



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:  
UN COMPROMISO PARA EL  
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18  
DE SEPTIEMBRE

20  
20

[www.acofi.edu.co/eiei2020](http://www.acofi.edu.co/eiei2020)

# **IMPACTO DE UNA METODOLOGÍA ACELERADORA EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS CON TRL3 Y CRL 3 UNIVERSIDAD EMPRESA SOCIEDAD DESDE EL AULA DE CLASE EN INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN**

**Richard Marcelo Imbachí Chávez**

**Fundación Universitaria de Popayán  
Popayán, Colombia**

## **Resumen**

En ingeniería industrial de la Fundación Universitaria de Popayán “FUP”, se ha implementado una serie de experiencias significativas en ciencias básicas basadas en la aplicación del cognitivismo y constructivismo social (Imbachí, 2017), obteniéndose una metodología aceleradora en la generación de proyectos con CRL3 y TRL3 denominada ORBIS CCI, permitiendo el perfilamiento de la formación de capital humano en investigación formativa desde el aula de clase, transfiriéndose a los semilleros de investigación y a la formación del joven investigador. Orbis CCI, ha facilitado la creación y desarrollo de proyectos que generan valor en la cadena productiva del café, la cannabis medicinal y sistemas de movilidad eléctricos entre la FUP, Parques de Innovación (Tecnicafe), empresa privada y sociedad, proyectos denominados UES (universidad, empresa, sociedad).

Orbis CCI, ha permitido el fortalecimiento del integrante del semillero SIE2 “Semillero de Investigación en Emprendimiento Empresarial”, dotándolo de una capacidad de trabajo interdisciplinario entorno al desarrollo de proyectos entre diferentes profesiones, estableciendo la capacidad de dialogo, resolución de problemas, diseño de metas grupales entorno a un objetivo común, teniendo la sostenibilidad como eje fundamental de la formación y desarrollo de tecnologías. En el semillero SIE2 perteneciente al grupo de investigación Productividad e Innovación en ingeniería industrial “PI”, se han vinculado cerca de 40 estudiantes entre ingeniería industrial y arquitectura, 4 docentes de apoyo por área de desarrollo, estableciéndose proyectos de investigación que facilitan la cohesión entre diferentes programas académicos (Arquitectura,

Administración Agropecuaria, Ecología, Ingeniería Industrial) entorno a la solución de objetivos en proyectos de investigación. Los criterios del Orbis CCI están fundamentados en la innovación social, abierta y continua bajo el contexto de los ODS, en pro del aprovechamiento de los recursos de la región que beneficien generación de valor en la cadena productiva del café y el cannabis. Se ha logrado establecer productos que han ingresado a la ruta de transferencia tecnológica previa al escalamiento industrial, visualizando la creación de una Spin Off y una StartUp.

**Palabras clave:** innovación; trl; ues

### **Abstract**

*In industrial engineering of the University Foundation of Popayán "FUP", a series of significant experiences in basic sciences based on the application of cognitivism and social constructivism has been implemented (Imbachí, 2017), an accelerating methodology being obtained in the generation of projects with CRL3 and TRL3 called ORBIS CCI, allowing the profiling of human capital formation in formative research from the classroom, transferring to the research seedbeds and to the training of the young researcher. Orbis CCI, has facilitated the creation and development of projects that generate value in the productive chain of coffee, medicinal cannabis and electric mobility systems between the FUP, Innovation Parks (Tecnicafe), private company and society, projects called UES (university, company, society).*

*Orbis CCI, has allowed the strengthening of the member of the SIE2 seedbed "Research Seedbed in Entrepreneurship", providing it with an interdisciplinary work capacity around the development of projects between different professions, establishing the capacity for dialogue, problem solving, goal design groups around a common objective, having sustainability as the fundamental axis of the training and development of technologies. In the SIE2 seedbed belonging to the Productivity and Innovation research group in industrial engineering "PI", nearly 40 students have been linked between industrial engineering and architecture, 4 support teachers per development area, establishing research projects that facilitate cohesion between different academic programs (Architecture, Agricultural Administration, Ecology, Industrial Engineering) around the solution of objectives in research projects. The Orbis CCI criteria are based on social innovation, open and continuous under the context of the SDGs, in order to take advantage of the region's resources that benefit value generation in the coffee and cannabis production chain. It has been possible to establish products that have entered the technological transfer route prior to industrial scaling, visualizing the creation of a Spin Off and a Startup.*

