

ANÁLISIS DE LAS TRAYECTORIAS EDUCACIONALES EN CURSOS CRÍTICOS, QUE LLEVAN A EGRESO TARDÍO EN INGENIERÍA CIVIL EN OBRAS CIVILES, MEDIANTE MINERÍA DE PROCESOS.

Juan Pablo Salazar Fernández, Universidad Austral de Chile, juansalazar@uach.cl

Marcos Sepúlveda Fernández, Pontificia Universidad Católica de Chile, marcos@ing.puc.cl

Jorge Muñoz-Gama, Pontificia Universidad Católica de Chile, jmun@uc.cl

Gert Janssenswillen, Hasselt University, gert.janssenswillen@uhasselt.be

RESUMEN

Tanto a nivel nacional como internacional, existe preocupación por las bajas tasas de egreso y titulación oportuna en carreras de ingeniería. Aun cuando los programas MECESUP, en Chile, han invertido cuantiosos recursos para apoyar a las universidades en la implementación de cambios en su proceso formativo, y existe consenso respecto de las consecuencias sociales y económicas que tiene la excesiva duración efectiva de las carreras de ingeniería, la identificación de las causas y el monitoreo de las soluciones no es una tarea sencilla. Este caso de estudio busca ilustrar cómo las técnicas de minería de procesos pueden ayudar a comprender las trayectorias educacionales que llevan a retrasar el egreso de estudiantes de ingeniería, mediante el análisis del historial académico en cursos críticos. El análisis fue realizado para las cohortes 2007-2009 de Ingeniería Civil en Obras Civiles de la Universidad Austral de Chile. Los resultados revelan que la mantención de cursos críticos reprobados pendientes en semestres consecutivos, las secuencias de cursos que no han sido diseñadas para el estudiante promedio, y la alta reprobación en cursos específicos, son aspectos que se relacionan con el egreso tardío. Estos hallazgos son útiles para gestores educacionales, ya que pudieran estar relacionados con condiciones de entrada, diseño curricular o motivación estudiantil.

PALABRAS CLAVES: Cursos Críticos, Minería de Procesos, Trayectorias Educacionales, Educación en Ingeniería

INTRODUCCIÓN

En el mundo occidental, la duración de los estudios de ingeniería y la baja tasa de graduación oportuna son una preocupación creciente. Aun cuando, a nivel mundial, ha crecido la cobertura de la educación superior (Marginson, 2016), el ingreso de estudiantes a programas de ingeniería es insuficiente, la tasa de graduación es baja (Boles & Whelan, 2013) y el tiempo que tardan en graduarse quienes lo hacen, no sólo es alto (Behr & Theune, 2016), sino que además ha crecido en las últimas décadas (Bound, 2010). En Chile, tanto la duración de los programas de ingeniería como la baja titulación oportuna han sido preocupaciones relevantes de las políticas públicas en los últimos años (OECD/ The World Bank, 2009) (CORFO, 2016), no observándose aún mejoras significativas en la titulación oportuna (SIES, 2017).

La finalización oportuna de estudios de pregrado es un tema que no ha sido suficientemente investigado a nivel internacional (Behr & Theune, 2016). A nivel de doctorado, ha existido mucha investigación acerca de los factores que afectan la graduación oportuna (Ferrer de Valero, 2001;

Geven, Skopek & Triventi, 2018), pero históricamente, la preocupación principal respecto de la progresión académica en pregrado ha sido la deserción, en particular aquella que ocurre al término del primero año (Tinto, 2006; Kuley et al, 2015). La investigación acerca de las causas de la graduación tardía se ha concentrado en temas relativos al financiamiento (Häkkinen & Uusitalo, 2003; Garibaldi et al, 2012) y el efecto del trabajo en la progresión académica (Häkkinen, 2006; Behr & Theune, 2016). La relación entre el currículum y la graduación tardía ha sido menos estudiada, aun cuando trabajos recientes analizan la relación entre la progresión académica y el retraso en la graduación (Yue & Fu, 2017; Rawatlal, 2018). Aun cuando el foco principal de la investigación de Suresh (2006) fue la relación entre los resultados en cursos críticos y la deserción en ingeniería, él identificó un grupo de estudiantes, a quienes denominó “struggling persisters”, quienes se graduaban tardíamente, aunque sentían que el sistema los empujaba a desertar, debido a que avanzaban con dificultad. Recientemente, Rawatlal (2018) utilizó teoría de grafos para identificar cursos cuya reprobación produce mayor retraso en el egreso, en un programa de ingeniería química. El rol que cumplen los cursos de alta reprobación en un proceso conocido como selección natural de estudiantes, es algo bastante aceptado entre los académicos en ingeniería (Hang & Collofello, 2008), y ha sido más estudiada su relación con la deserción que con el retraso en el egreso de quienes persisten.

