



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OPTIMIZACIÓN DE LA OFERTA DE BECAS EN UNA INSTITUCIÓN DE
EDUCACIÓN SUPERIOR**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

FRANCISCO JAVIER BARRIENTOS RIVEROS

**PROFESOR GUÍA:
ALEJANDRA PUENTE CHANDÍA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LUIS ABURTO LAFOURCADE
RICARDO MONTOYA MOREIRA**

**SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2014**

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: FRANCISCO BARRIENTOS RIVEROS
FECHA: 11/08/2014
PROF. GUIA: ALEJANDRA PUENTE C.

OPTIMIZACIÓN DE LA OFERTA DE BECAS EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En el actual sistema de libre mercado en el que se encuentra la Educación Superior Chilena las instituciones tienen el desafío de ocupar la mayor cantidad de vacantes que ofrecen sus programas. El primero es caracterizar las preferencias de los postulantes. El segundo es optimizar las acciones que realizan las instituciones para aumentar el número de matriculados, tales como: publicidad, difusión, oferta de becas, entre otras.

El objetivo del proyecto es optimizar la asignación de becas con el fin de ocupar la mayor cantidad de la oferta de vacantes.

La metodología se divide en dos etapas. La primera consiste en la generación de un modelo logit para determinar la probabilidad que un estudiante convocado a ingresar a la institución de estudio se matricule, basado en características de la postulación y socio económicas del individuo. La segunda etapa consiste en la generación de un modelo de programación entera sobre la asignación de becas de arancel con el propósito de maximizar el número esperado de matriculados, sujeto a restricciones de presupuesto, vacantes, entre otras.

Sobre los resultados de la primera etapa se destaca que los factores más relevantes en la elección de un individuo son: pertenecer a una postulación de primera preferencia, provenir de un colegio particular pagado, poseer beca matrícula, beca sobre el arancel y pertenecer a programas tales como: Tecnología Médica, Geología en República, Enfermería en Viña, entre otras.

El resultado más importante de la primera etapa consiste en que para estudiantes sin crédito aval del estado existe sensibilidad sobre el porcentaje de descuento dependiendo del programa de postulación, a diferencia de los estudiantes con crédito quienes tienen beneficios similares independiente del programa.

Respecto a la optimización de la asignación de becas el modelo matricula 424 estudiantes más que el proceso de admisión 2014, aumentando en un 5,8% los matriculados, generando \$1.000 millones de pesos más de ingresos. Se destaca que es más eficiente, en términos del número de matriculados, otorgar becas sobre el copago inferiores a 17% para estudiantes con crédito aval del estado e inferiores al 20% para estudiantes sin crédito.

Finalmente, para futuros trabajos se podría considerar el sesgo de selección, ya que para este proyecto sólo se utilizaron registros de estudiantes convocados a la institución. Respecto al modelo de optimización se sugiere agregar otras variables para la asignación de becas, tales como: tipo de colegio, beca matrícula y becas externas. También se puede considerar maximizar los ingresos de la institución analizando como cambia el perfil de los matriculados.

A la lela, quien nos acompañará por siempre. Gracias por todo el cariño, paciencia y por enseñarme que lo más importante es la familia.

Agradecimientos

A mi familia, mi madre, María Angélica, por entregar todo su cariño, inteligencia y su vida por lo que estaré eternamente agradecido. A mi hermano, Felipe, quien me entregó todo su cariño, enseñándome el camino para ser parte de lo que soy hoy. A mi hermana, Ximena, quien siempre estuvo presente en los momentos más difíciles. A mi padre, Carlos, quien me entregó siempre un buen consejo para continuar adelante. A todos les tengo un cariño inmenso y sin su apoyo jamás hubiese culminado este proceso.

A mis amigos de la vida; Roberto, Juan José, Alex, Titi, Kenneth, Mario, Pichón, Daniel, Alonso, Kastor, Pudul, con quienes ya he compartido más de 20 años.

A mis amigos de la universidad. Parto por nombrar a mi Familia; Kata, Claudia, Fahmi, Felipe, Piojo, Pipo, Jorge, Pao, Nico, Sven, Chiong, Chino, a quienes les agradezco todo la paciencia que tuvieron con el anciano, potro salvaje, mexican, flaco, pumba, entre otros apodos. Como olvidar las interminables noches de estudio, carrete, conversaciones, burlas, que hicieron que este paso por la universidad fuera extraordinario. Los quiero eternamente, ¿Claro como el agua? ¿Afirmate catalina? Parece que está en rojo el semáforo o no? da lo mismo ! ¿Tomamos antes de la presentación de Introducción a la ingeniería? ¿Claudia puedes poner la casa? ¿Hacemos un grupo que se llame Static Public? ¿Vamos a la playa...? Flaco, no importa, vamos a pasar! ¿Lo ven o no? Para de tomar coca cola! Vamos que se puede! Gracias Totales!

A mis queridos camaradas de Estudiantes de la Planta, campeones de la Premier DII 2013, Negro, Mayo, Alan, Pipo, Nico Riquelme, Pastor, a quienes les agradezco haberme dejado jugar de arquero a reemplazar al irremplazable Chupete. Encontré mi lugar.

A mis amigos de trabajos, proyectos, Pipe y Romi, muchas gracias por compartir con ustedes y más temprano que tarde seguro los veré innovando y emprendiendo. A mis amigos, Vale, Alina, Pastor, Stefano, Navarro, O’Ryan, Zigante, Feña, Daniel, Joaco, con quienes compartí en almuerzos, tareas, carretes, muchas gracias.

A mis compañeros del F, Anita, Nico, Alan, Tomás, con quienes compartí en este último año y me acompañaron en esta tarea interminable. Éxito en lo que se viene.

A mis camaradas de LUR, Rafa, Pablo, Roberto, Vitoko, quienes me dieron la oportunidad de seguir disfrutando de una de las maravillas del mundo, tocar música.

A mis profesores de la Memoria, Alejandra Puente, quien me inculcó lo importante de desarrollar un trabajo en su máximo potencial y su apoyo en momentos complejos, Luis Aburto quien me mostró la rigurosidad con que se debe trabajar y lo importante de apoyarse en el otro y Marcel Goic quien me mostró la creatividad y precisión que debe tener un Ingeniero Civil Industrial. A todos les agradezco enormemente.

A Cristián Nuñez, Benjamín Espínace y Andrés Gormaz por todo su apoyo y comprensión.

A mi querida Paula, con quien hemos logrado un espacio infinito de locuras, risas, llantos, silencios y cariño. Estaré eternamente agradecido por todos esos momentos.

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
2	Descripción del proyecto y justificación.....	4
2.1	Descripción del proyecto	4
2.2	Justificación	4
3	Objetivos	10
4	Alcances.....	11
5	Resultados esperados	12
5.1	Modelos de propensión de matrícula	12
5.2	Modelos de optimización de asignación de becas	12
6	Marco conceptual	13
6.1	Clustering: K-Medias.....	13
6.2	Modelo de elección discreta (Logit)	14
6.2.1	Definición	14
6.2.2	Validación de modelos: Entrenamiento y Testeo	15
6.2.3	Evaluación de modelos	16
6.3	Problema de la mochila: Knapsack.....	18
7	Metodología.....	20
7.1	Definición del problema	20
7.2	Selección y procesamiento de datos	20
7.3	Descripción de la situación actual	21
7.4	Clustering de programas	21
7.5	Modelamiento de la propensión a la matrícula	21
7.6	Modelo de Asignación de becas	22
7.6.1	Parámetros del modelo de propensión a la matrícula	22
7.6.2	Problema de programación entera	23
7.6.3	Evaluación del modelo de optimización.....	26
8	Selección y procesamiento de datos	28
8.1	Convocados.....	28
8.2	Extracción de información de otras fuentes.....	30
8.3	Oferta de programas.....	30

9	Descripción de la situación actual.....	32
9.1	Antecedentes Generales.....	32
9.1.1	Actual método de asignación de becas.....	32
9.1.2	Actual método de evaluación de asignación de becas.....	33
9.2	Análisis descriptivo.....	34
9.2.1	Aspectos Generales.....	34
9.2.2	Antecedentes sobre el CAE.....	35
9.2.3	Análisis descriptivo: Estudiantes con CAE.....	39
9.2.4	Análisis descriptivo: Estudiantes sin CAE.....	41
9.2.5	Análisis descriptivo: Generación de hipótesis.....	43
9.2.6	Modelo Logit Exploratorio.....	48
10	Segmentación de Programas.....	51
11	Modelo de propensión a la matrícula.....	54
11.1	Modelo de propensión a la matrícula: Estudiantes con CAE.....	55
11.1.1	Resultados.....	55
11.1.2	Calidad de ajuste.....	58
11.2	Modelo de propensión a la matrícula: Estudiantes sin CAE.....	60
11.2.1	Resultados.....	60
11.2.2	Calidad de ajuste.....	62
12	Modelo de optimización de asignación de becas.....	64
12.1	Introducción.....	64
12.2	Parámetros del modelo.....	67
12.3	Metodología de solución y aspectos técnicos.....	69
12.4	Resultados y evaluación de modelos.....	70
12.4.1	Resultados generales del modelamiento.....	70
12.4.2	Resultados sobre estudiantes con CAE.....	86
12.4.3	Resultados sobre estudiantes sin CAE.....	101
12.5	Propuesta de asignación de la oferta de becas.....	115
12.6	Otros análisis de sensibilidad.....	117
13	Conclusiones.....	119
14	Discusiones y trabajo Futuro.....	122

15	Bibliografia	124
16	Anexos	126

Índice de Tablas

Tabla 1. Hitos de mayor relevancia del calendario del proceso de admisión 2015.....	5
Tabla 2. Top 10 programas con mayor cantidad de matriculados sobre las vacantes.....	8
Tabla 3. Top 10 programas con menor cantidad de matriculados sobre vacantes.....	8
Tabla 4. Selección de estudiantes. Fuente:.....	28
Tabla 5. Estructura base de datos estudiantes convocados en el proceso de admisión 2013 y 2014.....	29
Tabla 6. Selección de datos. Filtro de variables.....	30
Tabla 7. Consolidación de información de Becas de la Institución, becas Externas, CAE, oferta de programas, matrícula a la base de convocados.....	30
Tabla 8. Estructura de la base de datos de la oferta de programas.....	31
Tabla 9. Indicadores globales de la conversión con beca arancel y beca matrícula.....	34
Tabla 10. Conversión para estudiantes con becas.....	34
Tabla 11. Conversión beca arancel dependiente de la beca matrícula. Conversión beca matrícula dependiente si tiene beca arancel.....	35
Tabla 12. Hipótesis a testear en el modelo de propensión a la matrícula.....	47
Tabla 13. Hipótesis a testear en el modelo de optimización del número de matriculados.....	47
Tabla 14. Parámetros del modelo de propensión a la matrícula.....	48
Tabla 15. Tabla de contingencia para el modelo logit exploratorio (Testing).....	49
Tabla 16. Indicadores de la calidad de ajuste del modelo logit exploratorio.....	50
Tabla 17. Centroides para los clústers de programas. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 18. Caracterización de clústers de programas del proceso admisión 2014. Medida de las variables en términos de promedios, excepto el n° de programas.....	53
Tabla 19. Variables para los modelos de propensión a la matrícula.....	54
Tabla 20. Parámetros del modelo logit para estudiantes con CAE. Efecto marginal calculado sobre el promedio de las variables.....	56
Tabla 21. Efecto marginal de la beca matrícula dependiendo del clúster programa y tipo de colegio.....	58
Tabla 22. Tabla de contingencia para el modelo de propensión a la matrícula para estudiantes con CAE.....	58
Tabla 23. Indicadores de ajuste del modelo de propensión a la matrícula para estudiantes con CAE (Testing).....	59
Tabla 24. Parámetros del modelo logit para estudiantes sin CAE. Efecto marginal calculado sobre el promedio de las variables.....	60
Tabla 25. Efecto marginal de la beca matrícula dependiendo del clúster programa y tipo de colegio.....	62
Tabla 26. Tabla de contingencia para el modelo de propensión a la matrícula para estudiantes sin CAE.....	63
Tabla 27. Indicadores de ajuste del modelo de propensión a la matrícula para estudiantes sin CAE sobre la base de Testeo.....	63

