



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness  
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# RESIDENCIA EN LÍNEA DE I+D+i: UNA APUESTA EXITOSA PARA MEJORAR INDICADORES CTI Y FORMAR GENERACIÓN DE RELEVO EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA

Juan Luis Arias Vargas, Luis Eduardo Peláez Valencia

Universidad Católica de Pereira  
Pereira, Colombia

## Resumen

El objetivo de este trabajo es describir y analizar la experiencia de residencia en línea de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), como expresión estratégica de la intersección entre la investigación formativa –desde un trabajo de pregrado- y la formación en investigación –desarrollo de competencias en investigación con continuidad en programa de maestría o doctorado-.

La práctica ha servido en la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI) para estimular el desarrollo de la investigación y la innovación en los estudiantes de último año, quienes encuentran desde su trabajo bajo esta figura, oportunidades de articularse con las apuestas regionales y nacionales en Ciencia y Tecnología y Apropiación Social del Conocimiento.

De esta forma, la Facultad CBI ha encontrado formas adecuadas, no solo de promover I+D+i como opción de trabajo de grado, sino también de crear escenarios de generación de relevo con las personas que deciden hacer tránsito por esta figura. Así, se logra una triada satisfecha –futuro ingeniero (y magister o doctorado) – Grupos de Investigación – Facultades de Ingeniería-, todas ellas desde la perspectiva de desarrollo de la formación humana y científica requerida en las comunidades académicas de Ingeniería.

**Palabras clave:** innovación; formación; investigación

## Abstract

*The aim of this paper is to describe and analyze the experience of residence in Line of Research, Development and Innovation (R + D + i) as a strategic manifestation of the intersection between the formative research -from an undergraduate report- and the training in research -development of research competences with continuity in master's or doctoral programs.*

*This practice has been useful in the Faculty of Basic Sciences and Engineering (BSE) when supporting the development of research and innovation proposed by the students who are coursing the last year of their career (Seniors); they have found out, from their work under this figure, opportunities for joining regional and national projects in Science, Technology, and Social Appropriation of Knowledge.*

*In this way, The Faculty of Basic Sciences and Engineering has found appropriate ways, not only to promote (R + D + i) as an option for degree projects, but also to create scenarios of relief generations with the people who decide to deal with this figure. So that, a satisfied triad is obtained -future engineer (and magister or doctorate) - Research Groups - Schools of Engineering-, all of them from the development perspective of human and scientific training required in academic communities of Engineering.*

**Keywords:** *innovation; training; research*

## 1. Introducción

Con frecuencia, los programas de ingeniería de pregrado consideran como requisito para optar al título la modalidad de trabajos grado. Comúnmente, estos trabajos tienen como propósito la solución y resolución de un problema de la vida real o la simulación mediante el diseño de una solución en abstracto. Estas formas de evaluar y validar “están destinados a impartir conocimientos, destrezas y competencias académicas o profesionales intermedias que conducen a un primer título o a una certificación equivalente” (Instituto de Estadística de la UNESCO, 2011). Aunque los programas que contemplan estas figuras no son esencialmente teóricos, pues por la naturaleza de las disciplinas que tratan incluyen un alto componente práctico, tampoco reflejan avances en el campo de la investigación y, en su mayoría, se quedan en el escenario del desarrollo tecnológico y/o experimental.

La Universidad Católica de Pereira (UCP), particularmente en la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI) ha promovido desde el año 2004 diversidad de opciones para que los estudiantes de pregrado de ingeniería lleven a cabo su trabajo de grado, entre ellas:

- Plan de negocios
- Trabajo de grado desarrollado en tres momentos: anteproyecto, proyecto e informe final
- Opción por el emprendimiento
- Residencia en línea de investigación

La ponencia trata particularmente esta última opción –Residencia en línea de investigación-. Se estructura en cuatro momentos: la definición de la figura de residencia en línea I+D+i en un primer momento, seguida de un capítulo para la comparación de resultados entre estudiantes que hacen tránsito por esta modalidad de trabajo de grado y los que no para efectos del desarrollo en Ciencia, Tecnología e Innovación, y finalmente un apartado para las conclusiones a manera de consideraciones finales.

