

ANÁLISIS EMPÍRICO PARA VALIDACIÓN DE PRERREQUISITOS Y PROGRESO CURRICULAR EN INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

Cristóbal Fernández Robin, Universidad Técnica Federico Santa María
Rodolfo Salazar Albornoz, Universidad Técnica Federico Santa María

RESUMEN

En este artículo investigamos la correlación entre el desempeño en asignaturas y sus prerrequisitos para alumnos de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María, por medio de la formulación de un modelo de regresión, en inicio a nivel general, y posteriormente por medio de un análisis de clúster no jerárquico. El objetivo es validar los prerrequisitos como condicionantes del desempeño de las asignaturas que le solicitan, como también dar antecedentes de las relaciones entre asignaturas para los procesos de actualización curricular. Los resultados muestran que la correlación se da mayormente en asignaturas cuyo prerrequisito se vincula fuertemente a la misma área disciplinar, y al nivel de condicionamiento que el dominio del prerrequisito implica en el desempeño de las actividades evaluativas de la siguiente asignatura.

PALABRAS CLAVE: Curriculum, Educación, Ingeniería, Negocios

EMPIRICAL ANALYSIS FOR VALIDATION OF PREREQUISITES AND CURRICULAR PROGRESS IN INDUSTRIAL CIVIL ENGINEERING

SUMMARY

In this article we investigate the correlation between performance in subjects and prerequisites for students of Industrial Civil Engineering of the Universidad Técnica Federico Santa María. We complete our analysis through the formulation of a regression model. We begin at a general level, and then expand to non-hierarchical cluster analysis. The objective is to validate prerequisites as determinants of the performance of the subjects that request it. In addition, we examine antecedents of the relations between subjects for the curricular update processes. The results show that correlation occurs mostly in subjects whose prerequisite is strongly linked to the same disciplinary area, and to the level of conditioning that mastery of the prerequisite implies in the performance of the evaluation activities of the next subject.

JEL: A22, I21

KEYWORDS: Curriculum, Education, Engineering, Business

INTRODUCCIÓN

La educación superior en Chile ha estado sometida a múltiples cambios estructurales durante la última década, especialmente marcados por la transición que inicia en 2016, desde un sistema fuertemente privatizado con estudios autofinanciados por los estudiantes, hacia un sistema de gratuidad fomentado por un estado benefactor (Espinoza & González, 2016) que ofrece estudios al 60% más pobre de la población por el tiempo de duración nominal de la carrera. Así mismo, esta reforma estructural viene

acompañada de la nueva ley de educación superior N°21.901, que promulga modificaciones sustanciales al sistema de educación superior (MINEDUC, 2018). A medida que la percepción de la educación cambia de un bien económico a un derecho civil, surge la demanda de una política pública que dirija los esfuerzos hacia los objetivos de desarrollo social. En consecuencia, la LES, bajo el nombre de "Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior" mejora las funciones y orgánica de las entidades gubernamentales responsables de la planificación estratégica del desarrollo nacional, las políticas de educación superior, el aseguramiento de la calidad y la acreditación, la auditoría y protección de los derechos. Además, a través de estas entidades, las universidades (ES), los institutos profesionales (IP) y los centros de formación técnica (CFT) son evaluados, autorizados y reconocidos como organizaciones de educación superior. Adicionalmente la ley define que para 2021, el sistema debe tener un Marco Nacional de Cualificaciones que diagnostique la articulación los subsistemas de CFT, IP y ES y el mercado laboral. Con el objetivo de resolver esta tarea, el Consejo Nacional de Educación (CNED) publicó una propuesta de Marco Nacional de Cualificaciones (MNC), bajo la consideración del proceso de Bolonia y el Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS), (CNED, 2014).