Tabla 28. Vacantes ofrecidas por clúster programa para el proceso de admisión 2014.....	67
Tabla 29. Convocados según clúster y puntaje PSU (CAE).....	67
Tabla 30. Promedio puntaje psu según, segmento PSU y clúster programa (CAE) para los convocados..	67
Tabla 31. Arancel real promedio según clúster programa (CAE)..	68
Tabla 32. Convocados según clúster y puntaje psu (sin CAE).....	68
Tabla 33. Promedio puntaje psu según, segmento PSU y clúster programa (sin CAE) para estudiantes convocados.....	68
Tabla 34. Arancel real promedio según clúster programa (sin CAE)..	68
Tabla 35. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555)	72
Tabla 36. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555) (CAE).....	73
Tabla 37. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555) (sin CAE)..	73
Tabla 38. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1	116
Tabla 39. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1 (550)..	116
Tabla 40. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1 (555).	117
Tabla 41. ANOVA para el factor GSE	128
Tabla 42. ANOVA para el factor segmento PSU	128
Tabla 43. ANOVA para el factor tipo de colegio.....	128
Tabla 44. Correlación de variables Fuente:	129
Tabla 45. Utilidades del modelo logit para estudiantes con cae, según el beneficio psu, % de descuento sobre el arancel real y clúster programa..	131
Tabla 46. Utilidades del modelo logit para estudiantes sin cae, según el beneficio psu, % de descuento sobre el arancel real y clúster programa. Fuente:	132
Tabla 47. Resultados generales de los modelos de optimización.....	133
Tabla 48. Presupuesto por programa, parte 1.	134
Tabla 49. Presupuesto por programa, parte 2..	135
Tabla 50. Presupuesto por programa, parte 3..	136

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución de la matrícula de la competencia de la institución en estudio.....	5
Figura 2. Evolución de la matrícula universitaria y vacantes de primer año de la casa de estudio.	6
Figura 3. Evolución de la matrícula de primer año de la competencia..	7
Figura 4. Composición de la matrícula para estudiantes con CAE..	7
Figura 5. Tabla de contingencia para evaluación de modelos de clasificación binaria.....	16
Figura 6. Ilustración curva ROC.....	17
Figura 7. Diagrama de la primera selección de datos.....	20
Figura 8. Convocados y conversión según tipo de estudiante (CAE).	35
Figura 9. Histograma del porcentaje de descuento sobre el copago.....	36
Figura 10. Histograma del porcentaje de descuento sobre el arancel real.....	37
Figura 11. Histograma del porcentaje de descuento sobre el arancel real (CAE-sin CAE).	38
Figura 12. Convocados vs conversión según segmento PSU.....	39
Figura 13. Convocados vs conversión según quintil GSE.	40
Figura 14. Convocados vs conversión según tipo de colegio.....	40
Figura 15. Convocados vs conversión según segmento PSU.....	41
Figura 16. Convocados vs conversión según quintil GSE..	42
Figura 17. Convocados vs conversión según tipo de colegio.....	43
Figura 18. Media Arancel Real, Media Beca Arancel según el quintil GSE.	44
Figura 19. Media Ingreso per cápita, media Arancel Real, según segmento PSU.	45
Figura 20. Media ingreso per cápita, media porcentaje de pago sobre el arancel real según tipo de colegio..	45
Figura 21. Media Arancel Real, media PSU según Tipo de colegio.	46
Figura 22. Curva ROC para el modelo de la propensión a la matrícula.....	50
Figura 23. Curva ROC para el modelo de propensión a la matricula para estudiantes con CAE.	59
Figura 24. Curva ROC para el modelo de propensión a la matricula para estudiantes sin CAE. .	63
Figura 25. Ilustración de la grilla tridimensional de probabilidades.	64
Figura 26. Ilustración del cálculo de la probabilidad da matricularse.....	65
Figura 27. Características del computador en el que se desarrollo el modelo.....	69
Figura 28. Parámetros de estrategia del algoritmo del software para resolver el problema de programación entera.	69
Figura 29. Estadísticas del modelo M1.	70
Figura 30. Estadísticas del modelo M1 (550).....	71
Figura 31. Estadísticas del modelo M1 (555).....	71
Figura 32. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados por clúster programa..	74
Figura 33. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados por clúster programa..	74

Figura 34. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto en becas por clúster programa.	75
Figura 35. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio por clúster programa.....	76
Figura 36. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ptje promedio PSU por clúster programa.	77
Figura 37. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable % de becados por clúster programa. Fuente:.....	78
Figura 38. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión por clúster programa. Fuente:.....	78
Figura 39. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable tasa de ocupación por clúster programa.	79
Figura 40. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de gasto por clúster programa.....	79
Figura 41. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso por clúster programa.	80
Figura 42. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados por tramo PSU.	80
Figura 43. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados por tramo PSU.	81
Figura 44. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total por tramo PSU.	81
Figura 45. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto por tramo PSU.....	82
Figura 46. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio por tramo PSU.....	82
Figura 47. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de beca por tramo PSU.....	83
Figura 48. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingresos por tramo PSU.	83
Figura 49. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión por tramo PSU.	84
Figura 50. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable convocados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE).....	86
Figura 51. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	86
Figura 52. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE).....	87
Figura 53. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	88

Figura 54. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	88
Figura 55. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	89
Figura 56. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	89
Figura 57. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	90
Figura 58. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	91
Figura 59. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	91
Figura 60. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	92
Figura 61. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE).	92
Figura 62. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	93
Figura 63. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	93
Figura 64. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	94
Figura 65. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE)..	94
Figura 66. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el tramo PSU (CAE)..	96
Figura 67. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el tramo PSU (CAE)..	96
Figura 68. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el tramo PSU (CAE)..	97
Figura 69. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto según el tramo PSU (CAE).	97
Figura 70. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el tramo PSU (CAE).	98
Figura 71. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el tramo PSU (CAE)..	99
Figura 72. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el tramo PSU (CAE)..	99
Figura 73. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el tramo PSU (CAE).	100

Figura 74. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable convocados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE).....	101
Figura 75. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE)..	102
Figura 76. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE).....	102
Figura 77. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE).....	103
Figura 78. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE).....	103
Figura 79. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE).....	104
Figura 80. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE).....	104
Figura 81. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el clúster programa (sin CAE).....	105
Figura 82. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el clúster programa (sin CAE).....	106
Figura 83. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el clúster programa (sin CAE).....	106
Figura 84. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el clúster programa (sin CAE)..	107
Figura 85. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el clúster programa (sin CAE).	107
Figura 86. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el clúster programa (sin CAE).....	108
Figura 87. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el clúster programa (sin CAE).....	108
Figura 88. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el clúster programa (sin CAE).	109
Figura 89. Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del ingreso según el clúster programa (sin CAE).....	109
Figura 90. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el tramo PSU (sin CAE)..	111
Figura 91. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el tramo PSU (sin CAE).....	111
Figura 92. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el tramo PSU (sin CAE).	112
Figura 93. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto según el tramo PSU (sin CAE).....	112

Figura 94. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el tramo PSU (sin CAE).....	113
Figura 95. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el tramo PSU (sin CAE)..	113
Figura 96. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el tramo PSU (sin CAE).....	114
Figura 97. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el tramo PSU (sin CAE).....	114
Figura 98. Evolución de la matrícula en instituciones en Educación Superior en Chile.....	126
Figura 99. Evolución de la matrícula en instituciones en Educación Superior en Chile en comparación con las vacantes.....	126
Figura 100. Evolución de la matrícula universitaria de primer año de la casa de estudio en comparación con las vacantes disponibles..	127
Figura 101. Histograma sobre la variable preferencia de la postulación.....	127
Figura 102. Comparación de criterios de ajuste de la clusterización de programas.....	130

1 Introducción

La Educación Superior (ES) en Chile está compuesta por tres grandes grupos que imparten enseñanza. Se destacan los Centros de Formación Técnica (C.F.T), Institutos Profesionales (I.P) y Universidades (Ues) [1].

Actualmente las Ues capturan el 56% de la matrícula total a diferencia del 69% que retenían en el 2005. Respecto a la matrícula de primer año, las Ues en el 2005 capturaban el 57%. Hoy sólo matriculan el 43% [2]. Esto muestra un cambio en las preferencias de estudiantes que escogen a los C.F.T o I.P en vez de las Ues.

Respecto a las Ues, su clasificación histórica radica en aquellas que pertenecen al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH), denominadas Ues “Tradicionales”, quienes hasta 1981 eran las únicas con el poder de ejercer la enseñanza en Educación Superior. A partir de la modificación de la Ley Orgánica Constitucional de Enseñanza (LOCE), que permitió la entrada de otras organizaciones al sistema, se conformó un nuevo grupo de instituciones llamadas Ues “Privadas” [1].

En cuanto a infraestructura, las Ues pertenecientes al CRUCH han duplicado la cantidad de sedes. En tanto para las Ues denominadas “Privadas”, triplicaron el número de campus. Por otra parte el número de Ues se ha mantenido entre 60 y 70 instituciones en los últimos 20 años [2].

En consideración con lo anterior, se presume competencia en el mercado. Por tanto, los estudiantes que ingresaran al sistema de ES podrían escoger, según sus preferencias, la institución en la que desarrollaran sus estudios.

Con el fin de apoyar las decisiones que deben tomar las instituciones de ES, en las últimas tres décadas, se han realizado diversos trabajos académicos y otros aplicados, con el objetivo de optimizar la gestión en las distintas etapas en que el estudiante está involucrado en el proceso educativo [3], desde comprender cuáles son los factores más relevantes que determinan que un estudiante se matricule en una universidad [4] [5] [6], comprender el comportamiento del estudiante para estimar cuando se debe tomar una decisión de apoyo para mejorar su rendimiento universitario [7] o evaluar el impacto de programas de becas y créditos [8].

Es en este último ámbito, en que los diversos actores involucrados en el proceso de admisión a la ES, desarrollan estudios para estimar los beneficios que se obtienen de los distintos tipos de programas de becas o dan estructura a la asignación de becas para construir una mejor gestión que apunte a conseguir parte de los objetivos de la planificación de la universidad en términos del número de matriculados, composición del tipo de alumnos que desea la institución, entre otros.

Estudios, en Chile, sobre factores que afectan a la elección de un individuo sobre el ingreso a la ES, se encuentran Bravo y Meneses [9], quienes ocupan un modelo probit con variables instrumentales para medir el impacto de la ayuda financiera del estado sobre la matrícula, Nuñez [10] quien desarrolla modelos de regresiones logística para estimar la probabilidad que un individuo postule a una institución y López [8] quien desarrolla una regresión discontinua nítida para evaluar el impacto en programa de becas y créditos sobre el acceso a la ES.

Sobre los efectos que produce una ayuda financiera en la decisión de ingresar a una Universidad en Chile, Bravo y Meneses [9], proponen que la probabilidad de matricularse aumenta en un 30% a diferencia de estudios en países internacionales en el que el aumento bordea entre 3% a 10%.

En Chile, según los antecedentes recopilados, no existen estudios respecto a la optimización en la asignación de oferta de becas en instituciones pertenecientes a la ES.

Según una investigación internacional [11]; Belloni, Lovett, Bouldin y Staelin discuten sobre los múltiples objetivos que poseen las instituciones educacionales. Su estudio busca obtener un equilibrio en aspectos tales como: económico, diversidad de estudiantes, calidad del estudiante, número de matriculados, entre otras. El supuesto, a priori, es que si se intenta maximizar, por ejemplo, los ingresos de la universidad como único objetivo, otros, se verán perjudicados.

Es por esto que los autores proponen un modelo que considera todos los aspectos que benefician a la universidad en estudio con el fin de encontrar un mix óptimo de asignación de becas, maximizando la función de utilidad de beneficios, obtenida a partir de un análisis conjunto, con restricciones de presupuesto para distintos escenarios de matrícula como tipos de becas existan.

Respecto a la actual gestión desarrollada por la empresa Penta Analytics S.A, en la institución en estudio, quien administra los procesos de retención, difusión y asignación de becas, entre otros, se destaca la implementación de un simulador de becas que funciona durante todo proceso de admisión impuesto por el Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional (DEMRE).

El simulador juega un rol fundamental en el proceso de asignación de becas, ya que a partir de diciembre entrega certificados que pueden ser utilizados por los estudiantes una vez obtenidos los resultados de las postulaciones.

La asignación de presupuesto por programas se genera a partir de estimaciones de demanda y matriculados del proceso de admisión anterior. El porcentaje de descuento sobre lo que debe pagar el alumno está estructurado según segmentos de puntaje promedio de las pruebas de Matemática, Lenguaje y Comunicación de la Prueba de Selección Universitaria (PSU); el programa en el que es seleccionado; tipo de estudiante determinado por el Crédito Aval del

Estado (CAE). El objetivo central en el proceso de admisión es capturar la mayor cantidad de demanda de matrícula.

La actual gestión de becas carece de estimaciones sobre a que tipo de estudiantes les afecta, en mayor medida una variación en el porcentaje de beca y a quienes les es indiferente. Esto genera distorsión en la asignación del presupuesto ya que podrían existir programas a los se les debiese disminuir el porcentaje de asignación de presupuesto, u otros a los que debiese aumentarlo, con el fin principal de obtener mayor matrícula.