**Keywords:** innovation; trl; ues

## **1. Introducción**

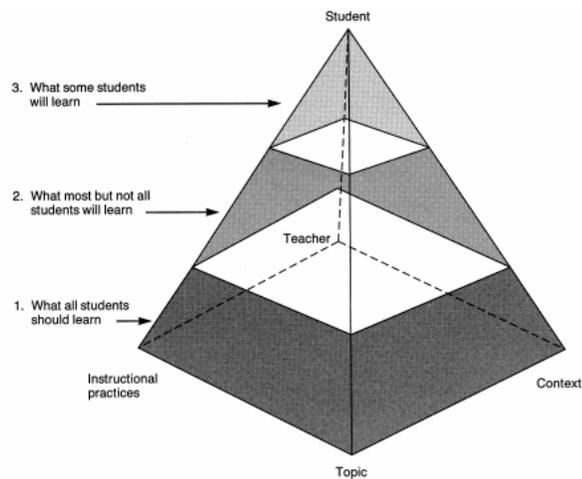
El presente desarrollo hace parte de un proceso de experimentación y análisis llevado a cabo durante 8 años, tomando como base las necesidades en competencias laborales del ingeniero industrial egresado desde el 2012 de la Fundación Universitaria de Popayán "FUP" (Colombia), el

cual se ha encontrado con una diversidad de profesionales de otras áreas de formación que pueden solventar mediante una actualización académica o un posgrado en áreas de competencia laboral las actividades del ingeniero industrial. Se desarrolló un modelo metodológico denominado Orbis CCI, basado en los parámetros del cognitivismo y constructivismo social, esta última, es la base instruccional de la FUP. Lo expuesto por Imbachi (2017), Orbis CCI se puede considerar “como un modelo acelerador para la obtención de resultados, pruebas y validación en el proceso de adquisición, apropiación y gestión del conocimiento”. Uno de los cuestionamientos en la academia está en la forma de integración universidad, empresa y sociedad (ues) en un contexto de aprendizaje colaborativo entre las partes donde cada uno de los actores se vea beneficiado. El departamento del Cauca tiene como primer renglón agrícola la producción de café con cerca de 95.000 familias y un nuevo sector productivo enfocado en la explotación del cannabis medicinal, estos dos renglones tienen en común la generación de residuos orgánicos producto de la fase de procesamiento de la biomasa.

## 2. Metodología

La construcción metodológica parte de entender qué porcentaje de el volumen de información es apropiada por el estudiante de ingeniería en su gestión del conocimiento durante la educación recibida en un área específica del semestre. Schumm (1994), segmenta la información apropiada de forma general (figura 1).

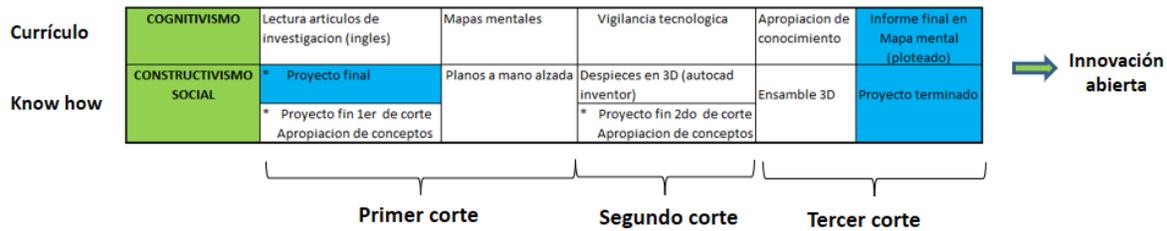
Figura 1. Pirámide de planificación



Fuente: (Schumm et al., 1994)

Orbis CCI (figura 2), se ha planteado como una metodología aceleradora de la gestión del conocimiento basada en los constructos del estudiante.

