



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# NUEVO MODELO PEDAGÓGICO-DIDÁCTICO EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COLOMBIA

**Carlos Arturo Ramírez Escobar**

**Fundación Universidad Autónoma de Colombia  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

En los últimos años, los métodos de enseñanza tradicional vienen siendo reemplazados por nuevas estrategias pedagógico-didácticas centradas en el proceso de aprendizaje de todos los agentes participantes de la educación, especialmente en el proceso del estudiante. Bajo este marco, este artículo presenta un innovador modelo pedagógico-didáctico, desarrollado en la Facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Colombia, que atañe a la implementación del aprendizaje activo, guiado por el principio de la educabilidad. La aplicación de este principio conduce al diseño de nuevas estructuras curriculares y árboles de decisión, enmarcados en un sistema de créditos particular, que permite al estudiante determinar individualmente, su ruta de aprendizaje. Cada programa se reconfigura de conformidad al nuevo diseño curricular y se crea un nuevo Sistema de Información Universitario, que permite el flujo de información y su supervisión. Para la supervisión de la nueva estructura curricular se utilizan indicadores de flexibilidad, con los cuales se ha podido constatar las oportunidades de movilidad académica en cifras cercanas al 50%. En el artículo se exponen las posibilidades de desarrollo de múltiples modelos curriculares conexos a la estructura flexible basada en la educabilidad, los riesgos de implementación y su mitigación.

**Palabras clave:** aprendizaje activo; estructuras curriculares; flexibilidad curricular; rutas de aprendizaje

## ***Abstract***

*In recent years, traditional teaching methods are being replaced by new pedagogical-didactic strategies that focus on the learning process of all actors involved in education, especially in the student's process. Under this framework, this paper presents an innovative pedagogical-didactic model in the Faculty of Engineering at the Universidad Autónoma de Colombia, which concerns the implementation of active learning guided by the principle of educability. This led to the design of new curriculum structures and decision trees framed in a particular credit system which allows students to individually determine their learning path. Each academic program was configured according to the new curriculum, and a new University Information System was*

*created to allow the flow of information and monitoring. For the supervision of the new curriculum structure flexibility, several indicators were used and showed that academic mobility opportunities had values around 50%. Also, the article presents the development possibilities of multiple curriculum models related to the flexible structures based on educability, the implementation risks and their mitigation.*

**Keywords:** *active learning; curriculum structures; curriculum flexibility; learning paths*

## 1. Introducción

A partir del año 2000, la Fundación Universidad Autónoma de Colombia -FUAC asume una postura oficial proclive al desarrollo de la flexibilidad universitaria. El espacio de desarrollo académico de esta postura se produce durante el proceso de re-estructuración curricular de la Agenda de Transformación Universitaria. Como producto se obtuvieron los lineamientos curriculares hoy vigentes. En el proceso de validación y discusión del diseño curricular participaron cerca de 450 personas de todos y cada uno los programas y unidades académicas de la universidad (Ramírez-Escobar, 2001).

Así, se formularon acciones para: primero, ampliar el cogobierno representativo existente, para que los estudiantes, no solo fueran representados en las decisiones curriculares; sino, que participaran activamente en su vida curricular cotidiana; de manera que se convirtieran en agentes administradores de aspectos vitales de su vida universitaria; en consecuencia, pudieran ejercer gobierno estamental e individual en sus propias carreras. Y, segundo; extender el concepto de autonomía, para que se constituyera en una característica interna del currículo y del perfil del estudiante-egresado. Es decir, que el estudiante tuviese un ambiente de aprendizaje signado en el desarrollo y ejercicio de su autonomía cognitiva, ciudadana, ética y estética para la transformación de la sociedad colombiana, bajo los principios del pluralismo, la tolerancia y la solidaridad en procura de la paz.

Este artículo primero plantea los pilares de diseño de las estructuras curriculares flexibles y la definición del sistema de créditos, como los requisitos conceptuales para abordar la implementación del nuevo modelo pedagógico-didáctico de la FUAC. Con base en lo anterior se determinan los requisitos exigibles al nuevo Sistema de Información Universitaria. A continuación, se expone la batería de indicadores que miden el desempeño de los programas en torno a la flexibilidad, y con ellos se determinan los resultados al finalizar el proceso de implementación. Por último, se examina brevemente el potencial de la innovación y se expone la mitigación del riesgo al pago bajo la modalidad de cobro del servicio educativo por el sistema de créditos. Se finaliza con las conclusiones.