## 2. La figura de residencia en línea I+D+i

### a. Una concepción institucional fundada en la formación humana

La residencia en línea I+D+i es comprendida por la UCP bajo la premisa de residencia en línea de investigación como “el trabajo que adelanta un estudiante en calidad de asistente de investigación en el

marco de un proyecto o programa de investigación de un grupo de investigación de la Universidad, bajo la dirección de un profesor-investigador, con el propósito de formarse en la práctica investigativa misma y en las dinámicas culturales y organizacionales del grupo.” (Universidad Católica de Pereira, 2009).

En el marco de este proceso, y atendiendo también lineamientos de movilidad estudiantil, la vinculación podrá llevarse a cabo en un proyecto, en una línea o en un programa de investigación de la Universidad o de otra institución o centro de investigaciones del orden nacional e internacional, lo que permite una apropiada flexibilidad en el manejo de los intereses, las áreas temáticas sobre las que se pueda intervenir y las organizaciones a las que se pueda llegar.

Reconociendo que la persona que asuma el proceso sigue siendo estudiante pero con responsabilidades alrededor de la investigación, se camina en la ruta de uno de los postulados del modelo anterior para la medición de grupos de investigación (no el que actualmente está en discusión), que tipifica a quienes llevan a cabo este tipo de actividades como “las personas que desempeñan alguna tarea relacionada con la actividad científica del grupo pueden reconocerse como investigadores, estudiantes y auxiliares de investigación” (COLCIENCIAS, 2008)

En consonancia con la propuesta pedagógica este trabajo adelantado con grupos de investigación es reconocido como “...un proceso continuo y sistemático de generación del saber científico, técnico, humanístico y/o artístico, teniendo en cuenta que el concepto de saber se amplía más allá de su exclusiva significación como ciencia para significar también el saber humanístico y artístico, cuyo rigor no depende de la exactitud de un solo método científico sobre el fenómeno que investiga sino del rigor conceptual y de la calidad de las obras que se crean (Universidad Católica de Pereira, 2003). De esta forma, se permite la participación de un estudiante en procesos de investigación como pretexto para seguirlo formando en el marco de los elementos pedagógicos institucionales; estos últimos enmarcados en el Proyecto Educativo Institucional –PEI- que fundamenta los esfuerzos la Universidad como apoyo a la formación humana.

#### **b. El despliegue de la estrategia**

En detalle, el trabajo que se lleva a cabo, una vez el estudiante ha ingresado a este proceso de investigación, es el despliegue de un conjunto de actividades que normalmente se enmarcan en un objetivo específico de un proyecto o una línea de investigación. Su Tutor es el Docente-Investigador que tiene como rol ser el investigador principal o líder del proyecto o la línea.

El proceso está enmarcado en el propósito de formación de la Facultad de Ingeniería y que, convirtiéndose en el área problemática, permite que los grupos de investigación desarrollen sus prácticas alrededor de ella. Esto se considera una oportunidad para la articulación de prácticas investigativas con la formación/docencia y en un plazo corto con extensión/proyección social. Así, se garantiza que los estudiantes estén trabajando alrededor de problema que “...corresponde y se desprende de la definición de un conjunto de problemas interrelacionados que surgen de campos disciplinarios e interdisciplinarios del conocimiento que debe desarrollar y dominar la Universidad mediante la reflexión de sus programas de ingeniería...” (Universidad Católica de Pereira, 2010)

