



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MATEMÁTICA

MODELOS PARA DETECCIÓN DE RUTAS ACADÉMICAS
CRÍTICAS PARA LA TITULACIÓN EN CARRERAS
UNIVERSITARIAS A NIVEL DE ANÁLISIS DE ASIGNATURAS

POR SOLEDAD BELÉN FUENTES BURGOS

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Concepción para optar al título profesional de Ingeniera Civil Matemática.

PROFESOR GUÍA: CLAUDIO ENRIQUE BUSTOS NAVARRETE

Julio de 2021
Concepción, Chile



© 2021 Soledad Belén Fuentes Burgos

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

MODELOS PARA DETECCIÓN DE RUTAS ACADÉMICAS
CRÍTICAS PARA LA TITULACIÓN EN CARRERAS
UNIVERSITARIAS A NIVEL DE ANÁLISIS DE ASIGNATURAS

POR SOLEDAD BELÉN FUENTES BURGOS



COMISIÓN EVALUADORA

- Claudio Bustos Navarrete [Profesor guía]
Departamento de Psicología, Universidad de Concepción.
- Dra. Karla Lobos Peña
Jefa de investigación del Laboratorio de Investigación e Innovación Educativa
de la Universidad de Concepción (IDEClab).
- Dra. María Paz Casanova Laudien
Departamento de Estadística, Universidad de Concepción.



A mi familia, mis padres Margot e Iván,
mi hermana Fernanda y mi sobrino Julián.

Agradecimientos

Comienzo agradeciendo al Departamento de Ingeniería Matemática de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Concepción, por las herramientas y los conocimientos brindados durante mis años de estudio. A la profesora Mónica Selva, pues admiro su labor como jefa de carrera.

Agradecer también al Laboratorio de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad de Concepción (IDEClab), por confiar en mí y brindarme las herramientas necesarias para la realización de esta memoria de título.

También, a mi profesor guía Claudio Bustos, por la paciencia, el tiempo, los conocimientos y el apoyo dedicado para el desarrollo de este estudio.

Doy gracias a mi familia mi madre Margot, mi padre Iván, mi hermana Fernanda y mi sobrino Julián por su amor, preocupación y apoyo incondicional durante todos mis años de estudio.

Agradecer a mi compañero de vida durante 8 años, Andrés, por siempre tener una palabra de apoyo, por confiar en mí y animarme a seguir.

Finalmente, agradecer a mis amigos de la carrera. Durante mis años de estudio tuve la fortuna de rodearme de grandes personas que siempre estuvieron dispuestas a brindarme ayuda y alegrar los largos días en la universidad.

Índice general

Agradecimientos	III
Índice general	IV
Índice de tablas	VI
Índice de figuras	XII
Resumen	XIV
Introducción	1
1. Marco Teórico	4
1.1. Análisis de tiempo-a-evento	6
1.1.1. Tasa de Riesgo	6
1.1.2. Censura o truncamiento	7
1.1.3. Ventajas de los modelos discretos sobre los modelos continuos en el área educativa	8
1.2. Tablas de vida	9
1.2.1. Ejemplo de Tabla de Vida	11
1.2.2. Estimador de Kaplan-Meier	12
1.2.3. Estimación de Cox	13
1.2.4. Regresión Logística para análisis de tiempo a evento	14
1.3. Riesgo Competitivo	17
1.3.1. Modelos Paramétricos	17
1.3.2. Ejemplo Riesgo Competitivo	19
1.3.3. Modelo de Regresión Logística Multinomial	20
1.3.4. Orden de los eventos objetivo	22
1.4. Variables predictoras utilizadas en los modelos de regresión	23
1.5. Ruta Crítica	24
1.5.1. Conceptos básicos de grafos	24
1.5.2. Algoritmo de <i>Bellman-Ford</i>	26



2. Metodología	28
2.1. Modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del tiempo	28
2.1.1. Procesamiento de datos y caracterización de la población . . .	28
2.1.2. Modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del tiempo	29
2.2. Modelos predictivos y descriptivos para predecir el estado final de un alumno en una asignatura	33
2.2.1. Modelos predictivos y descriptivos para predecir el estado final de un estudiante en una asignatura	33
2.2.2. Modelos para predecir la nota de aprobación de un estudiante	41
2.3. Detección de ruta crítica para un alumno en una carrera universitaria específica	43
2.3.1. Cálculo del tiempo esperado de aprobación	43
2.3.2. Representación de malla curricular como un grafo ponderado acíclico dirigido	45
2.3.3. Detección ruta crítica	46
3. Resultados	48
3.1. Aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del intento . . .	48
3.2. Modelos descriptivos y predictivos para la predicción del estado final de un alumno para un asignatura	52
3.2.1. Modelos para predicción del estado final de un alumno	52
3.2.2. Modelos de predicción de notas	74
3.2.3. Evaluación del ajuste de los modelos	75
3.2.4. Simulación del tiempo esperado de aprobación	81
3.3. Detección de rutas críticas	85
3.3.1. Comparación de rutas críticas en estudiantes titulados	85
3.3.2. Rutas críticas para simulaciones	92
4. Discusión	96
5. Conclusiones	101
Referencias	105
Anexos	106
A. Tablas de Vida	107
B. Regresiones	122
C. Simulaciones tiempo de aprobación	194

Índice de tablas

1.1. Ejemplo Tabla de Vida: Número de veces que 500 estudiantes han cursado una asignatura	12
1.2. Ejemplo tabla de vida con riesgo competitivo, número de veces que 500 estudiantes han cursado una asignatura.	20
2.1. Cantidad de registros eliminados por asignatura para la creación de tablas de vida	29
2.2. Códigos de asignaturas modificadas	30
2.3. Cantidad de registros eliminados por asignatura para la creación de modelos de regresión	35
2.4. Prerrequisitos de cada asignatura	38
2.5. Asignaturas con cuasi separación de los datos	40
2.6. Comparación entre media del pseudo R^2 de modelos de bosques aleatorios y R^2 ajustado de modelos de regresión lineal	42
2.7. Esquema para el cálculo del tiempo esperado de aprobación	44
2.8. Tabla de vida: Ejemplo cálculo del tiempo esperado de aprobación	45
2.9. Esquema para el cálculo del tiempo esperado de aprobación	45
3.1. Pruebas de razón de verosimilitud	53
3.2. Media del error cuadrático medio de los modelos para predicción de nota	74
3.3. Media del error cuadrático medio de simulaciones para titulados con distintos métodos	77
3.4. Predicciones de tiempo esperado de aprobación máximo al tercer intento con tablas de vida	82
3.5. Resumen de los tiempos de aprobación esperados simulados con distintas características.	85
3.6. Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión para titulados	86
3.7. Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión conociendo el rendimiento de primer año para titulados	89

3.8. Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión conociendo el rendimiento hasta segundo año para titulados	91
3.9. Rutas críticas para individuos simulados según modelos de regresión multinomial	94
A.1. Tabla de vida: Introducción a la Matemática Universitaria (520145)	107
A.2. Tabla de vida: Introducción a la Química Universitaria (530023)	107
A.3. Tabla de vida: Introducción a la Física Universitaria (510145)	108
A.4. Tabla de vida: Álgebra I (525147)	108
A.5. Tabla de vida: Cálculo I (527147)	109
A.6. Tabla de vida: Química General I (530024)	109
A.7. Tabla de vida: Física I (510147)	110
A.8. Tabla de vida: Álgebra II (525148)	110
A.9. Tabla de vida: Cálculo II (527148)	111
A.10. Tabla de vida: Química General II (530025)	111
A.11. Tabla de vida: Física II (510148)	112
A.12. Tabla de vida: Álgebra III Fundamentos y Álgebra Lineal II (525201)	112
A.13. Tabla de vida: Cálculo III (525211)	112
A.14. Tabla de vida: Ecs. Diferenciales I Ecs. Dif. Ordin. I (525221)	113
A.15. Tabla de vida: Lenguaje de Programación (503201)	113
A.16. Tabla de vida: Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291)	113
A.17. Tabla de vida: Cálculo IV (525212)	114
A.18. Tabla de vida: Análisis Numérico I Cálculo Numérico (525240)	114
A.19. Tabla de vida: Ecuaciones Diferenciales II (525222)	114
A.20. Tabla de vida: Fenómenos de Transporte (542330)	115
A.21. Tabla de vida: Termodinámica Ingen (510215)	115
A.22. Tabla de vida: Análisis Real I Topología elemental y espacios métricos (525301)	115
A.23. Tabla de vida: Optimización I Optimización Lineal (525351)	116
A.24. Tabla de vida: Análisis Numérico II Álgebra Lineal Numérica (525441)	116
A.25. Tabla de vida: Mecánica de Fluidos (542202)	116
A.26. Tabla de vida: Probabilidades (523265)	117
A.27. Tabla de vida: Análisis Real II Medida e Integración (525302)	117
A.28. Tabla de vida: Optimización II Optimización no Lineal (525352)	117
A.29. Tabla de vida: Electromagnetismo Ingen (510226)	118
A.30. Tabla de vida: Mecánica de Materiales (548305)	118
A.31. Tabla de vida: Inferencia Estadística (523266)	118
A.32. Tabla de vida: Análisis Funcional y Aplicaciones I Función y Operad. Lineales (525401)	119
A.33. Tabla de vida: Análisis Numérico III Anal. Numérico de Ecuacs. Diferenciales (525442)	119
A.34. Tabla de vida: Economía (546370)	119

A.35. Tabla de vida: Regresión (523374)	120
A.36. Tabla de vida: Álgebra IV Introducción a la matemática discreta (525412)	120
A.37. Tabla de vida: Formulación y Evaluación de Proyectos (546102) . . .	120
A.38. Tabla de vida: Transferencia de Calor (548306)	121
A.39. Tabla de vida: Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas (525490)	121
B.1. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 520145	122
B.2. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 520145	123
B.3. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 530023	124
B.4. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 530023	125
B.5. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 510145	126
B.6. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 510145	127
B.7. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 525147	128
B.8. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 525147	129
B.9. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 527147	130
B.10. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 527147	131
B.11. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 530024	132
B.12. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 530024	133
B.13. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 510147	134
B.14. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 510147	135
B.15. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 525148	136
B.16. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a re- probar temporal asignatura 525148	137
B.17. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar tem- poral asignatura 527148	138

B.18. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 527148	139
B.19. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 530025	140
B.20. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 530025	141
B.21. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510148	142
B.22. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510148	143
B.23. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525201	144
B.24. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525201	145
B.25. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525211	146
B.26. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525211	147
B.27. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525221	148
B.28. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525221	149
B.29. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 503201	150
B.30. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 503201	151
B.31. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525291	152
B.32. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525291	153
B.33. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525212	154
B.34. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525212	155
B.35. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525240	156
B.36. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525240	157
B.37. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525222	158
B.38. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525222	159

B.39. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 542330	160
B.40. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 542330	161
B.41. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510215	162
B.42. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510215	163
B.43. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525301	164
B.44. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525301	165
B.45. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525351	166
B.46. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525351	167
B.47. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525441	168
B.48. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525441	169
B.49. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 542202	170
B.50. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 542202	171
B.51. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523265	172
B.52. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523265	173
B.53. Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525302	174
B.54. Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525352	175
B.55. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510226	176
B.56. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510226	177
B.57. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 548305	178
B.58. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 548305	179
B.59. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523266	180

B.60. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523266	181
B.61. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525401	182
B.62. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525401	183
B.63. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525442	184
B.64. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525442	185
B.65. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 546370	186
B.66. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 546370	187
B.67. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523374	188
B.68. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523374	189
B.69. Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525412	190
B.70. Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 546102	191
B.71. Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 546102	192
B.72. Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 548306	193
C.1. Simulación del tiempo de aprobación esperado con géneros distintos .	195
C.2. Simulación del tiempo de aprobación esperado con grupos de dependencia distintos	196
C.3. Simulación del tiempo de aprobación esperado con puntajes NEM y puntajes PSU distintos	197

Índice de figuras

1.1. Ejemplo función de supervivencia para tiempo continuo	7
1.2. Ejemplo función de supervivencia para tiempo discreto	8
1.3. Probabilidad acumulada de ocurrencia del evento de interés para ejemplo propuesto en Tabla 1.1.	13
1.4. Probabilidad acumulada de aprobar y de reprobado definitivamente para ejemplo propuesto en Tabla 1.2	21
1.5. Ejemplo gráfico de un grafo dirigido	25
2.1. Diagrama de flujo para la toma de decisiones en tablas de vida	32
2.2. Grafo $G(V, E)$: Representación de la malla curricular como un digrafo ponderado	47
3.1. Resumen de la información obtenida en las tablas de vida.	51
3.2. Odds de las variables predictoras puntajes PSU y puntaje NEM para modelos aprobación versus reprobación temporal.	57
3.3. Odds de las variables predictoras sociodemográficas para modelos aprobación versus reprobación temporal.	58
3.4. Odds de las variables predictoras intentos para modelos aprobación versus reprobación temporal.	59
3.5. Log-odds y odds de las variables predictoras prerrequisitos para modelos aprobación versus reprobación temporal.	60
3.6. Odds de las variables predictoras puntajes PSU y puntaje NEM para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.	63
3.7. Odds de las variables predictoras sociodemográficas para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.	64
3.8. Log-odds de las variables predictoras intentos para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.	65
3.9. Log-odds y odds de las variables predictoras prerrequisitos para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.	66
3.10. Dos primeras componentes principales de los coeficientes del modelo de regresión aprobar versus reprobado temporal	72

3.11. Dos primeras componentes principales de los coeficientes del modelo de regresión reprobar definitivo versus reprobar temporal	73
3.12. Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión y predicciones con tablas de vida para titulados	78
3.13. Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión conociendo rendimiento de primer año y conociendo rendimiento hasta segundo año para titulados	79
3.14. Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión y predicciones con tablas de vida para todos los estudiantes	80
3.15. Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión para la información de estudiantes titulados	87
3.16. Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según tablas de vida para la información de estudiantes titulados	88
3.17. Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión conociendo el rendimiento de primer año de estudiantes titulados	90
3.18. Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión conociendo el rendimiento hasta segundo año de estudiantes titulados	92
3.19. Ruta crítica según tablas de vida	93



Resumen

La presente memoria de título tiene por objetivo general desarrollar modelos de detección de rutas académicas críticas para la titulación en carreras universitarias a nivel de análisis de asignaturas. Los modelos se desarrollan usando información académica disponible en BI de estudiantes de Ingeniería Civil Matemática de la Universidad de Concepción que ingresaron entre los años 2010 y 2020 contando con su información académica desde Marzo de 2010 a Septiembre de 2020, considerando 486 matrículas. Dichos modelos se realizaron para las 39 asignaturas obligatorias de primer a cuarto año de carrera. La elección se debe principalmente a la alta tasa de deserción que posee esta carrera, pues el 64,3% de los estudiantes entra en baja académica y solo el 0,7% de los alumnos se titula a tiempo.

Para cumplir con el objetivo se utilizan técnicas de análisis de tiempo a evento para generar tablas de vida que describen las tasas de aprobación y reprobación en cada asignatura considerando solo la cantidad de veces que se ha cursado dicha materia. Además, se generan modelos de regresión multinomial para predecir el estado final del alumnos, es decir, aprobación o reprobación considerando variables sociodemográficas y de rendimiento académico. Finalmente, calculando los tiempos esperados de aprobación máximo al tercer intento para cada asignatura se determinan las materias que son parte de la ruta crítica del alumno. Lo anterior se hace representando la malla curricular de dicha carrera como un grafo dirigido ponderado para luego utilizar el algoritmo de optimización *Bellman-Ford*.

A partir de los modelos de aprobación y reprobación dependiente del intento se concluye que las asignaturas con mayores tasas de reprobación se encuentran en primer año. Además, de los modelos de aprobación y reprobación considerando variables sociodemográficas y de rendimiento académico se observa que las variables predictoras que con más frecuencia resultaron significativas son puntaje NEM, cantidad de veces que se ha cursado la asignatura, cumple o no con los prerrequisitos exigidos por la asignatura, nota obtenida en los prerrequisitos y cantidad de veces que cursó los prerrequisitos. Con respecto a la validación de dichos modelos, se observa que cuando se conoce la información de las asignaturas de primer año, o la información hasta segundo año, las simulaciones para los años siguientes mejora.

En cuanto a las rutas críticas se describe un método para determinarlas considerando que el alumno aprueba todas sus asignaturas hasta cuarto año y que puede

cursar cada asignatura máximo 3 veces.



Introducción

La expansión de la educación superior es una tendencia mundial. Entre 2009 y 2019, la proporción personas de 25 a 34 años con título universitario aumentó en todos los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En Chile, el porcentaje aumentó en 12 puntos porcentuales entre 2009 y 2017, más que el aumento promedio de los países de la OCDE (9 puntos porcentuales)[16].

Además del aumento de personas con título universitario, el acceso a la educación superior entre los adultos jóvenes en Chile es relativamente alto. En el año 2017, el 33 % de las personas de 19 a 20 años estaba matriculado en programas de educación superior en Chile, comparado con el 30 % promedio de los países de la OCDE. A pesar de la expansión del acceso, los estudiantes que ingresan por primera vez a educación superior tienen menos probabilidad de completar sus estudios en Chile que en la mayoría de los países de la OCDE con datos disponibles. Al año 2019, solo el 16 % de los estudiantes que ingresan a una carrera profesional en Chile logran egresar dentro de la duración teórica de la carrera, la cual es la tasa más baja entre los países con datos disponibles. Luego de tres años adicionales, la tasa de egreso aumenta al 54 %, aun por debajo del 67 % promedio. Del 46 % de estudiantes restantes que no se han graduado durante el tiempo señalado, cerca de un tercio continúa matriculado en educación superior y los otros dos tercios abandonan el sistema sin titularse [15].

Por lo anterior, es necesario reducir las tasas de deserción universitaria y aumentar las de titulación dentro de la duración real de la carrera. Debido a que la mayoría de las deserciones ocurren durante primer año de la carrera, generalmente por bajas tasas de aprobación, resulta crítico contar con herramientas para la identificación temprana de perfiles de riesgo, de modo de las instituciones puedan intervenir directamente en aquellos estudiantes que presentan mayores niveles de riesgo de abandono, focalizando sus recursos de apoyo de modo eficiente [7].

En particular la Universidad de Concepción cuenta con el Laboratorio de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad de Concepción (IDEClab), en el cual se busca mejorar el aprendizaje de los y las estudiantes, durante sus tres primeros años de estudio en las materias de física, química, matemáticas y biología, en carreras con más de un 50 % de asignaturas de Ciencias Básicas en su primer año. Una de las misiones del laboratorio es generar modelos de alerta temprana que

anticipen el abandono estudiantil ¹. Por lo anterior se definió la presente memoria de título, con el objeto de desarrollar un modelo predictivo del desempeño de los estudiantes a través de su malla curricular.

En el presente estudio se muestran un conjunto de métodos y modelos que permiten estudiar una carrera específica basados en su información histórica. Esto con interés en el ámbito educativo, de identificar a los estudiantes en riesgo y brindar apoyo en sus distintos semestres de estudio, de esta forma reducir la reprobación de asignaturas, y por ende fomentar la titulación a tiempo.

En el ámbito profesional, como alumna memorista de la carrera Ingeniería Civil Matemática, es de interés crear modelos a partir de datos históricos, los cuales entreguen perfiles de alumnos propensos a reprobación o deserción, permitiendo así inferir los posibles desempeños de los futuros estudiantes.

El objetivo general de esta memoria es desarrollar modelos para detección de rutas académicas críticas para la titulación en carreras universitarias a nivel de análisis de asignaturas. Los objetivos específicos son,

1. Describir las tasas de aprobación y reprobación por asignatura usando modelos que solo dependan del tiempo (tablas de vida).
2. Desarrollar modelos para analizar la aprobación y reprobación por asignatura de forma automatizada, conociendo características sociodemográficas, de rendimiento académico previo al ingreso a la universidad y durante esta de los estudiantes.
3. Desarrollar un algoritmo que permita obtener las rutas críticas para un plan de estudios en particular.

La metodología del estudio se basa en la construcción de modelos predictivos y descriptivos de aprobación y reprobación por asignatura. Primero sólo considerando el número de veces que esta se ha cursado (cantidad de intentos) y, en segundo lugar considerando también características académicas y sociodemográficas. Además, se explica un método para detectar rutas críticas en las mallas curriculares de los estudiantes. Todo lo anterior basado en los datos de estudiantes que ingresaron entre el 2010 y el 2020 a la carrera Ingeniería Civil Matemática en la Universidad de Concepción.

Esta carrera fue seleccionada por la alta tasa de deserción que presenta, pues según análisis realizados por el área de investigación del Laboratorio de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad de Concepción (IDECLab), de los estudiantes que ingresaron a la carrera desde primer año, se tiene que un 64,3% de estos entra en baja académica y un 16,4% suspende estudios. Además, solo un 0,7% de los estudiantes de esta carrera se titula a tiempo y el 50% de quienes se titulan

¹<https://ideclab.udec.cl/>

lo hacen en un plazo de 15 semestres, siendo su duración real 12 semestres. Además, del conocimiento que tiene la autora de esta memoria sobre la malla curricular de la carrera.

Finalmente, el presente texto se encuentra dividido en tres capítulos, en el primer capítulo se presenta el marco teórico, en el cual se explican los conceptos esenciales para comprender la metodología empleada en este estudio. El segundo capítulo contiene la metodología, en la cual se explican las decisiones tomadas para la creación del método y los modelos descriptivos/predictivos. En el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los métodos a los datos reales. Al final del documento, se presentan los anexos de tablas y modelos realizados.



Capítulo 1

Marco Teórico

En Chile el acceso a la educación superior es relativamente alto, pero las tasas de egreso son bajas. En 2017, el 33 % de las personas de 19 a 20 años estaba matriculado en programas de educación superior, comparado con el 30 % promedio de los países de la OCDE. Sin embargo, de los estudiantes que ingresan a universidades en Chile solo el 16 % logra egresar dentro de la duración teórica de la carrera, la cual es la tasa más baja entre los países con datos disponibles. Luego de tres años adicionales, la tasa de egreso aumenta al 54 %, aun por debajo del 67 % promedio. Del 46 % de estudiantes restantes que no se han graduado durante el tiempo señalado, cerca de un tercio continúa matriculado en educación superior y el resto abandona el sistema sin titularse [15]. En resumen, a pesar del aumento al acceso a la educación superior, el porcentaje de egreso dentro de la duración teórica de la carrera es muy bajo. El 84 % de quienes ingresan a la educación universitaria se atrasa en la finalización de su carrera, incluso adicionando tres años la tasa de egreso sigue siendo baja.

Debido a las cifras desfavorables mencionadas, es que este estudio se centra en describir y predecir quienes posiblemente egresen de su carrera en un tiempo mayor a la duración real de esta. Para esto, es necesario conocer que características de los alumnos se relacionan con la aprobación o reprobación de asignaturas.

Existen múltiples estudios que buscan explicar el rendimiento académico en la educación superior utilizando variables que describen a los alumnos [1],[7],[8],[14],[21]. Según Garbanzo [8] existen diferentes aspectos que se asocian al rendimiento académico, entre los que intervienen componentes tanto internos como externos al individuo. Pueden ser de orden social, cognitivo y emocional, que se clasifican en tres categorías: determinantes personales, determinantes sociales y determinantes institucionales. En las determinantes personales se incluyen factores de índole personal, como motivación, competencia y condiciones cognitivas, bienestar psicológico, asistencia a clases, aptitudes, sexo, formación académica previa a la universidad y nota de acceso a la universidad. Los determinantes sociales incluyen factores como diferencias sociales, entorno familiar, nivel educativo de los progenitores o adultos responsables del estudiante, contexto socioeconómico y variables demográficas. Con respecto a

las determinantes institucionales, se incluyen factores como elección de los estudios según interés del estudiante, complejidad de los estudios, condiciones institucionales, ambiente estudiantil y relación estudiante - profesor.

En particular el sistema de admisión a las universidades chilenas ofrece de los estudiantes diversos indicadores de desempeño académico, los que aplican al momento de la admisión. Además, se conocen antecedentes sociodemográficos que caracterizan a los estudiantes. Los indicadores de desempeño académico que condicionaron el ingreso a las universidades del Consejo de Rectores de las Universidades de Chile (CRUCH) entre el año 2003 y el año 2020 son las Pruebas de Selección Universitaria (PSU) obligatorias, que son PSU de lenguaje y comunicación y PSU de matemáticas; y las opcionales, que son PSU de historia, geografía y ciencias sociales y PSU de ciencias. Además, otros indicadores de desempeño son las Notas de Enseñanza Media (NEM) y puntaje Ranking incorporado en el año 2013 [7]. También, se conoce para cada estudiante el grupo de dependencia del establecimiento al que perteneció previo a su ingreso a la universidad.

Las pruebas de selección universitaria son el mecanismo utilizado en Chile para ordenar a los postulantes a una carrera desde el que tiene el más alto rendimiento hasta el de menor desempeño y, a partir de esta ordenación, seleccionar a los que tienen mayor probabilidad de éxito académico. Según Antivilo, Contreras y Hernández a mayor puntaje de selección, mayor probabilidad de éxito en el primer nivel universitario [1]. También, según Gallegos y Campos [14] en un estudio realizado a las carreras ingeniería comercial y contador auditor de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, se observa que el puntaje asociado a las notas de enseñanza media (puntaje NEM), el puntaje PSU obtenido en la prueba de lenguaje y comunicación y en la prueba de matemáticas, afecta significativamente el rendimiento de los estudiantes tanto en primer como en cuarto año.

Por otro lado, la edad de ingreso de los estudiantes y el género, según un estudio de Wolter, Diem y Messer [21] el cual trata de abandonos en universidades Suizas, menciona que la mayoría de los estudios encuentran un alto riesgo de abandono en hombres. También menciona que la mayoría de los estudios reconocen una relación clara entre la edad al comenzar la universidad y el riesgo de deserción, cuanto mayores son los estudiantes, mayor es el riesgo de abandono [21].

Por otro lado, según Castillo, González y Puga [6] existen diferencias en el tipo de educación que reciben los estudiantes provenientes de establecimientos municipales y particulares, además de diferencias según estrato socioeconómico.

En el presente capítulo se explica la teoría necesaria para definir modelos de predicción de aprobación o reprobación por asignatura, y modelos de detección de dichas asignaturas que provocan demora en el egreso de los estudiantes de su carrera, basados en información académica y sociodemográfica de los alumnos.

1.1. Análisis de tiempo-a-evento

El análisis de supervivencia o análisis de tiempo-a-evento, es un método para modelar datos cuando se busca analizar la probabilidad de ocurrencia de un evento dependiente del tiempo, considerando diversos factores. La atención se centra en el modelado del tiempo que transcurre hasta que ocurre un evento específico.

De forma general, se tienen estados mutuamente excluyentes que pueden tomarse a lo largo el tiempo. Se asume que para cada persona el evento de interés ocurre solo una vez y cuando ocurre se produce un cambio de estado del individuo. En 1972 fue publicado el artículo fundamental de Cox sobre modelos estadísticos para datos y métodos de supervivencia, especialmente para datos de tiempo continuo, desde entonces han gozado de una popularidad creciente en una variedad de disciplinas que van desde medicina y pruebas de productos industriales hasta sociología y economía [19]. El principal argumento para utilizar los métodos de tiempo-a-evento es que permiten modelar la dinámica del proceso, pues puede ser capturado como función de riesgo o peligro, y censura, lo que significa que en algunos casos el tiempo de ocurrencia del evento no está disponible. [4]

En Figura 1.1 se muestra la función de supervivencia estimada para tiempo continuo en 35 periodos, esta función corresponde a la probabilidad estimada de no presentar el evento de interés después de t periodos. En Figura 1.2 se muestra la función de supervivencia de tiempo discreto en cada intervalo de tiempo, esta función corresponde a la probabilidad estimada de no presentar el evento de interés después de t intervalos. Se observa que es una función escalonada, pues, para tiempo discreto se conoce la información de la población en estudio al termino o inicio de cada periodo.

1.1.1. Tasa de Riesgo

En los datos de tiempo-a-evento se considera la llamada Función de Riesgo. Para tiempo discreto, toma forma de probabilidad condicional en que el periodo de tiempo T finalice en el momento t , dado $T \geq t$ (probabilidad que el evento de interés ocurra en el periodo T dado que no ha ocurrido en los periodos anteriores), notar que T es una variable aleatoria y t una variable específica. Además, se considera x un vector de variables predictoras que caracterizan a la población. Luego, la función de riesgo para el vector de predictores x y tiempo t se define como

$$\lambda(t|x) = P(T = t|T \geq t, x), \quad t = 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

Si las variables predictoras son dependientes del tiempo, la función (1.1) se transforma en [4]

$$\lambda(t|x_t) = P(T = t|T \geq t, x_t), \quad t = 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

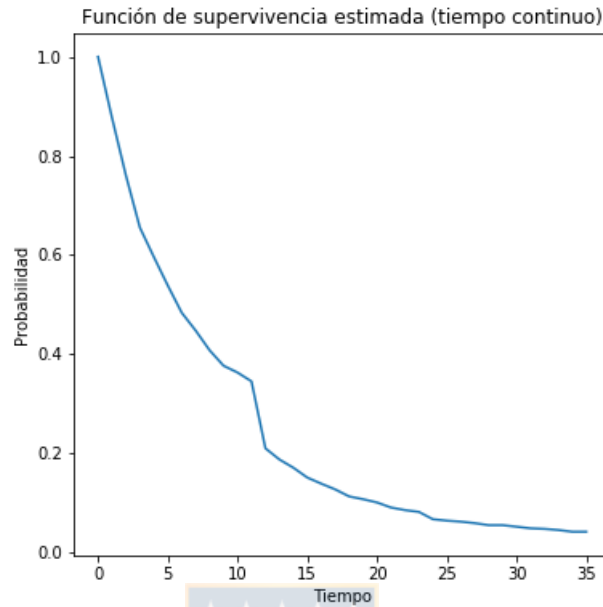


Figura 1.1: Ejemplo función de supervivencia para tiempo continuo

El método más frecuente para estimar la probabilidad de un evento es un enfoque no paramétrico, denominado método de Kaplan-Meier [11] o método de límite de producto. El supuesto principal de la estimación de Kaplan-Meier es que las observaciones censuradas acabarían presentando el evento si el seguimiento fuera lo bastante largo [17]. Es decir, se asume que el evento de interés siempre ocurrirá, aunque se desconoce el tiempo exacto.

1.1.2. Censura o truncamiento

El principal problema cuando se recopila información es que generalmente existen individuos que no experimentan el evento de interés antes que se termine la recopilación de datos. Estas observaciones son llamadas censura. En otras palabras, la censura ocurre si el tiempo de supervivencia no se ha observado completamente, es decir, el tiempo exacto en el que cambiará de estado es desconocido. La censura ocurre cuando, por ejemplo, un individuo abandona el estudio antes de que el estado de interés ocurra, o si el evento en estudio ocurre después de finalizada la recopilación de datos [4]. Si los datos censurados no son considerados en el análisis de tiempo-a-evento se tiende a subestimar el tiempo de supervivencia, por esto es importante incluirlos en el análisis [19].

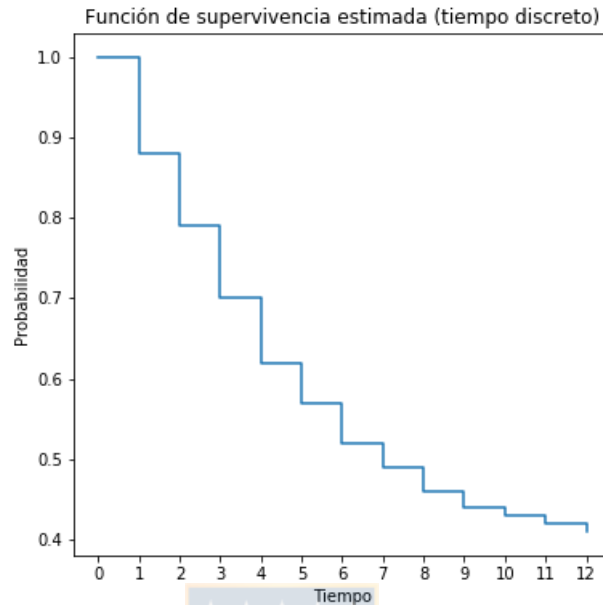


Figura 1.2: Ejemplo función de supervivencia para tiempo discreto

1.1.3. Ventajas de los modelos discretos sobre los modelos continuos en el área educativa

La mayoría de los textos sobre análisis de supervivencia asumen que el tiempo de supervivencia es continuo y el evento a modelar puede ocurrir en cualquier momento particular. Aunque el tiempo sea continuo, en la práctica la medición del tiempo es siempre discreta.

En particular en las ciencias médicas, económicas y sociales, los periodos suelen medirse en días, meses, semestres o años. En nuestro caso, las asignaturas dictadas en la universidad son medidas en trimestres o semestres. Por lo tanto, aunque la transición entre estados tiene lugar en un momento específico, los puntos de tiempo exactos generalmente no se conocen. Sin embargo, lo que si esta disponible es el intervalo en el que sucedió. Por esto, el tiempo continuo se divide en intervalos discretos de tiempo [4].

El análisis de tiempo-a-evento tradicional (tiempo continuo) presenta tres principales obstáculos para ser aplicados en el área educativa. Primero, solo consideran predictores invariantes en el tiempo. Sin embargo, muchos predictores de los procesos educativos, como ayuda financiera (becas) fluctúan naturalmente con el tiempo. Segundo, el efecto del predictor se considera constante en el tiempo. Lo que es poco realista, pues en educación los efectos de los predictores son variables durante los años de estudio. Tercero, los modelos discretos no se adaptan al contexto escolar,

donde el tiempo generalmente es medido de forma discreta en trimestres, semestre o años [19].

En general se tienen las siguientes ventajas de los modelos discretos sobre los modelos continuos: [4]

- Los riesgos pueden ser formulados como probabilidades condicionales. Esto hace que sean mucho más fáciles de interpretar que las tasas de los modelos continuos.
- Muchos eventos son intrínsecamente discretos o son observados en escala discreta. Para estos casos, los modelos discretos son más apropiados que los continuos.
- No existen problemas para modelar eventos que ocurren exactamente al mismo tiempo, en los modelos continuos esto genera dificultades.
- Los modelos de tiempo discreto se pueden estimar usando modelos lineales generalizados (GLM), por lo que las estimaciones se realizan fácilmente utilizando software estándar como *RStudio*.
- La inclusión de GLM permite utilizar técnicas avanzadas de manera sencilla, como incluir parámetros específicos del sujeto en los llamados modelos de fragilidad.

1.2. Tablas de vida

Las tablas de vida son una herramienta para analizar la supervivencia en poblaciones homogéneas. Actualmente, son utilizadas en todo tipo de observaciones en el tiempo. El tiempo puede referirse por ejemplo a tiempo de supervivencia, tiempo de espera, duración del matrimonio, duración de un estudiante en aprobar una asignatura, u otro. Se asume que el tiempo se registra en q intervalos discretos de igual longitud (que pueden ser semanas, meses, semestres, años, etc). El tiempo-a-evento discreto se denota por T cuando $T = t$, es decir, el evento de interés ocurre en el periodo de tiempo t , la censura se denota por C cuando $C = t$ quiere decir que la observación fue censurada en el periodo de tiempo t [4].

La probabilidad de que el evento de interés ocurra en el periodo t para un individuo seleccionado al azar, se denota por

$$\pi_t = P(T = t)$$

Las probabilidades π_1, π_2, \dots representan la densidad discreta de la variable aleatoria $T \in \{1, 2, \dots\}$. Además, se considera la probabilidad condicional de que el

evento de interés ocurra en el periodo de tiempo t dado que aún no ha ocurrido, dicha probabilidad corresponde a la **función de riesgo**

$$\lambda_t = P(T = t | T \geq t), \quad t = 1, \dots, q \quad (1.3)$$

Notar que (1.3) corresponde a la ecuación (1.2) sin considerar las variables predictoras dependientes del tiempo x_t . Se define la probabilidad de sobrevivir al evento en el tiempo t

$$S(t) = P(T > t) = \prod_{s=1}^t (1 - \lambda_s) \quad (1.4)$$

La función (1.4) corresponde a la función de supervivencia. La probabilidad de ocurrencia del evento en el tiempo t se detalla en la expresión [4]

$$\pi_t = P(T = t) = \lambda_t \prod_{s=1}^{t-1} (1 - \lambda_s) = \lambda_t S(t-1) \quad (1.5)$$

La probabilidad acumulada de ocurrencia del evento hasta el tiempo t es [17]

$$P(T \leq t) = 1 - S(t) = \sum_{i=1}^t \lambda_i S(i-1) \quad (1.6)$$

Supongamos que las observaciones en el tiempo t están dadas por las variables

- n_t la cual denota el número de individuos en riesgo en el tiempo t
- d_t denota el número de observaciones del evento de interés en el tiempo t
- w_t denota el número de censuras que se observaron en el tiempo t

Por lo tanto, el número de individuos en riesgo en el primer, segundo y en el r -ésimo tiempo esta dado por

$$\begin{aligned} n_1 &= n \\ n_2 &= n_1 - d_1 - w_1 \\ &\vdots \\ n_r &= n_{r-1} - d_{r-1} - w_{r-1} \end{aligned}$$

En ausencia de censura, un estimador natural de la función de riesgo $\lambda_t = P(T = t | T \geq t)$, es la proporción de eventos observados entre el número de individuos en riesgo [4]

$$\hat{\lambda}_t = \frac{d_t}{n_t} \quad (1.7)$$

Si existe censura, es decir $w_t > 0$, este estimador es apropiado solo si la censura ocurre al final de cada intervalo. Si se supone que la censura ocurre al principio del intervalo, una mejor elección es

$$\hat{\lambda}_t = \frac{d_t}{n_t - w_t} \quad (1.8)$$

El estimador de la tabla de vida estándar tiene en cuenta la censura mediante el uso de

$$\hat{\lambda}_t = \frac{d_t}{n_t - w_t/2} \quad (1.9)$$

Así, en base a (1.4) la probabilidad de sobrevivir al evento en el tiempo t se estima por

$$\hat{S}(t) = \prod_{s=1}^t (1 - \hat{\lambda}_s), \quad t = 1, \dots, q \quad (1.10)$$

Así mismo, de (1.5) un estimador de la probabilidad de ocurrencia del evento en el tiempo t se estima por [4]

$$\hat{P}(T = t) = \hat{\lambda}_t \prod_{i=1}^{t-1} (1 - \hat{\lambda}_i), \quad t = 1, \dots, q \quad (1.11)$$

De (1.6), la estimación de la probabilidad acumulada de ocurrencia del evento hasta el tiempo t está dada por [17]

$$\hat{P}(T = t) = 1 - \hat{S}(t) = \sum_{s=1}^t \hat{\lambda}_s \hat{S}(t-1) \quad (1.12)$$

1.2.1. Ejemplo de Tabla de Vida

A modo de ejemplo, en Tabla 1.1 se observa la información de 500 estudiantes que han cursado una asignatura en particular. La columna intento especifica la cantidad de veces que un mismo estudiante ha cursado la asignatura, las siguientes dos columnas indican el número de estudiantes que ha cursado la asignatura y cantidad de aprobados por intento respectivamente. La cuarta columna indica la cantidad censurada, lo que para este ejemplo, es consecuencia de que al recopilar la información existían estudiantes cursando dicha asignatura. Notar que para este ejemplo ningún estudiante reprueba.

En la siguiente columna se muestra $\hat{\lambda}_t$, la proporción de aprobados con respecto a la población en riesgo en ese intento, la cual fue calculada según (1.7). La columna prob. acumulada aprobación, corresponde a la probabilidad acumulada de ocurrencia

del evento de interés hasta dicho intento, la cual fue calculada utilizando la ecuación (1.12). Finalmente, la columna prob. de volver a cursar la asignatura, corresponde a la probabilidad de supervivencia hasta dicho intento, la cual fue calculada utilizando la ecuación (1.10).

La columna prob. acumulada de aprobación está graficada en la Figura 1.4, donde se observa que la probabilidad de aprobar aumenta a medida que aumenta la cantidad de intentos, llegando a un 86,35 % de aprobación al quinto intento.

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Censura	$\hat{\lambda}_t$	Prob. acumulada aprobación	Prob. de volver a cursar la asignatura
1	500	250	50	0.500	0.500	0.500
2	200	70	30	0.350	0.675	0.325
3	100	30	20	0.300	0.773	0.227
4	50	10	20	0.200	0.818	0.182
5	20	5	15	0.250	0.864	0.136

Tabla 1.1: Ejemplo Tabla de Vida: Número de veces que 500 estudiantes han cursado una asignatura

1.2.2. Estimador de Kaplan-Meier

El estimador de Kaplan-Meier es un estimador no paramétrico de máxima verosimilitud de la función de supervivencia de tablas de vida, pues no asume que los datos de tablas de vida se ajusten a una distribución conocida, aunque asume que el tiempo se observa en escala continua.

Sea $t_{(1)} < \dots < t_{(m)}$ tales que denotan observaciones continuas de vida, por simplicidad se supone que son distintas. Por tanto, los datos no contienen vínculos. Basado en las observaciones se construyen los intervalos

$$[0, t_{(1)}), [t_{(1)}, t_{(2)}), \dots, [t_{(m)}, \infty)$$

Luego, la estimación de la probabilidad de sobrevivir en el intervalo $[t_{(j-1)}, t_{(j)})$, $p_j = P(T_c > t_{(j)} | T_c \geq t_{(j-1)})$, y la probabilidad de riesgo en el intervalo $\lambda_j = P(T_c \in [t_{(j-1)}, t_{(j)}) | T_c \geq t_{(j-1)})$ están dadas por

$$\hat{p}_j = 1 - \hat{\lambda}_j = 1 - \frac{1}{|R_j|}, \quad j = 2, 3, \dots \quad (1.13)$$

Donde $|R_j|$ denota el número de individuos en riesgo en el intervalo $[t_{(j-1)}, t_{(j)})$.

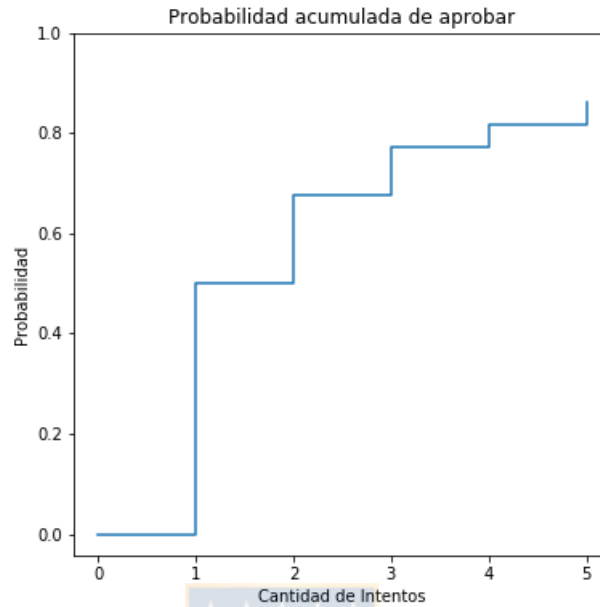


Figura 1.3: Probabilidad acumulada de ocurrencia del evento de interés para ejemplo propuesto en Tabla 1.1.

El estimador de Kaplan-Meier también conocido como estimador del límite del producto, se define análogo a la función de supervivencia en la estimación de tablas de vida

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t < t_{(1)} \\ \prod_{j:t_{(j)} < t} \left(1 - \frac{1}{|R_j|}\right) & \text{si } t > t_{(1)} \end{cases} \quad (1.14)$$

Es una función escalón que disminuye en $1/m$ justo después de cada observación. Si existen vínculos, el factor $1 - \frac{1}{|R_j|}$ es reemplazado por $1 - \frac{d_j}{|R_j|}$, donde d_j es el número de observaciones en $t_{(j)}$ [4].

1.2.3. Estimación de Cox

El método más utilizado en el modelado de supervivencia continua es el modelo de riesgos proporcionales de Cox. Este modelo considera variables predictoras, y especifica que las covariables tienen un efecto proporcional en la función de riesgo de la distribución del tiempo de vida de un individuo. Tiene la forma

$$\lambda_c(t|x) = \lambda_0(t)e^{x^T \gamma} \quad (1.15)$$

El modelo está compuesto por dos partes, el riesgo de referencia desconocido $\lambda_0(t)$ (no paramétrico) y el efecto de las covariables en λ dado por $e^{x^T \gamma}$ (paramétrico), donde x corresponde al vector de covariables y γ a los coeficientes de dichas covariables. Por esto, los modelos de riesgos proporcionales de Cox son modelos semiparamétrico, pues están compuestos por una parte paramétrica y por una no paramétrica.

Por lo tanto, la variación del riesgo a lo largo del tiempo se separa de los efectos de las covariables, la consecuencia importante es que los efectos son constantes en el tiempo. Esto queda claro cuando se consideran dos poblaciones definidas por los valores del predictor x y \tilde{x} , se obtiene que la razón de los riesgos continuos

$$\frac{\lambda_c(t|x)}{\lambda_c(t|\tilde{x})} = e^{(x-\tilde{x})^T \gamma}$$

no depende del tiempo. Esta propiedad convierte al modelo en un modelo de riesgos proporcionales. Generalmente es conocido como Modelo de Cox o Modelo de riesgos proporcionales. El hecho que los riesgos sean proporcionales ayuda a la interpretación de los parámetros [4], pues, e^{γ_i} es el riesgo relativo cuando x_i (un elemento de x) aumenta en una unidad, manteniendo constantes el resto de variables.

Por ejemplo, en un estudio donde el riesgo se refiere a sobrevivir, sea $x = 1$ indica el tratamiento 1 y $\tilde{x} = 0$ indica tratamiento 2. Entonces, para γ positivo el riesgo del tratamiento 1 es e^γ veces el riesgo del tratamiento 2 en todo momento, lo que indica que el tratamiento 2 es la mejor opción. Es fundamental que la relación de los riesgos no dependa del tiempo porque entonces se prefiere uno de los tratamientos para cualquier tiempo t . [4]

La función de supervivencia del modelo de Cox esta dada por

$$S_c(t|x) = P(T_c > t|x) = \exp\left(-\int_0^t \lambda_0(u) du\right)^{\exp(x^T \gamma)} \quad (1.16)$$

Por otro lado, si se observa tiempo discreto, es decir, la observación $T = t$ si la falla ocurre en el intervalo $[a_{t-1}, a_t)$, la función de riesgo discreto tiene la forma

$$\lambda(t|x) = P(T = t|T \geq t, x) = 1 - \exp(-\exp(\lambda_{0t} + x^T \gamma)) \quad (1.17)$$

Donde los parámetros

$$\gamma_{0t} = \log(e^{\theta_t} - e^{\theta_{t-1}}) \text{ con } \theta_t = \log \int_0^{a_t} \lambda_0(u) du \quad (1.18)$$

se derivan de la función de riesgo base $\lambda_0(u)$ [4].