## 2. El diseño de las estructuras curriculares flexibles

El diseño de las estructuras curriculares en la FUAC obedece a la aplicación del principio de educabilidad-enseñabilidad; considerado como el núcleo pedagógico que orienta la actividad didáctica del currículo. La enseñabilidad se refiere al aprovechamiento del potencial formativo de los conocimientos (ciencias, artes, técnicas y saberes en general), que hace posible su enseñanza mediante la conversión de estos conocimientos en códigos que posibiliten el aprendizaje y la formación. La educabilidad se refiere al potencial formativo de los estudiantes según su edad, su nivel de desarrollo y su historia personal, social y académica. A ella están ligadas las estructuras biopsíquicas y socioculturales del sujeto, los modos de

construcción de su conocimiento y de su sistema de valores, el desarrollo de sus múltiples inteligencias, las maneras de configurar su pensamiento analítico, crítico y creativo.

La reflexión sobre la interacción pedagógico-didáctica de educabilidad y enseñabilidad conduce a un diseño de estructuras curriculares que faciliten la conjunción de una organización versátil y adaptable de los saberes y contenidos curriculares, por un lado; con una oferta de cursos abiertos, móviles y versátiles, y unas actividades académicas, orientadas a satisfacer las demandas de los estudiantes, por el otro. La estructura curricular diseñada está basada en un enfoque recursivo de la complejidad organizacional; así, se definen organizadores curriculares de tres tipos: macro-estructural, meso-estructural y micro-estructural de la siguiente manera:

- La macro-estructura curricular está diseñada en función de la educabilidad de los estudiantes a partir de tipos de estudios, organizados desde los aprendizajes generales a los más específicos, con independencia del tiempo (organización no cíclica). Los tipos de estudios son: los “Estudios Generales” del ámbito universitario, los “Estudios básicos” del ámbito de las Facultades, los “Estudios Profesionales ó Disciplinarios” y los “Estudios de Profundización” del ámbito del programa; estos dos últimos determinan la titulación.
- La meso-estructura curricular, orientada por la enseñabilidad de los saberes, reconoce la posibilidad de su agrupación en Áreas de conocimiento disciplinar o Núcleos temáticos y/o problemáticos de carácter interdisciplinar.
- La micro-estructura curricular organizada en función de los componentes más concretos del currículo que cumplen la función de propiciar el espacio de integración práctico del principio de educabilidad-enseñabilidad, a través de la conjunción de contenidos y actividades de aprendizaje organizados en asignaturas (de concepción disciplinar), proyectos, trabajos de grado, pasantías y módulos (de concepción interdisciplinar autoreferente). Estos componentes a la vez pueden tener formas organizativas de inferior recursión, tales como la conferencia, el taller, la práctica de laboratorio, etc.

La flexibilidad curricular, en el contexto del diseño de estructuras curriculares, está asociada con el desarrollo de diversas rutas de aprendizaje del estudiante, lo que se produce por la conjunción de dos factores: a) por el incremento de la flexibilidad de las estructuras y la amplitud de la oferta educativa diversificada y diferenciada, y b) por la posibilidad que tiene el estudiante de organizar su propio programa de estudios y administrar su carrera de acuerdo con sus necesidades de formación, con sus intereses y sus posibilidades temporales, dentro de los límites que fije la institución. Así, la administración flexible de los estudiantes aplicada a cada tipo de estructura produce un efecto diverso. La administración flexible en la macro-estructura conlleva a la múltiple titulación; mientras que en la meso-estructura les permite la múltiple opción de énfasis, contextos o profundizaciones; y en la microestructura les otorga la múltiple elección de asignaturas o módulos.

