

FORMACIÓN DE INGENIEROS LÍDERES TRANSFORMADORES DE SU ENTORNO A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

G. A. López Martínez¹
L. Gómez Torres²
M. S. Monroy González³

RESUMEN

En Colombia COLCIENCIAS (equivalente al CONACyT) apoya la investigación a través de grupos de investigación. Un grupo de investigación lo conforman profesores y estudiantes de maestría o doctorado. Esta situación no permite a muchos estudiantes de licenciatura (pregrado en Colombia) ser parte de los grupos. Surgen en algunas universidades los “semilleros de investigación” conformados por estudiantes de licenciatura y docentes con el propósito de desarrollar proyectos de investigación. La Universidad Distrital Francisco José de Caldas en 2005 y la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central en 2010 inician su trabajo con semilleros, a través de proyectos de investigación aplicada en energías renovables, entre otros campos del conocimiento para apoyar la formación investigativa y difundir sus resultados. Las actividades se han centrado en la búsqueda de soluciones tecnológicas a problemas del entorno y su manejo sustentable. Como principales logros se tienen: “Diseño de sistema de iluminación solar fotovoltaico para una población colombiana”, “Rediseño de sistema de producción de carbón activado para una empresa industrial”, “Construcción de equipos de condensación de agua a partir de la humedad del aire” y “Equipo de biogás a partir de estiércol animal para una comunidad indígena”. Se ha participado en eventos científicos y con artículos en revistas científicas. Algunos de los ingenieros egresados han conformado micro empresas relacionadas con soluciones energéticas.

ANTECEDENTES

En Colombia, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) es la entidad encargada de promover las políticas públicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación. Es el principal organismo de la administración pública encargado de formular, orientar, dirigir, coordinar, ejecutar e implementar la política del Estado en los ámbitos mencionados. COLCIENCIAS fue creada en el año de 1968 como Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas". (Presidencia de Colombia, 1968)

Según COLCIENCIAS (2015) se entiende por Grupo de Investigación “*al conjunto de personas que interactúan para investigar y generar productos de conocimiento en uno o varios temas, de acuerdo con un plan de trabajo de corto, mediano o largo plazo (tendiente a la solución de un problema)*”. Y siempre que demuestre continuamente resultados verificables, derivados de proyectos y de otras actividades procedentes de su plan de trabajo y que además cumpla con algunos requisitos mínimos para su reconocimiento.

Para ser director de un grupo de investigación se requiere contar con un título de licenciado, de maestría o de doctorado, por lo que no es posible que un estudiante de licenciatura lo sea. Adicionalmente, los otros integrantes de los grupos de investigación son por lo general licenciados, magister, doctores o estudiantes de maestría o doctorado y muy rara vez los estudiantes de licenciatura hacen parte de un grupo de investigación.

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente planta. ET-ITC Docente Cátedra. germanlopezm@yahoo.es.

² Escuela Tecnológica ITC. Docente de Planta. lmgomez@itc.edu.co.

³ Escuela Tecnológica ITC. Docente de Medio Tiempo Ocasional. stellamon1961@gmail.com.

Esta situación obliga a las universidades interesadas en la formación de sus estudiantes (de licenciatura) en investigación a explorar estrategias que permitan su participación en grupos de investigación paralelos a los reconocidos por COLCIENCIAS.

Es así como en 1996 se da origen (en la Universidad de Antioquia) al movimiento “Semilleros de Investigación”, como estrategia extra curricular de fomento a la investigación y como reacción a las formas de impulso a esta función básica de la Educación Superior, son institucionalizados por la propia Universidad e impulsados en un principio por COLCIENCIAS. El movimiento paulatinamente se va desarrollando en varias de las universidades del país, dando lugar a un número importante de grupos de trabajo (semilleros) que buscan provocar y convocar espacios para el desarrollo de nuevas competencias que promuevan el quehacer investigativo, complementando y trascendiendo los modelos tradicionales del aprendizaje. (Molineros, 2009)

A partir de entonces, varias universidades han avanzado en el intento de institucionalizar la organización de sus estudiantes alrededor de la idea de investigación como semilleros, quizá buscando fomentar su interés por las actividades de la investigación y de paso dar una respuesta a las exigencias del Ministerio de Educación Nacional en relación con la característica de la investigación en el marco de los requisitos para la obtención del “registro calificado” de sus programas de formación.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UD.FJC) desde 2005 y la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ET.ITC) desde 2010, ambas instituciones Públicas de Educación Superior radicadas en la ciudad de Bogotá, inician su trabajo formal con los semilleros de investigación. En el año 2010 la UD.FJC contaba con 21 líneas de investigación (CIDC, 2017) desarrolladas por los grupos y semilleros de investigación existentes; mientras que en la ET.ITC, en el año 2012 se reconocen los dos primeros semilleros de investigación (Virtual-APRENDE y Semillero de Investigación en Energías Renovables SER) (Escuela Tecnológica ITC, 2017); estas acciones fueron el inicio para el trabajo formativo de ingenieros con proyectos de investigación aplicada.

