



## Uso de conceptos estructurantes para la enseñanza de circuitos eléctricos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

### Use of structuring concepts for electrical circuits teaching in the Engineering Faculty at the Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Jorge Enrique Salamanca Céspedes<sup>1</sup> Adriana Patricia Gallego Torres<sup>2</sup>

**Para citar este artículo:** Salamanca, J. y Gallego-Torres, A. (2017). Uso de conceptos estructurantes para la enseñanza de circuitos eléctricos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Revista Redes de Ingeniería*. 8(1), 47-55, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12699>.

**Recibido:** 25-abril-2017 / **Aprobado:** 27-septiembre-2017

#### Resumen

La propuesta didáctica que se presenta plantea la incorporación de los conceptos estructurantes de la energía para la enseñanza de circuitos eléctricos y su relación con los conceptos de carga, corriente eléctrica y diferencia de potencial. Es el comienzo de un tema de estudio más avanzado de educación en energías renovables, con un enfoque en energía eólica. Cabe resaltar, adicionalmente, que esta propuesta es el resultado de un análisis de antecedentes teóricos que hacen referencia a aspectos tales como: modelo didáctico argumentativo, historia de las ciencias, relaciones CTS (ciencia, tecnología y sociedad), epistemología de las ciencias y modelo pedagógico constructivista. También, se hace una propuesta de unidad didáctica, la cual se encuentra conformada por una serie de actividades dentro de las que se contempla un segmento respecto de las ideas previas de los estudiantes, una lectura de un hecho histórico de la ciencia, el montaje de un par de experimentos de laboratorio y una propuesta de evaluación.

**Palabras clave:** concepto estructurante, energía, historia de la ciencia, proceso argumentativo, unidad didáctica.

#### Abstract

The didactic proposal that is presented, uses the approach through the use of structuring concepts, that of energy, for the teaching of electric circuits and its relation with the concepts of charge, electric current and potential difference. It is the beginning of a more advanced study topic in renewable energy education, with a focus on wind. It is noteworthy that this proposal is the result of a theoretical background analysis that refers to aspects such as: argumentative didactic model, history of sciences, STS relations, epistemology of the sciences and constructivist pedagogical model. There is also a proposal for a didactic unit, which is made up of a series of activities, which include a segment regarding the students previous ideas, a reading of a historical fact of science, a couple of laboratory experiments and an evaluation proposal.

**Keywords:** energy, didactic unit, structuring concept, argumentative process, history of science.

1. Estudiante del doctorado en Educación; docente planta, asociado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: [jsalamanca@udistrital.edu.co](mailto:jsalamanca@udistrital.edu.co)
2. Doctora en Ciencias Físicas, Didáctica de las Ciencias, Universidad de Valencia; docente planta, titular en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: [adpgallegot@udistrital.edu.co](mailto:adpgallegot@udistrital.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

La propuesta que se presenta en este documento es elaborar, con base en el modelo de conceptos estructurantes o metaconceptos para la enseñanza de circuitos eléctricos, una unidad didáctica en que se articule la historia, la didáctica y la filosofía de las ciencias, con base en un modelo o proceso de enseñanza-aprendizaje argumentativo [1]; cabe señalar que se cuenta con un creciente número de propuestas de unidades didácticas, las cuales dan cuenta de experiencias pedagógicas y evaluaciones de la planificación y principios que las rigen [2].

En el contexto de las ciencias de la educación, la didáctica de las ciencias como disciplina de conocimiento, da indicios sobre el desarrollo evolutivo de un conjunto de reglas implícitas que tiene la comunidad académica para hacer públicos sus saberes [3]; estas, junto con el abordaje y la propuesta de solución de problemas, se relacionan con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Gil, 2000) por medio de estrategias didácticas de enseñanza con las que se busca facilitar la adquisición constructiva del conocimiento científico, además del desarrollo de habilidades y destrezas de pensamiento sin dejar de lado la dimensión humana. Son estas las finalidades que se esperan conseguir con la propuesta de esta unidad didáctica.

