



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



MODELO PEDAGÓGICO - CURRICULAR PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Fabiana Grinsztajn

**Universidad Nacional de la Matanza
San Justo, Argentina**

Resumen

Considerando que los procesos de autoevaluación y acreditación, los planes de mejoramiento y las políticas específicas diseñadas para el sector de la formación ingenieril en la Argentina llevan más de 15 años de instalación, resulta de interés el estudio de los impactos a nivel de las instituciones, actores y beneficiarios de la mejora. De modo tal de comprender los sentidos y las direcciones que los procesos han tenido en distintas unidades académicas, así como el impacto de estas políticas específicas en los procesos formativos, curriculares, de enseñanza y de aprendizaje.

Para ello se realizó una investigación que tuvo como objetivos el análisis de los impactos de los procesos de acreditación y mejora de las carreras. Entre los hallazgos es posible observar que aún existen asignaturas pendientes.

El haber alcanzado estándares mínimos de calidad no significa necesariamente que el desafío de la enseñanza de la ingeniería esté satisfecho, lo cierto es que resulta dificultoso atraer estudiantes que sigan estas carreras y aún quedan deudas tales como la alta cronicidad en los estudios, la dificultad para alcanzar la graduación, y el tipo de formación que finalmente se produce, las competencias efectivamente alcanzadas por los estudiantes, las modalidades de enseñanza, de evaluación, de vinculación con las prácticas profesionales, entre otros aspectos que aún requieren atención e intervención.

Con el fin de realizar un aporte a la reflexión y al cambio de paradigma formativo que la educación ingenieril requiere, en esta nueva década, se presenta un trabajo producto de la investigación realizada en 4 universidades públicas argentinas que abarcan el 49,9 % de la matrícula estudiantil de ingeniería, cuyos resultados han permitido concebir como aporte al campo

un modelo pedagógico- curricular innovador y a la vez viable para encarar las reformas que permitan una transformación de las actividades formativas.

En este sentido el trabajo pretende propiciar un conjunto de ideas clave que puedan servir como insumo de nuevos direccionamientos de políticas públicas e institucionales para la formación ingenieril. Para ello se diseñó un modelo para la enseñanza de la ingeniería, que funcione como horizonte para el conjunto de carreras en Argentina, propiciando adoptar algunas de las más influyentes modalidades del mundo, sumando la especificidad que otorgue contextualización y viabilidad al modelo.

Palabras clave: modelo; pedagógico- curricular; ingeniería

Abstract

Considering that the self-evaluation and accreditation processes, the improvement plans and the specific policies designed for the engineering training sector, in Argentina have been installed for more than 15 years, the study of the impacts at the institutional level is of interest., actors and beneficiaries of the improvement. In such a way to understand the senses, and the directions that the processes have had in different academic units, as well as the impact of these specific policies on the formative, curricular, teaching and learning processes.

With this purpose, an investigation was carried out with the goal of analyzing the impacts of accreditation processes and improving careers. Among the results it is possible to observe that there are still pending subjects.

Having reached minimum standards of quality does not necessarily mean that the challenge of engineering education is satisfied, the truth is that it is difficult to attract students to study these careers and there are still debts such as students that take a long period of time to finish their career, difficulty in reaching graduation, and the type of training that finally takes place, the competences effectively achieved by the students, the teaching modalities, the evaluation, the link with the professional practices, among other aspects that still require attention and intervention.

In order to make a contribution to the reflection and change of the educational paradigm that engineering education requires in the face of a new decade, a result of the research done in 4 Argentine public universities covering 49.9% of the student enrollment of engineering, whose results have allowed to conceive as an input to the field an innovative pedagogical-curricular model and at the same time viable to face the reforms that allow a transformation of the formative activities.

In this sense, the work has as its objective the set of ideas, it can be used as the input of the new directions of public policies and institutions for the training of engineers. To this end, a model for engineering education was designed, work for all the careers in Argentina, promoting some of the most influential forms in the world, adding the specificity that gives context and feasibility to the model.

