

PREDICCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA CARRERA DE AGRIMENSURA DE LA FACENA-UNNE

LILIANA N. CAPUTO - EDUARDO A. PORCEL
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE
proflcaputo@gmail.com - porcelfel@arnet.com.ar

Fecha Recepción: Noviembre 2013 - Fecha Aceptación: Noviembre 2014

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es construir un modelo matemático para predecir la duración de la carrera Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste (FACENA-UNNE). Para ello se utilizó el método de regresión lineal múltiple y se diseñó un modelo en el cual la variable dependiente es la duración de la carrera y las variables independientes son los tiempos requeridos por los graduados en el período 2001-2011 para aprobar cada una de las asignaturas de la currícula.

Los tiempos de aprobación de Álgebra, Álgebra Lineal y Geometría y Análisis Matemático explicaron el 89% de la variación de la duración de la carrera. Como estas asignaturas corresponden al primer año de estudios, se corrió el modelo obtenido para los no graduados que, en el período, habían aprobado todas las asignaturas de primer año, obteniéndose duraciones media y mediana similares a las halladas para los graduados.

Puede concluirse que el modelo construido puede utilizarse con fines predictivos para estimar la duración de la carrera, puesto que la misma está fuertemente vinculada con el tiempo requerido para completar el trayecto de formación matemática, el cual se circunscribe al primer año de estudios.

PALABRAS CLAVE: Duración de Estudios Universitarios – Rendimiento Académico – Regresión Lineal Múltiple.

ABSTRACT

The aim of this work was to build a mathematical model to predict the duration of the Agrimensura career of the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste (FACENA-UNNE). The multiple linear regression method was used and a model in which the dependent variable is the length of the career and the independent

variables are the times required for the period 2001-2011 graduates to approve each of the subjects of the curricula, was designed.

The approval time of Algebra, Linear Algebra, Geometry and Mathematical Analysis explained 89% of the variation in the career's duration. As these subjects correspond to the first year of the studies, the obtained model was ran for non-graduates who, in the period, had passed all the first year courses, obtaining mean and median durations similar to those found for the graduates.

It can be concluded that the built model can be used for predictive purposes to estimate the career duration, since it is strongly linked with the time required to complete the course of mathematical formation, which is limited to the first year of studies.

KEYWORDS: Duration of university studies – Academic performance – Multiple linear regression.

1. INTRODUCCIÓN

En el rendimiento académico de los estudiantes del Nivel Superior confluyen numerosos factores que lo determinan y configuran. Algunos de esos factores han sido ampliamente estudiados por investigadores de nuestro país y de diversas naciones: entre los más analizados pueden señalarse las condiciones socioeconómicas de los estudiantes; así por ejemplo Porto y Di Gresia (2000) estudian características de los estudiantes (género, edad, estado civil, lugar de procedencia, si procede de escuela secundaria pública o privada, situación laboral, situación habitacional, nivel educativo de los padres) y su relación con los avances en los estudios, mientras que Giovagnoli (2002), relaciona éstas con el hecho de concluir o abandonar los estudios. Barreto, López, Ramírez Arballo, Porcel y Mata (2012) focalizan su análisis en la formación previa de los estudiantes, considerando los conocimientos matemáticos con que ingresan a la Universidad, mientras que Giovagnoli (2002) lo hace en el tipo de colegio secundario al que asistió, título secundario obtenido o si estudió previamente otra carrera universitaria. Rosas, Chacin, García, Ascabio y Cobo (2006) vinculan el rendimiento académico con el tiempo y calificaciones obtenidas en el Nivel Secundario.

Por otra parte, existe preocupación entre los investigadores por establecer indicadores del rendimiento académico que den debida cuenta del mismo. Así por ejemplo, la mayoría de los trabajos al respecto toma como indicador del rendimiento la calificación obtenida por los estudiantes en una determinada asignatura (García Jiménez, Alvarado Izquierdo, Jiménez

Blanco, 2000), o también el número o porcentaje de cursos o asignaturas aprobadas en un determinado período lectivo (Di Gresia, 2007).

En tal sentido, Porcel, López, Dapozo y Caputo (2009) consideran como un indicador del desempeño de los alumnos la razón entre el número de exámenes aprobados y rendidos y, también, el uso que los estudiantes realizan de los turnos de exámenes finales (Porcel y Caputo, 2011).

