



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **ANÁLISIS DE LAS TRAYECTORIAS ACADÉMICAS DE LOS ALUMNOS DE INGENIERÍA**

**Daniel Santiago Fernández, Mónica Beatriz Guitart-Coria, Pablo Sebastián De Simone, Cristian Patricio Gamba, Norma Carina López, Julián Martínez, Martín Omar Silva, Emma Daniela Calderón, Alejo Agustín Ávila Maniero, Augusto Capone, Luciano Cattaneo Bonilla, Pedro Fontana, Jerónimo José Pérez Serpa**

**Universidad Nacional de Cuyo  
Mendoza, Argentina**

**Eduardo Grossi**

**Universidad Tecnológica Nacional  
Mendoza, Argentina**

**Fernando Cladera Ojeda**

**University of Pennsylvania  
Pennsylvania, United States**

## **Resumen**

El desgranamiento, la deserción y la duración de las carreras de Ingeniería son fenómenos que alteran tanto la vida académica como personal de los estudiantes.

Las investigaciones realizadas desde distintas universidades hacen pensar que los problemas de los estudiantes no son una excepción, pero también obliga a encontrar propuestas académicas que estimulen o mejoren o apoyen o acompañen el avance, considerando las posibilidades individuales de los alumnos.

Esta propuesta analiza las trayectorias académicas a través de la simulación y el análisis probabilístico, a fin de obtener modelos que den un buen ajuste de la realidad. Tras estos estudios, se han determinado puntos críticos y se espera poder definir modelos de trayectorias académicas con el objeto de acompañar a los estudiantes desde el comienzo de la carrera y crear las condiciones para optimizar su camino académico. Por experiencia, se sabe que muchas de las dificultades y obstáculos se presentan, especialmente, en los primeros años de la carrera, por lo que debemos adoptar estrategias y acciones para evitar o reducir estas situaciones.

Planteados los posibles modelos y descripto su comportamiento a través de modelos de probabilidad, se desarrollan pruebas de simulación para dar una propuesta que permita describir y predecir comportamientos en las trayectorias académicas.

La validación de los modelos se puede realizar con alumnos que ya han egresado y que, habiendo transitado la carrera en similares condiciones, permitan ver si los mismos se ajustan a sus propios recorridos académicos.

La intención es proponer mejoras para optimizar el recorrido hacia la obtención del título de Ingeniero con acciones específicas desde la didáctica y desde la mediación pedagógica.

**Palabras clave:** trayectorias académicas; puntos críticos; mediación pedagógica

### **Abstract**

*Engineering undergraduate degrees in Argentina are characterized by high failure rates, dropout and increasing degree lengths. These issues impact on both the personal and the academic life of students. Research has shown that the problems students face in our university are no exception. Therefore, new academic methods should be engineered, in order to stimulate, improve and support the progress of students through their academic journeys, taking into account the strengths and weakness of each of them.*

*This work is focused on the analysis of the academic journey of undergraduate students, by using simulation and probabilistic analysis. We aim to find models that represent such learning pathway. Afterwards, these models are used to find critical points in student academic journeys, where progress halts, and propose improvements on the learning pathway. Indeed, practical experience has shown that students face the most difficult problems at the beginning of their academic journeys. Hence, after describing probabilistic models to describe them, simulation tests will be performed in order to create standard academic paths, that may reduce the degree length and decrease the dropout rate.*

*The validation of the models will be done using the learning pathway of alumni, where we expect to find a match between our models and their academic journeys. Our final objective is to improve the time and resources used to obtain an Engineering degree, with focus on pedagogical mediation strategies and didactics.*

**Keywords:** academic pathway; critical points; pedagogical mediation

## **1. Introducción**

La promoción del mejoramiento de la calidad de la enseñanza en carreras de Ingeniería ha sido trabajada por muchos investigadores desde hace varios años, a través de planes de mejoramien-

to que han comprometido tanto a las autoridades como a los docentes. En Argentina hay numerosos antecedentes de acciones tendientes a disminuir la deserción y el desgranamiento estudiantil. Basta para ello indagar las presentaciones realizadas en los distintos Congresos Argentinos de Enseñanza de la Ingeniería.