1.2.4. Regresión Logística para análisis de tiempo a evento

Las tablas de vida mencionadas anteriormente estiman las funciones de riesgo y supervivencia sin considerar el peso del resto de variables predictoras, como por

ejemplo, género, edad, etc. Se podrían generar tablas de vida considerando covariables categóricas como el género, pero considerar variables continuas como la edad sería más complejo.

Considerando modelos de tiempo discreto, las observaciones son recolectadas en k intervalos de tiempo. Entonces, para el tiempo discreto $T \in \{1, \dots, k\}$, si $T = t$ significa que el evento ocurre en el intervalo $[a_{t-1}, a_t)$. A continuación, se considerará la respuesta T para covariables $x = (x_1, \dots, x_p)^T$ dadas, asumiendo que tienen un impacto sobre el tiempo de supervivencia [4].

Función de Riesgo Discreta

El comportamiento estocástico de la variable aleatoria discreta T dado x usualmente es descrita como la función de densidad de probabilidad $P(T = t|x)$, $t = 1, \dots, k$, o la función de densidad acumulativa, que es equivalente a la distribución de la función $F(t|x) = P(T \leq t|x)$. Utilizando una representación alternativa que captura el aspecto dinámico del tiempo como respuesta, se tiene la Función de Riesgo, dado el vector de variables explicativas

$$\lambda(t|x) = P(T = t|T \geq t, x), \quad t = 1, \dots, q \quad (1.19)$$

La función (1.19) es igual a (1.2) y corresponde a la probabilidad condicional de fallar en el intervalo $[a_{t-1}, a_t)$.

La probabilidad marginal de fallar en el tiempo t está dada por

$$P(T = t|x) = \lambda(t|x) \prod_{s=1}^{t-1} (1 - \lambda(s|x)) \quad (1.20)$$

La Función de Supervivencia Discreta está dada por

$$S(t|x) = P(T > t|x) = \prod_{i=1}^t (1 - \lambda(i|x)) \quad (1.21)$$

La función de supervivencia (1.21) describe la probabilidad de que el evento de interés ocurra después del tiempo t [4].

Modelo de Regresión Paramétrica

Una forma común de especificar un modelo para los datos de tiempo-a-evento es elegir una parametrización de la función de riesgo. Para un t dado la función de riesgo esencialmente modela una respuesta binaria que distingue si el evento de interés tiene lugar o no en el tiempo t (dado $T \geq t$). Actualmente, existe una amplia

gama de modelos para datos binarios. Para respuestas binarias $Y \in \{0, 1\}$ dado x una clase importante de modelos tiene la forma

$$P(Y = 1|x) = h(\gamma_0 + x^T \gamma) \quad (1.22)$$

Donde $h(\cdot)$ es la función de respuesta, la cual es estrictamente creciente. Dicha función vincula la probabilidad de respuesta con el predictor lineal $\gamma_0 + x^T \gamma$ que contiene el efecto de las covariables. Usando el modelo binario de decisión entre $\{t\}$ y $\{t + 1, \dots, k\}$ dado $T \geq t$ se obtiene el modelo de riesgo discreto

$$\lambda(t|x) = h(\gamma_{0t} + x^T \gamma) \quad (1.23)$$

en comparación (1.23) es la extensión de (1.22), pues el intercepto γ_{0t} ahora depende del tiempo. Dado que la función respuesta $h(\cdot)$ es estrictamente monótona creciente se puede construir la función inversa $g = h^{-1}$, y el modelo toma la forma

$$g(\lambda(t|x)) = \gamma_{0t} + x^T \gamma \quad (1.24)$$

En la terminología de modelo lineal generalizado $g(\cdot)$ se llama función de enlace.

El modelo de regresión binaria más utilizado es el modelo *logit*, que utiliza la función de distribución logística $h(\eta) = \exp(\eta)/(1 + \exp(\eta))$. Por lo que el modelo logístico de riesgo discreto tiene la forma

$$\lambda(t|x) = \frac{\exp(\gamma_{0t} + x^T \gamma)}{1 + \exp(\gamma_{0t} + x^T \gamma)} \quad (1.25)$$

que modela la ocurrencia del evento en el tiempo t como un modelo logístico. Una versión alternativa es

$$\log \left(\frac{\lambda(t|x)}{1 - \lambda(t|x)} \right) = \gamma_{0t} + x^T \gamma \quad (1.26)$$

La razón entre la probabilidad de evento verdadero y la probabilidad de evento falso $\frac{\lambda(t|x)}{1 - \lambda(t|x)}$ es llamado *odds ratio* o razón de probabilidad. Por otro lado, dicho modelo puede ser escrito como

$$\log \left(\frac{P(T = t|x)}{P(T > t|x)} \right) = \gamma_{0t} + x^T \gamma \quad (1.27)$$

La proporción $P(T = t|x)/P(T > t|x)$ se conoce como *continuation ratio*, compara la probabilidad del evento en t con la probabilidad del evento después de t [4].

Es posible probar que la estimación de máxima verosimilitud para el predictor lineal $\gamma_0 + x^T \gamma$ se obtiene mediante el análisis de regresión logística estándar [19]. Por esto se pueden usar múltiples software estadísticos para modelar los datos de tiempo-a-evento, estructurando la información de una determinada manera.

1.3. Riesgo Competitivo

Como se mencionó anteriormente, en el análisis de tiempo-a-evento existen dos posibles estados, el evento de interés y la censura. Sin embargo, es frecuente que un participante en un estudio experimente más de un tipo de evento. Por esto se introduce el concepto de riesgo competitivo (RC), esta situación se produce cuando la aparición de un tipo de evento modifica la capacidad de observar el evento de interés. Por ejemplo, en un estudio la muerte puede impedir observar la presencia de demencia, o en el ámbito educativo, la reprobación definitiva de una asignatura, es decir, la deserción de la carrera impide observar el tiempo de aprobación de dicha asignatura.

La principal pregunta al presentarse RC es si tenerlos en cuenta o censurar dichas observaciones. Si se decide censurarlos entonces el análisis se reduce a un escenario de tiempo-a-evento habitual, ya que se considera que se perdió la posibilidad de observar el riesgo principal. Sin embargo, existe acuerdo en que este método sobrestima la probabilidad real del evento, especialmente si el evento de interés y el RC son dependientes entre sí [17]. Por lo tanto, es necesario usar métodos específicos frente a la presencia de riesgo competitivo.

1.3.1. Modelos Paramétricos

En modelos simples de tiempo-a-evento con un evento objetivo, la dinámica del proceso es descrita por una función de riesgo. En modelos de riesgo competitivo, es decir, en el caso de presentar varios eventos objetivo, es necesario definir una función de riesgo para cada evento. En lo siguiente $R \in \{1, \dots, m\}$ denota los distintos eventos de interés. Para tiempo discreto $T \in \{1, \dots, q + 1\}$ la función de riesgo para un evento específico r esta dada por

$$\lambda_r(t|x) = P(T = t, R = r \mid T \geq t, x) \quad (1.28)$$

Donde x denota el vector de covariables y T el tiempo para que ocurra algún evento de interés. Las m funciones de riesgo $\lambda_1(t|x), \dots, \lambda_m(t|x)$ se pueden combinar en una función de riesgo que describe el proceso independientemente del evento objetivo. La función de riesgo general se define como

$$\lambda(t|x) = \sum_{r=1}^m \lambda_r(t|x) = P(T = t \mid T \geq t, x) \quad (1.29)$$

La función de supervivencia, la probabilidad de ocurrencia de un evento en el periodo t y la probabilidad acumulada de ocurrencia de un evento en el periodo t son análogas al caso simple de tiempo-a-evento definidas en (1.4), (1.5) y (1.6), es

decir

$$S(t|x) = P(T > t|x) = \prod_{i=1}^t (1 - \lambda(i|x)) \quad (1.30)$$

,

$$P(T = t|x) = \lambda(t|x)S(t-1|x) \quad (1.31)$$

y

$$P(T \leq t|x) = 1 - S(t|x) = \sum_{i=1}^t \lambda(i|x)S(i-1|x) \quad (1.32)$$

Las probabilidades de respuesta condicional están dadas por

$$\lambda_1(t|x), \dots, \lambda_m(t|x), 1 - \lambda(t|x)$$

Donde $1 - \lambda(t|x)$ es la probabilidad de supervivencia. [4]

En presencia de RC existen al menos dos tipos de eventos: el evento de interés, que identificaremos con el subíndice e , y el evento del riesgo competitivo, que identificaremos con el subíndice c . La probabilidad del evento de interés en presencia de RC está dada por

$$P_e(T \leq t|x) = \sum_{i=1}^t \lambda_e(i|x)S(i-1|x) \quad (1.33)$$

En consecuencia, la probabilidad de cualquier tipo de evento puede descomponerse como

$$\begin{aligned} P(T \leq t|x) &= \sum_{i=1}^t \lambda(i|x)S(i-1|x) \\ &= \sum_{i=1}^t \lambda_e(i|x)S(i-1|x) + \sum_{i=1}^t \lambda_c(i|x)S(i-1|x) \\ &= P_e(T \leq t|x) + P_c(T \leq t|x) \end{aligned}$$

Así la probabilidad de todos los eventos puede descomponerse en las probabilidades de cada tipo de ellos. [17]

Una práctica común para estimar la probabilidad del evento es aplicar el método de Kaplan-Meier. La fórmula típica para la estimación de Kaplan-Meier es

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{d_t}{n_t} \quad (1.34)$$

Donde, d_t representa el número de eventos registrados en el tiempo t y n_t el número de individuos en riesgo en el tiempo t .

Así, la estimación de la función de supervivencia definida en (1.30) está dada por

$$\hat{S}(t) = \prod_{i=1}^t (1 - \hat{\lambda}(i)) \quad (1.35)$$

Además, la estimación de probabilidad acumulada de la ocurrencia de un evento definida en (1.32) esta dada por

$$\hat{P}(t) = 1 - \hat{S}(t) = \sum_{i=1}^t \hat{\lambda}(i) \hat{S}(i-1) \quad (1.36)$$

Así, se tiene que la probabilidad acumulada de ocurrencia de cualquier tipo de evento r (evento de interés y eventos de riesgo competitivo) se estima por

$$\hat{P}_r(t) = \sum_{i=1}^t \hat{\lambda}_r(i) \hat{S}(i-1) \quad (1.37)$$

donde

$$\hat{\lambda}_r(t) = \frac{d_{rt}}{n_t} \quad (1.38)$$

y d_{rt} representa el número de individuos que experimentaron el evento r en el tiempo t . [17]

1.3.2. Ejemplo Riesgo Competitivo

Para ejemplificar tablas de vida con presencia de riesgo competitivo se muestra el la Tabla 1.2, el cual contiene información de 500 estudiantes que han cursado una asignatura en particular. Las columnas intento, población en riesgo, aprobados y censura indican lo mismo que en Tabla 1.1 (en página 12). La columna reprobados definitivo, indica la cantidad de estudiantes que reprobó la asignatura y no volvió a realizar un próximo intento. Las columnas $\hat{\lambda}_{At}$ y $\hat{\lambda}_{Rt}$, indican la proporción de estudiantes aprobados y de estudiantes reprobados definitivamente entre el número de individuos en riesgo en dicho intento respectivamente, calculado según (1.38). La columna prob. de volver a cursar la asignatura, corresponde a la probabilidad de supervivencia hasta dicho intento, es decir, no aprobar ni reprobado definitivamente hasta dicho intento, esta fue calculada según (1.35).

Finalmente, las columnas prob. acumulada aprobación y prob. acumulada reprobación definitiva fueron calculadas según (1.37). Además, estas se encuentran graficadas en Figura 1.4. De estas se observa que la probabilidad acumulada de aprobar llega hasta un 74,6% en el quinto intento. Por otro lado, la probabilidad acumulada de reprobado definitivamente alcanza un 25,4% en el último intento.

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura
1	500	240	20	10	0.480	0.480	0.040	0.040	0.480
2	230	100	30	5	0.435	0.689	0.130	0.103	0.209
3	95	20	50	5	0.211	0.733	0.526	0.212	0.055
4	20	5	10	3	0.250	0.746	0.500	0.240	0.014
5	2	0	2	0	0.000	0.746	1.000	0.254	0.000

Tabla 1.2: Ejemplo tabla de vida con riesgo competitivo, número de veces que 500 estudiantes han cursado una asignatura.

1.3.3. Modelo de Regresión Logística Multinomial

La regresión logística multinomial es el modelo más utilizado para categorizar respuestas en función de un conjunto de variables predictoras.

Sean $m + 1$ eventos posibles con múltiples categorías, entonces las probabilidades de respuesta condicional correspondientes están dadas por

$$\lambda_1(t|x), \dots, \lambda_m(t|x), 1 - \lambda(t|x)$$

Donde $1 - \lambda(t|x)$ es la probabilidad de sobrevivir.

Para $r = 1, \dots, m$ y $t = 1, \dots, q$ intervalos de tiempo, la función de riesgo para un evento específico esta dada por

$$\lambda_r(t|x) = \frac{\exp(\gamma_{0tr} + x^T \gamma_r)}{1 + \sum_{i=1}^m \exp(\gamma_{0ti} + x^T \gamma_i)} \quad (1.39)$$

Donde, los parámetros $\gamma_{01j}, \dots, \gamma_{0qj}$ representan la función de riesgo para el evento base y γ_r representa el vector de coeficientes de las variables independientes x . Notar que pueden ocurrir $m + 1$ categorías de respuesta, pero es suficiente especificar la probabilidad condicional de $1, \dots, m$ eventos. La categoría de referencia es la probabilidad de sobrevivir, y esta dada por

$$\lambda_0(t|x) = P(T > t | T \geq t, x) = 1 - \sum_{r=1}^m \lambda_r(t|x) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^m \exp(\gamma_{0tj} + x^T \gamma_j)} \quad (1.40)$$

Para la interpretación de los parámetros es útil considerar el modelo de la forma

$$\log \left(\frac{\lambda_r(t|x)}{\lambda_0(t|x)} \right) = \gamma_{0tr} + x^T \gamma_r \quad (1.41)$$

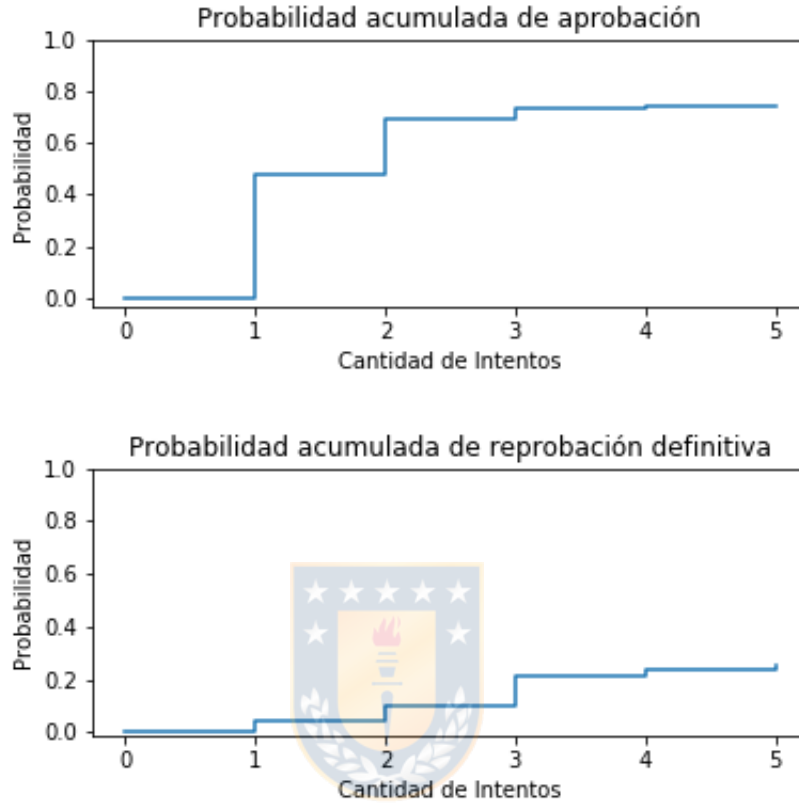


Figura 1.4: Probabilidad acumulada de aprobar y de reprobación definitiva para ejemplo propuesto en Tabla 1.2

Se observa que el predictor lineal determina las causas específicas de las probabilidades logarítmicas, es decir, el logaritmo de la proporción $\lambda_r(t|x)/\lambda_0(t|x)$, que compara la probabilidad condicional del evento r con la probabilidad condicional de sobrevivir. Con el vector de parámetros $\gamma_r^T = (\gamma_{r1}, \dots, \gamma_{rp})$ se obtiene

$$\frac{\lambda_r(t|x)}{\lambda_0(t|x)} = \exp(\gamma_{0tr}) \exp(\gamma_{r1})^{x_1} \dots \exp(\gamma_{rp})^{x_p} \quad (1.42)$$

Así, el aumento de x_j en una unidad aumenta los odds de causa específica en $\exp(\gamma_{rj})$. Mientras γ_{rj} entrega un efecto aditivo sobre la variable x_j sobre los log-odds, la transformación de los parámetros $\exp(\gamma_{rj})$ muestran los efectos multiplicativos sobre los odds, lo que es más intuitivo [4].

1.3.4. Orden de los eventos objetivo

El modelo logístico multinomial puede ser usado para cualquier número de categorías de riesgo, pero contiene muchos parámetros. Para cada categoría hay que estimar el riesgo para el evento base γ_{0tr} en función de t y del vector de parámetros γ_r . Por lo anterior, la función de riesgo se puede escribir en forma simplificada utilizando una matriz de diseño X_t que se detalla a continuación.

Sea $R = \{1, \dots, m\}$ el conjunto de eventos objetivo. El modelo de tipo acumulativo utiliza probabilidades acumulativas, que en el caso de riesgos discretos están dados por

$$\lambda_r(t|x) = \sum_{j=1}^r \lambda_j(t|x) = P(T = t, R \leq r | T \geq t, x) \quad (1.43)$$

El llamado modelo acumulativo para respuestas ordenadas asume

$$\lambda_r(t|x) = F(\gamma_{0tr} + x^T \gamma) \quad (1.44)$$

Donde $F(\cdot)$ es una función acumulativa fija, y las intersecciones deben satisfacer $\gamma_{0tr} \leq \gamma_{0t,r+1}$, $\forall r$. Si $F(\cdot)$ es una función de distribución logística, se obtiene el modelo de probabilidades proporcionales para las R respuestas dadas por [4]

$$\log \left(\frac{\lambda_r(t|x)}{1 - \lambda_r(t|x)} \right) = \gamma_{0tr} + x^T \gamma \quad (1.45)$$

Forma general

Los modelos considerados anteriormente se pueden escribir como

$$\lambda_r(t|x) = h_r(X_t \beta) \quad (1.46)$$

Donde h_r es una función respuesta para el intervalo $[a_{t-1}, a_t)$ y X_t es una matriz compuesta de x y dependiente del tiempo t . Por ejemplo, el modelo multinomial utiliza una función de respuesta logística

$$h_r(\eta_1, \dots, \eta_m) = \frac{\exp(\eta_r)}{1 + \sum_{i=1}^m \exp(\eta_i)}$$

y su matriz

$$X_t = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 1 & & \dots & 0 & x^T \\ \vdots & \dots & & 1 & & \dots & 0 & x^T \\ \vdots & & & & \ddots & \dots & 0 & \ddots & x^T \\ 0 & \dots & & & & 1 & \dots & 0 & x^T \end{bmatrix} \quad (1.47)$$

Donde un 1 en la r -ésima fila de X_t está en la $(t + r)$ -ésima posición. El vector de parámetros en este caso está dado por

$$\beta^T = (\gamma_{011}, \dots, \gamma_{01m}, \gamma_{021}, \dots, \gamma_{0qm}, \gamma_1^T, \dots, \gamma_m^T)$$

Si las covariables son procesos estocásticos dependientes del tiempo, es decir, $x_i(t)^T = (x_{i1}, \dots, x_{it})$ secuencia de observaciones hasta el tiempo t , las funciones de riesgo tienen la forma

$$\lambda_r(t|x_i(t)) = P(T_i = t, R_i = r | T_i \geq t, x_i(t))$$

$$\lambda(t|x_i(t)) = \sum_{r=1}^m \lambda_r(t|x_i(t))$$

El modelo para la función de riesgo tiene la forma (1.46), donde la matriz de diseño X_t es función de t y de $x(t)$. [4]

1.4. Variables predictoras utilizadas en los modelos de regresión

Uno de los objetivos del presente estudio es desarrollar modelos para analizar la aprobación y reprobación por asignatura conociendo antecedentes académicos y sociodemográficos de los estudiantes. Lo anterior con el fin de caracterizar el perfil de los estudiantes propensos a reprobación, lo que provoca atrasos en la titulación e incluso deserción de la universidad. Para desarrollar modelos de regresión logística y regresión multinomial que permitan determinar la aprobación o reprobación de un estudiante con la teoría descrita en las secciones anteriores, es necesario considerar variables predictoras que caractericen a la población.

Por lo mencionado al inicio del capítulo, las variables predictoras académicas previas al ingreso a la universidad a considerar son puntaje NEM, puntajes PSU de lenguaje y comunicación y puntajes PSU de matemáticas. Por otro lado, también serán consideradas las variables edad de ingreso de los estudiantes, género y grupo de dependencia.

Finalmente, se decide incorporar información de los prerrequisitos a modo de agregar información sobre el rendimiento del estudiante en la universidad, en las asignaturas previas a la materia en estudio. Las variables a considerar son nota de aprobación de los prerrequisitos y cantidad de veces que cursó los prerrequisitos. Además, se decide incorporar la variable no cumple prerrequisito para poder utilizar la información de estudiantes que cursaron alguna asignatura sin haber aprobado el prerrequisito exigido por malla, y que por ende no cuentan con información de nota de aprobación ni cantidad total de veces que cursó dicha materia.

1.5. Ruta Crítica

El plan de estudio de una carrera universitaria considera asignaturas obligatorias, electivas y complementarias. Se entiende por malla curricular a la representación gráfica de dichas asignaturas, indicando los prerrequisitos de cada materia, ordenadas secuencialmente por semestre, trimestre o año.

En el presente trabajo se define ruta crítica como el conjunto de asignaturas que provocan atraso para aprobar las materias en la malla curricular de un alumno, ya sea para finalizar su carrera o para completar una parte de ella. El fin de detectar esta ruta crítica es conocer las asignaturas específicas que forman parte de ella y el tiempo que tardará en aprobarlas, lo que indica el tiempo en que podría terminar su carrera, y por ende, permite conocer cuantos semestres extras a los oficiales necesita un alumno para graduarse. Como ya se mencionó, el objetivo es conocer las asignaturas en las que un alumno se atrasa pero no deserta de sus estudios.

Para poder determinar las asignaturas que atrasarán la finalización del plan de estudios, se considera utilizar el algoritmo de optimización *Bellman-Ford*, para esto es necesario visualizar la malla curricular como un grafo dirigido. Estos conceptos se presentan a continuación.

1.5.1. Conceptos básicos de grafos

Un grafo dirigido o también llamado dígrafo G es un par (V, E) , donde V es un conjunto finito y E es una relación binaria en V . El conjunto V se llama conjunto de vértices o nodos de G , a la cantidad total de vértices se le representa como $|V|$. El conjunto E se llama conjunto de aristas o arcos de G , a la cantidad total de aristas se le representa como $|E|$. En la representación gráfica los vértices se representan por círculos y las aristas por flechas. Una arista es un conjunto $\{u, v\} \in V$, donde no necesariamente $u \neq v$, pues en dígrafos pueden existir aristas que salgan y entren al mismo vértice. Por convención se utiliza la notación (u, v) para representar una arista, entonces para la arista (u, v) se dice que es incidente de o sale del vértice u y que es incidente a o entra al vértice v , también se dice que el vértice v es adyacente al vértice u . En Figura 1.5 se observa un grafo dirigido $G = (V, E)$, donde $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ y $E = \{(1, 2), (2, 2), (2, 4), (2, 5), (4, 1), (4, 5), (5, 4), (6, 3)\}$. La arista $(2, 2)$ es un auto-bucle. Para el ejemplo propuesto, las aristas que salen del vértice 2 son $(2, 2), (2, 4)$ y $(2, 5)$. Las aristas que entran al vértice 2 son $(1, 2)$ y $(2, 2)$. Además, el vértice 2 es adyacente al vértice 1, pero el vértice 1 no es adyacente al vértice 2. Un camino de largo k del vértice u al vértice u' en un grafo $G = (V, E)$ es una secuencia de vértices $\langle v_0, v_1, v_2, \dots, v_k \rangle$ tal que $u = v_0$, $u' = v_k$ y $(v_{i-1}, v_i) \in E$ para $i = 1, 2, \dots, k$. La longitud del camino es el número de aristas en el camino. En grafos dirigidos, un camino $\langle v_0, v_1, \dots, v_k \rangle$ forma un ciclo si $v_0 = v_k$ y el camino contiene al menos una arista. [2]

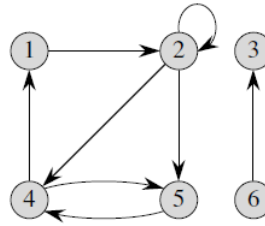


Figura 1.5: Ejemplo gráfico de un grafo dirigido

Representación de grafos dirigidos

Existen dos formas de representar un grafo $G = (V, E)$, como una colección de listas de adyacencia o como una matriz de adyacencia. La matriz de adyacencia es preferible cuando el grafo es denso, y es la representación que se utilizará en este documento. Para la matriz de adyacencia de un grafo $G = (V, E)$, se asume que los vértices están enumerados $1, 2, \dots, |V|$ de alguna manera arbitraria. Luego, la matriz de adyacencia del grafo G consiste en una matriz de dimensión $|V| \times |V|$ ($|V|$ filas por $|V|$ columnas) donde $Adj(G) = (a_{ij})$ es tal que

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } (i, j) \in E \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Para el grafo $G = (V, E)$ de la Figura 1.5 la matriz de adyacencia es

$$Adj(G) = \begin{array}{c|cccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

La matriz de adyacencia puede ser adaptada para representar grafos ponderados, esto es, grafos que para cada arista tiene un peso asociado, comúnmente dado por una función de peso $w : E \rightarrow \mathbb{R}$. Por ejemplo, si $G = (V, E)$ es un grafo ponderado con función de peso w , el peso $w(u, v)$ de la arista $(u, v) \in E$ se almacena como entrada en la fila u y columna v de la matriz de adyacencia. Si no existe una arista, se puede almacenar un valor *NULL* como entrada de matriz correspondiente, aunque para muchos problemas es conveniente utilizar un valor 0 o ∞ . [2]

1.5.2. Algoritmo de *Bellman-Ford*

El algoritmo de *Bellman-Ford* resuelve el problema de camino más corto en un grafo dirigido ponderado desde un nodo fuente¹ donde pueden existir aristas con pesos negativos. Dado un grafo dirigido ponderado $G = (V, E)$ con nodo fuente s y función de peso $w : E \rightarrow R$, el algoritmo de *Bellman-Ford* devuelve un valor booleano que indica si hay o no un ciclo de peso negativo al que se puede acceder desde s . Si existe tal ciclo el algoritmo indica que no existe ninguna solución. Si no existe tal ciclo, el algoritmo produce los caminos más cortos a cada nodo del grafo G menos s y sus pesos. [2]

El algoritmo se detalla en Algoritmo 1, este consta de tres grandes bucles **For**, el primero es llamado *Initialize-Single-Source*(G, s) donde se inicializa el grafo creando dos vectores d y π de largo igual a la cantidad de vértices del grafo G , donde cada elemento del vector representa un vértice, un vector representará la distancia d y el otro representará los predecesores π . En esta inicialización al vector de distancias d se le asigna el valor ∞ (valor ∞ es teórico, se puede asignar un valor muy alto en relación al costo de las aristas del grafo en estudio, como por ejemplo, un valor más alto que la suma de los costos de todas las aristas del grafo) a cada uno de sus elementos y al vector de predecesores π se le asigna *NULL* para cada uno de sus elementos. Luego, hacemos $d[s] = 0$, es decir, al elemento que representa al vértice s en el vector de distancias se le asigna el valor 0. El segundo bucle del algoritmo es llamado *Relax*(u, v, w), donde se relaja cada arista del grafo tantas veces como cantidad de vértices -1 haya en el grafo en estudio. En otras palabras, para cada arista $(u, v) \in E[G]$ si $d[v] > d[u] + w(u, v)$, es decir, si el elemento que representa el vértice v en el vector de distancias es mayor que el elemento que representa al vértice u más el costo de la arista (u, v) hacemos $d[v] = d[u] + w(u, v)$ y $\pi[v] = u$, osea, el predecesor de v es u . El tercer bucle verifica que no existan ciclos negativos, en caso de existir devuelve **FALSE** y en caso contrario devuelve **TRUE**. Además, las distancias desde el nodo s al resto de los nodos del grafo se encuentra en el vector de distancias d en la posición correspondiente a cada nodo y los predecesores para formar el camino desde el nodo s al resto de los nodos del grafo se encuentran en el vector π .

Este algoritmo se ejecuta en tiempo $\mathcal{O}(|V||E|)$, el primer ciclo **for** se ejecuta en tiempo $\Theta(|V|)$, luego pasa $|V| - 1$ veces por cada arista lo que se ejecuta en tiempo $\Theta(|E|)$, el último ciclo **for** tiene coste de tiempo $\mathcal{O}(|E|)$ [2].

¹nodo en el cual todas sus aristas salen de él

Algoritmo 1: Bellman-Ford(G, w, s)

```
for cada vértice  $v \in V[G]$  do
  |  $d[v] \leftarrow \infty$ 
  |  $\pi[v] \leftarrow NULL$ 
end
 $d[s] \leftarrow 0$ 
for  $i \leftarrow 1$  to  $|V[G]| - 1$  do
  | for cada arista  $(u, v) \in E[G]$  do
  |   | if  $d[v] > d[u] + w(u, v)$  then
  |   |   |  $d[v] \leftarrow d[u] + w(u, v)$ 
  |   |   |  $\pi[v] \leftarrow u$ 
  |   |   end
  |   end
  | end
end
for cada arista  $(u, v) \in E[G]$  do
  | if  $d[v] > d[u] + w(u, v)$  then
  |   | return FALSE
  |   end
end
return TRUE
```



Capítulo 2

Metodología

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se requiere analizar las tasas de aprobación y reprobación dependiente del tiempo (tablas de vidas) de cada asignatura, crear modelos de predicción del estado final del alumno (aprobar/reprobar) utilizando variables predictoras y detectar las rutas críticas en el plan de estudios de una carrera específica. Para ello se realizó un estudio observacional retrospectivo basado en la información de estudiantes pertenecientes a una carrera universitaria. En el presente capítulo se detallan los procedimientos aplicados.

En primer lugar, se extrajo información sociodemográfica, información académica previa al ingreso a la universidad e información académica de las asignaturas cursadas en la universidad de los alumnos en estudio. Estos estudiantes corresponden a alumnos de la carrera Ingeniería Civil Matemática impartida por la Universidad de Concepción que ingresaron a dicha carrera entre el año 2010 y el año 2020 contando con su información académica desde Marzo de 2010 hasta Septiembre de 2020. Las materias que se analizaron corresponden a 39 asignaturas obligatorias, es decir, se excluyeron asignaturas complementarias y electivas de primer a cuarto año especificadas en el plan de estudios general 3333-2010 de dicha carrera. Estos datos se obtuvieron desde la plataforma BI de la Universidad de Concepción.

2.1. Modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del tiempo

2.1.1. Procesamiento de datos y caracterización de la población

El procesamiento de la información para la construcción de modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del tiempo (en este caso el tiempo corresponde al intento) o también llamadas, en este estudio, tablas de vida, por asignatura fue desarrollado en *Python 3.7*. Se inició limpiando y modificando los da-

tos extraídos desde la plataforma BI, para esto se eliminaron todos los registros de asignaturas convalidadas y reconocidas, solo se trabajo con asignaturas aprobadas, reprobadas y sin nota (asignaturas que a la fecha de obtención de los datos no se encontraban cerradas), por este motivo se eliminaron 6 registros, en la Tabla 2.1 se especifican las asignaturas a las que pertenecían dichos datos. Una vez eliminados todos los registros mencionados anteriormente, se trabajó para la construcción de tablas de vida con 8666 registros correspondientes a 486 matrículas distintas, de las cuales 356 corresponden al género masculino y 130 al género femenino. Además, 287 corresponden a estudiantes provenientes de establecimientos particular subvencionado, 146 de establecimientos municipal, 42 de establecimientos particular pagado y 4 no tienen información de su grupo de dependencia.

Asignatura	Código asignatura	Cant. de registros totales	Cant. eliminada por asignatura
Q I	530024	418	1
A II	525148	283	2
C II	527148	314	2
F II	510148	253	1
Total			6

Tabla 2.1: Cantidad de registros eliminados por asignatura para la creación de tablas de vida

Por otro lado, dentro de los registros de las asignaturas obligatorias con sus respectivos códigos se incluyeron asignaturas similares en contenido pero con distinto código, como es el caso de asignaturas impartidas en PLEV ¹. También, se modificaron otras asignaturas que según código no corresponden a materias obligatorias del plan de estudio, pero que históricamente han sido impartidas en conjunto con asignaturas obligatorias para la carrera. Todos los códigos modificados se especifican en Tabla 2.2, en las columnas, asignatura similar se encuentra la información de la asignatura que algunos alumnos cursaron en reemplazo de alguna asignatura oficial; y en las columnas, asignatura oficial se encuentra la información de la asignatura que corresponde por malla curricular.

2.1.2. Modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del tiempo

Una vez realizadas todas las modificaciones necesarias a los registros de los alumnos, se comenzó con el análisis de tablas de vida con riesgo competitivo en tiempo discreto.

¹Periodo lectivo de verano, fase de oferta de ramos en período extra universitario

	Asignatura Similar		Asignatura Oficial	
	Código	Nombre	Código	Nombre
PLEV	2070	Álgebra I	525147	Álgebra I
	2080	Cálculo I	527147	Cálculo I
	2060	Física I	510147	Física I
	2071	Álgebra II	525148	Álgebra II
	2081	Cálculo II	527148	Cálculo II
	2061	Física II	510148	Física II
	2025	Cálculo III	525211	Cálculo III
	2009	Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	525221	Ecuaciones Diferenciales I
	2007	Cálculo Numérico	525240	Análisis Numérico I
	2022	Electromagnetismo	510226	Electromagnetismo
	2020	Inferencia Estadística	523266	Inferencia Estadística
Otros	521227	Cálculo III	525211	Cálculo III
	521230	Cálculo Numérico	525240	Análisis Numérico I

Tabla 2.2: Códigos de asignaturas modificadas

Para la construcción de las tablas de vida se tiene que el tiempo corresponde a la cantidad de veces que un mismo estudiante cursó la asignatura específica en estudio, a dicha cantidad se le llamó intento, donde $\text{intento} \in \mathbb{N}$.

La población en riesgo corresponde a la cantidad de estudiantes que cursaron la asignatura por i -ésima vez. Por otro lado, se consideró como evento de interés aprobar la asignatura en estudio, y como evento de riesgo competitivo se consideró reprobado definitivamente la asignatura.

Para determinar quienes han reprobado definitivamente y quienes son censurados se definió el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 2.1, el cual fue construido a partir de lo establecido en el Reglamento general de docencia de pregrado decreto UdeC N° 2018-017.

A partir de la información del estudiante, si éste nunca ha aprobado la asignatura existen dos posibles estados: reprobado definitivo o censura.

Si la situación actual de éste es cambio de carrera o renuncia entonces el estado de dicho estudiante en su último intento será reprobado definitivo. Así mismo, el estado de dicho estudiante será reprobado definitivo si su situación actual es suspensión de estudios y la última vez que cursó una asignatura fue hace más de tres años, o si su situación actual es baja por no inscripción o baja académica y la última vez que cursó una asignatura fue hace más de un año.

Por otro lado, si la situación actual de éste es alumno regular, autorizado para inscribir o baja no académica entonces el estado de dicho estudiante en su último

intento será censura. Así mismo, el estado de dicho estudiante será censura si su situación actual es suspensión de estudios y la última vez que cursó una asignatura fue hace menos de tres años, o si su situación actual es baja por no inscripción o baja académica y la última vez que cursó una asignatura fue hace menos de un año.

Para cada asignatura se realizó una tabla de vida, en la cual para cada intento se detalla la población en riesgo, cantidad de aprobados, reprobados definitivo y censura.

Además, se especifica la proporción de aprobados y de reprobados definitivos por intento, calculada según (1.38). También, se especifica la probabilidad acumulada de aprobación y reprobación definitiva, calculadas según (1.37). Aparte se calcula la probabilidad de volver a cursar la asignatura, calculada según (1.35). Por último, se detalla la nota promedio de aprobación y su desviación estándar por intento.



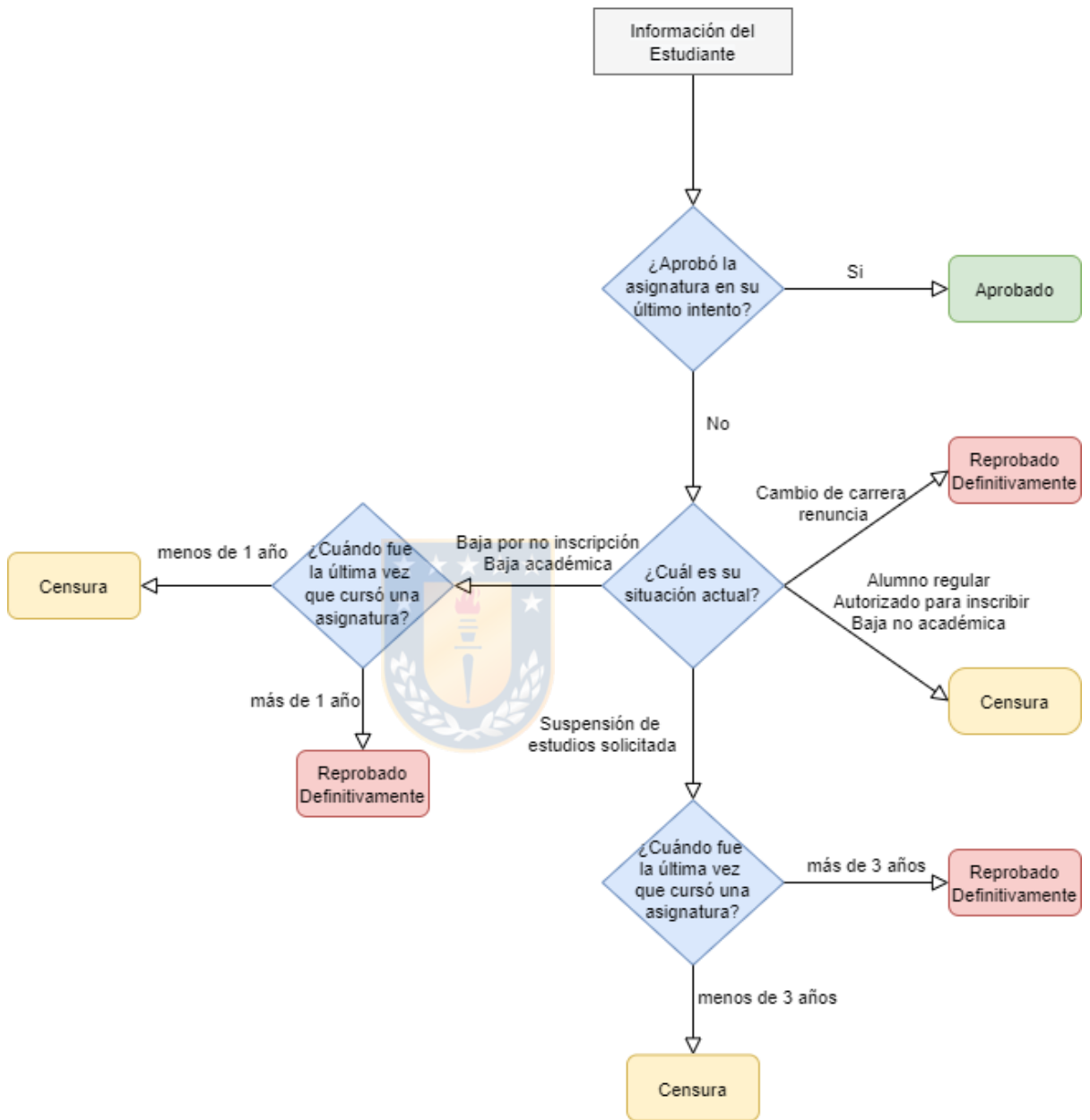


Figura 2.1: Diagrama de flujo para la toma de decisiones en tablas de vida

2.2. Modelos predictivos y descriptivos para predecir el estado final de un alumno en una asignatura

2.2.1. Modelos predictivos y descriptivos para predecir el estado final de un estudiante en una asignatura

Para la construcción de modelos predictivos y descriptivos para determinar el estado (aprobado o reprobado) al término del semestre de una asignatura para un alumno en particular se modificaron y eliminaron algunos registros obtenidos directamente de la plataforma BI. Se realizaron las mismas modificaciones mencionadas para la construcción de tablas de vida. Además, se calcularon las edades de los estudiantes al 01 de Marzo del año en que ingresaron a la carrera en estudio. Por otro lado, se consideraron solo los registros de estudiantes que contaban con información sobre sus puntajes NEM, puntaje PSU de lenguaje y comunicación y puntaje PSU de matemáticas. De igual forma, se consideraron solo los registros de estudiantes que contaban con información del grupo de dependencia del establecimiento al cual pertenecieron previo al ingreso a la universidad (municipal, particular subvencionado o particular pagado). Por lo anterior, se eliminaron 170 registros correspondientes a 11 matrículas, en la Tabla 2.3 se especifican por asignatura la cantidad de registros eliminados.

La información con la que se trabajaron los modelos constó de 8502 registros (164 registros menos que los considerados en tablas de vida), correspondientes a 475 matrículas distintas (11 matrículas menos que las consideradas en tablas de vida, las cuales 9 corresponden al género masculino y 2 al género femenino), de las cuales 347(73%) corresponden a estudiantes de género masculino y 128(27%) de género femenino. Además, 287(60%) corresponden a estudiantes provenientes de establecimientos particular subvencionado, 146(31%) de establecimientos municipales y 42(9%) de establecimientos particulares pagados. La edad al ingreso a la universidad de los alumnos en estudio va desde los 17 años a los 30 años, siendo 18,55 años la media y 1,58 años la desviación estándar. Como se mencionó anteriormente los cohortes de los estudiantes van del 2010 al 2020, siendo el cohorte 2013 con 59(12,4%) matrículas el con mayor cantidad de registros, y el cohorte 2017 con 32(6,7%) matrículas el con menor cantidad de registros. En cuanto a la situación académica de los estudiantes, 148(31,2%) corresponden a alumnos regulares, 123(25,9%) corresponden a estudiantes en baja académica y 37(7,8%) a baja por no inscripción; 79(16,6%) corresponden a renuncia, 60(12,6%) a suspensión de estudios y 11(2,3%) a cambio de carrera. De los registros, 2(0,4%) se encuentran autorizado para inscribir (esto en el momento en que se obtuvieron los datos desde BI) y 1(0,2%) se encuentra en baja no académica. Finalmente, 14(3%) corresponden a alumnos titulados.

Con respecto a los puntajes PSU, para los puntajes NEM se tiene que el puntaje

mínimo de ingreso entre el año 2010 y el año 2020 es 393 puntos, el puntaje máximo es 830 puntos, la media es 614,7 puntos y la desviación estándar es 92,49 puntos. Para el puntaje PSU de lenguaje y comunicación se tiene que el puntaje mínimo de ingreso es 352 puntos, el puntaje máximo es 829 puntos, la media es 580 puntos y la desviación estándar es 75,92 puntos. Finalmente, para el puntaje PSU de matemáticas se tiene que el puntaje mínimo de ingreso es 465, el puntaje máximo es 850 puntos, la media es 654,42 puntos y la desviación estándar es 62,71 puntos.



Asignatura	Código asignatura	Cant. registros totales	Cant. registros eliminados
IMU	520145	826	7
IQU	530023	769	11
IFU	510145	779	8
A I	525147	414	5
C I	527147	427	6
Q I	530024	418	7
F I	510147	457	6
A II	525148	283	6
C II	527148	314	4
Q II	530025	333	6
F II	510148	253	6
A III	525201	150	1
C III	525211	192	4
ED I	525221	194	2
LP	503201	239	4
Taller I	525291	166	6
C IV	525212	141	5
AN I	525240	162	7
ED II	525222	124	7
FT	542330	149	7
Termo.	510215	152	6
AR I	525301	168	6
O I	525351	128	5
AN II	525441	104	3
MF	542202	138	4
Prob.	523265	178	6
AR II	525302	74	2
O II	525352	64	2
Electro.	510226	112	3
MM	548305	62	1
IE	523266	106	3
AF I	525401	69	2
AN III	525442	81	2
Econo.	546370	99	2
Regresión	523374	77	2
A IV	525412	84	3
FEP	546102	84	3
	Total		170

Tabla 2.3: Cantidad de registros eliminados por asignatura para la creación de modelos de regresión

Luego de eliminar todos los registros con información faltante, se generaron las columnas intento y estado final. La columna intento contiene información ordenada cronológicamente del número de intento que un mismo alumno ha cursado una misma asignatura, por ejemplo, si un alumno ha cursado una asignatura dos veces entonces los datos de este estarán registrados dos veces, con la diferencia que en su primer intento la columna con dicho nombre tendrá valor 1 y en su segundo intento tendrá valor 2. Por otro lado, la columna estado final, contiene la información del estado del alumno al termino del semestre dependiendo del desempeño académico en la asignatura y la situación actual del estudiante, este puede ser aprobado, reprobado temporal o reprobado definitivo. Esta última variable es la que se busca predecir utilizando análisis de supervivencia aplicando modelos de regresión multinomial.

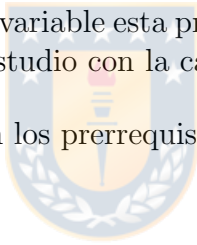
Luego de este procesamiento, se realizaron los modelos de regresión correspondientes a cada asignatura.