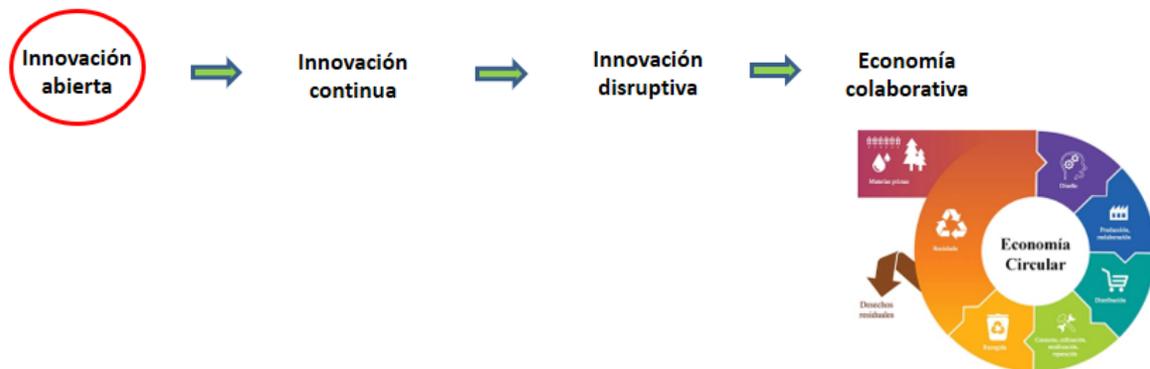
Figura 2. Metodología Orbis CCI



Fuente: Imbachi (2017), p 29

Se trabajó en enfatizar los conceptos de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), economía circular, ciudad circular, estudio de casos y lectura de artículos para la construcción de la metodología. Al desarrollar un conocimiento entorno a una temática definida de forma reiterada, convirtiéndola en una investigación en el aula al realizar variaciones semestre a semestre sobre un proyecto en específico. Se llegó a la maduración de un constructo que permitió desarrollar procesos de innovación continua bajo el desarrollo de la innovación abierta y participativa, siempre se ha planteado la meta de obtener una innovación disruptiva entendiendo la dificultad que conlleva conseguirla, siendo más viable la integración a una economía colaborativa que favorezca la región como se ilustra en la figura 3.

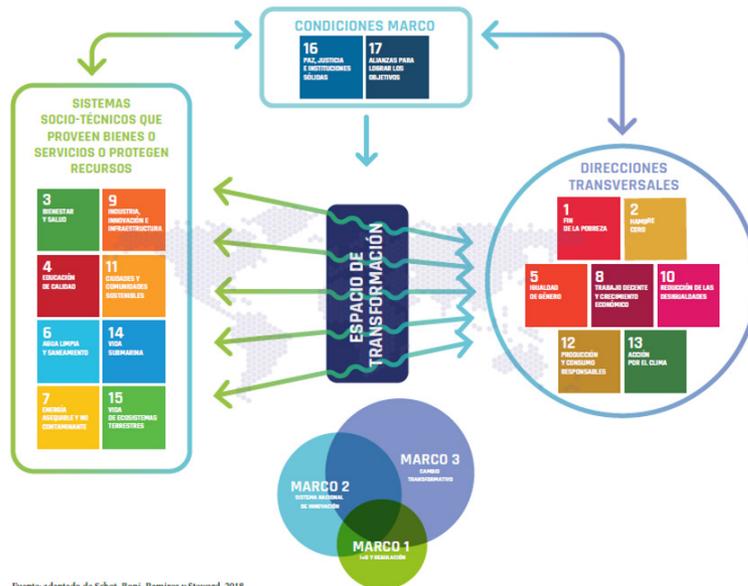
Figura 3. Gestión del concepto de innovación en la metodología Orbis CCI



Fuente: El autor

El proyecto integrador, se asigna a los estudiantes por grupo, se desarrolla durante el semestre, se ha seleccionado previo análisis con empresas de la región que tienen incidencia en los objetivos de desarrollo sostenible ODS, líneas estratégicas de la región e integradas a los ejes temáticos del plan de desarrollo del departamento del Cauca. La valoración de las necesidades de estas empresas (Parque Tecnológico de Innovación del Café "Tecnicafe", Supracafe Colombia S.A.S, Canatural S.A.S y Corpossao), permitieron fijar pequeñas metas a obtener durante un semestre académico en clase, metas a corto plazo a obtener al interior del semillero de investigación (SIE2). Cada proyecto viable a desarrollar en clase y en el semillero, se ha planteado entorno al esquema de Colciencias dado el libro verde (figura 4) con respecto a los ODS.