Por último, pueden mencionarse trabajos que utilizan como indicador del rendimiento académico el tiempo requerido para graduarse, relacionando a éste con el orden de enseñanza de los contenidos establecido en la currícula y el tiempo requerido para aprobar cada una de sus asignaturas: así por ejemplo, se analizó el rendimiento académico de alumnos del Profesorado en Matemática (Caputo, Porcel, Galiana y Garau, 2008), de la carrera de Programador Universitario de Aplicaciones (Caputo, López, Dapozo y Porcel, 2010), de la Licenciatura en Sistemas de Información (Dapozo, López y Porcel, 2011) y del Ciclo Básico de Ingeniería en Electrónica (Avalos, Caputo y Porcel, 2012) de la FACENA – UNNE, determinándose los tiempos de aprobación de qué asignaturas explican la duración total del trayecto de formación en estudio.

En el caso de las dos carreras de Informática, dichas asignaturas pertenecen al trayecto de formación matemática.

La mayoría de los trabajos antes mencionados muestran duraciones medias de los estudios elevadas con respecto a las duraciones teóricas de las carreras analizadas.

Por ello, en este trabajo, a partir del desempeño de egresados de Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste (FACENA - UNNE), se construye un modelo de regresión lineal múltiple, a fin de determinar cuáles son las asignaturas cuyos tiempos de aprobación permiten explicar en mayor grado la duración total de la carrera para, a partir de ello, predecir su duración total para los estudiantes aún no graduados de la misma.

2. DESARROLLO

2.1 Contextualización del problema

La actual oferta curricular de FACENA - UNNE incluye catorce carreras de grado: cuatro licenciaturas en Ciencias Básicas (en Matemática, en Física, en Química y en Biología), cuatro profesorados (en las mismas disciplinas que las licenciaturas), tres ingenierías (Eléctrica, en Electrónica y en Agrimensura), Bioquímica, Agrimensura y Licenciatura en Sistemas de

Información. La mayoría de los planes de estudios de estas carreras han sido puestos en vigencia en 2001, sufriendo casi todos ellos modificaciones significativas con el transcurso del tiempo.

Sin embargo, la currícula de la carrera Agrimensura fue la única que permaneció vigente sin cambios desde 2001 hasta la fecha en lo que se refiere a contenidos mínimos de las asignaturas, ubicación en el plan de estudios, carga horaria presencial y régimen de correlatividades. Esta permanencia en el tiempo es lo que fundamenta la elección de esta carrera para realizar el análisis que aquí se propone.

El plan de estudios de la carrera está organizado mediante 24 asignaturas, una prueba de idioma y un Trabajo Final que requiere, para su aprobación, la aprobación de todas las restantes. La mayoría de las asignaturas son de régimen cuatrimestral, con excepción de Topografía I, Fotointerpretación y Teledetección y Cartografía las cuales, para su cursado, requieren de dos cuatrimestres.

Asimismo, la carrera cuenta con dos asignaturas optativas, Optativa I y II, correspondientes al segundo cuatrimestre del segundo y cuarto año de estudios, respectivamente. Para cumplimentar el requisito de aprobarlas los alumnos cuentan con las siguientes opciones:

Optativa I: Levantamientos Geomorfológicos o Evaluación Económica de Proyectos.

Optativa II: Levantamientos Hidráulicos o Microgeodesia.

2.2 Metodología

Para satisfacer el objetivo propuesto fue necesario analizar la información respecto a la actividad académica de los graduados de la carrera en el período 2001 – 2011 (la cual fue proporcionada por el Departamento de Estudios de la FACENA), detectándose que de la totalidad de alumnos de la carrera, correspondientes a las cohortes 2001 a 2009 (206 estudiantes), sólo 23 habían egresado en el período en estudio. Por ello, y dado el hecho de que la carrera tiene 26 asignaturas, fue necesario reducir el número de variables independientes. Para ello se procedió en primer lugar a realizar un análisis mediante programación por camino crítico (CPM) del desempeño de cada graduado, determinándose la(s) ruta(s) crítica(s) de cada ejecución del proyecto de formación. El tiempo de aprobación de cada asignatura es, por definición, una variable aleatoria, sin embargo para cada ejecución del proyecto se comporta como variable fija medida sin error, por lo cual el uso del CPM es pertinente.

Para realizar dicho análisis, se partió del supuesto de que la currícula en estudio es un proyecto complejo, constituido por las actividades o tareas de aprobar todas y cada una de las asignaturas que lo conforman.

Es evidente que estas actividades para su ejecución requieren tiempo y están relacionadas directa o indirectamente entre sí mediante un orden parcial dado por el régimen de correlatividades del plan de estudios.

Con estas hipótesis, el desempeño de cada graduado de la carrera representa una realización o ejecución distinta del proyecto (Pérez Mackeprang, Alberto, Carignano y Castro, 1998).