Desarrollo de las Estructuras macro-curriculares de programas de pregrado para permitir la múltiple titulación Universitaria

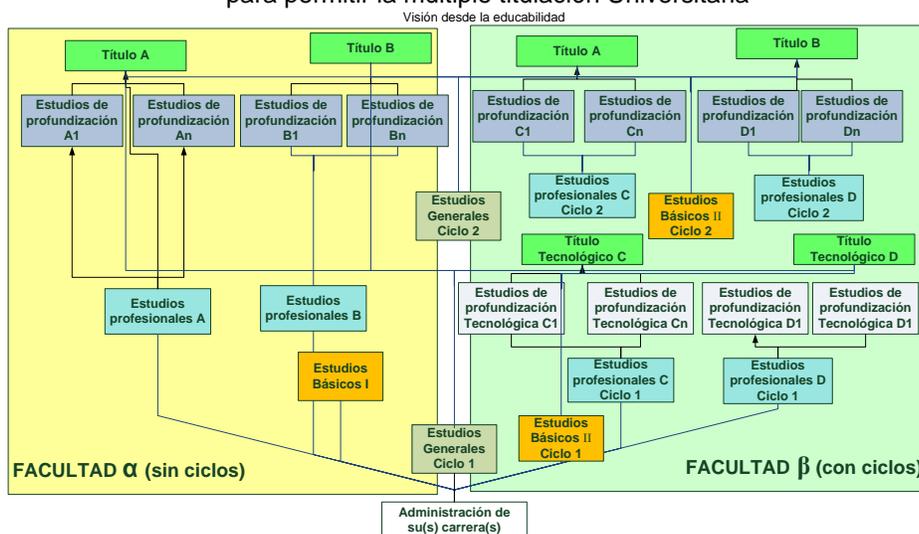


Figura 1. Árbol de decisión de los estudiantes en un entorno de rutas curriculares mixtas (vertical/horizontal) de titulaciones.

La posibilidad de la múltiple titulación es mostrada en la figura 1; ella aparece al “navegar” en el árbol de decisión de los componentes de la macro-estructura curricular, en un desplazamiento horizontal de la ruta de aprendizaje del estudiante. Se puede observar que si el estudiante decide desarrollar doble titulación, en diferentes facultades, dispone como mínimo del tronco común de los Estudios Generales. Si el estudiante decide desarrollar doble titulación al interior de una Facultad, dispone como mínimo del tronco común de los Estudios Generales y de los Estudios Básicos. En la parte derecha de la figura 1 es observable que el estudiante, en una ruta de aprendizaje de desplazamiento vertical, puede obtener la doble titulación de la siguiente manera: obtiene la titulación tecnológica, al llenar los requisitos de haber superado el Ciclo I de los Estudios Generales, de los Estudios Básicos y de los Estudios Profesionales; además, de los Estudios de Profundización Tecnológica. Posteriormente, el estudiante podrá superar los segundos ciclos de estos Estudios adicionando los Estudios de Profundización Profesional Universitaria para obtener su titulación profesional Universitaria.

La posibilidad de múltiple opción se ha implementado a través de la meso-estructura de opciones de grado, perteneciente a los Estudios de Profundización; con la cual, el estudiante opta por una alternativa de elaboración de un trabajo de grado. A esta opción, el estudiante accede al completar el 65% del total de los créditos conducentes a una titulación (ver rectángulo amarillo dentro de los estudios de profundización de la Figura 2.). La opción de grado (15 créditos) está diseñada para emular el ciclo de vida de un proyecto, en tres bloques: a. Bloque de elección de la opción (3 créditos obligatorios), donde ocurre la formulación del proyecto a partir de identificación de problemas y su resolución; b. Bloque de Énfasis (9 créditos optativos), donde el estudiante desarrolla la opción del trabajo de grado elegido; y c. Bloque de resultados (3 créditos obligatorios), es el espacio curricular de discusión y conclusión de los productos desarrollados durante la elaboración de su trabajo de grado. Esta meso-estructura, además de generar flexibilidad al interior del programa, puede ser un espacio interdisciplinar de flexibilidad inter-programas e inter-facultades; además, genera articulación curricular entre los niveles de pregrado y posgrado y entre las funciones de investigación y proyección social con la función de formación y aprendizaje.

