



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias.* 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

LA EDUCACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS ELECTRÓNICOS DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Jorge Enrique Salamanca Céspedes
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jsalamanca@udistrital.edu.co

Adriana Patricia Gallego Torres,
Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
adpgallegot@udistrital.edu.co

Línea temática: Educación ambiental

Modalidad: 2, Investigación en proceso

Resumen

El agotamiento de los recursos energéticos de origen fósil y sus efectos adversos sobre el medio ambiente se han convertido en un problema de carácter global, la crisis energética golpea con mayor impacto a países subdesarrollados, mala calidad de vida está asociada con difícil acceso a energía de calidad y a precios razonables. Las energías renovables no convencionales y sus tecnologías asociadas se desarrollan rápidamente al tiempo que sus costos bajan, lo que hace imperativo se implementen programas de formación en este campo. En este documento se presentan algunos fundamentos conceptuales, metodológicos y resultados parciales de la investigación del proyecto de tesis doctoral en Educación en Energías Renovables No Convencionales para la Formación de Ingenieros Electrónicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el énfasis de educación en ciencias del Doctorado Interinstitucional en Educación – DIE UD.

Palabras clave

Educación en energías renovables, conciencia ambiental, cambio climático, investigación en educación en ingeniería, formación de ingenieros.

Objetivos

- Formular una propuesta de educación en energías renovables no convencionales para la formación de ingenieros electrónicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Caracterizar la educación en energías renovables no convencionales a partir de la revisión de antecedentes.

Marco Teórico

El proyecto de investigación se aborda desde tres referentes teóricos, La Educación en Energías Renovables No Convencionales – EERNC, la Conciencia Ambiental CA y la Investigación en Educación en Ingeniería.

La compleja situación a nivel global del medio ambiente impulsa propuestas que buscan contribuir a mitigar los efectos del calentamiento global. Según Lovelock, “La tierra funciona como un sistema único y autorregulado, formado por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos. Las interacciones y flujos de información entre las partes que lo componen son complejos y exhiben gran variabilidad en sus múltiples escalas temporales y espaciales” (Lovelock, 2007), en consecuencia se debe pensar que, del bienestar del planeta depende el de los humanos y las demás especies, por lo que se debe hacer un esfuerzo para la reducción del uso de combustibles de origen fósil, que es un factor muy importante del problema; una opción es el modelo de transición energética que busca remplazarlos por Energías Renovables No Convencionales - ERNC (Watkins A, 2008; Pedro et al., 2010; Vilches A & Gil D, 2014; Johansen & Emborg, 2018).

Actualmente más que en otras épocas se agudizan los problemas energéticos, el agotamiento de los combustibles fósiles, los problemas ambientales generados por la explotación, transporte y uso de los recursos naturales y el cambio climático, entre otros (Sauvé, 2014). Por lo tanto, surge la necesidad de establecer una disciplina autónoma que se encargue de la formación en energías renovables no convencionales.

Educación En Energías Renovables No Convencionales – EERNC

De acuerdo a lo planteado, la propuesta de EERNC consiste en un imperativo permanente que promueve la comprensión, la conciencia, el compromiso y la participación de la sociedad con la importancia de incorporar fuentes renovables no convencionales de energía y promover entre la ciudadanía el desarrollo de actitudes y valores que contribuyan a enfrentar los retos energéticos de las comunidades a través de prácticas educativas social y culturalmente compatibles (Ballesteros, Gallego, & Salamanca, 2018; Salamanca J, 2019).

Es de anotar que, la energía es fundamental para el proceso de desarrollo de todas las sociedades, mala calidad de vida está directamente relacionada con la falta de acceso a energía de calidad y barata (Lund & Jennings, 2000; Lovelock, 2007; Taleghani, Ansari, & Jennings, 2010; Kobayakawa & Kandpal, 2014; Lane, Floress, & Rickert, 2014; Kandpal & Broman, 2016). Por lo que, energía barata, abundante y con riesgos ambientales y ecológicos mínimos asociados, es uno de los factores más importantes para una mejor calidad de vida (Hasnain, E. et al., 1995; Hasnain, S M & Alawaji, S H 1998; Cao et al., 2016).