Keywords: *curriculum -pedagogical; model; engineering*

1. Introducción

La investigación se concentró entre 2002, año en el cual se define la primera resolución de acreditación de carreras de ingeniería Ministerio de Educación en Argentina, (MEN) a partir de la política instalada en los noventa que ubica al Estado en el lugar de evaluador y acreditador (Solanas, 2012) y el 2014. Para ese entonces el 50% de las carreras de grado acreditadas en el país eran de ingeniería.

A partir del ciclo que se inicia en 2002 con la definición de estándares para las ingenierías y los procesos de acreditación, se establecen prioridades de cara a dar respuesta a las debilidades encontradas, entre las cuales se define el mejoramiento para las carreras, de este modo el MEN a través de financiamiento vía el modelo de contrato-programa o proyectos de mejora de la enseñanza financió los planes de mejora del 100% de las carreras de ingeniería acreditadas de universidades nacionales, mediante la ejecución de proyectos plurianuales de cuatro años de duración. Esta herramienta de política ha sido ampliamente utilizada con diversos resultados y de hecho ha financiado gran parte de los proyectos desarrollados en diferentes universidades y carreras. De este modo con las ingenierías comprendidas en la resolución ministerial 1232/01 de las 13 especialidades de la ingeniería involucradas, el primer proceso de acreditación se desarrolló en 50 universidades, 240 carreras distribuidas en 36 ciudades distintas.

Entre los primeros impactos que pueden mencionarse se enfatiza el papel jugado por las ingenierías en el impulso a los procesos de acreditación en general, transformaciones culturales en el seno de las unidades académicas acreditadas, tanto por la toma de conciencia de las necesidades de cambio o mejoramiento, como por la instalación de un sistema de trabajo vinculado a la autoevaluación, construcción de bases de datos entre otros aspectos que de algún modo se instala para quedarse Pérez Rasetti (2004).

Luego de acontecido un proceso de casi dos décadas y considerando que las carreras de ingeniería ya han atravesado dos ciclos de acreditación, resulta de interés el estudio de los impactos a nivel de las instituciones, actores y beneficiarios de la mejora de dichas carreras, además de poder comprender los sentidos y las direcciones que los procesos han tenido en distintas unidades académicas, así como el impacto que han tenido estas políticas específicas en los procesos formativos. Los nudos (Oslak1981) que dieron origen a las políticas públicas hoy son otros y se vinculan más directamente a los aspectos pedagógicos de la formación para lo cual nuevas políticas se imponen.

2. Metodología

Reconociendo el impacto que sobre las instituciones con carreras de ingeniería han tenido las políticas implementadas, este trabajo avanza en el diseño de una propuesta modélica, sobre la base de criterios generales y ejes sobre los cuales asentar cambios y transformaciones curriculares

y pedagógicas. En la investigación de enfoque predominantemente cualitativo se relevó el estado del arte y se realizaron 30 entrevistas y dos grupos focales a alumnos y graduados (24) De acuerdo con los objetivos se seleccionaron agentes que pudieran proveer información valiosa, es decir informantes clave tanto del diseño y gestión de la política como aquellos que fueron receptores y beneficiarios de esta. El principal instrumento de indagación elegido fue la entrevista semiestructurada y en profundidad juntamente con la lectura y análisis de documentos institucionales.

Entrevistados: Expertos y profesionales del campo de la ingeniería y gestores políticos y diseñadores participes en las políticas públicas implementadas. La evidencia de los expertos fue obtenida de personas de quienes se obtuvo información sobre sus percepciones, experiencias y proyecciones futuras relacionadas con la formación de la ingeniería en el país. Funcionarios universitarios: Profesionales/Académicos que se desempeñan en las carreras de ingeniería como decanos vicedecanos, o ex funcionarios de equipos de gestión, secretarios y/o consejeros. Profesores responsables de ciclos y/o cátedras. Estudiantes avanzados de carreras de ingeniería y /o graduados recientes. Funcionarios o representantes de organismos públicos con capacidad de decisión sobre las políticas para formación de ingenieros: actores clave de MEN, SPU y MINCYT, CONFEDI; CAI y cámaras industriales. Representantes de diferentes sectores de la industria y la producción e innovación tecnológica.