La pregunta desde donde se desarrolla la unidad didáctica es ¿qué se requiere para generar corriente en un circuito eléctrico?; esta tiene como propósito articular el concepto estructurante de energía con ciertos conceptos muy importantes en la construcción de los conocimientos sobre los circuitos eléctricos tales como la diferencia de potencial, la carga y la corriente eléctrica —desde un enfoque histórico y epistemológico— y, además, realizar una propuesta de unidad didáctica para un currículo de análisis de circuitos propuesto para los estudiantes de segundo semestre de Ingeniería Electrónica de la Universidad Distrital. Esta articulación busca centrar el proceso de enseñanza-aprendizaje de

circuitos eléctricos en campos tales como: el conceptual, procedimental y actitudinal hacia el desarrollo de competencias tecnocientíficas [4], [5]. Se parte de algunos planteamientos epistemológicos de Bachelard y se pretende presentar el uso de algunos planteamientos de Gagliardi (1986) respecto de los conceptos estructurantes, tal como la repercusión y la importancia de la historia de la ciencia en procesos de enseñanza-aprendizaje de circuitos eléctricos.

Los planteamientos base de Bachelard (1938), establecen la relevancia que tienen en la construcción del conocimiento el ofrecer una perspectiva de la ciencia mediante los aspectos históricos que han influido en su desarrollo. Este modelo tiene como base el concepto de cambio científico, dentro del cual existen tres categorías, en el marco de la epistemología, claramente definidas: en primer lugar, los obstáculos epistemológicos, que hacen referencia a formas de pensar arraigadas, conceptuales y metodológicas; en segundo lugar, las rupturas epistemológicas, que corresponden a formas en que el conocimiento científico contradice las ideas o creencias que proceden de un conocimiento ante todo primario, intuitivo y de sentido común, y, en tercer lugar, los actos epistemológicos, que hacen referencia a mecanismos por los cuales se van superando los obstáculos de la misma índole.

Con referencia a las concepciones, existen diversos investigadores que han teorizado sobre la importancia de conocer las nociones de los estudiantes, de los docentes en formación y de los docentes en activo desde diferentes perspectivas, lo que lleva a revisar al interior de una mirada del modelo constructivista la idea de los conceptos estructurantes; así, estos últimos son conceptos que van a transformar el sistema cognitivo de los estudiantes, de manera que les van a permitir adquirir conocimientos nuevos de forma coherente mediante la construcción de nuevos significados, o modificar otros conocimientos por reconstrucción de significados anteriores. Es por ello por lo que se hace

sumamente importante considerar las ideas previas de los estudiantes en cuanto a la identificación de los conceptos estructurantes y de sus orígenes [5].

Dicho lo anterior, el concepto de energía es estructurante porque no solo presume los preconcep- tos de energía desde la mecánica y sus relaciones con el cálculo, sino que se convierte en la base fundamental para construir otros conceptos antes mencionados; por otro lado, es fundamental para la construcción del conocimiento de los ingenieros de varias áreas de la ingeniería y para dar un paso hacia la educación en energías renovables.

Ahora bien, desde de una perspectiva epistemoló- gica existen varias propuestas que dan sustento al uso de la historia de las ciencias dado el cambio de las teorías científicas en relación con el tiempo, es esta la razón por la que la historia y el estudio de las ciencias se combinan en un interesante modelo en la investigación didáctica.

El modelo de dinámica científica ha sido propuesto por [6] en el libro *Modelos de cambio científico*, en este aborda la elaboración de modelos que expli- quen, justamente, los cambios que se han dado en la ciencia. La elaboración de unidades didácticas, fundamentan su trabajo bajo un referente concep- tual-epistemológico, así que parte de tres referentes de cambio científico: Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Larry Laudan. Por otro lado, Ana Estany [6] pro- pone un nuevo enfoque para abordar la dinámica científica, queriendo llenar algunos de los vacíos y parcialidades explicativas encontradas en dichos modelos, su originalidad tiene como base que no pretende ser un modelo más.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, y a la caracterización de actitudes en los estudiantes jun- to a la conceptualización de los contenidos, se ela- borará una unidad didáctica orientada al desarrollo de conceptos que se requieren para el curso de circuitos eléctricos; para ello, se parte del concep- to estructurante de “energía”, el cual se convierte

en la base de muchos otros conceptos que serán la base del conocimiento sobre los temas alrededor de este. La articulación con la historia de la ciencia se hará a partir del artículo “The dynamo electric current in its”, publicado en junio 3 de 1880, en lo que hoy es IEEE, por el doctor Siemens, con esta lectura se busca dejar como base una perspectiva histórica articulada con las apreciaciones episte- mológicas ya citadas.