Figura 4. Abordaje de los ODS mediante la política de innovación transformativa Colciencias



Fuente: adaptado de Schot, Boni, Ramirez y Steward, 2018

Fuente: Libro Verde. (Departamento Administrativo de Ciencia, 2018).

Cada grupo debe diferenciar los ODS que involucra su proyecto de semestre, y apropiarse los conceptos planteados en el libro verde (Departamento Administrativo de Ciencia, 2018).

Los microproyectos de llevados a cabo en el semestre en la clase y los proyectos pequeños abordados por grupos en el semillero, han sido planificados con miras a cumplir dentro de las métricas de las herramientas de valoración de desarrollo tecnológico (Innovation Readiness Level, 2017), se han enfocado a cumplir inicialmente con dos de los niveles de maduración de la innovación (IRL): Nivel de madurez tecnológica (TRL 3) (TRL Minciencias, 2018) y un nivel de madurez del consumidor (CRL 3). Los estudiantes tienen claro el aporte de cada uno de los proyectos al fortalecimiento de una futura unidad de negocio que estará enfocada a la generación de valor a la cadena productiva del café, o del cannabis medicinal o de la economía circular de la región. Líneas que hacen parte de la formación del semillero de investigación SIE2 perteneciente al grupo de investigación Productividad e Innovación PI en Ingeniería Industrial de la FUP.

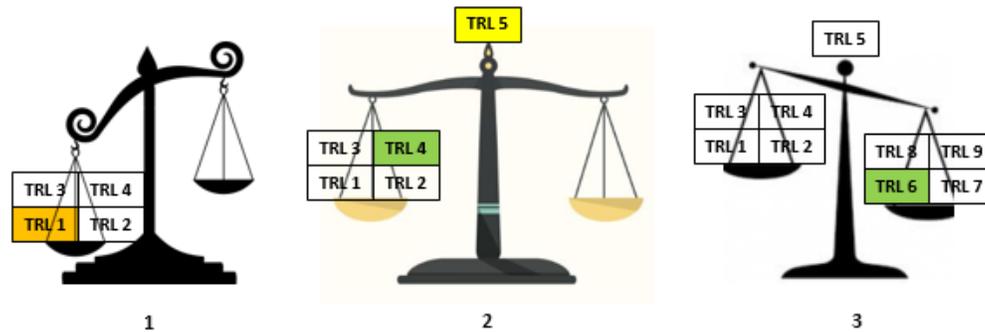
Figura 5. Dimensiones del nivel de maduración de la innovación



Fuente: Innovation Readiness Level Report (2017).

Con la transferencia tecnológica de Tecnicafe, en el marco de la cohesión institucional y de investigación, se ha fijado la meta de alcanzar el TRL 3 para los proyectos desarrollados bajo la metodología Orbis CCI. En la figura 6, en la balanza 1 se ilustra la prospección de los proyectos abordados en esta metodología: Hasta el TRL 4, la inversión esta usualmente soportada por la universidad, centros de desarrollo tecnológico o empresas con I+D, en el TRL 1 se encuentra una gran parte de los trabajos de grado que no alcanzan a pasar de este nivel. Para proyectar los proyectos al TRL 4, se realiza una valoración técnica de la problemática que se va abordar, recursos tangibles e intangibles, alianzas internas y externas e inversión, una vez se ha asumido el problema, se subdivide en pequeñas metas a corto plazo de tal forma que se pueda alcanzar el nivel 3 más rápido desde el aula y el semillero de investigación. El prototipado y diseño CAD 3D, herramientas de simulación permiten madurar más rápido un proyecto sobrepasando el nivel 1 sin ser un trabajo de grado. Un TRL 3 permite acceder a capitales de financiación en convocatorias de investigación internas y externas, conociendo el valor de la tecnología desarrollada, hasta esta instancia la balanza está basada en procesos de I+D+I. Para pasar al nivel 5 se debe de haber pasado por la ruta de transferencia tecnológica donde se facilitan costes y valoraciones de la tecnología. En la balanza 2, habiendo superado las pruebas de validación en laboratorio del prototipo, se puede acceder a otro tipo de fondo de financiación de riesgo tecnológico para las pruebas de concepto y de mercado, este asociado valora la tecnología con la capacidad de entregar un usufructo a la universidad por el desarrollo buscando la generación de una SpinOff o StartUp. En la balanza 3 la tecnología ha alcanzado un nivel de escalamiento industrial donde el tipo de asesor debe ser especializado para el ingreso al mercado del nuevo producto o servicio. En este momento la balanza es completamente productiva y comercial.