Para llevar a cabo este plan de construcción de información y datos para su posterior análisis se decidió un modelo de indagación instrumental de casos Stake (1998). Se seleccionaron 4 universidades públicas con carreras de ingeniería, se relevó información proveniente de documentos y de informantes clave de estas que den cuenta de las acciones realizadas en cada caso vinculadas con las políticas de formación e ingenierías. Las instituciones fueron seleccionadas de manera intencional concebidas como instrumentos que permiten alcanzar mayor comprensión acerca de los efectos, impactos y alcances del objeto de estudio: la interacción entre las políticas, las instituciones y los sujetos.

	Institución 1	Institución 2	Institución 3	Institución 4
INSTITUCIÓN	UBA	UNLAM	UNLZ	UTN
ACTORES	Decanos secretarios, docentes	Decanos secretarios docentes alumnos	Decanos secretarios docentes alumnos-graduados	Decano Docentes
OTROS ACTORES STAKE HOLDERS Y EXPERTOS (EN ALGUNOS CASOS SON DOCENTES DE ALGUNA DE ESTAS INSTITUCIONES)				
IDEAS (CATEGORIAS ORGANIZADAS EN 4 DIMENSIONES)	1. Políticas públicas relacionadas con la formación de ingenieros, 2. Ingeniería, Innovación tecnológica, diseño y proyecto Futuro, prospectiva de la ingeniería en Argentina y su formación 3. Enseñanza, curriculum, innovación pedagógica, docencia, perfiles y competencias del ingeniero 4. Acreditación, evaluación, calidad			

3- Desarrollo

En función de los análisis realizados de acuerdo con las categorías seleccionadas, los entrevistados centraron en algunos aspectos pedagógicos y curriculares sus apreciaciones, los que son considerados altamente significativos, como línea de base, para concebir un modelo alternativo de formación. Algunos de los pasajes relevados presentan los siguientes tópicos: currículum por competencias, prácticas profesionalizantes, centralidad del estudiante, uso de tecnologías, revisión de las ciencias básicas en el diseño curricular, del perfil del ingeniero, las tareas dentro y fuera del aula, entre otros aspectos. En este trabajo sólo se reproducen algunos párrafos a modo ilustrativo del contenido que permitió abordar los ejes sustantivos para la propuesta modélica:

Docente 1: El problema es que los estudiantes con la matemática de Kochin se aburren y abandonan. Hay un gran porcentaje de abandono por aburrimiento, no les interesa. A ellos les interesa resolver problemas y usar los instrumentos que ellos usan todos los días. No tiene sentido que el profesor explique en el pizarrón el límite y cuando tiende a infinito entonces el límite queda indeterminado.

Docente 2: El currículum por competencia no se desarrolla en Argentina está muy atomizado, no hay que estar dividiendo álgebra, análisis, geométrica analítica, hay que ensayar una temática y mezclar el álgebra con la geometría analítica y con las matrices y con todo. Los compartimientos estancos son terribles. Es que el STEM¹ tiende a que todo sea interdisciplinario. Aún dentro de la matemática, juntar álgebra con análisis, con geometría analítica. En un problema está todo, los problemas no se pueden resolver separadamente.

Docente 3: esto pasa por cómo se da la clase, de concreción del nivel del aula. Si el docente no cambia, no vamos a tener cambios posibles en ingeniería. Si no entendemos que la pedagogía la tenemos que hacer con los estudiantes, pero en ingeniería está es cuestión muy verticalista.

Docente 3: En la formación del ingeniero debe tenerse en cuenta que el estudiante se posiciona diferente según el año que está cursando. En los primeros años es necesario abordar todo aquello que la didáctica nos permite tomar. En los últimos años los estudiantes, casi colegas, requieren definiciones, o plantean discusiones desde lo disciplinar.

Secretario universidad: Gracias a la computación, nosotros los profesores debemos poner mucho más esfuerzo en el planteo del problema no en la resolución matemática, Cualquier soft matemático nos pasa por arriba a cualquier profesor de matemática, resuelve las cosas que manualmente es imposible o hubiera durado horas y horas trabajar sobre ese tema.

Secretario 2: hubo cambios en algunas estrategias de enseñanza, sobre todo de las Ciencias Básicas y hubo una apoyatura por parte de la institución cuando se dictaron los cursos para trabajar de aulas virtuales.