En primer lugar, se analizaron las variables independientes a considerar en los modelos, por esto se definieron las siguientes covariables:

- Puntaje NEM: Variable cuantitativa que contiene el puntaje que obtuvo el estudiante debido a sus notas de enseñanza media dividido por 100, el cual para el conjunto de datos en estudio toma valores entre 3,93 y 8,3.
- Puntaje PSU de lenguaje y comunicación: Variable cuantitativa que contiene el puntaje obtenido en la prueba de selección universitaria de lenguaje y comunicación dividido por 100, el cual para el conjunto de datos en estudio toma valores entre 3,52 y 8,29.
- Puntaje PSU matemáticas: Variable cuantitativa que contiene el puntaje obtenido en la prueba de selección universitaria de matemáticas dividido por 100, el cual para el conjunto de datos en estudio toma valores entre 4,65 y 8,5.
- Edad ingreso: Variable cuantitativa que define la edad con la que ingresó el estudiante a la universidad, la cual para el conjunto de datos en estudio toma valores entre 17 y 30 años.
- Género: Variable cualitativa dicotómica que define el género del estudiante, el cual puede ser femenino o masculino.
- Grupo de dependencia: Variable cualitativa que define el grupo de dependencia del establecimiento educacional al que pertenecía el estudiante, el cual puede ser municipal, particular pagado o particular subvencionado.
- Intento: Variable cualitativa que contiene el número de veces que el estudiante ha cursado la asignatura en estudio, la cual puede ser uno, dos o tres o más. Estas categorías están sujetas a la información disponible de la asignatura, pues existen asignaturas que históricamente no se han cursado más de una o dos veces por un mismo estudiante.

- No cumple prerrequisito Y : Variable cualitativa dicotómica que es 0 si el estudiante cursó el prerrequisito Y antes de inscribir la asignatura en estudio. El valor será 1 si el estudiante no cursó el prerrequisito Y antes de inscribir la asignatura en estudio. Esta variable puede estar presente hasta tres veces, dependiendo de la cantidad de prerrequisitos que tenga la asignatura en estudio. También puede no estar presente, pues hay asignaturas que no tienen prerrequisitos o que históricamente nunca se han cursado sin tener los prerrequisitos exigidos según malla curricular.
- Nota prerrequisito Y : Variable cuantitativa que contiene la nota obtenida en el prerrequisito Y exigido por malla curricular multiplicada por 10, para inscribir la asignatura en estudio, esta puede tomar valores entre 40 y 70. Esta variable esta presente tantas veces como prerrequisitos tenga la asignatura en estudio con la nota que corresponde.
- Cantidad intentos prerrequisito Y : Variable cuantitativa que contiene la cantidad de veces que el estudiante cursó la asignatura Y (prerrequisito de la asignatura en estudio). Esta variable esta presente tantas veces como prerrequisitos tenga la asignatura en estudio con la cantidad de veces que corresponde.

En Tabla 2.4 se especifican los prerrequisitos exigidos para cada asignatura.



Asignatura	Prerrequisitos		
	Prerrequisito 1	Prerrequisito 2	Prerrequisito 3
Álgebra I	Int. a la Matemática Universitaria	-	-
Cálculo I	Int. a la Matemática Universitaria	-	-
Química I	Int. a la Química Universitaria	-	-
Física I	Int. a la Física Universitaria	-	-
Álgebra II	Álgebra I	-	-
Cálculo II	Cálculo I	-	-
Química II	Química I	-	-
Física II	Física I	-	-
Álgebra III	Álgebra II	-	-
Cálculo III	Álgebra II	Cálculo II	-
Ecs. Diferenciales I	Álgebra II	Cálculo II	-
Taller I: Int. a la Ingeniería Matemática	Álgebra II	Cálculo II	-
Cálculo IV	Cálculo III	-	-
Análisis Numérico I	Cálculo III	Ecs. Diferenciales I	-
Ecs. Diferenciales II	Cálculo III	Ecs. Diferenciales I	-
Fenómenos de Transporte	Cálculo III	Ecs. Diferenciales I	-
Termodinámica	Álgebra II	Cálculo II	-
Análisis Real I	Cálculo III	-	-
Optimización I	Análisis Numérico I	-	-
Análisis Numérico II	Análisis Numérico I	-	-
Mecánica de Fluidos	Fenómenos de Transporte	-	-
Probabilidades	Álgebra II	Cálculo II	-
Análisis Real II	Análisis Real I	-	-
Optimización II	Análisis Real I	Optimización I	-
Electromagnetismo	Física II	Cálculo III	-
Mecánica de Materiales	Fenómenos de Transporte	-	-
Inferencia Estadística	Probabilidades	-	-
Análisis Funcional I	Análisis Real II	-	-
Análisis Numérico III	Análisis Numérico I	Ecs. Diferenciales II	-
Regresión	Inferencia Estadística	-	-
Álgebra IV	Álgebra III	-	-
Formulación y Evaluación de Proyectos	Economía	-	-
Transferencia de Calor	Mecánica de Fluidos	-	-
Taller II: Modelación y Aplic. Matemáticas	Mecánica de Materiales	Mecánica de Fluidos	Análisis Numérico I

Tabla 2.4: Prerrequisitos de cada asignatura

Una vez definidas todas las covariables a utilizar en el modelo, se definieron dos tipos de regresiones a utilizar, regresión multinomial y regresión logística, esta última debido a que existían asignaturas que no cuentan con registros de estudiantes reprobados definitivo, limitando la variable independiente a tomar solo dos valores, aprobar o reprobado temporal.

Primero mencionar que, para la asignatura Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas (525490) no se realizó un modelo de regresión pues no existen registros de estudiantes que hayan reprobado temporal ni definitivo, es decir, solo se cuenta con información de estudiantes que han aprobado en el primer intento. Es por esto, que para esta asignatura el tiempo de aprobación para cualquier estudiante siempre es 0,5 años, es decir, un semestre.

Como se comentó anteriormente, las asignaturas en las que fue necesario utilizar regresión logística son Análisis real II (525302), Optimización II (525352), Álgebra IV (525412) y Transferencia de Calor (548306). Estas fueron realizadas utilizando la función *glm* del paquete *stats* de *R* 4.0.3 [18].

Por otro lado, para el resto de las 34 asignaturas se aplicó regresión multinomial. En general, para estas regresiones se utilizó la función *multinom* del paquete *nnet* [20] de *R* 4.0.3, con excepción de algunas asignaturas que se detallan a continuación,

- Para las asignaturas Física I (510147) y Mecánica de Materiales (548305), se aplicó regresión multinomial con las covariables listadas anteriormente, sin considerar la variable independiente no cumple prerequisite, pues todos los estudiantes que han cursado dichas materias, lo han hecho cumpliendo con los prerequisites que corresponde.
- Para las asignaturas, Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291), Termodinámica (510215), Probabilidades (523265), Mecánica de Materiales (548305), Análisis Funcional I (525401), Análisis Numérico III (525442), Economía (546370), Regresión (523374) y Formulación y Evaluación de Proyectos (546102) se aplicó regresión multinomial utilizando la función *brmultinom* del paquete de *R* 4.0.3 *brglm2* [12]. Se utilizó esta biblioteca para poder modificar el tipo del método de ajuste que se utilizará, en este caso es *type = AS_mean*, el cual es una alternativa a la máxima verosimilitud que da como resultado estimaciones con sesgo asintótico más pequeño que son siempre finito, incluso en casos de separación completa o cuasi completa [12]. Fue necesario utilizar esta modificación porque las asignaturas mencionadas presentan separación cuasi completa, pues los conjuntos de datos para el ajuste de algunos modelos son pequeños lo que limita la observación de la variable independiente. La cantidad de registros aprobados y reprobados definitivo se especifican en la Tabla 2.5.

La asignatura probabilidades (523265) solo cuenta con un reprobada definitivo proveniente de un establecimiento particular pagado.

Asignatura	Código asignatura	Cant. aprobados	Cant. Reprobados definitivo
Taller I	525291	154	1
Termo.	510215	128	3
Prob.	523265	110	14
MM	548305	39	4
AF I	525401	56	1
AN III	525442	63	3
Econo.	546370	82	3
Regresión	523374	63	1
FEP	546102	52	1

Tabla 2.5: Asignaturas con cuasi separación de los datos

- Para la asignatura Ecuaciones Diferenciales II (525222), se aplicó regresión multinomial del paquete *brglm2* con *type=AS_mean* sin considerar la covariable género, pues el género femenino para la categoría reprobar temporal solo presenta 2 registros, ambos en primer intento.

Una vez realizados todos los modelos, se verificó cuales eran significativos, para esto se utilizó la función *anova* de *R 4.0.3* para comparar modelos de regresión; dicha función toma los modelos a comparar como argumento y devuelve una prueba de razón de verosimilitud que muestra si el modelo más complejo es significativamente mejor para capturar los datos que el modelo más simple. La prueba de razón de verosimilitud aplicada es el test χ^2 con un nivel de significación de 0,05. Los modelos que se buscan comparar son, el modelo creado con todas las covariables mencionadas anteriormente versus el modelo constante, es decir, el que contiene como única variable independiente el valor constante 1.

Los resultados de los modelos predictivos para las asignaturas que resultaron no ser significativos fueron reemplazados por valores constantes obtenidos de las tablas de vida de cada asignatura para cada intento.

Por otro lado, al analizar los resultados de las pruebas de razón de verosimilitud, se realizó control por familia de variables del error tipo I. Para ello, se utilizó la función *p-adjust* del paquete *stats* [18] de *R 4.0.3* con *method = frd*, esto con la finalidad de controlar la tasa de falso descubrimiento (*false discovery rate (FDR)*), la cual se define como la proporción de errores cometidos al rechazar falsamente hipótesis nulas [5], de esta forma controlar la posible presencia de falsos positivos.

Finalmente, se aplicó análisis de componentes principales (ACP) a los coeficientes de las covariables puntajes PSU, sociodemográficos e intentos de los modelos de regresión multinomial, con la finalidad de realizar un análisis exploratorio del comportamiento de las asignaturas y de los coeficientes de cada covariable. En ACP la representación gráfica de las variables y de las observaciones, que en este caso

corresponden a las covariables de los modelos de regresión y las asignaturas respectivamente, permiten observar las variables y observaciones que se comportan de forma similar y las que se comportan diferente. De lo cual se pueden obtener conclusiones sobre las asignaturas más similares entre sí en relación a los coeficientes de sus respectivas regresiones multinomiales. Dado que hay asignaturas en las que no se consideraron todas las variables predictoras mencionadas, se generan valores faltantes al momento de realizar ACP. Para poder imputar dichos valores faltantes se utilizó la función *imputePCA* del paquete de *R 4.0.3 missMDA* [10] el cual utiliza un método iterativo para aproximar el valor de las observaciones faltantes. De esta forma se pudo realizar el cálculo de las componentes principales para poder analizar el comportamiento de las variables.

2.2.2. Modelos para predecir la nota de aprobación de un estudiante

En los modelos de regresión multinomial descritos en la subsección anterior se utilizó la covariable nota del prerrequisito, por ello para poder realizar simulaciones del estado final del estudiante es necesario conocer la nota de aprobación del alumno en dicho prerrequisito. Para poder predecir la nota de aprobación solo con el fin de predecir el estado final se utilizaron modelos de Bosques Aleatorios utilizando la función *randomForest* del paquete *randomForest* [13] de *R 4.0.3* para cada asignatura que es prerrequisito de otra.

Los Bosques Aleatorios son una combinación de n Árboles de Decisión. Los Árboles de Decisión son modelos que estratifican o segmentan el espacio de predicción en una serie de regiones simples, según un conjunto de reglas de división. En los modelos de Bosques Aleatorios se entrena cada Árbol de Decisión con una muestra aleatoria extraída de los datos de entrenamiento originales mediante bootstrapping. Además, para cada árbol se elige una muestra aleatoria de m predictores del conjunto completo de p predictores ($m < p$). Se toma una muestra nueva de datos de entrenamiento y de m predictores para cada árbol. Finalmente, se promedian los n árboles no correlacionados. [3]

Los modelos de Bosques Aleatorios se realizaron considerando los predictores puntaje NEM, puntaje PSU de lenguaje y comunicación, puntaje PSU de matemáticas, edad ingreso, género y grupo de dependencia como variables predictoras de los modelos. Los modelos de Bosques Aleatorios generados son del tipo regresión, con 500 árboles y dos variables de entrada a ser usadas en cada decisión. En primera instancia se crearon modelos de regresión lineal con las mismas covariables mencionadas, la comparación entre los modelos se encuentra en la Tabla 2.6. Sin embargo, aunque los valores de R^2 ajustado sean mejores que la media del pseudo R^2 se decidió utilizar los modelos de Bosques Aleatorios, pues al existir relación no lineal y compleja entre los predictores y la variables respuesta, los árboles de decisión pueden superar los enfoques clásicos (modelos lineales). [3]

Año	Asignatura	Código	media pseudo R^2 ⁽¹⁾	R^2 ajustado ⁽²⁾
Primer Año	IMU	520145	0.250	0.300
	IQU	530023	0.333	0.349
	IFU	510145	0.220	0.293
	A I	525147	0.074	0.181
	C I	527147	0.051	0.129
	Q I	530024	0.201	0.312
	F I	510147	0.058	0.160
	A II	525148	-0.078	0.062
	C II	527148	0.037	0.177
Segundo Año	F II	510148	-0.113	0.202
	A III	525201	-0.062	0.205
	C III	525211	0.123	0.223
	ED I	525221	-0.142	0.119
	AN I	525240	-0.013	0.153
	ED II	525222	-0.126	0.005
Tercer Año	FT	542330	-0.146	0.024
	AR I	525301	-0.026	0.131
	O I	525351	-0.131	0.021
	MF	542202	-0.380	-0.092
	Prob.	523265	0.137	0.207
	AR II	525302	0.067	0.227
	MM	548305	-0.026	0.222
Cuarto Año	IE	523266	-0.089	-0.029
	Econo.	546370	0.148	0.195

⁽¹⁾: modelos de bosques aleatorios. ⁽²⁾: modelos de regresión lineal.

Tabla 2.6: Comparación entre media del pseudo R^2 de modelos de bosques aleatorios y R^2 ajustado de modelos de regresión lineal

2.3. Detección de ruta crítica para un alumno en una carrera universitaria específica

La detección de rutas críticas en estudiantes de una determinada carrera permite conocer las asignaturas específicas que provocan el atraso en completar el plan de estudio al cuarto año.

En este estudio, para detectar rutas críticas se recrea la situación de un alumno que aprueba todas las asignaturas obligatorias de su plan de estudio hasta cuarto año, considerando que máximo puede cursar una misma asignatura 3 veces. Por lo tanto, no se consideró la opción que el estudiante repruebe definitivamente (es decir, abandone sus estudios) o que repruebe una misma asignatura más de 3 veces. Se trabajó con un modelo de estudiante ideal, para contrarrestarlo con los estudiantes reales.

2.3.1. Cálculo del tiempo esperado de aprobación

Una vez generados los modelos de predicción del estado final del alumno (aprobación/reprobación) para cada asignatura, se calcularon los tiempos esperados de aprobación máximo al tercer intento para cada asignatura. Lo anterior, se realizó utilizando las predicciones entregadas por los modelos de regresión detallados en la sección 2.1.

Dichos modelos de predicción se aplicaron a un estudiante con determinada información sociodemográfica e información académica previa al ingreso a la universidad, para conocer sus probabilidades de aprobar, reprobado temporal y reprobado definitivo. Esto se realizó para cada asignatura, simulando lo sucedido para el primer intento, para el segundo intento y para el tercer intento, según corresponda de acuerdo a cada asignatura que se esté prediciendo. Para la detección de ruta crítica solo se consideraron tres intentos posibles, por lo tanto, la probabilidad de reprobado temporalmente en el último intento es siempre 0. Por otro lado, para el cálculo del tiempo esperado de aprobación no se consideró la probabilidad de reprobado definitivo, pues para detección de ruta crítica nos interesa conocer que tanto se atrasa un alumno que aprueba todas sus asignaturas.

Por esto, para cada asignatura se generó una tabla en la cual para cada intento (uno, dos o tres según corresponda para cada asignatura) se especifica la probabilidad de reprobado temporal (RT_i), aprobar (A_i) y reprobado definitivo (RD_i), como se muestra en las columnas tabla general de la Tabla 2.7. Una vez construida esta tabla general, se construye una tabla más específica en la que solo se consideraron las probabilidades de reprobado temporal y de aprobar para cada intento, además la probabilidad de reprobado temporal en el último intento se considera 0. Los siguientes cálculos que se detallan se encuentran esquematizados en la Tabla 2.7, primero se calculó la probabilidad total condicional a no reprobado definitivo (TC_i), el cual corresponde a la suma de la probabilidad de reprobado temporal (RT_i) más la de aprobar

(A_i) , esto para cada intento. Luego, se calculó la probabilidad de reprobación temporal condicional a no reprobación definitiva (RTC_i), el cual corresponde a la probabilidad de reprobación temporal (RT_i) dividido por la probabilidad total condicional a no reprobación definitiva (TC_i), para cada intento. Por otro lado, se calculó la probabilidad de aprobación condicional a no reprobación definitiva (AC_i), el cual corresponde a la probabilidad de aprobar (A_i) dividido por la probabilidad total condicional a no reprobación definitiva (TC_i), para cada intento. Después, se calculó la probabilidad marginal de aprobar para cada intento (MA_i), dicha probabilidad se calculó multiplicando la probabilidad de aprobar condicional del intento i (AC_i) por las probabilidades de reprobación temporal condicional de los intentos $i - 1, i - 2$ (RTC_{i-1}), (RTC_{i-2}) según corresponda. Finalmente, el tiempo esperado de aprobación para cada asignatura máximo al tercer intento se calculó según la definición de esperanza para el caso discreto,

$$E[X] = \sum_{i=1}^n x_i P[X = x_i] \tag{2.1}$$

Intento	Tabla General			Tabla específica			
	RT_i	A_i	RD_i	TC_i	RTC_i	AC_i	MA_i
1	RT_1	A_1	RD_1	$RT_1 + A_1$	RT_1/TC_1	A_1/TC_1	AC_1
2	RT_2	A_2	RD_2	$RT_2 + A_2$	RT_2/TC_2	A_2/TC_2	$(RTC_1)(AC_2)$
3	RT_3	A_3	RD_3	$0 + A_3$	0	A_3/TC_3	$(RTC_1)(RTC_2)(AC_3)$

Tabla 2.7: Esquema para el cálculo del tiempo esperado de aprobación

Por lo tanto, de 2.1 el tiempo esperado de aprobación para el esquema en Tabla 2.7 es

$$E[X] = (1)MA_1 + (2)MA_2 + (3)MA_3 \tag{2.2}$$

Por ejemplo, supongamos se tiene la tabla de vida 2.8 para una asignatura específica dictada semestralmente. En Tabla 2.9 se muestran los resultados de aplicar lo mencionado en la Tabla 2.7. Ahora, de la ecuación 2.2 se tiene que

$$E[X] = (1)(0,659) + (2)(0,297) + (3)(0,043) = 1,384$$

Por lo tanto, el tiempo esperado de aprobación máximo al tercer intento para la asignatura ejemplificada es 1,384 intentos, es decir, 0,692 años.

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	197	124	9	2	0.629	0.629	0.046	0.046	0.325	4.98	0.89
2	62	38	7	1	0.613	0.829	0.113	0.082	0.089	4.65	0.67
3	16	7	5	0	0.438	0.868	0.312	0.110	0.022	4.67	0.95
4	4	0	1	1	0.000	0.868	0.250	0.116	0.017	-	-
5	2	2	0	0	1.000	0.884	0.000	0.116	0.000	4.30	0.10

Tabla 2.8: Tabla de vida: Ejemplo cálculo del tiempo esperado de aprobación

Intento	Tabla General			Tabla específica			
	RT _i	A _i	RD _i	TC _i	RTC _i	AC _i	MA _i
1	0.325	0.629	0.046	0.954	0.341	0.659	0.659
2	0.089	0.613	0.082	0.702	0.127	0.873	0.297
3	0.022	0.438	0.110	0.438	0.000	1.000	0.043

Tabla 2.9: Esquema para el cálculo del tiempo esperado de aprobación

2.3.2. Representación de malla curricular como un grafo ponderado acíclico dirigido

Para poder determinar la ruta crítica para un alumno se representó la malla curricular hasta el cuarto año como un digrafo ponderado acíclico $G(V, E)$.

El conjunto de vértices V contiene a las 39 asignaturas obligatorias del plan de estudio hasta cuarto año (representadas por sus respectivos código), más dos vértices, que son inicio y fin, los cuales representan el ingreso a la carrera y la aprobación de todas las asignaturas hasta cuarto año, respectivamente. Por lo que, $V = \{\text{Inicio}, 520145, 530023, 510145, 525147, 527147, 530024, 510147, 525148, 527148, 530025, 510148, 525201, 525211, 525221, 503201, 525291, 525212, 525240, 525222, 542330, 510215, 525301, 525351, 525441, 542202, 523265, 525302, 525352, 510226, 548305, 523266, 525401, 525442, 546370, 523374, 525412, 546102, 548306, 525490, \text{Fin}\}$. Notar que el conjunto de vértices esta compuesto por 41 elementos.

Por otro lado, el conjunto de aristas está formado según tres criterios. El primer criterio es, si $u, v \in V \setminus \{\text{Inicio}, \text{Fin}\}$ la arista (u, v) existe si la asignatura u es prerrequisito de la asignatura v . El segundo criterio consiste en que las aristas $(\text{Inicio}, u) \in E$ para todo $u \in V \setminus \{\text{Inicio}, \text{Fin}\}$, es decir, para cada asignatura existe una arista que va desde el vértice inicio al vértice que representa la asignatura. Finalmente, el tercer criterio consiste en que las aristas $(u, \text{Fin}) \in E$ solo si el vértice u representa a una asignatura que no es prerrequisito de otra asignatura. Notar que el conjunto de aristas esta compuesto por 101 elementos.

Por último, se definen los pesos para cada arista $w : E \rightarrow R$. Para las aristas generadas según el primer y tercer criterio mencionado, el peso corresponde al tiempo esperado de aprobación máximo al tercer intento calculado en la sección 2.3.1 (este tiempo es medido en años) multiplicado por (-1) , es decir, se cambió el signo del valor original. Por otro lado, para las aristas generadas conforme al segundo criterio mencionado, el peso corresponde al tiempo en que oficialmente debería inscribirse dicha asignatura según malla curricular multiplicado por (-1) , es decir, se cambió el signo del valor original, por ejemplo, para las asignaturas de primer año primer, segundo y tercer trimestre sus pesos son $0, -1/3, -2/3$ respectivamente; para las asignaturas de primer y segundo semestre de segundo año sus pesos son $-1, -3/2$ respectivamente. Con lo mencionado anteriormente se construye el digrafo acíclico ponderado que representa la malla curricular hasta el cuarto año de carrera. El grafo en forma genérica se muestra en figura 2.2, donde las aristas azules representan a las aristas que van desde el nodo inicio hasta el nodo representante de cada asignatura, cuyos pesos no varían para cada estudiante. Las de color negro representan a las aristas que van entre dos asignaturas en la que una es prerrequisito de la otra y las que van dirigidas al nodo fin, cuyo peso debe ser calculado mediante los tiempos esperados de aprobación. Notar que el grafo $G(V, E)$ es acíclico, pues para cada vértice $v \in V$ no existe un camino que empiece y termine en dicho vértice v .

2.3.3. Detección ruta crítica

Una vez construida la representación de la malla curricular hasta cuarto año de carrera, se aplicó el algoritmo de *Bellman-ford* mencionado en Algoritmo 1 para encontrar el camino más corto desde el nodo Inicio, el cual es un nodo fuente, al nodo Fin. Por este motivo, se trabajó con pesos negativos, pues el camino más corto en un grafo que posee solo aristas con pesos negativos, corresponde al camino más largo al multiplicar cada arista nuevamente por (-1) .

Para aplicar este algoritmo se utilizó el comando *single_source_bellman_ford* del paquete *NetworkX* [9] de *Python 3.7*, en el cual se ingresan los parámetros del grafo, la etiqueta del nodo fuente (nodo de inicio del camino) y la etiqueta del nodo objetivo (nodo final del camino). Esta función devuelve una tupla de dos elementos, el primero indica la distancia entre el nodo fuente y el nodo objetivo, y el segundo almacena la ruta desde el nodo fuente al nodo objetivo. La detección de rutas críticas se realizó con tiempos de aprobación reales, tiempos predichos desde primer a cuarto año, tiempos reales de primer año y predichos desde segundo a cuarto año; y tiempos reales hasta segundo año y predichos para tercer y cuarto año.

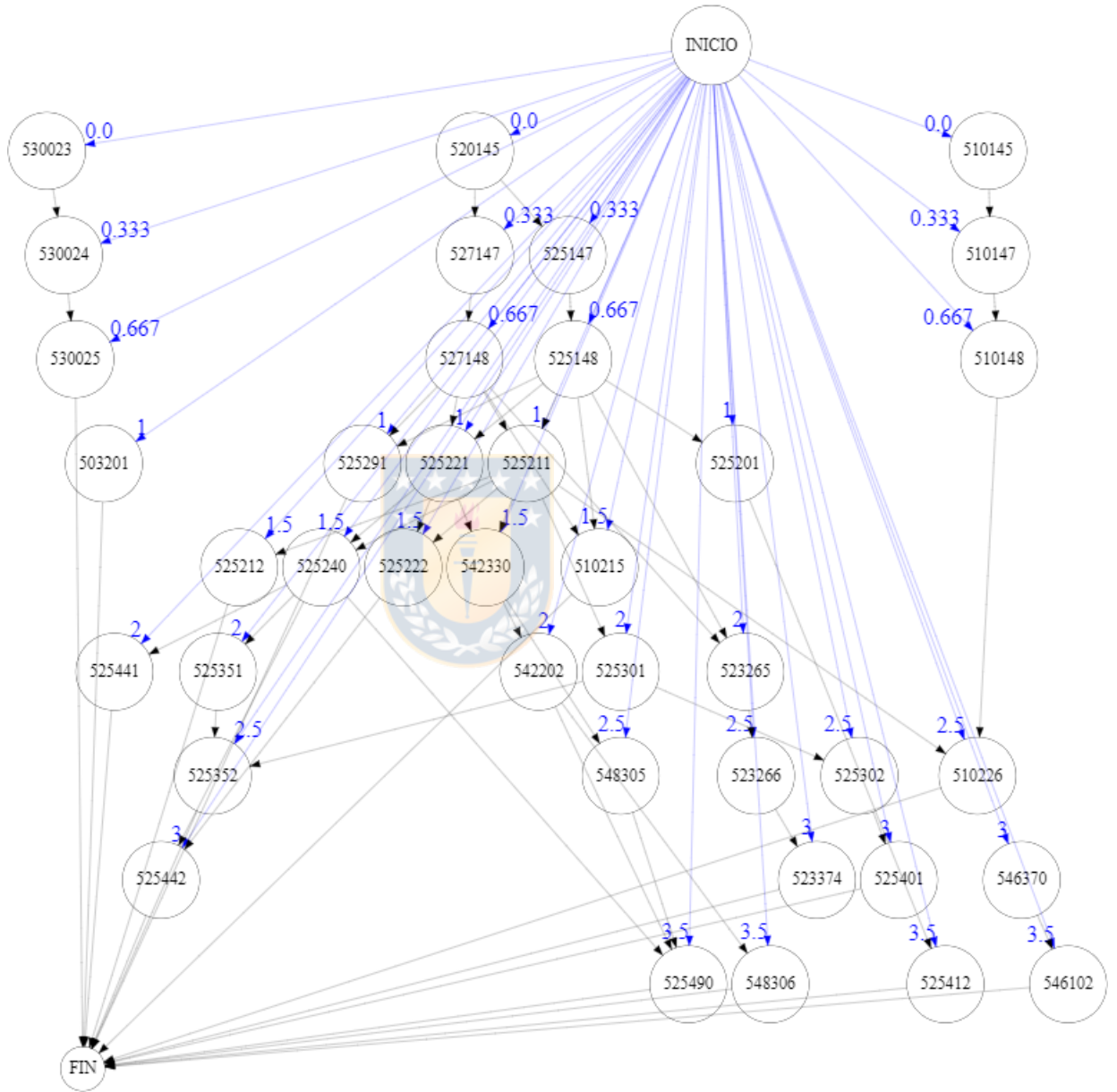


Figura 2.2: Grafo $G(V, E)$: Representación de la malla curricular como un digrafo ponderado

Capítulo 3

Resultados

A continuación se presentan los resultados y las respectivas conclusiones del estudio de acuerdo a los objetivos definidos en la introducción. En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de tablas de vida y modelos de regresión multinomial obtenidos para cada asignatura en estudio. Además, se muestran las rutas críticas elaboradas para diversas simulaciones realizadas con información de exalumnos titulados de la carrera y para alumnos con perfiles inventados.

3.1. Aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del intento

El objetivo de esta sección es crear tablas de aprobación y reprobación dependiente del intento, o también llamadas tablas de vida para cada asignatura, las cuales proporcionan para cada intento, y sin conocer más características del estudiante, las probabilidades de aprobar y reprobar. Lo anterior permite caracterizar el comportamiento de los alumnos en las asignaturas de la carrera en estudio.

Se construyeron las tablas de vida por asignatura de acuerdo a lo mencionado en el capítulo de metodología en la sección 2.1, las tablas para cada materia se encuentran detalladas en el Anexo A.

En la Figura 3.1 se presenta un resumen de la información obtenida en las tablas de vida. En esta se muestra la malla curricular de la carrera hasta cuarto año, en la cual se indican las asignaturas obligatorias y se apuntan mediante flechas sus prerrequisitos. Cada asignatura contiene dos casillas en las cuales se resume la información obtenida de las tablas de vida. Las casillas de color verde contienen la probabilidad acumulada de aprobar dicha asignatura máximo al tercer intento, las casillas de color rojo contienen el complemento de las de color verde, es decir, la probabilidad de no aprobar al tercer intento. Lo anterior con excepción de las asignaturas Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática, Análisis Numérico II, Análisis Real II, Optimización II, Mecánica de Materiales, Regresión y Formulación y Evaluación de

Proyectos las cuales presentan como máximo dos intentos, por lo que la información mostrada en las casillas verdes corresponde a la probabilidad acumulada de aprobar máximo al segundo intento. La asignatura Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas presenta como máximo un intento, por lo que la información mostrada en la casilla verde corresponde a la probabilidad acumulada de aprobar máximo al primer intento.

A partir de la información obtenida de las tablas por asignatura se observa a grandes rasgos, que los porcentajes de reprobación al tercer intento son menores para las materias que se imparten en semestres superiores que para las impartidas en los semestres iniciales de la carrera, salvo algunas excepciones.

Los mayores porcentajes de reprobación al tercer intento se encuentran en el primer trimestre de la carrera. Siendo principalmente, la asignatura Introducción a la Matemática Universitaria la con mayor porcentaje de reprobación con un 36,8%, seguida de Introducción a la Física Universitaria con 35,6% e Introducción a la Química Universitaria con 28,3%. Por otro lado, las asignaturas con menores porcentajes de reprobación son Análisis Real II y Optimización II ambas con 0% (ambas de segundo semestre de tercer año), seguido por Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática con un 0,6% (asignatura de primer semestre de segundo año). Recordar que dichas asignaturas presentan como máximo dos intentos por lo que la información corresponde a los porcentajes de reprobación al segundo intento.

Si se observa la malla curricular de forma cronológica se tiene que, el primer trimestre es el con mayor porcentaje de reprobación de todos los trimestres y semestres de la carrera. Para el segundo y tercer trimestre la materia con menor porcentaje de reprobación es Álgebra II (13,4%) y la con mayor porcentaje de reprobación es Física I (22,1%). Para segundo año, las asignaturas con mayor porcentaje de reprobación son Álgebra III (25%) y Lenguaje de Programación (18,7%). Por otro lado, las con menor porcentaje son Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (0,6%) y Termodinámica (2,1%). Para tercer año, las asignaturas con mayor porcentaje de reprobación son Análisis Real I (18,9%) y Mecánica de Materiales (14,2%). Por otra parte, las con menor porcentaje son Análisis Real II (0%) y Optimización II (0%). Para cuarto año, las asignaturas con mayor porcentaje de reprobación son Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas (9,4%) y Formulación y Evaluación de Proyectos (7,7%). En cambio, las con menor porcentaje son Análisis Funcional I (1,6%) y Álgebra IV (1,6%).

Se puede notar que las asignaturas impartidas por la facultad de ingeniería (Lenguaje de Programación, Fenómenos de Transporte, Mecánica de Fluidos, Mecánica de Materiales, Economía, Formulación y Evaluación de Proyectos y Transferencia de Calor) presentan un alto porcentaje de reprobación durante los primeros cuatro años de carrera, siendo el más bajo Economía con 3,5% y el más alto Lenguaje de Programación con 18,7%.

Además, algunas asignaturas consecutivas en la malla curricular van disminuyendo sus porcentajes de reprobación a medida que se avanza por ellas, como en el caso

de Probabilidades, Inferencia Estadística y Regresión con porcentajes de reprobación 12,1 %, 6,4 % y 3,5 % respectivamente. Lo mismo sucede con Análisis Numérico I, Optimización I y Optimización II con sus correspondientes porcentajes de reprobación 9,1 %, 2,8 % y 0 %. Esto también se puede apreciar, en Análisis Real I, Análisis Real II y Análisis Funcional I con porcentajes de reprobación 18,9 %, 0 % y 1,6 % respectivamente.

En resumen, las asignaturas con mayor probabilidad de reprobación al tercer intento se encuentran en primer año, sobre todo en primer trimestre, siendo Introducción a la Matemática Universitaria la asignatura con mayor tasa de reprobación de toda la malla curricular hasta cuarto año. Por otro lado, las asignaturas con menor tasa de reprobación se encuentran en tercer año siendo Análisis Real II y Optimización II. En conclusión, las tasas de reprobación van disminuyendo a medida que se avanza en las asignaturas de la malla curricular.



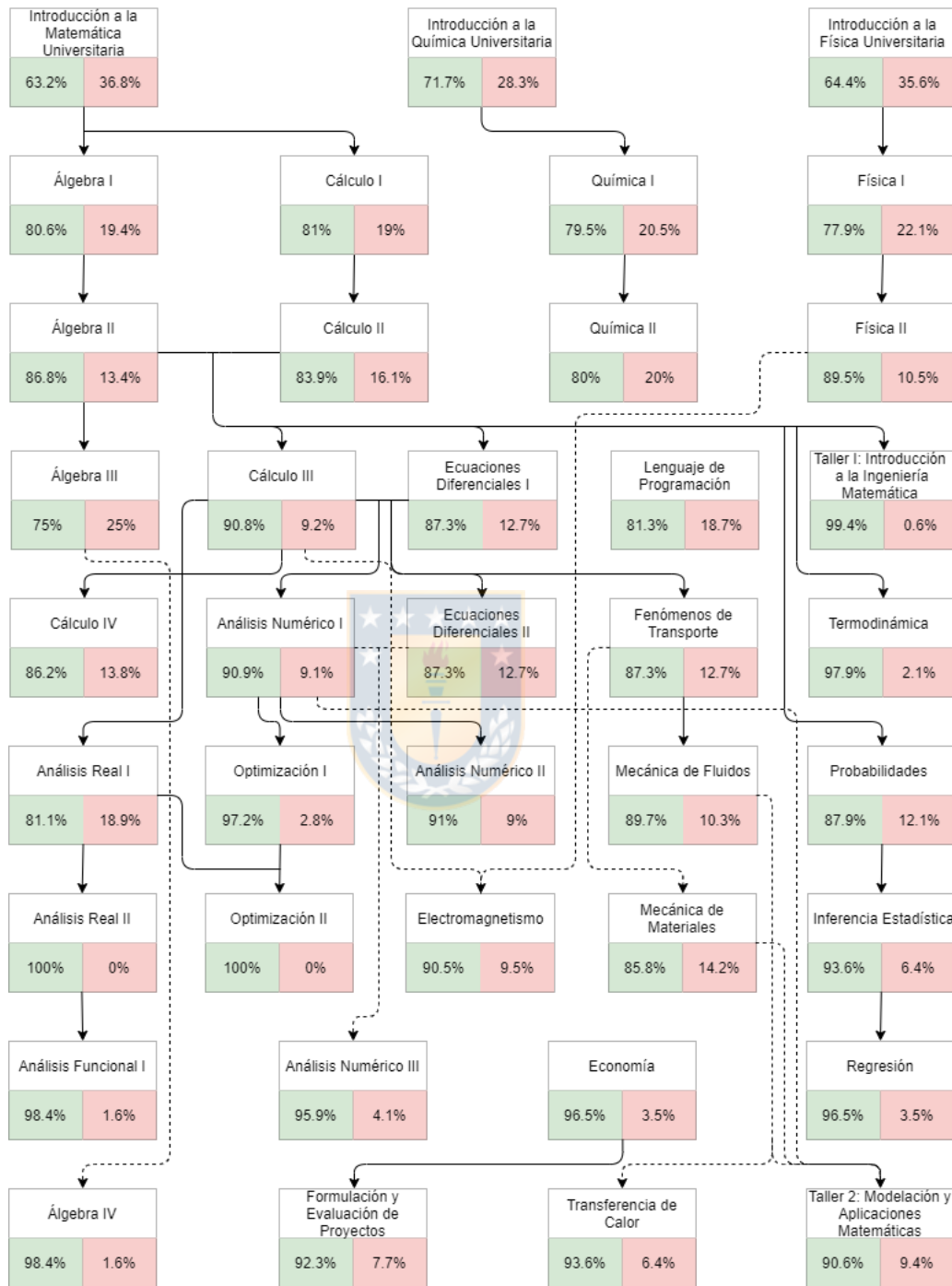


Figura 3.1: Resumen de la información obtenida en las tablas de vida.

3.2. Modelos descriptivos y predictivos para la predicción del estado final de un alumno para un asignatura

Tras generar modelos de aprobación y reprobación de asignaturas dependiente del intento (tablas de vida), se quiere incorporar información de variables predictoras. Para ello, se generan modelos que permitan predecir el estado final de un alumno para cada asignatura, es decir, predecir la aprobación, reprobación temporal o reprobación definitiva conociendo información sociodemográfica y académica del alumno. Además de predecir se busca que los modelos permitan caracterizar a los estudiantes que aprueban, reprobaban temporal y reprobaban definitivo.

3.2.1. Modelos para predicción del estado final de un alumno

Los resultados obtenidos en los modelos de regresión realizados según lo mencionado en la sección 2.2 se encuentran detallados para cada asignatura con sus respectivos intervalos de confianza, valores p y errores estándar en Anexo B.

Se probó si el uso de variables explicativas permitían predecir la aprobación y reprobación de los alumnos para cada asignatura, a partir de esto, se obtuvo que no todos los modelos son significativos. En la Tabla 3.1 se muestran las pruebas de razón de verosimilitud para cada modelo por asignatura, detallando el modelo utilizado, los grados de libertad, el valor del estadístico χ^2 y su respectivo valor p . Además, se muestra el valor p ajustados, es decir, controlando la tasa de falso descubrimiento para el total de las asignaturas. A partir de esto, se concluye que los modelos de las asignaturas Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291), Termodinámica (510215), Análisis Real II (525302), Optimización II (525352), Electromagnetismo (510226), Mecánica de Materiales (548305), Análisis Funcional I (525401), Análisis Numérico III (525442), Economía (546370), Regresión (523374), Álgebra IV (525412), Formulación y Evaluación de Proyectos (546102) y Transferencia de Calor (548306) no son significativos. Por lo que, para estas asignaturas no se utilizaron los modelos de regresión sino las probabilidades obtenidas directamente de sus tablas de vida considerando hasta el tercer intento.

	Asignatura	Código	Modelo ⁽¹⁾	GL	Est. R-V	valor-p	valor-p ajustado
Primer Año	IMU	520145	M	18	444.285	<0.001*	<0.001*
	IQU	530023	M	18	368.612	<0.001*	<0.001*
	IFU	510145	M	18	461.738	<0.001*	<0.001*
	A I	525147	M	24	119.956	<0.001*	<0.001*
	C I	527147	M	24	94.316	<0.001*	<0.001*
	Q I	530024	M	24	165.927	<0.001*	<0.001*
	F I	510147	M	22	113.576	<0.001*	<0.001*
	A II	525148	M	24	67.882	<0.001*	<0.001*
	C II	527148	M	24	93.597	<0.001*	<0.001*
	Q II	530025	M	24	83.104	<0.001*	<0.001*
	F II	510148	M	24	89.734	<0.001*	<0.001*
	Segundo Año	A III	525201	M	24	83.495	<0.001*
C III		525211	M	30	72.850	<0.001*	<0.001*
ED I		525221	M	30	93.516	<0.001*	<0.001*
LP		503201	M	18	67.025	<0.001*	<0.001*
Taller I		525291	MR	28	-0.386	-	-
C IV		525212	M	22	38.299	0.017*	0.029*
AN I		525240	M	30	66.089	<0.001*	<0.001*
ED II		525222	MR	28	42.843	0.036*	0.056
FT		542330	M	30	71.211	<0.001*	<0.001*
Termo.	510215	MR	30	30.932	0.419	0.517	
Tercer Año	AR I	525301	M	24	50.593	0.001*	0.002*
	O I	525351	M	24	49.742	0.002*	0.003*
	AN II	525441	M	22	37.155	0.023*	0.037*
	MF	542202	M	24	47.000	0.003*	0.006*
	Prob.	523265	MR	30	70.603	<0.001*	<0.001*
	AR II	525302	L	11	1.237	0.537	0.641
	O II	525352	L	13	0.446	0.41	0.517
	Electro.	510226	M	30	41.253	0.083	0.118
	MM	548305	MR	20	17.894	0.594	0.666
IE	523266	M	24	36.720	0.047*	0.069	
Cuarto Año	AF I	525401	MR	24	16.638	0.864	0.913
	AN III	525442	MR	30	26.928	0.627	0.682
	Econo.	546370	MR	18	20.585	0.301	0.398
	Regresión	523374	MR	22	12.833	0.938	0.964
	A IV	525412	L	12	2.356	0.568	0.656
	FEP	546102	MR	22	10.976	0.975	0.975
TC	548306	L	12	1.882	0.288	0.395	

⁽¹⁾M : regresión multinomial. MR: regresión multinomial con regularización. L : regresión logística.

Tabla 3.1: Pruebas de razón de verosimilitud

A modo de simplificar la interpretación de los coeficientes (log-odds) obtenidos en los modelos de regresión que resultaron ser significativos se presentan los gráficos en las Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9. Estos muestran por año y para cada asignatura la exponencial de los coeficientes (odds) para la variable independiente que corresponde. Al graficar dichos coeficientes se aplicó al conjunto de valores p de cada variable independiente entre asignaturas (conjunto puntaje NEM, puntaje PSU de lenguaje y comunicación, puntaje PSU de matemáticas, etc.) la función p -*adjust* para controlar la tasa de falso descubrimiento. Además, notar que los gráficos muestran asignaturas desde primer a tercer año, esto porque los modelos de todas las asignaturas de cuarto año resultaron no ser significativos.

Los gráficos que muestran los odds de los modelos de regresión multinomial aprobar versus reprobar temporal corresponden a las Figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5.

En la Figura 3.2 se observa que los odds de la variable puntaje NEM tienden a disminuir con el paso de los trimestres/semestres, por lo que manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de aprobar aumentan en menor cantidad debido al puntaje NEM a medida que pasan los semestres. Por otro lado, en primer año la variable puntaje NEM es significativa para todas las asignaturas de primer y segundo trimestre, para tercer trimestre es significativa solo para Química II (530025) y Cálculo II (527148). Luego, para segundo año se tiene que solo es significativa para la asignatura Álgebra III (525201). Para tercer año se tiene que dicha variable no es significativa en los modelos para predecir la aprobación o reprobación temporal de un estudiante. Notar que para todos los modelos en los que el puntaje NEM es significativo, los odds toman valores mayores que uno, por lo que el aumento del puntaje NEM, manteniendo el resto de las variables constantes, aumenta los odds de aprobar.

Para la covariable puntaje PSU de lenguaje y comunicación se observa que a medida que se avanza en los años de carrera los odds aumentan, por lo que manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de aprobar aumentan debido al aumento del puntaje PSU de lenguaje y comunicación para las asignaturas de años superiores al primer año. Sin embargo, esta variable no es significativa para los modelos de aprobación versus reprobación temporal.

Para la variable puntaje PSU de matemáticas se observa que los valores más altos de los odds se dan en el primer trimestre de primer año y en el primer semestre de segundo año, por lo que para estas asignaturas los odds de aprobar aumentan debido al aumento del puntaje PSU de matemáticas manteniendo el resto de las variables constantes. Notar que esta variable es significativa para todas las asignaturas de primer trimestre. También, lo es para la asignatura Álgebra III (525201) en segundo año. Para todo el resto de los modelos esta no es significativa.

En la Figura 3.3 notar que las variables sociodemográficas no son significativas para los modelos de aprobación versus reprobación temporal por asignatura. Pese a eso, para la covariable edad ingreso se observa que la mayoría de los odds son menores a uno, por lo que para dichas asignaturas, manteniendo el resto de las

variables constantes, el aumento en la edad ingreso aumenta los odds de reprobar temporalmente.

Para la variable género femenino, se tiene que los odds mayores que uno indican que, para dicha asignatura quienes son de género femenino tiene más odds de aprobar que quienes son de género masculino (categoría base), manteniendo el resto de las variables constantes.

En cuanto a las variables grupo de dependencia, para particular subvencionado se tiene que los odds mayores que uno indican que, para dicha asignatura tienen más odds de aprobar quienes pertenecieron a un establecimiento particular subvencionado que quienes pertenecieron a un establecimiento municipal (categoría base), manteniendo el resto de las variables constantes. Lo mismo sucede para la variable particular pagado.

En la Figura 3.4 se muestra que los odds de la variable predictora primer intento son siempre menor que uno, por lo que manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de reprobar temporal aumentan cuando se cursa la asignatura por primera vez. Además, esta variable es significativa en primer año para el primer trimestre en las asignaturas Introducción a la Matemática Universitaria (520145) e Introducción a la Química Universitaria (530023), en segundo trimestre solo para Cálculo I (527147). En segundo año, para Álgebra III (525201), Lenguaje de Programación (503201) y Fenómenos de Transporte (542330). En tercer año, para Optimización I (525351) e Inferencia Estadística (523266). En esta misma figura se observa que los odds de la variable predictora segundo intento (la cual no está presente para todas las asignaturas) toma algunos valores mayores que uno, por lo que para estas materias, manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de aprobar aumenta cuando se cursa la asignatura por segunda vez. Esta variable es significativa en primer año, primer trimestre para Introducción a la Matemática Universitaria e Introducción a la Química Universitaria. En segundo año, para Cálculo III (525211), Álgebra III (525201) y Lenguaje de Programación (503201). En tercer año, es significativa para la asignatura Inferencia Estadística (523266).