En base a la revisión bibliográfica realizada, creemos que el análisis de las trayectorias educacionales de los estudiantes de ingeniería que egresan de forma tardía, podría ayudar a la comprensión de este fenómeno y que, posteriormente, estos hallazgos podrían ser utilizados para revisar tanto el currículum como las condiciones institucionales en que dicho currículum se desarrolla. En particular, el análisis de las trayectorias educacionales en cursos críticos, realizado a diferentes niveles de agregación (cursos individuales, secuencias y grupo completo de cursos críticos) puede entregar más información acerca de las posibilidades de intervención a nivel institucional, respecto del análisis que pudiera realizarse sólo a nivel de cursos.

El propósito de este caso de estudio es, entonces, aportar a la comprensión del fenómeno del egreso tardío, por medio del análisis de las trayectorias educacionales en cursos críticos. Para ello, nos hemos planteado dos preguntas de investigación, que buscan analizar las trayectorias a diferentes niveles de agregación:

(PI-1) ¿Qué elementos describen la gestión que hacen los estudiantes, respecto de los cursos críticos reprobados pendientes, y que se asocian con el egreso tardío?

(PI-2) ¿Qué características tienen las trayectorias educacionales, en la secuencia de cursos críticos, que se asocian con el egreso tardío?

Para responder a dichas preguntas, se utilizaron técnicas de descubrimiento y análisis de procesos, con el objetivo de analizar las trayectorias educacionales en cursos críticos, de estudiantes egresados de Ingeniería Civil en Obras Civiles (ICOC) de la Universidad Austral de Chile (UACH), pertenecientes a las cohortes 2007 a 2009.

DESARROLLO

Este caso de estudio analiza las trayectorias educacionales en cursos críticos mediante la aplicación de técnicas de minería de procesos. Se utilizó como referencia la metodología de minería de procesos PM² (van Eck, Lu, Leemans & van der Aalst, 2015), que considera las etapas

de extracción de datos, generación de logs de eventos, descubrimiento de modelos y análisis. Para el descubrimiento y análisis de los modelos fue utilizada la herramienta BupaR¹ (Janssenswillen & Depaire, 2017), diseñada específicamente para la aplicación de técnicas de minería de procesos.

La etapa de extracción de datos consideró la anonimización de la información, actividad que fue realizada por la Dirección de Tecnologías de Información de la UACH, y la categorización de estados finales: ON-TIME-GRAD, para quienes a mayo de 2015 hubiesen egresado en una cantidad de años igual o inferior a la duración nominal del programa (11 semestres), LATE-GRAD, para quienes egresaron en un tiempo mayor y LATE-DROPOUT, para quienes desertaron después de una permanencia mínima de dos años en el programa. No se consideró, para efectos de este estudio, a los estudiantes que permanecieron un tiempo inferior a dos años en el programa.

Como cursos críticos, se consideró a aquellos que se ubicaron en el 5% de mayor reprobación, a nivel de Facultad, y tuvieron, considerando todo el período de análisis, un mínimo de 50 estudiantes inscritos. En el período considerado, los cursos de todos los programas de ingeniería de la facultad tuvieron una tasa de reprobación promedio de 16,2% (Desv. Estándar= 15,6%, Mediana= 11%), mientras que los cursos críticos tuvieron una tasa de reprobación entre 39% y 58%, correspondiendo en forma mayoritaria, pero no exclusiva, a cursos de Ciencias Básicas. Para el caso de ICOC, los 11 cursos críticos identificados (ver Tabla 1) pertenecen a los cinco primeros semestres del plan de estudios.