En el año 2013, la UD.FJC, la ET.ITC en asociación con otras 11 universidades de orden nacional e internacional (Colombia, Alemania, Francia, Cuba, México y Argentina), conforman la Red PRIDERAS (Red Internacional para la Promoción de la Investigación y Docencia en Energización Rural para el desarrollo Sostenible) donde algunos grupos y semilleros de investigación de estas instituciones trabajan de manera conjunta en proyectos de investigación aplicada, actividades que permiten apoyar la formación de ingenieros líderes en la transformación de su entorno. Actualmente la Red PRIDERAS está conformada por 26 universidades y 4 entidades públicas (Red PRIDERAS, 2017)

METODOLOGÍA

En abril de 2008 se crea el Semillero de Investigación en Energías Alternativas (SEA) en la UD.FJC, bajo la coordinación de uno de los autores de este artículo y además director del “grupo de investigación en energías alternativas” (GIEA.UD) con la intención de trabajar con estudiantes de los programas de Tecnología e Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica sobre la aplicación de las energías renovables en la solución de problemas del

entorno; la mayoría de estos proyectos se convierten en sus trabajos de grado, requisito para optar al título de Tecnólogo y de Ingeniero.

Se han trabajado en seis temas de investigación aplicada, con más de 80 estudiantes de ingeniería y tecnología

Energía solar fotovoltaica. Diseño e implementación de: instalaciones solares aisladas (autónomas) o integradas a la red para iluminación y para potencia, sistemas de riego en zonas aisladas.

Energía solar térmica. Diseño y construcción de: sistemas de calentamiento de agua sanitaria, sistemas pasivos de aclimatación de viviendas y espacios de trabajo, destilación solar, secadores solares.

Energía eólica. Diseño y construcción de: aerogeneradores, sistemas de extracción de agua, sistemas de ventilación.

Energía hidráulica. Diseño y construcción de: micro turbinas hidráulicas para suministro de energía eléctrica, bancos de pruebas para turbinas, y bombas que trabajan como turbinas.

Energía de biomasa. Diseño y construcción de biodigestores anaeróbicos, sistemas de producción de biocombustibles líquidos.

Otras formas de energía Construcción de: motores Stirling, adecuación de motores de combustión interna para trabajar con biocombustibles, diseño y construcción de: sistemas de almacenamiento de energía solar fotovoltaica, sistemas de mediciones de variables meteorológicas, ciclo Rankine orgánico (ORC) y apoyo a la didáctica de las energías renovables.

La metodología de trabajo plantea un problema tecnológico en alguno de los seis temas y mediante una convocatoria se vinculan estudiantes (entre uno y tres por proyecto, según la complejidad) se diseña la solución bajo la supervisión del docente (perteneciente al grupo GIEA.UD) se determina si es viable o no la construcción definitiva, en caso negativo se evalúa la opción de construir un prototipo a escala, donde se pueda evidenciar su beneficio. Muchos de estos trabajos se convierten en el “trabajo de grado” de los estudiantes; en algunos casos es posible conseguir algo de apoyo económico, por parte de la Universidad, para su construcción.

En la **ET.ITC**, en el año 2012 se crea el semillero de investigación en energías renovables (SER), bajo la coordinación de los autores de este artículo, quienes son integrantes del “grupo de investigación en estudios ambientales” (GEA), con el propósito de trabajar en proyectos de aplicación en energías renovables. A la fecha se ha trabajado en seis temas centrales, lo que ha permitido la conformación de seis semilleros de investigación:

SER I, temas centrales: la energía solar fotovoltaica y los motores Stirling

SER II, tema central: la energía eólica.

SER III, tema central: diseño y construcción de equipos de potabilización de agua.

SIN.REAC (semillero en refrigeración mecánica) temas central: la refrigeración mecánica para la condensación del agua contenida en el aire.