Figura 6. Balanza de inversión en una perspectiva de TRL para proyectos I+D+I



Fuente: El autor

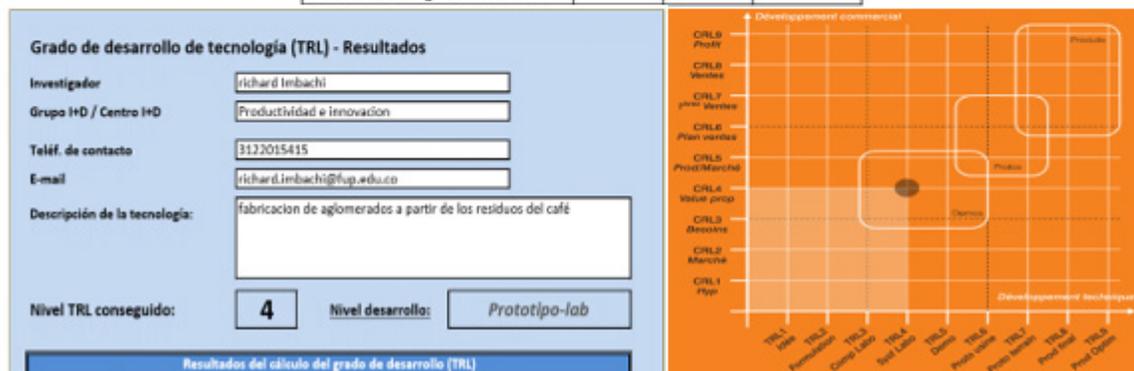
Para llegar al TRL 5, se debe tener conocimiento y asesoramiento de la ruta de transferencia tecnológica, propiedad intelectual en patentes, transferencia tecnológica, análisis multicriterio para la valoración y ajuste de la tecnología. Este modelo de formación ha permitido establecer la sinergia de la universidad con la empresa y la sociedad entorno a soluciones a necesidades comunes. Sinergia en cohesión en investigación entre diferentes programas académicos al interior de la universidad, apoyo en investigación y fortalecimiento al capital humano en investigación desde el semillero y joven investigador. Se debe entender la necesidad del trabajo en grupo entorno al cumplimiento de un objetivo en común con beneficios grupales e individuales, en el semillero se generaron muchos proyectos divididos en subgrupos en busca de un objetivo general en común.

### 3. Resultados

Las siguientes tablas representan los indicadores producto de la capacidad de producción del semillero de investigación SIE2 formado bajo la metodología aceleradora ORBIS CCI. Los indicadores, son el reflejo del nivel de apropiación social de conocimiento basado en el modelo educativo de la FUP "Constructivismo social" fundamentado por el cognitivismo, en un entorno de innovación social para la región. En la tabla 1 se aprecia el ingreso de una de las tecnologías desarrolladas en la Ruta de Transferencia Tecnológica, insumo fundamental en el proceso de validación comercial de los productos. Como resultado de la Ruta, se obtuvo una valoración de CRL 4 Y TRL 4. Se ha recibido la intención de inversión de un banco y de una empresa extranjera por las tecnologías, han solicitado el plan de negocios, para cumplir con este requisito se ingresó en el diseño del escalamiento industrial.