La deserción y el desgranamiento son problemas comunes en las carreras de Ingeniería. Una primera idea intuitiva lleva a pensar sobre el nivel con el que los aspirantes llegan a la Universidad, la escasa predisposición de los alumnos a estudiar, etcétera. Pero no sería correcto quedarse con este descargo sin tomar acciones que indaguen más profundamente la problemática.

En proyectos anteriores, se ha trabajado en líneas que permitieron dar apoyo al mejoramiento del proceso de formación de los futuros ingenieros, a través de la reformulación y seguimiento de planes de estudio, la modernización y fortalecimiento de las instancias de gestión académica, el apoyo al mejoramiento de la formación práctica y, la reformulación de estructuras de contenidos y prácticas pedagógicas. Gran parte de las acciones se enfocaron en la mejora de la relación docente/alumno, en la creación de un sistema de tutorías para el apoyo y seguimiento de los alumnos, en la instauración de becas de ayuda económica, entre otras. Sin embargo, las investigaciones desarrolladas por el equipo de trabajo en torno a los espacios curriculares de la Facultad han detectado situaciones propias de los planes de estudios y de los espacios curriculares (especialmente en las Ciencias Básicas y en los primeros años de estudio) que también influyen de manera notable en el avance y rendimiento de los estudiantes.

Las publicaciones especializadas reconocen que tanto la deserción como el desgranamiento, se vinculan con las estrategias de enseñanza en las entidades de formación superior.

Por esto, la intención de la presente investigación apunta a detectar factores académicos, vinculados a los planes de estudios y sus espacios curriculares, que interfieren en el rendimiento académico, el desgranamiento y la permanencia de los alumnos en la institución y en la duración real de la carrera. Para ello, se tuvo que:

- Explorar el sistema de datos académicos referidos al desempeño académico de los alumnos de la institución.
- Explorar el sistema de datos académicos en lo referido al avance de los estudiantes por los espacios curriculares.
- Determinar puntos críticos para analizar las trayectorias académicas a través de índices (desgranamiento, deserción, permanencia, duración real de las carreras) medidos y utilizados en la unidad académica.

## 2. Propuesta de investigación

Las investigaciones realizadas desde distintas universidades hacen pensar que los problemas de los estudiantes no son una excepción, pero obliga a encontrar propuestas académicas que estimulen, mejoren, apoyen o acompañen el avance, considerando las posibilidades individuales de los alumnos.

Los especialistas sugieren acompañar a los alumnos mediando desde su propio contexto (personal, social, económico, geográfico, institucional, ...) para considerar la capacidad de adaptación de cada alumno al modelo de educación de la Facultad. Se sabe que los factores que influyen en sus vidas pueden afectar de distinta manera en la misma, de este modo, los factores actúan de manera positiva o negativa sobre la retención y el desgranamiento universitario. Por esto, es necesario investigar cuáles son los factores de mayor impacto positivo y negativo en las trayectorias académicas de los alumnos, a fin de potenciar los aspectos deseados y evitar los no deseados.

Actualmente, casi todas las carreras de la Facultad de Ingeniería se encuentran sujetas al proceso de acreditación llevado a cabo por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, por lo que hay un trabajo continuo con la información producida por los resultados académicos de los alumnos, además de contar con las críticas recibidas a lo largo de todos estos años de evaluación interna y externa.

Dadas estas condiciones, es necesario adoptar estrategias y acciones para intervenir en la deserción y el desgranamiento de los alumnos explicando el ritmo de avance de sus trayectorias académicas a través de modelos que las describan y permitan identificar los puntos críticos que se presentan en las distintas etapas de cada carrera.