2 Descripción del proyecto y justificación

2.1 Descripción del proyecto

El proyecto se encuadra dentro de una de las actividades que desempeña la empresa Penta Analytics S.A como parte de la gestión en educación que realiza en conjunto con la institución en estudio. Consiste en desarrollar una nueva asignación del presupuesto de becas a cada uno de los programas con el objetivo de maximizar el número de matriculados. Esto considera la generación de una nueva estructura de porcentajes de descuentos sobre el copago.

El copago es el monto que el estudiante finalmente paga luego de descontar los beneficios estatales sobre el arancel real. Sobre ese monto se realiza un descuento de beca arancel otorgado por la institución.

La estructura actual de asignación de becas se basa en tramos del promedio de puntaje PSU de Matemática y Lenguaje, programa y si el estudiante postuló al crédito aval del estado. A medida que aumenta el puntaje PSU, el porcentaje de beca sobre el copago aumenta hasta llegar al 100%.

Para el desarrollo del trabajo se consideran estudiantes convocados a la casa de estudios de los procesos de admisión 2013 y 2014. A partir de los datos entregados por el DEMRE respecto a las características socioeconómicas y de postulación del alumno, se confeccionan modelos de regresión logística para determinar la probabilidad que un estudiante se matricule en la institución.

Sobre los resultados anteriores, se generan modelos de optimización con el fin de maximizar el valor esperado del número de matriculados para los registros del proceso de admisión 2014. Finalmente se realiza un análisis económico de la asignación real respecto a lo propuesto por los modelos de optimización.

2.2 Justificación

Un punto relevante es que a partir del 2012, la institución se adhiere al SUA a la ES gestionado por DEMRE. En el sistema sólo participan las universidades pertenecientes al CRUCH y otras Ues privadas que han ingresado en la última década al sistema.

En consecuencia, la universidad debe regirse según el calendario impuesto por DEMRE y sólo puede capturar estudiantes que estén inscritos en el proceso para programas diurnos. Además el periodo de matrícula se reduce a 3 días, por lo que el conjunto de estudiantes que puede capturar es menor. En la Tabla 1 se muestran los hitos más importantes del proceso de admisión 2015.

Calendario Proceso de Admisión 2015					
Año	2014				2015
Inicio	16 de Junio	25 de Septiembre	1 de Diciembre	21 de Diciembre	4 de Enero
Fin	1 de Agosto	-	2 de Diciembre	24 de Diciembre	7 de Enero
Hito	Inscripción al proceso DEMRE	Publicación oferta definitiva de carreras y vacantes	Aplicación PSU	Resultados PSU y postulación a Ues	Resultados de postulación y primer periodo de matrícula

Tabla 1. Hitos de mayor relevancia del calendario del proceso de admisión 2015. Fuente: Elaboración propia. Datos: DEMRE.

Según Nuñez [10], la competencia más cercana a la Universidad de estudio es: Universidad Mayor, Universidad Fines Terra, Universidad del Desarrollo y Universidad Diego Portales. Todas ellas cuentan con simulador de becas y están adheridas al SUA. La Universidad de las Américas (UDLA) también es considerada competencia de la institución por ser reconocida como una institución enfocada en capturar la mayor cantidad de matrícula, pero no participa del proceso del DEMRE.

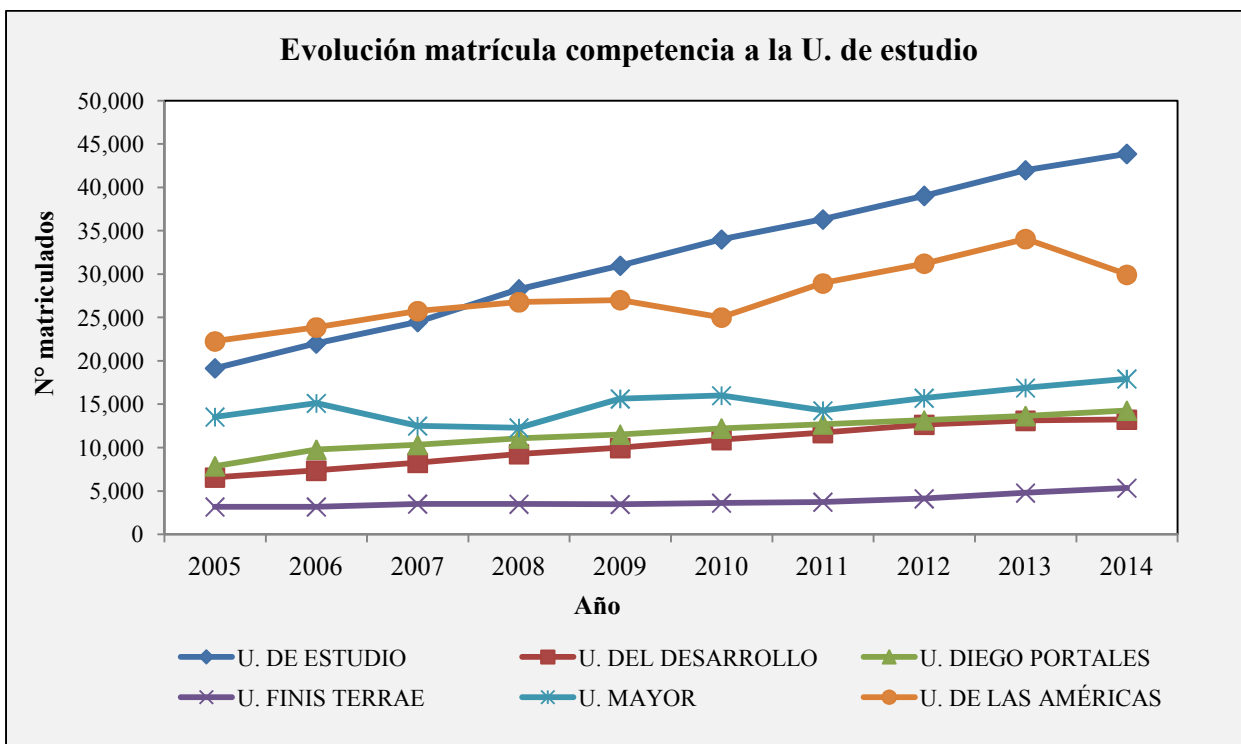


Figura 1. Evolución de la matrícula de la competencia de la institución en estudio. Fuente: Elaboración propia. Datos CNED [2].

Se destaca, en la Figura 1, el crecimiento sostenido en el número de matriculados en los últimos años de la Universidad en estudio alcanzando en el 2014 los 43.881 alumnos a diferencia de su competencia más cercana, UDLA, la que obtiene 29.944 estudiantes.

Sobre la brecha entre la matrícula de primer año de la casa de estudio y sus vacantes, aumentó a partir del 2010, pero el 2014 disminuyó.

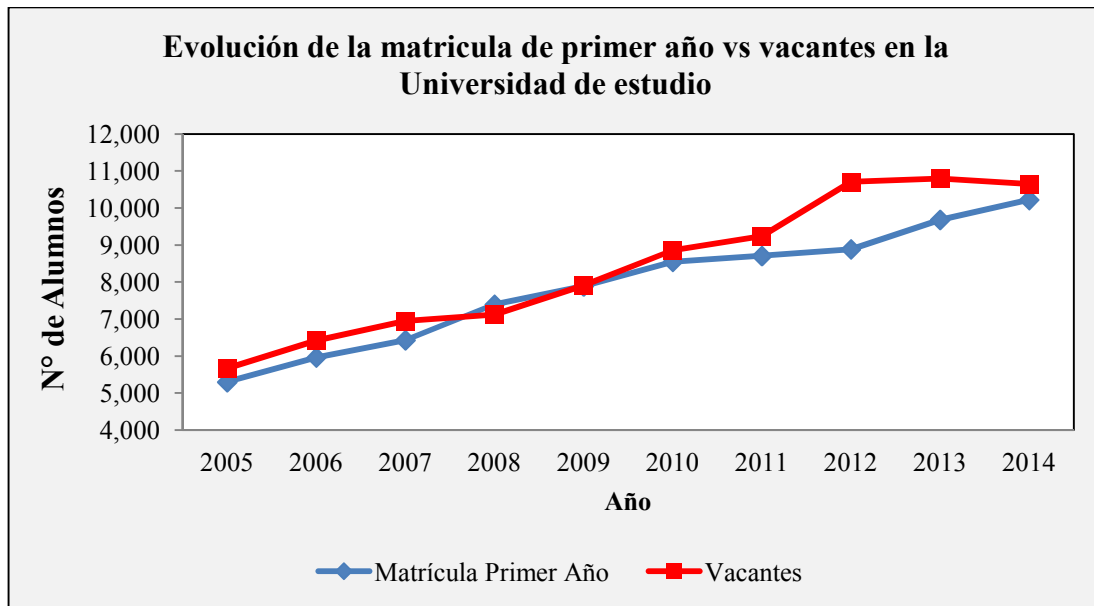


Figura 2. Evolución de la matrícula universitaria y vacantes de primer año de la casa de estudio Fuente. Elaboración propia. Datos Penta Analytics S.A.

La Figura 2 muestra evidencia de las variaciones entre vacantes y matriculados. Esto se debe a diversos factores, de los cuáles se podrían considerar efectos propios de la institución respecto a la estimación de la demanda de estudiantes, los distintos esfuerzos por capturar efectivamente a convocados basados en gestión de marca, campañas de difusión, ayuda económica sobre el arancel, entre otros y su respectiva correlación con la infraestructura necesaria u oferta de vacantes.

Sobre efectos exógenos que modifican la demanda se podrían considerar el aumento de inscritos en el proceso de admisión, gestión de otras instituciones para capturar estudiantes y otros efectos de mercado tales como la no acreditación de una universidad.

A pesar de lo anterior, en el 2014 sólo faltó capturar el 4% a diferencia del 10% del 2013. En consecuencia, se podría justificar que la gestión para capturar a los convocados está en la dirección correcta, pero existen efectos exógenos que modifican las decisiones de los estudiantes.

En la Figura 3, se observa una disminución de los matriculados en la UDLA en el año 2014 respecto al 2013 capturando 50% menos, probablemente se deba a que alumnos que solicitaron beneficios del estado no postularon a esta universidad ya que perderían la ayuda económica a causa de la desacreditación de la institución.

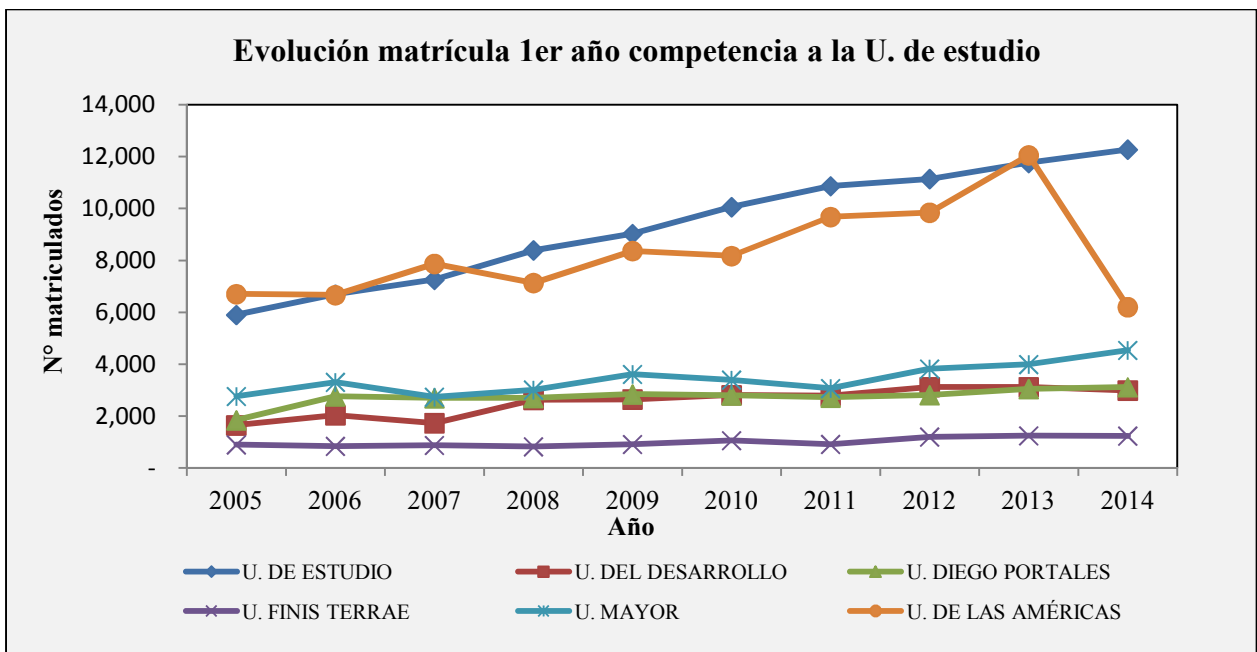


Figura 3. Evolución de la matrícula de primer año de la competencia. Fuente: Elaboración propia. Datos CNED [2].