Conciencia Ambiental - CA

El consumo de las reservas limitadas de combustibles fósiles y el impacto negativo en el medio ambiente van en aumento, desarrollo y crecimiento económico van de la mano con el aumento de la demanda energética y emisiones de CO₂ (Lund & Jennings, 2000; Bruhn et al., 2009; Cao

et al., 2016). Según datos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC, la quema de combustibles fósiles para producir energía y calor en industrias y hogares y el uso de estos para el transporte representan el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

Hace 200 años comenzó la dependencia de los combustibles fósiles, el petróleo asequible que ha impulsado la economía mundial desde 1950 se está terminando, con su uso se ha modificado el ciclo del carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero (Martinot, 2005). Dos amenazas que conducen a la inseguridad energética, son el cambio climático y el agotamiento del petróleo, tanto en el mundo industrializado como en el mundo en desarrollo se está impulsando un auge en la generación y demanda de energía renovable (Lund & Jennings, 2001; Martinot, 2005; Thomas et al., 2008).

Es por lo anterior que, diferentes investigadores han resaltado la importancia respecto a la conciencia en las energías renovables y la conciencia ambiental, el término "conciencia" se puede usar para implicar un nivel de conocimiento adquirido empíricamente a través de las percepciones de una persona, pero también se puede considerar sinónimo de "conocimiento", que es el reconocimiento de algo percibido o sentido. La evaluación de la conciencia ambiental es el primer paso para comprender los niveles de conocimiento que poseen los diferentes grupos de personas sobre la gravedad de los problemas ambientales y cómo responden o interactúan con su entorno (Ziadat Anf H., 2009).

Young (2000); Harvey (1995) han indicado que la conciencia pública a través de los programas educativos es muy importante y un paso esencial hacia el desarrollo sostenible. Si el desarrollo de la conciencia ambiental entre el público es un elemento clave en la formación de soluciones fundamentales para los problemas ambientales que bloquean la sostenibilidad, entonces las personas en los países del tercer mundo tienen una necesidad directa de educación ambiental para el desarrollo de esta conciencia.

La conciencia ambiental en este proyecto se aborda desde la perspectiva propuesta por diferentes investigadores en el campo de la EERNC, desde este enfoque la conciencia en energía renovables - ER promueve el desarrollo de actitudes y valores de los ciudadanos para que asuman una posición informada y crítica que les permita participar en debates públicos referentes a las ER y sus aplicaciones (Pushpendra K, et al., 2002; Cao X, et al., 2016; Tang T, 2016).

Investigación en educación en Ingeniería - IEI

La EERNC y el cambio climático se articulan con la formación de ingenieros electrónicos de la Universidad Distrital, una revisión de la historia muestra que el primer programa de ingeniería en los EE UU, fue ingeniería civil, que se estableció en la Academia Militar e inicio en 1802 (Academia Militar de los Estados Unidos, 2010). Otras partes del mundo también comenzaron programas de ingeniería durante el siglo XIX y especialmente en la segunda mitad del siglo (Continental, 2006). La primera sociedad de educación en ingeniería, la Sociedad para la Promoción de la Educación en Ingeniería (SPEE), se fundó en 1893, ahora conocida como American Society for Engineering Education (ASEE). La SPEE estableció el primer periódico

"dedicado a la educación técnica" en 1910, llamado el Boletín (Sociedad Estadounidense de Educación en Ingeniería, 1910), que casi un siglo más tarde se convirtió en la revista de investigación educativa basada en la disciplina, el Journal of Engineering Education (Lohmann, 2003; Journal of Engineering Education, 2010). El European Journal of Engineering Education (EJEE) fue fundado por la Sociedad Europea de Educación en Ingeniería (SEFI) en 1976.