En la Figura 3.5 se muestran los odds y log-odds en un caso, de las variables relacionadas a los prerrequisitos de cada asignatura. En esta figura se tiene la variable predictora no cumple prerrequisito, para la cual se graficaron los log-odds pues los valores son muy grandes. Esta variable fue considerada con la finalidad de incluir información de estudiantes que cursaron una asignatura sin el prerrequisito exigido por malla, esto lleva a que existan una baja cantidad de este tipo de registros. Sin embargo, los log-odds tienden a tomar valores positivos altos lo que indica que para este tipo de asignaturas, manteniendo el resto de las variables constantes, quienes no cumplan con los prerrequisitos aumentan los odds de aprobar. Esta covariable es significativa para Cálculo I (527147), siendo su prerrequisito Introducción a la Matemática Universitaria (520145), para Optimización I (525351) y Análisis Numérico II (525441), los cuales tienen como prerrequisito Análisis Numérico I (525240), y para Inferencia Estadística (523266) que su prerrequisito es Probabilidades (523265).

Los odds de la variable nota prerequisite toman mayoritariamente valores mayores que uno, por lo que manteniendo los valores del resto de las variables del modelo constantes, el aumento en la nota obtenida en el prerequisite aumenta los odds de aprobar. Esta covariable es significativa para todos los modelos de primer año segundo trimestre, para tercer trimestre son significativos para todas las asignaturas menos para Química II (530025). Para tercer año, es significativo para Análisis Real I (525301) el cual tiene como prerequisite Cálculo III (525211).

Finalmente, la variable cantidad prerequisite es significativa en primer año segundo trimestre, para Física I (510147) y Química I (530024) los cuales tienen como prerequisite Introducción a la Física Universitaria (510145) e Introducción a la Química Universitaria (530023) respectivamente. En tercer trimestre de primer año son significativos para todas las asignaturas. En segundo año, son significativos para Cálculo III (525211) y Ecuaciones Diferenciales I (525221) para el prerequisite Álgebra II (525148). Además, esta variable cuando es significativa toma valores menores que uno, por lo que manteniendo los valores del resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación temporal aumentan a medida que aumenta la cantidad de veces que se ha cursado el prerequisite.



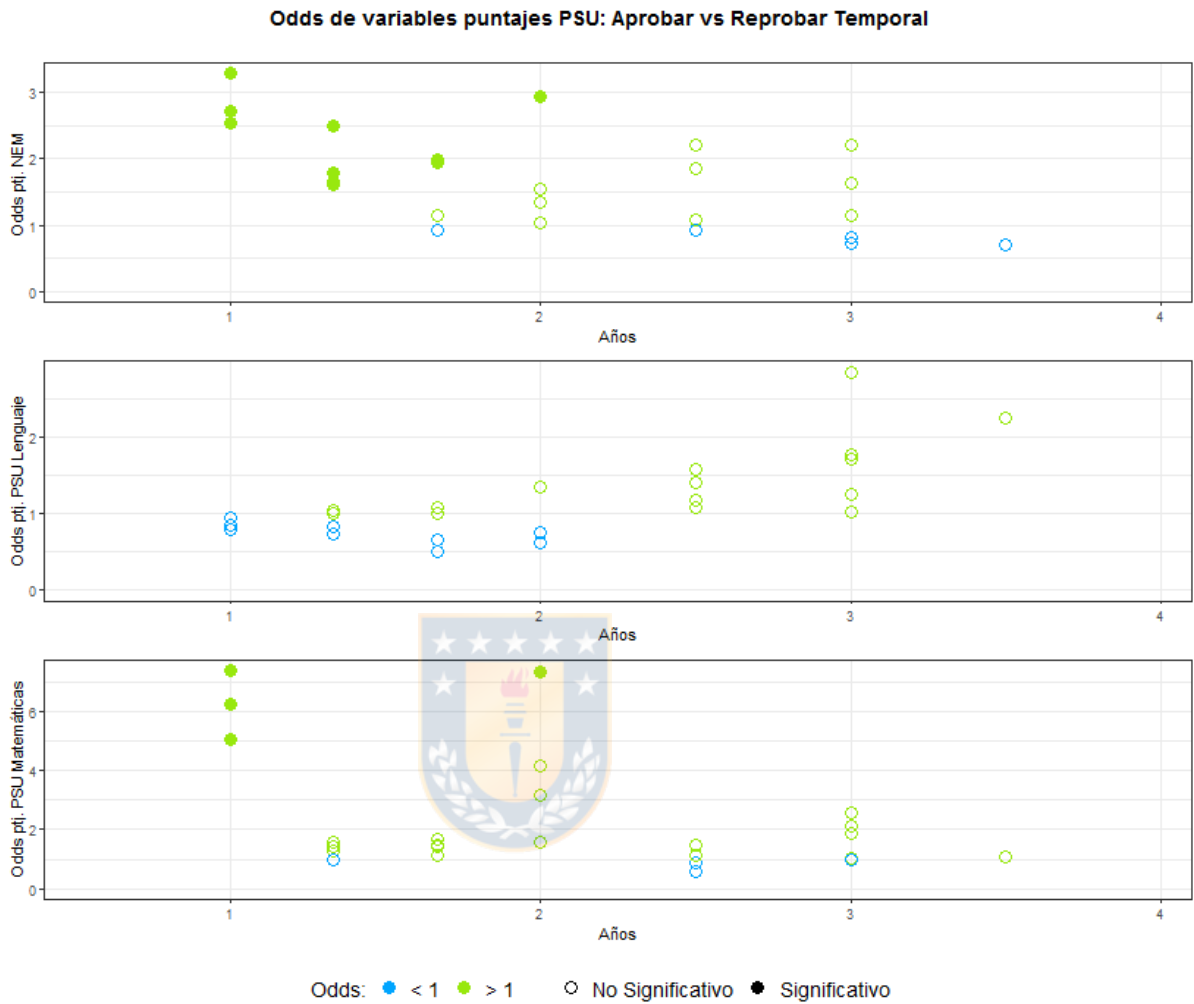


Figura 3.2: Odds de las variables predictoras puntajes PSU y puntaje NEM para modelos aprobación versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.2, en verde se muestran los odds mayores que uno y en celeste los menores e iguales a uno. Además, en un círculo relleno se muestran las variables significativas y en un círculo vacío las no significativas.

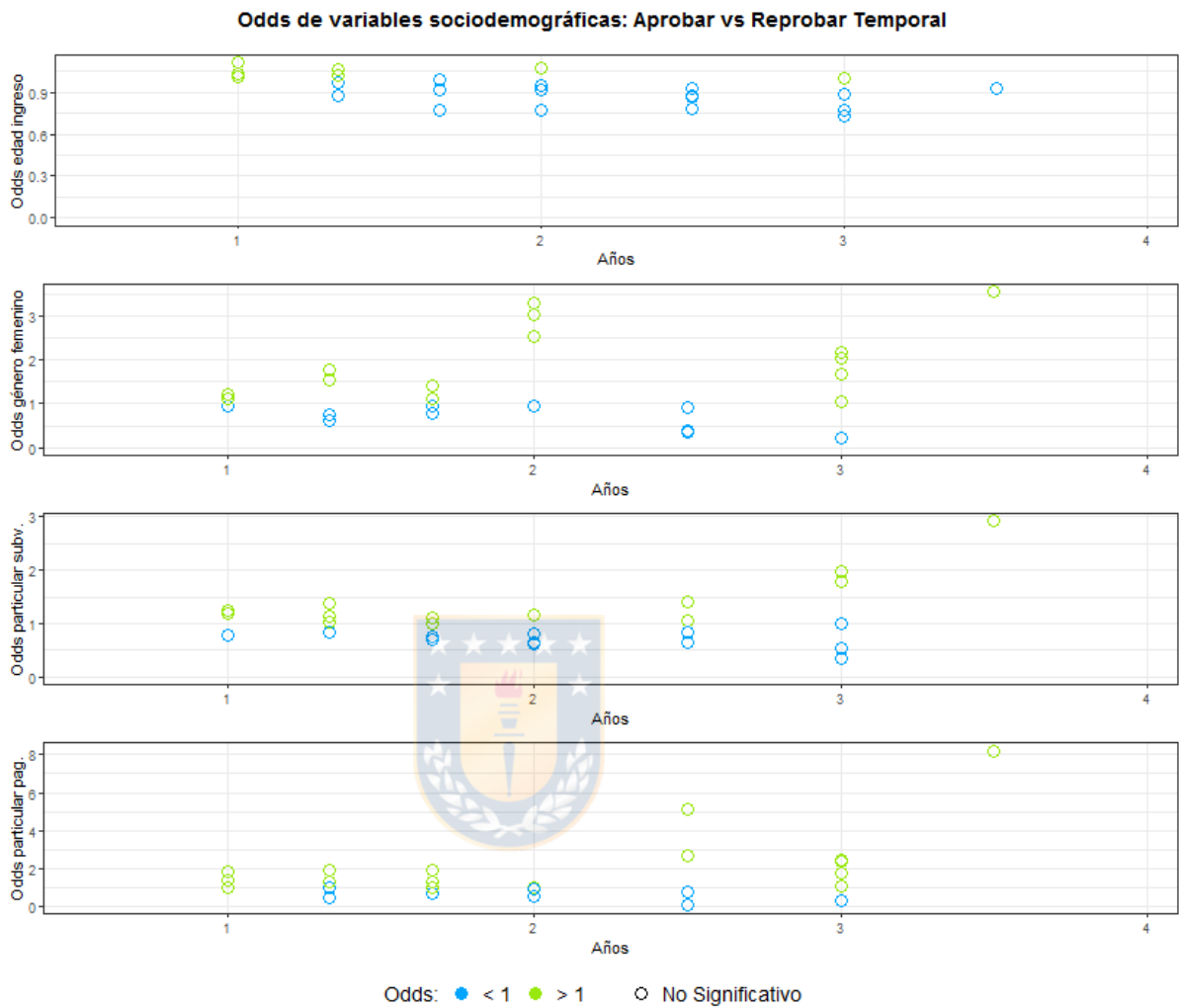


Figura 3.3: Odds de las variables predictoras sociodemográficas para modelos aprobación versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.3, en verde se muestran los odds mayores que uno y en celeste los menores e iguales a uno. Además, en un círculo vacío se muestran las variables no significativas.

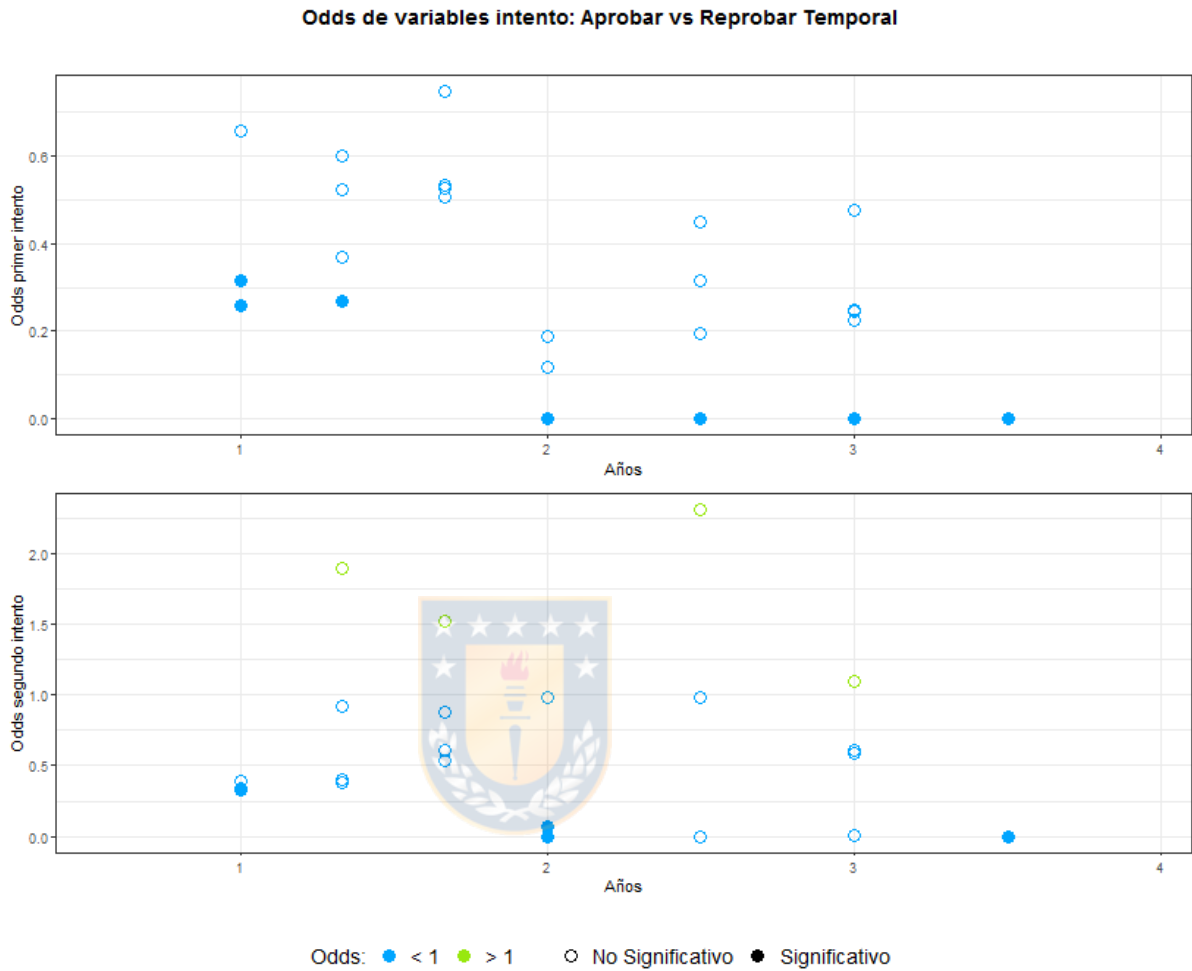


Figura 3.4: Odds de las variables predictoras intentos para modelos aprobación versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.4, en verde se muestran los odds mayores que uno y en celeste los menores e iguales a uno. Además, en un círculo relleno se muestran las variables significativas y en un círculo vacío las no significativas.

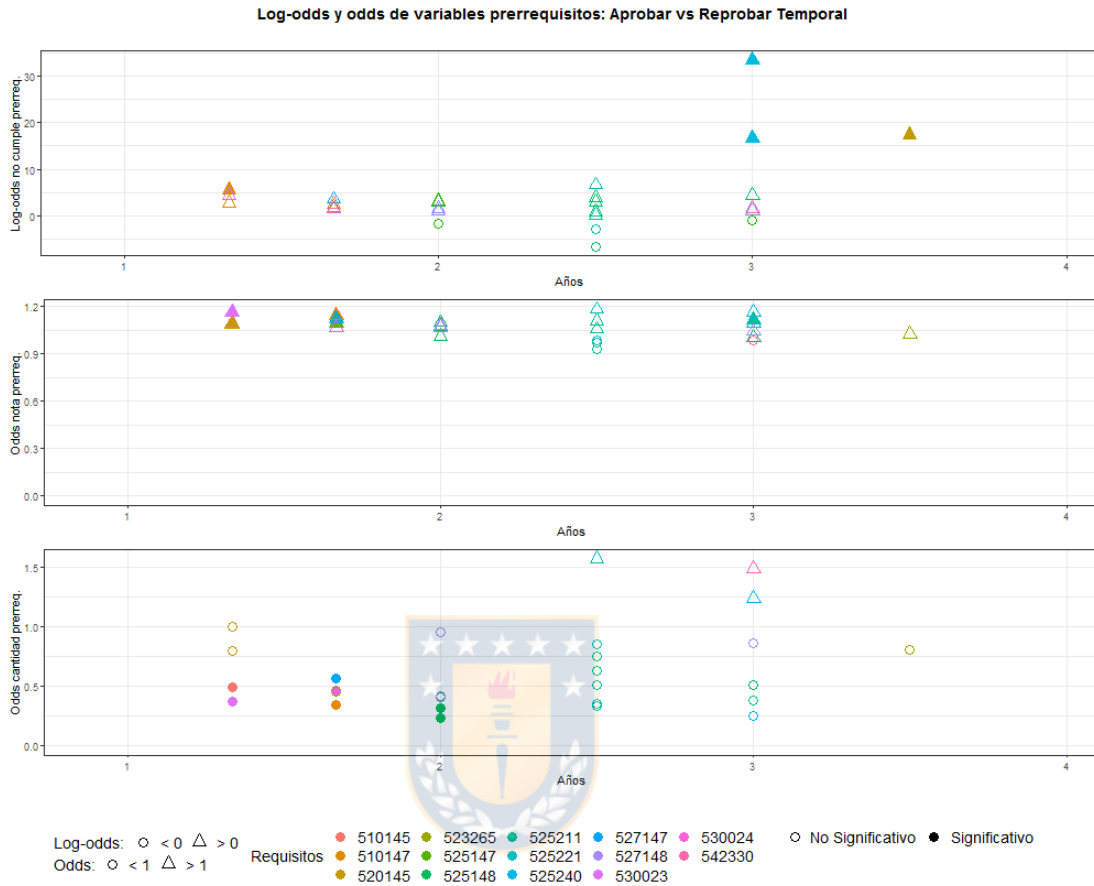


Figura 3.5: Log-odds y odds de las variables predictoras prerequisites para modelos aprobación versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.5, en forma de triángulo se muestran los log-odds positivos y los odds mayores que uno; y en forma de círculo los log-odds negativos e iguales a cero y los odds menores que uno. Además, en una figura rellena se muestran las variables significativas y en una vacía las no significativas. Por otro lado, cada prerequisite tiene un color diferente, las asignaturas mostradas corresponden a Introducción a la Física Universitaria (510145), Física I (510147), Introducción a la Matemática Universitaria (520145), Probabilidades (523265), Álgebra I (525147), Álgebra II (525148), Cálculo III (525211), Ecuaciones Diferenciales I (525221), Análisis Numérico I (525240), Cálculo I (527147), Cálculo II (527148), Introducción a la Química Universitaria (530023), Química I (530024) y Fenómenos de Transporte (542330).

Los gráficos que muestran los odds de los modelos de regresión multinomial re-probar definitivo versus reprobación temporal corresponden a las Figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.

En la Figura 3.6 se observa que los odds de la variable puntaje NEM son en su mayoría menores que uno, por lo que en estos casos manteniendo el resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen debido al aumento en el puntaje NEM. Para los odds de la variable puntaje PSU de lenguaje y comunicación se tiene que la mayoría de estos son mayores que uno, por lo que en estos casos manteniendo el resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva aumentan debido al aumento en el puntaje PSU de lenguaje y comunicación. Por otro lado, notar que estas dos covariables no son significativas en los modelos de reprobación definitiva versus reprobación temporal.

Para los odds de la variable puntaje PSU de matemática se observa que para la mayoría de las asignaturas toman valores menores que uno, por lo que para estos casos manteniendo el resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen debido al aumento en el puntaje PSU de matemáticas. Notar que solo es significativa para la asignatura Optimización I (525351).

En la Figura 3.7 se muestran los odds para la covariable edad ingreso, los cuales en su mayoría son menores que uno por lo que para estos casos manteniendo el resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen debido al aumento en la edad de ingreso. Esta variable es significativa para las asignaturas de primer trimestre Introducción a la Química Universitaria (530023) e Introducción a la Física Universitaria (510145).

Para la variable género femenino, se tiene que los odds mayores que uno indican que para esa asignatura ser del género femenino aumenta en mayor cantidad los odds de reprobación definitiva que para un estudiante del género masculino (categoría base). Para los odds menores que uno se tiene para esas asignaturas que ser del género masculino aumenta en mayor cantidad los odds de reprobación definitiva que ser del género femenino. Notar que esta variable no es significativa para los modelos de reprobación definitiva versus reprobación temporal.

En cuanto a las variables grupo de dependencia, para particular subvencionado se tiene que los odds mayores que uno indican que para esta asignatura haber pertenecido a un establecimiento particular subvencionado aumenta en mayor cantidad los odds de reprobación definitiva que haber pertenecido a un establecimiento municipal (categoría base). Lo mismo sucede para la variable particular pagado. Sin embargo, notar que la variable grupo de dependencia particular subvencionado no es significativa para los modelos de reprobación definitiva versus reprobación temporal por asignatura. Por otro lado, la variable grupo de dependencia particular pagado es significativa para las asignaturas de segundo año Cálculo III (525211), Ecuaciones Diferenciales I (525221) y Análisis Numérico I (525240). En tercer año, esta variable es significativa para Optimización I (525351), Mecánica de Fluidos (542202) e Inferencia Estadística (523266).

En la Figura 3.8 se muestran los log-odds de la variable predictora primer intento, se observa que la mayoría de los log-odds son menores que cero, por lo que manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen cuando se cursa la asignatura por primera vez. Esta variable es significativa en primer año para todas las asignaturas de primer y segundo trimestre, y para Álgebra II (525148) en tercer trimestre. En segundo año para Álgebra III (525201), Lenguaje de Programación (503201), Ecuaciones Diferenciales I (525221), Análisis Numérico I (525240) y Fenómenos de Transporte (542330). En tercer año es significativo para Optimización I (525351). En esta misma figura se muestran los log-odds de la variable segundo intento, se observa que la mayoría de los log-odds son menores que cero, por lo que manteniendo el resto de las variables constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen cuando se cursa la asignatura por segunda vez. Esta variable es significativa en primer año para todas las asignaturas de primer trimestre. En segundo año, para Álgebra III (525201) y Lenguaje de Programación (503201). En tercer año, para Optimización I (525351).

En la Figura 3.9 se muestran por trimestre/semestre y para cada covariable los log-odds de los prerrequisitos de cada asignatura. En esta figura se tiene la variable predictora no cumple prerrequisito, para la cual se graficaron los log-odds y no los odds pues los valores son muy grandes. Los log-odds tienden a tomar valores positivos altos lo que indica que para este tipo de asignaturas, manteniendo el resto de las variables constantes, quienes no cumplan con los prerrequisitos aumentan los odds de reprobación definitiva.

En cuanto a los odds de la variable nota prerrequisito, se tiene que las asignaturas en las que toman valores mayores que uno, manteniendo los valores del resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva aumentan a medida que aumenta la nota obtenida en el prerrequisito. Por otro lado, las asignaturas en las que toman valores menores que uno, manteniendo los valores del resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva disminuyen a medida que aumenta la nota obtenida en el prerrequisito. Las dos variables mencionadas no son significativas para los modelos de reprobación definitiva versus reprobación temporal.

Finalmente, los odds de la variable cantidad prerrequisito en su mayoría toma valores mayores que uno, por lo que manteniendo los valores del resto de las variables del modelo constantes, los odds de reprobación definitiva aumentan a medida que aumenta la cantidad de veces que se cursó el prerrequisito. Esta variable es significativa solo para el modelo de la asignatura Cálculo III (525211) para el prerrequisito Álgebra II (525148).

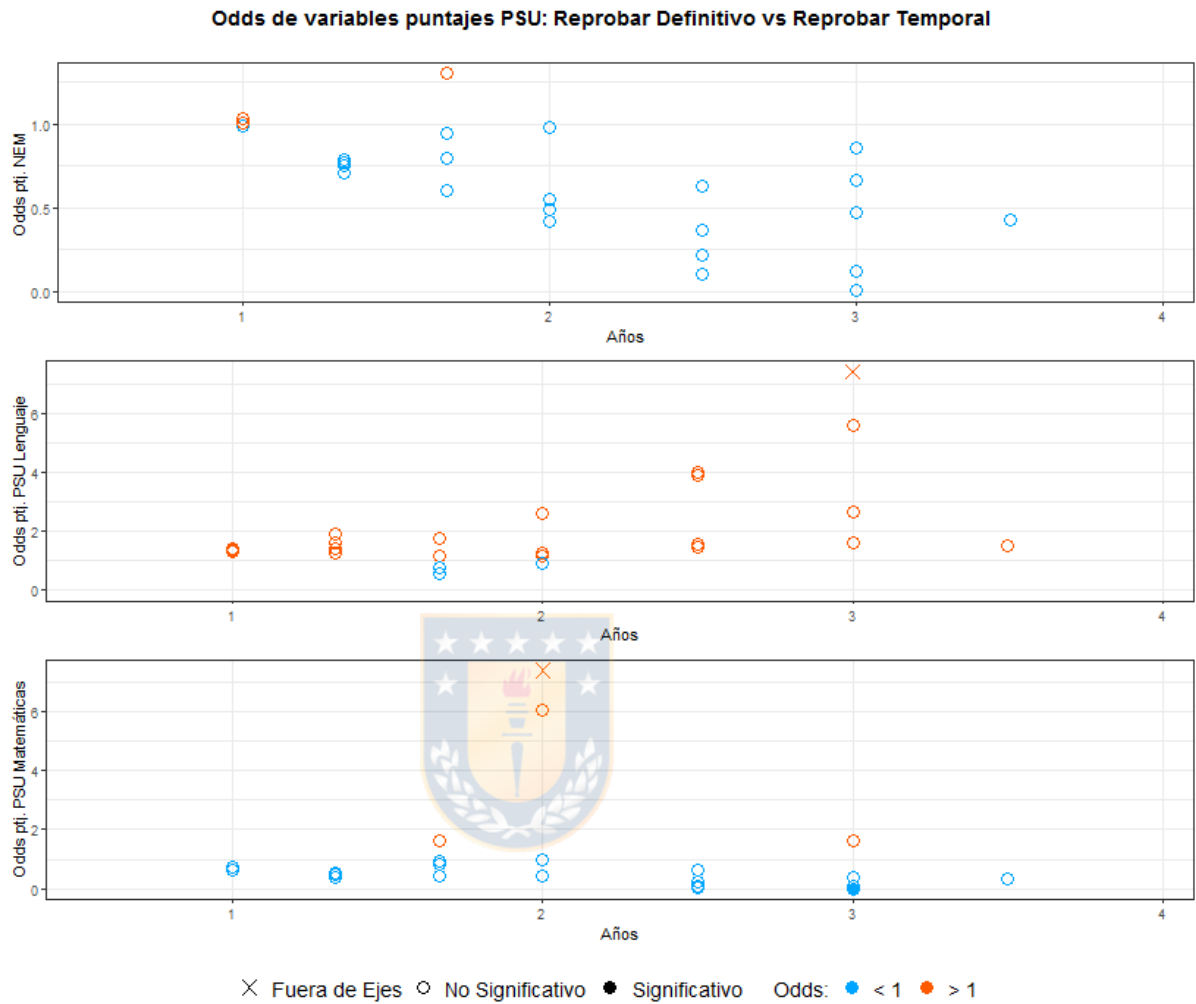


Figura 3.6: Odds de las variables predictoras puntajes PSU y puntaje NEM para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.6, en rojo se muestran los odds mayores que uno y en celeste los menores e iguales a uno. Además, en un círculo relleno se muestran las variables significativas y en un círculo vacío las no significativas. Para la asignatura Optimización I (525351) el log-odd de la variable puntaje PSU de lenguaje y comunicación es 5,233 y es no significativa. Además, para Cálculo III (525211) el log-odd de la variable puntaje PSU de matemáticas es 2,450 y es no significativa. Para las dos asignaturas mencionadas anteriormente los odds excedieron el límite de los gráficos por lo que están simbolizadas con ×.

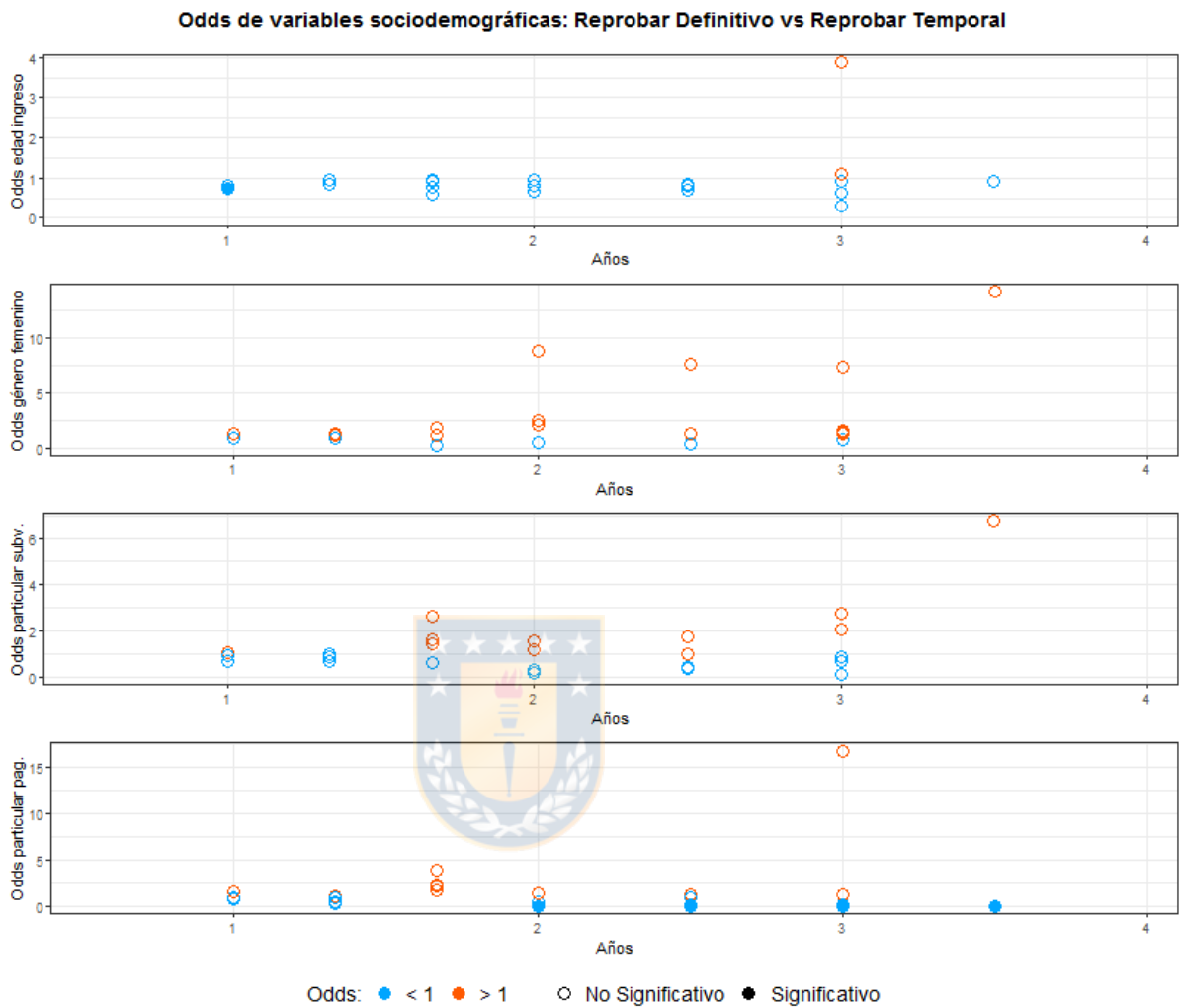


Figura 3.7: Odds de las variables predictoras sociodemográficas para modelos repro- bación definitiva versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.7, en rojo se muestran los odds mayores que uno y en celeste los menores e iguales a uno. Además, en un círculo relleno se muestran las variables significativas y en un círculo vacío las no significativas.

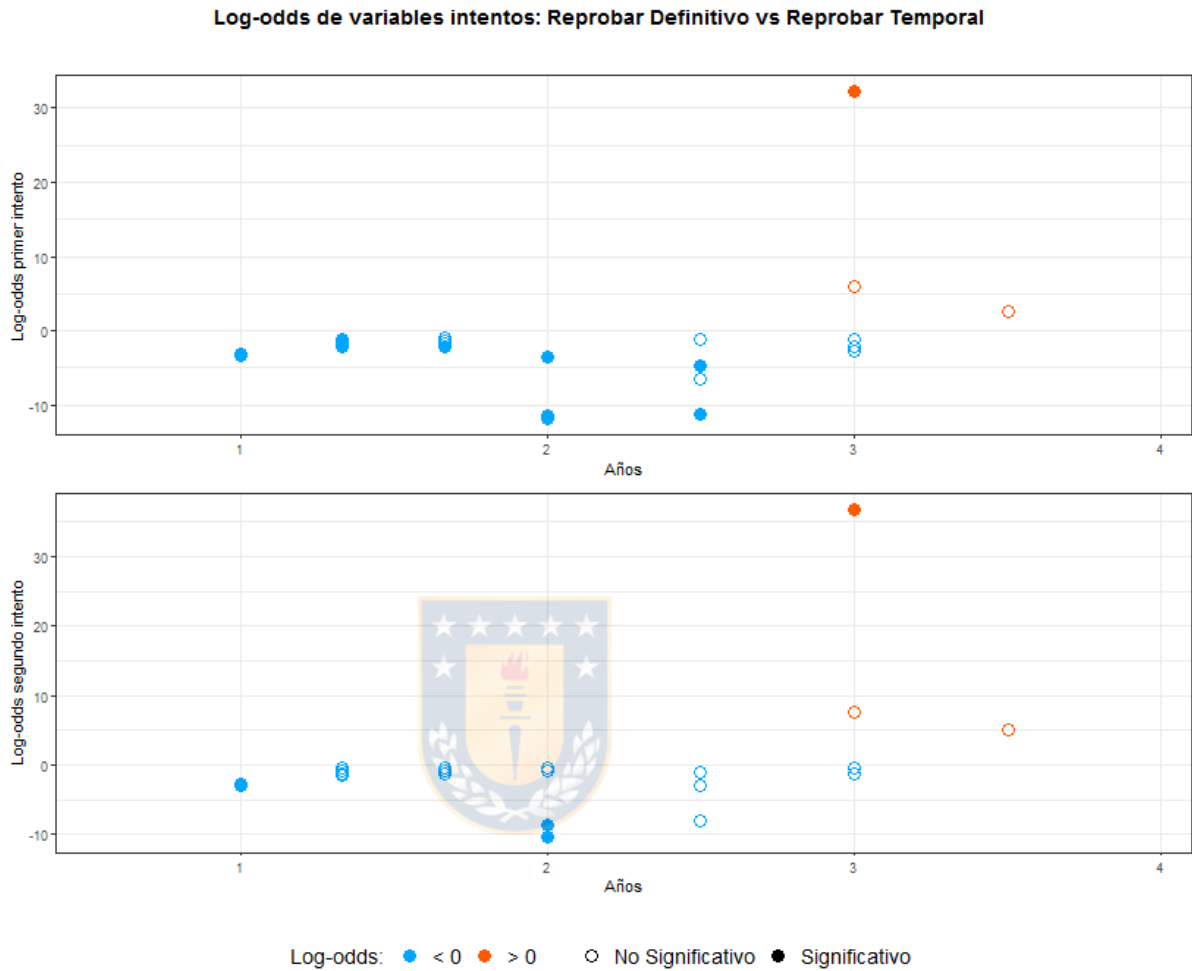


Figura 3.8: Log-odds de las variables predictoras intentos para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.8, en rojo se muestran los log-odds mayores que cero y en celeste los menores e iguales a cero. Además, en un círculo relleno se muestran las variables significativas y en un círculo vacío las no significativas. En este gráfico no se muestran los odds porque algunos valores son muy grandes.

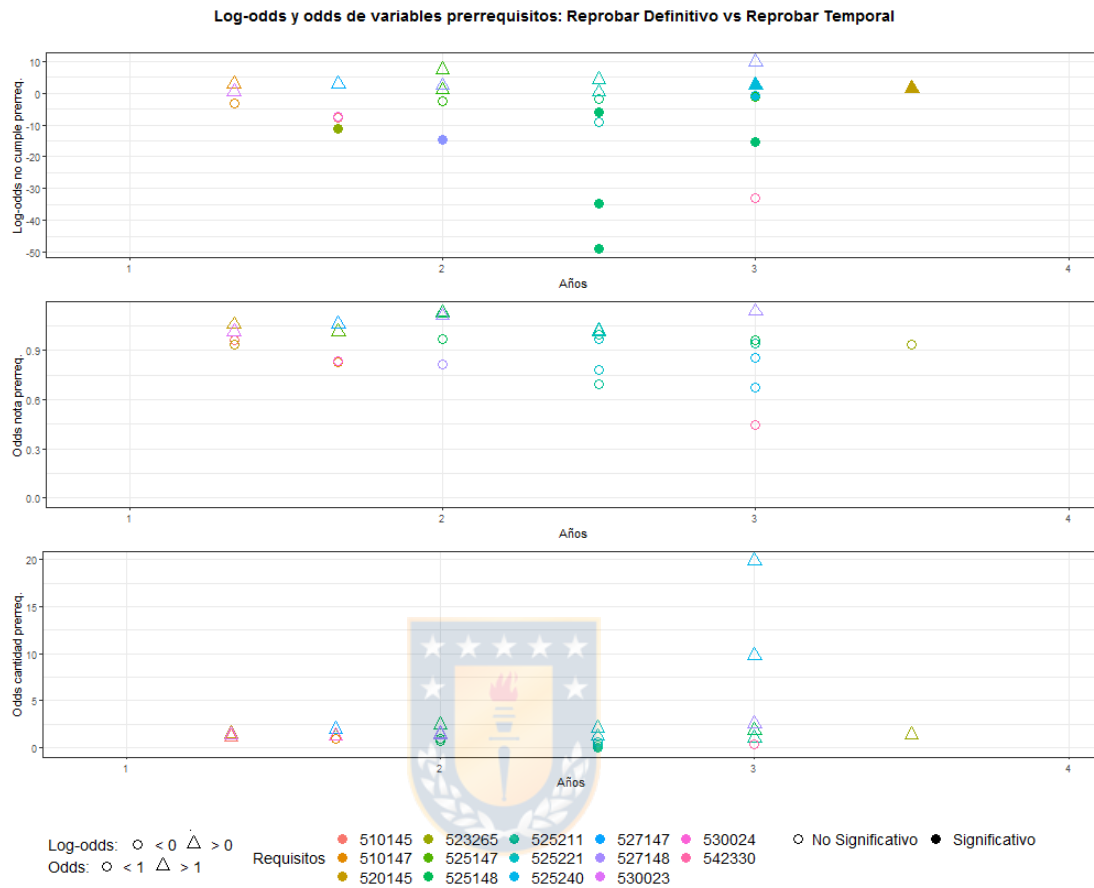


Figura 3.9: Log-odds y odds de las variables predictoras prerequisites para modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal.

Para la Figura 3.9, en forma de triángulo se muestran los log-odds positivos y los odds mayores que uno; y en forma de círculo los log-odds negativos e iguales a cero y los odds menores que uno. Además, en una figura rellena se muestran las variables significativas y en una vacía las no significativas. Por otro lado, cada prerequisite tiene un color diferente, las asignaturas mostradas corresponden a Introducción a la Física Universitaria (510145), Física I (510147), Introducción a la Matemática Universitaria (520145), Probabilidades (523265), Álgebra I (525147), Álgebra II (525148), Cálculo III (525211), Ecuaciones Diferenciales I (525221), Análisis Numérico I (525240), Cálculo I (527147), Cálculo II (527148), Introducción a la Química Universitaria (530023), Química I (530024) y Fenómenos de Transporte (542330).

Resumiendo por variable predictora se tiene que, la variable puntaje NEM es significativa para los modelos aprobación versus reprobación temporal y el aumento del puntaje NEM aumenta los odds de aprobar principalmente en asignaturas de primer año. Con respecto a la variable puntaje PSU de matemáticas es significativa para los modelos aprobación versus reprobación temporal y el aumento del puntaje PSU de matemáticas aumenta los odds de aprobar en las asignaturas de primer trimestre en primer año.

En cuanto a la variable edad ingreso, esta es significativa para los modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal y a mayor edad de ingreso a la universidad menores son los odds de reprobación definitiva en primer trimestre de primer año. La variable grupo dependencia particular pagado es significativa en algunas asignaturas para los modelos reprobación definitiva versus reprobación temporal en las cuales haber pertenecido a un establecimiento particular pagado reduce los odds de reprobación definitiva.

En relación a las variables primer intento y segundo intento son significativas en algunas asignaturas para los modelos aprobación versus reprobación temporal en los cuales estar cursando la asignatura por primera vez o por segunda vez disminuye los odds de aprobar. En cuanto a los modelos reprobación temporal versus reprobación definitiva estas variables son significativas para algunas asignaturas y estar cursando la asignatura por primera vez o por segunda vez disminuye los odds de reprobación definitiva.

Con respecto a la variable no cumple prerequisite es significativa en la mayoría de las asignaturas para los modelos aprobación versus reprobación temporal en los cuales no cumplir con el prerequisite aumenta los odds de aprobar. Por otro lado, para los modelos reprobación temporal versus reprobación definitiva, dicha variable es significativa en algunas asignaturas en las cuales no cumplir con el prerequisite aumenta los odds de reprobación definitiva. La variable nota prerequisite es significativa en algunas asignaturas para los modelos aprobación versus reprobación temporal en los cuales el aumento de la nota obtenida en el prerequisite aumenta los odds de aprobar. En cuanto a la variable cantidad prerequisite es significativa en asignaturas de primer año y primer semestre de segundo año para los modelos aprobación versus reprobación temporal, en la mayoría de estas materias el aumento de la cantidad de veces que se cursó el prerequisite disminuye los odds de aprobar. Por otro lado, para los modelos reprobación temporal versus reprobación definitiva, dicha variable es significativa en una materia de segundo año segundo semestre, en la cual el aumento de la cantidad de veces que se cursó el prerequisite disminuye los odds de reprobación definitiva.

Finalmente, las variables puntaje PSU de lenguaje y comunicación, género y grupo dependencia particular subvencionado no son significativas para los modelos de predicción del estado final del alumno, es decir, no permiten predecir la aprobación o reprobación de un estudiante.

Análisis de componentes principales de los coeficientes de los modelos de regresión

Se realizó ACP a los coeficientes de las covariables puntajes PSU, sociodemográficos e intentos de los modelos de regresión multinomial significativos para determinar el estado final de un estudiante (aprobar, reprobar temporal o reprobar definitivo), con la finalidad de realizar un análisis exploratorio del comportamiento de las asignaturas y de los coeficientes de cada covariable.

Notar que no se utilizaron las mismas covariables para todos los modelos, la variable género no se utilizó para el modelo de la asignatura Ecuaciones Diferenciales II (525222). Por otro lado, la covariable intento dos no se utilizó en los modelos de las asignaturas Cálculo IV (525212) y Análisis Numérico II (525441). Lo anterior genera valores faltantes al momento de realizar ACP. Para poder imputar dichos valores faltantes se utilizó la función *imputePCA*.

Modelos aprobar versus reprobar temporal

En la Figura 3.10 se muestra el gráfico de las dos primeras componentes principales de los coeficientes de los modelos aprobar versus reprobar temporal. En ella se observa que las primeras dos componentes principales explican un 51,6% de la varianza de los coeficientes.

Analizando las variables en el círculo de correlaciones se observa que, las variables que están próximas entre sí en el círculo de correlación están correlacionadas positivamente, como es el caso de

- Grupo de dependencia particular pagado, género femenino y grupo de dependencia particular subvencionado
- Intento uno e intento dos
- Puntaje PSU de matemáticas, puntaje NEM y edad ingreso

Por lo tanto, si el coeficiente de una de las variables es alto (aumentan los odds de aprobar) también lo serán los coeficientes de las variables con las que esta correlacionada positivamente (aumentarán los odds de aprobar). Por otro lado, si el valor del coeficiente de una de las variables es pequeño (aumentan los odds de reprobar temporal) también lo serán los de las variables con las que esta correlacionada positivamente (aumentarán los odds de reprobar temporal).

Las variables correlacionadas negativamente están en lados opuestos del círculo de correlación, como es el caso de

- Edad ingreso con puntaje PSU de lenguaje y comunicación
- Intento uno e intento dos con grupo de dependencia particular pagado y género femenino

Por lo tanto, si el coeficiente de una variable es alto (aumenta los odds de aprobar) las variables con las que esta correlacionada negativamente tendrán coeficientes pequeños (aumentarán los odds de reprobar temporal).

Por otro lado, mientras más alejada estén las variables del origen mejor representadas están en el círculo de correlaciones. De lo anterior se puede concluir que las variables mejores representadas son puntaje NEM, intento uno, intento dos y puntaje PSU de lenguaje y comunicación. Por otro lado, la variable menos representada es género femenino.

Ahora, analizando las asignaturas en el círculo de correlaciones por cuadrantes, observa que en el cuadrante I, se encuentran las asignaturas cuyos coeficientes son altos para grupo de dependencia particular pagado y género femenino; como es el caso de las asignaturas Optimización I (525351), Lenguaje de Programación (503201) y Fenómenos de Transporte (542330). En el cuadrante II, se encuentran las asignaturas con coeficientes altos para puntaje NEM, puntaje PSU de matemáticas y edad ingreso; como es el caso de Introducción a la Química Universitaria (530023), Introducción a la Física Universitaria (510145). En el cuadrante III, se encuentran las asignaturas con coeficientes altos para intento uno e intento dos; como es el caso de Ecuaciones Diferenciales II (525222) y Análisis Numérico II (525441). Finalmente, en el cuadrante IV se encuentran las asignaturas con coeficientes altos para grupo de dependencia particular subvencionado y puntaje PSU de lenguaje y comunicación; como es el caso de Análisis Real I (525301) y Cálculo IV (525212).

En el extremo del cuadrante I, se encuentra la asignatura Inferencia Estadística (523266) la cual esta alejada de la nube de puntos, esto se debe a que sus coeficientes de grupo dependencia particular pagado (2,106), particular subvencionado (1,070) y género femenino (1,273) poseen los valores más altos de los coeficientes en estas variables de todas las asignaturas. Además, para esta asignatura los coeficientes de intento uno (-12,420) e intento dos (-9,951) son los más pequeños de entre todas las asignaturas. En el mismo cuadrante, se encuentra la asignatura Álgebra III (525201), la cual también se encuentra alejada de la nube de puntos, para esta asignatura los coeficientes de las variables intento uno (-12,027) e intento dos (-8,669) son muy pequeños. Además, sus coeficientes de puntaje PSU de matemáticas (1,995) es alto al igual que el coeficiente del puntaje NEM (1,078). Por último, en el extremo del cuadrante II, se encuentra Introducción a la Matemática Universitaria (520145), esto se debe a que los coeficientes de puntaje PSU de matemáticas (2,000), puntaje NEM (1,189) y edad ingreso (0,109) son los más altos de los coeficientes en estas variables de todas las asignaturas.