Esto no muestra que la institución haya matriculado más estudiantes a causa de la desacreditación de la UDLA, pero si se evidencia un cambio en la composición de los estudiantes con CAE.

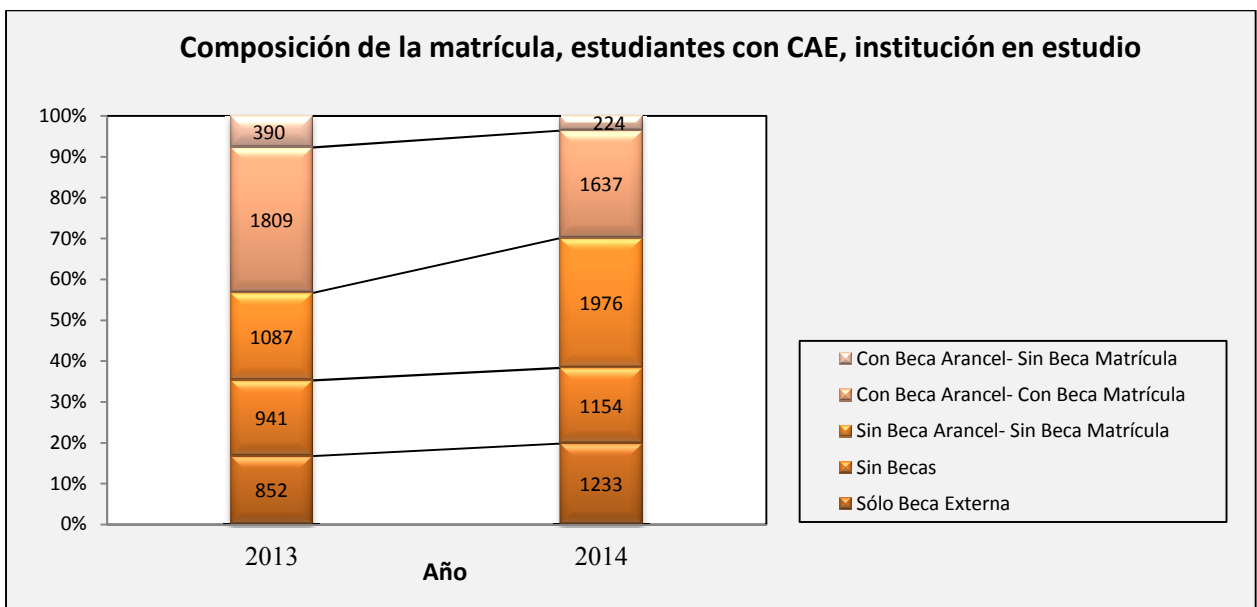


Figura 4. Composición de la matrícula para estudiantes con CAE. Fuente: Elaboración propia. Datos: Penta Analytics S.A.

En la Figura 4, se muestra que para el proceso 2014 existen 1.145 alumnos matriculados con CAE más que el proceso 2013.

En la Tabla 2, se aprecian los 10 programas con mayor cantidad de matriculados por sobre las vacantes para el proceso 2014. A modo de ejemplo, el programa de Terapia ocupacional en Concepción tiene una tasa de ocupación de 174%.

Esto muestra que independiente que la brecha entre el número de matriculados respecto a las vacantes esté más ajustado en el último año, a nivel desagregado, existen programas con sobre cupo con un alto número de becados.

Nombre Carrera	Sede	Matriculados	Vacantes	Diferencia	Tasa Ocupación	% Becados
INGENIERIA COMERCIAL	CASA CENTRAL	295	240	55	123%	26%
INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL	CASA CENTRAL	355	300	55	118%	43%
INGENIERIA COMERCIAL	VIÑA DEL MAR	255	200	55	128%	20%
DERECHO	CASA CENTRAL	373	320	53	117%	24%
GEOLOGIA	CASA CENTRAL	166	120	46	138%	9%
QUIMICA Y FARMACIA	CASA CENTRAL	182	140	42	130%	45%
TECNOLOGIA MEDICA	CASA CENTRAL	214	175	39	122%	43%
TERAPIA OCUPACIONAL	CONCEPCION	87	50	37	174%	9%
PSICOLOGIA	VIÑA DEL MAR	156	120	36	130%	28%
FONOAUDIOLOGIA	VIÑA DEL MAR	76	40	36	190%	20%

Tabla 2. Top 10 programas con mayor cantidad de matriculados sobre las vacantes. Fuente: Elaboración propia. Datos: Penta Analytics S.A.

En la Tabla 3, se observan los 10 programas con la menor cantidad de matriculados respecto a las vacantes. Pedagogía en Inglés en Viña del Mar posee un 43% de tasa de ocupación con un 12% de becados.

Nombre Carrera	Sede	Matriculados	Vacantes	Diferencia	Tasa Ocupación	% Becados
INGENIERIA COMERCIAL	CASONA	431	520	-89	83%	20%
EDUC. FIS. PARA LA EDUC. GRAL. BASICA	CASONA	160	230	-70	70%	48%
EDUC. FIS. PARA LA EDUC. GRAL. BASICA	CONCEPCION	1	60	-59	2%	0%
KINESIOLOGIA	CONCEPCION	42	90	-48	47%	26%
BACHILLERATO EN CIENCIAS	CASA CENTRAL	209	250	-41	84%	45%
DISEÑO DE PRODUCTOS	VIÑA DEL MAR	2	40	-38	5%	100%
KINESIOLOGIA	VIÑA DEL MAR	103	140	-37	74%	32%
PEDAGOGIA EN INGLES	VIÑA DEL MAR	26	60	-34	43%	12%
EDUCACION PARVULARIA	CASONA	29	60	-31	48%	34%
BACHILLERATO EN CIENCIAS	CONCEPCION	22	50	-28	44%	18%

Tabla 3. Top 10 programas con menor cantidad de matriculados sobre vacantes. Fuente: Elaboración propia. Datos: Penta Analytics S.A.

Por otra parte, no se tiene certeza de la cantidad de becas simuladas que efectivamente serán validas ya que el estudiante pueda postular a otra institución, pueda postular y no ser seleccionado o pueda ser convocado y finalmente matricularse en otra institución.

Esto afecta la asignación de recursos ya que existe incertidumbre en la evolución del presupuesto asignado por programa. En cuanto al presupuesto para la asignación de becas del proceso de admisión 2014, este disminuyó en \$1.000 MM de pesos respecto al 2013, es decir un 16,7%.

La cantidad de decisiones que debe tomar Penta Analytics S.A y la institución en estudio sobre la asignación de becas está implícitamente relacionada con el número de programas, segmentos de puntajes PSU y tipo de estudiante determinado por el CAE. Por lo que un proceso óptimo no puede ser ejecutado sólo por decisiones del equipo de trabajo, sino que debe ser apoyada por modelos estadísticos y de optimización con el fin de lograr los objetivos de la planificación.

Según los antecedentes recopilados de la actual política de asignación de becas se aprecian las siguientes dificultades respecto a:

A. Estimación de la demanda por programa.

B. Control sobre la oferta de vacantes por programa.

C. Planificación en la gestión de oferta de becas.

- i. Asignación del presupuesto por programa: Objetivo: Completar vacantes. Actualmente no existen estudios técnicos o estadísticos que apoyen la gestión. La asignación responde a apoyar a los programas que tienen menor conversión o programas relevantes en términos del número de matriculados pero sin considerar si el efecto de otorgar un tipo de beca es significativo.
- ii. Estructura de asignación de becas: No se sabe el efecto real que tiene otorgar un porcentaje de descuento para un tipo de segmento de estudiantes. Un grupo de alumnos en cierto segmento PSU, para un programa en particular con un beneficio específico del estado podría reaccionar de distinta manera a la intervención de la beca otorgada por la institución que otro grupo.
- iii. Control sobre el gasto de asignación de presupuesto por programa: No todos los estudiantes que simulan su beca se matriculan en la institución. Es por esto que es necesario estimar el valor esperado de la evolución del presupuesto por programa que será efectivamente ocupado con el fin de definir políticas de corte, es decir, dejar de ofrecer becas, o traspasar el presupuesto a otro programa que lo necesite.

Finalmente el proyecto aborda los puntos C.i e C.ii de las dificultades recopiladas. Los entregables del trabajo están relacionados con una estructura de asignación de becas que apunte a maximizar el número de matriculados.

3 Objetivos

- **Objetivo General**

Optimizar la asignación de becas, considerando variables de postulación y socio económicas del estudiante.

- **Objetivos Específicos**

- i. Caracterizar la propensión de matrícula, para generar políticas de asignación de becas.
- ii. Definir criterios de asignación de presupuesto por programa.
- iii. Caracterizar el impacto económico y el número de matriculados que generen las nuevas políticas respecto a la situación actual.

4 Alcances

- La base de datos corresponde al proceso de admisión 2013 y 2014 respecto a los estudiantes convocados por la institución en estudio. Datos otorgados por la empresa Penta Analytics S.A.
- La memoria no considera el levantamiento de información a través de encuestas, focus group u otras herramientas.
- El proyecto abarca la creación de una nueva política de asignación de becas para cada segmento de puntaje PSU, CAE, programa.
- La memoria no contempla la implementación de la nueva asignación.
- Los modelos de propensión a la matrícula no tratan el sesgo de selección de la muestra. El sesgo se produce porque sólo se trabaja con datos de estudiantes que son seleccionados y son llamados a matricularse en la institución en estudio.
- Se construyen grupo de programas con características similares, para disminuir la dimensionalidad del problema de asignación. El proyecto no considera a los programas de Medicina y Odontología.
- Los modelos de optimización consideran los convocados del proceso de admisión 2014 con una distribución equivalente a la observada respecto a las variables segmento puntaje PSU, programas

5 Resultados esperados

5.1 Modelos de propensión de matrícula

- Factores que determinan la propensión.
- Puntaje PSU: A medida que aumenta el puntaje aumenta la probabilidad de matricularse
- Ayuda económica: A medida que aumenta el porcentaje de beca aumenta la probabilidad de matricularse.
- Comportamiento heterogéneo en estudiantes ante la exposición de la oferta de becas.

5.2 Modelos de optimización de asignación de becas

- Aumente el número de matriculados.
- Estructura de asignación de becas por programa dependiendo de un segmento puntaje PSU y el tipo de estudiante determinado por el CAE.
- Presupuesto por programa y CAE.
- El modelo asigne una mayor proporción de becas a estudiantes con una menor propensión a matricularse dado que se utiliza una función logística para modelar la probabilidad la propensión de matrícula. A medida que aumenta la utilidad del individuo la tasa de crecimiento de la probabilidad es decreciente.

6 Marco conceptual

6.1 Clustering: K-Medias

K-Medias es un algoritmo iterativo que permite agrupar datos u objetos con el objetivo de generar grupos con datos similares y grupos diferentes, es decir, maximizar la distancia inter clúster y minimizar la distancia intra clúster. Se enmarca en las metodologías de aprendizaje no supervisado, es decir, no existe variable dependiente o clases predefinidas. Trabaja con datos cuantitativos ya que ocupa como medida de agrupación la distancia euclidiana.

A continuación se detalla el método.

1. Escoger k centroides.
2. Calcular la distancia de cada uno de los objetos a los distintos centroides.
3. Asignar los objetos al centroide más cercano
4. Recalcular los centroides
5. Repetir 2, 3, 4 hasta que los objetos no cambien de grupo bajo una tolerancia dada por el experto [17].

Una de las ventajas que posee el algoritmo es que es eficiente frente a otros, por ejemplo los métodos aglomerativos. Por otra parte, su desventaja radica en que se debe designar a priori el número de divisiones o grupos de la solución. También el algoritmo es susceptible a los centroides iniciales y datos fuera de rango.

Para encontrar un número de grupos adecuado, se debe ejecutar el algoritmo para varias divisiones y comparar los resultados con indicadores de eficiencia tales como: distancia promedio al centroide, densidad promedio de los grupos, etc. En cuanto a los centroides iniciales se debe repetir el procedimiento una cierta cantidad de veces y verificar la estabilidad de los resultados.

Actualmente los programas computacionales, como RapidMiner, incluyen en sus paquetes, la elección eficiente de centroides.

Finalmente el algoritmo se ejecuta para clasificar programas de la institución de estudio con el fin de ocupar la segmentación como variable de entrada del modelo de propensión a la matrícula.

6.2 Modelo de elección discreta (Logit)

6.2.1 Definición

Logit describe la probabilidad que un individuo escoja una alternativa en un conjunto determinado de elecciones. En la construcción del modelo se asume que un individuo n ($n=1, \dots, N$) posee utilidad μ_{ni} para la alternativa i ($i=1, \dots, I$). La utilidad es conocida por el individuo y desea maximizar la utilidad frente a la elección.

La utilidad no es conocida por el investigador por lo que se puede descomponer en una componente determinística (v_{ni}) y otra estocástica (ε_{ni}).

