el número de Biot para establecer si un cuerpo es concentrado pero no sabe usar las ecuaciones que lo modelan	Entiende que el número de Biot se usa en conducción transitoria y que existen modelos analíticos pero no los aplica correctamente	No entiende el concepto de número de Biot ni las ecuaciones que modelan un cuerpo concentrado
Determinación de la velocidad del viento para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección	Desarrolla un anemómetro manual y establece comparaciones con anemómetros digitales de tal forma que puede establecer el error en la medición	Desarrolla un anemómetro manual y mide la velocidad del viento	Utiliza modelos analíticos para cálculos de velocidad promedio del viento	Usa un valor de velocidad de viento de acuerdo con referencias bibliográficas actualizadas	Estima un valor
Nivel de confiabilidad de los resultados encontrados	Cada uno de los resultados han sido validados por lo menos realizando cinco pruebas controladas de tal forma que se establezca el concepto de repetición	Cada uno de los resultados han sido validados, por lo menos realizando tres pruebas controladas	Cada uno de los resultados han sido validados por lo menos realizando dos pruebas controladas	Cada uno de los resultados fueron obtenidos realizando una sola prueba	No se realizaron pruebas
Análisis de datos obtenidos	Establece una comparación teórico-experimental de los datos obtenidos tabulándolos y graficándolos, identificando los posibles errores de la medición así como las causas de desviación de los resultados.	Establece una comparación teórico-experimental de los datos obtenidos tabulándolos y graficándolos, identificando los posibles errores de la medición	Establece una comparación teórico-experimental de los datos obtenidos tabulándolos y graficándolos.	Tabula y grafica los datos obtenidos	Los datos obtenidos no son ni tabulados ni graficados
Revisión bibliográfica	Utiliza más de 10 referencias bibliográficas actualizadas y en inglés para argumentar la disertación	Utiliza más de 5 y menos de 8 referencias bibliográficas actualizadas y en inglés para argumentar la disertación	Utiliza menos de 5 referencias bibliográficas actualizadas y en inglés para argumentar la disertación	Utiliza menos de 3 referencias bibliográficas para argumentar la disertación	Utiliza al menos 1 referencia para argumentar la disertación
Apoyos utilizados en la presentación	Utiliza apoyos audiovisuales en los que se evidencia (fotos o videos) el desarrollo de la prueba y el análisis de los resultados utilizando un lenguaje fluido	Utiliza apoyos audiovisuales para presentar los resultados obtenidos y su análisis utilizando un lenguaje fluido	Utiliza apoyos para la presentación de resultados	No utiliza apoyos audiovisuales para presentar los resultados obtenidos	No realizó presentación

Fuente: elaboración propia

La tabla 2 muestra la rúbrica analítica usada en la evaluación del banco de pruebas para la determinación de cuerpos concentrados; los objetivos de aprendizaje se establecieron (concepto de cuerpo concentrado, efectos de la convección forzada y natural en el enfriamiento de cuerpos) de tal forma que los mismos dependieran en principio de la concepción del equipo, es decir, de su funcionalidad; esto incluía un código desarrollado de manera lógica que permitiera una correcta adquisición de datos, el control de las condiciones ambientales (corrientes de viento, fuentes externas de calor) que posibilitara el desarrollo de una práctica sin interferencia (Rodríguez & Ibarra, 2011; Zemelman, 1997).

Los estudiantes debían establecer una ruta para el desarrollo de la prueba lo cual incluía la verificación de la compilación del código, así como el calentamiento superficial uniforme del cuerpo. A partir de esto, se debía operar el equipo de manera segura evitando posibles accidentes. Los resultados obtenidos debían tabularse y graficarse para que pudieran analizarse los datos experimentales y compararlos con los resultados teóricos; asimismo, para establecer la confiabilidad de los resultados, las pruebas debían volverse a tomar para garantizar la repetibilidad de los datos y así ser aceptados. En general, la comparación entre los resultados teóricos y experimentales arrojó errores inferiores al 5% lo que permitió verificar la confiabilidad de los equipos construidos y la validación de algunas teorías importantes en los fenómenos de transferencia de calor.