Por las condiciones establecidas en las nuevas reglas del sistema de educación superior chileno, se hace necesario evaluar, repensar y mejorar los programas curriculares, en cuanto a optimizar su diseño para cubrir tanto las exigencias de calidad como también mitigar los posibles riesgos que la normativa implica. En específico, la cobertura de la gratuidad solo considera la duración nominal de la carrera, por lo que aquellos alumnos que excedan su permanencia en el programa deberán ser financiados por ellos mismos y sus núcleos familiares, o por sus casas de estudio, generando un costo hundido en los presupuestos institucionales, que en el largo plazo ralentizarán el crecimiento y desarrollo de dichas instituciones. En consecuencia, el incumplimiento de la duración nominal de la carrera envuelve un conjunto de costos sociales con respecto a su cumplimiento, como son:

Demora de la inserción de personas capacitadas a la fuerza laboral, y con ello, producto potencial que no podrá ser generado en dicho periodo corriente

Aumento de los costos para las familias y/o estudiantes en situación de extensión de permanencia, disminuyendo su acceso a otros bienes, o aumentando su endeudamiento en créditos de estudio.

Aumento de costos para las instituciones, ya sea por la obligación de financiamiento del 50% del primer año extendido, o por los créditos internos que pacte con los alumnos.

Riesgo de deserción en los alumnos en etapas intermedias o finales de la carrera, perdiendo la posibilidad de certificarse o titularse, lo que debilita su integración a la fuerza laboral al tener un encaje imperfecto entre función y competencias del individuo.

Disminución en el retorno social de los fondos invertidos por el Estado en la formación de profesionales de la educación superior.

Desde la perspectiva de la operación, los alumnos están sometidos a la posibilidad de reprobar asignaturas que les obliguen a repetir asignaturas en un siguiente periodo semestral o trimestral. Este problema local, podría ser subsanado si el alumno puede recuperar los créditos reprobados en el siguiente periodo. Aún así, el problema no termina ahí, por la existencia de encadenamientos de dependencia entre módulos de aprendizaje o asignaturas al interior del programa, clásicamente entendidos como prerrequisitos, puesto que el atraso en una asignatura no implica la postergación de un módulo, sino que se posterga toda la cadena de asignaturas encadenadas por esa relación de dependencia. Este último efecto, está asociado a una decisión de diseño, no de operación, y, por lo tanto, sus efectos positivos y negativos son de responsabilidad de quien diseña el plan de estudios. Con lo anterior, es que se hace necesario abordar el problema de prerrequisitos en las estructuras curriculares, en miras de no provocar los siguientes problemas:

Una asignatura tiene como prerrequisitos, a pesar de no ser necesario.

Una asignatura carece de un prerrequisito, a pesar de ser necesario.

En línea con el objetivo de mitigar los costos asociados a la extensión de la permanencia en la carrera como también a la deserción de los alumnos, este estudio hace un análisis orientado a validar uno de los principales elementos asociados a la extensión de la carrera de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María implementando un mecanismo de validación de la relación entre el desempeño de asignaturas encadenadas por relación de dependencia formal. Posterior a esta introducción, se realiza una revisión literaria de los principales análisis teóricos y empíricos en esta materia. Posteriormente se realiza una breve descripción de la Metodología utilizada, para finalmente pasar a informar los principales resultados y conclusiones.

REVISIÓN LITERARIA

El objetivo de esta sección es proveer de una revisión de los principales estudios y resultados sobre la relación a tratar. Primero se aborda la descripción de la carrera en estudio, posteriormente el elemento curricular de diseño de programas de ingeniería, y finalmente identificar los principales trabajos que han buscado evidencia empírica sobre el tema de investigación y otros relacionados. La carrera de Ingeniería Civil Industrial (UTFSM, 2020) recibe su primer cohorte de ingreso en el año 1982, cuyos los objetivos iniciales corresponden a la formación de profesionales que sean capaces de participar en la gestión industrial del país, contribuyendo a una mejor planificación y administración de las empresas nacionales, adaptar tecnología extranjera a la realidad industrial nacional, y realizar proyectos industriales por medio de la evaluación tecnológica, económica y social del respectivo proyecto. A través de los años la carrera ha logrado desarrollarse de forma continua, hasta su última actualización curricular vigente desde 2009, que la presenta como una carrera de pregrado, con una duración de 11 semestres, y con 4 áreas de especialización:

Economía y Finanzas
 Gestión de Operaciones
 Gestión Tecnológica
 Dirección Estratégica, Ingeniería de Mercados y Emprendimiento.