Otra oportunidad, en forma de ventaja en relación con los intereses en I+D+i, es el apoyo que la Universidad ofrece a la residencia en línea diferente al trabajo de grado tradicional donde la mayoría de las veces la responsabilidad institucional redunda en la asignación de un profesor que cumple el rol de asesor. En este caso, se apoya también financieramente la propuesta que se lleve a cabo; además, el talento humano que acompaña al estudiante no se simplifica al asesoramiento intermitente de un Profesor, sino al trabajo

continuo con todo un grupo de investigación que soporta los objetivos de investigación de los proyectos y las líneas. (Idem)

Por otro lado, los programas de ingeniería encuentran escenarios adecuados para acercar a sus estudiantes a problemas reales, con las dificultades propias de cada dificultad, pero en todo caso y en la misma línea de párrafos atrás, un pretexto perfecto de hacer investigación como opción pedagógica "...Por ello se propone un enfoque sustentado en la investigación, entendida como una manera de acercarse a la comprensión de la realidad, explicar el mundo y transformar las condiciones personales del conocimiento y del sentido de éste para la propia existencia." (Universidad Católica de Pereira, 2003)

En este sentido "El enfoque investigativo asume dos perspectivas: en primer lugar aquella que concibe que el sujeto reconstruye los saberes en su interacción con lo otro y con los otros, en segundo lugar que es a partir de la reconstrucción activa y participativa del sujeto como éste transforma sus concepciones" (Elliot y Stenhouse citado por (Universidad Católica de Pereira, 2003)).

Toda esta experiencia permite que el estudiante se pregunte, problematice, interrogue, indague buscando diversas alternativas para su comprensión y permitiendo que –a diferencia del trabajo de grado tradicional-, no reduzca su búsqueda a una sola solución sino que se permita el estudio y las hipótesis sobre diversas alternativas que pueden ofrecer soluciones, también heterogéneas, para los problemas abordados.

### c. Una apuesta alineada a las metas nacionales en Ciencia, Tecnología e Innovación - CTI

En el modelo de medición (COLCIENCIAS, 2008), Colombia establece como propuesta a mediano plazo: estimular la participación de los estudiantes en los grupos de investigación. Esta intención está siendo ratificada en la actualidad (2013) con el nuevo modelo que promueve la participación de jóvenes investigadores en procesos de investigación aplicada.

Si en 2002 el porcentaje de dedicación de un investigador a un grupo se contabilizaba por la cantidad de horas de trabajo en un proyecto o en una línea de investigación, ahora la propuesta es considerar este nivel de participación a partir de los resultados tangibles en CTI, y así funcionaría también con los residentes en línea.

Conformarse con el tiempo no ha ayudado a mejorar los indicadores de impacto de los jóvenes en los procesos CTI a nivel nacional, según lo propone la ilustración 1. sobre la vinculación de jóvenes por programa.



Ilustración 1. Jóvenes investigadores según programa CTI. (COLCIENCIAS, 2012)

Si bien, los resultados discriminados por programa son bajos considerando las expectativas que se tienen por las regiones, por el País y por América Latina, se hace importante resaltar que en la taxonomía de las áreas de conocimiento, según la Ilustración 2. los jóvenes dedicados a investigar en ingeniería son la mayoría, lo que no tranquiliza dado el compromiso en desarrollo en innovación que tiene la formación en ingeniería con el país.

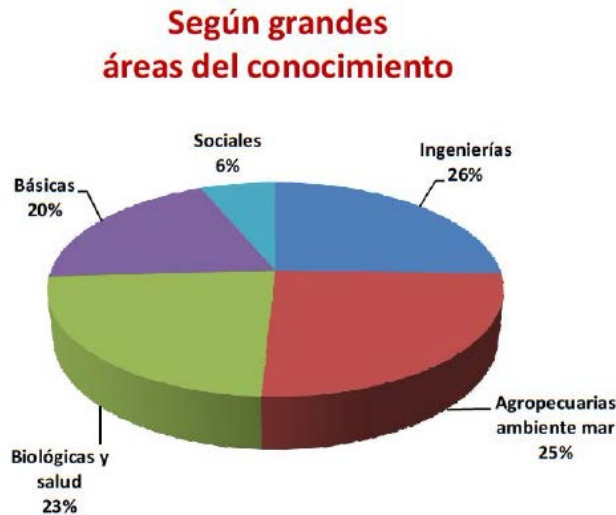


Ilustración 2. Jóvenes investigadores según área del conocimiento. (Idem)