SIB (semillero de investigación en biodigestión), tema central: la digestión anaerobia.

RESOLG (semillero de residuos sólidos, líquidos y gaseosos), tema central: manejo y disposición final de los residuos.

La metodología de trabajo se soporta en una reglamentación interna donde: el origen, el tema de trabajo, la conformación y la temporalidad del semillero, corresponden a una convocatoria que se hace a los estudiantes de Tecnología e Ingeniería y se soporta en algún proyecto de investigación que esté desarrollando el grupo de investigación respectivo con el fin de apoyar su desarrollo.

Cada semillero de investigación debe demostrar resultados como: la construcción de un prototipo, participar en algún evento científico, redactar algún artículo para la revista institucional (u otra externa), además de demostrar tiempo en actividades de formación investigativa de las cuales se encarga la misma institución en brindar las herramientas para lograrlas. Como estímulo a los estudiantes se les otorga descuento en el costo de su matrícula para el semestre siguiente.

En cuanto al trabajo desarrollado en el marco de la Red PRIDERAS se destaca la participación de un trabajo conjunto entre la UD.FJC, la ET.ITC y la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (UN) para participar en la Feria de la Ciencia en la Universidad de Lyon, Francia en el mes de mayo de 2015, cuando se integraron seis grupos de trabajo interuniversitarios conformados por estudiantes de las tres instituciones cada uno para desarrollar soluciones tecnológicas en tres temas a saber. “canecas inteligentes”, coordinado por la ET.ITC, “indicadores de consumo energético en instituciones escolares en tiempo real”, coordinado por la UD.FJC, y “edificios eficientes, en instituciones educativas”, coordinado por la UN. Donde se obtuvo el segundo lugar con uno de los grupos participantes.

Previamente se asistió el año 2014 a la misma feria en la Universidad de Lyon, pero por fuera de concurso con un trabajo desarrollado por estudiantes y docentes de la ET.ITC y la UN relacionado con un sistema de control a un aerogenerador bioinspirado.

Actualmente, durante el primer semestre de 2017 se encuentran vinculados unos estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tabasco, México, integrante de la Red PRIDERAS a los semilleros SER I y RESOLG (de la ET.ITC) para desarrollar su práctica académica empresarial en la modalidad de intercambio académico.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A lo largo de estos años se han conseguido logros importantes en las dos instituciones, de ellos se pueden destacar los siguientes:

En la UD.FJC

Diseño y construcción de un calentador solar de agua caliente sanitaria usando para las duchas del gimnasio de la Facultad Tecnológica, el cual lleva funcionando seis años de manera continua. En la Figura 1 se aprecia el calentador construido.



Figura 1. Calentador solar de agua de tubos y placa metálica, para las duchas del gimnasio de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital FJC

Diseño y construcción de calentadores solares de agua sanitaria con diferentes montajes (en serie y en paralelo) de tubería y con materiales en PVC y acero galvanizado, usando como captador envases PET translucidos; proyecto para una comunidad en Bogotá. En la Figura 2 se aprecia el diseño básico para una familia de cuatro personas. Este trabajo permitió hacer la publicación de un artículo en una revista científica, categoría A2. (López & Poveda, 2012).

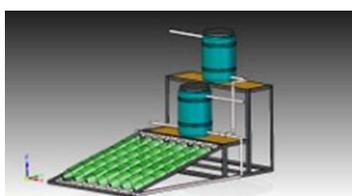


Figura 2. Montaje básico del diseño de calentador solar de agua sanitaria para la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá

Diseño del sistema de iluminación solar de la plaza central, tres miradores y un árbol solar para cargue de teléfonos móviles con energía solar fotovoltaica para el municipio de Gachalá Cundinamarca, trabajo que sirvió de base para realizar la contratación de estos sistemas. Los estudiantes que trabajaron están en la tarea de conformar una empresa de asesoramiento y diseño de sistemas solares.

Diseño e instalación de un muro Trombe en una escuela rural para aclimatación de un salón de clases con energía solar. En la Figura 3 a y 3b se aprecia el principio de funcionamiento y la foto de la instalación.



Figura 3 a) Principio de funcionamiento de un muro Trombe. 3b) Foto de la escuela donde se instaló el muro Trombe

Se publicó un artículo sobre un sistema de riego automatizado con energía solar fotovoltaica en una granja agrícola donde no hay disponibilidad de servicio eléctrico (Lopez, García, & Bedoya, 2013). Este trabajo fue presentado en el encuentro nacional de semilleros,

desarrollado en la ciudad de Montería, Colombia (2013). Uno de los autores, egresado de la UD.FJC formó una empresa de diseño e implementación de sistemas energéticos.