¹ STEM: ciencias, tecnología, ingeniería y matemática.

Decano 1: Creo que hay una falla de parte de las universidades en cuanto a la forma en la que se enseña ingeniería. Creo que los chicos hoy tienen más ganas de hacer que de aprender.

Decano 2: ¿Qué pasa si nosotros le damos un lugar a las empresas acá en la universidad para que el alumno pueda trabajar acá? No tenga que trasladarse y al mismo tiempo le ponemos un tope de 6 horas. El desarrollo del polo tecnológico en la universidad ha sido una de las innovaciones más importantes.

Experto 1: En el diseño curricular, la discusión sobre competencias y que profundiza en el tema lo empiezan a entender, pero políticamente deciden no avanzar. ¿Qué es lo común? Los ingenieros discutían eso ¿Qué tienen en común ¿Qué tiene de ingeniero un ingeniero químico, un ingeniero civil, un ingeniero industrial?

Experto 2: Si tenés ingenieros solo de máxima duración de la formación es imposible que lleguen tantos. Europa tienen ingenieros civiles que hacen toda la parte de ejecución, mantenimiento. El peso de ingeniería es fuerte, está haciéndose un esfuerzo muy grande. Da otras oportunidades a ese título, porque no es lo mismo tres años para ser técnico que 5 para ingeniero.

Alumno 1: El tipo de evaluación está dissociada de lo que ocurre en las clases. Los profesores exigen más de lo que explican y desarrollan en clases. Se necesita refrescar conocimientos previos trabajados en materias que han quedado muy lejos en el tiempo del cursado.

4. Conclusiones y prospectiva

Un modelo pedagógico curricular para enseñanza de la ingeniería

A partir de la investigación y mediante triangulación de datos cuali y cuantitativos, las conclusiones permiten dar cuenta de los impactos altamente significativos de la adopción de políticas públicas en el periodo mencionado, no obstante, algunas de las cuestiones pendientes se sostienen en el tiempo, fundamentalmente aquellas que afectan en forma más directa la formación: aspectos curriculares y de diseño didáctico.

Es por ello por lo que como aporte al campo se propicia la adopción de un modelo que facilite la implementación gradual de cambios en las carreras de ingeniería, orientándolas hacia la mejora de la calidad de los procesos de aprendizaje y la consecución de un perfil del graduado, acorde con los nuevos lineamientos previstos en los estándares de evaluación de la calidad.

Se plantea para ello el concepto de arquitectura del diseño curricular y el aprendizaje a fin de alcanzar los propósitos de renovación esperados. Basado a su vez en la perspectiva propuesta por Lerch&Dimitruk (2015) que sostiene que, en la ingeniería, es donde la imaginación crea lo inexistente, es la realidad la que sigue al pensamiento, a través de creaciones que no existen en la naturaleza. Es la profesión que tiene como eje la resolución de problemas. Una vez que se diagnostica el problema se procede a pensar una solución, la más apropiada pertinente y conveniente. La óptima en el sentido de elegir una entre varias posibles. El diseño representa la solución propuesta al problema. Diseñar productos, o partes de ellos, requiere de la consideración

del comportamiento que éstos tendrán en condiciones reales, es decir en interacción con las demás partes, integrando sistemas. El objetivo” y “el plan” detallado de las actividades requeridas para la realización de lo diseñado, considerando los recursos a emplear en cada una de ellas, incluido el tiempo requerido- ordenados cronológicamente.



Elaboración propia a partir de Lerch Dimitruk (2015)

Los núcleos clave desde una perspectiva pedagógica para el desarrollo de la propuesta están centrados en los siguientes desafíos que constituyen una nueva concepción basada en estos presupuestos.