En investigaciones previas se ha probado que los alumnos poseen claras y evidentes diferencias desde su etapa de aspirantes, lo cual ha ayudado a tomar decisiones o proponer acciones desde la gestión para realizar un acompañamiento acorde a las necesidades de los alumnos.

Para detectar factores académicos que interfieren en el rendimiento están trabajando en distintas actividades que parten desde una profunda exploración del sistema de datos académicos referidos al desempeño de los alumnos de la institución a fin de determinar puntos críticos en los trayectos académicos a través de índices (desgranamiento, deserción, permanencia, duración real de las carreras) medidos y utilizados en la Unidad Académica para producir información objetiva para programar las políticas de apoyo académico en la enseñanza de las asignaturas con mayores dificultades, hasta la recuperación de resultados de investigaciones propias y ajenas en temas relacionados con las trayectorias académicas de alumnos de Ingeniería para trabajarlos desde un análisis estadístico que involucra estudios descriptivos e inferenciales a través de simulaciones y cadenas de Markov.

El análisis markoviano en educación exige análisis previos y debe contemplar muchas facetas que deben ser trabajadas de manera conjunta (o no), de acuerdo al caso. Entre ellos, se destacan: la carrera, la escuela secundaria de procedencia, la edad al ingresar, la situación laboral y la situación socioeconómica.

Los modelos markovianos son de gran utilidad en situaciones en que los parámetros de los procesos de decisión están afectados por decisiones previas, o por variables externas de carácter cronológicamente dinámico. Si bien esta idea es la que perseguimos, las bases de datos deben estar muy bien 'pensadas' para que permitan un correcto análisis de este tipo. Las cadenas de Markov ofrecen una serie de posibilidades que eliminan algunos problemas (si se ha realizado un trabajo profundo de análisis de los datos a partir de su cronología y relación) y permiten realizar un aná-

lisis de predicción a partir de los datos observados, sin que existan opciones externas apriorísticas que desvirtúen el modelo favoreciendo a un estado determinado.

Como el objetivo último (y más ambicioso) es poder hacer simulaciones a partir del camino realizado por los alumnos, a fin de proponer la mejor trayectoria o de evaluar las consecuencias de una determinada elección, se debe saber que la eficacia de una intervención en una práctica educativa depende tanto de la validez de la propuesta didáctica o del método utilizado, como de la oportunidad de implementación.

### 3. Acciones implementadas

Se ha trabajado suponiendo distintos puntos de partida, uno de ellos presume que todos los estudiantes tienen las mismas posibilidades y que es la carrera (plan de estudio, carga horaria, espacios académicos, sistemas de evaluación, etcétera) la que produce cambios en sus posibilidades de avance; el otro asume que hay diferencias previas al ingreso que dividen a los alumnos en grupos, de acuerdo a la capacidad de adaptación al sistema (aunque se supone que surgirán subgrupos de acuerdo al nivel académico previo).

La exploración de los datos del rendimiento académico se ha realizado por cohortes, evaluando la relación ingreso/egreso, la reinscripción anual, la repitencia, la duración real de las carreras, resultados de exámenes finales por espacios curriculares y otros indicadores, en función de la información disponible.

Planteados los posibles modelos y descrito su comportamiento a través de modelos de probabilidad, se están desarrollando pruebas de simulación para dar una propuesta que permita describir y predecir comportamientos en las trayectorias académicas.

La validación de los modelos se puede realizar con alumnos que ya han egresado y que, habiendo transitado la carrera en similares condiciones, nos permitan ver si los modelos se ajustan a sus propios recorridos académicos.