Se define la probabilidad de un individuo n escoja la alternativa j como la siguiente expresión:

$$P_{ni} = \mathbb{P}(\mu_{ni} > \mu_{nj}, \forall i \neq j) \quad (1)$$

$$P_{ni} = \mathbb{P}(v_{ni} + \varepsilon_{ni} > v_{nj} + \varepsilon_{nj}, \forall i \neq j) \quad (2)$$

$$P_{ni} = \mathbb{P}(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < v_{ni} - v_{nj}, \forall i \neq j) \quad (3)$$

$$P_{ni} = \int 1_{[\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < v_{ni} - v_{nj}, \forall i \neq j]} \cdot f(\varepsilon_n) \cdot d\varepsilon_n \quad (4)$$

Para encontrar una fórmula cerrada sobre la integral es necesario definir la distribución de la componente aleatoria. En este caso, cada ε_{ni} distribuye Valor Extremo independiente e idénticamente distribuido (iid). En tanto, la componente determinística queda determinada por las variables observables que el investigador considere que afectan la decisión del individuo [16].

Finalmente P_{ni} queda determinada por la siguiente expresión:

$$P_{ni} = \frac{e^{v_{ni}}}{\sum_j e^{v_{nj}}} \quad (5)$$

La utilidad determinística de un individuo n al escoger la alternativa i (v_{ni}) está determinada por la siguiente expresión, donde x_{ni} es un conjunto de variables observables del individuo n al escoger la alternativa i y β es un vector de parámetros asociado a las variables.

$$v_{ni} = \beta' \cdot x_{ni} \quad (6)$$

En el caso del problema abordado en el proyecto es un logit con dos alternativas, si el estudiante se matricula o no. La utilidad de no matricularse es definida como cero. La expresión 7 indica la probabilidad de un individuo n de matricularse en la institución de estudio (y_n) dado sus características observables x_n .

$$P_n = \mathbb{P}(y_n = 1/x_n) = \frac{e^{\beta' \cdot x_n}}{1 + e^{\beta' \cdot x_n}} \quad (7)$$

Propiedades

Patrones de sustitución. La comparación de pares de alternativas no se ven afectadas por las características de las otras alternativas. Esto se conoce como Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA) o sustitución proporcional. Esto es una limitante del modelo ya que si se integran alternativas similares a las presentes no se alteran los patrones de sustitución.

Estimación y test de hipótesis

Los parámetros pueden ser estimados por el método de Máxima Verosimilitud. Se define la log-verosimilitud del modelo en la siguiente expresión 8 y 9.

$$LL(\beta) = \sum_n \sum_i y_{ni} \cdot \ln(P_{ni}) \quad (8)$$

A partir de la condición de primer orden (CPO) se estiman los parámetros.

$$CPO = \frac{dLL(\beta)}{d\beta} = \sum_n \sum_i (y_{ni} - P_{ni}) \cdot x_{ni} = 0 \quad (9)$$

Para testear hipótesis se ocupan Test-T al igual que en regresiones lineales [16].

$$\frac{\hat{\beta}}{desv(\hat{\beta})} \sim T - Student(\alpha = \text{significancia}) \quad (10)$$

6.2.2 Validación de modelos: Entrenamiento y Testeo

Si se ocupa toda la muestra de datos el modelo podría sobre ajustarse y podría perder capacidad predictiva de nuevos objetos, es decir, podría explicar a la perfección los datos que se están ocupando en el modelamiento, pero al utilizar el modelo con otra base de datos no tendría la capacidad de observar los patrones que con anterioridad aprendió.

Para disminuir el sobre ajuste es necesario separar los datos en una base de entrenamiento y otra de testeo.

Existen varios métodos para la validación de modelos. En este caso la base de entrenamiento corresponde al 80% de los datos y la base de testeo al resto. Con la base de entrenamiento se crea el modelo y con la base de testeo se evalúa su poder predictivo.

El porcentaje en cada una de las bases cuando la clase objetivo no está desbalanceada generalmente se divide en 80/20 o 70/30 [17]. En el caso del proyecto, la variable dependiente, para la clase matriculado varía entre el 59 y 62 por ciento de los casos, por lo que no existirían problemas con la división propuesta.

6.2.3 Evaluación de modelos

Para evaluar el modelo logit existen las tablas de contingencia que describe los resultados entregados por el modelo de clasificación en contraste con la realidad. En la figura 5 se presenta su estructura [17].

Tabla de Contingencia		Valor Real	
		Negativo	Positivo
Valor de la Predicción	Negativo	TN	FN
	Positivo	FP	TP

Figura 5. Tabla de contingencia para evaluación de modelos de clasificación binaria. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla anterior se generan los siguientes indicadores.

- **Accuracy:** Corresponde al porcentaje de acierto de ambas clases respecto al total de datos.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (11)$$

- **Recall:** Corresponde al porcentaje de acierto sobre los datos reales en la clase a predecir. También llamado Sensitivity.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (12)$$

- **Prediction:** Corresponde al porcentaje de acierto de los casos positivos correctamente clasificados sobre todos los casos positivos.

$$Prediction = \frac{TP}{TP + FP} \quad (13)$$

- **Specificity:** Corresponde al porcentaje de acierto de los casos negativos correctamente clasificados sobre todos los casos negativos.

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (14)$$

- **F-Measure:** Corresponde a una media geométrica entre el indicador Recall y Prediction. Su ventaja radica en que muestra la certeza del modelo, más cercano a la realidad.

$$F - Measure = \frac{2 \cdot Recall \cdot Prediction}{Recall + Prediction} \quad (15)$$

- **Lift:** Compara la precisión del modelo con la tasa de la clase positiva respecto al total de datos, en este caso, matriculados respecto del total de convocados.

$$Lift = \frac{Prediction}{\frac{FN + FP}{TP + TN + FP + FN}} \quad (16)$$

- **Curva ROC:** Se construye a partir de los indicadores Recall y 1-Specificity, es decir, el error de clasificar positivo sobre todos los casos negativos según varíe el umbral de clasificación. El indicador AUC (Area Under Curve), área bajo la curva, indica si el modelo es un buen predictor. Si el indicador es sobre 0.75 el modelo posee una buena predicción.

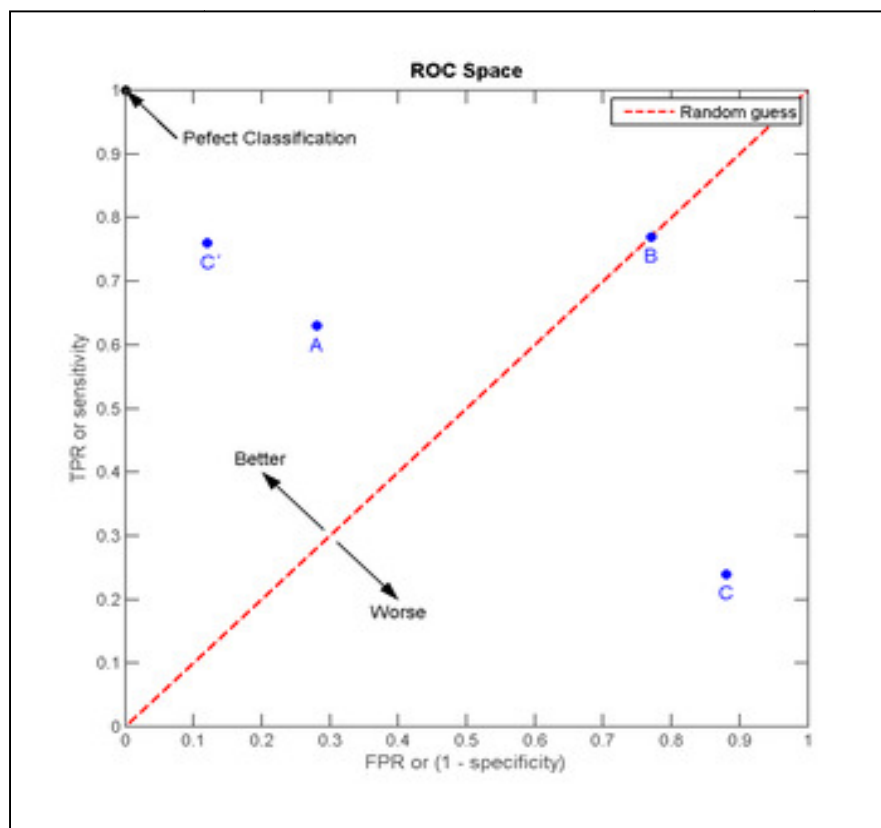


Figura 6. Ilustración curva ROC. Fuente: [17].

6.3 Problema de la mochila: Knapsack

Se tienen N objetos para introducir en una mochila con capacidad limitada b . Cada objeto tiene un beneficio (a_i) y ocupa un espacio (c_j). La decisión que se requiere determinar es, cuáles de los N objetos deben introducirse en la mochila de manera de maximizar el beneficio, sujeto a la capacidad de la mochila. La expresión 17 muestra el modelamiento, donde x_i es una variable binaria que toma valor 1 si el objeto i se encuadra en la mochila.

$$MAX_{\{x_i\}} \left\{ \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i : \sum_{i=1}^N a_i \cdot x_i \leq b, x_i \in \{0,1\} \right\} (17)$$

Para el caso del problema abordado en el proyecto, se debe determinar cuál es el tipo de beca que se le debe entregar a un cierto segmento de estudiantes, incluyendo la decisión de no otorgar el beneficio, es decir, que porcentaje se becará del costo de la carrera.

Si se define un conjunto de porcentajes de descuentos y se decide cuál de ellos se otorga a un grupo de estudiantes en específico, en la que la elección confiere un beneficio sobre la utilidad del individuo al matricularse, el problema puede ser modelado como un Knapsack.

La función objetivo corresponde a maximizar el valor esperado del número de matriculados, es decir, el número de convocados para un grupo específico de estudiantes por la probabilidad que este grupo se matricule. La probabilidad se obtiene a través de la propensión de la matrícula modelado con un logit.

Las restricciones del problema corresponden al presupuesto de la oferta de becas y al número de vacantes por clúster de programas.

Otras restricciones sobre el puntaje promedio PSU e ingresos de los programas estudiados son consideradas para evaluar el modelo de optimización. El detalle del modelamiento, se muestra en la sección 7.6

Para resolver el problema se ocupa el algoritmo de Branch&Bound que consiste en primera instancia en resolver el problema relajado, es decir, las variables binarias se dejan irrestrictas y a partir de ramificaciones de las variables de decisión y acotamiento del valor de la función objetivo se busca encontrar la mejor solución entera. El algoritmo de resume en los siguientes pasos.

Algoritmo de Branch&Bound [18].

0. Lista de problemas candidatos a ser ramificados: $L = \{(P_0)\}$; $\bar{z} = +\infty$
1. Escoger un problema (nodo) de la lista L
Sea (P) el problema seleccionado
Si: $L = \emptyset$, Terminar con las siguientes conclusiones
 - Si $\bar{z} = +\infty$. (PE) es infactible
 - En caso contrario, la solución de (PE) es (\bar{x}, \bar{z}) .
2. Resolver el problema (P)
Si (P) es infactible, eliminarlo de L (podar la rama que nace de (P)). Ir a (1).
3. Si (P) es factible, sea z' el valor óptimo y x' una solución óptima
Si $z' \geq \bar{z}$ eliminar (P) de L e ir a (1).
4. Si $z' < \bar{z}$ y x' cumple con la condición de integralidad, entonces actualizar los valores $\bar{z} \leftarrow z', \bar{x} \leftarrow x'$. Eliminar (P) de L e ir a (1).
5. En caso contrario, sea $k \in I$ tal que $x_k' \notin \mathfrak{N}_0$. Ramificar el problema. (P) creando dos nuevos problemas: (P^+) y (P^-) .
 (P^-) se construye agregando la restricción $x_k \leq \lfloor x_k' \rfloor$.
 (P^+) se construye agregando la restricción $x_k \geq \lfloor x_k' \rfloor + 1$.
Por último se actualiza $L \leftarrow L \cup \{P^-, P^+\}$ y se va al paso (1).

7 Metodología

A continuación se definen los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto.

7.1 Definición del problema

Esta primera etapa tiene el fin de comprender el contexto en que se enmarca la asignación de becas en la institución, es decir, entender las políticas o reglas establecidas por la organización con el objetivo de proponer una solución real al problema planteado. Para ello se requiere lo siguiente.

- Levantamiento del proceso actual de asignación de becas.
- Revisión bibliográfica. Investigación de modelos predictivos sobre la propensión a la matrícula y de modelos de optimización sobre la asignación de becas.

7.2 Selección y procesamiento de datos

En el siguiente diagrama se muestra la primera selección de datos que corresponde a los estudiantes que fueron llamados a matricularse en la institución en estudio. En adelante se les llamará convocados.