- a) Desarrollo de competencias
- b) Centralidad del estudiante y aprendizaje autónomo
- c) Innovaciones pedagógicas: CDIO- STEM- TIC
- d) Renovación de las estrategias de enseñanza
- e) Rediseño de la evaluación de los aprendizajes

Este modelo propicia un modelo concebido como *arquitectura* porque este concepto remite al arte, y a la construcción. La propuesta curricular y pedagógica para enseñar ingeniería es sin lugar a duda una construcción situada, contextualizada y artística, porque cada institución universitaria debe poder insertar allí su propia impronta. Es por ello por lo que se presenta un modelo arquitectónico que no pretende exhaustividad, ni exclusividad, sino por el contrario supone una invitación al arte de la construcción y el diseño pedagógico curricular. De este modo se configuran dos modelos arquitectónicos uno pensando en el diseño curricular y otro que reconfigure pedagógicamente la formación: **Arquitectura del aprendizaje en ingeniería**



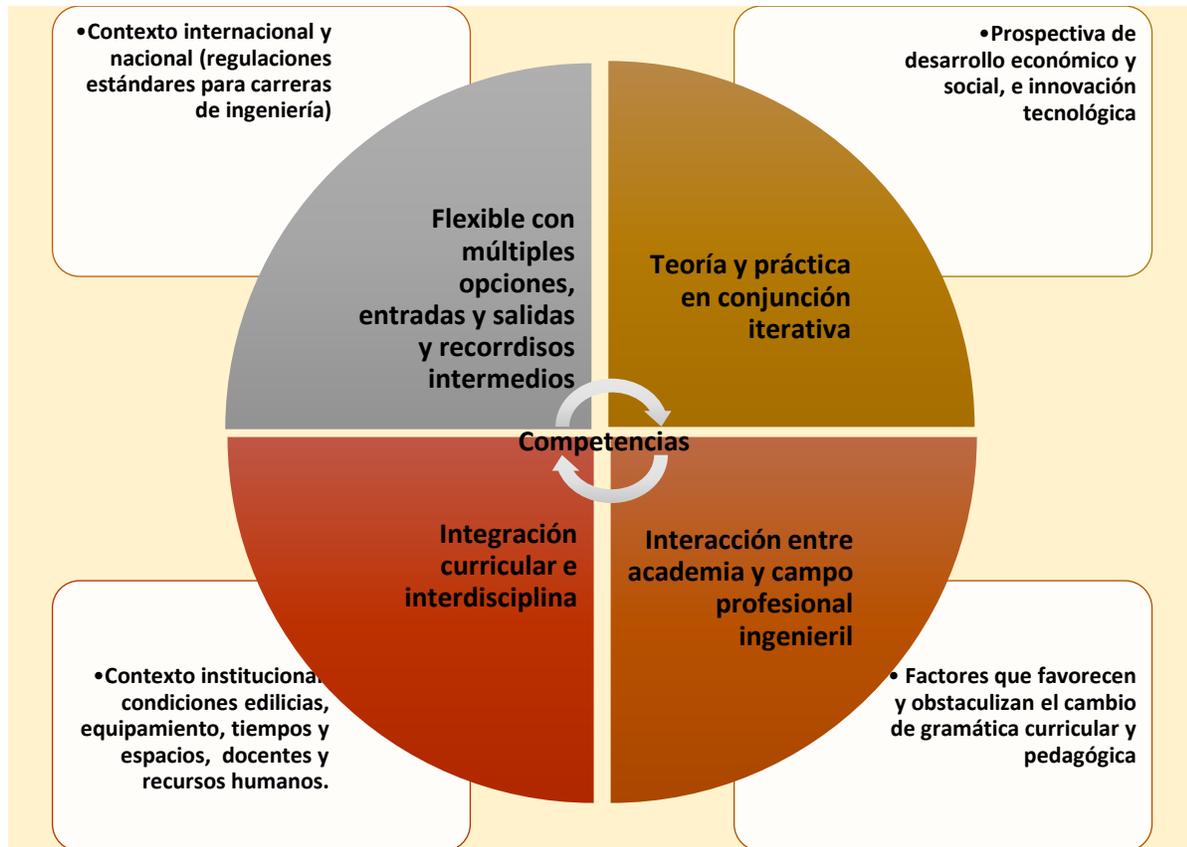
Fuente: Elaboración propia

Usando a su vez el modelo CDIO: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, marco de trabajo desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Instituto Real de Tecnología de Suecia (KUT), Adoptar CDIO implica realizar reformas curriculares, transformaciones en las culturas docentes, metodologías de enseñanza y evaluación, en la arquitectura del aula y en las concepciones acerca del conocimiento.