Al caracterizar el estudiantado durante 2018, este contó con 1862 alumnos vigentes, 900 en Campus Casa Central, Valparaíso, y 962 en Campus Santiago, Vitacura, y la matrícula de primer año asciende a 150 y 142 alumnos, respectivamente. Entre otros antecedentes, la distribución por género indica un 32.55% de participación femenina, en la totalidad de la matrícula y los alumnos diurnos representan un 79.22% de la matrícula total. Finalmente, la carrera se encuentra acreditada por 6 años, representando el alto nivel de calidad de los profesionales titulados de la carrera. En el contexto nacional, durante la última década la formación en ingeniería en Chile ha implementado y adaptado la formación basada en competencias a su currículo, inicialmente por las tendencias provenientes de USA (Schmal & Ruiz-Tagle, 2008), como también por la influencia del sistema europeo asociado al Acuerdo de Bologna, que busca la reestructuración, homogeneización, movilidad y colaboración del sistema interuniversitario del país (Espinoza & González, 2016). Como resultado de lo anterior, la modularidad y diseño curricular chileno ha requerido de un marco conceptual y metodológico general que permita vigilar estas intenciones de integración y movilidad; sin perjuicio de que su validez esté subyugada a la absorción de las distintas casas de estudio realicen sobre estos elementos. Por ello, durante 2014, la Comisión Nacional de Acreditación publica el documento “Hacia un marco nacional de calificaciones” (CNED, 2014), el cual da señales de un nuevo marco nacional emanado desde las máximas organizaciones educacionales del país. No es hasta la publicación de la nueva Ley de Educación Superior en 2019 que este marco general se formaliza como

un elemento obligatorio en los procesos de diseño curricular a nivel de Formación Técnico Profesional (4-8 semestres), Títulos Profesionales (9-10 semestres) y posgrados de magíster y doctorado.

Posterior a la publicación de 2014, publicaciones han abordado el problema de rediseño para carreras de distintas disciplinas y niveles, explicando detalladamente el marco general de la formación basada en competencias (Icarte & Labate, 2016; Cisterna et al., 2016; Díaz-Quezada et al, 2019). Dentro de la metodología, existe la instancia de diseñar el plan de estudios que define el conjunto de asignaturas y su secuenciación. En este último punto, según Schmal & Ruiz-Tagle (2008) la secuenciación consiste en el ordenamiento de los módulos en el tiempo en base a un criterio de precedencia o relación de orden como de lo teórico a lo práctico, de la práctica a lo conceptual, de lo simple a lo complejo, de lo concreto a lo abstracto o viceversa. Este ordenamiento tiene una base lógica de que el resultado de aprendizaje del módulo prerequisite posibilita el resultado de aprendizaje del módulo que le sigue. Con lo anterior, se da pie inicial a la inquietud sobre si esta relación de secuenciamiento es válida bajo una perspectiva formativa, y no por ejemplo con criterios extraformativos, como la persistencia de un alumno en la casa de estudios, calibración de la carga semestral, u otros con potenciales efectos negativos para el alumno o la Institución, como es la generación de un cuello de botella en la progresión académica (Ohland et al., 2004)

En el plano empírico, se han realizado estudios que buscan caracterizar la validez de las relaciones entre módulos secuenciados. Alanzi (2015) desarrolla un estudio de correlación para las asignaturas de “Principios de Contabilidad Financiera I y II”. Para el caso de Ingeniería, Ohland et al. (2004) estudia estadísticamente como la eliminación de “Cálculo I” como prerequisite beneficia mayoritariamente a los alumnos en su progresión académica, a costo de un grupo menor que falla en los siguientes ramos de la secuenciación. Green et al. (2009) realizan un análisis probit, posterior a la modificación de los prerequisites, concluyen el impacto negativo que tuvo el desvincular “Matemáticas” de “Estadística en Negocios”, como también de las asignaturas centrales de negocios. Por otra parte, Baard & Watts (2008) analiza el efecto de “Estadística de Negocios” en la asignatura de “Principios de Finanzas”, comparando los resultados de dos conjuntos de alumnos, diferenciados en quienes si y quienes no cursaron el prerequisite. Otro estudio interesante es el de Bluestein (2001), que testea el logro de resultados de aprendizaje al iniciar una asignatura, notando que gran parte del curso no alcanza el 50% de conocimientos necesarios para entrar a la asignatura, a pesar de aprobar el prerequisite. En general, se revisa que la mayor parte de los estudios toman un caso específico de dos asignaturas secuenciadas, y analizan su comportamiento con distintos niveles de agrupación. Por lo que este estudio, que considera interconexiones más extensas, representa un aporte en la discusión de resultados empíricos en este tema.