El diálogo y las decisiones tomadas en la década de 1990 allanaron el camino para que la educación en ingeniería se convirtiera en un campo de investigación científica, ya que no se generaba la cantidad y calidad del talento de ingeniería necesario para abordar los desafíos de la sociedad (Fundación Nacional de Ciencias, 1992; Academia Nacional de Ingeniería, 2004; Consejo Nacional de Investigación, 2005; Continental, 2006) y que se necesitaban enfoques más académicos y sistemáticos basados en las ciencias del aprendizaje (Consejo Nacional de Investigación, 1999, 2002; Gabriele, 2005; Haghighi, 2005).

Las IEI se constituye en una disciplina relativamente nueva, la escasez de investigaciones sobre los procesos de enseñanza aprendizaje en ingeniería comparado con otras disciplinas, es desconcertante, sin embargo, se han abierto diferentes líneas de investigación relacionadas con los obstáculos a la hora de formar ingenieros (Stevens R. et al., 2014). Según informe de la Academia Nacional de Ingeniería, se destaca una "desconexión entre los ingenieros en la práctica y los ingenieros en la academia" (Academia Nacional de Ingeniería [NAE], 2005). El informe indicó que "la gran mayoría de los profesores de ingeniería, por ejemplo, no tienen experiencia en la industria.

Evers, Rush y Berdrow (1998) identifican numerosas desconexiones entre las habilidades adquiridas en la universidad y las requeridas en el lugar de trabajo, entre las más importantes que ABET Inc., ha identificado para la preparación de ingenieros están las necesarias para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en el lugar de trabajo y para funcionar en equipos multidisciplinarios. En las clases de pregrado, los estudiantes aprenden a resolver problemas de libros de texto que están restringidos y bien estructurados, con rutas de solución conocidas y respuestas convergentes (cursos finales pueden ser la excepción). Los problemas en el lugar de trabajo, de otro lado, tienden a estar mal estructurados e impredecibles, poseen objetivos en conflicto, múltiples métodos de solución, estándares de éxito y restricciones que no son de ingeniería, problemas imprevistos, conocimiento distribuido y sistemas de actividad colaborativa (Jonassen et al., 2006).

Metodología

En relación al diseño de investigación se trata de un estudio con metodología mixta de investigación, dado que se hará uso tanto de métodos cualitativos como de métodos cuantitativos para la recolección y análisis de datos (Latorre, del Rincón y Arnal, 1996), la metodología mixta de investigación se define como una clase de investigación en la cual los investigadores combinan técnicas, métodos, aproximaciones, conceptos o lenguaje cuantitativo y cualitativo dentro de una misma investigación (Johnson y Onwuegbuzie, 2004). El método mixto de investigación puede entenderse como la exploración de las diferencias; un forum para el diálogo o bien una oportunidad para una mejor comprensión de diferentes vías de ver, conocer

y evaluar (Greene y Caracelli, 2003). Johnson y Turner (2003) afirman que, para desarrollar de manera efectiva el método mixto, quienes investigan han de considerar las características más relevantes de los métodos cuantitativo y cualitativo.

En cuanto a los objetivos de la metodología mixta se consideran cinco propósitos fundamentales que van más allá de la triangulación que tradicionalmente se consideró como el fin central. Estos propósitos son:

Triangulación: Para ver convergencias de resultados, *Complementariedad:* Para visualizar o examinar sobreposiciones o diferentes facetas de un fenómeno, *Iniciación:* Para descubrir paradojas, contradicciones y nuevas perspectivas, *Desarrollo:* Uso secuencial de métodos, como los resultados del primer método informan el uso del segundo método y *Expansión:* Se refiere a la combinación de métodos agregando ampliación y focalización al proyecto.

Respecto de la fiabilidad (alpha de Cronbach). Por lo que respecta fundamentalmente a la investigación descriptiva, se propone el uso de la triangulación, que supone el “uso de dos o más métodos de recolección de datos en el estudio de algún aspecto del comportamiento humano” (Cohen y Manion, 1989). A lo largo de la investigación, la información se va a obtener de varios instrumentos.