Modelos reprobar definitivo versus reprobar temporal

En la Figura 3.11 se muestra el gráfico de las dos primeras componentes principales de los coeficientes de los modelos reprobar definitivo versus reprobar temporal. En ella se observa que las primeras dos componentes principales explican un 74,4 % de la varianza de los coeficientes.

Analizando las variables en el círculo de correlaciones se observa que, las variables

que están próximas entre sí en el círculo de correlaciones, y por ende positivamente correlacionadas son

- Género femenino, intento uno e intento dos
- Intento uno, intento dos y puntaje PSU de lenguaje y comunicación
- Grupo de dependencia particular pagado y particular subvencionado
- Grupo de dependencia particular subvencionado, puntaje NEM y puntaje PSU de matemáticas

Por lo tanto, si el coeficiente de una de las variables es alto (aumentan los odds de reprobación definitiva) también lo serán los coeficientes de las variables con las que esta correlacionada positivamente (aumentarán los odds de reprobación definitiva). Por otro lado, si el valor del coeficiente de una de las variables es pequeño (aumentan los odds de reprobación temporal) también lo serán los de las variables con las que esta correlacionada positivamente (aumentarán los odds de reprobación temporal).

Las variables correlacionadas negativamente están en lados opuestos del círculo de correlación, como es el caso de

- Género femenino con grupo de dependencia particular pagado
- Intento uno y dos con grupo de dependencia particular subvencionado
- Puntaje PSU de lenguaje y comunicación con puntaje PSU de matemáticas y puntaje NEM

Por lo tanto, si el coeficiente de una variable es alto (aumenta los odds de reprobación definitiva) las variables con las que esta correlacionada negativamente tendrán coeficientes pequeños (aumentarán los odds de reprobación temporal).

Por otro lado, mientras más alejada estén las variables del origen mejor representadas están en el círculo de correlaciones. De lo anterior, se puede concluir que todas las variables están bien representadas con la excepción de género femenino y grupo de dependencia particular subvencionado.

En la figura se observa que la mayoría de las asignaturas se encuentran inclinadas hacia las variables puntaje PSU de matemáticas, puntaje NEM y grupos de dependencia. Se observa que la asignatura Optimización I (525351), esta alejada de la nube de puntos, esto se debe a que los coeficientes de las variables puntaje PSU de lenguaje y comunicación (5,233), intento uno (32,191) e intento dos (36,735) poseen los valores más altos de los coeficientes en estas variables de todas las asignaturas. La asignatura Mecánica de Fluidos (542202), también esta alejada de la nube de puntos, para esta asignatura se tiene que el coeficiente de la variable edad ingreso (1,357) es el más alto de entre todas las asignaturas. Además, los coeficientes de las

variables intento uno (5,972) e intento dos (7,588) son los segundos más altos después de Optimización I.

En resumen, se observa que los coeficientes de los conjuntos de variables intento uno e intento dos, grupo de dependencia particular pagado y particular subvencionado, y puntaje NEM y puntaje PSU de matemáticas están correlacionados positivamente tanto para los modelos de aprobación versus reprobación como para los de reprobación temporal versus reprobación definitiva.

Por otro lado, se puede notar en los modelos de aprobación versus reprobación temporal que las asignaturas con altos coeficientes para las variables puntaje PSU de matemáticas, puntaje NEM y edad ingreso son en su mayoría materias de primer año. Para los modelos de reprobación temporal versus reprobación definitiva se observa que las asignaturas se encuentran más cercanas al centro del círculo por lo que para dichas materias los coeficientes de las variables utilizadas no toman valores altos. Esto nos indica que para los modelos de aprobación versus reprobación temporal existen covariables que aumentan los odds de aprobar para algunas asignaturas, en cambio para los modelos de reprobación temporal versus reprobación definitiva en general las covariables aumentan los odds de reprobación temporal, a excepción de las asignaturas Optimización I (525351) y Mecánica de Fluidos (542202) que se encuentran en los extremos.



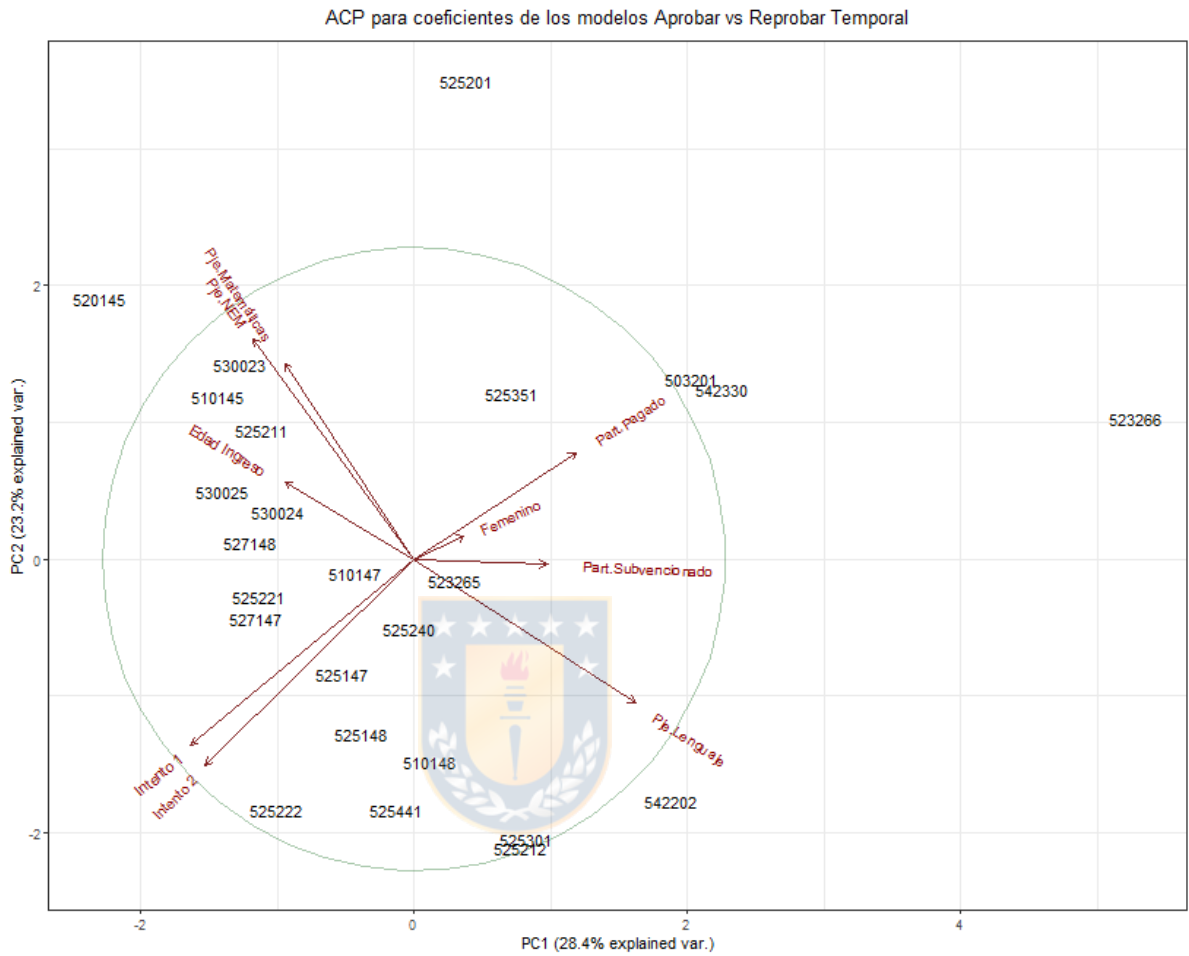


Figura 3.10: Dos primeras componentes principales de los coeficientes del modelo de regresión aprobar versus reprobar temporal

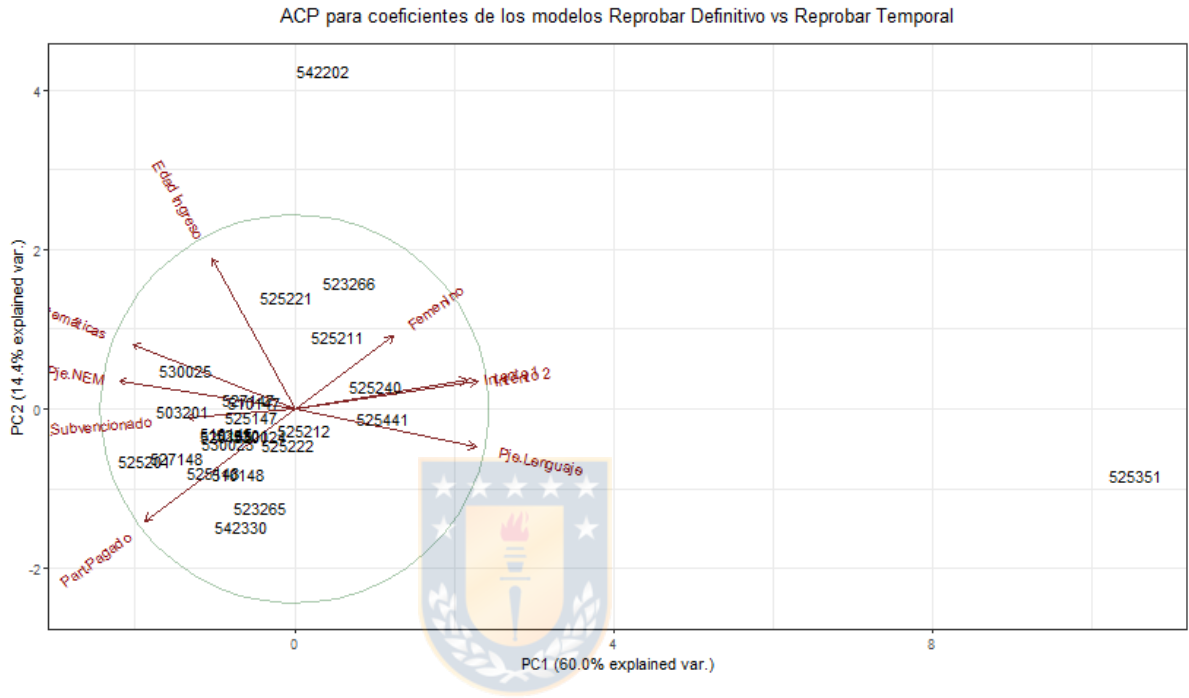


Figura 3.11: Dos primeras componentes principales de los coeficientes del modelo de regresión reprobar definitivo versus reprobar temporal

3.2.2. Modelos de predicción de notas

Para poder realizar simulaciones con los modelos generados en la subsección anterior es necesario complementar la información del alumno con las notas de aprobación para cada asignatura, esto se realizó con bosques aleatorios, donde se obtuvieron modelos para 24 asignaturas, las cuales son prerrequisito de otra asignatura. La media del error cuadrático medio *out-of-bag* (MECM) de los modelos de bosques aleatorios para cada asignatura se muestra en la Tabla 3.2. Para los modelos de predicción de nota la media de las MECM es 52,677 (DE = 22,105). Para las asignaturas de primer año, la media de MECM es 44,994 (DE = 13,688), para segundo año es 52,439 (DE = 16,758) y para tercer año es 65,655 (DE = 32,198). Además, los modelos muestran que el menor valor se registró para la asignatura Mecánica de Materiales (548305) con MECM 23,369 y el mayor valor se produjo para Optimización I (525351) con 126,404.

Año	Asignatura	Código	MECM
Primer Año	IMU	520145	32.688
	IQU	530023	29.380
	IFU	510145	37.708
	A I	525147	47.880
	C I	527147	52.790
	Q I	530024	28.549
	F I	510147	48.869
	A II	525148	72.314
	C II	527148	43.195
	F II	510148	56.564
Segundo Año	A III	525201	45.503
	C III	525211	40.754
	ED I	525221	48.389
	AN I	525240	59.719
	ED II	525222	82.845
	FT	542330	37.422
Tercer Año	AR I	525301	58.081
	O I	525351	126.404
	MF	542202	65.305
	Prob.	523265	41.424
	AR II	525302	73.792
	MM	548305	23.369
Cuarto Año	IE	523266	71.210
	Econo.	546370	40.102

Tabla 3.2: Media del error cuadrático medio de los modelos para predicción de nota

3.2.3. Evaluación del ajuste de los modelos

Se utilizaron dos estrategias de ajuste de los modelos, la primera estrategia utiliza la información de estudiantes titulados, esta consiste en comparar los tiempos esperados de aprobación con los tiempos reales que tardaron dichos estudiantes en cada asignatura. Además, se compararon los tiempos esperados de aprobación desde segundo año, asumiendo que se conoce la información de primer año (tiempos de aprobación y notas de aprobación) con los tiempos reales de aprobación. También, se compararon los tiempos esperados de aprobación desde tercer año, asumiendo que se conoce la información hasta segundo año (tiempos de aprobación y notas de aprobación) con los tiempos reales de aprobación. Por otro lado, también se compararon los tiempos esperados de aprobación obtenidos de tablas de vida con los tiempos reales.

La segunda estrategia de ajuste se realizó utilizando la información de todos los estudiantes que se utilizaron para crear los modelos, esta consiste en comparar los tiempos esperados de aprobación con los tiempos reales que tardaron los estudiantes en cada asignatura.

Utilizando datos de estudiantes titulados

Con los modelos obtenidos en la sección 3.2 se realizaron simulaciones con datos de estudiantes titulados, esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos desde los modelos con la información real. Se cuenta con la información de 14 titulados, que ingresaron a la carrera desde el 2010 en adelante y que se titularon antes de septiembre de 2020. De estos 14 estudiantes solo fueron considerados 13, pues uno de ellos no contaba con todas las asignaturas aprobadas exigidas por malla curricular. De los 13 titulados se tiene que 2 (15,4%) son de género femenino y 11 (84,6%) de género masculino. Además, 3 (23,1%) provenían de un establecimiento municipal, 8 (61,5%) de un establecimiento particular subvencionado y 2 (15,4%) de uno particular pagado. La edad de ingreso a la carrera va desde los 17 a los 18 años, ingresando 3 (23,1%) personas con 17 años y 10 (76,9%) personas con 18 años. Los cohortes de los titulados van desde 2010 a 2014, siendo 3 (23,1%) personas cohorte 2010, 6 (46,1%) personas cohorte 2011, 1 (7,7%) persona cohorte 2012, 2 (15,4%) personas cohorte 2013 y 1 (7,7%) personas cohorte 2014. Con respecto a los puntajes PSU, para el puntaje NEM se tiene que el puntaje mínimo de ingreso entre los titulados es 496 puntos, el puntaje máximo es 809 puntos, la media es 712 puntos y la desviación estándar es 87 puntos. Para el puntaje PSU de lenguaje y comunicación el puntaje mínimo de ingreso entre los titulados es 508 puntos, el máximo es 818 puntos, la media es 627 puntos y la desviación estándar es 87 puntos. Finalmente, para el puntaje PSU de matemáticas el mínimo de ingreso entre los titulados es 597 puntos, el máximo es 834 puntos, la media es 715 puntos y la desviación estándar es 72 puntos.

Se realizaron cuatro tipos de simulaciones diferentes para los 13 titulados. Las

primeras dos simulaciones se realizaron utilizando los modelos de regresión multinomial generados en la sección 3.2 y las predicciones calculadas según tablas de vida. Los errores cuadráticos medio (ECM) para ambas simulaciones se muestran en la Figura 3.12, la información de la media de los ECM se encuentra detallada en Tabla 3.3 en las columnas tabla de vida y regresiones.

En la Figura 3.12 se observa que las asignaturas con mayor ECM se encuentran en tercer año y cuarto año, tanto para las predicciones con modelos de regresión como para las predicciones con tablas de vida. Recordar que para la predicción en asignaturas de cuarto año se utilizó solo información de tablas de vida, pues los modelos de regresión no eran significativos. Por otro lado, las predicciones con menor ECM para los modelos de regresión se encuentran en primer año y para las predicciones con tablas de vida se encuentran en segundo año.

Más específicamente, para las predicciones con tablas de vida, las asignaturas con mayor ECM son Mecánica de Fluidos (542202) con 0,216, Análisis Real I (525301) con 0,141 y Álgebra IV (525412) con 0,106. Las con menor ECM son Taller II (525490) con 0, Taller I (525291) con 0,0002 y Optimización II (525352) con 0,002. La media del ECM para las predicciones con tablas de vida es 0,0478 (DE = 0,0410). La media del ECM para primer año es 0,0465 (DE = 0,020), para segundo año la media del ECM es 0,0447 (DE = 0,0190) y para tercer año la media es 0,0680 (DE = 0,0669). La media del ECM para cuarto año es 0,0284 (DE = 0,0351), esto es para el ECM de cuarto año de los cuatro tipos de simulaciones que se muestran en Figura 3.12 y Figura 3.13.

Para las predicciones realizadas con modelos de regresión multinomial, las asignaturas con mayor ECM son Mecánica de Fluidos (542202) con 0,135, Álgebra IV (525412) con 0,106 y Análisis Real I (525301) con 0,103; las con menor ECM son Taller II (525490) con 0,000, Taller I (525291) con 0,0002 y Optimización II (525352) con 0,002 (las mismas mencionadas para tablas de vida). La media del ECM de las predicciones con modelos de regresión multinomial es 0,0358 (DE = 0,0312). La media del ECM para primer año es 0,0213 (DE = 0,0148), la media del ECM para segundo año es 0,0419 (DE = 0,0203), para tercer año la media es 0,0517 (DE = 0,0433).

Por otro lado, se realizaron simulaciones utilizando los modelos de regresión conociendo el rendimiento de los estudiantes hasta primer año y hasta segundo año, es decir, conociendo el tiempo que tardaron en aprobar cada asignatura y la nota que obtuvieron. Ambos casos se muestran en la Figura 3.13, la información de la media de los ECM se encuentra detallada en Tabla 3.3 en las columnas regresiones 1^{er} y regresiones 2^{do}.

En Figura 3.13 en el gráfico Error cuadrático medio: Predicción conociendo rendimiento del 1er año por asignatura, se utilizó la información de los titulados de su primer año para predecir el tiempo esperado de aprobación en los siguientes tres años. Nuevamente se observa que las asignaturas con mayor ECM son Mecánica de Fluidos (542202) con 0,134, Álgebra IV (525412) con 0,106 y Análisis Real I (525301)

con 0,101. Las asignaturas con menor ECM son las mismas mencionadas anteriormente para los modelos de regresión sin conocer información previa. La media del ECM desde segundo año hasta cuarto año es 0,0385 (DE = 0,0341), la media del ECM para segundo año es 0,0360 (DE = 0,0213), para el tercer año la media es 0,0492 (DE = 0,0432).

En la misma figura se observa el gráfico Error cuadrático medio: Predicción conociendo rendimiento hasta el 2do año por asignatura, para esto solo varió la predicción del tercer año. Nuevamente se observa que las asignaturas con mayor ECM son Mecánica de Fluidos (542202) con 0,124, Álgebra IV (525412) con 0,106 y Análisis Real I (525301) con 0,104. La media del ECM desde tercer año hasta cuarto año es 0,0394 (DE = 0,0381), la media del ECM para tercer año es 0,0482 (DE = 0,04).

En conclusión, las simulaciones de primero a cuarto año con menor ECM son las realizadas con los modelos de regresión multinomial. En cuanto a los modelos de regresión conociendo información previa, se observa que el ECM de las simulaciones para segundo y tercer año disminuye si se conocen los tiempos y las notas reales de aprobación en primer año; lo mismo para las simulaciones de tercer año conociendo información real hasta segundo año. Por otro lado, las predicciones realizadas por tabla de vida, son las que presentan mayor ECM, aunque la diferencia con los modelos de regresión es 0,012.

Año	Método			
	Tabla de vida	Regresiones	Regresiones 1 ^{er}	Regresiones 2 ^{do}
Primer año	0.0465	0.0213	-	-
Segundo año	0.0447	0.0419	0.0360	-
Tercer año	0.0680	0.0517	0.0492	0.0482
Cuarto año	0.0284	0.0284	0.0284	0.0284
Media total	0.0478	0.0358	0.0385	0.0394

Tabla 3.3: Media del error cuadrático medio de simulaciones para titulados con distintos métodos

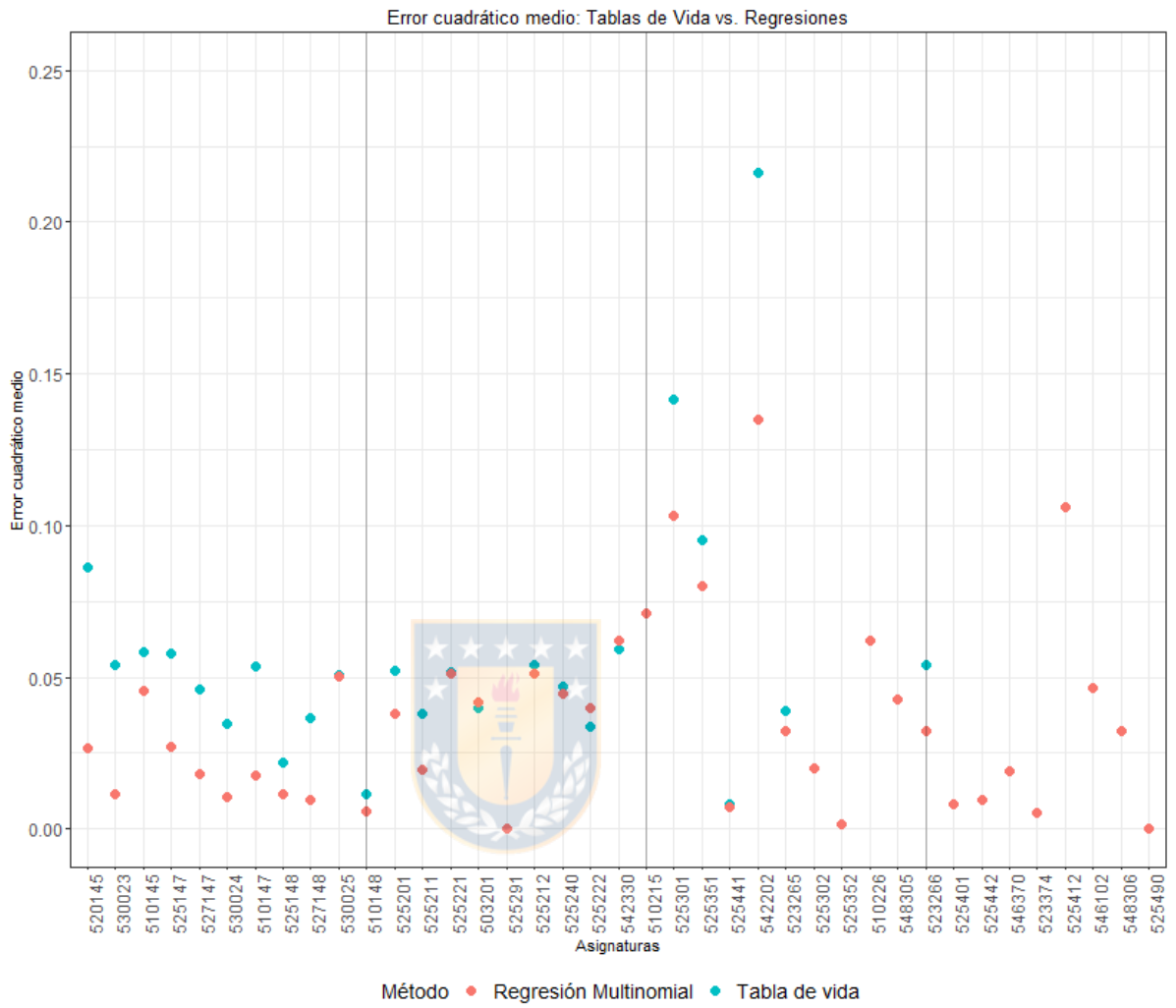


Figura 3.12: Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión y predicciones con tablas de vida para titulados

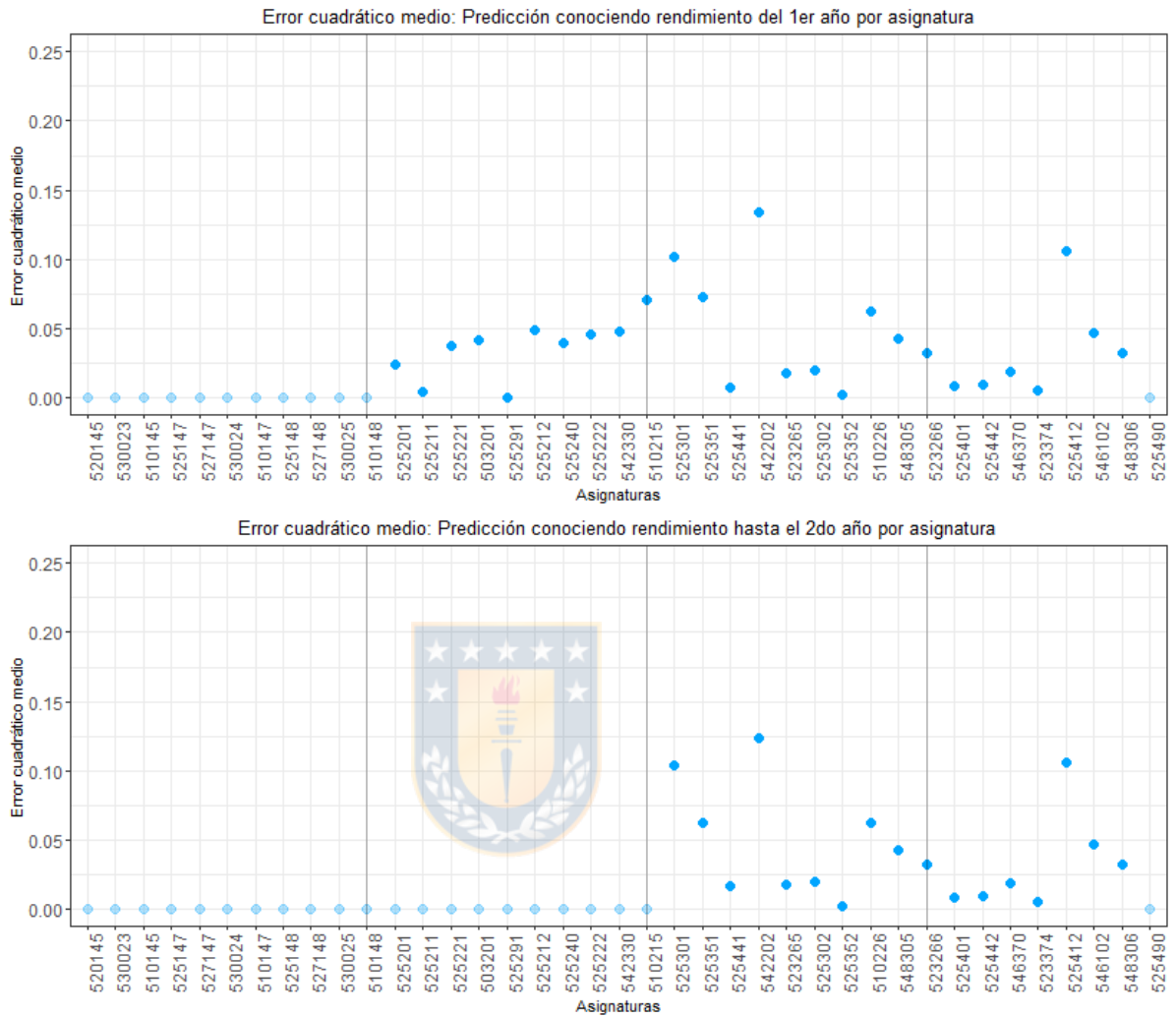


Figura 3.13: Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión conociendo rendimiento de primer año y conociendo rendimiento hasta segundo año para titulados

Utilizando los datos de todos los estudiantes

En el gráfico 3.14 se muestra el error cuadrático medio de las simulaciones realizadas por tablas de vida y por modelos de regresión multinomial para todos los alumnos de la carrera con los cuales se construyeron los modelos. En la figura se observa que los mayores ECM se encuentran en las predicciones de segundo y tercer año para ambos métodos. Las asignaturas con mayor ECM para las predicciones por tablas de vida son Ecuaciones Diferenciales I (525221) con 0,134, Mecánica de Fluidos (542202) con 0,134 y Análisis Real I (525301) con 0,123. La media del ECM es

0,0671 (DE = 0,036). La media del ECM para primer año es 0,0854 (DE = 0,0221), para segundo año es 0,0639 (DE = 0,0377), para tercer año es 0,0671 (DE = 0,0435) y para cuarto año es 0,046 (DE = 0,0318). Por otro lado, las asignaturas con mayor ECM para las predicciones con modelos de regresión multinomial son Análisis Real I (525301) con 0,126, Mecánica de Fluidos (542202) con 0,117 y Electromagnetismo (510226) con 0,108. La media del ECM es 0,0607 (DE = 0,0313). La media del ECM para primer año es 0,0709 (DE = 0,0168), para segundo año es 0,0583 (DE = 0,031), para tercer año es 0,0634 (DE = 0,0417) y para cuarto año es 0,046 (DE = 0,0318). Notar que la media del ECM para todos los alumnos es mayor que la media del ECM para los titulados.

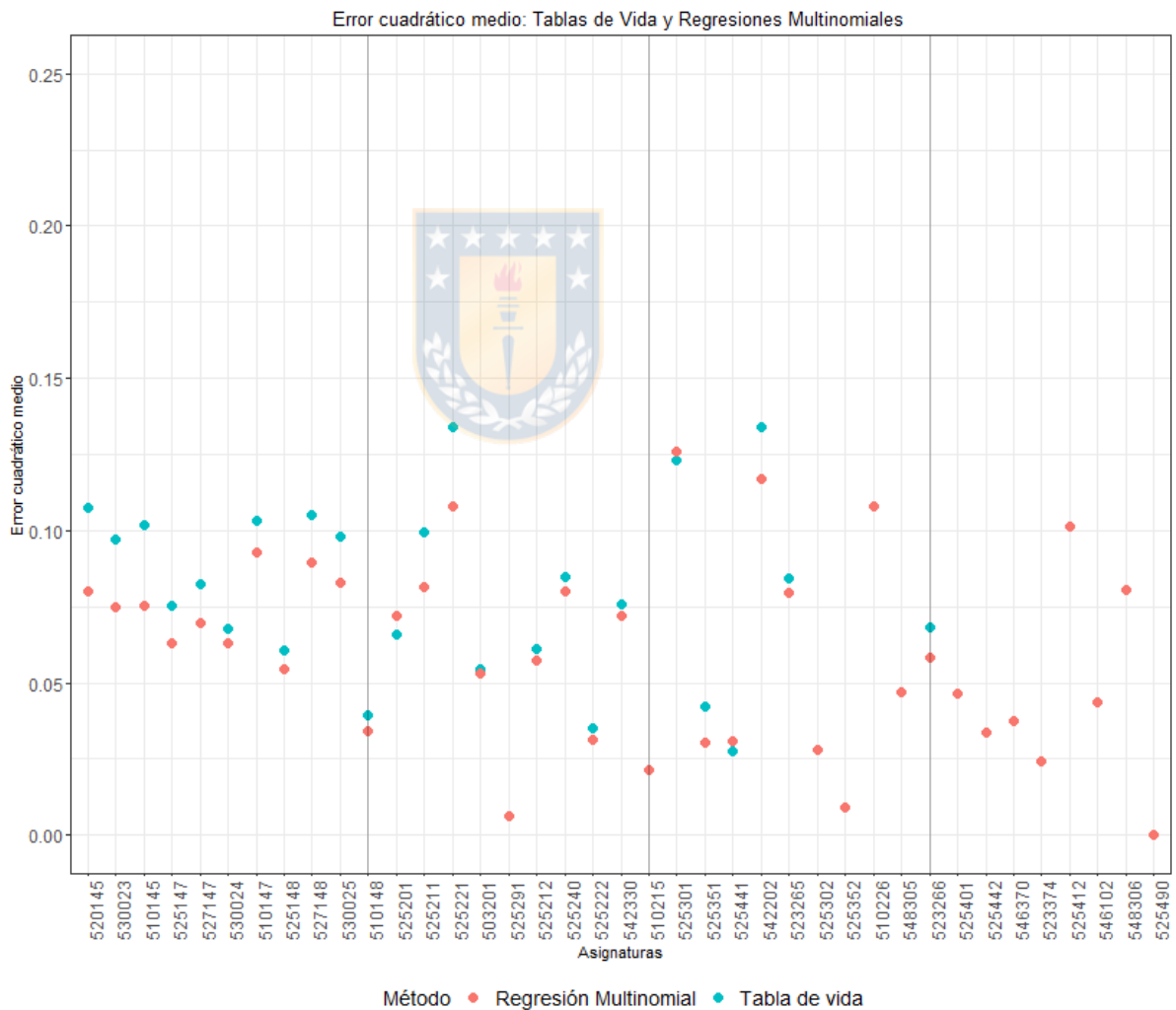


Figura 3.14: Error cuadrático medio de predicciones con modelos de regresión y predicciones con tablas de vida para todos los estudiantes

3.2.4. Simulación del tiempo esperado de aprobación

Simulación del tiempo esperado utilizando información de tablas de vida

Al predecir el tiempo esperado de aprobación por asignatura máximo al tercer intento utilizando tablas de vida, para cualquier estudiante se tendrá la misma predicción la cual se muestra en Tabla 3.4. La media de los tiempos de aprobación según tablas de vida es 0,6191 (DE = 0,0879).



Año	Asignatura	Código	Tiempo esperado (años)
Primer Año	IMU	520145	0.6268
	IQU	530023	0.5734
	IFU	510145	0.5837
	A I	525147	0.5474
	C I	527147	0.5729
	Q I	530024	0.5221
	F I	510147	0.5819
	A II	525148	0.4820
	C II	527148	0.5241
	Q II	530025	0.5288
	F II	510148	0.4174
Segundo Año	A III	525201	0.7281
	C III	525211	0.6953
	ED I	525221	0.7150
	LP	503201	0.6613
	Taller I	525291	0.5156
	C IV	525212	0.6834
	AN I	525240	0.6675
	ED II	525222	0.6078
Tercer Año	FT	542330	0.7406
	Termo.	510215	0.5686
	AR I	525301	0.7801
	O I	525351	0.5943
	AN II	525441	0.5899
	MF	542202	0.7495
	Prob.	523265	0.6968
	AR II	525302	0.5835
	Opt II	525352	0.5405
	Electro.	510226	0.7451
Cuarto Año	MM	548305	0.6771
	IE	523266	0.6833
	AF I	525401	0.5894
	AN III	525442	0.5977
	Econo.	546370	0.5745
	Regresión	523374	0.5725
	A IV	525412	0.7739
	FEP	546102	0.6945
	TC	548306	0.6600
Taller II	525490	0.5000	

Tabla 3.4: Predicciones de tiempo esperado de aprobación máximo al tercer intento con tablas de vida

Simulación del tiempo esperado utilizando modelos de regresión multinomial para predicción del estado final

Se realizaron simulaciones utilizando los modelos de regresión multinomial para predecir el estado final del estudiante para cada asignatura, es decir, las probabilidades de aprobar, reprobado definitivo y reprobado temporal. Las simulaciones se efectuaron para 6 estudiantes con características creadas según los datos de los estudiantes ya existentes. Los tiempos para cada alumno en cada asignatura se encuentran en Anexo C, la información resumida de la media y desviación estándar de los tiempos esperados de aprobación se encuentra en Tabla 3.5.

Las primeras dos simulaciones constan de un estudiante con puntajes NEM y PSU en cuantil 50 %, es decir, puntaje NEM de 618 puntos, puntaje PSU de lenguaje y comunicación de 579 puntos y puntaje PSU de matemáticas de 648 puntos, su edad de ingreso a la universidad es 18 años y proviene de un establecimiento particular subvencionado. Se simuló los tiempos esperados de aprobación para el caso que el estudiante anterior sea de género femenino y para el caso que sea del género masculino, se obtuvieron los resultados mostrados en Anexo C Tabla C.1. Para los resultados en el caso que el estudiante sea de género masculino, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6422 años ($DE = 0,1169$ años). Para los resultados en caso que la estudiante sea del género femenino, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6280 años ($DE = 0,1182$ años). Podemos notar que, manteniendo el resto de las variables constantes, la media del tiempo esperado es 0,0142 años menor para un estudiante de género femenino que para uno de género masculino.

Las siguientes dos simulaciones constan de un estudiante con puntajes NEM y PSU en cuantil 50 %, es decir, puntaje NEM de 618 puntos, puntaje PSU de lenguaje y comunicación de 579 puntos y puntaje PSU de matemáticas de 648 puntos, su edad de ingreso a la universidad es 18 años y es de género masculino. Se simuló los tiempos esperados de aprobación para el caso que el estudiante anterior provenga de un establecimiento municipal y para el caso que provenga de un establecimiento particular pagado, se obtuvo la Tabla C.2 en Anexo C. Notar que el caso que provenga de un establecimiento particular subvencionado se encuentra en la Tabla C.1. Para los resultados en el caso que el estudiante provenga es un establecimiento municipal, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6451 años ($DE = 0,1189$ años). Para los resultados en caso que la estudiante provenga de un establecimiento particular pagado, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6181 años ($DE = 0,1122$ años). Además, como ya se mencionó en caso que la estudiante provenga de un establecimiento particular subvencionado, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6422 años ($DE = 0,1169$ años). Podemos notar que, manteniendo el resto de las variables constantes, la media del tiempo esperado es 0,0270 años menor para un estudiante proveniente de un establecimiento particular pagado que uno de un establecimiento municipal y 0,0029

años menor para un estudiante proveniente de un establecimiento particular subvencionado que uno de un establecimiento municipal. Además, la media del tiempo esperado es 0,0241 años menor para un estudiante proveniente de un establecimiento particular pagado que uno de un establecimiento particular subvencionado.

Las últimas dos simulaciones constan de un estudiante con edad de ingreso a la universidad de 18 años, género femenino y grupo dependencia particular subvencionado. Se simularon los tiempos esperados de aprobación para el caso que el estudiante anterior posea puntajes NEM y PSU en cuantil 25 % y cuantil 75 %, es decir, para un estudiante con puntaje NEM de 542 puntos, puntaje PSU de lenguaje y comunicación de 529 puntos y puntaje PSU de matemáticas de 609 puntos, y para un estudiante con puntaje NEM de 684 puntos, puntaje PSU de lenguaje y comunicación de 628 puntos y puntaje PSU de matemáticas de 693 puntos. Los resultados obtenidos se encuentran en Anexo C Tabla C.3. Notar que el caso que la estudiante posea puntajes NEM y PSU en cuantil 50 % se encuentra en la Tabla C.1. Para los resultados en el caso que los puntajes del estudiante estén en el cuantil 25 %, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,7032 años (DE = 0,1526 años). Para los resultados en caso que los puntajes del estudiante estén en el cuantil 75 %, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,5653 años (DE = 0,1147 años). Además, como ya se mencionó en caso que los puntajes del estudiante estén en el cuantil 50 %, la media del tiempo esperado para el total de asignaturas es 0,6280 años (DE = 0,1182 años). Podemos notar que, manteniendo el resto de las variables constantes, la media del tiempo esperado es 0,1379 años menor para un estudiante con puntajes NEM y PSU en en cuantil 75 % que para uno con puntajes en cuantil 25 % y 0,0752 años menor para un estudiante con puntajes NEM y PSU en en cuantil 50 % que para uno con puntajes en cuantil 25 %. Además, la media del tiempo esperado es 0,0627 años menor para un estudiante con puntajes NEM y PSU en en cuantil 75 % que para uno con puntajes en cuantil 50 %.

En conclusión, las menores diferencias entre las medias del tiempo esperado de aprobación se producen al mantener todas las variables iguales del estudiante y variar el grupo de dependencia entre particular subvencionado y municipal (0,0029 años). Por otro lado, la mayor diferencia entre las medias del tiempo esperado de aprobación se produce al mantener todas las variables iguales del estudiante y variar los puntajes NEM y PSU entre cuantil 75 % y cuantil 25 % (0,1379 años). Por otra parte, las asignaturas que más se repiten con mayor tiempo esperado de aprobación son Álgebra III (525201) y Optimización I (525351); las que más se repiten con menor tiempo esperado de aprobación son Física II (510148) (asignatura trimestral) y Taller II (525490).

Alumno	Media (años)	DE (años)
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, particular subvencionado, masculino	0.6422	0.1169
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, particular subvencionado, femenino	0.6280	0.1182
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, masculino, municipal	0.6451	0.1189
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, masculino, particular pagado	0.6181	0.1122
18 años, particular subvencionado, femenino, puntajes en cuantil 25 %	0.7032	0.1526
18 años, particular subvencionado, femenino, puntajes en cuantil 75 %	0.5653	0.1147

Tabla 3.5: Resumen de los tiempos de aprobación esperados simulados con distintas características.

3.3. Detección de rutas críticas

Se detectaron las rutas críticas para estudiantes titulados con las simulaciones hechas con modelos de regresión multinomial, modelos de regresión multinomial conociendo el rendimiento de primer año y conociendo el rendimiento hasta segundo año. Estos resultados fueron comparados con sus respectivas rutas crítica reales. Por otra parte, se detectaron las rutas críticas para los 6 perfiles de estudiantes simulados en la sección anterior.

3.3.1. Comparación de rutas críticas en estudiantes titulados

Simulación con tiempo esperado de aprobación obtenido de modelos de regresión multinomial para predicción del estado final

Se detectaron los tiempos reales y los tiempos esperados de aprobación simulados que tardaron los 13 estudiantes titulados en aprobar todos sus ramos hasta cuarto año de carrera. Además, se detectaron las rutas críticas reales y las simuladas utilizando los modelos de regresión para cada uno de los alumnos, los resultados se muestran en la Tabla 3.6.

En Figura 3.15 se comparan los tiempos reales que tardaron los estudiantes titulados en terminar hasta el cuarto año de carrera versus los tiempos simulados por lo modelos de regresión multinomial. En promedio el tiempo real de aprobación de los cuatro años de los alumnos titulados es 4,423 años (DE = 0,406 años), el promedio

de los tiempos simulados mediante modelos de regresión multinomial es 4,445 años (DE = 0,337 años).

Est.	Real		Simulado	
	Tiempo	Ruta crítica	Tiempo	Ruta crítica
1	4.500	525412	4.274	525412
2	4.500	525301→525302 → 525401	4.274	525412
3	4.000	525412	4.274	525412
4	5.000	525412	4.880	520145→525147→525148 →525221→542330→542202 →548306
5	4.500	525412	4.906	520145→525147→525148 →525221→542330→542202 →548306
6	4.000	525412	4.274	525412
7	4.500	546370 → 546102	4.274	525412
8	4.500	546102	4.274	525412
9	4.000	525412	4.274	525412
10	4.000	525412	4.274	525412
11	4.833	527147→527148 →525221→542330 →542202→ 548306	4.274	525412
12	4.000	523266→523374	4.274	525412
13	5.166	525147→525148 →525211→542330 →542202→548306	5.265	520145→527147→527148 →525211→542330→542202 →548306

Tabla 3.6: Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión para titulados

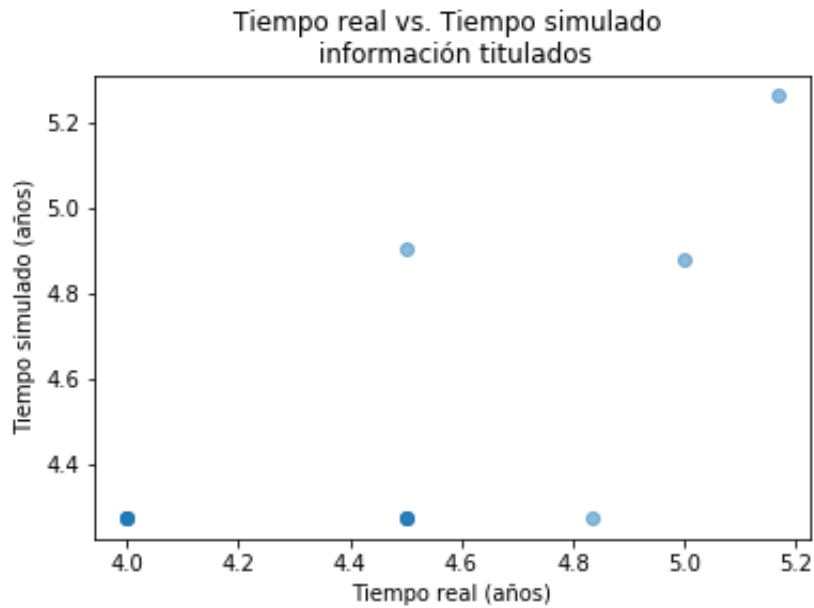


Figura 3.15: Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión para la información de estudiantes titulados

Simulación con tiempo esperado de aprobación obtenido de tablas de vida

Utilizando la información obtenida de las tablas de vida se tiene la misma ruta crítica para todos los titulados, la cual está especificada en la subsección 3.3.2.

En Figura 3.16 se comparan los tiempos reales que tardaron los estudiantes titulados en terminar hasta el cuarto año de carrera versus el tiempo simulado según tablas de vida. En promedio el tiempo real de aprobación de los cuatro años de los alumnos titulados es 4,423 años ($DE = 0,406$ años), el tiempo simulado por tablas de vida es 4,589 años.

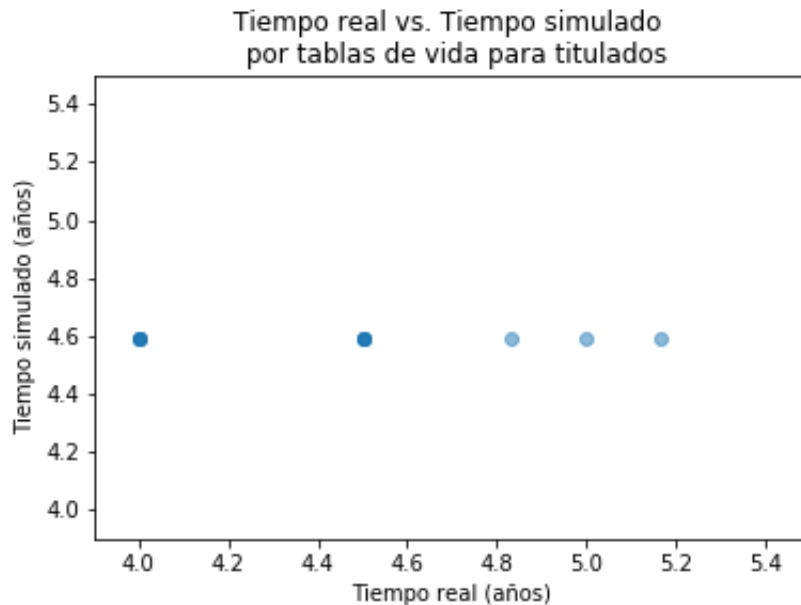


Figura 3.16: Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según tablas de vida para la información de estudiantes titulados

Simulación con tiempo esperado de aprobación obtenido de modelos de regresión multinomial conociendo el rendimiento de primer año

Para los 13 estudiantes titulados se detectaron los tiempos reales y los tiempos esperados de aprobación simulados conociendo el rendimiento de primer año. Además, se detectaron las rutas críticas reales y las simuladas bajo las condiciones mencionadas anteriormente, utilizando los modelos de regresión para cada uno de los alumnos, los resultados se muestran en la Tabla 3.7.