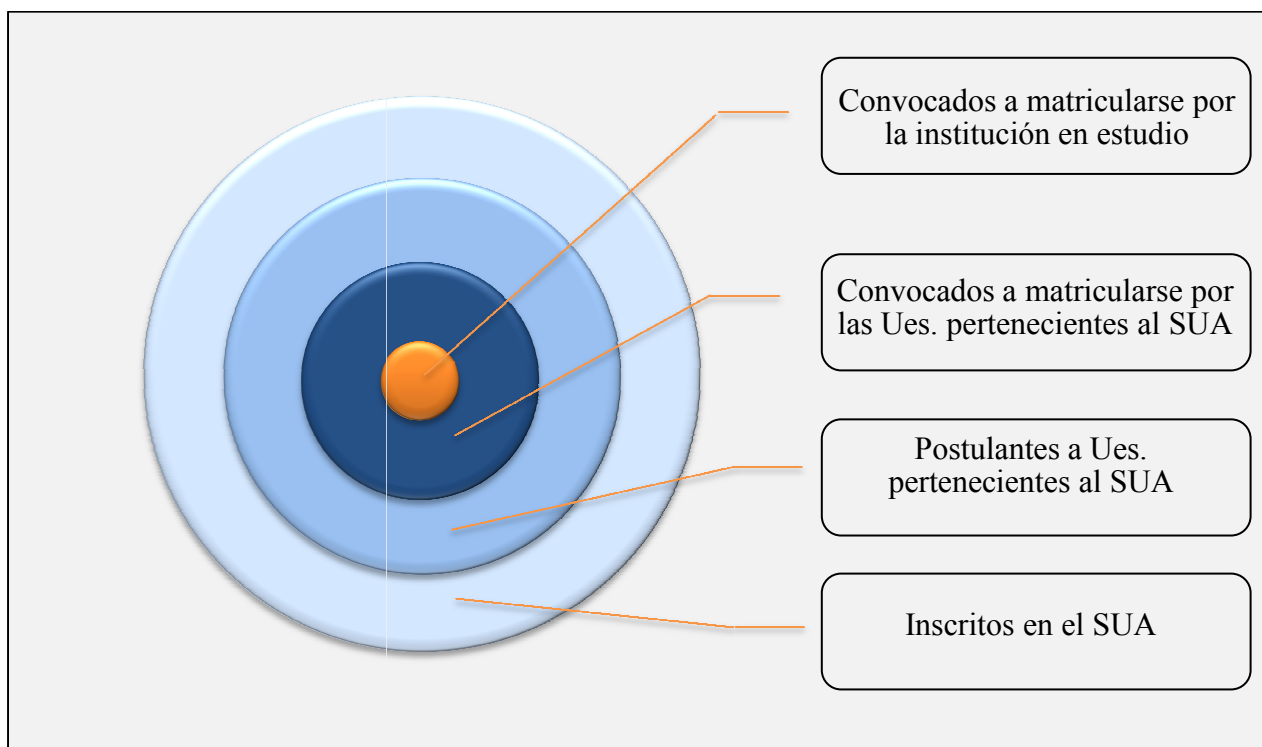


Figura 7. Diagrama de la primera selección de datos. Fuente: Elaboración propia.

Sobre la selección anterior se crean las siguientes bases de datos:

- Base de datos de los convocados: Se crea a partir de la base de datos de los estudiantes seleccionados y en lista de espera entregada por el DEMRE, la que cuenta con datos de la postulación y socio económicos. A esta información se le agrega, variables relacionadas con las becas y matrícula.
- Base de datos de programas: Consta de la caracterización de cada programa en términos de sus vacantes, arancel, puntaje promedio PSU, convocados, matriculados del proceso de admisión 2014.

7.3 Descripción de la situación actual

Consiste en una descripción del contexto en que se enmarca la asignación de becas, la estructura que posee la política de becas de la institución y un análisis descriptivo de los procesos de admisión 2013 y 2014.

7.4 Clustering de programas

En esta etapa se desarrolla una segmentación de programas del proceso de admisión 2014 de la institución, con el algoritmo K-Means, con el fin de disminuir su dimensionalidad. La variable se ocupa como factor para el modelo logit, y por otra parte, se genera una nueva variable de porcentaje de beca que depende del clúster de programas y el puntaje promedio PSU de matemática y lenguaje para el modelo de propensión a la matrícula y asignación de becas en el modelo de optimización.

7.5 Modelamiento de la propensión a la matrícula

Se define la utilidad observable de un individuo n de al matricularse en la institución en estudio como:

$$\mu_n = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Características}_n + \beta_2 \cdot \text{PSU}_n + \beta_3 \cdot \text{Becas}_n \quad (18)$$

Entonces la probabilidad que un individuo n se matricule en la institución de estudio queda determinada por:

$$P_n = \mathbb{P}(y_n = 1 / \text{Características}_n, \text{PSU}_n, \text{Becas}_n) = \frac{e^{\mu_n}}{1 + e^{\mu_n}} \quad (19)$$

El vector independiente de “características” del individuo queda definido por las siguientes variables: preferencia, grupo dependencia (tipo de colegio), sexo, nacionalidad, ingreso per cápita y año de proceso de postulación al que pertenece. El vector referente a “PSU” engloba a las variables ranking de Notas, puntaje NEM y puntaje promedio matemática y lenguaje. El vector

de “becas” está relacionado con todos los aportes al financiamiento del programa que postula el estudiante, es decir, beca sobre el arancel, matrícula y aportes del estado.

En cuanto al CAE, se confecciona un modelo para cada tipo de estudiante. Finalmente “ y_n ” es la variable dependiente que indica si el individuo n se matriculó o no en la institución de estudio.

7.6 Modelo de Asignación de becas

7.6.1 Parámetros del modelo de propensión a la matrícula

Los parámetros obtenidos con el modelo de regresión logística se utilizan para modelar la probabilidad que un individuo se matricule en la institución de estudio.

Las variables de decisión del modelo de optimización no están relacionadas con todos los parámetros del modelo de propensión a la matrícula, ya que sólo se desea tomar la decisión respecto a los factores que afecten a la estructura actual de asignación de becas, es decir, sobre el puntaje promedio PSU entre matemática y lenguaje, el programa, tipo de estudiantes (CAE) y el porcentaje de beca que se otorga.

Por otra parte, aquellos parámetros que no se utilicen para la asignación, deben incluirse en el modelo de optimización como una constante ya que se consideran como parte de la utilidad que presenta un individuo de ciertas características al matricularse.

La construcción del modelo de propensión a la matrícula podría haber excluidos factores que no serían utilizados en el modelo de optimización, pero sin ellas, el modelo de regresión logística pierde precisión y poder predictivo.

Incluso, parte de la utilidad de esos factores se hubiese diseminado en las variables de asignación del modelo de optimización, sobre estimando su efecto sobre la propensión de la matrícula.

Es por esto, que se considera esos factores como efecto fijo, construyendo un individuo con características híbridas. En la expresión 20 se muestra el beneficio de este individuo.

$$\beta_{\text{individuo-promedio}} = \beta_0 + \beta_{2014} \cdot x_{2014} + \sum_{p=1}^3 \beta_p \cdot \bar{P}_p + \sum_{d=1}^3 \beta_d \cdot \bar{P}_d + \beta_{\text{BecaMat}} \cdot \overline{\text{BecaMat}} + \beta_{\text{BecaEx}} \cdot \overline{\text{BecaEx}} + \beta_{\ln(\text{IngPerCap})} \cdot \overline{\ln(\text{IngPerCap})} + \beta_{\ln(\text{Precio})} \cdot \overline{\ln(\text{Precio})} \quad (20)$$

El individuo promedio que se presenta, mantiene la constante del modelo logit y el valor del parámetro asignado a la variable “proceso de admisión 2014” ya que se ocupan los convocados de ese año.

Para las variables categóricas, preferencia (p), grupo dependencia (d), beca matrícula, beca externa, se pondera por la distribución que tiene cada una de las variables.

Para variables continuas, logaritmo natural del ingreso per cápita y logaritmo natural del precio que debe pagar el individuo sin becas, se multiplica por el promedio de la variable.

Al individuo promedio, se denomina individuo híbrido, ya que para una variable categórica posee un cierto porcentaje de cada una de las categorías y en el caso de variables continuas se fija la característica en el promedio. Por ejemplo: si el logaritmo natural del ingreso per cápita se fija en 11.4, equivale a \$90,000 pesos chilenos aproximadamente por persona.

7.6.2 Problema de programación entera

A continuación se presenta el modelo generalizado de la adaptación del Knapsack al proyecto.

Conjuntos:

- Clúster programa: $i=1, \dots, I$ (Tipos de programas)
- Segmento puntaje promedio PSU Matemática y Lenguaje: $j=1, \dots, J$ (Tramos de puntaje)
- Descuento: $d=1 \dots D^{CAE}$ (Tipos de descuentos, incluye no entregar beneficio)
- Descuento: $d=1 \dots D^{SIN CAE}$ (Tipos de descuentos, incluye no entregar beneficio)

Variable de decisión:

- $x_{ijd}^{CAE} = \begin{cases} 1, & \text{Si se entrega descuento } d, \text{ al clúster programa } i, \text{ del segmento PSU } j, \text{ con CAE} \\ 0, & \sim \end{cases}$
- $x_{ijd}^{SIN CAE} = \begin{cases} 1, & \text{Si se entrega descuento } d, \text{ al clúster programa } i, \text{ del segmento PSU } j, \text{ sin CAE} \\ 0, & \sim \end{cases}$

Parámetros:

- P : Presupuesto Total para becas de arancel del proceso de admisión 2014.
- V_i : Total de Vacantes del clúster programa i del proceso de admisión 2014.
- $VE_{ijd}(x_{ijd}^{CAE})$: Valor esperado del n° de matriculados del proceso de admisión 2014 del clúster programa i , del segmento PSU j , con descuento tipo d , tipo de estudiante que tiene CAE.
- $VE_{ijd}(x_{ijd}^{SIN CAE})$: Valor esperado del n° de matriculados del proceso de admisión 2014 del clúster programa i , del segmento PSU j , con descuento tipo d , tipo estudiante que tiene CAE.
- $A_{real i}$: Arancel real promedio del clúster programa i del proceso de admisión 2014.
- $D_d^{CON CAE}$: Porcentaje de descuento sobre el arancel real del tipo d , para estudiante con CAE.
- $D_d^{SIN CAE}$: Porcentaje de descuento sobre el arancel real del tipo d , para estudiantes sin CAE.
- C_{ij} : Número de convocados del segmento PSU j , clúster programa i , del proceso de admisión 2014

Función Objetivo:

$$E(N^\circ \text{ matriculados}) = \text{MAX}_{\{x_{ijd}^{CAE}, x_{ijd}^{SIN CAE}\}} \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{CAE} + \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{SIN CAE} \quad (22)$$

Restricciones:

1. No se debe superar el presupuesto:

$$\sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot \{x_{ijd}^{CAE} \cdot D_d \cdot A_{real i}\} + \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot \{x_{ijd}^{SIN CAE} \cdot D_d \cdot A_{real i}\} \leq P \quad (23)$$

2. No se debe superar las vacantes disponibles para cada clúster programa:

$$\sum_{j,d}^{J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{CAE} + \sum_{j,d}^{J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{SIN CAE} \leq V_i, \forall i \quad (24)$$

3. Se debe asignar un solo tipo descuento por segmento PSU, clúster programa:

$$\sum_d^D x_{ijd}^{CAE} = 1, \forall i, j \quad (25)$$

$$\sum_d^D x_{ijd}^{SIN CAE} = 1, \forall i, j \quad (26)$$

4. Estructura de asignación de becas:

$$\sum_d^D x_{ij+1d}^{CAE} \cdot D_d \geq \sum_d^D x_{ijd}^{CAE} \cdot D_d, \forall i, j \quad (27)$$

$$\sum_d^D x_{ij+1d}^{SIN CAE} \cdot D_d \geq \sum_d^D x_{ijd}^{SIN CAE} \cdot D_d, \forall i, j \quad (28)$$

- i. Si se entrega un descuento, para un cierto tipo de clúster programa, y segmento PSU, para el siguiente segmento PSU se debe entregar un descuento igual o mayor.
- ii. Esto debe ser así, ya que la política de beca, premia con mayor descuento al estudiante que obtiene un mayor puntaje. Es por esto que al menos para un estudiante perteneciente a una carrera, con cierto tipo de beneficio de crédito, con un nivel de puntaje PSU, debe recibir al menos el mismo monto de beca sobre arancel que otro alumno con las mismas características pero con un nivel de puntaje PSU menor.
- iii. Como en la restricción 3, asigna un tipo de beca para un par (i, j) dependiendo de si el estudiante posee CAE, la sumatoria de la restricción 4 es evaluada en un solo descuento, por tanto se logra la estructura deseada.