Se diseñó y construyó un sistema de almacenamiento de energía solar usando ultra-condensadores; se publicará un artículo, en la revista *Visión Electrónica*. (Angulo, Martínez, & López, 2017).

Diseño y construcción de un aerogenerador urbano de 60 w, tipo Savonius de dos cuerpos, usando los vientos de la ciudad de Bogotá. En la figura 4 se aprecia el estado actual del aerogenerador.



Figura 4. Turbina eólica tipo Savonius de doble cuerpo construida para un sistema de iluminación solar eólico en la Universidad Distrital FJC

Diseño y construcción de un prototipo de motor Stirling, para la generación eléctrica en zonas aisladas. En la Figura 5 se aprecia el prototipo construido.



Figura 5. Prototipo de motor Stirling para su posterior generación de energía eléctrica en zonas aisladas

Diseño y construcción de un generador de un sistema de refrigeración por absorción de amoníaco, alimentado con un colector solar, para zonas aisladas de la red eléctrica.

Mejoramiento de una planta piloto de carbón activado para explotación comercial, este proyecto se desarrolló con financiación de COLCIENCIAS, y la empresa beneficiaria. Se rediseña el proceso de producción de carbón activado a partir del cuesco de palma, se diseñan y construyen nuevos equipos. Un molino de materia prima (Figura 6), intercambiadores de calor, sistemas transportadores de material granulado, cámara de combustión, etc. Se ha participado en eventos científicos y se está pendiente de su publicación en una revista.



Figura 6. Molino de cuesco de palma, con su tolva de cargue

Diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha de un biogestor piloto para la sede Central del Cabildo Indígena “El Floral” en Coyaima, Tolima, el cual lleva más de cinco años en funcionamiento con estiércol de ganado vacuno. Adicionalmente, en esta temática se han diseñado y construido biodigestores a pequeña escala en granjas agrícolas y a nivel escolar para promover las ventajas de esta tecnología.

En la ET.ITC:

En 2010 se desarrolla la investigación “Estrategias para el uso adecuado de los residuos sólidos en la ET.ITC” da como resultado la publicación de dos artículos: (Chacón F. M.-C.-L.-E.-J., 2010) y (Polanco C. N.-W.-W., 2011) al igual que cuatro proyectos de grado de Ingeniería de Procesos Industriales: (Chacón E. B.-L.-J., 2010), (Lisarazo, 2011), (Polanco C. N.-W.-W., 2011) y (Soche, 2013).

En 2016 se formula el macro-proyecto “Modelo de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en la ET.ITC” (Monroy, 2016) y se crea el semillero RESOLG

En 2015 se inicia con el proyecto “Prototipo de producción de agua a partir de la condensación del aire” (Mendoza, 2015). Se desarrolla un equipo de condensación por el método de “Ingeniería Inversa”. Este equipo se encuentra en etapa de patentamiento.

Se diseña e instala un sistema solar fotovoltaico para iluminar una sección de la institución con capacidad de 160 wp, con el cual se realizan actualmente investigaciones; allí desarrollan actualmente la pasantía académica dos estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tabasco, México.

En el Encuentro Regional de Semilleros de Investigación 2015, en la Universidad San Buenaventura se gana el derecho a participar en el Encuentro Nacional en la Ciudad de Cali y allí se gana el derecho a participar en un Encuentro Internacional en Cuba.

En igual forma, se han publicado varios artículos relacionados con los logros alcanzados en la Revista Institucional Letras Con Ciencia Tecnológica. Uno de estos artículos trata el tema de “medición de cualidades del agua in situ”. (Saens, 2016).

En cuanto a la participación en conjunto de Semilleros de Investigación de distintas instituciones pertenecientes a la Red PRIDERAS, se destaca el hecho de trabajar de manera interinstitucional, lo que apoya el proceso formativo de los estudiantes, tanto es así que se logra el segundo puesto en la Feria de la Ciencia desarrollado en la Ciudad de Lyon, Francia en 2015.

CONCLUSIONES

La experiencia de trabajar con los Semilleros de Investigación en estas dos instituciones demuestra que sí se cumple el objetivo de formar ingenieros en el campo de la investigación aplicada, además de demostrar que con esta estrategia sí es posible formar ingenieros que sean líderes transformadores de su entorno. Esto se evidencia en los distintos ejemplos relacionados, en donde, sólo se resaltaron algunos de ellos, los más destacados.