En Figura 3.17 se comparan los tiempos reales que tardaron los estudiantes titulados en terminar hasta el cuarto año de carrera versus los tiempos simulados por lo modelos de regresión conociendo el rendimiento de primer año. En promedio el tiempo real de aprobación de los cuatro años de los alumnos titulados es 4,423 años (DE= 0,406 años), el promedio de los tiempos simulados mediante modelos de regresión multinomial conociendo la información del primer año es 4,317 años (DE = 0,145 años).

Est.	Real		Simulado	
	Tiempo	Ruta crítica	Tiempo	Ruta crítica
1	4.500	525412	4.274	525412
2	4.500	525301→525302 → 525401	4.274	525412
3	4.000	525412	4.274	525412
4	5.000	525412	4.307	523265→523266→523374
5	4.500	525412	4.274	525412
6	4.000	525412	4.274	525412
7	4.500	546370 → 546102	4.274	525412
8	4.500	546102	4.274	525412
9	4.000	525412	4.274	525412
10	4.000	525412	4.274	525412
11	4.833	527147→527148 →525221→542330 →542202→ 548306	4.274	525412
12	4.000	523266→523374	4.274	525412
13	5.166	525147→525148 →525211→542330 →542202→548306	4.800	525147→525148 →525211→542330 →542202→548306

Tabla 3.7: Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión conociendo el rendimiento de primer año para titulados

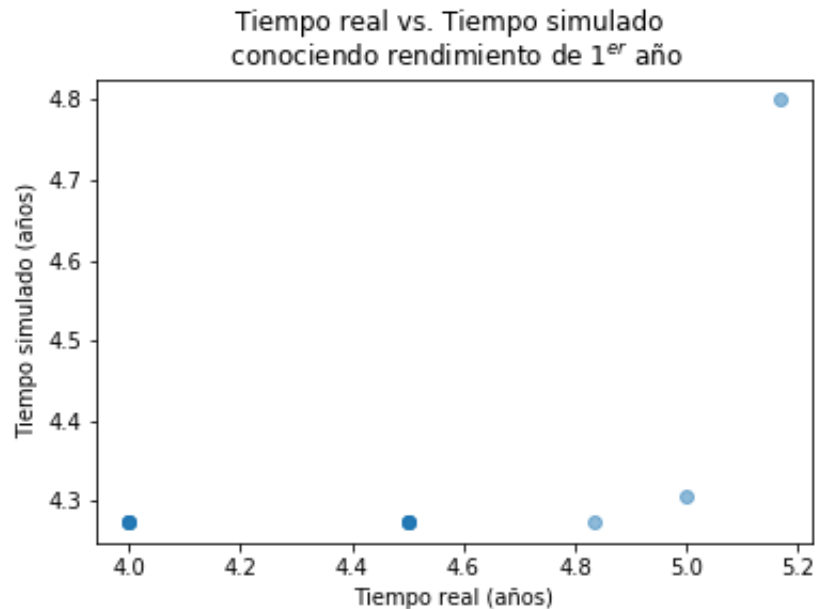


Figura 3.17: Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión conociendo el rendimiento de primer año de estudiantes titulados

Simulación con tiempo esperado de aprobación obtenido de modelos de regresión multinomial conociendo el rendimiento hasta segundo año

Para los 13 estudiantes titulados se detectaron los tiempos reales y los tiempos esperados de aprobación simulados conociendo el rendimiento hasta segundo año. Además, se detectaron las rutas críticas reales y las simuladas bajo las condiciones mencionadas anteriormente, utilizando los modelos de regresión para cada uno de los alumnos, los resultados se muestran en la Tabla 3.8.

En Figura 3.18 se comparan los tiempos reales que tardaron los estudiantes titulados en terminar hasta el cuarto año de carrera versus los tiempos simulados por lo modelos de regresión conociendo el rendimiento hasta segundo año. En promedio el tiempo real de aprobación de los cuatro años de los alumnos titulados es 4,423 años (DE = 0,406 años), el promedio de los tiempos simulados mediante modelos de regresión multinomial conociendo la información hasta segundo año es 4,320 años (DE = 0,126 años).

Est.	Real		Simulado	
	Tiempo	Ruta crítica	Tiempo	Ruta crítica
1	4.500	525412	4.274	525412
2	4.500	525301→525302 → 525401	4.274	525412
3	4.000	525412	4.274	525412
4	5.000	525412	4.307	523265→523266→523374
5	4.500	525412	4.274	525412
6	4.000	525412	4.274	525412
7	4.500	546370 → 546102	4.274	525412
8	4.500	546102	4.274	525412
9	4.000	525412	4.274	525412
10	4.000	525412	4.274	525412
11	4.833	527147→527148 →525221→542330 →542202→ 548306	4.724	527147→527148 →525221→542330 →542202→ 548306
12	4.000	523266→523374	4.274	525412
13	5.166	525147→525148 →525211→542330 →542202→548306	4.387	525147→525148 →525211→542330 →542202→548306

Tabla 3.8: Ruta crítica con tiempos reales y tiempos predichos por los modelos de regresión conociendo el rendimiento hasta segundo año para titulados

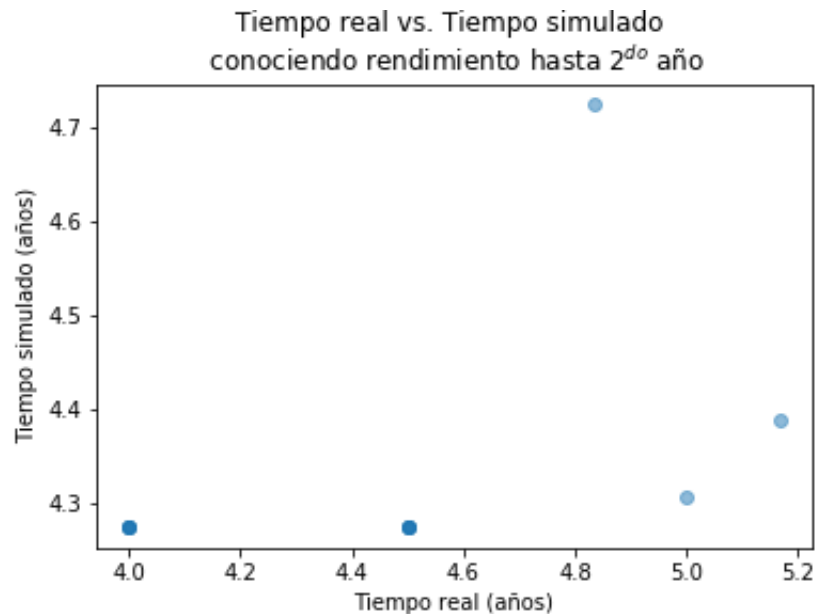


Figura 3.18: Comparación entre tiempo real y tiempo predicho según modelos de regresión conociendo el rendimiento hasta segundo año de estudiantes titulados

3.3.2. Rutas críticas para simulaciones

Simulaciones realizadas utilizando información de tablas de vida

Se detectó la ruta crítica a la simulación utilizando información de tablas de vida, es decir, con los tiempos esperados de aprobación que están en la Tabla 3.4, para estos datos se obtuvo que el tiempo esperado de aprobación de todas las asignaturas obligatorias de primer a cuarto año es de 4,5889 años. Las asignaturas que forman parte de esta ruta, es decir, las asignaturas que provocan que el estudiante se atrase en completar su carrera hasta el cuarto año y sus respectivos tiempos esperados de aprobación son Introducción a la Matemática Universitaria (520145) con 0,6268 años, Cálculo I (527147) con 0,5729 años, Cálculo II (527148) con 0,5241 años, Ecuaciones Diferenciales I (525221) con 0,7150 años, Fenómenos de Transporte (542330) con 0,7406 años, Mecánica de Fluidos (542202) con 0,7495 años y Transferencia de Calor (548306) con 0,6600 años. En la Figura 3.19 se muestra la ruta crítica en la malla curricular.

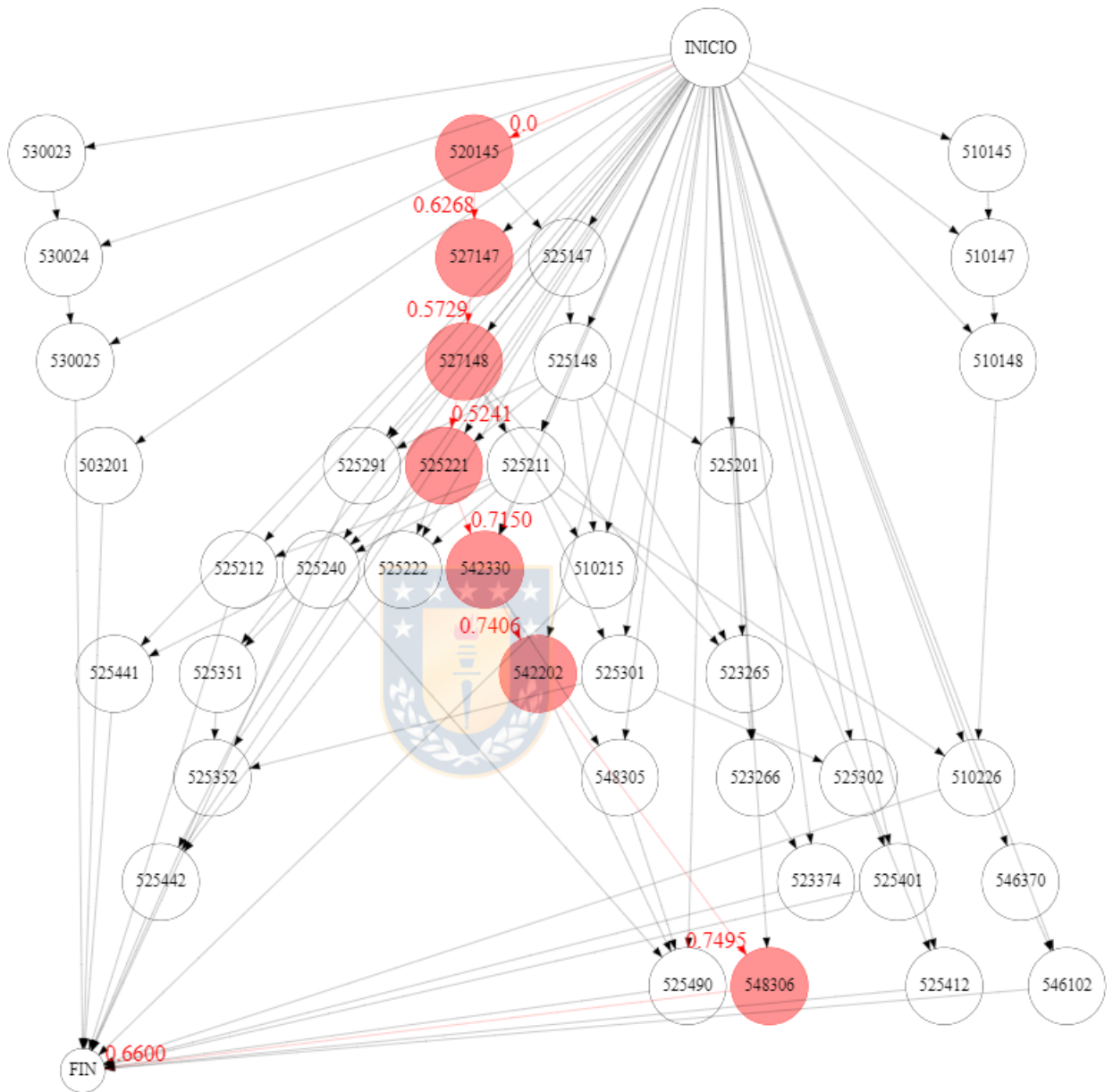


Figura 3.19: Ruta crítica según tablas de vida

Simulaciones realizadas utilizando los modelos de regresión multinomial para predicción del estado final

Se detectó la ruta crítica a las simulaciones realizadas utilizando los modelos de regresión multinomial, con los tiempos esperados de aprobación que se muestran en Anexo C en las tablas C.1, C.2 y C.3.

Para los estudiantes simulados variando el género en Tabla C.1, el tiempo esperado de aprobación de las asignaturas obligatorias hasta el cuarto año de carrera para el estudiante de género masculino es 4,943 años, para la estudiante de género femenino es 4,850 años.

Para los estudiantes simulados variando el grupo de dependencia en Tabla C.2, el tiempo esperado de aprobación de las asignaturas obligatorias hasta el cuarto año de carrera para el estudiante proveniente de un establecimiento municipal es 4,844 años, para el estudiante proveniente de un establecimiento particular pagado es 4,602 años.

Para los estudiante simulados variando los puntajes NEM y PSU en Tabla C.3, el tiempo esperado de aprobación de las asignaturas obligatorias hasta el cuarto año de carrera para el estudiante con puntajes NEM y PSU en cuantil 25 % es 5,641 años, para el estudiante con puntajes NEM y PSU en cuantil 75 % es 4,274 años. Las rutas críticas para cada sujeto se encuentran detalladas en Tabla 3.9.

Alumno	Tiempo (años)	Ruta crítica
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, particular subvencionado, masculino	4.943	520145→527147→527148 →525221→542330→542202 →548306
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, particular subvencionado, femenino	4.85	520145→527147→527148 →525221→525240→525351 →525352
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, masculino, municipal	4.844	520145→527147→527148 →525221→542330→542202 →548306
Puntajes en cuantil 50 %, 18 años, masculino, particular pagado	4.602	520145→527147→527148 →525221→542330→542202 →548306
18 años, particular subvencionado, femenino, puntajes en cuantil 25 %	5.641	520145→527147→527148 →525221→525240→525351 →525352
18 años, particular subvencionado, femenino, puntajes en cuantil 75 %	4.274	525412

Tabla 3.9: Rutas críticas para individuos simulados según modelos de regresión multinomial

En conclusión, de las comparaciones realizadas a los titulados se observa que para las predicciones mediante modelos de regresión multinomial la diferencia entre el promedio de los tiempos esperados de aprobación y el promedio de los tiempos reales es 0,022 años. Además, para 6 de los 13 alumnos las rutas críticas simuladas y

las reales coinciden. Para los modelos de regresión conociendo información de primer y segundo año se tiene que las rutas críticas son cercanas a las reales para más alumnos que en el caso de no conocer información. Además los tiempos esperados de aprobación marcan una tendencia correcta con respecto al tiempo real. En cuanto a las simulaciones mediante tablas de vida, el tiempo de aprobación es cercano al promedio de los tiempos de aprobación real de los titulados, sin embargo, no existe variabilidad de los tiempos debido a las características de los estudiantes.



Capítulo 4

Discusión

El objetivo general de esta memoria de título es desarrollar modelos para detección de rutas académicas críticas para la titulación en carreras universitarias a nivel de análisis de asignaturas. Los objetivos específicos son,

1. Describir las tasas de aprobación y reprobación por asignatura usando modelos que solo dependan del tiempo (tablas de vida).
2. Desarrollar modelos para analizar la aprobación y reprobación por asignatura de forma automatizada, conociendo características sociodemográficas, de rendimiento académico previo al ingreso a la universidad y durante esta de los estudiantes.
3. Desarrollar un algoritmo que permita obtener las rutas críticas para un plan de estudios en particular.

Con respecto al primer objetivo, a partir de los resultados presentados en el capítulo 3, en la sección 3.1 correspondiente a modelos de aprobación y reprobación dependiente del intento, se observa que para la carrera Ingeniería Civil Matemática de la Universidad de Concepción las asignaturas con mayor tasa de reprobación se encuentran en primer año. Además, estas asignaturas presentan muchos intentos de parte de los alumnos; para las asignaturas de primer año la cantidad mínima de veces que algún alumno ha cursado una misma asignatura son 5 veces y la cantidad máxima son 8 veces. Por otro lado, las materias con menor tasa de reprobación son asignaturas que poseen más de un prerrequisito o que son parte de una serie de asignaturas en la que una materia es prerrequisito de otra. Además, desde segundo año las asignaturas presentan menos cantidad de intentos; para las asignaturas desde segundo año la cantidad mínima de veces que algún alumno ha cursado una misma asignatura es una vez y la cantidad máxima es 6 veces. Esto sugiere que ha medida que los estudiantes van aprobando las asignaturas semestre a semestre estos reprueban menos, por lo que los prerrequisitos funcionarían como un filtro para las materias futuras.

Con respecto al segundo objetivo, en la sección 3.2 se muestra que en 13 de las 39 asignaturas los modelos de predicción no fueron significativos, por lo que dichos modelos se descartan del análisis. Los modelos que no son significativos corresponden a asignaturas entre segundo año y cuarto año, en las que se cuenta con escasos y sesgados registros debido a la poca cantidad de estudiantes que han cursado dichas asignaturas en el tiempo en que se recolectaron los datos. En cuanto a las covariables de los modelos significativos, las variables predictoras que con más frecuencia resultaron significativas en los modelos son puntaje NEM, variables primer y segundo intento y las variables relacionadas con los prerrequisitos. Según Gallegos y Campos [14] una de las variables que explican el rendimiento académico son las notas de enseñanza media, es decir, puntaje NEM. Se puede concluir que para los alumnos de la carrera en estudio, las notas de enseñanza media, la cantidad de veces que han dado la asignatura previamente y la información académica de las asignaturas previas son importantes para determinar la aprobación, reprobación temporal o reprobación definitiva de un alumno en una asignatura específica.

En cuanto al ajuste de los modelos, se utilizaron los datos de los alumnos titulados y los datos de todos los alumnos debido a que se contaba con poca información sobre todo en asignaturas de segundo año en adelante, lo que impidió reservar registros para validar los modelos, pues al ser pocos registros, excluir información al momento de generar los modelos causaría mayor imprecisión. De los ajustes realizados, se observa que la media de los ECM es mayor para las simulaciones hechas sobre todos los alumnos que para las simulaciones de los titulados. Además, para ambos ajustes se repite que unas de las asignaturas con mayor ECM son mecánica de fluidos (542202) y análisis real I (525301). Por otro lado, para las simulaciones hechas a los titulados, cuando se conoce la información de primer año los ECM se reducen para las predicciones de segundo y tercer año. Así mismo, cuando se conoce la información hasta segundo año, los ECM se reducen aún más para las predicciones de tercer año.

Finalmente, el segundo objetivo fue desarrollado con limitaciones, pues se generaron modelos de regresión multinomial utilizando como variables predictoras información académica y sociodemográfica de los alumnos para cada asignatura, pero solo se analizaron los modelos significativos, es decir, solo se obtuvieron conclusiones sobre aumentar o disminuir las probabilidades de aprobar, reprobación temporal y reprobación definitivo para aquellas asignaturas que sus modelos resultaron ser significativos. Para las asignaturas cuyos modelos de regresión no fueron significativos se utilizaron los modelos obtenidos de tablas de vida, es decir, aquellos que consideran como variable predictora solo el intento, a pesar de que el valor para cada asignatura por intento es constante, este indica lo que ocurre con las tasas de aprobación y reprobación de dicha materia. Además, este objetivo se refiere al desarrollo de modelos automatizados para cada asignatura, esto no fue posible debido a que cada asignatura requiere de análisis para tomar decisiones sobre que tipo de modelo se ajusta mejor. En este caso, en primera instancia se utilizaron modelos de regresión multinomial, modelos

de regresión multinomial con regularización, modelos de regresión logística y modelos en relación a tabla de vida. Lo anterior se debe a que la información histórica de las asignaturas es variada, pues algunas asignaturas presentaban escasa o nula información de alumnos reprobados temporal o reprobados definitivo.

Con respecto al tercer objetivo, se definió como ruta crítica al conjunto de asignaturas que provocan atraso para aprobar las materias en la malla curricular de un alumno, ya sea para finalizar su carrera o para completar una parte de ella. En los resultados de rutas críticas se observa que las asignaturas que pertenecen a dichas rutas para las simulaciones realizadas con modelos de regresión de alumnos titulados coinciden bastante con las asignaturas detectadas con la información real. Además, el promedio de los tiempos de aprobación de todas las asignaturas hasta cuarto año simulados son cercanos al promedio de los tiempos reales. Al realizar los modelos de regresión conociendo la información de primer año y conociendo la información hasta segundo año, las rutas críticas simuladas van siendo más cercanas a las rutas reales, además los tiempos esperados de aprobación también son más cercanos a los reales. En resumen, se puede apreciar de los resultados que para un alumno que ingresa a la carrera, en primera instancia se puede obtener un tiempo esperado de aprobación hasta cuarto año y una ruta crítica, pero semestre a semestre, o año a año, se puede actualizar la información de las asignaturas que ya ha aprobando, y de esa forma obtener valores y rutas críticas más cercanas a las reales. Para la ruta crítica en simulaciones realizadas por tablas de vida, el tiempo de aprobación entregado es cercano a la media de los tiempos de aprobación de los titulados. Sin embargo, este método no permite observar variabilidad en los tiempos de aprobación debido a las variables predictoras.

A partir de las simulaciones realizadas a alumnos ficticios con iguales características variando solo una covariable, se observa que las mayores diferencias se producen al variar las variables puntaje NEM, puntaje PSU de lenguaje y comunicación y puntaje PSU de matemáticas; lo que indica que los estudiantes que ingresan a la carrera con dichos puntajes altos, manteniendo el resto de las variables constantes, se espera que el tiempo promedio de aprobación de las asignaturas sea menor que quienes lo hacen con puntajes bajos. Lo cual coincide con lo mencionado por Antivilo, Contreras y Hernández [1] quienes afirman que a mayor puntaje de selección, mayor probabilidad de éxito en el primer nivel universitario. En cuanto a las diferencias por género, manteniendo el resto de las variables constantes, se espera que el tiempo promedio de aprobación de las asignaturas sea menor para estudiantes de género femenino que los de género masculino, aunque la diferencia entre estos es menor que en el caso anterior. Para las diferencias por grupo de dependencia, manteniendo el resto de las variables constantes, se espera que el tiempo promedio de aprobación de las asignaturas sea menor para estudiantes que pertenecieron a un establecimiento particular pagado que para quienes pertenecieron a un establecimiento municipal o particular subvencionado. Además, quienes pertenecieron a un establecimiento particular subvencionado se espera que el tiempo promedio de aprobación

de las asignaturas sea menor que para quienes pertenecieron a un establecimiento municipal, aunque en varias de estas características es la que presenta menos diferencia en la media del tiempo esperado de aprobación. Aunque Gallegos y Campos [14] mencionan que las variables género y dependencia del establecimiento no afectan el rendimiento del estudiante en las carreras Ingeniería Comercial y Contador Auditor de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Con respecto a las rutas críticas detectadas para estos alumnos, se obtuvo que manteniendo el resto de las variables constantes, se espera que una estudiante de género femenino apruebe todas sus materias hasta cuarto año antes que un estudiante de género masculino. Además, se espera que un alumno proveniente de un establecimiento particular pagado apruebe todas sus asignaturas antes que un estudiante proveniente de un establecimiento municipal o particular subvencionado; y si proviene de un establecimiento municipal se espera que lo haga antes que un estudiante de un establecimiento particular subvencionado. Finalmente, se espera que un alumno con alto puntaje NEM, puntaje PSU de lenguaje y comunicación y puntaje PSU de matemáticas apruebe todas sus asignaturas antes que un estudiante con puntajes más bajos. Por otro lado, en las rutas críticas se observa que las asignaturas introducción a la matemática universitaria (520145), cálculo I (527147), cálculo II (527148) y ecuaciones diferenciales I (525221) pertenecen a las rutas críticas de 5 de las 6 simulaciones. Además, estas materias pertenecen también a la ruta crítica de las simulaciones realizadas con tablas de vida, por lo que son asignaturas en las que los estudiantes tienden a fallar.

Con respecto a las limitaciones que presenta el estudio se encuentran principalmente

- Escasa información personal, social e institucional de los estudiantes en estudio, pues para cada estudiante se cuenta con información de sus puntajes PSU de lenguaje y comunicación y matemáticas, puntaje NEM, género, edad al ingreso a la universidad y grupo de dependencia del establecimiento al que perteneció previo al ingreso a la universidad. Sin embargo, existen diferentes determinantes que se asocian al rendimiento académico como los personales, sociales e institucionales. Algunas de las determinantes personales que no fueron consideradas en este estudio son bienestar psicológico, satisfacción y abandono con respecto a los estudios y asistencia a clases. En cuanto a las determinantes sociales se tienen diferencias sociales, entorno familiar, nivel educativo de los progenitores o adultos responsables del estudiante y contexto socioeconómico y variables demográficas. Finalmente, en cuanto a determinantes institucionales se tienen elección de los estudios según interés del estudiante, ambiente estudiantil y relación estudiante-profesor.
- Poca cantidad de registros para algunas asignaturas, como se mencionó en el capítulo de resultados, varias asignaturas, en su mayoría asignaturas impartidas desde segundo año en adelante, presentaban pocos registros de estudiantes

reprobados temporal y reprobados definitivo, lo que dificulta la creación de modelos de regresión logística y regresión multinomial generalizables a una población futura, generando estimadores imprecisos.

- Eliminación del registro académico de las asignaturas reprobadas el segundo semestre del año 2019 y el primer semestre del año 2020, según los decretos N°2019-167 y N°2020-033 respectivamente, lo anterior debido a las situaciones excepcionales por las que ha atravesado el país. La eliminación de dichos registros provocan pérdida de información de los estudiantes que reprobaron asignaturas, lo que ocasiona una subestimación en las tasas de reprobación.
- En la metodología para detección de rutas críticas no se consideró que algunas asignaturas son dictadas solo un semestre al año, es decir, hay asignaturas que solo se imparten en primer semestre de cada año y otras solo en segundo semestre. Además, tampoco se consideró la posibilidad de que un alumno inscriba y apruebe una asignatura en un semestre anterior al que corresponde por malla académica.

Por otro lado, las fortalezas que se identifican en el estudio son

- Alta fiabilidad de los datos recolectados, como se mencionó en el capítulo de metodología, los registros de cada asignatura de la carrera en estudio fueron obtenidos desde la plataforma BI de la Universidad de Concepción, la cual provee datos ordenados, confiables e identificables para cada estudiante de dicha universidad, lo cual permite obtener resultados confiables.
- Conocimiento sobre la universidad y la carrera en estudio, el ser parte de la universidad y carrera en la cual se aplicó el análisis permitió tomar decisiones basadas en los reglamentos de la institución y en el conocimiento del funcionamiento de cada asignatura.

Capítulo 5

Conclusiones

En síntesis, en la presente memoria se definió un conjunto de métodos para desarrollar modelos que permitan predecir y describir para cada asignatura las probabilidades de aprobación y reprobación de estudiantes. Con estos modelos se definieron los tiempos esperados de aprobación en cada asignatura para cada estudiante según sus características sociodemográficas y académicas. Finalmente, los tiempos esperados de aprobación permitieron definir cuales asignaturas son las que atrasan a los alumnos en la aprobación de todas las asignaturas de su plan de estudios hasta cuarto año.

En general, se observó que conociendo las características sociodemográficas, las características académicas previas al ingreso a la universidad y las características académicas durante esta, los modelos permiten predecir para ese alumno sus tiempos esperados de aprobación y su ruta crítica en las asignaturas obligatorias hasta cuarto año. Además, se observó que conociendo la información de primer año, las predicciones desde segundo año en adelante son más acertadas. Lo mismo pasa si se conoce la información académica hasta segundo año. Lo anterior permite conocer los tiempos esperados de aprobación y la ruta crítica del alumno apenas ingresa a la carrera, y permite ir ajustando dichos tiempos y su ruta crítica a medida que se va conociendo su rendimiento año a año. Notar que al predecir los tiempos de aprobación de las asignaturas hasta cuarto año solo conociendo información previa al ingreso a la universidad, se tiene que para el cálculo de los tiempos de aprobación de asignaturas que poseen prerequisites se utiliza información predicha mediante otros modelos de regresión. Además, las notas de aprobación son generadas mediante modelos de bosques aleatorios, por lo que los errores de cada predicción se van propagando en modelos de asignaturas de años superiores.

Por otro lado, es importante tener en cuenta las limitaciones del estudio, como la poca información de características sociodemográficas de los estudiantes y no haber considerado que ciertas asignaturas solo son dictadas una vez al año. Estos factores afectan a los modelos de regresión y a la detección de rutas críticas, por lo que una tentativa mejora es generar modelos considerando más características sociode-

mográficas que pueden ser conseguidas encuestando directamente a los estudiantes; y modelar la malla curricular considerando la restricción que algunas asignaturas pueden ser inscritas solo en primer semestre o en segundo semestre. Además, la metodología de ruta crítica considera que el alumno aprueba todas sus asignaturas y que puede cursar cada materia máximo 3 veces.

Con respecto al tema en estudio, se puede concluir que es posible predecir la aprobación o reprobación de un alumno conociendo información sociodemográfica y académica del alumno. Además, se observó que las covariables que con más frecuencia fueron significativas en los modelos son puntaje NEM, variables primer y segundo intento y las variables relacionadas con los prerrequisitos. De lo que se concluye que en cuanto a la información previa al ingreso a la universidad, la más importante en los modelos es la que representa las notas de enseñanza media. Además, las covariables relacionadas con la cantidad de veces que se ha cursado la asignatura y el rendimiento académico en los prerrequisitos son importantes para determinar la aprobación y reprobación del estudiante.

En cuanto a la universidad, es importante tanto para la institución como para la facultad a la cual pertenece la carrera en estudio, conocer las materias que causan más atrasos en los estudiantes. En este caso se observó que las asignaturas introducción a la matemática universitaria (520145), cálculo I (527147), cálculo II (527148) y ecuaciones diferenciales I (525221) son las que con más frecuencia se encuentran en las rutas críticas. Conocer las asignaturas en las que los estudiantes tienden a fallar más, permite tomar decisiones sobre realizar cambios en los programas de dichas materias, brindar apoyo a los docentes que las imparten o brindar apoyo a estudiantes que las cursan. Además, los modelos predictivos de regresión multinomial por asignatura permiten reconocer a los estudiantes propensos a realizar la materia más de una vez, lo que podría implicar un atraso en su titulación, en relación a sus características de entrada y a su desempeño durante las asignaturas que va cursando, permitiendo alertar e intervenir de forma anticipada en el progreso de su carrera universitaria.

En relación a las disciplinas involucradas en el estudio, en el ámbito educativo la metodología desarrollada permite visibilizar las asignaturas del plan de estudios en las que los alumnos fallan más. Además, para cada alumno permite conocer los tiempos esperados de aprobación en cada asignatura; en el caso de ser un estudiante propenso a fallar en una materia, las predicciones permiten estar alerta previo a que este curse la asignatura. En el ámbito de las matemáticas, se unen conceptos de análisis de supervivencia con teoría de grafos. Donde se fusionan una gran cantidad de modelos de regresión multinomial, en los que para predecir las probabilidades de aprobación de una asignatura se requiere información de las predicciones de las materias que son prerrequisito de esta, por lo que hay modelos que requieren de la información entregada por otros modelos. Una vez definidos los tiempos esperados de aprobación, se utiliza un algoritmo de optimización, en el cual es necesario representar la malla curricular como un digrafo ponderado para poder determinar las rutas críticas.

Por otro lado, la metodología aplicada a los estudiantes de Ingeniería Civil Matemática de la Universidad de Concepción, podría aplicarse a otras carreras de la misma universidad. Incluso se podría aplicar a carreras de otras universidades ajustando la metodología al reglamento de la institución en estudio. También, se podría replicar el estudio en otras carreras utilizando solo la información entregada por las tablas de vida, lo que hace más sencillo y automatizado el cálculo de tiempos esperados de aprobación por asignatura, con la finalidad de conocer las tasas de aprobación y reprobación para cada asignatura, y con ello obtener la ruta crítica solo utilizando dicha información. Esto permitiría a los encargados de dicha carrera conocer en forma general cuales son las asignaturas que atrasan más a los alumnos.

Finalmente, este estudio abre la puerta a nuevos estudios relacionados con desarrollar modelos que permitan predecir y describir el rendimiento académico de los alumnos. En trabajos futuros podría abordarse un modelado de ruta crítica menos restrictivo considerando que el alumno puede cursar una misma asignatura más de tres veces o que algunas asignaturas son impartidas solo una vez al año. También, se podría modelar la deserción de los alumnos, es decir, definir cuales perfiles de estudiante son más propensos a abandonar sus estudios. Además, se podría modelar la aprobación y reprobación de una asignatura compuesta por estudiantes de distintas carreras sin considerar su área de estudio.



Bibliografía

- [1] *Estudio de la confiabilidad de las pruebas de selección universitaria admisión 2013*.
- [2] *Introduction to Algorithms*, McGraw-Hill Book Company, 2001.
- [3] *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R*, Springer, 2014.
- [4] *Modeling Discrete Time-to-Event Data*, Springer Series in Statistics, 2016.
- [5] Y. BENJAMINI AND Y. HOCHBERG, *Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing*, Journal of the Royal Statistical Society, (1995).
- [6] P. CASTILLO, A. GONZÁLEZ, AND I. PUGA, *Gestión y efectividad en educación: evidencias comparativas entre establecimientos municipales y particulares subvencionados*, Estudios pedagógicos (Valdivia), 37 (2011), pp. 187 – 206.
- [7] R. FERRER-URBINA, V. KARMEVIC-PAVLOV, H. BECK-FERNÁNDEZ, AND R. V. PINTO, *Un modelo predictivo de fracaso/éxito académico a partir de indicadores de ingreso, en estudiantes de una universidad estatal del norte de Chile*, Interciencia, 44 (2019), pp. 23–29.
- [8] G. GARBANZO, *Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública*, Revista Educación, (2007).
- [9] A. A. HAGBERG, D. A. SCHULT, AND P. J. SWART, *Exploring network structure, dynamics, and function using networkx*, in Proceedings of the 7th Python in Science Conference, G. Varoquaux, T. Vaught, and J. Millman, eds., Pasadena, CA USA, 2008, pp. 11 – 15.
- [10] J. JOSSE AND F. HUSSON, *missMDA: A package for handling missing values in multivariate data analysis*, Journal of Statistical Software, 70 (2016), pp. 1–31.
- [11] E. L. KAPLAN AND P. MEIER, *Nonparametric estimation from incomplete observations*, Journal of the American Statistical Association, (1958).

- [12] I. KOSMIDIS, *brglm2: Bias Reduction in Generalized Linear Models*, 2021. R package version 0.7.1.
- [13] A. LIAW AND M. WIENER, *Classification and regression by randomforest*, R News, 2 (2002), pp. 18–22.
- [14] G. MARDONES, J. ALEJANDRO, C. REQUENA, AND N. AURORA, *Determinantes del rendimiento académico estudiantil: Caso universidad católica de la santísima concepción*, Revista de Ciencias Sociales, (2019).
- [15] OCDE, *Chile*, in Panorama de la Educación 2019.
- [16] OECD, *Chile*, in Education at a Glance 2020.
- [17] M. PINTILIE, *Análisis de riesgos competitivos*, Revista Española de Cardiología, (2011).
- [18] R CORE TEAM, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020.
- [19] J. D. SINGER AND J. B. WILLETT, *It's about time: Using discrete-time survival analysis to study duration and the timing of events*, Journal of Educational Statistics, (1993).
- [20] W. N. VENABLES AND B. D. RIPLEY, *Modern Applied Statistics with S*, Springer, New York, fourth ed., 2002. ISBN 0-387-95457-0.
- [21] S. C. WOLTER, A. DIEM, AND D. MESSER, *Drop-outs from swiss universities: an empirical analysis of data on all students between 1975 and 2008*, European Journal of Education, (2014).

Anexos



Anexo A

Tablas de Vida

1. Introducción a la Matemática Universitaria (520145)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	462	201	37	4	0.435	0.435	0.080	0.080	0.485	4.82	0.71
2	220	62	32	7	0.282	0.572	0.145	0.151	0.278	4.39	0.40
3	119	26	79	0	0.218	0.632	0.664	0.335	0.033	4.45	0.53
4	14	4	1	1	0.286	0.642	0.071	0.337	0.021	4.22	0.29
5	8	1	4	0	0.125	0.644	0.500	0.348	0.008	4.00	0.00
6	3	1	2	0	0.333	0.647	0.667	0.353	0.000	4.80	0.00

Tabla A.1: Tabla de vida: Introducción a la Matemática Universitaria (520145)

2. Introducción a la Química Universitaria (530023)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	466	240	34	3	0.515	0.515	0.073	0.073	0.412	4.86	0.75
2	189	63	23	6	0.333	0.652	0.122	0.123	0.225	4.47	0.46
3	97	28	62	0	0.289	0.717	0.639	0.267	0.016	4.34	0.35
4	7	0	0	2	0.000	0.717	0.000	0.267	0.016	-	-
5	5	0	2	0	0.000	0.717	0.400	0.273	0.010	-	-
6	3	0	2	0	0.000	0.717	0.667	0.280	0.003	-	-
7	1	0	0	0	0.000	0.717	0.000	0.280	0.003	-	-
8	1	0	1	0	0.000	0.717	1.000	0.283	0.000	-	-

Tabla A.2: Tabla de vida: Introducción a la Química Universitaria (530023)

3. Introducción a la Física Universitaria (510145)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	466	243	35	3	0.521	0.521	0.075	0.075	0.403	5.10	0.95
2	185	43	32	3	0.232	0.615	0.173	0.145	0.240	4.46	0.40
3	107	13	82	0	0.121	0.644	0.766	0.329	0.027	4.33	0.35
4	12	4	2	0	0.333	0.653	0.167	0.333	0.013	4.47	0.45
5	6	1	2	0	0.167	0.656	0.333	0.338	0.007	4.00	0.00
6	3	0	3	0	0.000	0.656	1.000	0.344	0.000	-	-

Tabla A.3: Tabla de vida: Introducción a la Física Universitaria (510145)

4. Álgebra I (525147)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	282	131	18	36	0.465	0.465	0.064	0.064	0.472	4.73	0.72
2	97	63	10	1	0.649	0.771	0.103	0.112	0.117	4.71	0.69
3	23	7	8	0	0.304	0.806	0.348	0.153	0.041	4.56	0.44
4	8	2	4	0	0.250	0.817	0.500	0.173	0.010	4.30	0.30
5	2	0	1	0	0.000	0.817	0.500	0.178	0.005	-	-
6	1	0	0	0	0.000	0.817	0.000	0.178	0.005	-	-
7	1	0	1	0	0.000	0.817	1.000	0.183	0.000	-	-

Tabla A.4: Tabla de vida: Álgebra I (525147)

5. Cálculo I (527147)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	283	134	17	37	0.473	0.473	0.060	0.060	0.466	4.85	0.78
2	95	47	10	1	0.495	0.704	0.105	0.109	0.187	4.68	0.70
3	37	21	6	1	0.568	0.810	0.162	0.139	0.050	4.40	0.45
4	9	3	3	0	0.333	0.827	0.333	0.156	0.017	4.43	0.26
5	3	1	2	0	0.333	0.833	0.667	0.167	0.000	4.40	0.00

Tabla A.5: Tabla de vida: Cálculo I (527147)

6. Química General I (530024)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	309	178	21	40	0.576	0.576	0.068	0.068	0.356	4.68	0.63
2	70	30	12	0	0.429	0.729	0.171	0.129	0.142	4.24	0.27
3	28	13	6	0	0.464	0.795	0.214	0.160	0.046	4.28	0.25
4	9	4	4	0	0.444	0.815	0.444	0.180	0.005	4.05	0.05
5	1	0	1	0	0.000	0.815	1.000	0.185	0.000	-	-

Tabla A.6: Tabla de vida: Química General I (530024)

7. Física I (510147)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	294	134	18	38	0.456	0.456	0.061	0.061	0.483	4.78	0.77
2	104	49	15	1	0.471	0.683	0.144	0.131	0.186	4.60	0.63
3	39	20	6	1	0.513	0.779	0.154	0.159	0.062	4.50	0.60
4	12	5	1	0	0.417	0.804	0.083	0.165	0.031	4.30	0.13
5	6	1	4	0	0.167	0.810	0.667	0.185	0.005	4.00	0.00
6	1	0	0	0	0.000	0.810	0.000	0.185	0.005	-	-
7	1	0	1	0	0.000	0.810	1.000	0.190	0.000	-	-

Tabla A.7: Tabla de vida: Física I (510147)

8. Álgebra II (525148)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	197	124	9	2	0.629	0.629	0.046	0.046	0.325	4.98	0.89
2	62	38	7	1	0.613	0.829	0.113	0.082	0.089	4.65	0.67
3	16	7	5	0	0.438	0.868	0.312	0.110	0.022	4.67	0.95
4	4	0	1	1	0.000	0.868	0.250	0.116	0.017	-	-
5	2	2	0	0	1.000	0.884	0.000	0.116	0.000	4.30	0.10

Tabla A.8: Tabla de vida: Álgebra II (525148)

9. Cálculo II (527148)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	198	113	8	6	0.571	0.571	0.040	0.040	0.389	4.84	0.77
2	71	37	8	0	0.521	0.773	0.113	0.084	0.142	4.66	0.59
3	26	12	2	1	0.462	0.839	0.077	0.095	0.066	4.41	0.37
4	11	5	1	0	0.455	0.869	0.091	0.101	0.030	4.54	0.57
5	5	1	3	0	0.200	0.875	0.600	0.119	0.006	4.00	0.00
6	1	1	0	0	1.000	0.881	0.000	0.119	0.000	4.00	0.00

Tabla A.9: Tabla de vida: Cálculo II (527148)

10. Química General II (530025)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	224	123	19	14	0.549	0.549	0.085	0.085	0.366	4.68	0.62
2	68	32	8	1	0.471	0.721	0.118	0.128	0.151	4.36	0.34
3	27	14	5	0	0.519	0.800	0.185	0.156	0.045	4.25	0.23
4	8	4	1	0	0.500	0.822	0.125	0.161	0.017	4.53	0.19
5	3	1	0	1	0.333	0.827	0.000	0.161	0.011	4.00	0.00
6	1	0	0	0	0.000	0.827	0.000	0.161	0.011	-	-
7	1	0	0	0	0.000	0.827	0.000	0.161	0.011	-	-
8	1	0	1	0	0.000	0.827	1.000	0.173	0.000	-	-

Tabla A.10: Tabla de vida: Química General II (530025)

11. Física II (510148)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	203	159	10	1	0.783	0.783	0.049	0.049	0.167	5.14	0.93
2	33	16	5	0	0.485	0.864	0.152	0.075	0.061	4.61	0.57
3	12	6	3	0	0.500	0.895	0.250	0.090	0.015	4.67	0.45
4	3	2	0	0	0.667	0.905	0.000	0.090	0.005	4.00	0.00
5	1	0	1	0	0.000	0.905	1.000	0.095	0.000	-	-

Tabla A.11: Tabla de vida: Física II (510148)

12. Álgebra III Fundamentos y Álgebra Lineal II (525201)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	121	63	14	17	0.521	0.521	0.116	0.116	0.364	4.67	0.66
2	27	16	9	0	0.593	0.736	0.333	0.237	0.027	4.52	0.58
3	2	1	1	0	0.500	0.750	0.500	0.250	0.000	4.20	0.00

Tabla A.12: Tabla de vida: Álgebra III Fundamentos y Álgebra Lineal II (525201)

13. Cálculo III (525211)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	154	110	3	14	0.714	0.714	0.019	0.019	0.266	4.83	0.67
2	27	13	4	1	0.481	0.842	0.148	0.059	0.099	4.66	0.76
3	9	6	1	0	0.667	0.908	0.111	0.070	0.022	4.38	0.40
4	2	2	0	0	1.000	0.930	0.000	0.070	0.000	4.30	0.10

Tabla A.13: Tabla de vida: Cálculo III (525211)

14. Ecs. Diferenciales I Ecs. Dif. Ordin. I (525221)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	143	90	5	9	0.629	0.629	0.035	0.035	0.336	4.81	0.68
2	39	26	5	1	0.667	0.853	0.128	0.078	0.069	4.50	0.48
3	7	2	3	0	0.286	0.873	0.429	0.108	0.020	4.00	0.00
4	2	0	0	0	0.000	0.873	0.000	0.108	0.020	-	-
5	2	0	1	0	0.000	0.873	0.500	0.117	0.010	-	-
6	1	1	0	0	1.000	0.883	0.000	0.117	0.000	4.00	0.00

Tabla A.14: Tabla de vida: Ecs. Diferenciales I Ecs. Dif. Ordin. I (525221)

15. Lenguaje de Programación (503201)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	199	134	19	10	0.673	0.673	0.095	0.095	0.231	5.30	0.79
2	36	20	9	3	0.556	0.802	0.250	0.153	0.045	5.09	0.68
3	4	1	3	0	0.250	0.813	0.750	0.187	0.000	4.90	0.00

Tabla A.15: Tabla de vida: Lenguaje de Programación (503201)

16. Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	162	156	1	1	0.963	0.963	0.006	0.006	0.031	6.00	0.78
2	4	4	0	0	1.000	0.994	0.000	0.006	0.000	6.75	0.43

Tabla A.16: Tabla de vida: Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291)

17. Cálculo IV (525212)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	113	72	8	7	0.637	0.637	0.071	0.071	0.292	5.00	0.82
2	26	20	2	2	0.769	0.862	0.077	0.093	0.045	4.79	0.54
3	2	0	0	2	0.000	0.862	0.000	0.093	0.045	-	-

Tabla A.17: Tabla de vida: Cálculo IV (525212)

18. Análisis Numérico I Cálculo Numérico (525240)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	128	91	2	7	0.711	0.711	0.016	0.016	0.273	4.95	0.82
2	28	19	4	1	0.679	0.896	0.143	0.055	0.049	4.66	0.57
3	4	1	1	0	0.250	0.909	0.250	0.067	0.024	4.30	0.00
4	2	1	1	0	0.500	0.921	0.500	0.079	0.000	4.10	0.00

Tabla A.18: Tabla de vida: Análisis Numérico I Cálculo Numérico (525240)

19. Ecuaciones Diferenciales II (525222)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	110	86	6	5	0.782	0.782	0.055	0.055	0.164	5.32	0.98
2	13	9	1	2	0.692	0.895	0.077	0.067	0.038	5.22	1.12
3	1	1	0	0	1.000	0.933	0.000	0.067	0.000	4.80	0.00