Se ha realizado la propuesta de diseño metodológico que corresponde al desarrollo de cinco fases, Problematizar, Organizar, Analizar, Diseñar y Evaluar, en un comienzo solo eran cuatro etapas y su denominación era PAIE (así se constituyó), este corresponde a un diseño en cascada y cíclico que consiste en el desarrollo e implementación de las cinco fases, es de anotar que la fase de evaluación es transversal a todo el proceso. Este diseño metodológico implica a los participantes en la permanente reflexión, realimentación y evaluación como sujetos activos en el proceso de investigación, repitiendo los ciclos de ejecución en pro de obtener el mejor resultado.

El proceso se construye alrededor de una invitación a participar en una convocatoria pública, para proveer energía a una población que se encuentra en una ZNI del país y a la cual se quiere llevar una solución con tecnologías de energías renovables no convencionales. En el proyecto los estudiantes de ingeniería electrónica realizan todo el proceso en sus diferentes fases, como se muestra en la figura 1, de manera tal que de forma sistemática no solo logran resolver el problema planteado, adicional desarrollan una serie de habilidades tanto propias de su formación disciplinar como transversales.

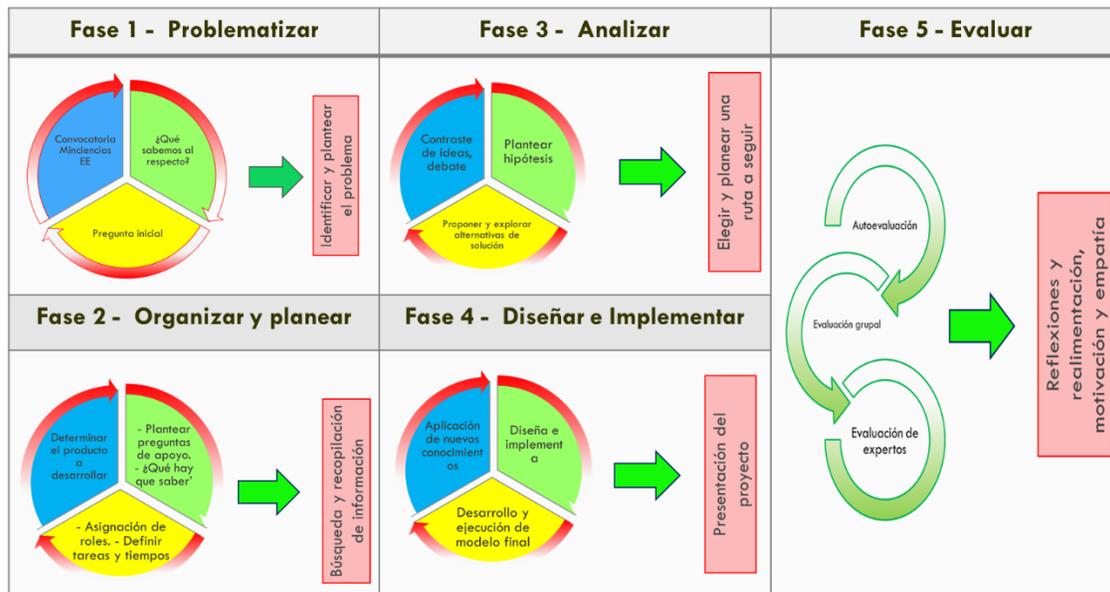


Figura 1. Diseño metodológico PAIE

Resultados

Se ha aportado un modelo de educación en ingeniería para la EERNC de estudiantes en formación de ingeniería electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en que los estudiantes desarrollan habilidades que les permite conocer las tecnologías de energías renovables y sus posibilidades de implementación como parte de la solución a los problemas globales del medio ambiente.

El modelo promueve el desarrollo de actitudes y valores en los estudiantes para que de manera informada y crítica asuman posiciones en cualquier debate público referente a temas concernientes a energías renovables no convencionales.