Tabla 1. Cursos críticos del plan de estudios de Ing. Civil en Obras Civiles

Semestre	Cursos Críticos
1	Álgebra, Geometría, Programación I
2	Cálculo I, Álgebra Lineal, Mecánica
3	Cálculo II, Ecuaciones Diferenciales, Termodinámica
4	Métodos Numéricos
5	Mecánica de Sólidos

Para responder a cada una de las preguntas de investigación, se construyeron logs de eventos en base a información proveniente del historial académico de los estudiantes. Los atributos de cada log de eventos son los siguientes: CASE-ID; EVENTO; TIMESTAMP-INICIO; TIMESTAMP-FIN. En minería de procesos, el CASE-ID es una etiqueta que permite identificar a cada secuencia de eventos (van der Aalst, 2016). En este caso, lo utilizamos para identificar la trayectoria educativa de cada estudiante. Como primer evento de cada trayectoria educativa, se registró el ingreso al programa de estudios (ENR, por Enrollment) y como último evento, el estado final alcanzado (ON-TIME-GRAD, LATE-GRAD o LATE-DROPOUT).

Para responder PI-1 y describir cómo gestionan los estudiantes los cursos críticos reprobados pendientes, e identificar los elementos de las trayectorias educativas que se asocian con el egreso tardío, se construyó y analizó un log de eventos que define 3 categorías para la situación académica obtenida por cada estudiante al término de cada semestre, considerando de manera global el grupo completo de cursos críticos:

¹ <https://www.bupar.net>

- EMPTY, en caso que el estudiante no haya finalizado el semestre con algún curso crítico reprobado pendiente,
- BAG, en caso que el estudiante haya finalizado el semestre con al menos un curso crítico reprobado pendiente, y
- STOPOUT, en caso que el estudiante no haya inscrito ningún curso ese semestre, sea o no un curso crítico.

Estas categorías representan la manera en que se registra en el log, el resultado obtenido por el estudiante al término de cada semestre.

Para responder PI-2 y describir las trayectorias educacionales en la secuencia de cursos críticos, se construyó un log de eventos que representara la secuencia de resultados en cada curso, distinguiendo sólo la aprobación o reprobación de cada curso. Por lo tanto, dichos eventos fueron etiquetados con la identificación del curso, unida a una etiqueta que indica si el curso fue aprobado (PASS) o reprobado (FAIL) en ese período académico.

RESULTADOS

Entre los años 2007 y 2009, ingresaron un total de 189 estudiantes a Ingeniería Civil en Obras Civiles. De ellos, a mayo de 2015 habían egresado 73 estudiantes (44 ON-TIME-GRAD y 29 LATE-GRAD) y habían desertado tardíamente 34 (LATE-DROPOUT). El resto se divide entre quienes desertaron tempranamente y quienes aún permanecían tomando cursos.

Trayectorias educacionales en el grupo de cursos críticos (PI-1).

La Fig.1 muestra las trayectorias educacionales, en el grupo de cursos críticos, separadas de acuerdo al estado final alcanzado, ON-TIME-GRAD, LATE-GRAD y LATE-DROPOUT.

Algunas características relevantes de las trayectorias que finalizan en ON-TIME-GRAD son las siguientes: los semestres BAG son poco frecuentes y los semestres BAG consecutivos son aún menos frecuentes. En su gran mayoría (43 de 44 estudiantes, un 97,73%), el primer evento posterior a ENR es EMPTY, lo que significa que casi no reprueban cursos críticos el primer semestre. Los STOPOUT son muy infrecuentes, y sólo una trayectoria incluye alguno. Aun cuando cerca de la mitad de los estudiantes tuvo algún semestre BAG (20 de 44, un 45,45%), el promedio de eventos BAG por estudiante es de sólo 0,64 (28 eventos en 44 estudiantes).

En el caso de las trayectorias que terminan en LATE-GRAD, vemos en (b) que el 86,21% de los estudiantes (25 de 29) tiene al menos un semestre BAG y que el 68,97% de los estudiantes (20 de 29) tiene semestres BAG consecutivos. En (a) tenemos que el promedio de semestres BAG por estudiante es 3,45 (100 eventos en 29 casos). No obstante, en (b) podemos ver que la proporción de estudiantes que tiene BAG como primer evento de resultado es minoritaria, un 17,24% (5 de 29). En (a) vemos que la frecuencia de semestres EMPTY es superior a la de semestres BAG (289 versus 100) y en (b) vemos los 29 estudiantes tienen semestres EMPTY consecutivos. Los STOPOUT son infrecuentes y no existen transiciones BAG > STOPOUT ni desde STOPOUT > BAG, lo que significa que el estudiante que hace STOPOUT no tiene cursos críticos reprobados pendientes ni tampoco reprueba cursos críticos después de haber hecho STOPOUT.