### 4. Primeros resultados

Para el presente trabajo no es correcto partir de la suposición de igualdad respecto al bagaje que los alumnos traen al ingresar porque, como se ha expuesto anteriormente, los alumnos tienen características propias que se detectan por ciclo y por carrera. La suposición de considerar que todos los ingresantes/alumnos intermedios/alumnos avanzados llegan en las mismas condiciones a cada punto crítico, puede resultar útil cuando no se conoce a la población en estudio, pero investigaciones anteriores han mostrado que hay diferencias (en muchos casos significativas) entre los alumnos discriminados por ciclo y carrera, desde que son aspirantes.

Al describir el comportamiento observado en las bases de datos se pueden determinar algunos puntos críticos que, en cierto modo, determinan las trayectorias académicas y condicionan las probabilidades de desgranamiento, abandono y cambios de carrera de los alumnos.

Las asignaturas que determinan puntos críticos negativos, es decir, que al no ser aprobadas, obstaculizan seriamente el desarrollo de una trayectoria académica que avizore un rendimiento que promueva el egreso, son: Álgebra, Análisis Matemático I, Análisis Matemático II, Electrotecnia, Física I, Física II, Química General y Termodinámica. Estas asignaturas, si bien no son las únicas, son las que producen cambios más significativos en las trayectorias académicas.

Después de superar los dos primeros años, suele ser más fluido el recorrido, tanto por la experiencia obtenida como alumnos universitarios como por los conocimientos adquiridos. Aunque se observan otros puntos críticos que, en muchos casos, determinan la continuidad de la carrera. Las asignaturas que más dificultades presentan son, de acuerdo con la carrera:

Para Ingeniería Civil: Estabilidad II, Hormigón II, Tecnología del Hormigón

Para Ingeniería Industrial: Mecánica Aplicada, Mecánica de los Fluidos, Mecánica y Mecanismos

Para Ingeniería en Mecatrónica: Mecánica Aplicada, Mecánica de los Fluidos, Mecánica Vibratoria

Para Ingeniería de Petróleos: Geología General, Mecánica Aplicada, Perforación I

Al advertir las dificultades indicadas por los alumnos, se realizó un estudio meticuloso de cada punto crítico.

Si bien hay detalle por carrera y por ciclo, para este trabajo sólo se mencionan las causas que ocasionaron las dificultades en las asignaturas que son los puntos críticos:

Tabla 1. Dificultades en las asignaturas que constituyen puntos críticos

Causa	Porcentaje
Cátedra	47%
Personales	21%
Otros	11%
Familiares	7%
Compañeros	4%
Económicos	4%
Institucionales	3%
Integración al grupo	2%

Al ver que la causa que aparece con mayor frecuencia en las dificultades que los alumnos tienen con la asignatura es la misma cátedra, se recurre al estudio sobre cuáles son los aspectos internos a las cátedras que más problemas ocasionan a los alumnos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Problemas con la cátedra

Problemas	Porcentajes
Explicación en clases	16%
Organización de la cátedra	16%
Régimen de evaluación	13%
Relación entre lo dado y lo pedido	13%
Falta de material didáctico	11%
Falta de conceptos previos	11%
Trato personal	9%
Otros	8%
Cumplimiento del horario	4%

Por otro lado, y ahora incorporando a todas las asignaturas, también es necesario conocer las dificultades que afrontan los alumnos en los exámenes finales, ya que, en muchos casos, las asignaturas no presentan grandes dificultades durante el cursado, pero sí en los exámenes finales. Los resultados son:

Tabla 3. Dificultades en los exámenes finales

Dificultades	Porcentajes
Tiempo disponible para preparar la materia, debido a las exigencias del calendario académico y el sistema	13%
El modo de evaluar	13%
Escaso tiempo que, por razones personales, le dedicó a la preparación de la asignatura	9%
Falta de conocimientos previos	9%
Su actitud personal a la hora de rendir	8%
Falta de capacidad para relacionar los temas de la asignatura	8%
El trato personal	7%
Tiempo excesivo de la espera para ingresar al examen	7%
Excesivo tiempo de duración del examen	6%
Falta de relación entre el material de la cátedra, la bibliografía sugerida y el desarrollo de los temas en clase con lo evaluado en el examen final	5%
Escaso tiempo de duración del examen	5%
Falta de capacidad para expresarse de manera oral	5%
Otro/s	4%
Falta de capacidad para expresarse de manera escrita	2%