### Desarrollo de las Estructuras macro, meso y micro-curriculares de pregrado para permitir la flexibilización Universitaria

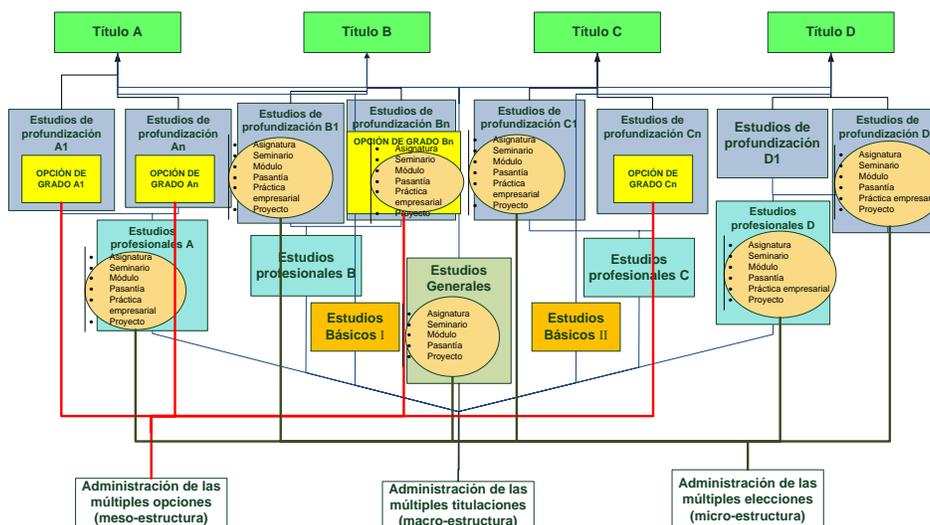


Figura 2. Árbol de decisión para las rutas de aprendizaje y auto-administración de las múltiples titulaciones, las múltiples opciones y las múltiples elecciones de los estudiantes de los niveles de pregrado en la FUAC.

La múltiple elección se configura cuando el estudiante elige microcomponentes curriculares individuales, pertenecientes a cualquier meso-estructura, inserta en una macro-estructura curricular. Como se aprecia en la figura 2, un estudiante que administre su(s) carrera(s) tiene, la posibilidad de elegir en los tres niveles de organización curricular, macro, meso y micro. Tal posibilidad de navegación conforma una red de estructuras de árboles de decisión solapados; que configuran el currículo reticular del estudiante.

### 3. La definición del sistema de créditos

El sistema de créditos reconoce la movilidad del estudiante en los siguientes ámbitos: inter-carreras internas y externas a la Universidad e inter-modalidades; presencial, semi-presencial, a distancia y virtual. Sin embargo, más allá de esto, la FUAC definió su concepción de crédito no solo para integrar la medición del esfuerzo de aprendizaje y formativo del estudiante; sino, para facilitar la medición del esfuerzo formativo de los otros agentes que intervienen en la formación; es decir del profesorado y de la institución en sí misma.



Figura 3. Ejes de Distribución de los tiempos del crédito académico en la FUAC.

En la Figura 3, se ilustra el planteamiento de racionalidad administrativo-pedagógica que guió el diseño del sistema de créditos académicos. En esta representación cartesiana, en el eje de las abscisas se encuentra la presencia dipolar de la comunicación estructurada planteada por (HABERMAS, 1987); en consecuencia, se distinguen dos tendencias: desde la tendencia no estructurada de la comunicación, hasta la tendencia estructurada, que implica la mayor utilización de códigos abstractos para su ejecución y de medios más desarrollados. En el eje de las ordenadas, se dispone de la presencia dipolar del Modo de interacción didáctico de los agentes, con sus dos tendencias: desde el acompañamiento pleno del profesor al estudiante, donde existe baja autonomía cognitiva del estudiante, hasta su autoformación de autodidacta.

Así, se identificaron cuatro tiempos: el Tiempo de Acompañamiento Directo (TAD), el Tiempo de Acompañamiento Mediado (TAM), el Tiempo de Autoformación Guiada (TAG) y el Tiempo de Autoformación Independiente (TAI). Los tiempos de acompañamiento son de presencia síncrona del profesor y del estudiante, mientras los tiempos de autoformación son asíncronos. Esta clasificación de los tiempos permite garantizar la movilidad inter-modal (presencial, semi-presencial, a distancia y virtual) de los estudiantes; pues, con ellos se construye la relación de las distintas modalidades que ocurren en la práctica formativa de la Universidad Autónoma y que han sido validadas como se referencian en los proyectos de teleeducación virtual y posgrados semi-presenciales desarrollados por el grupo de Pedagogía sistémica (GRUPO, 1999; Ramírez-Gutierrez et al., 2002). Esta relación es presentada en la Figura 4.