La unidad didáctica que se propone busca un vín- culo de los conceptos estructurantes con el desa- rrollo de actitudes hacia la ciencia, además de su implementación práctica en el aula mediante el un experimento en que se observa, con elementos sen- cillos, la interacción y conversión de la energía, es allí donde se da inicio al trabajo en conceptos de energía eólica.

## MÉTODOS

### **De los conocimientos previos, de los estu- dantes y los conceptos estructurantes**

El problema que se ha detectado en los estudiantes de Análisis de Circuitos Eléctricos I, es que, por un lado, no asimilan fácilmente el concepto de ener- gía en la física mecánica con respecto a la idea un tanto más abstracta de energía eléctrica; la otra dificultad es que el curso de circuitos se toma en paralelo que el de Física Electromagnética, por lo que los estudiantes no han aprendido en su curso de física los conceptos de carga, voltaje y corriente eléctrica como base mínima para dar inicio al curso de circuitos, además, en los estudiantes no hay estructura matemática desde el punto de vista de la relación con otras ciencias y como una herramien- ta poderosa para el aprendizaje de estas en general.

Adicional a lo anterior, tradicionalmente en los cur- sos de circuitos, el proceso de enseñanza -apren- dizaje está orientado a la solución de problemas planteados a partir de la aplicación de una serie de técnicas y ecuaciones, convirtiéndose en un

aprendizaje esencialmente memorístico, por lo que los estudiantes no encuentran la relación entre los temas vistos y situaciones reales y concretas de la vida, lo que les impide aplicar sus conocimientos en otros momentos en que se requiera de un tipo de análisis distinto o al encontrarse en situaciones en que ciertas variables no estén determinadas para aplicar cierto algoritmo. En consecuencia, la forma en que se imparten este tipo de asignaturas — en particular la de circuitos— genera frustración y apatía en el estudiante durante el proceso y a la hora de resolver nuevos cuestionamientos.

Teniendo en cuenta lo anterior, Novak, Ausubel y Hanessian [7] hacen la propuesta del aprendizaje significativo con base en el conocimiento y en la modificación de la estructura cognitiva del estudiante, propone “anclar” nuevos conceptos que le permitan representar la realidad categórica y esquemáticamente. La resolución de problemas desde una perspectiva argumentativa contribuye a que el estudiante construya bases y asimile los problemas de análisis de circuitos como susceptibles de ser abordados a través de estrategias orientadas por sus propias hipótesis, objetivos e intereses, de forma abierta, con la justificación de un marco teórico coherente [2].

La idea es utilizar una metodología inspirada en hechos históricos que busque incentivar la motivación por las clases de circuitos, además, se busca que los estudiantes descubran que tienen la capacidad de construir conocimiento propio e incluso que pueden plantear nuevos problemas y solucionarlos ellos mismos; también se busca que el desarrollo de este tipo de actividades le brinde confianza al estudiante para desempeñarse con propiedad en diferentes aspectos y competencias, para que se enfrenten a problemáticas de diversas disciplinas [5].

Conseguir un aprendizaje significativo es uno de los objetivos de la unidad didáctica sobre la base de los conceptos estructurantes, otro es mejorar el

discurso del estudiante en el lenguaje escolar, dado que para la comprensión de este trabajo es indispensable tener claridad en la diferencia entre lo que se entiende por concepto (concepto ausubeliano) y por conceptos estructurante [8].

Los conceptos estructurantes o fundamentales son los que todo ingeniero electrónico debe conocer y haber internalizado desde el punto de vista del análisis de circuitos —se entiende por conceptos estructurantes los principios, teorías y leyes fundamentales de las ciencias en la medida en que aplican al estudio del análisis de circuitos—; estos conceptos permean el conocimiento, pero se han venido organizando como compartimentos que en muchos casos se convierten en disciplinas con episteme propio y se enseñan como asignaturas independientes e inconexas con el resto de los contenidos de las carreras. Las asignaturas, a su vez, son en general estáticas y tienen microcurrículos y autocontenidos independientes de las demás, aun cuando se organizan en forma secuencial que exige prerrequisitos y correquisitos no siempre necesarios.

El currículo construido alrededor de conceptos estructurantes, por el contrario, busca la interacción de saberes encaminados al estudio y comprensión de los circuitos eléctricos que son base fundamental de la ingeniería electrónica; en este sentido, los conceptos estructurantes pueden ser una buena estrategia para organizar racionalmente los planes de estudio y los currículos, pero se requiere diseñar una estrategia para relacionarlos, organizarlos e incluirlos en asignaturas, competencias y habilidades formales.