La duración de cada actividad está dada por el tiempo transcurrido entre el momento más próximo de inicio y momento más próximo de finalización. El momento más próximo de inicio es la fecha en que quedó en condiciones de rendir la asignatura es decir, la fecha en que aprobó la última de todas las correlativas que necesita aprobar para poder rendir la asignatura en cuestión. En el caso de una asignatura que no tiene correlatividades previas, es la fecha de ingreso, puesto que los alumnos pueden rendirla a partir de dicho momento en condición de libre, aún sin haberla cursado. En cambio, el momento más próximo de finalización, está dado por la fecha en que aprobó la asignatura.

Cabe mencionar que cerca del 30,5% de los graduados (7 de ellos), había ingresado a la Facultad en años previos a 2001 y asimilados posteriormente al nuevo plan de estudios, equiparándoseles por resolución del Consejo Directivo las asignaturas aprobadas del plan anterior como equivalentes a las del vigente. Así, por ejemplo, para un graduado que ingresó en 1986 y fue asimilado al nuevo plan en 2002, la duración de las asignaturas que no tienen correlatividades previas (Álgebra, Trigonometría, Agrimensura Legal I e Introducción a la Agrimensura y a la Ética) es de 16 años, mientras que las duraciones de Álgebra Lineal y Geometría y Análisis Matemático (ambas correlativas con Álgebra y Trigonometría) son nulas, puesto que fueron equiparadas todas en el mismo momento.

El egresado mencionado fue eliminado del análisis, dado los elevados tiempos de aprobación de dichas asignaturas aprobadas, que lo convertían en un alumno atípico, por lo que finalmente el análisis se realizó con los 22 egresados restantes. Situaciones similares desvirtúan la utilización de la media aritmética como medida de tendencia central, y por tal motivo se informa adicionalmente la mediana.

Bajo el supuesto de que aquellas actividades de aprobación de asignaturas que no resultaron críticas para ningún estudiante no explican la duración total de la carrera, las mismas fueron omitidas del análisis posterior. En consecuencia, en primer lugar, se construyó un modelo de regresión lineal múltiple en el cual la variable dependiente es la duración total de la carrera

(DURTOT) y las independientes son los tiempos de aprobación de aquellas asignaturas cuyas aprobaciones resultaron críticas para, al menos, un graduado (Modelo I).

Un modelo de regresión lineal múltiple, para una muestra de tamaño n , es de la forma

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon,$$

donde y es la variable dependiente, x_1, x_2, \dots, x_p son las p variables independientes ($p < n$), $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son los parámetros del modelo y ε es el error aleatorio.

Los supuestos del modelo son que los errores ε son independientes entre sí y tienen distribución normal con esperanza cero y variancia constante. Asimismo se supone que la relación entre la variable dependiente y las independientes tiene forma lineal.

Para la selección de las variables independientes del modelo se utilizó el método de regresión por pasos hacia adelante (*stepwise*). A partir de la hipótesis de que no hay variables explicativas en el modelo además de la ordenada al origen, se introduce la primera variable (x_1) que es la que tiene la máxima correlación simple con la variable dependiente (y). La segunda variable que se introduce (x_2) será la que tenga la mayor correlación parcial con x_1 es decir, la mayor correlación entre los residuales de la regresión y los residuales de las regresiones de las otras variables con x_1 . Estas correlaciones llevan asociadas una estadística parcial F . Para que una variable entre en el modelo, dicha estadística F debe ser mayor que un valor de entrada F_{IN} . En cada paso sucesivo, las variables introducidas en pasos anteriores pueden ser eliminadas si F es menor que un valor de salida F_{OUT} . En este trabajo los niveles de significación para las pruebas de entrada y salida de variables fueron $\alpha = 0,05$ y $\alpha = 0,10$, respectivamente. (Montgomery, Peck, y Vining, 2004).

En segundo lugar, se construyó un modelo similar (Modelo II) eliminando la variable tiempo de aprobación del Trabajo Final. Para ambos modelos se analizó la existencia de multicolinealidad mediante el Factor de Inflación de Variancias (FIV). El Factor de Inflación de la j -ésima variable regresora es $FIV_j = 1/(1-R_j^2)$ donde R_j^2 es el coeficiente de determinación de la regresión de la j -ésima variable predictora en función de todas las restantes variables. Si la j -ésima variable es bien explicada por las demás, entonces R_j^2 será cercano a 1 y el FIV será grande. En general, se considera que un $FIV > 10$ es indicador de la presencia de multicolinealidad (Hocking, 1996). Se verificaron los supuestos de la regresión mediante gráficos de probabilidad normal de residuales y de dispersión de residuales versus valores predichos.