METODOLOGÍA

Datos

El estudio considera datos de 926 alumnos diurnos que han ingresado a estudiar entre los años 2007 y 2018 que han terminado sus estudios de Ingeniería Civil Industrial, ya sea de forma total como en el caso de titulados o egresados, o de forma parcial, como es el caso de alumnos que hacen retiro temporal o definitivo, sin finalizar todos los módulos de la carrera. Estos datos son obtenidos del registro digital de la Universidad Técnica Federico Santa María, alojada en el sistema SIGA. Cada alumno tiene la nota de todas sus asignaturas aprobadas (NOTA_PRO), y de ello, se extraen las notas de las asignaturas prerequisites de cada asignatura según corresponda (NOTA_PRE1, NOTA_PRE2). Por ejemplo, la asignatura ICN212 - Organización Industrial, cuenta con el prerequisite de ILN210 - Microeconomía. Así también, una asignatura puede contar con 2 prerequisites, ya sea independientes o conjuntos. Por ejemplo, FIS110 depende de MAT021 (Matemáticas 1) y FIS100, de manera conjunta; en cambio IWN270 – Información y Control Financiero, puede ser cursado con la aprobación de ICN262 – Administración de Empresas o de ILN210 – Microeconomía de forma independiente. El detalle de las relaciones entre las asignaturas se

aprecia en la Tabla 1. Estas asignaturas son dictadas en semestres, y cada nota de aprobación está medida en una escala de 55 a 100 puntos.

Tabla 1: Listado de Asignaturas y Prerrequisitos

SIGLA_PRO	NOM_ASIGN	SIGLA_PRE1	COND.	SIGLA_PRE2
FIS100	introducción a la física	-		
FIS110	física General I	MAT021	+	FIS100
FIS120	física General II	MAT022	+	FIS110
FIS130	física General III	MAT022	+	FIS110
FIS140	física General IV	FIS120	+	FIS130
ICN212	organización Industrial	ILN210		
ICN312	econometría	MAT042		
ICN320	Finanzas	IWN270		
ICN321	Marketing	ILN210		
ICN338	evaluación de Proyectos Generales	ILN210	+	ILN230
ILN210	microeconomía	MAT023		
ILN211	macroeconomía	ILN210		
ILN230	ingeniería económica	-		
IWN270	información y Control Financiero	ICN262	O	ILN210
MAT021	Matemática I	-		
MAT022	Matemática II	MAT021		
MAT023	Matemáticas III	MAT022		
MAT024	Matemáticas IV	MAT023		
MAT042	Probabilidad y Estadística Industrial	MAT023		
ICN262	administración de Empresas	-		

La tabla muestra las asignaturas principales y sus prerrequisitos. Por ejemplo, la asignatura ICN212 - Organización Industrial, cuenta con el prerrequisito de ILN210 - Microeconomía. La columna cond. indica que ambos prerrequisitos son conjuntos con un "+", e independientes con un "o". Fuente: Elaboración Propia.

METODOLOGÍA

La metodología consiste en la aplicación de regresión lineal con las notas de la asignatura (PRO) como variable dependiente y su prerrequisito (PRE1, PRE2) como variables independientes, y una constante. En general, la forma de cada regresión se define por la ecuación (1).

$$PRO = \beta * PRE_i + C + \varepsilon \quad (1)$$

En esta etapa se realiza la regresión lineal específica de cada asignatura, contemplando toda la data histórica para esta y su prerrequisito. Para estos efectos se decide separar el análisis en 3 grandes conjuntos:

Asignaturas de Física que solicitan prerrequisitos de Física y Matemáticas.

Asignaturas de Matemáticas que solicitan prerrequisitos de Matemáticas.

Asignaturas de Economía, Finanzas y Negocios, que solicitan prerrequisitos de Matemáticas, Economía y Finanzas.