La idea de organización curricular por conceptos estructurantes implica que un mismo concepto estructurante se puede introducir en diferentes momentos y en diferentes asignaturas tradicionales, además, puede considerarse como un concepto teórico o como un concepto aplicado a una situación específica.

Los estudiantes, una vez adquieren la noción del concepto estructurante, le adjudican significados genéricos distintos a los términos de su dialéctica; ahora los estudiantes organizan el discurso de manera tal que la influencia de los elementos idiosincrásicos sobre las definiciones se ven atenuados, se organizan de forma estructurada por su significatividad y las relaciones entre ellos. De esta manera, la jerarquización entre las relaciones y los conceptos está supeditada por la existencia del concepto estructurante adquirido durante el proceso de enseñanza-aprendizaje [2].

Quintanilla, en [9], se pregunta cómo integrar la historia de las ciencias en la propuesta didáctica, a lo cual citando responde:

Promueve una mejor comprensión de los conceptos y métodos científicos; los enfoques históricos conectan el desarrollo del pensamiento individual con el desarrollo de las ideas científicas; la historia de la ciencia se hace necesaria para comprender la naturaleza de la ciencia, su objeto y su método de estudio; la historia de la ciencia cuestiona el cientificismo y dogmatismo que es común de encontrar en nuestras clases y nuestros textos de ciencia. [9]

La historia de las ciencias debe jugar un papel esencial, no debe tomarse solo como un bloque temático en los currículos, sino como una estrategia para la enseñanza de hechos y datos históricos o quizá un capítulo introductorio, esto implica que debería estar orientada desde una perspectiva constructivista. En los procesos de enseñanza-aprendizaje, la historia de la ciencia permite ver la postura de actitudes positivas de los estudiantes hacia el conocimiento, favorece la forma en que se asumen y resuelven conflictos bajo una mirada científica [2].

De esta forma, la unidad propuesta espera propender por la generación de cambios actitudinales, conceptuales y procedimentales en los estudiantes mediante el modelo de enseñanza por resolución de problemas (o ABP, aprendizaje basado en

problemas) de manera que, mediante la integración de desarrollos epistemológicos de la didáctica de las ciencias y la historia de las ciencias, se pueda abordar el concepto de energía. Lo anterior hace parte de una estrategia para fomentar el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes de ingeniería electrónica [10].

## La metodología

La metodología adoptada para resolver el problema es explotaría-descriptiva de corte interpretativo; así, un primer momento consistió en realizar un rastreo bibliográfico en el campo. Teniendo en cuenta lo anterior, se logra identificar el artículo de 1880 mencionado anteriormente, "The dynamo electric current in its", publicado en junio 3 de 1880, en lo que hoy es IEEE, por el doctor Siemens, con el que se busca, entre otras cosas, lo siguiente:

- Aprendizaje de conceptos de desde una perspectiva histórica.
- El aprendizaje y cuestionamiento autónomo, no solo desde la perspectiva histórica por los hechos del pasado, sino también por la misma evolución de los conceptos y la forma como se han desarrollado en la historia.
- La inspiración desde el autor del artículo.
- Despertar la curiosidad y la articulación entre ciencia y tecnología.
- Aplicar a contextos diferentes los conocimientos científicos para el desarrollo de las comunidades.
- Argumentar y utilizar el lenguaje de la ciencia en forma apropiada, y específicamente el concerniente a los temas relacionados con la energía y sus interacciones.
- Incentivar en los estudiantes la motivación por el estudio de educación en energías renovables.

La lectura se realizará por parte de los estudiantes desde una perspectiva histórica con el fin de comparar los conceptos en el momento de su escritura y, por otro lado, buscando señalar la importancia

del autor que se espera sea una motivación para los estudiantes; este texto debe ser comparado con la teoría vista en los cursos de física, con el fin de generar una producción en que analicen las diferencias y contextualicen las ideas propuestas en el artículo de Siemens.

El proyecto que se propone para desarrollar durante el semestre tiene como base los conceptos expuestos por el autor, pero es muy importante ver cómo las aplicaciones de las leyes de Faraday han conservado su vigencia y permiten el desarrollo de la sociedad, lo que puede mejorar la calidad de vida de las sociedades más vulnerables. Por otro

lado, con base en la lectura se abordarán temas como el concepto de energía, corriente eléctrica, carga, voltaje y conversión y conservación de la energía, también se puede mirar el concepto de inducción electromagnética y maquina eléctricas.