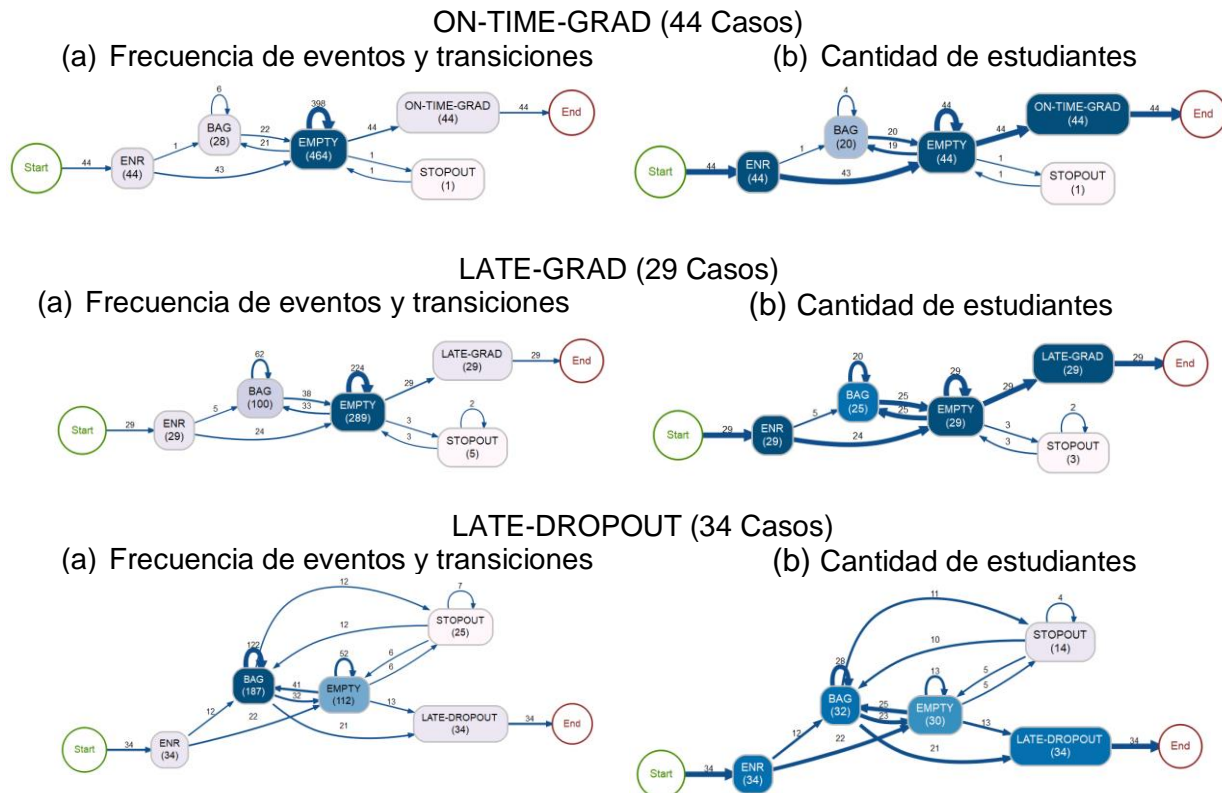


Fig. 1. Trayectorias educacionales en el grupo de cursos críticos, para estudiantes de las cohortes 2007 a 2009 y que a mayo de 2015 alcanzaron los estados finales LATE-DROPOUT, LATE-GRAD y ON-TIME-GRAD. **(a)** En el caso de los diagramas que muestran la ocurrencia de eventos, el color más oscuro en los nodos representa una mayor frecuencia de ocurrencia de cada evento, y el grosor de los arcos representa la frecuencia de las transiciones entre eventos. **(b)** En el caso de los diagramas que muestran la cantidad de estudiantes, el color más oscuro en los nodos representa una mayor cantidad de estudiantes a los que alguna vez les ocurrió cada evento, y el grosor de los arcos representa la cantidad de estudiantes que pasaron por cada transición.