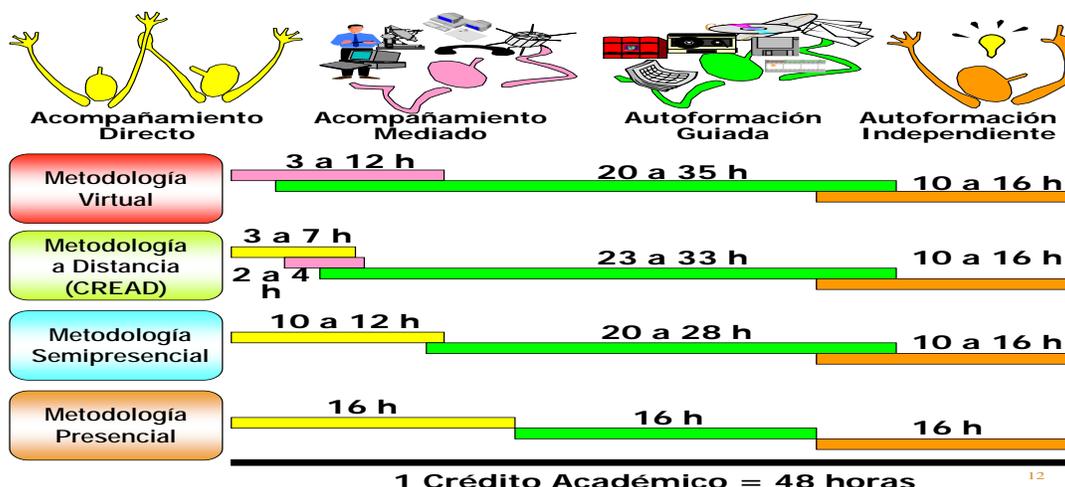


Figura 4. Relaciones temporales de un crédito académico para las diferentes metodologías (modalidades) de formación universitaria.

#### 4. Implementación del Nuevo Modelo pedagógico-didáctico de la FUAC

La FUAC estableció que el proceso docente-educativo que ocurre en la institución posee un carácter teleológico-sistémico y se compone de elementos que definen las variables del modelo pedagógico-didáctico. En este orden de ideas se definieron los siguientes elementos de este proceso: a) objetivo, b) contenido, c) método, d) formas de enseñanza e) evaluación. Además, en su modelo incluyó las variables espacio-temporales y las características de los agentes del proceso: Institución, profesores y estudiantes, (FUAC, 2001; GRUPO, 1999). En consecuencia, el concepto de Flexibilidad curricular es entendido como la capacidad que emerge del Proyecto Educativo Universitario para permitir la movilidad y la versatilidad de las variables curriculares y espacio-temporales del proceso docente-educativo; así como, para garantizar la expansión de la libertad de cátedra de los agentes de este proceso; orientada a favorecer el desarrollo del proceso de aprendizaje. Así, por ejemplo, el papel del profesor quedó explícito de la siguiente manera “El profesor en este modelo, tiene la función de ser orientador y facilitador del aprendizaje, líder de los procesos docente-educativos. Perfecciona los procesos comunicativos interindividuales y grupales y orienta la selección de la información potencialmente más significativa en cada momento. Investiga en el aula.” (FUAC, 2001, 2010).

Ahora bien, para garantizar la coherencia institucional, la FUAC elevó a la calidad de norma estos desarrollos curriculares (FUAC, 2001, 2002, 2009). Sin embargo ello no impide la práctica de diferentes modelos pedagógico-didácticos en los programas. Así, en la FUAC es verificable la existencia una pedagogía basada en proyectos practicada por el programa de Ingeniería Electromecánica, otra basada en núcleos temáticos que desarrollan las especializaciones de la misma área del saber. Así, cada programa puede desarrollar el arreglo del modelo pedagógico-didáctico que su comunidad considere de mayor pertinencia, dentro del marco del proyecto educativo Institucional.