Se puede observar que a nivel curricular la propuesta es pertinente respecto al tema que se quiere trabajar como concepto estructurante. El siguiente paso es proponer a los estudiantes realizar la construcción de una turbina de generación de energía eólica, lo cual implica, por supuesto, la elaboración de la turbina, la consecución de un generador (dínamo) y la electrónica para utilizar esta energía (Figura 1).

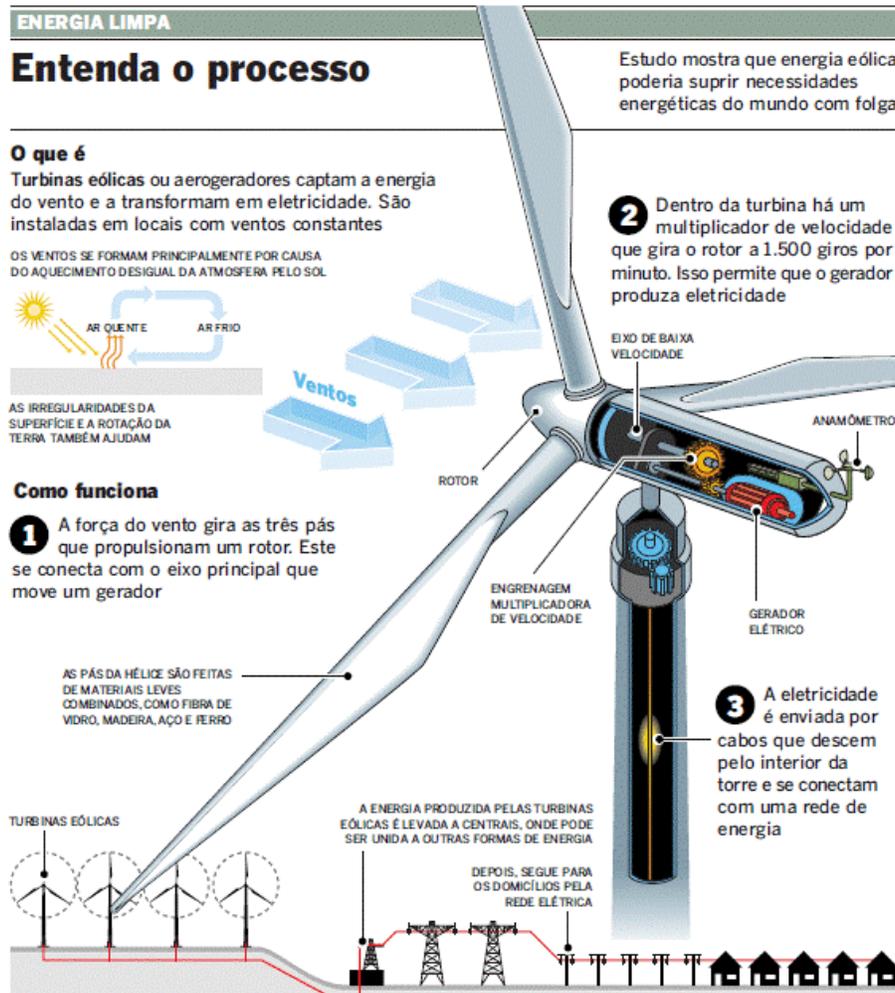


Figura 1. Generación de energía eólica.

Fuente: imágenes de Google.

Es importante que los estudiantes vean el generador (dínamo) como una maquina eléctrica de conversión de energía, también que consideren sus posibles aplicaciones para el proyecto que se propone; en este texto es necesario que el estudiante empiece a mirar el tema de generación de energía eléctrica eólica. Por otro lado, es importante ver la importancia de los conceptos relevantes para los estudiantes en el curso y que no solo giran en torno de la ley de inducción de Faraday, conceptos como diferencia de potencial, carga y corriente eléctrica serán parte del

lenguaje que ellos, durante y al finalizar el semestre, tendrán que manejar y utilizar con propiedad.

El concepto de generador (dínamo) se toma de la lectura, esta introduce el tema y, esencialmente, el concepto relevante aquí que es el de inducción, a partir de la ley de inducción de Faraday (Figura 2).