El modelo finalmente seleccionado se corrió para los alumnos no graduados que en el período en estudio completaron el primer año de

estudios, y cuyos tiempos de aprobación de las asignaturas presentes en el modelo estaban comprendidos en el rango considerado en la construcción del mismo.

2.3 Resultados

Al aplicar CPM se obtuvieron los siguientes resultados: la duración promedio de la carrera resultó de 6,4 años (TABLA 1); la duración mediana de la carrera, en cambio, es de 5,8 años es decir que, en promedio, el retraso supera el 50% de la duración teórica del plan (4 años).

Se observa que, dada la sensibilidad de la media a los valores extremos, la duración promedio está afectada por aquellos graduados que, habiendo ingresado antes del año 2001, fueron asimilados al nuevo plan de estudios.

La aprobación de las siguientes asignaturas no resultaron críticas para ninguna de las ejecuciones del proyecto: Introducción a la Agrimensura y a la Ética, Agrimensura Legal I y II, Ordenamiento Territorial, Evaluación Económica de Proyectos, Optativa I (en ninguna de sus dos opciones), Tasaciones, Cartografía, Fotogrametría, Prueba de Idioma y las opciones Evaluación Económica de Proyectos y Microgeodesia de las Optativas I y II (que no fueron elegidas por ningún egresado).

Las duraciones de las actividades que resultaron críticas en al menos una ejecución del proyecto, y que por lo tanto se incorporaron como variables explicativas en los modelos de regresión, fueron:

1. Álgebra (ALG)
2. Trigonometría (TRIG)
3. Álgebra Lineal y Geometría (ALGELIN)
4. Análisis Matemático (ANMAT)
5. Topografía I (TOPOGI)
6. Física (FCA)
7. Cálculo y Compensación (CYC)
8. Fotointerpretación y Teledetección (FYT)
9. Geodesia (GEOD)
10. Topografía II (TOPOGII)
11. Topografía III (TOPOGIII)
12. Mediciones Especiales (MED)
13. Posicionamiento Satelitario (POS)
14. Levantamientos Hidráulicos (Optativa II) (LEVH)
15. Sistemas de Información Territorial y Catastro (SITC)
16. Trabajo Final (TRABFIN)

Al correr el Modelo I se obtuvo que los modelos que incluyen sucesivamente a las asignaturas Álgebra (Modelo Ia), Álgebra y Álgebra

Lineal (Modelo Ib), y Álgebra, Álgebra Lineal y Trabajo Final (Modelo Ic) explican el 73%, 87% y 91% respectivamente de la variabilidad de la duración total de la carrera (DURTOT).

Agregando las asignaturas Topografía III y Geodesia (Modelo Ie) se llega a un porcentaje de variación explicada del 97% (TABLA 2). La TABLA 3 muestra el análisis de variancia para los modelos ajustados. Puede observarse que en todos los modelos, el Factor de Inflación de Variancia fue aproximadamente igual a 1, por lo que puede asegurarse que los mismos no exhiben multicolinealidad ya que todos ellos son menores que 10 (TABLA 4).

Dado que el Modelo Ic y los siguientes incluyen como variable explicativa la duración de la tarea de aprobar el Trabajo Final y ésta es la última tarea del proyecto, estos modelos no sirven para predecir con suficiente antelación la duración de la carrera.

Por este motivo, se ajustó un nuevo modelo (Modelo II) en el que se elimina la duración del Trabajo Final como variable independiente.

Al correr el Modelo II, se obtuvieron los siguientes resultados: las duraciones de Álgebra, Álgebra Lineal y Geometría, Análisis Matemático, Fotointerpretación y Teledetección y Sistemas de Información Territorial y Catastro explican el 94% de la variabilidad de la duración total de la carrera (Modelo IIf de la TABLA 5); sin embargo, puede observarse en el Modelo IIc de dicha tabla que las asignaturas Álgebra, Álgebra Lineal y Geometría y Análisis Matemático, todas ellas de primer año, explican el 89% de la variabilidad de la duración total. Cabe señalar que el tiempo de aprobación de Álgebra explica el 73% de la variabilidad mencionada (Modelo IIa. TABLA 5) y que los de Álgebra Lineal y Geometría y Análisis Matemático incrementan la variabilidad explicada en 14% y 2%, respectivamente.

El análisis de variancia de cada uno de los modelos ajustados se presenta en la TABLA 6, mientras que los coeficientes de los modelos ajustados y su significación estadística se presentan en la TABLA 7. Los valores del Factor de Inflación de Variancias (FIV) en estos 3 primeros modelos muestran que no se han presentado problemas de multicolinealidad, ya que el FIV <10.