Sin embargo, para lograrlo (COLCIENCIAS, 2008) se hace necesario diferenciar a los miembros del grupo entre estudiantes investigadores, inclusive diferenciar el rol y estatus de cada uno de los investigadores según la tendencia del modelo de medición.

La UCP pretende ir más allá y considera que los grupos deben hacer investigación formativa con el pretexto de articularse con la formación/docencia (una de las formas) y formación en investigación con la que está convencida que articularía todas las dimensiones que complementen una adecuada formación humana: docencia, investigación y extensión/proyección social.

Es así como considera que los grupos de investigación deben detectar jóvenes con habilidades, competencias o inquietudes alrededor de la investigación y promover su organización a través de semilleros de investigación; inclusive, cuando se quiere llegar más allá, se revisan las personas que en su tránsito por la escuela y el colegio lograron contacto con el programa ONDAS de Colciencias. Estos estudiantes de los semilleros se convierten en candidatos potenciales para trabajar la residencia en línea de investigación y posteriormente, con quienes se haya obtenido la mejor experiencia, se participa en la convocatoria de Jóvenes investigadores de Colciencias con el fin de hacer pasantías de trabajo al interior de los grupos.

Una vez se termina la pasantía, se convierten en personal que conforma el semillero docente-investigador de la Universidad iniciando procesos de formación a nivel de Maestría o Doctorado y permitiéndole tener sus primeros acercamientos con la docencia y la investigación con más autonomía.

Es esta consecuencia precisamente la que convierte el trabajo en algo alineado a las tendencias mundiales de formación en I+D+i, tal como lo propone la UNESCO "...Los programas de este nivel <pregrado> no requieren necesariamente desarrollar una tesis o proyecto de investigación aunque, de ser este el caso, no sería tan avanzado como uno de nivel CINE 7 u 8, o el estudiante recibiría más orientación o tendría un menor grado de independencia que aquellos en programas de nivel CINE 7 u 8, lo que le permite generar competencias para ingresar a un programa de doctorado, elemento que antes no era permitido por la exagerada concentración en docencia que tenía como propósito la enseñanza y no el desarrollo de competencias problematizando en el contexto en el que el futuro profesional se moverá con seguridad". (Instituto de Estadística de la UNESCO, 2011)

Finalmente, de las apuestas en formación I+D+i al interior de las universidades, se contribuye a mejorar el indicador de inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación que, a manera de hipótesis, permitirían ubicar a Colombia en una mejor posición a la informada en el documento de Indicadores de Ciencia y Tecnología publicado en 2010 y según se muestra en la Tabla 1.

País-región	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Argentina	0,50%	0,48%	0,44%	0,46%	0,49%	0,53%	0,58%	0,61%	0,61%
Brasil	1,30%	1,33%	1,30%	1,26%	1,24%	1,27%	1,28%	1,38%	1,43%
Canadá <sup>1</sup>	1,91%	2,09%	2,04%	2,04%	2,07%	2,05%	1,97%	1,90%	1,84%
Chile <sup>1</sup>	0,53%	0,53%	0,68%	0,67%	0,67%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Colombia</b>	<b>0,31%</b>	<b>0,28%</b>	<b>0,31%</b>	<b>0,35%</b>	<b>0,40%</b>	<b>0,42%</b>	<b>0,38%</b>	<b>0,38%</b>	<b>0,37%</b>
Cuba	0,89%	0,98%	0,88%	0,94%	0,93%	0,84%	0,69%	0,72%	0,80%
Ecuador	n.d.	0,15%	0,17%	0,18%	n.d.	n.d.	0,20%	0,23%	0,38%
España <sup>1</sup>	0,91%	0,91%	0,99%	1,05%	1,06%	1,12%	1,20%	1,27%	1,34%
Estados Unidos <sup>1</sup>	2,73%	2,74%	2,64%	2,64%	2,57%	2,60%	2,58%	2,66%	2,77%
México	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,75%	0,80%	0,78%	0,81%	0,81%
Panamá	0,91%	1,03%	0,85%	0,74%	0,90%	0,70%	0,68%	0,51%	0,50%
Trinidad y Tobago	0,33%	0,29%	0,31%	0,27%	0,25%	0,27%	0,23%	0,17%	0,13%
Venezuela	0,38%	0,50%	0,43%	0,31%	0,25%	0,35%	1,78%	2,69%	2,54%
América Latina y el Caribe	0,75%	0,75%	0,63%	0,70%	0,69%	0,75%	0,84%	1,03%	1,07%