Tabla A.19: Tabla de vida: Ecuaciones Diferenciales II (525222)

20. Fenómenos de Transporte (542330)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	112	62	6	10	0.554	0.554	0.054	0.054	0.393	4.60	0.60
2	34	26	3	2	0.765	0.854	0.088	0.088	0.058	4.47	0.44
3	3	1	1	1	0.333	0.873	0.333	0.107	0.019	4.10	0.00

Tabla A.20: Tabla de vida: Fenómenos de Transporte (542330)

21. Termodinámica Ingen (510215)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	145	128	3	9	0.883	0.883	0.021	0.021	0.097	5.27	0.86
2	5	3	0	0	0.600	0.941	0.000	0.021	0.039	4.30	0.36
3	2	2	0	0	1.000	0.979	0.000	0.021	0.000	5.25	0.45

Tabla A.21: Tabla de vida: Termodinámica Ingen (510215)

22. Análisis Real I Topología elemental y espacios métricos (525301)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	117	63	9	5	0.538	0.538	0.077	0.077	0.385	4.91	0.78
2	40	23	5	3	0.575	0.760	0.125	0.125	0.115	4.91	0.63
3	9	4	2	1	0.444	0.811	0.222	0.151	0.038	4.93	0.55
4	2	2	0	0	1.000	0.849	0.000	0.151	0.000	4.25	0.15

Tabla A.22: Tabla de vida: Análisis Real I Topología elemental y espacios métricos (525301)

23. Optimización I Optimización Lineal (525351)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	109	88	2	1	0.807	0.807	0.018	0.018	0.174	5.70	1.03
2	18	16	1	0	0.889	0.962	0.056	0.028	0.010	6.19	0.70
3	1	1	0	0	1.000	0.972	0.000	0.028	0.000	4.80	0.00

Tabla A.23: Tabla de vida: Optimización I Optimización Lineal (525351)

24. Análisis Numérico II Álgebra Lineal Numérica (525441)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	93	73	4	5	0.785	0.785	0.043	0.043	0.172	4.98	0.75
2	11	8	1	2	0.727	0.910	0.091	0.059	0.031	4.96	0.46

Tabla A.24: Tabla de vida: Análisis Numérico II Álgebra Lineal Numérica (525441)

25. Mecánica de Fluidos (542202)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	95	54	4	3	0.568	0.568	0.042	0.042	0.389	4.74	0.57
2	34	24	3	1	0.706	0.843	0.088	0.076	0.080	4.87	0.73
3	6	4	0	0	0.667	0.897	0.000	0.076	0.027	4.88	0.26
4	2	1	0	0	0.500	0.910	0.000	0.076	0.013	4.70	0.00
5	1	1	0	0	1.000	0.924	0.000	0.076	0.000	4.80	0.00

Tabla A.25: Tabla de vida: Mecánica de Fluidos (542202)

26. Probabilidades (523265)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	133	87	7	1	0.654	0.654	0.053	0.053	0.293	5.09	0.83
2	38	24	5	2	0.632	0.839	0.132	0.091	0.069	4.80	0.73
3	7	4	2	1	0.571	0.879	0.286	0.111	0.010	4.95	0.63

Tabla A.26: Tabla de vida: Probabilidades (523265)

27. Análisis Real II Medida e Integración (525302)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	66	55	0	3	0.833	0.833	0.000	0.000	0.167	5.06	0.87
2	8	8	0	0	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	4.36	0.28

Tabla A.27: Tabla de vida: Análisis Real II Medida e Integración (525302)

28. Optimización II Optimización no Lineal (525352)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	62	57	0	3	0.919	0.919	0.000	0.000	0.081	5.42	1.00
2	2	2	0	0	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	5.80	1.20

Tabla A.28: Tabla de vida: Optimización II Optimización no Lineal (525352)

29. Electromagnetismo Ingen (510226)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	81	46	4	6	0.568	0.568	0.049	0.049	0.383	5.26	0.93
2	25	18	2	0	0.720	0.843	0.080	0.080	0.077	5.24	0.98
3	5	4	0	0	0.800	0.905	0.000	0.080	0.015	4.75	0.75
4	1	0	1	0	0.000	0.905	1.000	0.095	0.000	-	-

Tabla A.29: Tabla de vida: Electromagnetismo Ingen (510226)

30. Mecánica de Materiales (548305)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	52	31	4	7	0.596	0.596	0.077	0.077	0.327	4.41	0.45
2	10	8	0	2	0.800	0.858	0.000	0.077	0.065	4.54	0.44

Tabla A.30: Tabla de vida: Mecánica de Materiales (548305)

31. Inferencia Estadística (523266)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	81	53	3	2	0.654	0.654	0.037	0.037	0.309	4.94	0.75
2	23	18	2	1	0.783	0.896	0.087	0.064	0.040	5.13	0.84
3	2	2	0	0	1.000	0.936	0.000	0.064	0.000	6.25	0.75

Tabla A.31: Tabla de vida: Inferencia Estadística (523266)

32. Análisis Funcional y Aplicaciones I Función y Operad. Lineales (525401)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	61	52	1	2	0.852	0.852	0.016	0.016	0.131	5.32	0.98
2	6	4	0	0	0.667	0.940	0.000	0.016	0.044	5.33	0.97
3	2	2	0	0	1.000	0.984	0.000	0.016	0.000	4.50	0.50

Tabla A.32: Tabla de vida: Análisis Funcional y Aplicaciones I Función y Operad. Lineales (525401)

33. Análisis Numérico III Anal. Numérico de Ecuacs. Diferenciales (525442)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	73	58	3	5	0.795	0.795	0.041	0.041	0.164	4.93	0.71
2	7	6	0	0	0.857	0.935	0.000	0.041	0.023	4.78	0.82
3	1	1	0	0	1.000	0.959	0.000	0.041	0.000	4.00	0.00

Tabla A.33: Tabla de vida: Análisis Numérico III Anal. Numérico de Ecuacs. Diferenciales (525442)

34. Economía (546370)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	89	78	2	1	0.876	0.876	0.022	0.022	0.101	5.15	0.82
2	8	4	1	1	0.500	0.927	0.125	0.035	0.038	4.80	0.16
3	2	2	0	0	1.000	0.965	0.000	0.035	0.000	4.45	0.15

Tabla A.34: Tabla de vida: Economía (546370)

35. Regresión (523374)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	70	59	1	3	0.843	0.843	0.014	0.014	0.143	5.13	0.82
2	7	6	0	1	0.857	0.965	0.000	0.014	0.020	5.72	0.79

Tabla A.35: Tabla de vida: Regresión (523374)

36. Álgebra IV Introducción a la matemática discreta (525412)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	61	36	1	5	0.590	0.590	0.016	0.016	0.393	5.17	0.87
2	19	12	0	3	0.632	0.839	0.000	0.016	0.145	4.90	0.68
3	4	4	0	0	1.000	0.984	0.000	0.016	0.000	4.75	1.03

Tabla A.36: Tabla de vida: Álgebra IV Introducción a la matemática discreta (525412)

37. Formulación y Evaluación de Proyectos (546102)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{At}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Rt}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	78	47	1	24	0.603	0.603	0.013	0.013	0.385	5.05	0.58
2	6	5	0	1	0.833	0.923	0.000	0.013	0.064	4.82	0.54

Tabla A.37: Tabla de vida: Formulación y Evaluación de Proyectos (546102)

38. Transferencia de Calor (548306)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	43	32	0	7	0.744	0.744	0.000	0.000	0.256	4.79	0.68
2	4	3	0	0	0.750	0.936	0.000	0.000	0.064	4.43	0.17
3	1	0	0	0	0.000	0.936	0.000	0.000	0.064	-	-
4	1	1	0	0	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	4.00	0.00

Tabla A.38: Tabla de vida: Transferencia de Calor (548306)

39. Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas (525490)

Intento	Población en riesgo	Aprobados	Reprobados definitivo	Censura	$\hat{\lambda}_{Ae}$	Prob. acumulada aprobación	$\hat{\lambda}_{Re}$	Prob. acumulada reprobación definitiva	Prob. de volver a cursar la asignatura	Nota aprob.	DE nota aprob.
1	53	48	0	5	0.906	0.906	0.000	0.000	0.094	6.20	0.82

Tabla A.39: Tabla de vida: Taller II: Modelación y Aplicaciones Matemáticas (525490)



Anexo B

Regresiones

1. Introducción a la Matemática Universitaria (520145)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-19.737	0.000	0.000	0.000	2.294	<0.001*
Puntaje NEM	1.189	3.284	2.491	4.326	0.141	<0.001*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.232	0.793	0.583	1.079	0.157	0.140
Puntaje PSU matemáticas	2.000	7.389	4.576	11.931	0.244	<0.001*
Edad ingreso	0.109	1.115	0.976	1.274	0.068	0.108
Género femenino	0.100	1.105	0.705	1.731	0.229	0.663
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.231	0.794	0.518	1.218	0.218	0.290
Grupo dep.: particular pagado	0.012	1.012	0.474	2.159	0.387	0.976
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.356	0.258	0.137	0.484	0.322	<0.001*
Segundo intento	-1.091	0.336	0.173	0.651	0.337	0.001*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.1: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 520145

Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	7.155	1280.492	5.199	3.152E+05	2.809	0.011*
Puntaje NEM	0.027	1.027	0.740	1.425	0.167	0.873
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.265	1.303	0.886	1.916	0.197	0.179
Puntaje PSU matemáticas	-0.451	0.637	0.363	1.116	0.286	0.115
Edad ingreso	-0.235	0.791	0.663	0.942	0.090	0.009*
Género femenino	-0.215	0.806	0.460	1.413	0.286	0.452
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.370	0.691	0.421	1.134	0.253	0.144
Grupo dep.: particular pagado	-0.252	0.777	0.332	1.821	0.434	0.562
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.122	0.044	0.024	0.080	0.303	<0.001*
Segundo intento	-2.654	0.070	0.038	0.129	0.311	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.2: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 520145



2. Introducción a la Química Universitaria (530023)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-15.095	0.000	0.000	0.000	2.119	<0.001*
Puntaje NEM	0.996	2.707	2.075	3.530	0.136	<0.001*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.157	0.855	0.629	1.162	0.156	0.317
Puntaje PSU matemáticas	1.617	5.038	3.193	7.954	0.233	<0.001*
Edad ingreso	0.031	1.032	0.912	1.166	0.063	0.619
Género femenino	0.183	1.201	0.763	1.890	0.231	0.428
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.208	1.231	0.821	1.845	0.207	0.314
Grupo dep.: particular pagado	0.619	1.857	0.872	3.958	0.386	0.108
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.156	0.315	0.158	0.626	0.351	0.001*
Segundo intento	-1.101	0.333	0.161	0.686	0.369	0.003*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.3: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 530023



Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	8.898	7317.324	16.391	3.266E+06	3.113	0.004*
Puntaje NEM	0.008	1.008	0.703	1.444	0.184	0.966
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.289	1.335	0.863	2.063	0.222	0.194
Puntaje PSU matemáticas	-0.487	0.615	0.330	1.146	0.318	0.126
Edad ingreso	-0.323	0.724	0.596	0.880	0.099	0.001*
Género femenino	0.251	1.285	0.696	2.374	0.313	0.422
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: Particular subvencionado	-0.072	0.930	0.548	1.580	0.270	0.789
Grupo dep.: Particular pagado	0.416	1.516	0.580	3.961	0.490	0.397
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer Intento	-3.326	0.036	0.018	0.072	0.354	<0.001*
Segundo Intento	-3.017	0.049	0.024	0.102	0.374	<0.001*
Tercer o más Intento		1.000				

Tabla B.4: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 530023



3. Introducción a la Física Universitaria (510145)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-16.827	0.000	0.000	0.000	2.242	<0.001*
Puntaje NEM	0.932	2.540	1.927	3.349	0.141	<0.001*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.067	0.935	0.676	1.293	0.166	0.685
Puntaje PSU matemáticas	1.830	6.234	3.798	10.229	0.253	<0.001*
Edad ingreso	0.012	1.012	0.888	1.153	0.067	0.858
Género femenino	-0.047	0.954	0.593	1.535	0.242	0.848
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.172	1.188	0.775	1.819	0.218	0.430
Grupo dep.: particular pagado	0.334	1.397	0.644	3.027	0.395	0.398
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.418	0.658	0.317	1.365	0.372	0.261
Segundo intento	-0.930	0.395	0.180	0.867	0.401	0.021*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.5: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510145



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	7.015	1113.207	3.378	3.666E+05	2.958	0.018*
Puntaje NEM	-0.009	0.991	0.706	1.391	0.173	0.959
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.342	1.408	0.935	2.119	0.209	0.102
Puntaje PSU matemáticas	-0.308	0.735	0.398	1.358	0.313	0.326
Edad ingreso	-0.288	0.750	0.625	0.900	0.093	0.002*
Género femenino	0.272	1.313	0.743	2.320	0.291	0.349
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.030	1.030	0.624	1.700	0.256	0.908
Grupo dep.: particular pagado	-0.093	0.911	0.364	2.277	0.468	0.842
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.391	0.034	0.018	0.064	0.330	<0.001*
Segundo intento	-2.849	0.058	0.030	0.111	0.332	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.6: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510145



4. Álgebra I (525147)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-5.786	0.003	0.000	0.626	2.713	0.033*
Puntaje NEM	0.574	1.775	1.198	2.631	0.201	0.004*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.038	1.039	0.688	1.568	0.210	0.857
Puntaje PSU matemáticas	0.225	1.252	0.676	2.323	0.315	0.474
Edad ingreso	-0.137	0.872	0.753	1.010	0.075	0.068
Género femenino	-0.277	0.758	0.406	1.416	0.319	0.385
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.125	1.133	0.642	2.001	0.290	0.666
Grupo dep.: particular pagado	-0.032	0.969	0.388	2.418	0.467	0.946
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.512	0.599	0.208	1.729	0.541	0.343
Segundo intento	0.637	1.891	0.624	5.729	0.566	0.260
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 520145	2.686	14.673	0.747	288.360	1.520	0.077
Si cumple prereq. 520145		1.000				
Nota prereq. 520145	0.082	1.085	1.029	1.145	0.027	0.002*
Cant. prereq. 520145	-0.002	0.998	0.668	1.491	0.205	0.991

Tabla B.7: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525147

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	9.744	1.705E+04	0.308	9.447E+08	5.573	0.080
Puntaje NEM	-0.239	0.787	0.421	1.473	0.319	0.455
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.460	1.584	0.789	3.179	0.356	0.196
Puntaje PSU matemáticas	-0.771	0.463	0.138	1.552	0.618	0.212
Edad ingreso	-0.162	0.850	0.635	1.139	0.149	0.278
Género femenino	0.148	1.159	0.460	2.918	0.471	0.754
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.029	0.971	0.404	2.334	0.447	0.948
Grupo dep.: particular pagado	-1.181	0.307	0.050	1.881	0.925	0.202
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.208	0.110	0.037	0.330	0.562	<0.001*
Segundo intento	-1.362	0.256	0.077	0.852	0.613	0.026*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 520145	-3.208	0.040	0.000	14.829	3.012	0.287
Si cumple prereq. 520145		1.000				
Nota prereq. 520145	-0.069	0.933	0.822	1.060	0.065	0.289
Cant. prereq. 520145	0.395	1.484	0.879	2.505	0.267	0.140

Tabla B.8: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525147



5. Cálculo I (527147)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-6.337	0.002	0.000	0.396	2.761	0.022*
Puntaje NEM	0.498	1.645	1.131	2.396	0.191	0.009*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.307	0.736	0.495	1.094	0.203	0.129
Puntaje PSU matemáticas	-0.013	0.987	0.551	1.771	0.298	0.966
Edad ingreso	0.025	1.025	0.877	1.197	0.079	0.757
Género femenino	-0.484	0.616	0.341	1.112	0.301	0.108
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.027	1.027	0.598	1.764	0.276	0.923
Grupo dep.: particular pagado	-0.734	0.480	0.194	1.185	0.461	0.111
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.318	0.268	0.116	0.619	0.427	0.002*
Segundo intento	-0.980	0.375	0.153	0.918	0.457	0.032*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 520145	5.671	290.325	12.740	6615.863	1.595	<0.001*
Si cumple prereq. 520145		1.000				
Nota prereq. 520145	0.149	1.161	1.094	1.231	0.030	<0.001*
Cant. prereq. 520145	-0.229	0.795	0.537	1.180	0.201	0.255

Tabla B.9: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 527147

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	2.238	9.375	0.000	2.100E+05	5.111	0.661
Puntaje NEM	-0.342	0.710	0.390	1.293	0.306	0.263
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.335	1.398	0.713	2.743	0.344	0.330
Puntaje PSU matemáticas	-0.647	0.524	0.168	1.632	0.580	0.265
Edad ingreso	-0.038	0.963	0.724	1.282	0.146	0.797
Género femenino	0.167	1.182	0.471	2.964	0.469	0.722
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.173	0.841	0.352	2.012	0.445	0.698
Grupo dep.: particular pagado	-0.803	0.448	0.106	1.893	0.735	0.275
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.811	0.164	0.057	0.466	0.534	0.001*
Segundo intento	-1.349	0.260	0.083	0.807	0.579	0.020*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 520145	2.986	19.806	0.103	3817.023	2.684	0.266
Si cumple prereq. 520145		1.000				
Nota prereq. 520145	0.055	1.056	0.948	1.177	0.055	0.324
Cant. prereq. 520145	0.386	1.471	0.881	2.456	0.262	0.140

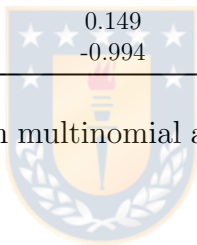
Tabla B.10: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 527147



6. Química I (530024)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-12.588	0.000	0.000	0.003	3.449	<0.001*
Puntaje NEM	0.917	2.502	1.598	3.914	0.229	<0.001*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.010	1.010	0.656	1.556	0.220	0.962
Puntaje PSU matemáticas	0.349	1.418	0.750	2.680	0.325	0.283
Edad ingreso	0.059	1.061	0.869	1.294	0.101	0.562
Género femenino	0.444	1.559	0.751	3.237	0.373	0.233
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.177	0.838	0.437	1.606	0.332	0.594
Grupo dep.: particular pagado	0.269	1.309	0.456	3.758	0.538	0.617
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.000	0.368	0.136	0.993	0.506	0.048*
Segundo intento	-0.908	0.403	0.137	1.187	0.551	0.099
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 530023	4.439	84.690	1.960	3656.739	1.921	0.021*
Si cumple prereq. 530023		1.000				
Nota prereq. 530023	0.149	1.161	1.076	1.251	0.038	<0.001*
Cant. prereq. 530023	-0.994	0.370	0.233	0.587	0.235	<0.001*

Tabla B.11: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 530024



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	6.705	816.478	0.015	4.300E+07	5.547	0.227
Puntaje NEM	-0.290	0.748	0.420	1.334	0.295	0.326
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.637	1.891	0.995	3.595	0.328	0.052
Puntaje PSU matemáticas	-1.001	0.367	0.141	0.955	0.487	0.040*
Edad ingreso	-0.175	0.840	0.610	1.155	0.163	0.282
Género femenino	-0.142	0.868	0.308	2.443	0.528	0.788
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.135	0.874	0.370	2.067	0.439	0.759
Grupo dep.: particular pagado	-0.086	0.918	0.212	3.981	0.749	0.909
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.304	0.271	0.094	0.782	0.540	0.016*
Segundo intento	-0.868	0.420	0.133	1.326	0.587	0.139
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 530023	0.542	1.719	0.006	505.326	2.899	0.852
Si cumple prereq. 530023		1.000				
Nota prereq. 530023	0.015	1.015	0.903	1.141	0.060	0.804
Cant. prereq. 530023	0.351	1.421	0.840	2.404	0.268	0.190

Tabla B.12: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 530024



7. Física I (510147)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-7.247	0.001	0.000	0.157	2.753	0.008*
Puntaje NEM	0.477	1.611	1.129	2.300	0.182	0.009*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.197	0.821	0.552	1.220	0.202	0.330
Puntaje PSU matemáticas	0.458	1.581	0.917	2.723	0.278	0.099
Edad ingreso	-0.033	0.968	0.809	1.156	0.091	0.715
Género femenino	0.582	1.790	0.963	3.325	0.316	0.066
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.321	1.379	0.813	2.336	0.269	0.234
Grupo dep.: particular pagado	0.654	1.923	0.763	4.848	0.472	0.166
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.650	0.522	0.258	1.058	0.360	0.071
Segundo intento	-0.080	0.923	0.426	2.003	0.395	0.840
Tercer o más intento		1.000				
Nota prerreq. 510145	0.091	1.095	1.045	1.149	0.024	<0.001*
Cant. prerreq. 510145	-0.707	0.493	0.332	0.731	0.201	<0.001*

Tabla B.13: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510147



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	7.667	2136.662	0.177	2.576E+07	4.795	0.110
Puntaje NEM	-0.268	0.765	0.442	1.324	0.280	0.338
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.225	1.252	0.651	2.410	0.334	0.501
Puntaje PSU matemáticas	-0.777	0.460	0.172	1.231	0.503	0.122
Edad ingreso	-0.067	0.935	0.711	1.229	0.140	0.630
Género femenino	0.285	1.330	0.509	3.477	0.490	0.561
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.352	0.703	0.331	1.494	0.384	0.360
Grupo dep.: particular pagado	0.022	1.022	0.284	3.677	0.653	0.973
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.157	0.314	0.128	0.770	0.457	0.011*
Segundo intento	-0.413	0.662	0.257	1.705	0.483	0.393
Tercer o más intento		1.000				
Nota prereq. 510145	-0.038	0.963	0.878	1.055	0.047	0.412
Cant. prereq. 510145	0.117	1.124	0.723	1.746	0.225	0.604

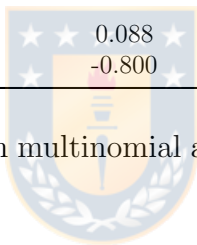
Tabla B.14: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510147



8. Álgebra II (525148)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-2.412	0.090	0.000	27.158	2.915	0.408
Puntaje NEM	0.132	1.141	0.734	1.774	0.225	0.559
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.084	1.088	0.676	1.749	0.243	0.731
Puntaje PSU matemáticas	0.134	1.143	0.605	2.158	0.324	0.681
Edad ingreso	-0.088	0.916	0.782	1.073	0.081	0.278
Género femenino	0.109	1.115	0.507	2.454	0.402	0.786
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.267	0.766	0.396	1.482	0.337	0.428
Grupo dep.: particular pagado	0.027	1.027	0.313	3.371	0.606	0.965
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.291	0.748	0.233	2.394	0.594	0.624
Segundo intento	0.419	1.520	0.433	5.345	0.641	0.514
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525147	1.820	6.172	0.265	143.733	1.606	0.257
Si cumple prereq. 525147		1.000				
Nota prereq. 525147	0.088	1.092	1.034	1.153	0.028	0.002*
Cant. prereq. 525147	-0.800	0.449	0.271	0.744	0.257	0.002*

Tabla B.15: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525148



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	6.617	747.699	0.009	6.248E+07	5.782	0.252
Puntaje NEM	-0.234	0.791	0.348	1.798	0.419	0.576
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.137	1.147	0.479	2.748	0.446	0.758
Puntaje PSU matemáticas	-0.208	0.812	0.262	2.517	0.577	0.719
Edad ingreso	-0.257	0.773	0.550	1.088	0.174	0.140
Género femenino	-1.524	0.218	0.022	2.120	1.161	0.189
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.472	0.624	0.187	2.075	0.613	0.441
Grupo dep.: particular pagado	0.830	2.293	0.395	13.315	0.897	0.355
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.187	0.112	0.026	0.484	0.746	0.003*
Segundo intento	-0.834	0.434	0.093	2.024	0.785	0.288
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525147	-11.855	0.000	0.000	0.000	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525147		1.000				
Nota prereq. 525147	0.010	1.010	0.908	1.122	0.054	0.860
Cant. prereq. 525147	0.199	1.220	0.569	2.616	0.389	0.610

Tabla B.16: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525148



9. Cálculo II (527148)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-5.948	0.003	0.000	1.074	3.071	0.053
Puntaje NEM	0.687	1.988	1.267	3.119	0.230	0.003*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.429	0.651	0.402	1.056	0.247	0.082
Puntaje PSU matemáticas	0.346	1.413	0.733	2.727	0.335	0.302
Edad ingreso	-0.083	0.920	0.785	1.079	0.081	0.308
Género femenino	-0.251	0.778	0.390	1.552	0.352	0.476
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.346	0.708	0.383	1.307	0.313	0.270
Grupo dep.: particular pagado	0.645	1.906	0.575	6.321	0.612	0.292
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.629	0.533	0.239	1.192	0.410	0.125
Segundo intento	-0.126	0.882	0.366	2.125	0.449	0.780
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 527147	3.572	35.588	1.521	833.035	1.609	0.026*
Si cumple prereq. 527147		1.000				
Nota prereq. 527147	0.117	1.124	1.064	1.188	0.028	<0.001*
Cant. prereq. 527147	-0.578	0.561	0.381	0.826	0.197	0.003*

Tabla B.17: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 527148

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	4.167	64.522	0.000	5.050E+07	6.924	0.547
Puntaje NEM	-0.056	0.946	0.390	2.293	0.452	0.902
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.279	0.756	0.278	2.058	0.511	0.585
Puntaje PSU matemáticas	-0.846	0.429	0.109	1.698	0.702	0.228
Edad ingreso	-0.075	0.928	0.647	1.331	0.184	0.685
Género femenino	-1.762	0.172	0.032	0.911	0.851	0.039*
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.473	1.605	0.459	5.616	0.639	0.459
Grupo dep.: particular pagado	1.366	3.920	0.415	36.989	1.145	0.233
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.400	0.247	0.066	0.923	0.673	0.038*
Segundo intento	-0.318	0.728	0.193	2.742	0.677	0.638
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 527147	2.917	18.486	0.085	4025.368	2.747	0.288
Si cumple prereq. 527147		1.000				
Nota prereq. 527147	0.057	1.059	0.952	1.177	0.054	0.295
Cant. prereq. 527147	0.670	1.954	1.041	3.671	0.322	0.037*

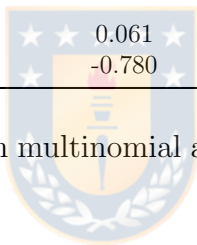
Tabla B.18: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 527148



10. Química II (530025)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-4.380	0.012	0.000	3.125	2.816	0.120
Puntaje NEM	0.658	1.931	1.231	3.030	0.230	0.004*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.669	0.512	0.325	0.806	0.232	0.004*
Puntaje PSU matemáticas	0.525	1.690	0.901	3.171	0.321	0.102
Edad ingreso	-0.008	0.992	0.850	1.158	0.079	0.916
Género femenino	0.348	1.416	0.694	2.889	0.364	0.339
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.103	1.109	0.590	2.083	0.322	0.748
Grupo dep.: particular pagado	0.271	1.311	0.461	3.727	0.533	0.611
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.681	0.506	0.210	1.222	0.450	0.130
Segundo intento	-0.494	0.610	0.233	1.598	0.491	0.314
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 530024	1.472	4.358	0.145	131.413	1.738	0.397
Si cumple prereq. 530024		1.000				
Nota prereq. 530024	0.061	1.063	0.995	1.134	0.033	0.069
Cant. prereq. 530024	-0.780	0.458	0.276	0.761	0.259	0.003*

Tabla B.19: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 530025



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	5.891	361.767	0.012	1.082E+07	5.258	0.263
Puntaje NEM	0.262	1.300	0.609	2.774	0.387	0.498
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.585	0.557	0.287	1.083	0.339	0.084
Puntaje PSU matemáticas	0.496	1.642	0.625	4.312	0.493	0.314
Edad ingreso	-0.041	0.960	0.735	1.254	0.136	0.764
Género femenino	0.592	1.808	0.568	5.759	0.591	0.316
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.348	1.416	0.514	3.906	0.517	0.501
Grupo dep.: particular pagado	0.750	2.117	0.427	10.497	0.817	0.359
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.958	0.384	0.122	1.205	0.584	0.101
Segundo intento	-0.740	0.477	0.133	1.707	0.650	0.255
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 530024	-7.518	0.000	0.000	0.765	3.699	0.042*
Si cumple prereq. 530024		1.000				
Nota prereq. 530024	-0.184	0.832	0.710	0.974	0.081	0.022*
Cant. prereq. 530024	0.263	1.301	0.764	2.215	0.272	0.333

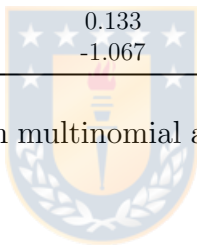
Tabla B.20: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 530025



11. Física II (510148)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.639	1.895	0.001	4246.054	3.936	0.871
Puntaje NEM	-0.088	0.916	0.522	1.607	0.287	0.760
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.005	1.005	0.536	1.884	0.321	0.988
Puntaje PSU matemáticas	0.401	1.493	0.606	3.683	0.460	0.384
Edad ingreso	-0.256	0.774	0.619	0.967	0.114	0.024*
Género femenino	-0.066	0.936	0.350	2.503	0.502	0.895
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.008	1.008	0.420	2.419	0.447	0.986
Grupo dep.: particular pagado	-0.411	0.663	0.142	3.089	0.785	0.601
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.640	0.527	0.101	2.753	0.843	0.448
Segundo intento	-0.621	0.537	0.092	3.145	0.901	0.491
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 510147	2.428	11.336	0.102	1263.295	2.405	0.313
Si cumple prereq. 510147		1.000				
Nota prereq. 510147	0.133	1.142	1.046	1.246	0.045	0.003*
Cant. prereq. 510147	-1.067	0.344	0.216	0.547	0.237	<0.001*

Tabla B.21: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510148



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	17.877	5.806E+07	0.271	1.241E+16	9.786	0.068
Puntaje NEM	-0.506	0.603	0.266	1.368	0.418	0.226
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.552	1.737	0.632	4.776	0.516	0.285
Puntaje PSU matemáticas	-0.089	0.915	0.194	4.322	0.792	0.911
Edad ingreso	-0.501	0.606	0.324	1.134	0.320	0.117
Género femenino	0.139	1.149	0.235	5.632	0.811	0.864
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.959	2.609	0.577	11.805	0.770	0.213
Grupo dep.: particular pagado	0.554	1.740	0.125	24.252	1.344	0.680
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.823	0.162	0.025	1.055	0.958	0.057
Segundo intento	-1.198	0.302	0.042	2.184	1.010	0.236
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 510147	-7.866	0.000	0.000	50.058	6.010	0.191
Si cumple prereq. 510147		1.000				
Nota prereq. 510147	-0.192	0.825	0.634	1.073	0.134	0.151
Cant. prereq. 510147	-0.095	0.909	0.485	1.704	0.321	0.766

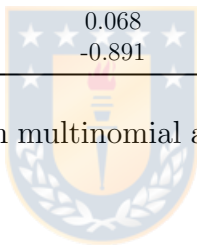
Tabla B.22: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510148



12. Álgebra III (525201)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-2.759	0.063	0.000	961.678	4.912	0.574
Puntaje NEM	1.078	2.939	1.410	6.129	0.375	0.004*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.466	0.627	0.301	1.307	0.374	0.213
Puntaje PSU matemáticas	1.995	7.352	2.070	26.105	0.647	0.002*
Edad ingreso	-0.260	0.771	0.546	1.089	0.176	0.140
Género femenino	-0.069	0.933	0.285	3.057	0.605	0.909
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.208	0.812	0.273	2.417	0.557	0.708
Grupo dep.: particular pagado	-0.594	0.552	0.092	3.317	0.915	0.516
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-12.027	0.000	0.000	0.000	2.177	<0.001*
Segundo intento	-8.669	0.000	0.000	0.015	2.264	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	3.188	24.240	0.223	2629.916	2.391	0.183
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.068	1.070	0.984	1.165	0.043	0.114
Cant. prereq. 525148	-0.891	0.410	0.132	1.272	0.578	0.123

Tabla B.23: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525201



Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	13.219	5.507E+05	2.106	1.439E+11	6.364	0.038*
Puntaje NEM	-0.019	0.981	0.390	2.470	0.471	0.968
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.236	1.266	0.485	3.302	0.489	0.630
Puntaje PSU matemáticas	-0.042	0.959	0.165	5.578	0.899	0.963
Edad ingreso	-0.203	0.816	0.557	1.197	0.195	0.299
Género femenino	-0.653	0.520	0.102	2.655	0.832	0.432
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.149	1.161	0.266	5.074	0.752	0.843
Grupo dep.: particular pagado	0.304	1.355	0.112	16.442	1.274	0.812
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-11.531	0.000	0.000	0.001	2.168	<0.001*
Segundo intento	-8.556	0.000	0.000	0.016	2.255	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	0.952	2.591	0.003	2020.711	3.398	0.779
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	-0.031	0.970	0.849	1.107	0.068	0.650
Cant. prereq. 525148	0.884	2.421	0.913	6.418	0.498	0.076

Tabla B.24: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525201



13. Cálculo III (525211)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-8.752	0.000	0.000	8.122	5.534	0.114
Puntaje NEM	0.289	1.335	0.721	2.469	0.314	0.358
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.291	0.748	0.372	1.504	0.357	0.415
Puntaje PSU matemáticas	1.430	4.179	1.268	13.777	0.608	0.019*
Edad ingreso	0.074	1.077	0.824	1.407	0.137	0.588
Género femenino	1.113	3.043	0.869	10.672	0.640	0.082
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.430	0.650	0.246	1.716	0.495	0.385
Grupo dep.: particular pagado	-0.060	0.942	0.140	6.331	0.972	0.951
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.158	0.116	0.017	0.800	0.987	0.029*
Segundo intento	-2.649	0.071	0.009	0.560	1.056	0.012*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-1.689	0.185	0.002	21.682	2.431	0.487
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.011	1.011	0.914	1.118	0.051	0.837
Cant. prereq. 525148	-1.465	0.231	0.076	0.704	0.568	0.010*
No cumple prereq. 527148	1.568	4.797	0.016	1471.661	2.922	0.591
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.066	1.068	0.946	1.206	0.062	0.288
Cant. prereq. 527148	-0.046	0.955	0.468	1.949	0.364	0.900

Tabla B.25: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525211

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-4.462	0.011	0.000	4.053E+12	17.088	0.794
Puntaje NEM	-0.877	0.416	0.067	2.580	0.931	0.346
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.949	2.583	0.449	14.870	0.893	0.288
Puntaje PSU matemáticas	2.450	11.588	0.374	359.297	1.752	0.162
Edad ingreso	-0.427	0.652	0.224	1.903	0.546	0.435
Género femenino	2.176	8.811	0.275	282.154	1.769	0.219
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.188	0.305	0.027	3.392	1.229	0.334
Grupo dep.: particular pagado	-8.066	0.000	0.000	0.001	0.293	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.559	0.028	0.001	1.415	1.993	0.074
Segundo intento	-0.348	0.706	0.027	18.551	1.668	0.835
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-2.695	0.068	0.000	4.682E+21	26.834	0.920
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.122	1.130	0.897	1.424	0.118	0.301
Cant. prereq. 525148	-0.383	0.682	0.140	3.328	0.809	0.636
No cumple prereq. 527148	-14.611	0.000	0.000	0.000	0.568	<0.001*
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	-0.204	0.816	0.585	1.137	0.169	0.229
Cant. prereq. 527148	0.422	1.525	0.499	4.657	0.570	0.459

Tabla B.26: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525211

14. Ecuaciones Diferenciales I (525221)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-7.821	0.000	0.000	10.521	5.191	0.132
Puntaje NEM	0.026	1.026	0.565	1.864	0.304	0.932
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.285	0.752	0.381	1.484	0.347	0.411
Puntaje PSU matemáticas	1.158	3.184	1.110	9.128	0.537	0.031*
Edad ingreso	-0.056	0.946	0.735	1.217	0.129	0.662
Género femenino	1.194	3.300	1.080	10.091	0.570	0.036
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.471	0.624	0.236	1.655	0.497	0.344
Grupo dep.: particular pagado	-0.557	0.573	0.097	3.381	0.906	0.539
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.668	0.189	0.030	1.198	0.943	0.077
Segundo intento	-0.014	0.986	0.144	6.742	0.981	0.989
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	3.016	20.410	0.263	1583.772	2.220	0.174
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.092	1.096	0.998	1.205	0.048	0.055
Cant. prereq. 525148	-1.144	0.318	0.124	0.818	0.481	0.017*
No cumple prereq. 527148	0.968	2.633	0.028	251.111	2.325	0.677
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.078	1.081	0.982	1.190	0.049	0.113
Cant. prereq. 527148	-0.874	0.417	0.213	0.816	0.342	0.011*

Tabla B.27: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525221

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-15.127	0.000	0.000	27.637	9.412	0.108
Puntaje NEM	-0.595	0.552	0.161	1.889	0.628	0.343
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.114	0.892	0.258	3.083	0.633	0.857
Puntaje PSU matemáticas	1.802	6.062	0.824	44.606	1.018	0.077
Edad ingreso	-0.066	0.936	0.556	1.577	0.266	0.804
Género femenino	0.703	2.020	0.211	19.359	1.153	0.542
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.609	0.200	0.035	1.146	0.890	0.071
Grupo dep.: particular pagado	-10.611	0.000	0.000	0.000	0.009	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.476	0.031	0.003	0.374	1.272	0.006*
Segundo intento	-0.894	0.409	0.049	3.389	1.079	0.407
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	7.418	1665.699	0.506	5.483E+06	4.132	0.073
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.119	1.126	0.947	1.339	0.088	0.179
Cant. prereq. 525148	-0.062	0.940	0.241	3.660	0.694	0.929
No cumple prereq. 527148	2.384	10.848	0.003	4.689E+04	4.271	0.577
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.104	1.110	0.949	1.298	0.080	0.190
Cant. prereq. 527148	0.319	1.376	0.628	3.011	0.400	0.426

Tabla B.28: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525221

15. Lenguaje de Programación (503201)

Covariables	Aprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	3.739	42.056	0.145	1.219E+04	2.893	0.196
Puntaje NEM	0.437	1.548	0.948	2.528	0.250	0.080
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.293	1.340	0.763	2.354	0.287	0.308
Puntaje PSU matemáticas	0.447	1.564	0.739	3.308	0.382	0.242
Edad ingreso	-0.088	0.916	0.746	1.125	0.105	0.403
Género femenino	0.934	2.545	0.963	6.727	0.496	0.059
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.156	1.169	0.537	2.545	0.397	0.695
Grupo dep.: particular pagado	0.016	1.016	0.294	3.514	0.633	0.979
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-8.949	0.000	0.000	0.003	1.605	<0.001*
Segundo intento	-8.206	0.000	0.000	0.006	1.611	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.29: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 503201



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	20.532	8.259E+08	8.878E+04	7.679E+12	4.662	<0.001*
Puntaje NEM	-0.710	0.492	0.231	1.046	0.386	0.065
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.157	1.170	0.504	2.713	0.429	0.715
Puntaje PSU matemáticas	-0.889	0.411	0.124	1.368	0.613	0.147
Edad ingreso	-0.046	0.955	0.710	1.284	0.151	0.760
Género femenino	0.908	2.479	0.625	9.824	0.703	0.196
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.454	1.575	0.510	4.865	0.575	0.430
Grupo dep.: particular pagado	-0.865	0.421	0.036	4.875	1.250	0.489
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-11.807	0.000	0.000	0.000	1.548	<0.001*
Segundo intento	-10.247	0.000	0.000	0.001	1.573	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.30: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 503201



16. Taller I: Introducción a la Ingeniería Matemática (525291) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	5.953	384.906	0.001	2.243E+08	6.773	0.380
Puntaje NEM	-0.501	0.606	0.207	1.773	0.548	0.360
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.546	1.726	0.592	5.037	0.546	0.317
Puntaje PSU matemáticas	-0.068	0.934	0.192	4.538	0.806	0.933
Edad Ingreso	-0.115	0.891	0.609	1.304	0.194	0.553
Género femenino	1.287	3.622	0.442	29.697	1.074	0.231
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.196	0.822	0.154	4.396	0.856	0.819
Grupo dep.: particular pagado	-0.164	0.849	0.046	15.808	1.492	0.913
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	0.469	1.598	0.055	46.179	1.716	0.785
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prerreque. 525148	-2.392	0.091	0.000	26.040	2.883	0.407
Si cumple prerreque. 525148		1.000				
Nota prerreque. 525148	-0.003	0.997	0.901	1.102	0.051	0.947
Cant. prerreque. 525148	-0.469	0.626	0.152	2.565	0.720	0.514
No cumple prerreque. 527148	0.651	1.917	0.004	844.714	3.106	0.834
Si cumple prerreque. 527148		1.000				
Nota prerreque. 527148	-0.019	0.981	0.873	1.102	0.059	0.745
Cant. prerreque. 527148	0.549	1.732	0.359	8.352	0.803	0.494

Tabla B.31: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525291

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.960	2.612	0.000	8.383E+09	11.168	0.932
Puntaje NEM	-1.469	0.230	0.038	1.396	0.919	0.110
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.091	2.977	0.570	15.560	0.844	0.196
Puntaje PSU matemáticas	0.517	1.677	0.107	26.278	1.404	0.712
Edad ingreso	-0.045	0.956	0.553	1.653	0.279	0.873
Género femenino	1.799	6.044	0.258	141.849	1.610	0.264
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.406	0.245	0.021	2.917	1.263	0.266
Grupo dep.: particular pagado	-0.085	0.918	0.018	47.359	2.011	0.966
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.230	0.107	0.001	13.187	2.454	0.363
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-2.237	0.107	0.000	593.897	4.400	0.611
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.034	1.035	0.884	1.211	0.080	0.668
Cant. prereq. 525148	-0.860	0.423	0.062	2.908	0.983	0.382
No cumple prereq. 527148	3.459	31.785	0.001	9.750E+05	5.271	0.512
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	-0.026	0.974	0.794	1.196	0.104	0.807
Cant. prereq. 527148	1.299	3.666	0.437	30.729	1.085	0.231

Tabla B.32: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525291

17. Cálculo IV (525212)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	3.946	51.728	0.002	1.158E+06	5.111	0.440
Puntaje NEM	-0.087	0.917	0.438	1.919	0.377	0.817
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.452	1.571	0.747	3.303	0.379	0.233
Puntaje PSU matemáticas	-0.120	0.887	0.271	2.901	0.605	0.842
Edad ingreso	-0.242	0.785	0.610	1.010	0.129	0.059
Género femenino	-0.996	0.369	0.119	1.150	0.579	0.086
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.045	1.046	0.347	3.147	0.562	0.937
Grupo dep.: particular pagado	-0.267	0.766	0.144	4.073	0.853	0.754
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.636	0.195	0.045	0.839	0.745	0.028*
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	2.959	19.279	0.162	2302.542	2.440	0.225
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.054	1.056	0.971	1.148	0.043	0.202
Cant. prereq. 525211	-0.462	0.630	0.308	1.288	0.365	0.205

Tabla B.33: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525212



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	57.963	1.489E+25	1.701E+21	1.305E+29	4.632	<0.001*
Puntaje NEM	-1.013	0.363	0.089	1.480	0.717	0.158
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.437	1.548	0.426	5.619	0.658	0.507
Puntaje PSU matemáticas	-1.447	0.235	0.023	2.443	1.194	0.226
Edad ingreso	-0.149	0.862	0.602	1.233	0.183	0.416
Género femenino	0.203	1.225	0.151	9.909	1.067	0.849
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.900	0.407	0.065	2.530	0.933	0.335
Grupo dep.: particular pagado	0.165	1.179	0.082	16.933	1.359	0.903
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.135	0.321	0.035	2.910	1.124	0.313
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-48.836	0.000	0.000	0.000	0.015	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.004	0.996	0.856	1.159	0.077	0.959
Cant. prereq. 525211	-40.877	0.000	0.000	0.000	4.646	<0.001*

Tabla B.34: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525212



18. Análisis Numérico I (525240)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-11.066	0.000	0.000	0.542	5.333	0.038*
Puntaje NEM	0.791	2.206	1.043	4.670	0.382	0.039*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.340	1.405	0.657	3.004	0.388	0.381
Puntaje PSU matemáticas	0.393	1.481	0.421	5.217	0.642	0.540
Edad ingreso	-0.129	0.879	0.694	1.113	0.120	0.284
Género femenino	-1.026	0.358	0.106	1.215	0.623	0.100
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.346	1.413	0.514	3.885	0.516	0.503
Grupo dep.: particular pagado	0.971	2.641	0.429	16.234	0.927	0.295
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.798	0.450	0.044	4.656	1.192	0.503
Segundo intento	0.837	2.309	0.198	26.876	1.252	0.504
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	0.821	2.273	0.016	327.300	2.536	0.746
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.031	0.970	0.886	1.061	0.046	0.500
Cant. prereq. 525211	-0.285	0.752	0.333	1.700	0.416	0.494
No cumple prereq. 525221	6.644	768.162	1.664	3.545E+05	3.130	0.034*
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	0.166	1.181	1.035	1.348	0.067	0.013*
Cant. prereq. 525221	-0.166	0.847	0.399	1.800	0.384	0.667

Tabla B.35: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525240

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	19.551	3.097E+08	0.000	8.572E+28	24.015	0.416
Puntaje NEM	-1.540	0.214	0.017	2.731	1.298	0.236
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.387	4.003	0.582	27.531	0.984	0.159
Puntaje PSU matemáticas	-2.489	0.083	0.001	6.416	2.218	0.262
Edad ingreso	-0.152	0.859	0.469	1.572	0.309	0.621
Género femenino	2.034	7.645	0.233	250.737	1.781	0.253
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.005	1.005	0.081	12.510	1.287	0.997
Grupo dep.: particular pagado	-5.565	0.004	0.002	0.009	0.445	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-4.721	0.009	0.000	0.439	1.988	0.018*
Segundo intento	-0.949	0.387	0.017	9.044	1.608	0.555
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-5.903	0.003	0.000	0.018	0.970	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.003	0.997	0.798	1.244	0.113	0.976
Cant. prereq. 525211	-0.435	0.647	0.115	3.661	0.884	0.623
No cumple prereq. 525221	4.152	63.561	0.000	6.283E+14	15.267	0.786
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	0.017	1.017	0.516	2.004	0.346	0.961
Cant. prereq. 525221	0.190	1.209	0.342	4.277	0.644	0.768