Puede observarse que los tres primeros modelos (IIa, IIb, y IIc) sólo contienen asignaturas del primer año, por lo cual permiten predecir la duración total de la carrera al término del primer año de estudios. Por ello, dado que explica el 89% de la variación total, para realizar la predicción de dicha duración se utilizó el Modelo IIc, cuya ecuación es:

$$DURTOT = 1738,634 + 0,954.ALG + 0,662.ALGLIN + 0,645.ANMAT.$$

Todos los coeficientes del modelo son positivos. En el caso particular de Álgebra puede interpretarse que, dejando constantes las demás variables,

por cada día de atraso en la aprobación de Álgebra la duración total de la carrera se incrementa en un día.

Para hacer un diagnóstico del modelo de regresión se realizó un gráfico de dispersión de los residuos versus los valores predichos. Éste no muestra ningún patrón particular que indique la falta de independencia entre ellos, ni tampoco el incumplimiento del requisito de varianza del error constante. (FIGURA 1).

Por otro lado se analizó la normalidad de los residuos realizando un gráfico de probabilidad Normal, el cual no muestra desviaciones marcadas respecto de la normalidad. (FIGURA 2).

De los 39 alumnos que en el período en estudio habían aprobado todas las asignaturas del primer año de estudios, 4 registraron tiempos de aprobación de asignaturas excesivamente grandes con lo cual el valor de las variables independientes no están comprendidas en el rango de valores de las variables explicativas del modelo construido (resultando valores atípicos u *outliers*) por lo cual el Modelo II se corrió para los 35 no graduados restantes.

Para estos alumnos se obtuvo una duración total estimada promedio de 2215 días y mediana de 2134 días, con un desvío standard respecto al promedio de 768 días, valores similares a los obtenidos para los egresados.

3. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos puede concluirse que el tiempo requerido por los estudiantes para finalizar esta carrera está fuertemente relacionado con el tiempo necesario para concluir su formación matemática. En particular, se destaca la importancia del tiempo de aprobación de Álgebra, ubicada en el primer cuatrimestre del primer año de estudios, dado que presenta el coeficiente de regresión parcial más alto en el modelo. Si bien esta situación es similar a la observada en el caso de las Carreras de Programador Universitario de Aplicaciones y Licenciatura en Sistemas de Información, de la misma Facultad, en el caso de Agrimensura, dicha formación está circunscripta al primer año de estudios, por lo cual el modelo construido en este trabajo permite estimar la duración de la carrera una vez aprobadas las asignaturas de la formación matemática de la currícula.

Por otra parte, la similitud obtenida entre la duración media de la carrera en el caso de graduados y la estimada por el modelo para los no graduados, parece sugerir que el desempeño de los estudiantes de la misma es medianamente estable en el tiempo, por lo cual no cabría esperar descensos significativos en la duración de la carrera con el transcurso del mismo.

TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. Estadísticos descriptivos del tiempo de aprobación de las asignaturas y de la duración total de la carrera de Agrimensura

Asignatura	Tiempo de aprobación (Días)		
	Media	S	Mediana
Álgebra	684	613	543
Trigonometría	581	657	333
Introducción a la Agrimensura y a la Ética	410	604	147
Agrimensura Legal I	589	590	303
Álgebra Lineal y Geometría	529	388	485
Análisis Matemático	287	249	214
Topografía I	207	157	203
Física	251	139	229
Ordenamiento Territorial	217	98	241
Cálculo y Compensación	191	162	121
Evaluación Económica de Proyectos	244	142	206
Levantamientos Geomorfológicos (Optativa I)	697	529	632
Fotointerpretación y Teledetección	249	195	230
Geodesia	225	188	189
Tasaciones	127	81	121
Topografía II	92	95	60
Agrimensura Legal II	291	288	170
Topografía III	96	89	98
Cartografía	157	142	160
Fotogrametría	224	119	219
Mediciones Especiales	231	92	225
Posicionamiento Satelitario	124	85	122
Levantamientos Hidráulicos (Optativa II)	301	157	249
Sistemas de Información Territorial y Catastro	156	109	140
Prueba de Idioma	1219	764	1046
Trabajo Final	135	160	105
DURACIÓN TOTAL	2326	761	2121