Con el fin de limpiar efectos que contaminan los resultados producto de las heterogeneidades en el conjunto de casos en estudio (Alanzi, 2015), se realiza un análisis de Clúster por medio del método no jerarquizado de K-medias, a modo de conseguir conjuntos de análisis estadísticamente más homogéneos (Dubey & Jain, 1988). Se propone la utilización de 4 clústers, en base las variables de año en que se cursa la asignatura, el

campus donde se dicta, la cohorte de ingreso a la carrera del alumno, la nota de la asignatura, y la nota de su prerrequisito. Los principales resultados serán consignados, mostrando aquellas relaciones de prerrequisitos que consistentemente muestran una alta significancia en sus estimadores. Se destacarán aquellos casos más relevantes, y se concluirá sobre los resultados obtenidos. Todos los análisis son realizados en Software SPSS Statistics, v.22 de IBM.

RESULTADOS

Regresión General y Análisis de Clúster Por Disciplina

Al hacer el análisis de regresión de cada asignatura contra su prerrequisito utilizando todos los datos disponibles, se evidencia que en todos los casos existe correlación positiva y significativa. De ello, se infiere que un mejor desempeño en la asignatura prerrequisito corresponde a un mayor desempeño en la asignatura que lo requiere. Es interesante resaltar el mayor grado de impacto que tienen las asignaturas de Física, sobre las de su misma área, en contraste a las de Matemática como prerrequisito para Física. Física I corresponde a física mecánica, Física II a Electromagnetismo y Física III a Transferencia de Calor. Por su parte Física IV corresponde Física Moderna, Relatividad y Tópicos Avanzados. Resulta interesante notar que la relación entre las primeras tres físicas es mayor, justificada en su correlación teórica y en aplicaciones; mientras Física IV muestra un debilitamiento en su coeficiente, lo cual coincide con que su tópico dista en mayor medida de lo revisado en Física II y III. Estos resultados se aprecian en la columna GENERAL de la Tabla 2. Antes de proceder al análisis de clusterización de Física, se debe notar que la elección de 4 grupos se asocia a 4 posibles escenarios en el desempeño de los alumnos:

Empeora: Los casos de este clusters consisten, en promedio, en alumnos con un desempeño mayor en su prerrequisito en contraste a un menor desempeño a la asignatura que lo solicita.

Mantiene Bajo: Los casos de este clusters consisten, en promedio, en alumnos con un desempeño bajo, tanto en su prerrequisito como en la asignatura que lo solicita.

Mejora: Los casos de este clusters consisten en promedio, en alumnos con un desempeño menor en su prerrequisito en contraste a un menor desempeño a la asignatura que lo solicita.

Mantiene Alto: Los casos de este clusters consisten, en promedio, en alumnos con un desempeño alto, tanto en su prerrequisito como en la asignatura que lo solicita.

A nivel general, en casi todas las clusterizaciones, el clúster “Mantiene Bajo” representa la mayor parte de los casos, mientras el clúster “Mantiene Alto” representa la menor proporción de los casos. Ante la necesidad de notar este antecedente, se ha consignado en la tabla de resultados el número de casos de cada clúster en cada regresión. Se aprecia en la Tabla 2 que Física II cuenta con la mayor cantidad de regresiones significativas, mientras Física IV cuenta con la menor cantidad de regresiones significativas. Para el clúster “Empeora”, se aprecia significancia positiva entre el desempeño de los prerrequisitos y las asignaturas que lo solicitan, excepto en Física IV. Para el clúster “Mantiene Bajo” se aprecia significancia, pero una relación negativa, es decir, un mejor desempeño en el prerrequisito se relaciona a un peor desempeño en la siguiente asignatura. Para el clúster Mantiene Alto, se muestran relaciones positivas entre prerrequisito y asignatura para FIS 110 y FIS120, sobre todo para las asignaturas de su misma disciplina, pero se evidencia una relación negativa entre Matemáticas II y Física III.