Con estas orientaciones y a partir del segundo semestre del año 2001, se dio inicio a la reconfiguración de los programas de pregrado conforme a lo planteado en los lineamientos curriculares. Para el efecto cada programa, Facultad y la Vicerrectoría Académica presentaron sendos proyectos para el diseño de los Estudios profesionales y de profundización, los Estudios Básicos y los estudios Generales que conformarían

el plan de estudios de cada programa. La facultad de Ingeniería concluyó todo este proceso en el año de 2010.

## 5. El Sistema de información y registro académico flexible

Los objetivos de administración flexible y personalizada no son posibles sin Sistemas de información, que atiendan a los principios de flexibilidad organizativos del objeto que se sistematiza; máxime cuando se trata de múltiples poblaciones de agentes tomadores de decisiones. El resultado de la modelación curricular plasmada en el nuevo Sistema de Información permite a los estudiantes administrar, por internet, su carrera así:

- a. Determinar el número de créditos a tomar en cada periodo lectivo, desde un mínimo de 8 hasta un máximo de 20 créditos. De esta manera el estudiante tiene control de su ritmo de aprendizaje y paga los servicios según el número de créditos tomados.
- b. Planificar con antelación sus microcomponentes curriculares y su correspondiente número de créditos y escoger las titulaciones, opciones y electivas de su preferencia dentro del menú que ofrece la Universidad.
- c. Controlar su avance en la(s) carrera(s) escogida(s) de manera autónoma.
- d. Escoger entre diferentes opciones de grado dentro del plan de estudio de su carrera.

## 6. Indicadores de flexibilidad

En (Crosa & Soubirón, 2007) se definen una batería de indicadores referidos a flexibilidad curricular, que son utilizados con el objetivo de monitorear y advertir las ventajas o inconvenientes, respecto a los cambios en torno a la flexibilidad inter e intra-carreras, bajo un diseño de estructuras curriculares con troncos comunes como los que existen en la FUAC. Estos indicadores, considerando dos carreras A y B, son:

- a. El Índice de Comunalidad (I.C.), haciendo la transición desde la carrera A hacia la carrera B, se define como:

$$IC_{AB} = \frac{N^{\circ} \text{ de créditos}_{\text{obligatorios,comunes}}}{N^{\circ} \text{ de créditos}_{\text{totales,B}}}$$

Este indicador define como “crédito común” al crédito de un curso que se realiza en ambas carreras del estudiante; el curso es igual en ambas carreras, tanto en contenidos como en créditos.

- b. El Índice de autonomía intra-carrera (I.A.I.) de una carrera A se define como:

$$IA_A = \frac{N^{\circ} \text{ de créditos}_{\text{electivos+optativos,A}}}{N^{\circ} \text{ de créditos}_{\text{totales,A}}}$$

Este indicador permite advertir qué tan libre es el estudiante de adaptar el currículo de su carrera a sus necesidades.

- c. El Índice de especificidad (I.E.) se define como:

$$IE_{AB} = 1 - IC_{AB} - IA_A$$

Este índice refleja el nivel de homologación en una carrera: cuanto más alto sea el nivel de especificidad, más difícil es la homologación con otra carrera. De acuerdo a esta definición, la especificidad de A siempre se define en relación a una carrera B.

- d. Índice de movilidad horizontal entre dos carreras. (I.M.H.); desde la carrera A hacia la carrera B se define como:

$$= \frac{N^{\circ} \text{ de créditos obligatorios comunes}_{AB} + N^{\circ} \text{ de créditos electivos y optativos comunes}_{AB}}{\text{Creditos totales de la carrera B}} \quad IMH_{A-B}$$

Este índice advierte del grado de homologación que existe entre ambas carreras, considerando no sólo las asignaturas obligatorias, sino también las electivas que pueda haber cursado el estudiante. En función de esas asignaturas electivas la movilidad horizontal total podrá ser igual o mayor al índice de comunalidad.

Después de la implementación del reconfiguración curricular de los programas de la universidad los indicadores de flexibilidad presentaron el resultado expuesto en la tabla 1.