Tabla 1. Inversión en ACTI como porcentaje del PIB según países seleccionados, 2000-2008. (Salazar & [Et al.], 2010)

El panorama viene cambiando, antes se consideraba que una persona destinada a labores de investigación debía contar primero con su título profesional o posgradual, ahora "Un gran número de investigadores de una cierta edad no tiene titulaciones de nivel universitario, aunque tengan efectivamente otras titulaciones "postsecundarias" o posean una experiencia equivalente. A la inversa, un número creciente de jóvenes titulados de la universidad no está empleado como investigador, sino como técnico de alto nivel o como personal de apoyo." (ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS - OCDE, 2002). La apuesta entonces no es evitar la formación con el pretexto de investigar más temprano, sino ayudar a desarrollar interés y competencia en la investigación desde la formación de pregrado.

### 3. Comparación de resultados

Para efectos de mostrar resultados en productos que indican desarrollo e innovación según las diversas opciones de trabajo de grado propuestas por la Universidad, se ha tomado una población de 80 estudiantes del programa Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, que debieron decidir por su forma de trabajo entre los años 2009 y 2012 como se muestra en la Tabla 2.

Opción de trabajo de grado	No. estudiantes	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	*Producto 5
Plan de negocios	4	0	1	0	0	0
Trabajo de grado tradicional (anteproyecto, proyecto e informe final)	47	3	4	0	2	0
Opción por el emprendimiento	5	2	1	0	0	0
Residencia en línea de investigación	19	7	9	3	6	1
Otras propuestas	5	1	0	0	0	0

Tabla 2. Relación de productos CTI según modalidad de trabajo de grado en programa de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones entre los años 2009 – 2012. (Fuente: propia)

Producto 1: Registro de software ante la Dirección Nacional del Derecho de Autor

Producto 2: Artículos publicaciones en revistas indexadas

Producto 3: Trabajos de coautoría en libros de investigación y libros de texto

Producto 4: Ponencias en eventos científicos

Producto 5: Patentes (\*Inicio de proceso para lograrlo en alianza con otros programas de formación)

### 4. Conclusiones

Si bien cada opción de trabajo de grado pretende desarrollar y evidenciar competencias diferentes en el futuro profesional, guardando sus proporciones, la Residencia en línea se convierte en el escenario adecuado para mejorar los indicadores CTI desde la formación en pregrado.

Empero, es necesario reconocer que no es una opción fácil, por el contrario, genera dificultades a la hora de aceptar un estudiante que tiene intereses pero no ha hecho el tránsito previo por grupos de estudio o semilleros de investigación; lo que en algunos momentos redundará en retraso en los cronogramas iniciales de los proyectos.

Permitir que el residente en línea, antes de su graduación, problematice alrededor de los escenarios en los que se moverá como profesional permite un ingeniero más consciente de la realidad, más preocupado y con mejores herramientas para afrontar las situaciones que se le puedan presentar. De esta forma, además de desarrollar las competencias propias de la disciplina, logran habilidades en investigación que mediante otras formas de trabajo de grado no alcanzaría.