5. Naturaleza de la Variables:

$$x_{ijd}^{CAE} \in \{0,1\} \forall i, j, d \quad (29)$$

$$x_{ijd}^{SIN CAE} \in \{0,1\} \forall i, j, d \quad (30)$$

En primer lugar se construyen dos modelos de regresión logística dependiendo del tipo de estudiante (CAE). Los estudiantes con CAE tienen una disposición distinta a la oferta de becas, por tanto la estructura de becas se puede diferenciar. Esto se justifica en las secciones de análisis descriptivo 9.2 y modelamiento de la propensión a la matrícula, en la sección 11.1 y 11.2.

Es por ello que se definen diferentes tipos de descuentos para individuos con CAE y sin el beneficio del estado. Así se definen dos variables de decisión de asignación de becas que dependen de tramos de puntaje PSU, clúster programa, tipo de estudiante.

El valor esperado del número de matriculados se obtiene de la multiplicación de los convocados de un segmento de PSU j y clúster programa i con la probabilidad que se matricule este grupo de estudiantes dado que se le asigne un tipo de beca. La probabilidad de matricularse se obtiene de la función logística a partir de la utilidad del individuo híbrido y la utilidad generada por asignar el beneficio de entregar un tipo de beca.

En la expresión 21, se muestra como se obtiene el valor esperado del número de matriculados de un segmento de estudiantes.

$$VE_{ija}(x_{ija}^{CAE}) = C_{ij} \cdot \mathbb{P}(y_{ija} = 1 / x_{ija}^{CAE}) = \frac{e^{\beta_{IndProm} \cdot IndProm + \beta_j \cdot PSU_j + \beta_i \cdot Clúster_i + \beta_{ija} \cdot Desc_d}}{1 + e^{\beta_{IndProm} \cdot IndProm + \beta_j \cdot PSU_j + \beta_i \cdot Clúster_i + \beta_{ija} \cdot Desc_d}} \cdot x_{ija}^{CAE} \quad (21)$$

Independiente si se entrega o no beca, el individuo siempre pertenece a un clúster programa y a un tramo PSU, por lo que existe un beneficio intrínseco independiente si tiene beca o no. Así, cada grupo de convocados está incluido en el modelo.

Finalmente, para resolver el modelo de optimización se genera un código en lenguaje OPL ocupando el solver de CPLEX. El método para resolver el problemas es Branch&Bound.

7.6.3 Evaluación del modelo de optimización

La evaluación de la optimización se basa en la comparación de la situación actual respecto al modelo según los siguientes indicadores:

- N° de Matriculados.
- N° de Becados.
- Gasto total en becas.
- Beca promedio.
- Puntaje promedio PSU.
- Porcentaje de becados de los matriculados.
- Porcentaje de matriculados de los convocados (conversión).
- Ingresos generados con la política.

Para generar sensibilidad en el modelo se construyen las siguientes modificaciones al problema de programación lineal.

1. El puntaje promedio PSU de matemática y lenguaje de los matriculados debe alcanzar una cota mínima ($Ptje_{min}$).

$$\sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{CAE} \cdot Ptje_{psu_{ij}} + \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{SIN\ CAE} \cdot Ptje_{psu_{ij}} \geq Ptje_{min} \cdot \mathbb{E}(\text{Matriculados}) \quad (31)$$

2. Restringir el número de matriculados y minimizar el presupuesto.

Función objetivo:

$$MIN P_{\{x_{ijd}^{CAE}, x_{ijd}^{SIN\ CAE}\}} = \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot \{x_{ijd}^{CAE} \cdot D_d \cdot A_{real\ i}\} + \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot \{x_{ijd}^{SIN\ CAE} \cdot D_d \cdot A_{real\ i}\} \quad (32)$$

Restringir matriculados:

$$N^\circ \text{ Matriculados } 2014 = \mathbb{E}(N^\circ \text{ matriculados}) = \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{CAE} + \sum_{i,j,d}^{I,J,D} VE_{ijd} \cdot x_{ijd}^{SIN\ CAE} \quad (33)$$

8 Selección y procesamiento de datos.

8.1 Convocados

Penta Analytics S.A considera que abordar el problema de la asignación de becas de aquellos estudiantes inscritos y que sean convocados a matricularse en la casa de estudio, es un marco suficiente para los requerimientos de la universidad.

La institución tiene el paradigma de que aquellos estudiantes que no postularon a la institución no deben ser considerados en el análisis ya que desean alumnos que tengan en alguna medida una preferencia por la institución.

Por otro lado, existen antecedentes sobre la conversión de matriculados. Bajo el 50% de los estudiantes convocados no se matricula. Por tanto abordar el problema desde este punto de vista se justifica.

A pesar de ello, se incurre en un sesgo, ya que las características de quienes no escogieron la institución de estudio podrían ser diferentes de aquellos que postularon a otra universidad.

A continuación, en la Tabla 4, se muestra la cantidad de estudiantes inscritos, en ambos procesos de admisión, y finalmente los convocados a matricularse en la institución de estudio. Esto constituye la primera selección de datos.

Estudiantes	2013	2014
Inscritos	280.453	278.623
Convocados Casa de Estudio	20.980	20.312
Matriculados Casa de Estudio	9.671	10.189

Tabla 4. Selección de estudiantes. Fuente: Elaboración propia. Datos: DEMRE.

Uno de los archivos entregados por el DEMRE contiene los registros de aquellos estudiantes convocados a matricularse a la institución en estudio. En Tabla 5, se presenta la información del archivo y una breve descripción.

El campo, estado de postulación, hace referencia a si el estudiante es seleccionado para matricularse en la institución de estudio o si queda registrado en la lista de espera para ser llamado a matricularse una vez que se desocupe una vacante de los seleccionados.

Por otra parte, como los estudiantes pueden postular a diferentes programas, se pueden duplicar preferencias, ya que un estudiante podría estar seleccionado en un programa y estar en lista de espera en otro. Por consiguiente, se utilizan estudiantes seleccionados.

Por otra parte la cantidad de alumnos en lista de espera que finalmente se matricula es marginal y ocurre después de los primeros tres días del proceso de matrícula.

Sobre el tercer día de matrícula la política de becas cambia, ya que se realizan acciones de marketing directo sobre un grupo de estudiantes en específico.

En la sección 9.1.1 se explicará el actual sistema de asignación de becas.

Convocados	
Campo	Descripción
Número de documento	RUT del estudiante
Año proceso	“2013” o “2014”
Sexo	“1= Masculino” o “2=Femenino”
Nacionalidad	“1= Chileno” o “2=Extranjero”
Preferencia	Nº de orden en que escogió la carrera
Puntaje Ponderado	Puntaje PSU ponderado sobre el programa
BEA	Si postula a la Beca de Excelencia Académica
RBD	Identificador de la institución Educacional
Grupo dependencia	“1=P. Pagado”, “2=P. Subvencionado” o “3=Municipal”
Código Región	Identificador de la región
Año de egreso	Año de Egreso de Enseñanza Media
Ptje. NEM	Puntaje PSU, Notas Enseñanza Media
Ptje. Rank	Puntaje PSU, Ranking de Notas
PROMLM	Puntaje PSU, Promedio Matemática - Lenguaje
Matemática	Puntaje PSU, Matemática
Lenguaje y Comunicación	Puntaje PSU, Lenguaje y Comunicación
Historia y Cs. Sociales	Puntaje PSU, Historia y Ciencias Sociales
Ciencias	Puntaje PSU, Ciencias
Módulo	Módulo rendido Ciencias: “FIS”, “BIO” o “QUI”
Código	Código de la carrera (5 dígitos)
Estado de la postulación	“24=Seleccionado” o “25=Lista de espera”
Pond_Año_Acad	“1=Proceso Actual” o “2=Proceso Anterior”
Ingreso Bruto Familiar	
Nº de integrantes de la Familia	

Tabla 5. Estructura base de datos estudiantes convocados en el proceso de admisión 2013 y 2014. Fuente: Elaboración propia. Datos: DEMRE.

Finalmente sólo se consideran aquellos programas del 2013 que están vigentes en el proceso de admisión 2014. En la Tabla 6 se muestra un resumen de la selección de datos.

Convocados	
Campo	filtro
Estado de la postulación	Se considera: "24=Seleccionado"
Preferencia	Hasta 3era preferencia
Código	Sólo carreras del 2013 que estén en el proceso 2014
Fecha de matrícula	Hasta el tercer día

Tabla 6. Selección de datos. Filtro de variables. Fuente: Elaboración propia. Datos: DEMRE.

8.2 Extracción de información de otras fuentes

La siguiente modificación a la base de datos de los convocados contiene la asociación de información respecto a la oferta de becas de la universidad, becas externas, postulación al CAE, información sobre la carrera a la que postula el convocado y si el estudiante se matricula o no en la institución de estudio.

Convocados		
Campo	Variable: Descripción	Tipo
Beca Externa	Monto Beca Externa	Razón
	Si recibe Beca Externa	Dummy
Beca Institución	Monto Beca sobre el Arancel	Razón
	Si se le ofrece Beca Arancel	Dummy
	Si se le ofrece Beca Matrícula	Dummy
	Certificación Beca simulador	Dummy
Matriculado	Si se matricula en la institución	Dummy
	Fecha de matricula	DD/MM/AA
CAE	Si tiene crédito Aval del Estado	Dummy
Oferta programa	Arancel Referencial	Razón
	Arancel Real	Razón

Tabla 7. Consolidación de información de Becas de la Institución, becas Externas, CAE, oferta de programas, matricula a la base de convocados. Fuente: Elaboración propia.

8.3 Oferta de programas

Se considera la generación de una base de datos de programas del proceso de admisión 2014 con el fin realizar una segmentación de carreras para disminuir la dimensionalidad de esta información y ocuparla como variable del modelo de propensión a la matrícula. Para ello se tiene la siguiente base de datos.

Convocados	
Columna	Descripción
Código	Identificador de carrera
Nombre Programa	Nombre de la carrera con la sede respectiva
Vacantes	N° de vacantes ofrecidas para el proceso 2014
PROMLM	Promedio PSU Matemática Lenguaje
Convocados	N° de alumnos convocados
Matriculados	N° de alumnos matriculados
Arancel Real	Arancel Real del programa
Valor Matrícula	Valor de la matrícula
Meta Comercial	Meta de vacantes a cubrir por programa
Conversión	Ratio Matriculados vs Convocados
Tasa de Ocupación	Ratio Matriculados vs Vacantes

Tabla 8. Estructura de la base de datos de la oferta de programas. Fuente: Elaboración propia. Datos: Penta Analytics S.A.

No se consideran los programas de Odontología y Medicina ya que el valor de las carreras y puntajes promedios PSU de las pruebas de Matemática y Lenguaje poseen valores fuera de rango que afectan el método de segmentación. Esto se justifica en la sección 10 del informe.

9 Descripción de la situación actual

9.1 Antecedentes Generales

Actualmente la Universidad cuenta con un simulador de becas. A partir de agosto los estudiantes simulan beneficios dependiendo de su puntaje PSU, programas a los que postulen, preferencia de la carrera, si postula al CAE y algún beneficio del estado.

Hasta fin de noviembre, el simulador sólo juega el rol de mostrar un tentativo descuento. A partir de diciembre, se generan certificados válidos de beneficios considerando que la información simulada sea válida respecto a los puntajes reales que obtenga el estudiante luego de rendir la PSU.

Una vez entregados los puntajes de la PSU y los estudiantes hayan realizado su postulación, se validan los certificados emitidos por el simulador. Si el alumno es convocado y se matricula en la institución, el beneficio se hace efectivo.

9.1.1 Actual método de asignación de becas

Becas sobre el arancel

- Sólo pueden tener becas aquellos estudiantes que hayan postulado hasta tercera preferencia y queden dentro de ellas.
- Se definen segmentos sobre el puntaje promedio PSU Matemática-Lenguaje. Cada 25 puntos se cambia al siguiente segmento.
- A medida que el puntaje promedio PSU Matemática-Lenguaje aumenta, el beneficio también aumenta.
- Cada programa posee su propia estructura de becas. Lo que cambia por programa es el porcentaje de descuento por tramo de PSU, pero sigue la estructura mencionada en el punto anterior.
- Si el estudiante posee CAE, la estructura de beneficios cambia, pero no se altera el orden creciente de descuentos respecto del puntaje PSU.
- El porcentaje de descuento se realiza sobre el copago. El copago, dependiendo si existe CAE, se define como el costo del programa (arancel real) restando todos los beneficios existentes para el estudiante, ya sea CAE o becas externas, sin considerar la beca que otorga la institución en estudio.
- Si el copago es cero y el estudiante tiene un certificado válido de beneficio sobre el arancel, la beca de la institución se descarta.

Becas sobre la matrícula

- Sólo tienen beca aquellos que hayan postulado en primera preferencia, pero pueden haber sido convocados hasta la tercera preferencia.
- Para el proceso de admisión 2013, sólo tenían becas aquellos que eran convocados en primera preferencia.