Conclusiones

Uno de los grandes problemas de la formación en Ingeniería se encuentra en la transición entre el ciclo básico y el ciclo profesional, debido a que los estudiantes en el comienzo de su carrera no se familiarizan con los problemas y las modelaciones matemáticas, las cuales no se encuentran contextualizadas en algunas ocasiones; esta es una de las razones fundamentales de la deserción en los programas de Ingeniería y de las continuas reprobaciones en asignaturas del ciclo profesional (Transferencia de calor). Esta situación se puede atenuar fortaleciendo los procesos de diseño y construcción de dispositivos, que permiten la validación de leyes físicas, lo cual le otorga al estudiante habilidades para trabajar en equipo, capacidades para planeación y consecución de objetivos, responsabilidad en el cumplimiento de tiempos, desarrollo del ingenio, aplicación y apropiación de conocimientos previos, fortalecimiento de nuevos conceptos y teorías y el desarrollo de capacidades argumentativas en temas particulares.

La conducción transitoria de calor es uno de los fenómenos que se presenta con mayor frecuencia en la naturaleza y en los procesos industriales; por esta razón, gran parte de los cursos de Transferencia de calor invierten grandes cantidades de tiempo en su estudio, lo cual en ocasiones no es una tarea fácil debido a los modelos analíticos utilizados para su estudio. En consecuencia, los cursos de Transferencia de calor tienen índices elevados de deserción y reprobación. Durante el segundo semestre de 2018 se llevó a cabo este estudio, y arrojó los siguientes resultados: 6% del curso se retiró, 25% reprobó, 69% aprobó; los números muestran que el porcentaje de reprobación y deserción siguen siendo altos; sin embargo, existe una mejora en comparación con la misma población de estudiantes, durante el primer semestre de 2018, en el que 38% reprobaron, 13% se retiraron y 49% aprobaron. Por lo tanto, la implementación de estos procesos genera una motivación hacia el logro diferente en los estudiantes mediante la detección del desarrollo de nuevas habilidades, lo cual le permite al individuo un mejor desempeño y una apropiación constructiva de los temas.

Finalmente, el uso de la rúbrica analítica permitió no solo evaluar el trabajo realizado por los estudiantes, sino que fue diseñada para que los objetivos de aprendizaje se alcanzaran, si los estudiantes cumplían con las actividades de las dos primeras columnas; con esto se pretendía que el estudiante diseñara y construyera un equipo mediante un proceso lógico de planeación, posteriormente operara el equipo de tal manera que la recepción de datos se realizara de forma correcta, constante y sin interrupciones; y, finalmente, tuviera la capacidad de explicar de manera fluida los diferentes resultados teóricos y experimentales. En conclusión, en esta actividad, el 80% de los estudiantes obtuvo una nota de 4,0 y el 20% de los estudiantes obtuvo una nota de 5,0, lo cual es un indicativo, en gran medida, de la consecución de los objetivos de aprendizaje con el recurso de la prueba.

Referencias

- ABET. (2018). *Accreditation policy and procedure manual 2018-2019*. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/accreditation-policy-and-procedure-manual-appm-2018-2019/>
- Cahya, E., Karim, S., Utari, S., Ramdani, R., Riska, E., & Putri, R. (2017). Heat Transfer Lab Kit using Temperature Sensor based Arduino TM for Educational Purpose. *Procedia Engineering*, 170, 536-540. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.085>
- Docekal, T., Golembiovsky, M., & Docekal, T. (n.d.). Low cost laboratory plant for control system education. *IFAC-PapersOnLine*, 51(6), 289-294. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.168>
- Goldstein, R. J., Eckert, E. R. G., Ibele, W. E., Patankar, S. V., Simon, T. W., Kuehn, T. H., & Garrick, S. (2002). Heat transfer – a review of 2000 literature, 45, 2853-2957.
- Jensen, T. L. (2014). A holistic person perspective in measuring entrepreneurship education impact e Social entrepreneurship education at the Humanities. *International Journal of Management Education*, 12(3), 349–364. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.002>
- Morselli, D., Costa, M., & Margiotta, U. (2014). Entrepreneurship education based on the Change Laboratory. *International Journal of Management Education*, 12(3), 333–348. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.003>
- PNUD. (2018). *Objetivos del desarrollo sostenible*. <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Rodríguez, G., & Ibarra, M. (2011). *e-Evaluación orientada al e-aprendizaje estratégico en educación superior*. Narcea.
- Stamboulis, Y., & Barlas, A. (2014). Entrepreneurship education impact on student attitudes. *International Journal of Management Education*, 12(3), 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.001>
- Warhuus, J. P., & Vaid, R. (2014). Entrepreneurship education at Nordic technical higher education institutions: Comparing and contrasting program designs and content. *International Journal of Management Education*, 12(3), 317–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.004>
- Zemelman, H. (1997). *Problemas antropológicos y utópicos del conocimiento*. Colegio de México.