TABLA 2. Resumen del Modelo I

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error standard de la estimación
la	,861	,741	,728	395,9
lb	,937	,878	,865	279,3
lc	,961	,923	,910	227,9
ld	,985	,970	,962	147,3
le	,990	,980	,974	123,6
lf	,993	,986	,980	106,9

la Variables predictoras: ALG

lb Variables predictoras: ALG, ALGLIN

lc Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN

ld Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII

le Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII, GEOD

lf Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII, GEOD, TOPOGI

VARIABLE DEPENDIENTE: DURTOT

TABLA 3. Modelo I. Análisis de Variancia

Modelo		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
la	Regresión	8997468,8	1	8997468,8	57,1	,000
	Residual	3151224,3	20	157561,2		
	Total	12148693,1	21			
lb	Regresión	10666629,6	2	5333314,8	68,4	,000
	Residual	1482063,5	19	78003,3		
	Total	12148693,1	21			
lc	Regresión	11213609,7	3	3737869,7	71,9	,000
	Residual	935084,0	18	51949,1		
	Total	12148693,1	21			
ld	Regresión	11779815,2	4	2944953,8	135,7	,000
	Residual	368877,9	17	21698,7		
	Total	12148693,1	21			
le	Regresión	11904112,7	5	2380822,5	155,7	,000
	Residual	244580,4	16	15286,3		
	Total	12148693,1	21			
lf	Regresión	11977090,5	6	1996181,7	174,5	,000
	Residual	171602,6	15	11440,2		
	Total	12148693,1	21			

la Variables predictoras: ALG

lb Variables predictoras: ALG, ALGLIN

lc Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN

Id Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII
 le Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII, GEOD
 lf Variables predictoras: ALG, ALGLIN, TRABFIN, TOPOGIII, GEOD, TOPOGI
 VARIABLE DEPENDIENTE: DURTOT

TABLA 4. Modelo I. Coeficientes de los modelos la hasta lf. Significación y Factor de Inflación de Variancia (FIV)

Modelo	Variables	Coeficientes del modelo		t	p	FIV
		B	Error standard			
la	Constante	1596,013	128,463	12,4	,000	
	ALG	1,067	,141	7,6	,000	1,000
lb	Constante	1187,544	126,361	9,4	,000	
	ALG	1,101	,100	11,0	,000	1,005
	ALGLIN	,728	,157	4,6	,000	1,005
lc	Constante	1150,476	103,751	11,1	,000	
	ALG	,968	,091	10,6	,000	1,262
	ALGLIN	,681	,129	5,3	,000	1,018
	TRABFIN	1,134	,349	3,2	,004	1,261
ld	Constante	908,097	82,144	11,0	,000	
	ALG	,941	,059	15,9	,000	1,272
	ALGLIN	,762	,085	9,0	,000	1,055
	TRABFIN	1,384	,231	6,0	,000	1,320
	TOPOGIII	1,924	,377	5,1	,000	1,094
le	Constante	704,167	99,338	7,1	,000	
	ALG	1,009	,055	18,3	,000	1,568
	ALGLIN	,834	,076	11,0	,000	1,188
	TRABFIN	1,486	,197	7,5	,000	1,364
	TOPOGIII	1,805	,319	5,7	,000	1,113
lf	GEOD	,519	,182	2,8	,012	1,607
	Constante	512,732	114,587	4,5	,000	
	ALG	1,019	,048	21,3	,000	1,579
	ALGLIN	,950	,080	11,9	,000	1,772
	TRABFIN	1,457	,171	8,5	,000	1,371
	TOPOGIII	1,740	,277	6,3	,000	1,123
	GEOD	,677	,169	4,0	,001	1,859
TOPOGI	,474	,188	2,5	,023	1,602	

TABLA 5. Resumen del Modelo II

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error standard de la estimación
Ila	,861	,741	,728	396,9
Ilb	,937	,878	,865	279,3
Ilc	,953	,908	,892	249,5
Ild	,964	,929	,912	225,6
Ile	,977	,955	,941	184,7

Ila Variables predictoras: ALG

Ilb Variables predictoras: ALG, ALGLIN

Ilc Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT

Ild Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT, FYT

Ile Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT, FYT, SIT

TABLA 6. Modelo II. Análisis de Variancia

Modelo		Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	F	P
Ila	Regresión	8997468,8	1	8997468,8	57,1	,000
	Residual	3151224,3	20	157561,2		
	Total	12148693,1	21			
Ilb	Regresión	10666629,6	2	5333314,8	68,4	,000
	Residual	1482063,5	19	78003,3		
	Total	12148693,1	21			
Ilc	Regresión	11028435,8	3	3676145,3	59,1	,000
	Residual	1120257,3	18	62236,5		
	Total	12148693,1	21			
Ild	Regresión	11283394,8	4	2820848,7	55,4	,000
	Residual	865298,3	17	50899,9		
	Total	12148693,1	21			
Ile	Regresión	11602723,3	5	2320544,6	68,0	,000
	Residual	5459669,8	16	34123,1		
	Total	12148693,1	21			