La participación exitosa en eventos nacionales e internacionales demuestra la calidad formadora de esta estrategia, en igual forma se evidencia en las publicaciones que han sido aceptadas, tanto por revistas institucionales como por revistas externas. El hecho de estar tramitando patentes demuestra aún más lo exitoso del modelo.

Adicionalmente, esta metodología ha logrado generar en algunos de los estudiantes el espíritu empresarial. Hay evidencia de la creación de empresas exitosas por parte de los egresados que se desempeñan en las áreas de trabajo de las investigaciones desarrolladas, lo que garantiza que la función de formar ingenieros transformadores de su entorno si se logra cumplir.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, A., Martínez, A., & López, G. (2017). Almacenamiento de energía usando ultra condensadores para un sistema fotovoltaico autónomo. *Visión Electrónica*, 20-26.
- Chacón, E. B.-L.-J. (2010). . *Implementación de un proceso para el aprovechamiento de residuos orgánicos en la ETITC*. Bogotá, Colombia: ETITC.
- Chacón, F. M.-C.-L.-E.-J. (2010). Aprovechamiento de los residuos sólidos a través del compostaje en la ETITC. *Le trasConCiencia tecnológica*, 39-50.
- CIDC. (2017, 2 de marzo). *Centro de Investigación y Desarrollo Científico CIDC*. Obtenido de Indicadores de grupos de Investigación en la Universidad Distrital FJC: http://200.69.103.29:23187/jasperserver/flow.html?_flowId=viewReportFlow&standAlone=true&_flowId=viewReportFlow&ParentFolderUri=%2Freports%2FIndicadores&reportUnit=%2Freports%2FIndicadores%2FIndicadores_Grupos_Investigacion&j_username=invitado&j_password=
- COLCIENCIAS. (2015, 18 de diciembre). *MODELO DE MEDICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN 2015*. Obtenido de: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/mediciondegrupos-actene2015.pdf>
- Escuela Tecnológica ITC. (2017, 10 de febrero). *Investigación en la ET.ITC*. Obtenido de: <http://www.itc.edu.co/es/investigacion/semilleros/ser>
- Lisarazo, J. R.-F.-O. (2011). *Proceso de reutilización de los Residuos orgánicos de la cafetería de la ETITC, mediante producción de humus por lombricultura*. Bogotá, Colombia: ETITC.

- López, G. M., & Poveda, B. (2012). Evaluación de un calentador solar de agua fabricado con tubería en PVC en serie y envases PET translúcidos . *TECNURA*, 120 - 128.
- Lopez, G., García, F., & Bedoya, J. (2013). Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. *TECNURA*, 1(17), 33 - 47. Obtenido de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/issue/view/605/showToc>
- Mendoza, M. D.-J.-A. (2015). condensación de la humedad del aire: solución a la escasez de agua en regiones como La Gujira y San andrés Isla. *Letras ConCiencia Tecnológica*, 15-24.
- Moliner, L. F. (2009). *Orígenes y dinámica de los semilleros de investigación en Colombia. Visión de los fundadores*. Obtenido: <http://fundacionredcolsi.org/porta/media/publicaciones/libro%20semillerosluis%20fernando.pdf>
- Monroy, F. T.-M. (2016). *Modelo de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la ETITC*. Bogotá, Colombia: ETITC.
- Polanco, C. N.-W.-W. (2011). *Formulación de un proceso industrial para obtener compost utilizando residuos sólidos orgánicos generados en la ETITC*. Bogotá, Colombia: ETITC.
- Polanco, C. N.-W.-W. (2011). Producción de compost a partir de residuos sólidos orgánicos en la ETITC. *Letras ConCiencia Tecnológica*, 42-52.
- Presidencia de Colombia. (20 de 11 de 1968). *Decreto 2869 de 1968*. Obtenido: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/decreto-2869-1968.pdf>
- Red PRIDERAS. (10 de 03 de 2017). *Red PRIDERAS*. Obtenido de: <http://redprideras.org/integrantes.html>
- Saens, B. a.-A. (2016). Diseño de un dispositivo para determinar las cualidades del agua. *Letras ConCiencia tecnológica*, 8-12.
- Soche, Á. V.-W.-S. (2013). *Establecimiento de la línea base para el manejo de residuos sólidos no peligrosos en la ETITC*. Bogotá, Colombia: ETITC.