Las trayectorias que terminan en LATE-DROPOUT presentan algunas diferencias con las que terminan en LATE-GRAD. En (b) vemos que la proporción de estudiantes con BAG como primer evento de resultado es mayor, con un 35,29% (12 de 34). En (a) vemos que la frecuencia de semestres EMPTY es inferior a la de semestres BAG (112 versus 187) y en (b) vemos que los estudiantes con semestres EMPTY consecutivos son una minoría (13 de 34, un 38,24%). Un 41,18% de los estudiantes tiene semestres STOPOUT (14 de 34) y la proporción de transiciones BAG > STOPOUT y STOPOUT > BAG duplica a aquellas que relacionan STOPOUT con EMPTY.

Trayectorias educacionales en las secuencias de cursos críticos (PI-2).

La Fig. 2 ilustra la gran variabilidad de las trayectorias educacionales en los cursos críticos, en lo que se conoce como proceso espagueti (van der Aalst, 2016), ya que, para los 107 casos analizados, se identificó un total de 75 trayectorias distintas. La variante más frecuente, que corresponde a aprobar todos los cursos según el plan de estudios definido, la primera vez que se

inscriben, y egresar a tiempo, incluye 23 casos, pero cada una de las demás tiene una frecuencia muy baja, entre uno y cuatro casos. Es por ello que se aplicaron filtros sobre las trayectorias, para extraer información de manera más comprensible.

La Fig. 3 permite ver las trayectorias más frecuentes en la secuencia de aprobación de cursos críticos, para ON-TIME-GRAD y LATE-GRAD. En el caso de ON-TIME-GRAD, la gran mayoría de las trayectorias sigue la secuencia de cursos críticos del plan de estudios (Tabla 1). En el caso de LATE-GRAD, aun cuando en su mayoría las trayectorias más comunes respetan la secuencia de cursos del plan de estudios, existe una diferencia en el caso de los cursos del tercer semestre, ya que Termodinámica es aprobado con frecuencia después de Ecuaciones Diferenciales y Cálculo II.

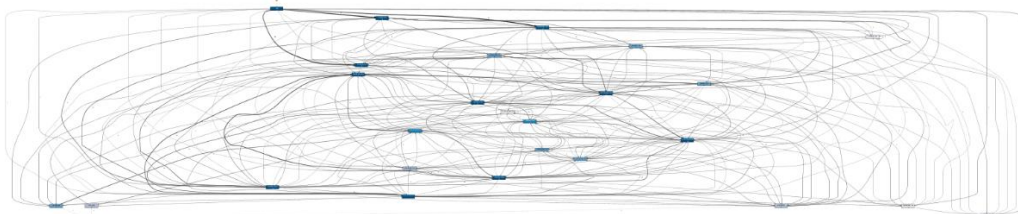
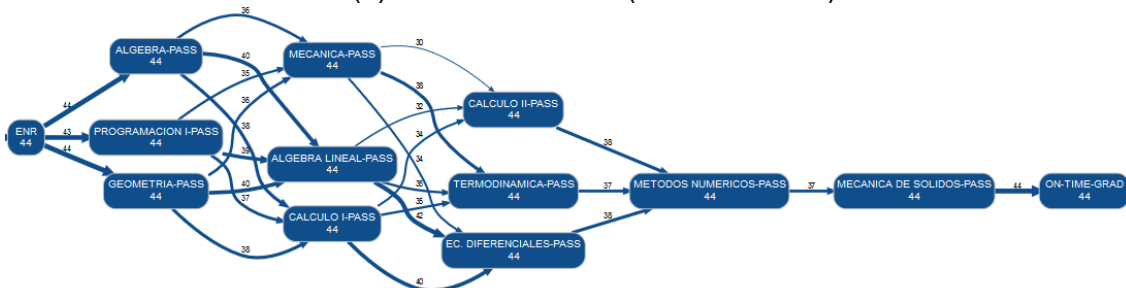


Fig. 2. Trayectorias educacionales en la secuencia de cursos críticos identificados, que terminan en LATE-GRAD o en ON-TIME-GRAD, para los estudiantes de ICI e ICOC de las cohortes 2007 a 2009.