FACULTAD/Estudios Básicos	INDICE DE FLEXIBILIDAD PROMEDIO INTRA-FACULTAD			
	I.C	I.A.	I.E.	I.M.H
<b>DERECHO</b>	0.11	0.02	0.89	0.12
<b>Ciencias Económicas y Admin.</b>	0.50	0.02	0.50	0.50
<b>INGENIERIAS</b>	0.45	0.15	0.55	0.36
<b>CIENCIAS HUMANAS</b>	0.32	0.02	0.68	0.34
<b>DISEÑO</b>	0.12	0.02	0.88	0.13

Tabla 1. Índices de Flexibilidad promedio intra-facultad de los programas de pregrado de la FUAC. (Fuente: Oficina de Admisión, Registro y Control Académico FUAC- 2010).

Al incluir a los estudiantes como agentes administrativos, ellos tienen la posibilidad de pagar su matrícula en función del número de créditos académicos tomados. Al plantear esta forma de pago, se identificó un posible riesgo de disminución de los ingresos de la universidad, debido a la posibilidad de matriculación, de gran parte de los estudiantes, en rangos de créditos inferiores a los 16; sin embargo, durante el periodo 2011-2013 de aplicación completa de la flexibilidad curricular, se constató que los estudiantes incrementaron el número de créditos matriculados; pues, el 86% de los estudiantes lo hizo en cifras superiores a los 13 créditos académicos; el 45% del total, matriculó créditos en el rango entre 13 y 16 créditos, mientras que el 40% lo hizo en el rango de 17 y 20 créditos. De este comportamiento, se detectó el riesgo de fracaso y retención académica debido a la alta carga académica asumida por los estudiantes; en consecuencia se implementó una política de tutorías académicas oficializadas en (FUAC, 2010).

## 7. Conclusiones

El nuevo modelo pedagógico-didáctico de la Universidad Autónoma de Colombia les permite a sus estudiantes ser sujetos activos de su propia formación con grados de autonomía crecientes. En la práctica de su implementación surgen riesgos e imprevistos que requieren el afinamiento constante y la implementación de políticas de mejoramiento continuo, que mitiguen los riesgos y mantengan el

desempeño del modelo. La batería de indicadores logra identificar el estado de la flexibilidad curricular de los programas de la Universidad.

## 8. Referencias

### Artículos de revistas

- Crosa, L., & Soubirón, E. (2007). Indicadores de flexibilidad en carreras universitarias de grado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44(7), 5.
- GRUPO, D. P. S. (1999). Modelo pedagógico-didáctico sistémico del sistema posgradual de la FUAC. *Criterio*, (29).

### Libros

- HABERMAS, J. (1987). *Teoría de la Acción Comunicativa: crítica de la razón funcionalista*. Traducción de Manuel Jiménez Redondo. Madrid: Taurus.
- Ramírez-Gutierrez, N., Ramírez-Escobar, C. A., Agudelo-Henao, B., Ramírez, E., Buritica-Arboleda, C. I., Contreras-Castro, M., Morales-Roa, E. J. (2002). Modelo Curricular De Tele-Educación – Producción De Material Didáctico Computarizado, M.D.C. *Cuadernos de Investigación del SUI*, 7.

### Reglamentos

- FUAC. Lineamientos Curriculares Institucionales de Pregrado. , Acuerdo (2001).
- FUAC. Proyecto Educativo Institucional PEI. , Acuerdo (2002).
- FUAC. Lineamientos Generales de las Opciones de Grado. , Reglamentación Académica (2009).
- FUAC. Lineamientos Generales de la Consejería Curricular. , Reglamentación Académica (2010).
- Ramírez-Escobar, C. (2001, julio de). Presentación de los lineamientos curriculares de la FUAC. Universidad Autónoma de Colombia. Sistema Universitario de Investigaciones.

### Sobre el autor

- **Carlos Arturo Ramírez Escobar**, Autor: Ingeniero Mecánico, Máster en Turbinas de la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos, Master en Ing. Eléctrica de la Universidad de los Andes, Doctor en Filosofía de la Universidad Politécnica de Valencia. Profesor. [caramesco@hotmail.com](mailto:caramesco@hotmail.com).

---

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)