Tabla 1. Participación del Semillero SIE2 en RedColsi 2019

CONVOCATORIA 2019	ENVIADOS	ACEPTADOS	ESTUDIANTES
Proyectos Semillero SIE2 Industrial: Inscripción Encuentro de Semilleros, febrero de 2019	12	4	8
Encuentro regional de Semilleros RedColsi, MAYO de 2019	4	2	4
Encuentro Nacional de Semilleros RedColsi, octubre de 2019	2	2	4
Ruta transferencia tecnológica marzo 2019 cronograma fase 1. Centro de Desarrollo Tecnológico. Cluster Creativ	1	1	2
Ruta transferencia tecnológica mayo 2019 cronograma fase 2. Centro de Desarrollo Tecnológico. Cluster Creativ	1	1	2



Fuente: El autor

Tabla 2. Participación del Semillero SIE2 en RedColsi 2020 y en la agenda departamental de competitividad e innovación del Cauca.

CONVOCATORIA 2020	ENVIADOS	ACEPTADOS	ESTUDIANTES
Encuentro Interno semilleros de investigacion FUP 2020	12	5	13
Estructuración y actualización de la agenda departamental de competitividad e innovación. Gobernacion del Cauca. Gobierno de Colombia	5	3	32
Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2020.	3	2	1

Fuente: El autor

En la tabla 2, se da el ingreso de 3 tecnologías desarrolladas a la agenda nacional de competitividad e innovación para el Cauca, la valoración está en estudio para la validación del presupuesto de inversión nacional bajo los parámetros de sostenibilidad. Entre el 2018 y 2019 se financiaron 2 proyectos de investigación por el SIDI (I+D+I, semilleros). En el 2020 se tienen 2 proyectos financiados por el SIDI (I+D+I, Joven investigador), son proyectos integradores UES, con cohesión entre programas académicos de la FUP bajo el aporte de 12 proyectos internos del semillero SIE2.

## 4. Conclusiones

La metodología aceleradora ORBIS CCI representa el proceso de integración tipo UES en un fortalecimiento de un empresario investigador empoderado que genera valor sobre una de las cadenas productivas de la región.

La metodología ORBIS CCI, ha permitido la proyección de varias unidades de negocio independientes (Spinoff y Startup) que pueden actuar en conjunto bajo un conglomerado.

Se ha logrado el aumento de la capacidad en la formación de investigación formativa partiendo desde la clase hasta vincularlos al semillero de investigación con una dotación en innovación social, continua y abierta, en un contexto de sostenibilidad con responsabilidad social.

## 5. Referencias

- Departamento Administrativo de Ciencia, T. e I. [CO] C. (2018). Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible. Recuperado 12 de noviembre de 2018 de <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/33995>
- Imbachi, R. (2017). La enseñanza de las ciencias básicas experimentales bajo una experiencia aplicada del cognitivism y constructivismo. EBook Aportes de la Ingeniería. Issuu. P 28. Recuperado 27 de octubre de 2019 de [https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook\\_aportes\\_de\\_la\\_ingenieria\\_2017](https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook_aportes_de_la_ingenieria_2017)
- Innovation Readiness Level Report (2017). Energy Storage Technologies. Recuperado 5 de mayo de 2020 de <https://www.reeem.org/uploads/REEEM-D2.2a.pdf>
- Schumm, J. S., Vaughn, S., & Leavell, A. G. (1994). Planning Pyramid: A Framework for Planning for Diverse Student Needs during Content Area Instruction. The Reading Teacher, 47(8), 608-615.
- Technology Readiness Levels TRL, Minciencias. (2018). Departamento Administrativo De Ciencia, Tecnología e Innovación. Colciencias. Recuperado 5 de mayo de 2020 de [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo\\_1\\_tecnolog\\_y\\_readiness\\_levels\\_-\\_trl.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_1_tecnolog_y_readiness_levels_-_trl.pdf)

## Sobre los autores

- **Richard Marcelo Imbachi Chávez:** Mg(s) Bioingeniería. Ingeniero Físico Universidad del Cauca. Coordinador semillero de investigación SIE2. Docente investigador grupo de investigación Productividad e Innovación PI en Ingeniería Industrial. Fundación Universitaria de Popayán. [richard.imbachi@fup.edu.co](mailto:richard.imbachi@fup.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la  
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)