## 5. Avances, resultados obtenidos, resultados esperados y propuestas a futuro

Como resultado final de la investigación se espera identificar situaciones particulares de la gestión curricular que estén interfiriendo en el desempeño de los estudiantes y, consecuentemente, en el desgranamiento y la conclusión tardía de los estudios.

Las cátedras que constituyen puntos críticos han recibido la información obtenida y, con la ayuda del equipo de apoyo pedagógico, han realizado una crítica hacia el interior de las mismas. En varios casos han propuesto planes de mejora o cambios que permitan un mayor acompañamiento de los alumnos.

Con las acciones realizadas en este proceso de la investigación, se aspira a:

- Evaluar la suficiencia de los indicadores disponibles en el sistema informático de la Unidad Académica, la necesidad de construir otros con la información existente o de recopilar información para crear nuevos indicadores.
- Determinar/Confirmar los puntos críticos que se presentan como hitos (positivos o negativos) en las trayectorias académicas a fin de realizar acciones coherentes con los resultados, especialmente en las asignaturas que fundan la educación de los futuros ingenieros.
- Actualizar o desarrollar un software para el análisis sistemático de la información vinculada a los indicadores estudiados.
- Proponer estrategias a través de informes predictivos markovianos.
- Sistematizar los procedimientos para el análisis de datos del sistema de la Facultad.
- Proponer posibles medidas correctivas en los planes de estudios.

Los datos han permitido realizar el estudio de las trayectorias en las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial e Ingeniería de Petróleos. La carrera de Ingeniería en Mecatrónica tiene un sistema de selección distinto y comparte las primeras asignaturas con las otras ingenierías, por lo que su estudio se debe enfocar de otra manera y es una de las propuestas a futuro.

Una intención a futuro es incorporar a las dos carreras nuevas de la Facultad, Arquitectura y Licenciatura en Ciencias de la Computación, que aún no tienen egresados. Para poder aplicar esta propuesta completa se debe tener más información, aunque esto no limita para poder adelantarse a las dificultades y realizar un análisis exploratorio desde la primera vez que se cursen las distintas asignaturas. Por esto, será importante enfocarse en estas asignaturas, detectadas como puntos críticos, para mejorar el desempeño de los futuros ingenieros.

## 6. Referencias

- Gerdes, H., Mallinckrodt, B. (1994). Emotional, Social, and Academic Adjustment of College Students: A Longitudinal Study of Retention. *Journal of Counseling and Development*, Vol. 72, No. 3, pp. 281-288.
- Leone, L., Veizaga, K., Conforte, J., Zanazzi, J. (2014). Modelos para explicar el desgranamiento en una carrera de Ingeniería. *Actas del 12° Simposio Argentino de Investigación Operativa, SIO, 43 JAIIO*, Buenos Aires, pp. 25-32.
- Lundholm, C., Plummer, R. (2010). Resilience and learning: A conspectus for environmental education. *Environmental Education Research*, Vol. 16, No 5-6, pp. 475-491.



- Sriskandarajah, N., Bawden, R., Blackmore, C., Tidball, K., Wals, A. (2010). Resilience in learning systems: Case studies in university education. *Environmental Education Research*, Vol. 16, No 5-6, pp. 559-573.
- Wintre, M., Bowers, C., Gordner, N., Lange L. (2006). Re-Evaluating the University Attrition Statistic: A Longitudinal Follow-Up Study. *Journal of Adolescent Research*, Vol. 21, pp. 111-132.