Tabla 2: Resultados de Regresión Área Física

SIGLA_PRO	SIGLA_PRE	GENERAL	EMPEORA	MANTIENE BAJO	MEJORA	MANTIENE ALTO
FIS110	MAT021	0.398***	0.134***; 301	(0.082); 474	0.008; 261	0.206**; 137
	FIS100	0.456***	0.042; 341	(0.060)*; 447	0.042; 228	0.303***; 176
FIS120	MAT022	0.399***	0.170***; 269	(0.132)***; 573	0.193***; 205	0.152; 67
	FIS110	0.449***	0.230***; 273	(0.139)***; 512	0.006; 250	0.294**; 93
FIS130	MAT022	0.354***	(0.009); 230	(0.069); 474	0.103; 298	(0.160)**; 125
	FIS110	0.418***	0.129***; 253	(0.013); 466	0.187***; 293	(0.018); 128
FIS140	FIS120	0.375***	0.046; 289	(0.120)***; 625	0.074; 347	(0.078); 121
	FIS130	0.304***	(0.008); 366	(0.068)*; 532	(0.057); 297	(0.042); 189

La tabla muestra los principales resultados del área Física. Los símbolos *** indican significancia estadística al 1%, ** s.e. al 5%, y * al 10%. Cada resultado de cada clúster se menciona con la sintaxis X; Y, donde X es el coeficiente de regresión, e Y es el número de casos contenido en cada clúster. Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los resultados del área de matemáticas en la Tabla 3, hay una fuerte relación positiva entre las asignaturas principales de Matemáticas I, II, III y IV, y de bajo impacto entre Probabilidades y Estadística y Matemáticas III. Para el análisis clusterizado, la relación entre prerrequisitos es positiva y significativa entre las tres primeras asignaturas de matemáticas, pero no así en el último nivel, Matemáticas IV, ni en Probabilidad y Estadísticas. Así mismo, el clúster mantiene bajo nunca es significativo, donde los clusters “empeora” y “Mantiene Alto” si lo son.

Tabla 3: Resultados de Regresión Área Matemática

SIGLA_PRO	SIGLA_PRE	GENERAL	EMPEORA	MANTIENE BAJO	MEJORA	MANTIENE ALTO
MAT022	MAT021	0.475***	0.309***; 277	(0.043); 494	(0.033); 215	0.314***; 124
MAT023	MAT022	0.429***	0.120**; 247	(0.069); 566	0.194***; 224	0.289***; 78
MAT024	MAT023	0.203***	0.017; 309	(0.005); 665	0.074; 284	(0.042); 97
MAT042	MAT023	0.140***	0.044; 228	(0.046); 597	0.021; 388	(0.053); 145

La tabla muestra los principales resultados del área Matemática. Los símbolos *** indican significancia estadística al 1%, ** s.e. al 5%, y * al 10%. Cada resultado de cada clúster se menciona con la sintaxis X; Y, donde X es el coeficiente de regresión, e Y es el número de casos contenido en cada clúster. Fuente: Elaboración Propia.

En la tercera área de análisis hay relaciones positivas y significativas en todas las relaciones, de mayor impacto en las relaciones Probabilidad y Estadística y Econometría, Microeconomía y Macroeconomía, y Evaluación de Proyectos e Ingeniería Económica. Para el análisis clusterizado, los resultados muestran múltiples casos de significancia, pero con coeficientes negativos. Solo en el caso de Microeconomía I con su prerrequisito Matemáticas III, y de Evaluación de Proyectos con Microeconomía I como prerrequisito, se aprecia una relación positiva significativa. Microeconomía y Matemáticas III, por tanto, es un caso interesante, pues tiene relación positiva para el clúster “Mejora”, mientras es negativa para los “Empeora” y los “Mantiene Alto”; es decir, aquellos alumnos que tuvieron buenos resultados en matemáticas, mientras más aptitudes muestren en dicha disciplina, peor sería su desempeño en microeconomía. Por otra parte, Microeconomía no se relaciona evidentemente con el desempeño en Macroeconomía; mientras impacta de forma negativa tanto en el desempeño de Marketing I para “empeora”, “mantiene bajo” y “mantiene alto”, como para Organización Industrial en “Mantiene Bajo” y “Mantiene Alto”. Para la relación Econometría y Probabilidades y Estadística como prerrequisito, no se aprecia una relación evidente. Para Finanzas I e Información y Control Financiero (Contabilidad) solo se ve una relación negativa en los “mantiene alto”.