El modelo promueve la conciencia en energías renovables no convencionales para los estudiantes de ingeniería que les permita promover el uso y apropiación de las TER a nivel local y global, para aportar soluciones apropiadas y eficientes en contexto a las necesidades de nuestro país y del mundo.

El modelo aporta ciudadanos profesionales en ingeniería electrónica con capacidad de resolver problemas del campo disciplinar, con una visión social y política para la integración de las TER a los diferentes contextos del país que les permita transformar territorios.

Conclusiones

La EERNC es un paradigma emergente que requiere la conformación de una nueva disciplina que desde el punto de vista del cambio climático y la necesidad de un mejor medio ambiente para todos se vuelve un imperativo para todos los ciudadanos.

Es imperativo promover la creación de programas de formación para todos los ciudadanos y en particular para ingenieros en formación especialmente de países subdesarrollados.

Los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Distrital, ciudadanos de la capital, Bogotá, de la ciudad región y del país necesitan formación en ERNC, ya que desde lo académico y desde las necesidades del país en temas energéticos y más concretamente en energías renovables no convencionales se cuenta con un marco legal y se requiere formación para la comprensión, el compromiso y la participación con las nuevas tecnologías.

Bibliografía

Academia Militar de los Estados Unidos, (2010). <https://www.westpoint.edu/about/history-of-west-point>

Academia Nacional de Ingeniería [NAE], (2004), (2005). https://www.nae.edu/Reports.aspx?source=19_99

Alfred Watkins, M. E., (2008). Science, Technology, and Innovation. (T. W. Bank, Ed.). Washington DC.

Ballesteros, V., Gallego P. y Salamanca J., (2018). La educación en energías renovables como alternativa de promoción del compromiso público ascendente entre los indígenas Wayúu del corregimiento Wimpechi. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis.*

Bruhn, K., Lorensen, S., & Svensson, J., (2009). Development of Learning Material to wind power courses.

Cao, X., Kleit, A., & Liu, C., (2016). Why invest in wind energy? Career incentives and chinese renewable energy politics. *Energy Policy.*

Cohen, L. y Manion, L., (1989), *Métodos de investigación educativa.* Madrid: Muralla.

Consejo Nacional de Investigación, (1999). Examination of Assessment Practices for Engineering Design Projects in Secondary Education.

Consejo Nacional de Investigación, (2002). Tracking the Processes of Change in US Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering, and Technology.

Continental. (2006). In search of global engineering excellence: Educating the next generation of engineers for the global workplace. Hanover, Germany.

Evers, F. T., Rush, J. C., & Berdrow, I. (Eds.). (1998). The bases of competence: Skills for lifelong learning and employability. San Francisco: Jossey-Bass.

- Gabriele, G. (2005). "Advancing Engineering Education in a Flattened World," *Journal of Engineering Education*.
- Greene, J. C., & Caracelli, V., (2003). Making paradigmatic sense of Mixed Methods practice. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook Mixed Methods in social and behavioral research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Haghighi, K., (2005). "Quiet No Longer: Birth of a New Discipline," *Journal of Engineering Education*.
- Harvey, T. E. (1995). An education 21 programme: Orienting environmental education towards sustainable development and capacity building. *The Environmentalist*, 15, 202–210.
- Hasnain, S. M., Elani, U. A., Al-Awaji, S. H., Aba-Oud, H. A., & Smiai, M. S. (1995). Prospects and proposals for solar energy education programmes. *Applied Energy*.
- Hasnain, S., Alawaji, (1998). *Solar Energy Education a Viable Pathway for Sustainable development*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report: Summary for Policymakers* Change, Geneva
- Johansen, K. and Emborg, J., (2018). Wind farm acceptance for sale? Evidence from the Danish wind farm co-ownership scheme. *Energy Policy*.
- Johnson y Onwuegbuzie. (2004). *Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come*. DOI:10.3102/0013189X033007014
- Johnson y Turner. (2003). *Toward a Definition of Mixed Methods Research*
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering educators. *Journal of Engineering Education*.
- Journal of Engineering Education*. (2010). Home page. Retrieved September, 2010, from <http://www.asee.org/papers-and-publications/publications/jee>
- Kandpal, Tara C, & Broman, L., (2016). *Renewable energy education for the future*.
- Kobayakawa, T., & Kandpal, T. C., (2014). A techno-economic optimization of decentralized renewable energy systems: A case study of rural India. *Energy for Sustainable Development*.