Ila Variables predictoras: ALG

Ilb Variables predictoras: ALG, ALGLIN

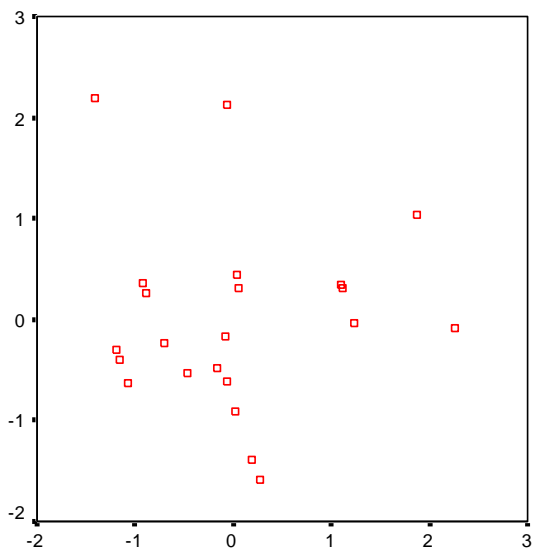
Ilc Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT

Ild Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT, FYT

Ile Variables predictoras: ALG, ALGLIN, ANMAT, FYT, SIT

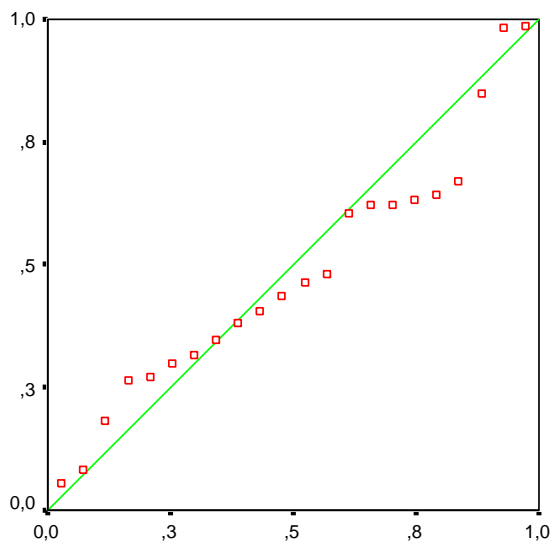
TABLA 7. Modelo II. Coeficientes de los modelos Ila hasta IIf. Significación y Factor de Inflación de Variancia (FIV)

Modelo		B	Error standard	t	p	FIV
Ila	Constante	1596,013	128,463	12,424	,000	
	ALG	1,067	,141	7,557	,000	1,000
Ilb	Constante	1187,544	126,361	9,398	,000	
	ALG	1,101	,100	11,051	,000	1,005
	ALGLIN	,728	,157	4,626	,000	1,005
Ilc	Constante	1738,634	114,679	9,929	,000	
	ALG	,954	,108	8,835	,000	1,479
	ALGLIN	,662	,143	4,615	,000	1,044
	ANMAT	,645	,268	2,411	,027	1,493
IId	Constante	812,428	178,884	4,542	,000	
	ALG	1,063	,109	9,741	,000	1,847
	ALGLIN	,800	,144	5,569	,000	1,284
	ANMAT	,653	,242	2,696	,015	1,493
	FYT	,707	,316	2,238	,039	1,577
Ile	Constante	626,325	158,598	3,949	,001	
	ALG	1,081	,090	12,071	,000	1,855
	ALGLIN	,667	,125	5,315	,000	1,460
	ANMAT	,642	,198	3,241	,005	1,494
	FYT	,885	,265	3,337	,004	1,656
	SIT	1,304	,426	3,059	,007	1,334



Regresión Valor pronosticado tipificado

FIGURA 1. Diagrama de dispersión. Residuales de la regresión vs. Predichos.



Prob acum observada

FIGURA 2. Gráfico de probabilidad normal.