Tabla 4: Resultados de Regresión área Economía, Finanzas y Negocios

SIGLA_PRO	SIGLA_PRE	GENERAL	EMPEORA	MANTIENE BAJO	MEJORA	MANTIENE ALTO
icn212	iln210	0.236***	(0.036); 371	(0.108)***; 635	(0.025); 322	(0.245)***; 146
icn312	mat042	0.335***	(0.019); 364	(0.131)***; 524	0.019; 401	(0.022); 195
icn320	iwn270	0.276***	0.065; 339	(0.072); 438	(0.006); 463	(0.132)***; 241
icn321	iln210	0.201***	(0.087)*; 302	(0.124)**; 439	(0.020); 492	(0.154)***; 236
icn338	iln210	0.215***	0.154***; 311	0.046; 469	(0.096)*; 468	0.045; 217
	iln230	0.303***	(0.062); 384	(0.037); 460	(0.032); 422	0.043; 246
iln210	mat023	0.166***	(0.130)**; 274	(0.091); 639	0.228***; 346	(0.243)**; 130
iln211	iln210	0.291***	(0.006); 354	(0.121)***; 571	(0.039); 365	(0.126); 181
iwn270	icn262	0.130***	(0.058); 521	(0.080)**; 393	(0.088); 284	(0.010); 255
	ILN210	0.246***	(0.022); 371	(0.055); 520	0.041; 384	(0.134)**; 216

La tabla muestra los principales resultados del área Economía, Finanzas y Negocios. Los símbolos *** indican significancia estadística al 1%, ** s.e. al 5%, y * al 10%. Cada resultado de cada clúster se menciona con la sintaxis X; Y, donde X es el coeficiente de regresión, e Y es el número de casos contenido en cada clúster. Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

En primer lugar, se concluye sobre la importancia de la relación disciplinar entre asignatura y prerrequisito. Las asignaturas de ciencias básicas, Matemáticas y Física, muestra una correlación importante entre las asignaturas de su misma disciplina, lo cual se justifica desde el punto de vista de la articulación y enfoque el desarrollo de dichos tópicos solicitan. Esta relación es especialmente fuerte en los niveles de menor complejidad, la cual pierde intensidad a medida que se avanza. Este conjunto de asignaturas bien puede ser entendido como un bloque de conocimientos que por necesidades de tiempo o diseño de programas han requerido su subdivisión. Por lo tanto, los conocimientos de los prerrequisitos si son condicionantes de la respuesta a los requerimientos de evaluación en la siguiente asignatura. Por ejemplo, la optimización con restricciones requiere la comprensión y utilización de derivadas parciales.

En segundo lugar, considerando tanto los resultados generales como clusterizados, se concluye un debilitamiento en la relación entre asignaturas y prerrequisitos asociados al uso de conceptos necesarios para el entendimiento de un contexto, como es entre Microeconomía y Macroeconomía o Información y Control Financiero y Finanzas. Estos prerrequisitos se asocian al uso de conceptos básicos en la siguiente asignatura, ya sea en forma de modelos conceptuales o de léxico, y posiblemente, su impacto en el desempeño de las asignaturas que lo solicitan no es significativo, pues no es un elemento que condicione la ejecución de los requerimientos de las evaluaciones, es decir, es válido pensar que en Macroeconomía se necesita comprender oferta y demanda, pero no es condicionante de que el alumno se desempeñe en la resolución de modelos macroeconómicos. De igual forma, la profundidad en la comprensión de distribuciones de probabilidad no impacta en el desarrollo de análisis econométrico, pues a nivel de ejecución, se llama a su elemento práctico y no teórico.

De los dos puntos anteriores, se extrae la hipótesis de que la predictibilidad en el desempeño de una asignatura con respecto a su prerrequisito depende de dos grandes variables: La cercanía disciplinar entre asignatura y prerrequisito, y el nivel de condicionamiento que genera el dominio de un prerrequisito en la respuesta a los desempeños requeridos. En tercer lugar, a raíz de análisis de clusterización, se concluye como importante la segmentación de los alumnos. En este sentido, se puede inferir que los “Empeoran” y