Tabla B.36: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525240

19. Ecuaciones Diferenciales II (525222)

Covariables	Aprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	9.702	1.635E+04	0.007	3.735E+10	7.470	0.194
Puntaje NEM	0.077	1.080	0.372	3.138	0.544	0.888
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.075	1.078	0.448	2.596	0.448	0.867
Puntaje PSU matemáticas	0.141	1.151	0.274	4.844	0.733	0.848
Edad ingreso	-0.141	0.869	0.574	1.313	0.211	0.503
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.439	0.645	0.124	3.339	0.839	0.601
Grupo dep.: particular pagado	-2.239	0.107	0.014	0.825	1.044	0.032*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.152	0.316	0.002	61.072	2.686	0.668
Segundo intento	-0.016	0.984	0.004	238.874	2.802	0.995
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-6.569	0.001	0.000	1.037	3.370	0.051
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.073	0.930	0.829	1.043	0.058	0.213
Cant. prereq. 525211	-1.109	0.330	0.104	1.042	0.587	0.059
No cumple prereq. 525221	0.172	1.188	0.002	724.733	3.273	0.958
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	-0.016	0.984	0.879	1.101	0.057	0.773
Cant. prereq. 525221	0.449	1.567	0.403	6.095	0.693	0.517

Tabla B.37: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525222

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	42.634	3.279E+18	8.666E+04	1.240E+32	15.951	0.008*
Puntaje NEM	-0.459	0.632	0.137	2.915	0.780	0.556
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.373	1.452	0.358	5.889	0.715	0.602
Puntaje PSU matemáticas	-2.968	0.051	0.002	1.157	1.589	0.062
Edad ingreso	-0.218	0.804	0.434	1.489	0.314	0.488
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.965	0.381	0.036	4.007	1.200	0.422
Grupo dep.: particular pagado	-2.237	0.107	0.002	6.212	2.073	0.281
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-6.429	0.002	0.000	3.777	3.958	0.104
Segundo intento	-2.910	0.054	0.000	115.563	3.908	0.457
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-1.874	0.153	0.000	5352.917	5.337	0.725
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.013	1.013	0.837	1.227	0.098	0.892
Cant. prereq. 525211	-1.225	0.294	0.066	1.302	0.760	0.107
No cumple prereq. 525221	-9.236	0.000	0.000	24.764	6.350	0.146
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	-0.252	0.777	0.596	1.014	0.136	0.063
Cant. prereq. 525221	0.758	2.134	0.471	9.677	0.771	0.326

Tabla B.38: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525222



20. Fenómenos de Transporte (542330)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	8.437	4614.690	0.122	1.748E+08	5.379	0.117
Puntaje NEM	0.614	1.848	0.898	3.799	0.368	0.095
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.161	1.175	0.582	2.371	0.358	0.653
Puntaje PSU matemáticas	-0.556	0.574	0.178	1.851	0.598	0.352
Edad ingreso	-0.076	0.927	0.723	1.189	0.127	0.552
Género femenino	-0.085	0.918	0.287	2.936	0.593	0.886
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.165	0.848	0.305	2.355	0.521	0.752
Grupo dep.: particular pagado	1.637	5.140	0.721	36.656	1.002	0.102
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-9.856	0.000	0.000	0.109	3.896	0.011*
Segundo intento	-6.663	0.001	0.000	2.873	3.938	0.091
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	4.009	55.092	0.502	6054.447	2.398	0.094
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.103	1.109	1.009	1.218	0.048	0.032*
Cant. prereq. 525211	-0.679	0.507	0.193	1.332	0.493	0.168
No cumple prereq. 525221	-2.776	0.062	0.000	8.263	2.494	0.266
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	-0.015	0.985	0.898	1.081	0.047	0.758
Cant. prereq. 525221	-1.056	0.348	0.109	1.114	0.594	0.075

Tabla B.39: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 542330

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	42.768	3.749E+18	7.657E+07	1.835E+29	12.558	0.001*
Puntaje NEM	-2.237	0.107	0.008	1.435	1.326	0.092
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.363	3.908	0.848	18.000	0.779	0.080
Puntaje PSU matemáticas	-0.494	0.610	0.048	7.692	1.293	0.703
Edad ingreso	-0.356	0.701	0.404	1.215	0.281	0.205
Género femenino	-0.965	0.381	0.016	8.972	1.612	0.549
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.544	1.723	0.201	14.795	1.097	0.620
Grupo dep.: particular pagado	-0.113	0.893	0.011	74.076	2.254	0.960
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-11.320	0.000	0.000	0.013	3.547	0.001*
Segundo intento	-8.079	0.000	0.000	0.428	3.689	0.029*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-34.749	0.000	0.000	0.000	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.363	0.696	0.463	1.045	0.208	0.080
Cant. prereq. 525211	-0.470	0.625	0.131	2.988	0.798	0.556
No cumple prereq. 525221	0.281	1.325	0.000	84357.590	5.644	0.960
Si cumple prereq. 525221		1.000				
Nota prereq. 525221	-0.032	0.969	0.768	1.223	0.119	0.790
Cant. prereq. 525221	-0.517	0.596	0.148	2.398	0.710	0.466

Tabla B.40: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 542330

21. Termodinámica (510215) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-8.775	0.000	0.000	1925.582	8.336	0.292
Puntaje NEM	0.324	1.383	0.532	3.597	0.488	0.506
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.075	0.928	0.332	2.591	0.524	0.886
Puntaje PSU matemáticas	1.639	5.150	0.852	31.153	0.918	0.074
Edad ingreso	-0.109	0.897	0.649	1.239	0.165	0.508
Género femenino	0.730	2.075	0.336	12.825	0.929	0.432
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.577	1.781	0.448	7.074	0.704	0.413
Grupo dep.: particular pagado	0.799	2.223	0.124	39.819	1.472	0.587
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.492	0.225	0.003	19.513	2.277	0.512
Segundo intento	-2.471	0.085	0.001	10.878	2.478	0.319
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	0.506	1.659	0.001	3017.959	3.830	0.895
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.036	1.037	0.884	1.214	0.081	0.660
Cant. prereq. 525148	-0.277	0.758	0.205	2.812	0.669	0.679
No cumple prereq. 527148	-0.238	0.788	0.000	1526.076	3.861	0.951
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.000	1.000	0.853	1.174	0.082	0.998
Cant. prereq. 527148	0.207	1.230	0.444	3.409	0.520	0.691

Tabla B.41: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510215

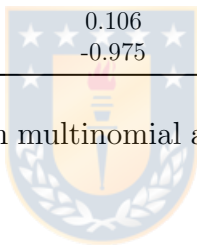
Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-12.526	0.000	0.000	1.022E+05	12.276	0.308
Puntaje NEM	0.266	1.305	0.266	6.404	0.812	0.743
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.098	1.103	0.222	5.469	0.817	0.904
Puntaje PSU matemáticas	0.093	1.097	0.063	19.167	1.459	0.949
Edad ingreso	0.032	1.032	0.583	1.828	0.292	0.913
Género femenino	0.531	1.701	0.080	36.269	1.561	0.734
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-2.391	0.091	0.006	1.403	1.393	0.086
Grupo dep.: particular pagado	1.237	3.445	0.070	169.656	1.988	0.534
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.348	0.096	0.000	38.747	3.064	0.443
Segundo intento	-1.589	0.204	0.000	114.215	3.228	0.623
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-0.162	0.850	0.000	9.104E+04	5.909	0.978
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.105	1.111	0.862	1.430	0.129	0.416
Cant. prereq. 525148	-1.971	0.139	0.015	1.296	1.138	0.083
No cumple prereq. 527148	11.216	7.431E+04	0.074	7.428E+10	7.049	0.112
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.105	1.111	0.856	1.441	0.133	0.430
Cant. prereq. 527148	2.316	10.135	1.476	69.565	0.983	0.018*

Tabla B.42: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510215

22. Análisis Real I (525301)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.917	2.502	0.001	11928.708	4.321	0.832
Puntaje NEM	-0.208	0.812	0.459	1.436	0.291	0.474
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.535	1.707	0.895	3.259	0.330	0.105
Puntaje PSU matemáticas	0.036	1.037	0.372	2.888	0.523	0.945
Edad ingreso	-0.264	0.768	0.620	0.951	0.109	0.016*
Género femenino	0.046	1.047	0.398	2.755	0.494	0.926
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.643	0.526	0.213	1.300	0.462	0.164
Grupo dep.: particular pagado	0.091	1.095	0.247	4.866	0.761	0.904
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.395	0.248	0.045	1.367	0.871	0.109
Segundo intento	-0.495	0.610	0.101	3.669	0.916	0.589
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	4.332	76.096	1.405	4121.983	2.037	0.033*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.106	1.112	1.031	1.199	0.039	0.006*
Cant. prereq. 525211	-0.975	0.377	0.161	0.885	0.435	0.025*

Tabla B.43: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525301



Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	11.825	1.366E+05	0.015	1.269E+12	8.186	0.149
Puntaje NEM	-0.752	0.471	0.175	1.267	0.504	0.136
Puntaje PSU lenguaje y comunicaci3n	0.461	1.586	0.584	4.310	0.510	0.366
Puntaje PSU matemáticas	-0.917	0.400	0.056	2.835	1.000	0.359
Edad ingreso	-0.088	0.916	0.664	1.264	0.164	0.593
Género femenino	-0.321	0.725	0.124	4.227	0.899	0.721
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.717	2.048	0.412	10.184	0.819	0.381
Grupo dep.: particular pagado	0.219	1.245	0.075	20.541	1.431	0.878
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.244	0.288	0.035	2.385	1.078	0.249
Segundo intento	-0.428	0.652	0.071	6.019	1.134	0.706
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525211	-15.320	0.000	0.000	0.000	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	-0.064	0.938	0.788	1.115	0.089	0.467
Cant. prereq. 525211	0.023	1.023	0.479	2.184	0.387	0.953

Tabla B.44: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525301



23. Optimización I (525351)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-0.848	0.428	0.000	10638.539	5.163	0.870
Puntaje NEM	0.788	2.199	0.768	6.295	0.537	0.142
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.225	1.252	0.450	3.489	0.523	0.667
Puntaje PSU matemáticas	0.936	2.550	0.556	11.697	0.777	0.229
Edad ingreso	-0.318	0.728	0.509	1.040	0.182	0.081
Género femenino	-1.499	0.223	0.050	1.006	0.768	0.051
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.058	0.347	0.069	1.736	0.821	0.198
Grupo dep.: particular pagado	0.883	2.418	0.134	43.744	1.477	0.550
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-8.052	0.000	0.000	0.056	2.638	0.002*
Segundo intento	-4.790	0.008	0.000	1.678	2.708	0.077
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	33.469	3.431E+14	3.429E+14	3.430E+14	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	0.086	1.090	0.979	1.213	0.055	0.117
Cant. prereq. 525240	0.211	1.235	0.431	3.535	0.537	0.694

Tabla B.45: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525351



Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	68.659	6.580E+29	3.362E+29	1.288E+30	0.343	<0.001*
Puntaje NEM	-5.329	0.005	0.000	0.162	1.791	0.003*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	5.233	187.354	3.462	10138.732	2.036	0.010*
Puntaje PSU matemáticas	-10.149	0.000	0.000	0.008	2.684	<0.001*
Edad ingreso	-1.173	0.309	0.085	1.126	0.659	0.075
Género femenino	1.985	7.279	0.145	365.602	1.998	0.320
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-2.358	0.095	0.000	40.870	3.096	0.446
Grupo dep.: particular pagado	-24.316	0.000	0.000	0.000	0.000	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	32.191	9.558E+13	1.259E+13	7.250E+14	1.034	<0.001*
Segundo intento	36.735	8.991E+15	9.039E+14	8.950E+16	1.172	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	2.564	12.988	12.986	12.988	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	-0.392	0.676	0.380	1.202	0.294	0.182
Cant. prereq. 525240	2.989	19.866	0.783	504.109	1.650	0.070

Tabla B.46: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525351



24. Análisis Numérico II (525441)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-7.300	0.001	0.000	1283.964	7.376	0.322
Puntaje NEM	0.129	1.138	0.456	2.840	0.467	0.782
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.573	1.774	0.654	4.810	0.509	0.260
Puntaje PSU matemáticas	-0.015	0.985	0.242	4.015	0.717	0.983
Edad ingreso	0.003	1.003	0.675	1.490	0.202	0.989
Género femenino	0.779	2.179	0.346	13.733	0.939	0.406
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.004	0.996	0.226	4.380	0.756	0.996
Grupo dep.: particular pagado	-1.271	0.281	0.044	1.776	0.941	0.177
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.738	0.478	0.079	2.880	0.916	0.421
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	16.663	1.724E+07	1.719E+07	1.729E+07	0.002	<0.001*
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	0.152	1.164	1.012	1.339	0.071	0.033*
Cant. prereq. 525240	-1.369	0.254	0.051	1.273	0.822	0.096

Tabla B.47: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525441



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	22.152	4.173E+09	0.000	1.130E+29	22.830	0.332
Puntaje NEM	-2.082	0.125	0.008	1.904	1.391	0.134
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.722	5.596	0.241	129.819	1.604	0.283
Puntaje PSU matemáticas	-2.468	0.085	0.000	29.252	2.982	0.408
Edad ingreso	0.081	1.084	0.489	2.408	0.407	0.841
Género femenino	0.385	1.470	0.045	47.703	1.776	0.828
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.345	0.708	0.016	31.464	1.935	0.859
Grupo dep.: particular pagado	-1.679	0.187	0.001	55.967	2.910	0.564
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.121	0.120	0.004	3.984	1.787	0.235
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	-0.908	0.403	0.402	0.405	0.002	<0.001*
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	-0.158	0.854	0.564	1.294	0.212	0.457
Cant. prereq. 525240	2.287	9.845	0.516	187.890	1.504	0.128

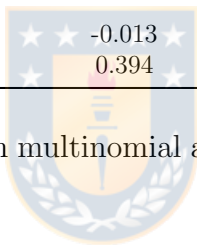
Tabla B.48: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525441



25. Mecánica de Fluidos (542202)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-6.164	0.002	0.000	8.959	4.264	0.148
Puntaje NEM	-0.314	0.731	0.366	1.457	0.352	0.372
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.047	2.849	1.308	6.199	0.397	0.008*
Puntaje PSU matemáticas	0.753	2.123	0.882	5.105	0.448	0.093
Edad ingreso	-0.120	0.887	0.677	1.160	0.137	0.381
Género femenino	0.525	1.690	0.589	4.852	0.538	0.329
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.576	1.779	0.669	4.731	0.499	0.248
Grupo dep.: particular pagado	0.862	2.368	0.417	13.451	0.886	0.331
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.500	0.223	0.043	1.163	0.843	0.075
Segundo intento	0.096	1.101	0.191	6.354	0.894	0.914
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 542330	1.591	4.909	0.090	268.735	2.042	0.436
Si cumple prereq. 542330		1.000				
Nota prereq. 542330	-0.013	0.987	0.911	1.069	0.041	0.744
Cant. prereq. 542330	0.394	1.483	0.510	4.308	0.544	0.469

Tabla B.49: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 542202



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-1.648	0.192	0.000	5.134E+06	8.724	0.850
Puntaje NEM	-0.414	0.661	0.188	2.317	0.640	0.517
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.472	1.603	0.269	9.560	0.911	0.604
Puntaje PSU matemáticas	0.482	1.619	0.225	11.652	1.007	0.632
Edad ingreso	1.357	3.885	1.047	14.425	0.669	0.042*
Género femenino	0.218	1.244	0.113	13.710	1.225	0.859
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.150	0.861	0.073	10.177	1.260	0.905
Grupo dep.: particular pagado	-18.549	0.000	0.000	0.000	0.152	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	5.972	392.289	0.044	3.524E+06	4.645	0.199
Segundo intento	7.588	1974.361	0.314	1.242E+07	4.463	0.089
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 542330	-32.980	0.000	0.000	3.536	17.471	0.059
Si cumple prereq. 542330		1.000				
Nota prereq. 542330	-0.808	0.446	0.196	1.014	0.419	0.054
Cant. prereq. 542330	-1.008	0.365	0.020	6.668	1.482	0.497

Tabla B.50: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 542202



26. Probabilidades (523265)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-4.744	0.009	0.000	48.801	4.404	0.281
Puntaje NEM	0.491	1.634	0.919	2.907	0.294	0.095
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.029	1.029	0.545	1.944	0.324	0.928
Puntaje PSU matemáticas	0.641	1.898	0.701	5.144	0.508	0.207
Edad ingreso	-0.121	0.886	0.716	1.097	0.109	0.268
Género femenino	0.721	2.057	0.715	5.914	0.539	0.181
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.686	1.986	0.844	4.678	0.437	0.116
Grupo dep.: particular pagado	0.563	1.756	0.442	6.976	0.704	0.423
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.406	0.245	0.027	2.201	1.120	0.209
Segundo intento	-0.538	0.584	0.060	5.703	1.163	0.643
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-0.882	0.414	0.005	31.424	2.209	0.690
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	0.001	1.001	0.932	1.074	0.036	0.989
Cant. prereq. 525148	-0.672	0.511	0.219	1.189	0.431	0.119
No cumple prereq. 527148	1.117	3.056	0.028	338.452	2.402	0.642
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.040	1.041	0.956	1.134	0.044	0.354
Cant. prereq. 527148	-0.155	0.856	0.465	1.576	0.311	0.618

Tabla B.51: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523265

Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	13.563	7.768E+05	0.001	4.516E+14	10.296	0.188
Puntaje NEM	-0.158	0.854	0.318	2.296	0.504	0.755
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.975	2.651	0.747	9.398	0.646	0.131
Puntaje PSU matemáticas	-2.421	0.089	0.008	0.971	1.221	0.047*
Edad ingreso	-0.482	0.618	0.389	0.979	0.235	0.040*
Género femenino	0.373	1.452	0.255	8.261	0.887	0.675
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	1.016	2.762	0.580	13.162	0.797	0.202
Grupo dep.: particular pagado	2.821	16.794	0.955	295.274	1.463	0.054
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.830	0.059	0.004	0.824	1.345	0.035*
Segundo intento	-1.194	0.303	0.021	4.475	1.374	0.385
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525148	-1.194	0.303	0.000	901.525	4.081	0.770
Si cumple prereq. 525148		1.000				
Nota prereq. 525148	-0.039	0.962	0.807	1.146	0.089	0.662
Cant. prereq. 525148	0.603	1.828	0.456	7.329	0.709	0.395
No cumple prereq. 527148	9.863	19206.422	3.539	1.043E+08	4.388	0.025*
Si cumple prereq. 527148		1.000				
Nota prereq. 527148	0.128	1.137	0.972	1.329	0.080	0.110
Cant. prereq. 527148	0.945	2.573	1.078	6.140	0.444	0.033*

Tabla B.52: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523265

27. Análisis Real II (525302) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.487	1.627	0.293	9.039	0.875	0.579
Puntaje NEM	-0.026	0.974	0.831	1.142	0.081	0.746
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.054	1.055	0.908	1.228	0.077	0.485
Puntaje PSU matemáticas	-0.033	0.968	0.820	1.141	0.084	0.697
Edad ingreso	0.005	1.005	0.949	1.065	0.029	0.861
Género femenino	0.089	1.093	0.865	1.380	0.119	0.459
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.050	0.951	0.778	1.164	0.103	0.629
Grupo dep.: particular pagado	-0.171	0.843	0.624	1.138	0.153	0.270
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.260	0.771	0.586	1.015	0.140	0.069
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525301	0.739	2.094	0.990	4.432	0.382	0.058
Si cumple prereq. 525301		1.000				
Nota prereq. 525301	0.015	1.015	1.002	1.028	0.007	0.032*
Cant. prereq. 525301	-0.059	0.943	0.822	1.080	0.070	0.397

Tabla B.53: Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525302

28. Optimización II (525352) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	1.236	3.442	1.260	9.414	0.513	0.020*
Puntaje NEM	0.029	1.029	0.945	1.121	0.044	0.516
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.048	1.049	0.968	1.138	0.041	0.246
Puntaje PSU matemáticas	-0.057	0.945	0.853	1.045	0.052	0.273
Edad ingreso	-0.006	0.994	0.960	1.029	0.018	0.748
Género femenino	-0.041	0.960	0.831	1.109	0.073	0.581
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.031	1.031	0.923	1.154	0.057	0.584
Grupo dep.: particular pagado	-0.116	0.890	0.753	1.053	0.086	0.182
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.257	0.773	0.583	1.026	0.144	0.081
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525301	-0.275	0.760	0.520	1.110	0.194	0.162
Si cumple prereq. 525301		1.000				
Nota prereq. 525301	-0.004	0.996	0.989	1.004	0.004	0.324
Cant. prereq. 525301	-0.103	0.902	0.777	1.047	0.076	0.181
No cumple prereq. 525351		1.000				
Si cumple prereq. 525351		1.000				
Nota prereq. 525351	0.003	1.003	0.998	1.008	0.003	0.282
Cant. prereq. 525351	0.119	1.126	0.968	1.310	0.077	0.132

Tabla B.54: Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525352

29. Electromagnetismo (510226) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	2.054	7.799	0.000	3.500E+05	5.465	0.707
Puntaje NEM	0.190	1.209	0.557	2.629	0.396	0.631
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.483	0.617	0.264	1.444	0.434	0.266
Puntaje PSU matemáticas	-0.565	0.568	0.171	1.889	0.613	0.356
Edad ingreso	0.089	1.093	0.789	1.515	0.166	0.591
Género femenino	0.493	1.637	0.415	6.453	0.700	0.481
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.445	0.641	0.200	2.051	0.593	0.453
Grupo dep.: particular pagado	0.694	2.002	0.306	13.066	0.957	0.469
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.704	0.067	0.004	1.052	1.405	0.054
Segundo intento	-1.097	0.334	0.020	5.686	1.446	0.448
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 510148	1.115	3.050	0.013	725.857	2.792	0.690
Si cumple prereq. 510148		1.000				
Nota prereq. 510148	0.060	1.062	0.972	1.160	0.045	0.183
Cant. prereq. 510148	-0.892	0.410	0.146	1.149	0.526	0.090
No cumple prereq. 525211	24.258	3.429E+10	3.428E+10	3.428E+10	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.081	1.084	0.991	1.188	0.046	0.079
Cant. prereq. 525211	-0.725	0.484	0.158	1.485	0.572	0.205

Tabla B.55: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 510226

Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	24.491	4.328E+10	0.000	8.084E+24	16.766	0.144
Puntaje NEM	0.071	1.074	0.173	6.660	0.931	0.940
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-1.028	0.358	0.072	1.778	0.818	0.209
Puntaje PSU matemáticas	-1.853	0.157	0.010	2.455	1.403	0.187
Edad ingreso	-0.044	0.957	0.439	2.083	0.397	0.911
Género femenino	0.204	1.226	0.062	24.200	1.522	0.894
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.348	0.260	0.025	2.676	1.190	0.257
Grupo dep.: particular pagado	-8.905	0.000	0.000	0.000	0.005	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.417	0.033	0.000	2.779	2.265	0.131
Segundo intento	-1.826	0.161	0.002	12.124	2.205	0.408
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 510148	-11.250	0.000	0.000	157.470	8.321	0.176
Si cumple prereq. 510148		1.000				
Nota prereq. 510148	-0.103	0.902	0.688	1.182	0.138	0.455
Cant. prereq. 510148	-0.806	0.447	0.035	5.718	1.301	0.536
No cumple prereq. 525211	4.339	76.631	76.608	76.608	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 525211		1.000				
Nota prereq. 525211	0.001	1.001	0.801	1.250	0.114	0.994
Cant. prereq. 525211	1.641	5.160	0.493	54.049	1.198	0.171

Tabla B.56: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 510226

30. Mecánica de Materiales (548305) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-3.288	0.037	0.000	3.021E+05	8.116	0.685
Puntaje NEM	-0.036	0.965	0.301	3.089	0.594	0.951
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.139	0.870	0.230	3.287	0.678	0.838
Puntaje PSU matemáticas	0.385	1.470	0.400	5.389	0.663	0.562
Edad ingreso	0.257	1.293	0.663	2.523	0.341	0.451
Género femenino	0.296	1.345	0.256	7.077	0.847	0.726
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.504	0.604	0.126	2.886	0.798	0.527
Grupo dep.: particular pagado	1.145	3.142	0.077	127.853	1.891	0.545
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.110	0.330	0.045	2.422	1.018	0.275
Segundo o más intento		1.000				
Nota prereq. 542330	-0.019	0.981	0.869	1.109	0.062	0.764
Cant. prereq. 542330	-0.018	0.982	0.160	6.010	0.924	0.984

Tabla B.57: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 548305



Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.698	2.010	0.000	9.215E+10	12.525	0.956
Puntaje NEM	-0.508	0.602	0.104	3.490	0.897	0.571
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.323	0.724	0.110	4.762	0.961	0.737
Puntaje PSU matemáticas	-0.623	0.536	0.043	6.700	1.288	0.629
Edad ingreso	0.526	1.692	0.700	4.088	0.450	0.243
Género femenino	-0.319	0.727	0.043	12.270	1.442	0.825
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.222	0.801	0.040	15.872	1.524	0.884
Grupo dep.: particular pagado	1.517	4.559	0.018	1154.962	2.824	0.591
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.985	0.373	0.014	9.974	1.676	0.557
Segundo o más intento		1.000				
Nota prereq. 542330	-0.045	0.956	0.749	1.220	0.124	0.717
Cant. prereq. 542330	1.125	3.080	0.237	40.054	1.309	0.390

Tabla B.58: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 548305



31. Inferencia Estadística (523266)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	9.505	13426.693	12.004	1.501E+07	3.581	0.008*
Puntaje NEM	-0.346	0.708	0.286	1.749	0.462	0.454
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.813	2.255	0.870	5.840	0.486	0.094
Puntaje PSU matemáticas	0.086	1.090	0.363	3.269	0.561	0.878
Edad ingreso	-0.080	0.923	0.682	1.249	0.154	0.604
Género femenino	1.273	3.572	0.792	16.086	0.768	0.098
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	1.070	2.915	0.886	9.602	0.608	0.078
Grupo dep.: particular pagado	2.106	8.215	0.744	90.673	1.225	0.086
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-12.420	0.000	0.000	0.000	1.816	<0.001*
Segundo intento	-9.951	0.000	0.000	0.002	1.881	<0.001*
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 523265	17.406	3.625E+07	3.626E+07	3.627E+07	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 523265		1.000				
Nota prereq. 523265	0.023	1.023	0.933	1.123	0.047	0.622
Cant. prereq. 523265	-0.222	0.801	0.247	2.594	0.600	0.711

Tabla B.59: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523266



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	7.440	1702.750	0.000	1.594E+10	8.190	0.364
Puntaje NEM	-0.847	0.429	0.043	4.248	1.170	0.469
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.399	1.490	0.184	12.071	1.067	0.708
Puntaje PSU matemáticas	-1.086	0.338	0.016	7.037	1.550	0.483
Edad ingreso	-0.078	0.925	0.502	1.705	0.312	0.803
Género femenino	2.653	14.197	0.924	218.055	1.394	0.057
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	1.911	6.760	0.371	123.191	1.481	0.197
Grupo dep.: particular pagado	-11.292	0.000	0.000	0.000	0.000	<0.001*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	2.494	12.110	0.003	46419.832	4.210	0.554
Segundo intento	5.065	158.380	0.051	4.932E+05	4.104	0.217
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 523265	1.490	4.437	4.436	4.437	0.000	<0.001*
Si cumple prereq. 523265		1.000				
Nota prereq. 523265	-0.068	0.934	0.683	1.278	0.160	0.670
Cant. prereq. 523265	0.325	1.384	0.184	10.420	1.030	0.752

Tabla B.60: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523266



32. Análisis Funcional I (525401) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	13.838	1.023E+06	0.004	2.645E+14	9.883	0.161
Puntaje NEM	0.582	1.790	0.362	8.849	0.815	0.475
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.996	0.369	0.061	2.254	0.923	0.280
Puntaje PSU matemáticas	-1.340	0.262	0.053	1.305	0.820	0.102
Edad ingreso	-0.114	0.892	0.476	1.671	0.320	0.721
Género femenino	-1.157	0.314	0.035	2.850	1.125	0.304
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	1.752	5.766	0.974	34.147	0.907	0.053
Grupo dep.: particular pagado	1.110	3.034	0.269	34.168	1.236	0.369
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.589	0.028	0.000	3.476	2.467	0.146
Segundo intento	-2.318	0.098	0.001	10.629	2.388	0.332
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525302	4.607	100.183	0.023	4.270E+05	4.264	0.280
Si cumple prereq. 525302		1.000				
Nota prereq. 525302	0.120	1.127	0.984	1.293	0.070	0.084
Cant. prereq. 525302	-1.533	0.216	0.012	4.029	1.493	0.305

Tabla B.61: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525401

Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	8.538	5105.124	0.000	2.081E+15	13.640	0.531
Puntaje NEM	-0.276	0.759	0.071	8.149	1.211	0.820
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.171	1.187	0.086	16.461	1.342	0.898
Puntaje PSU matemáticas	-1.455	0.233	0.021	2.544	1.219	0.233
Edad ingreso	0.059	1.061	0.475	2.368	0.410	0.885
Género femenino	-1.128	0.324	0.009	11.528	1.823	0.536
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.282	1.326	0.091	19.238	1.365	0.836
Grupo dep.: particular pagado	0.234	1.264	0.039	40.673	1.771	0.895
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-3.173	0.042	0.000	29.742	3.350	0.344
Segundo intento	-2.059	0.128	0.000	67.677	3.201	0.520
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525302	4.714	111.497	0.001	2.276E+07	6.238	0.450
Si cumple prereq. 525302		1.000				
Nota prereq. 525302	0.083	1.087	0.890	1.328	0.102	0.414
Cant. prereq. 525302	-0.169	0.845	0.012	58.798	2.165	0.938

Tabla B.62: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525401



33. Análisis Numérico III (525442) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	3.687	39.925	0.000	9.791E+08	8.681	0.671
Puntaje NEM	0.268	1.307	0.457	3.739	0.536	0.617
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.239	0.787	0.252	2.463	0.582	0.681
Puntaje PSU matemáticas	-0.475	0.622	0.142	2.723	0.754	0.528
Edad ingreso	0.178	1.195	0.678	2.108	0.289	0.537
Género femenino	0.006	1.006	0.161	6.298	0.936	0.995
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	1.298	3.662	0.814	16.484	0.768	0.091
Grupo dep.: particular pagado	0.461	1.586	0.206	12.221	1.042	0.658
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.032	0.356	0.001	85.065	2.794	0.712
Segundo intento	-0.023	0.977	0.003	290.513	2.906	0.994
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	-0.301	0.740	0.000	2919.004	4.224	0.943
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	0.024	1.024	0.908	1.156	0.062	0.694
Cant. prereq. 525240	-1.601	0.202	0.049	0.830	0.722	0.027
No cumple prereq. 525222	-2.423	0.089	0.000	45.358	3.183	0.446
Si cumple prereq. 525222		1.000				
Nota prereq. 525222	-0.029	0.971	0.893	1.057	0.043	0.497
Cant. prereq. 525222	0.080	1.083	0.160	7.341	0.976	0.934

Tabla B.63: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525442

Covariables	Reprobar					
	Coficiente	Exp. Coficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	10.571	38987.642	0.000	6.062E+17	15.498	0.495
Puntaje NEM	0.021	1.021	0.143	7.315	1.005	0.983
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.568	1.765	0.283	11.005	0.934	0.543
Puntaje PSU matemáticas	-3.161	0.042	0.002	1.062	1.644	0.054
Edad ingreso	0.320	1.377	0.649	2.919	0.383	0.404
Género femenino	-1.493	0.225	0.007	7.715	1.804	0.408
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.226	0.798	0.043	14.822	1.491	0.880
Grupo dep.: particular pagado	0.488	1.629	0.032	82.594	2.003	0.807
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-5.986	0.002	0.000	12.753	4.353	0.169
Segundo intento	-5.078	0.006	0.000	40.062	4.474	0.256
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525240	8.146	3449.553	0.002	5.978E+09	7.329	0.266
Si cumple prereq. 525240		1.000				
Nota prereq. 525240	0.098	1.103	0.877	1.388	0.117	0.402
Cant. prereq. 525240	0.932	2.540	0.368	17.518	0.985	0.344
No cumple prereq. 525222	-1.143	0.319	0.000	4743.477	4.902	0.816
Si cumple prereq. 525222		1.000				
Nota prereq. 525222	-0.015	0.985	0.840	1.156	0.081	0.856
Cant. prereq. 525222	1.569	4.802	0.240	95.997	1.528	0.305

Tabla B.64: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 525442

34. Economía (546370) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-17.821	0.000	0.000	1.259	9.210	0.053
Puntaje NEM	0.426	1.531	0.574	4.081	0.500	0.394
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.173	1.189	0.329	4.293	0.655	0.792
Puntaje PSU matemáticas	1.535	4.641	0.786	27.423	0.906	0.090
Edad ingreso	0.361	1.435	0.729	2.825	0.346	0.296
Género femenino	0.287	1.332	0.230	7.712	0.896	0.749
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.331	1.392	0.305	6.355	0.774	0.669
Grupo dep.: particular pagado	-0.525	0.592	0.064	5.481	1.136	0.644
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.100	0.333	0.005	22.454	2.149	0.609
Segundo intento	-1.941	0.144	0.002	13.006	2.299	0.399
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.65: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 546370



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-5.935	0.003	0.000	1.442E+08	12.614	0.638
Puntaje NEM	-0.908	0.403	0.056	2.879	1.003	0.365
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.570	1.768	0.216	14.481	1.073	0.596
Puntaje PSU matemáticas	0.241	1.272	0.074	21.884	1.452	0.868
Edad ingreso	0.407	1.502	0.645	3.498	0.431	0.345
Género femenino	2.432	11.382	0.559	231.773	1.538	0.114
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-0.734	0.480	0.047	4.936	1.189	0.537
Grupo dep.: particular pagado	-1.515	0.220	0.003	15.206	2.162	0.483
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.207	0.110	0.000	31.750	2.890	0.445
Segundo intento	-0.948	0.388	0.001	118.441	2.919	0.746
Tercer o más intento		1.000				

Tabla B.66: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 546370



35. Regresión (523374) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.570	1.768	0.000	6.375E+06	7.703	0.941
Puntaje NEM	-0.748	0.473	0.118	1.906	0.711	0.293
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.670	5.312	1.102	25.582	0.802	0.037*
Puntaje PSU matemáticas	0.243	1.275	0.245	6.625	0.841	0.773
Edad ingreso	-0.098	0.907	0.602	1.364	0.208	0.638
Género femenino	0.191	1.210	0.185	7.939	0.959	0.842
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-1.268	0.281	0.035	2.289	1.069	0.236
Grupo dep.: particular pagado	-1.402	0.246	0.011	5.689	1.603	0.382
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.006	0.366	0.037	3.596	1.166	0.388
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 523266	-3.281	0.038	0.000	51.280	3.683	0.373
Si cumple prereq. 523266		1.000				
Nota prereq. 523266	0.005	1.005	0.921	1.096	0.044	0.919
Cant. prereq. 523266	-1.327	0.265	0.047	1.498	0.883	0.133

Tabla B.67: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 523374



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	4.052	57.512	0.000	5.098E+11	11.687	0.729
Puntaje NEM	-2.068	0.126	0.010	1.635	1.306	0.113
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	3.317	27.578	1.352	562.429	1.538	0.031*
Puntaje PSU matemáticas	-0.973	0.378	0.021	6.654	1.463	0.506
Edad ingreso	0.056	1.058	0.589	1.899	0.299	0.851
Género femenino	-0.405	0.667	0.017	26.229	1.874	0.829
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	-3.947	0.019	0.001	0.679	1.816	0.030*
Grupo dep.: particular pagado	-2.960	0.052	0.001	4.430	2.269	0.192
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.515	0.220	0.004	11.012	1.997	0.448
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 523266	-1.127	0.324	0.000	7989.573	5.160	0.827
Si cumple prereq. 523266		1.000				
Nota prereq. 523266	0.024	1.024	0.875	1.200	0.081	0.763
Cant. prereq. 523266	-2.047	0.129	0.007	2.555	1.523	0.179

Tabla B.68: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 523374



36. Álgebra IV (525412) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-0.800	0.449	0.042	4.756	1.204	0.509
Puntaje NEM	0.170	1.185	0.974	1.442	0.100	0.095
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.025	0.975	0.802	1.186	0.100	0.803
Puntaje PSU matemáticas	0.096	1.101	0.878	1.379	0.115	0.410
Edad ingreso	0.008	1.008	0.935	1.087	0.039	0.832
Género femenino	-0.045	0.956	0.694	1.317	0.164	0.785
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.183	1.201	0.938	1.538	0.126	0.151
Grupo dep.: particular pagado	0.381	1.464	0.961	2.231	0.215	0.081
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.491	0.612	0.372	1.005	0.254	0.057
Segundo intento	-0.371	0.690	0.409	1.164	0.267	0.169
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 525201	-0.075	0.928	0.239	3.608	0.693	0.914
Si cumple prereq. 525201		1.000				
Nota prereq. 525201	-0.004	0.996	0.976	1.016	0.010	0.671
Cant. prereq. 525201	0.157	1.170	0.871	1.570	0.150	0.302

Tabla B.69: Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 525412

37. Formulación y Evaluación de Proyectos (546102) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	8.003	2989.914	0.000	1.270E+13	11.311	0.479
Puntaje NEM	-1.434	0.238	0.036	1.560	0.958	0.135
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	0.995	2.705	0.490	14.933	0.872	0.254
Puntaje PSU matemáticas	-0.021	0.979	0.215	4.464	0.774	0.978
Edad ingreso	-0.366	0.694	0.329	1.465	0.381	0.338
Género femenino	0.048	1.049	0.147	7.509	1.004	0.962
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.961	2.614	0.407	16.808	0.949	0.312
Grupo dep.: particular pagado	-0.995	0.370	0.031	4.410	1.265	0.432
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-1.562	0.210	0.008	5.859	1.699	0.358
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 546370	7.596	1990.219	0.113	3.518E+07	4.990	0.128
Si cumple prereq. 546370		1.000				
Nota prereq. 546370	0.098	1.103	0.935	1.301	0.084	0.243
Cant. prereq. 546370	0.488	1.629	0.067	39.660	1.629	0.765

Tabla B.70: Resumen regresión multinomial aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 546102



Covariables	Reprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	-7.613	0.000	0.000	7.799E+10	16.681	0.648
Puntaje NEM	-1.931	0.145	0.008	2.533	1.459	0.186
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	1.515	4.549	0.336	61.571	1.329	0.254
Puntaje PSU matemáticas	0.107	1.113	0.089	13.957	1.290	0.934
Edad ingreso	0.246	1.279	0.464	3.522	0.517	0.635
Género femenino	-0.469	0.626	0.023	16.976	1.684	0.781
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.383	1.467	0.062	34.803	1.616	0.813
Grupo dep.: particular pagado	-1.126	0.324	0.005	21.248	2.134	0.598
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-2.209	0.110	0.001	8.505	2.219	0.320
Segundo o más intento		1.000				
No cumple prereq. 546370	7.713	2237.244	0.003	1.867E+09	6.957	0.268
Si cumple prereq. 546370		1.000				
Nota prereq. 546370	0.129	1.138	0.894	1.448	0.123	0.294
Cant. prereq. 546370	1.259	3.522	0.066	187.994	2.029	0.535

Tabla B.71: Resumen regresión multinomial reprobar definitivo con respecto a reprobar temporal asignatura 546102



38. Transferencia de Calor (548306) (Modelo no significativo)

Covariables	Aprobar					
	Coefficiente	Exp. Coeficiente	2.5 %	97.5 %	Error	p-valor
Intercepto	0.088	1.092	0.032	37.198	1.800	0.961
Puntaje NEM	0.236	1.266	1.030	1.558	0.105	0.033*
Puntaje PSU lenguaje y comunicación	-0.323	0.724	0.534	0.982	0.156	0.046*
Puntaje PSU matemáticas	0.010	1.010	0.799	1.277	0.120	0.934
Edad ingreso	0.044	1.045	0.895	1.220	0.079	0.585
Género femenino	0.008	1.008	0.736	1.380	0.160	0.960
Género masculino		1.000				
Grupo dep.: particular subvencionado	0.192	1.212	0.925	1.587	0.138	0.175
Grupo dep.: particular pagado	0.544	1.723	1.058	2.804	0.249	0.037*
Grupo dep.: municipal		1.000				
Primer intento	-0.221	0.802	0.419	1.536	0.332	0.511
Segundo intento	-0.040	0.961	0.480	1.923	0.354	0.911
Tercer o más intento		1.000				
No cumple prereq. 542202	0.008	1.008	0.386	2.635	0.490	0.987
Si cumple prereq. 542202		1.000				
Nota prereq. 542202	0.009	1.009	0.991	1.027	0.009	0.346
Cant. prereq. 542202	-0.041	0.960	0.784	1.175	0.103	0.695

Tabla B.72: Resumen regresión logística aprobar con respecto a reprobar temporal asignatura 548306

Anexo C

Simulaciones tiempo de aprobación



Año	Asignatura	Código	Género masculino	Género femenino
			Tiempo esperado (años)	Tiempo esperado (años)
Primer Año	IMU	520145	0.6394	0.6223
	IQU	530023	0.5420	0.5151
	IFU	510145	0.5424	0.5498
	A I	525147	0.5254	0.5599
	C I	527147	0.5717	0.6443
	Q I	530024	0.5691	0.4523
	F I	510147	0.6330	0.5564
	A II	525148	0.5018	0.5121
	C II	527148	0.5931	0.6561
	Q II	530025	0.6154	0.5067
Segundo Año	F II	510148	0.4162	0.4033
	A III	525201	0.8714	0.8944
	C III	525211	0.7338	0.5890
	ED I	525221	0.7982	0.6631
	LP	503201	0.7039	0.5918
	Taller I	525291	0.5156	0.5156
	C IV	525212	0.6367	0.7276
	AN I	525240	0.6806	0.8617
	ED II	525222	0.5356	0.5315
	FT	542330	0.8529	0.7771
Tercer Año	Termo.	510215	0.5686	0.5686
	AR I	525301	0.9667	0.8601
	O I	525351	0.6552	0.8631
	AN II	525441	0.6162	0.6122
	MF	542202	0.8282	0.7403
	Prob.	523265	0.7474	0.6467
	AR II	525302	0.5835	0.5835
	Opt II	525352	0.5405	0.5405
	Electro.	510226	0.7451	0.7451
	MM	548305	0.6771	0.6771
Cuarto Año	IE	523266	0.6764	0.5618
	AF I	525401	0.5894	0.5894
	AN III	525442	0.5977	0.5977
	Econo.	546370	0.5745	0.5745
	Regresión	523374	0.5725	0.5725
	A IV	525412	0.7739	0.7739
	FEP	546102	0.6945	0.6945
	TC	548306	0.6600	0.6600
Taller II	525490	0.5000	0.5000	

Tabla C.1: Simulación del tiempo de aprobación esperado con géneros distintos

Año	Asignatura	Código	Municipal	Particular Pagado
			Tiempo esperado (años)	Tiempo esperado (años)
Primer Año	IMU	520145	0.6002	0.5982
	IQU	530023	0.5750	0.4847
	IFU	510145	0.5703	0.5177
	A I	525147	0.5537	0.5450
	C I	527147	0.5973	0.6929
	Q I	530024	0.5480	0.4585
	F I	510147	0.6928	0.5632
	A II	525148	0.4987	0.4765
	C II	527148	0.5404	0.4681
	Q II	530025	0.6280	0.5443
Segundo Año	F II	510148	0.4360	0.4082
	A III	525201	0.8504	0.9244
	C III	525211	0.6696	0.6619
	ED I	525221	0.7242	0.7727
	LP	503201	0.7302	0.7274
	Taller I	525291	0.5156	0.5156
	C IV	525212	0.6254	0.6563
	AN I	525240	0.7629	0.6122
	ED II	525222	0.5243	0.6663
	FT	542330	0.7647	0.5993
Tercer Año	Termo.	510215	0.5686	0.5686
	AR I	525301	0.7545	0.7518
	O I	525351	0.5677	0.5267
	AN II	525441	0.6466	0.7045
	MF	542202	0.9583	0.8108
	Prob.	523265	0.8955	0.7584
	AR II	525302	0.5835	0.5835
	Opt II	525352	0.5405	0.5405
	Electro.	510226	0.7451	0.7451
	MM	548305	0.6771	0.6771
Cuarto Año	IE	523266	0.8532	0.5838
	AF I	525401	0.5894	0.5894
	AN III	525442	0.5977	0.5977
	Econo.	546370	0.5745	0.5745
	Regresión	523374	0.5725	0.5725
	A IV	525412	0.7739	0.7739
	FEP	546102	0.6945	0.6945
	TC	548306	0.6600	0.6600
Taller II	525490	0.5000	0.5000	

Tabla C.2: Simulación del tiempo de aprobación esperado con grupos de dependencia distintos

Año	Asignatura	Código	Cuantil 25 %	Cuantil 75 %
			Tiempo esperado (años)	Tiempo esperado (años)
Primer Año	IMU	520145	0.8624	0.4193
	IQU	530023	0.7330	0.3904
	IFU	510145	0.7867	0.3950
	A I	525147	0.6365	0.4522
	C I	527147	0.7010	0.4827
	Q I	530024	0.6736	0.3728
	F I	510147	0.6790	0.4388
	A II	525148	0.5925	0.4464
	C II	527148	0.7068	0.5018
	Q II	530025	0.6485	0.4335
Segundo Año	F II	510148	0.4281	0.3569
	A III	525201	1.0981	0.6884
	C III	525211	0.7396	0.5329
	ED I	525221	0.7732	0.5735
	LP	503201	0.6622	0.5510
	Taller I	525291	0.5156	0.5156
	C IV	525212	0.7613	0.6996
	AN I	525240	1.0746	0.7081
	ED II	525222	0.5445	0.5285
	FT	542330	0.8919	0.6927
Tercer Año	Termo.	510215	0.5686	0.5686
	AR I	525301	0.9666	0.7795
	O I	525351	0.9832	0.6886
	AN II	525441	0.6905	0.5371
	MF	542202	0.8301	0.6611
	Prob.	523265	0.7879	0.5707
	AR II	525302	0.5835	0.5835
	Opt II	525352	0.5405	0.5405
	Electro.	510226	0.7451	0.7451
	MM	548305	0.6771	0.6771
Cuarto Año	IE	523266	0.5790	0.5516
	AF I	525401	0.5894	0.5894
	AN III	525442	0.5977	0.5977
	Econo.	546370	0.5745	0.5745
	Regresión	523374	0.5725	0.5725
	A IV	525412	0.7739	0.7739
	FEP	546102	0.6945	0.6945
	TC	548306	0.6600	0.6600
Taller II	525490	0.5000	0.5000	

Tabla C.3: Simulación del tiempo de aprobación esperado con puntajes NEM y puntajes PSU distintos