(a) ON-TIME-GRAD (44 estudiantes)



(b) LATE-GRAD (29 estudiantes)

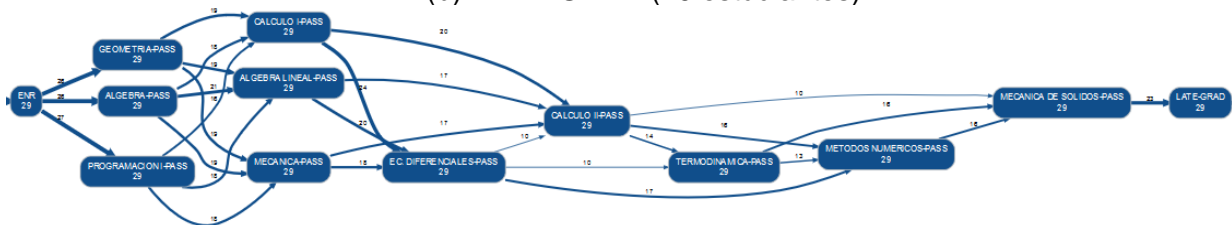


Fig. 3. Trayectorias educacionales más frecuentes (al menos 1/3 de ellas) en secuencia de aprobación de cursos críticos, separadas según el estado final alcanzado (ON-TIME-GRAD y LATE-GRAD). Cohortes 2007 a 2009. Carrera de ICOC.

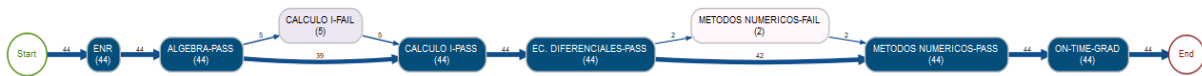
En la Fig. 4 se observan las trayectorias educacionales en la secuencia de cursos críticos ALGEBRA > CALCULO I > EC. DIFERENCIALES > METODOS NUMERICOS. Dichos cursos están relacionados entre sí, en el plan de estudios, mediante requisitos. Para aquellas trayectorias que terminan en ON-TIME-GRAD, la reprobación de Cálculo I o Métodos Numéricos son

situaciones excepcionales, y ninguna trayectoria incluye la reprobación de Álgebra o Ecuaciones Diferenciales.

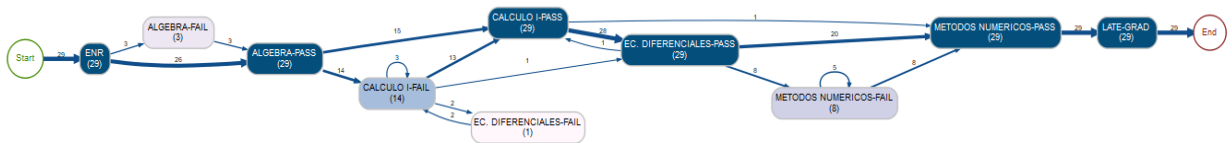
En el caso de aquellas que terminan en LATE-GRAD, la reprobación de Álgebra o Ecuaciones Diferenciales son situaciones excepcionales, pero un 48,28% (14 de 29) de quienes egresaron tardíamente reprobó Cálculo I y un 27,59% (8 de 29) reprobó Métodos Numéricos. No todos los cursos críticos tienen idéntica relación con el egreso tardío y, por lo tanto, si el foco es el incremento del egreso oportuno, la atención debiera ponerse, de modo preferente, en aquellos cursos que reprobaban más quienes egresan de manera tardía.

En el caso de aquellas trayectorias que terminan en LATE-DROPOUT, vemos que la proporción de reprobación de Cálculo I, Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos es más alta, así como también lo es la reprobación de cursos en más de una oportunidad. No obstante, una proporción significativa de quienes desertaron tardíamente aprobaron al menos 3 cursos de la secuencia (50%).