En general existen diferentes dispositivos (máquinas), que trabajan como convertidores de energía mecánica a eléctrica (Figura 3).

## Partes de un aerogenerador

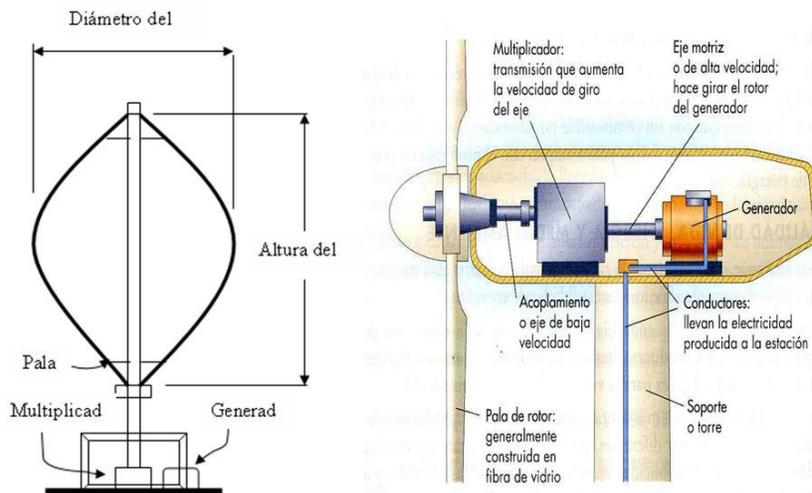


Figura 2. El generador.

Fuente: imágenes de Google.



### 2. Energía

21

#### 2.4 ¿Qué dispositivos transformadores de energía conocemos? (2/9)

b) **Generador eléctrico.** Transforma energía mecánica de giro en energía eléctrica.

**Ejemplo.** La dinamo de una bicicleta es un generador eléctrico.



Figura 3. Generadores de energía eléctrica.

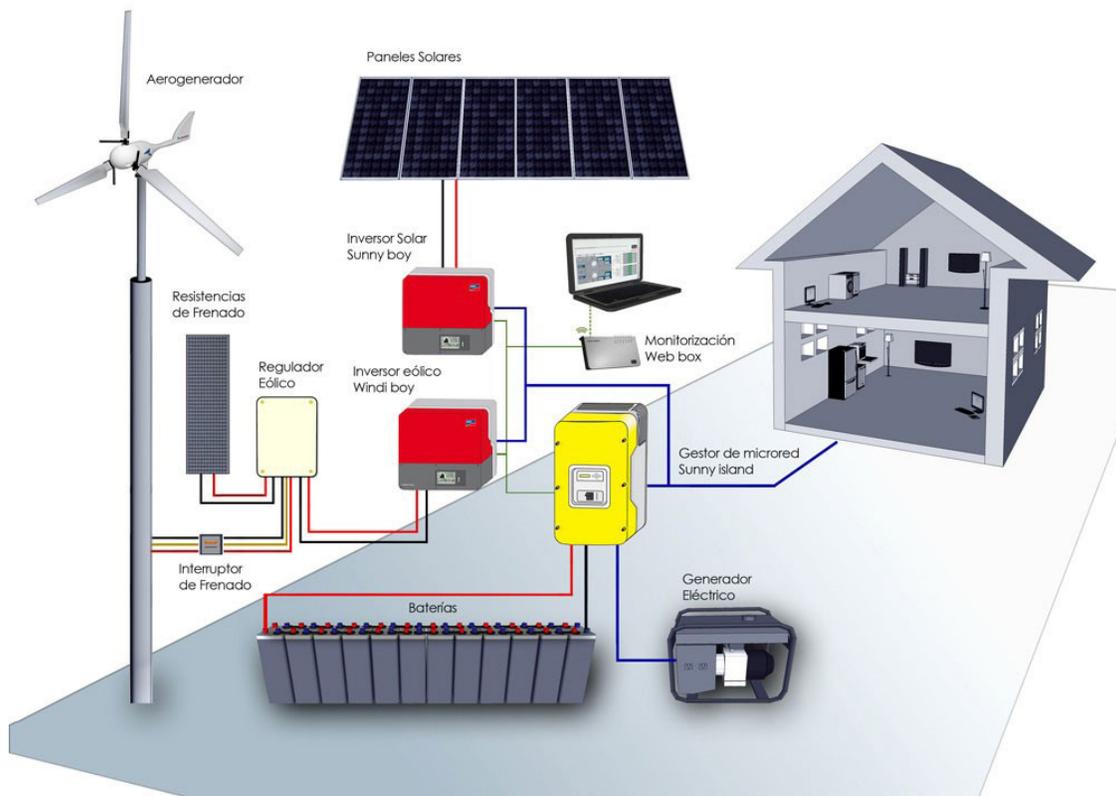
Fuente: imágenes de Google.