los “Mantiene Alto” son aquellos alumnos que logran un alto desempeño en el prerrequisito, lo que a nivel general implicaría un alto dominio de los requerimientos de la siguiente asignatura. En vista de los datos, los casos de relación positiva para Física y Matemáticas se concentran en estos clusters, validando parcialmente la hipótesis de los puntos anteriores. En cambio, los “Mantienen Bajo” representan a los alumnos que continuamente aprueban con notas límite, y, por lo tanto, resulta difícil concluir sobre su desempeño con respecto al desempeño en prerrequisitos. Estos casos, concentran las relaciones significativas y negativas, por lo que se cuestiona si su relación esconde otras variables que condicionan los resultados. Este primer estudio, sirve para contrastar la amplia data de alumnos de Ingeniería Civil Industrial, en cuanto a los resultados de desempeño en las asignaturas de la carrera, y la validación de las relaciones de prerrequisito. Se concuerda en que este estudio, requiere la implementación de variables de control como elementos de regresión, como complemento al análisis de clusterización, y se espera seguir desarrollando este análisis a la luz de mayores fuentes de información.

REFERENCIAS

- Alanzi, K. A. (2015). The Influence of Prerequisite Grades on Students' Performance: Further Evidence from Kuwait. *The Journal of Developing Areas*, 49(5), 1-9.
- Baard, V., & Watts, E. W. (2008). The value of prerequisites: A link between understanding and progression.
- Bluestein, M. (2001). Testing for prerequisites in thermodynamics as an assessment tool. *age*, 6, 1.
- Díaz-Quezada, V., Poblete-Letelier, Á., & Gallardo-González, M. (2019). Rediseño curricular por competencias: experiencia en la formación inicial universitaria en Chile. *Revista iberoamericana de educación superior*, 10(27), 72-91.
- Dubes, R. C. and Jain, A. K., (1988). *Algorithms for Clustering Data*, Prentice Hall.
- Espinoza, Ó., & González, L. E. (2016). La educación superior en Chile y la compleja transición desde el régimen de autofinanciamiento hacia el régimen de gratuidad. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, 7(10), 35-51.
- Cisterna, C., Soto, V., & Rojas, C. (2016). Rediseño curricular en la Universidad de Concepción: la experiencia de las carreras de formación inicial docente. *Calidad en la Educación*, (44), 301-323.
- CNED (2014). *Hacia un marco nacional de cualificaciones*.
https://www.cned.cl/sites/default/files/marco_nacional_cualificaciones_chile.pdf
- Green, J. J., Stone, C. C., Zegeye, A., & Charles, T. A. (2009). How much math do students need to succeed in business and economics statistics? An ordered probit analysis. *Journal of Statistics Education*, 17(3).
- Icarte, G. A., & Labate, H. A. (2016). Metodología para la revisión y actualización de un diseño curricular de una carrera universitaria incorporando conceptos de aprendizaje basado en competencias. *Formación universitaria*, 9(2), 03-16.
- Ministerio de Educación, Chile (2018), *Ley N°21.901 sobre educación superior*.

Ohland, M. W., Yuhasz, A. G., & Sill, B. L. (2004). Identifying and removing a calculus prerequisite as a bottleneck in Clemson's General Engineering Curriculum. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 253-257.

Schmal, R., & Ruiz-Tagle, A. (2008). Una metodología para el diseño de un currículo orientado a las competencias. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 16(1), 147-158.

UTFSM (2020) Página web del Departamento de Industrias, <http://www.industrias.usm.cl/futuros-alumnos/>, revisada el 1 de Febrero de 2020.

RECONOCIMIENTOS

Se reconoce a la Universidad Técnica Federico Santa María y a su Unidad de Análisis Institucional por facilitar los datos necesarios para este estudio.

BIOGRAFIA

Cristóbal Fernández Robin, Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial, mención Innovación en la Empresa, Universitat de Lleyda e Ingeniero Civil Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María. Académico y Director del Departamento de Industrias de la UTFSM, adscrito a la Cátedra de Marketing e Ingeniería de Mercados. Ha desarrollado su investigación en las áreas de ingeniería de mercados, emprendimiento, educación, como también ha liderado múltiples proyectos de vinculación y asistencia técnica con el sector empresarial nacional.

Rodolfo Salazar Albornoz, Magíster en Ciencias de la Ingeniería Industrial e Ingeniero Civil Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María. Docente del Departamento de Industrias de la UTFSM adscrito a las Cátedras de Microeconomía, Macroeconomía y Organización Industrial. Ha desarrollado investigación en las áreas de crecimiento económico, desigualdad, y educación.