(a) ON-TIME-GRAD (44 casos)



(b) LATE-GRAD (29 casos)



(c) LATE-DROPOUT (34 casos)

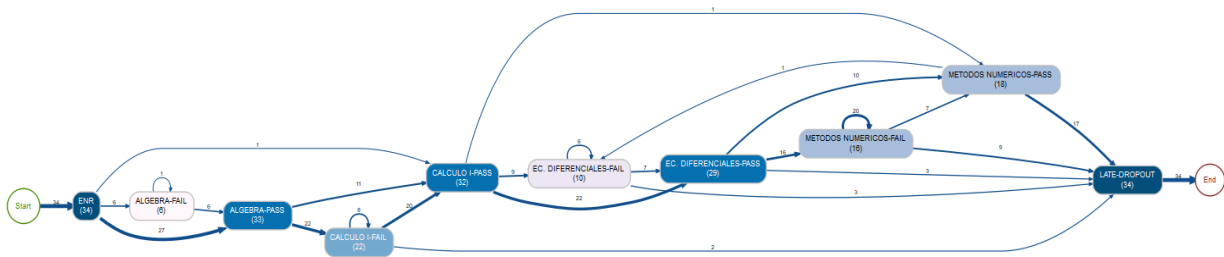


Fig. 4. Trayectorias educacionales en secuencia de 4 cursos críticos, separadas según el estado final alcanzado. Cohortes 2007 a 2009. Carrera de ICOC.

CONCLUSIONES

Este caso de estudio ilustra la aplicación de minería de procesos al análisis de trayectorias educacionales en cursos críticos, aportando a la comprensión acerca de cómo dichas trayectorias se relacionan con el egreso tardío.

El modelo EMPTY-BAG-STOPOUT permite tener una visión panorámica de la gestión que realiza cada estudiante respecto de los cursos críticos reprobados pendientes. Aun cuando los estudiantes que egresan tardíamente, reprueban cursos críticos con relativa frecuencia, la alta proporción de transiciones BAG > EMPTY (Fig. 1) muestra que ellos hacen el esfuerzo por salir de esta situación, lo cual es consistente con lo planteado en la literatura (Bandura, 1997; Rusbult et al, 1998). El hecho que una alta proporción de estudiantes que egresa tardíamente comience en EMPTY, indica una baja reprobación de cursos críticos en el primer semestre, y que, por lo tanto, el egreso tardío no tiene que ver tanto con un desajuste en las condiciones de ingreso, sino con la secuencia de cursos críticos posteriores.

El análisis de las trayectorias educacionales de aprobación de cursos críticos más frecuentes permitió ver que pueden existir diferencias en el orden en que dichos cursos son aprobados entre los estudiantes que egresan oportunamente y quienes lo hacen de manera tardía. Esto podría indicar que existen resultados de aprendizaje (Biggs, 2011) que están siendo logrados más tarde por los estudiantes que aprueban con dificultad algunos cursos críticos. En particular, destaca el caso de Termodinámica, donde los estudiantes que egresan oportunamente lo aprueban en paralelo con Ecuaciones Diferenciales, mientras que quienes egresan tardíamente lo aprueban después. El diseño de un plan de estudios que permita incrementar el egreso oportuno debiera tener esto en consideración.

El análisis de trayectorias de secuencias de cursos específicos que llevan a LATE-GRAD y ON-TIME-GRAD, permite poner en evidencia cuáles son los cursos que están provocando mayor retraso académico a quienes egresan. El hecho que existan cursos críticos que presentan poca reprobación en quienes egresan, pero alta en quienes desertan, pudiera estar indicando que dichos cursos tienen mayor relación con la deserción, y que la revisión de sus contenidos, metodología y evaluación pudiera mejorar la tasa de aprobación, sin tener efecto en mejorar en egreso oportuno.

Los hallazgos presentados pudieran ser utilizados para mejorar la gestión del currículum y lograr, a mediano plazo, una mejora en los indicadores de egreso oportuno. Para ello, se sugiere monitorear el BAG de cursos críticos, poniendo especial atención al retraso académico que se produce cuando el estudiante se mantiene con cursos críticos reprobados pendientes durante semestres consecutivos, separar el análisis de las tasas de reprobación por curso, entre aquellas que conducen a deserción y egreso tardío.

Una limitación importante de este caso de estudio es que el análisis fue realizado sobre las trayectorias educacionales de sólo una carrera, en una única universidad chilena. Las trayectorias corresponden a planes de estudios específicos y los resultados están influidos por las políticas institucionales y nacionales vigentes en el período de análisis. No obstante, la metodología y modelos de análisis pueden ser replicados en otros contextos.