El STEM, es un enfoque de enseñanza de ciencias, tecnología, ingeniería y matemática, un paradigma para la enseñanza de estas disciplinas que motoriza nuevos modos de acceso a los conocimientos. Grinsztajn & Imperiale (2018). Las claves del CDIO y del STEAM se pueden encontrar en la concepción de aprendizaje integrado. El mundo en el cual vivimos y en el cual los futuros ingenieros deberán desempeñarse requiere flexibilidad, indagación constante creatividad, y los diseños curriculares y pedagógicos deben apoyar a los alumnos para que *"doten de sentido al flujo complejo y dinámico de información al que están expuestos y fomenten una comprensión profunda de la naturaleza de las interdependencias, espoleen la curiosidad y la indagación y sustenten la capacidad de desarrollar planes de vida"* (Schneider 2012)

Sumado al uso intensivo de tecnologías de la información y la comunicación, así como emergentes que propicien aulas extendidas y un aprovechamiento del tiempo y de los intercambios más intenso. La propuesta incluye algunos aspectos relevantes que los entrevistados valoran como necesidades de la formación: generar autonomía en el aprendizaje, utilizar tecnología para ello mediante diversas estrategias, como el uso de clase invertida, estrategias activas que promuevan el protagonismo del alumno, adopción de CDIO y STEM.

La perspectiva curricular que favorezca estos procesos para desarrollar aprendizajes profundos en ingeniería supone una **Arquitectura Curricular para ingeniería**:



Fuente: Elaboración propia

4. Referencias

- BAIN, K. (2007) *¿Qué es lo que saben sobre cómo aprendemos? Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Barcelona: Universitat de València.
- GRINSZTAJN F., IMPERIALE M. (2018) *Modelos innovadores de enseñanza de la ingeniería, secuencias didácticas integradas en el marco del CDIO y STEM* presentado en el SIMPOSIO Los desafíos de la Pedagogía en la universidad pública: hacia la integralidad de las prácticas universitarias del VIII Congreso Iberoamericano de Pedagogía "La innovación y el futuro de la educación para un mundo plural" Facultad de Ciencias Económicas-Buenos Aires
- LERCH C. & DIMITRUK A. (2015) *Enseñar ingeniería*. Material cedido por el Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Matanza (en prensa) UNLaM San Justo julio 2015.
- OSLAK O. Y O'DONNELL (1981) *Estado y políticas estatales en América latina: hacia una estrategia de investigación*. Centro de Estudios de Estado y Sociedad (CEDES) Documento G.E. CLACSO vol. 4 Buenos Aires.
- PÉREZ RASETTI C. (2004) *La acreditación y la formación de los ingenieros en la Argentina*. CONEAU <http://www.coneau.gov.ar/archivos/1244.pdf>

- SCHNEIDER (2012) *Aprendizaje integrado: Investigaciones internacionales y casos prácticos* Por D. Blackshields, J. G. R. Cronin, B. Higgs, S. Kilcommins, M. McCarthy, A. Ryan Narcea Edit. Pp.17 Madrid España.
- SOLANAS F. (2012) *El estado acreditador: del caso argentino al MERCOSUR. En Políticas de evaluación universitaria en América Latina* Perspectivas Críticas. Denise Leite et al. 1era ed. Ciudad de Buenos Aires. CLACSO – Instituto de investigaciones Gino Germani.
- STAKE. R. E. (1998) *Investigación con estudios de casos*. Morata 1º Edición., Madrid.
- CAI Centro Argentino de Ingenieros
- CDIO: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, marco de trabajo desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Instituto Real de Tecnología de Suecia (KUT),
- CONFEDI; Consejo de Decanos de Ingeniería
- MEN Ministerio de Educacion Nacional
- MINCYT, Ministerio de Ciencia y Tecnología
- PEFI Plan Estratégico de Formación de Ingenieros
- TIC Tecnologías de la Información y la comunicación
- SPU Secretaria de Políticas Universitarias
- STEM: Ciencia Tecnología Ingeniería y Matemática

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)