### Sobre los autores

- **Daniel Santiago Fernández:** Ingeniero Civil, Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Nacional de Cuyo. Profesor Titular y Decano. [daniel.fernandez@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:daniel.fernandez@ingenieria.uncuyo.edu.ar)
- **Mónica Beatriz Guitart-Coria:** Profesora en Matemática, Física y Cosmografía, Licenciada en Matemática, Experta Universitaria en Indicadores y Estadísticas Educativas, Especialista en Docencia Universitaria, Doctora en Educación de la Universidad Nacional de Cuyo. Profesora Adjunta y Directora de Asuntos Estudiantiles. [monica.guitart@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:monica.guitart@ingenieria.uncuyo.edu.ar)
- **Pablo Sebastián De Simone:** Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Cuyo, Master en Ingeniería École Nationale d'Ingénieurs de Metz. Profesor Titular y Director General Carrera Ingeniería Industrial. [pablo.desimone@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:pablo.desimone@ingenieria.uncuyo.edu.ar)
- **Cristian Patricio Gamba:** Analista Universitario de Sistemas, Licenciado en Gestión Institucional y Curricular, Especialista en Docencia Universitaria de Universidad Nacional de Cuyo. Jefe de Trabajos Prácticos. [cristian.gamba@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:cristian.gamba@ingenieria.uncuyo.edu.ar)
- **Eduardo Grossi:** Licenciado en Economía de Universidad Nacional de Cuyo. Jefe de Trabajos Prácticos. [eduardo.grossi@fce.uncu.edu.ar](mailto:eduardo.grossi@fce.uncu.edu.ar)
- **Norma Carina López:** Profesora de Matemática y Computación de la Universidad Juan Agustín Maza. Jefa de Trabajos Prácticos. [normacarinalopez@hotmail.com](mailto:normacarinalopez@hotmail.com)
- **Julián Martínez:** Ingeniero Industrial Universidad Nacional de Cuyo. Jefe de Trabajos Prácticos. [julianmartinezcinca@gmail.com](mailto:julianmartinezcinca@gmail.com)
- **Martín Omar Silva:** Analista de Sistemas de la Universidad Católica Argentina. Profesor Asociado. [msilva@uncu.edu.ar](mailto:msilva@uncu.edu.ar)
- **Fernando Cladera Ojeda:** Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad Nacional de Cuyo y de la École Nationale d'Ingénieurs de Brest, M. SC. Sistemas Embebidos de la Université de Rennes 1. Estudiante en el M. Sc. Robótica, University of Pennsylvania. [fclad@seas.upenn.edu](mailto:fclad@seas.upenn.edu)
- **Emma Daniela Calderón:** Técnica en Gestión y Administración de las Organizaciones de la Universidad Nacional de Cuyo. Directora de Dirección de Gestión de la Información Facultad de Ingeniería UNCuyo. [ecaldero@uncu.edu.ar](mailto:ecaldero@uncu.edu.ar)
- **Alejo Agustín Ávila Maniero:** Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Cuyo, Técnico en Industria de Procesos. [avilalejo@gmail.com](mailto:avilalejo@gmail.com)
- **Augusto Capone:** Estudiante de Ingeniería, École Nationale d'Ingénieurs de Brest. Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Nacional de Cuyo. [caponeaugusto@gmail.com](mailto:caponeaugusto@gmail.com)

- **Luciano Cattaneo Bonilla:** Estudiante de Ingeniería Industrial en Universidad Nacional de Cuyo. Ayudante de Segunda. [lucianocattaneob@gmail.com](mailto:lucianocattaneob@gmail.com)
  - **Pedro Fontana:** Estudiante de Ingeniería, École Nationale d'Ingénieurs de Brest. Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Nacional de Cuyo. [pedro.fontana.1996@gmail.com](mailto:pedro.fontana.1996@gmail.com)
  - **Jerónimo José Pérez Serpa:** Estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Cuyo. [jeroserpa@gmail.com](mailto:jeroserpa@gmail.com)
- 

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)