- Lane, J. F., Floress, K., & Rickert, M., (2014). Development of school energy policy and energy education plans: A comparative case study in three wisconsin school communities. *Energy Policy*.
- Latorre, A.; Rincón, D. Arnal, J., (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona.
- Lohmann, J. R., (2003). Mission, measures, and Manuscript Central™. *Journal of Engineering Education*.
- Lovelock, J., (2007). *La venganza de la tierra. La teoría Gaia y el futuro de la humanidad*. Ed. Planeta. Barcelona, España.
- Lund, C. P., & Jennings, P. J. (2001). The potential, practice and challenges of tertiary renewable energy education on the World Wide Web. *Renewable Energy*.
- Lund, C. P., & Jennings, P. J., (2000). The potential, practice and challenges of Tertiary renewable energy education on the World Wide Web. *Renewable Energy*.
- Martinot, E. (2005). *Renewables 2005 global status report (REN 21)*. Washington, DC: Worldwatch Institute.
- National Science Foundation, NSF. (1992). *Employment Status of Recent Science and Engineering Graduates Varies by Level and Field of Degree*.
- Pedro, J., Pedro, C. J., (2010). *Redalyc. Modelo teórico para la Educación Energética*.
- Pushpendra J., Lungu, E. y Mogotsi, Buti, 2002. Renewable energy education in Botswana: Needs, status and proposed training programs. *Renewable Energy*. Vol. 25. DOI 10.1016/S0960-1481(01)00004-0
- Salamanca Céspedes, J. E. (2019). La educación en energías renovables no convencionales en la formación de ingenieros electrónicos: Non-conventional renewable energy education in the training of electronic engineers. *Noria Investigación Educativa*, 2(4), 11–18. <https://doi.org/10.14483/25905791.16331>
- Salamanca-Avila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263–277. <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>
- Sauvé, L. (2014). Environmental education and eco-citizenship. Key dimensions of a pedagogical-political Project.

- Stevens, R., O'Connor, K., Garrison, L., Jocuns, A., & Amos, D. (2014). Becoming an engineer: Toward a three dimensional view of engineering learning. *Journal of Engineering Education.*
- Taleghani, M., Ansari, H. R., & Jennings, P. (2010). Renewable energy education for architects: Lessons from developed and developing countries. *International Journal of Sustainable Energy.*
- Tang, T. (2016). Explaining technological change of wind power in China and the United States: Roles of energy policies, technological learning, and collaboration. Syracuse University.
- Thomas, C. D., Hoegh-Guldberg, O., Hughes, L., McIntyre, S., Lindenmayer, D. B., Parmesan, C., Possingham, H. P. (2008). Assisted Colonization and Rapid Climate Change. DOI: 10.1126/science.1157897
- Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J.C. y Macías, O. (2014). «La transición energética. Una Nueva Cultura de la Energía» [artículo en línea]. OEI. ISBN 978-84-7666-213-7. <http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=023>
- Young, J. (2000). Education at the commission on sustainable development: The perception of the international community. *The Environmentalist*, 20, 169–178.
- Ziadat Anf H., 2009. Major factors contributing to environmental awareness among people in a third world country/Jordan. *Environ Dev Sustain* (2010) 135–145. DOI 10.1007/s10668-009-9185-4
- Young, J. (2000). Education at the commission on sustainable development: The perception of the international community. *The Environmentalist*, 20, 169–178.