En la misma línea, lograr que "...el proyecto que se emprende —al tener tantos matices y lecturas—, permita que el estudiante o estudiantes, ahonden problemáticas no siempre homogéneas con las de un profesor particular, exigiéndole ello al profesor, ya no sólo abordar el problema desde la comodidad de su saber, sino indagar desde otras perspectivas, para poder dialogar en torno al proyecto que surge por cada grupo de estudiantes, generando con ello más problematización, y la movilización del saber en todos los

actores implicados en el proceso formativo.” (Peláez Valencia, Muñoz Montaña, Gómez Hermida, Carvajal Portilla, López López, & Girón Mejía, 2012)

En general, crear la figura de Residencia en línea para procesos I+D+i para estudiantes y desde los grupos de investigación, permiten evidenciar mejores indicadores de innovación y desarrollo de la Región y el País que otras figuras con objetivos similares; una relación tripartita –Universidad, Investigador, Estudiante-, donde se logra culminar con satisfacción un proyecto que hasta hace poco generaba un número considerable de dificultades.

## 5. Referencias

- COLCIENCIAS. (2008). *Modelo de medición de grupos de investigación, tecnología o innovación*. Bogotá D.C.: COLCIENCIAS.
- COLCIENCIAS. (05 de 09 de 2012). *Programa Nacional de Formación de Investigadores*. Recuperado el 02 de 2013, de Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS:  
[http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor\\_files/files/Presentaci%C3%B3n%20Vicerectores\\_Formaci%C3%B3n%205sep2012.pdf](http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/Presentaci%C3%B3n%20Vicerectores_Formaci%C3%B3n%205sep2012.pdf)
- De la Vega, I. (2009). *Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de investigación y desarrollo*. Banco Interamericano de Desarrollo - BID.
- Instituto de Estadística de la UNESCO. (2011). *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación*. Paris: UNESCO.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS - OCDE. (2002). *Manual de Frascati*. Paris: FECYT.
- Peláez Valencia, L. E., Muñoz Montaña, J. L., Gómez Hermida, M., Carvajal Portilla, D. L., López López, D. C., & Girón Mejía, D. (2012). EL COLECTIVO DOCENTE EN PROGRAMAS DE INGENIERÍA: UNA APUESTA POR LA FORMACIÓN DE INGENIEROS A PARTIR DE LA PROBLEMATIZACIÓN INTERDISCIPLINARIA. *Revista PÁGINAS*.
- Ramirez González, A. (2008). *Metodología de la Investigación Científica*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Rodríguez Gómez, D., & Valldeoriola Roquet, J. (2001). *Metodología de la Investigación*. Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya.
- Salazar, M., & [Et al.]. (2010). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2010*. Bogotá D.C.: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCYT.
- Universidad Católica de Pereira. (2003). *Propuesta Pedagógica*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Universidad Católica de Pereira. (2009). *Reglamento de trabajos de grado*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Universidad Católica de Pereira. (2010). Sistema general de investigaciones.
- Universidad Católica de Pereira. (2011). Guía para institucionalizar: Líneas de investigación, Proyectos de Investigación, Grupos de Investigación y Semilleros de Investigación.



## Sobre los autores

- **Juan Luis Arias Vargas.** Magíster en la Enseñanza de las Matemáticas, Especialista en Administración de la Informática Educativa, Ingeniero Industrial. Decano Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería - UCP. Correo: [juan.arias@ucp.edu.co](mailto:juan.arias@ucp.edu.co).
- **Luis Eduardo Peláez Valencia.** Magister en Ingeniería del Software, Especialista en Propiedad intelectual: propiedad industrial, derechos de autor y nuevas tecnologías, Ingeniero de sistemas. Vicerrector académico de la Universidad Católica de Pereira. [luis.pelaez@ucp.edu.co](mailto:luis.pelaez@ucp.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)