4. REFERENCIAS

- AVALOS, J.; CAPUTO, L.; PORCEL, E. (2012): “TIEMPOS DE APROBACIÓN DE ASIGNATURAS DEL CICLO BÁSICO DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE FACENA”. Anales del XXV Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa y XXIII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. CABA. Argentina.
- BARRETO, S. E., LÓPEZ, M. V., RAMÍREZ ARBALLO, M. G., PORCEL, E. A., MATA, L. E. (2012): “MODELO DE REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN PRIMER AÑO DE UNA CARRERA DE SISTEMAS, EN FUNCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS MATEMÁTICOS PREVIOS”. Anales del XXV Encuentro Nacional de Investigación Operativa y XXIII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO). CABA. Argentina.
- CAPUTO, L.; LÓPEZ, M.; DAPOZO, G.; PORCEL, E. (2010): “TIEMPO EMPLEADO POR LOS ALUMNOS DE LA LICENCIATURA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE LA FACENA (UNNE) PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO INTERMEDIO DE PROGRAMADOR UNIVERSITARIO DE APLICACIONES”. (2010): Anales del II Encuentro Regional Argentino Brasileño de Investigación Operativa, XXIII Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa y XXI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. Tandil (Buenos Aires). Argentina.
- CAPUTO, L.; PORCEL, E.; GALIANA, J.; GARAU, C. (2008): “DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO ACADÉMICO DE ALUMNOS Y GRADUADOS DE UNA CARRERA UNIVERSITARIA MEDIANTE CPM Y ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS”. Anales del I Encuentro Regional Argentino Brasileño de Investigación Operativa, XXI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa y XIX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. Posadas (Misiones). Argentina.
- DAPOZO, N.; LÓPEZ, M.; PORCEL, E. (2011): “DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE ALUMNOS DE CARRERAS DE INFORMÁTICA. EL CASO DE LA LICENCIATURA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE LA FACENA (UNNE)”. Anales del XXIV Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa. XXII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. Río Cuarto (Córdoba). Argentina.
- DI GRESIA, L. (2007): “RENDIMIENTO ACADÉMICO UNIVERSITARIO”. Capítulo de tesis doctoral. Doctorado en Economía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Disponible en <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2007/digresia.pdf>.
Última fecha de consulta: 22 de agosto de 2013.

- GARCÍA JIMÉNEZ, M. V., ALVARADO IZQUIERDO, J. M. Y JIMÉNEZ BLANCO, A. (2000): "LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO: REGRESIÓN LINEAL VERSUS REGRESIÓN LOGÍSTICA". *Psicothema*. Vol. 12, Suplemento N° 2, pp 248-252. Disponible en <http://www.psicothema.com/pdf/558.pdf>. Última fecha de consulta: 22 de agosto de 2013.
- GIOVAGNOLI, P. (2002): "DETERMINANTES DE LA DESERCIÓN Y GRADUACIÓN UNIVERSITARIA: UNA APLICACIÓN UTILIZANDO MODELOS DE DURACIÓN". Documento de Trabajo N° 37. Dpto. de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de La Plata. La Plata (Buenos Aires). Argentina. Disponible en <http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar/maestria/tesis/019-tesis-giovagnoli.pdf>. Última fecha de consulta: 22 de agosto de 2013.
- HOCKING, R (1996): "METHODS AND APPLICATIONS OF LINEAR MODELS". John Wiley and Sons. Inc. New York. 731 páginas.
- MONTGOMERY, D.; PECK, E.; VINING, G. (2004): "INTRODUCCION AL ANALISIS DE REGRESION LINEAL". Compañía Editorial Continental. México D.F. 588 páginas.
- PÉREZ MACKEPRANG, C; ALBERTO, C.; CARIGNAGNO, C. Y CASTRO, S. (1998): "PROGRAMACIÓN POR CAMINO CRÍTICO, INTRODUCCIÓN AL MÉTODO: ACTIVIDADES EN LOS VÉRTICES". *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa* N° 14. pp. 15 – 28. 1998. Tandil (Buenos Aires). Argentina.
- PORCEL, E.; CAPUTO, L. (2011): "INDICADORES DE RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS DE LAS CARRERAS PROFESIONALES DE FACENA". Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2011 de la UNNE. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia (Chaco). Argentina.
- PORCEL, E.; LÓPEZ, M.; DAPOZO, G.; CAPUTO, L. (2009): "RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE EXÁMENES RENDIDOS Y EL NÚMERO DE ASIGNATURAS APROBADAS COMO INDICADOR DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS UNIVERSITARIOS". *Anales del XXII Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa y XX Jornadas de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*. CABA. Argentina.

- PORTO, A.; DI GRESIA, L. (2000): “CARACTERÍSTICAS Y RENDIMIENTO DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS. EL CASO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA”. Documento de Trabajo N° 24. Dpto. de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Buenos Aires. Argentina. Disponible en <http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar/doctrab/doc24.pdf>. Última fecha de consulta: 22 de agosto de 2013.
- ROSAS, M., CHACIN, F.; GARCIA, J.; ASCABIO, M; COBO, M. (2006): “MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE EN PRESENCIA DE VARIABLES CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO ESTUDIANTIL”. Revista Facultad de Agronomía (LUZ), Vol. 23. Pp 196 – 212. Universidad Central de Venezuela. Estado Aragua. Venezuela. Disponible en <http://revistas.luz.edu.ve/index.php/fagro/article/viewFile/8163/7821>. Última fecha de consulta: 22 de agosto de 2013.