Una vez se tengan los conceptos de transformación de energía y sus implicaciones, los demás conceptos serán de fácil adquisición. Para finalizar el experimento se deben integrar los diferentes dispositivos de manera tal que se produzca y se utilice la energía eléctrica que se obtiene a partir de la energía del viento (la fuerza del viento; Figura 4).

Para finalizar el proyecto, se debe presentar el diseño de una turbina de generación eólica de baja potencia, junto con un documento que será socializado ante el grupo de estudiantes y se usará como una forma de evaluación que permita conocer si se lograron los objetivos propuestos y, en particular, la aprehensión del concepto de energía. Para esto, se propone que los diferentes estudiantes presenten en su informe todo el proceso de diseño

e implementación, argumentando desde lo teórico hasta lo práctico y con los modelos matemáticos que respalden todo el sistema de adquisición y transformación de energía y sus implicaciones; respecto a la turbina, se debe producir un nivel de potencia que se pactará en un comienzo entre mínimo cinco vatios.

Se espera motivar a los estudiantes para que, al cabo de unos pocos años, puedan construir generadores eólicos de baja potencia, no solo como un proyecto académico, sino también como un proyecto de vida para quienes trabajen en el desarrollo e implementación pensando en solucionar el problema de la energía a sectores de la comunidad que aún no tienen acceso a un sistema energético que les mejore la vida.



**Figura 4.** Utilización e integración de fuentes de energía.

**Fuente:** imágenes de Google.

## CONCLUSIONES

El uso de conceptos estructurantes para la enseñanza de circuitos eléctricos se convierte en una herramienta didáctica con la que, adicionalmente, se pueden articular conocimientos y la historia de la ciencia. Se espera que no solo se obtenga aprehensión de conocimientos, pues con el uso de estos se puedan desarrollar otras actitudes y aptitudes de los estudiantes frente a la ciencia, a la profesión y a la vida misma.

## REFERENCIAS

- [1] Barros M. Juan F. *Argumentación Científica de Ingenieros en Formación. El aprendizaje de la hidráulica en el aula a partir de casos de historia de las ciencias*. Tesis Doctoral, Universidad de Antioquia, 2014.
- [2] Mosquera Carlos J. et. al. "Una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos estructurantes de discontinuidad de la materia y unión química desde la epistemología y la historia de la ciencia contemporáneas". *Revista Científica, enero –diciembre, no. 12, 2010*.
- [3] Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. "Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 1, Num. 3, 2002*. [En línea]. Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- [4] Aragón-Méndez, M., García-Carmona, A., y Acevedo-Díaz, J. A. "Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia mediante el caso histórico de semmelweis y la fiebre puerperal". *Revista Científica, 4(27), 2016, 302-317*. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1>
- [5] Acevedo-Díaz, J. A., y García-Carmona, A. "Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia". *Revista Científica, 2(25), 2016, 162-175*. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a2>
- [6] Estany, A., *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica, 1990.
- [7] Ausubel, D., Novak, J. y Hanassian, H. *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. México D.F.: Editorial Trillas, 1976.
- [8] Carrascosa-Alís, J. "Ideas alternativas en conceptos científicos". *Revista Científica, 1(18), 2014, 112-137*. <https://doi.org/10.14483/23448350.5591>
- [9] Quintanilla, M. "Historia de la ciencia y formación del profesorado: una necesidad irreductible". *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología, Investigación en Experiencias Didácticas en Matemáticas, Ciencias Experimentales y Tecnologías*, núm. Extra, 2005.
- [10] Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., del Mar Aragón-Méndez, M., y Oliva-Martínez, J. M. "Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica". *Revista científica, 3(30), 2017*.
- [11] Gil Pérez, D. y Pessoa De Carvalho, A.M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 2000.
- [12] Gagliardi, R., *Los Conceptos Estructurales en el Aprendizaje por Investigación*, Ciencias Biológicas, Universidad de Ginebra, 1986.
- [13] Bachelard G., *La formación del Espíritu Científico*, 1938.