Creemos que la posibilidad de replicar estos análisis en otros contextos institucionales y nacionales, así como la incorporación de variables relativas al proceso de admisión, financiamiento y ayudas estudiantiles, enriquecería el análisis de las trayectorias educacionales, entregando una visión más completa.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por CONICYT/DOCTORADO NACIONAL 2015 (N° 21150985) y apoyado por el proyecto FONDECYT Regular (N° 1150923). El historial académico de estudiantes de ingeniería, anonimizado, fue entregado por la Universidad Austral de Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.

Behr, A., Theune, K. (2016). The causal effect of off-campus work on time to degree. *Education Economics*, Vol. 24, N°2, 189-209

Biggs, J., Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. Open University Press, 4th Edition.

Boles, W., Whelan, K. (2017). Barriers to student success in engineering education. *European Journal of Engineering Education*. 42:4, 368-381, DOI: 10.1080/03043797.2016.1189879

Bound, J., Lovenheim, M.F., Turner, S. (2010), *Increasing Time to Baccalaureate Degree in the United States*. NBER Working Paper N° 15892.

CORFO (2016). *Implementación del Plan Estratégico – Nueva Ingeniería para el 2030 Regiones*. Gerencia de Capacidades Tecnológicas, CORFO, Gobierno de Chile.

Ferrer de Valero, Y. (2001). Departmental Factors Affecting Time-to-Degree and Completion Rates of Doctoral Students at One Land-Grant Research Institution. *The Journal of Higher Education*, 72:3, 341-367.

Garibaldi, P., Giavazzi, F., Ichino, A., Rettore, E. (2012). College cost and time to complete a degree: Evidence from tuition discontinuities. *The Review of Economics and Statistics*, 94(3): 699-711

Geven, K., Skopek, J., Triventi, M.(2018). How to Increase PhD Completion Rates? An Impact Evaluation of Two Reforms in a Selective Graduate School, 1976-2012. *Research in Higher Education*. 59:529-552.

Häkkinen, I., Uusitalo, R. (2003). The effect of a student aid reform on graduation: a duration analysis.

- Häkkinen, I. (2006). Working while enrolled in a university: does it pay? *Labour Economics* 13: 167-189.
- Hang, S., Collofello, J. (2008). Engineering Undergraduate Persistence and Contributing Factors. 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Saratoga Springs, NY, USA.
- Janssenswillen, G., Depaire, B. (2017). BupaR: business process analysis in R. Proceedings of the BPM Demo Track 2017.
- Kuley, E.A., Maw, S., Fonstad, T.(2015). Engineering Student Retention and Attrition Literature Review. Proc. CEEA15 Conference.
- Marginson, S. (2016). High Participation Systems of Higher Education. *The Journal of Higher Education*, 87:2, 243-271.
- OECD/The World Bank (2009), *La Educación Superior en Chile, Revisión de Políticas Nacionales de Educación*, Ministry of Education, Chile, Santiago de Chile, <https://doi.org/10.1787/9789264054189-es>
- OECD (2013). *Revisión de Políticas Nacionales de Educación: El Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior en Chile 2013, Revisión de Políticas Nacionales de Educación*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264191693-es>
- Rawatlal, R. (2018). Application of Graph Theory to Analysing Student Success Through Development of Progression Maps. *Engineering Education for a Smart Society, Advances in Intelligent Systems and Computing* 627, 295-307, Springer.
- Rusbult, C., Martz, J., Agnew, C. (1998). The Investment Model Scale: Measuring commitment level, satisfaction level, quality of alternatives, and investment size. *Personal Relationships*, Vol. 5:357-391.
- SIES (2017). *Duración Real y Sobreduración de las carreras de Educación Superior (2012-2016)*. <http://www.mifuturo.cl/index.php/informes-sies/duracion-sobreduracion> Fecha de publicación: 18/08/2017.
- Tinto, V. (2006). Research and Practice of Student Retention: What Next? *Journal of College Student Retention*, Vol. 8(1) 1-19.
- van der Aalst, W.M.P. (2016). *Process mining: Data science in Action*. Springer.
- van Eck, M.L., Lu, X., Leemans, S.J.J., van der Aalst, W.M.P. (2015). PM2: a Process Mining Project Methodology. *CAiSE 2015, LNCS 9097*, pp. 297-313.
- Yue, H., Fu, X. (2017). Rethinking Graduation and Time to Degree: A Fresh Perspective. *Research in Higher Education*, 58:184-213.