9.1.2 Actual método de evaluación de asignación de becas

La evaluación de la asignación de becas se basa en el siguiente indicador.

$$\text{Conversión} = \frac{N^{\circ} \text{ Matriculados}}{N^{\circ} \text{ Convocados}} \quad (32)$$

Los convocados son aquellos estudiantes que postularon a la institución y son llamados a matricularse. El indicador mide la tasa alumnos matriculados respecto de los convocados.

Este indicador puede ser condicionado respecto a si al alumno se le ofreció la beca. Por lo tanto la siguiente expresión mide la conversión condicionada a si se le ofreció beca y/o respecto a variables de interés tales como: segmento PSU, si tiene CAE, grupo socio económico, tipo de colegio (grupo de dependencia), nivel de preferencia, etc. A continuación se presenta una expresión que resume lo anterior.

$$\text{Conversión} = \frac{\# \text{ Matriculado dado (Beca)}}{\# \text{ Convocados dado (Beca)}} \quad (33)$$

Por otra parte existen los siguientes indicadores referentes a:

- N° de matriculados.
- N° de becados.
- Porcentaje de becados sobre matriculados.
- Gasto total en becas.
- Beca promedio.
- Puntaje promedio PSU.
- Ingresos.

Cada indicador se utiliza por programa, segmento PSU, tipo de estudiante (CAE).

9.2 Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de los datos se realiza sobre el indicador de conversión y tomando en cuenta las variables del método de evaluación actual de la asignación de becas explicitado en la sección 9.1.2. Por otra parte, se confecciona un modelo logit sobre la propensión a la matrícula para comprender cuáles son las características que podrían influir en la decisión.

9.2.1 Aspectos Generales

A continuación se presentan resultados respecto a la conversión para los procesos de admisión 2013 y 2014 sobre la base de datos analítica presentada en la sección 8.1.

Indicadores			
Proceso Admisión	Convocados	Matriculados	Conversión
2013	13.434	7.194	54%
2014	14.467	8.221	57%

Tabla 9. Indicadores globales de la conversión con beca arancel y beca matrícula. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 10, se desprende que si a un estudiante se le ofrece beca arancel o beca matrícula la conversión aumenta por sobre 30 y 20 puntos porcentuales. En tanto, de la Tabla 11 se aprecia que el efecto sobre la conversión de un estudiante que tiene beca arancel, pero sin beca matrícula, en comparación con alguien que no tiene ningún tipo de beca de la universidad es de un 56% para el proceso 2013 y un 40% para el 2014.

Conversión				
Proceso Admisión	Beca Arancel		Beca Matrícula	
	sin	con	sin	con
2013	35%	86%	54%	78%
2014	48%	86%	57%	76%

Tabla 10. Conversión para estudiantes con becas. Fuente: Elaboración propia.

Al repetir el ejercicio respecto a la beca matrícula, el efecto neto sobre un estudiante que no recibió beca arancel es de 34% y 29% respectivamente. También se destaca que un estudiante con beca matrícula y beca arancel posee el mejor índice de conversión, pero el aporte que le agrega la beca matrícula por sobre el efecto de la beca arancel es marginal.

Conversión				
Proceso Admisión	sin beca arancel		con beca arancel	
	sin beca matrícula	con beca matrícula	sin beca matrícula	con beca matrícula
2013	28%	62%	84%	87%
2014	39%	68%	79%	88%

Tabla 11. Conversión beca arancel dependiente de la beca matrícula. Conversión beca matrícula dependiente si tiene beca arancel. Fuente: Elaboración propia.

En general, el efecto de la beca sobre la conversión es considerable. También existe un trade-off en otorgar un beneficio sobre la matrícula o el arancel, ya que ofrecer una beca arancel es más costosa que una beca matrícula, pero con esta última se logra una menor conversión que con la beca arancel.

9.2.2 Antecedentes sobre el CAE

De los antecedentes recopilados a través del CNED para el proceso de admisión 2014 se debe considerar que UDLA y otras instituciones pertenecientes a la educación superior no fueron acreditadas.

Por tanto, los estudiantes que postulen a algún beneficio que otorgue el estado, no podrán postular a alguna de estas instituciones si es que desean mantener el beneficio.

Dado lo anterior, existe un grupo importante de estudiantes que rindieron la PSU que desearían mantener los beneficios otorgados por el estado. Teniendo en cuenta que UDLA se caracteriza por ser una institución que captura gran parte de la matrícula [2], y es competencia de la institución en estudio, para el periodo de admisión 2014, se esperaría un aumento de los convocados con CAE.

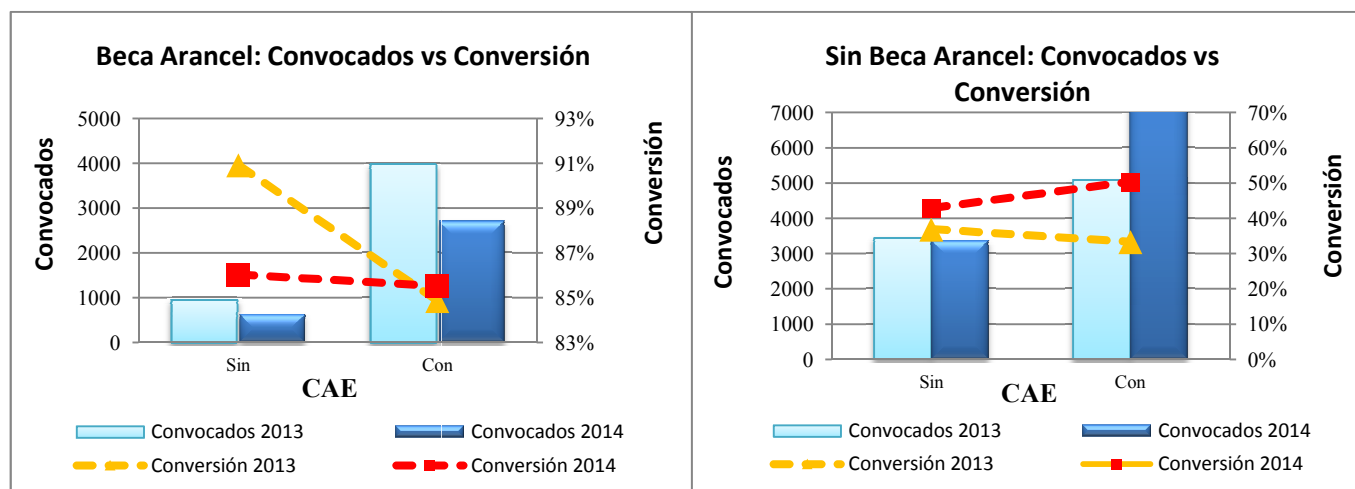


Figura 8. Convocados y conversión según tipo de estudiante (CAE). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8, se muestra la conversión y convocados para estudiantes con y sin CAE. En el gráfico de la derecha se describe a aquellos estudiantes que recibieron beca arancel y a la izquierda se muestra a los que no recibieron el beneficio, independiente si recibieron beca sobre la matrícula de admisión.

En cada gráfico, de la Figura 8, las barras representan los convocados y las líneas la conversión. Se observa que para aquellos estudiantes sin CAE, los convocados sin beca arancel son similares en ambos procesos de admisión y que los convocados con CAE sin beca arancel son aproximadamente 2.000 estudiantes más en el proceso de admisión 2014 respecto al 2013.

Por otra parte, sobre aquellos convocados con beca arancel y con CAE para el proceso 2014 representan alrededor de 1200 estudiantes menos respecto al 2013. Esto se debe en parte a que se entregaron menos becas de arancel en el proceso 2014. Sólo se becó al 35% de los estudiantes, en cambio en el 2013 se becó al 59% de los estudiantes matriculados.

Independiente de lo anterior, la suma de convocados con CAE del proceso 2014 son 9.800 y los del 2013 corresponden a 9.000 por lo que se observa un aumento considerable que puede ser explicado por la desacreditación de UDLA.

Un punto importante a analizar se relaciona con el porcentaje de descuentos sobre la beca arancel para distintos tipos de estudiantes (CAE). Para analizar posibles diferencias en la estructura de beneficios generan histogramas de los porcentajes.



Figura 9. Histograma del porcentaje de descuento sobre el copago. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9, se observa sobre 5.000 convocados con descuento de 100% sobre el copago. Este efecto se produce porque existen estudiantes con beca externa, con y sin CAE, por lo que el copago podría reducirse incluso a cero.

Si se considerará que lo relevante es el porcentaje del copago que cubre la beca, se estaría omitiendo el efecto de otras variables en el modelo de propensión de matrícula.

En la Figura 10, se analiza el histograma del porcentaje de descuento sobre el arancel real sin considerar datos con descuento cero. Se aprecia una distribución con mayor grado de continuidad con la que se podría obtener mejores resultados en el modelamiento de la propensión a la matrícula, ya que se aíslan efectos de las variables CAE y beca externa.

Finalmente, en las Figura 11, se muestran los histogramas del porcentaje de descuento sobre el arancel real dependiendo si el estudiante tiene crédito del estado o no.

El histograma izquierdo de la Figura 11, se observa que la frecuencia distribuye con un mayor grado de continuidad respecto al histograma del lado derecho. El máximo es cercano al 50% de descuento. Esto se debe a que la distribución pertenece a estudiantes con CAE, por tanto, la beca cubre solamente la diferencia entre el arancel real y el de referencia.

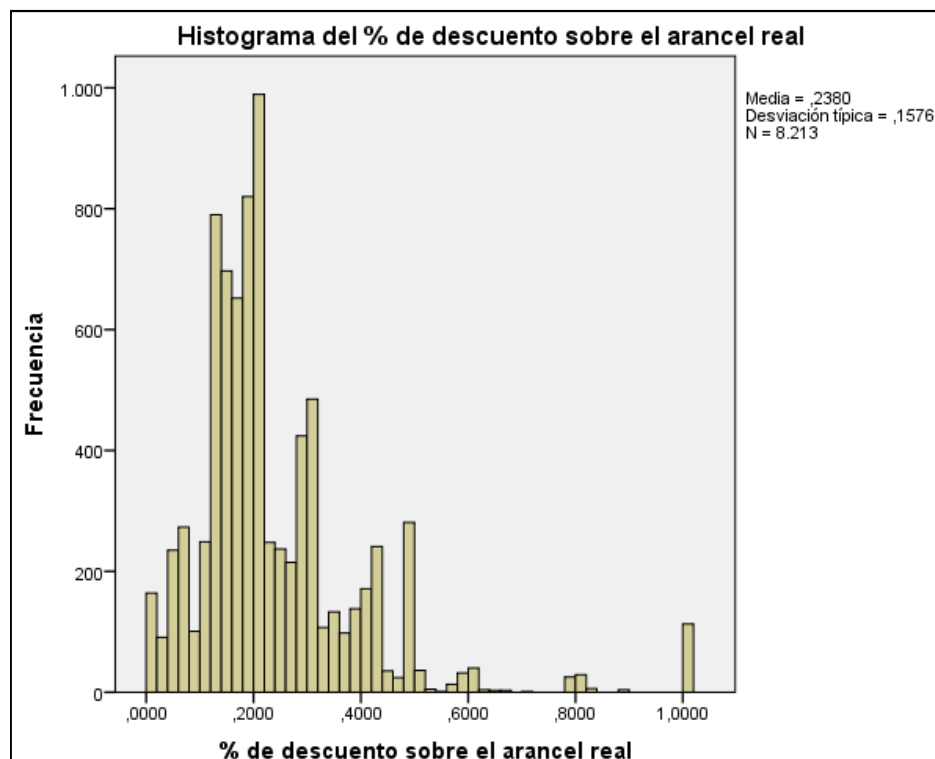


Figura 10. Histograma del porcentaje de descuento sobre el arancel real. Se excluyen datos sin descuentos. Fuente: Elaboración propia.

Es esperable que el histograma, sobre estudiantes con CAE, tenga un mayor grado de continuidad ya que cerca del 50% de estudiantes tiene beca externa. Esta beca es aproximadamente \$1.150.000 pesos chilenos en la mayoría de los datos, ya que en ocasiones lo estudiantes piden la mitad del beneficio.

En tanto, sobre el histograma del lado derecho de la Figura 11, se aprecia que el descuento máximo entregado llega hasta el 100%, con un aumento en las frecuencias para porcentajes en 20, 30, 40, 60, 80 por ciento.

Según lo descrito, sería conveniente modelar el problema para estudiantes con y sin crédito de financiamiento del estado, sobre el porcentaje de descuento en el arancel real con el fin de capturar efectos que con la situación actual no sería posible observar.

Finalmente, el resultado del modelamiento de la asignación de becas debe traducirse a la situación actual. La estructura de becas entregable del proyecto debe contener porcentajes de descuentos sobre el copago.

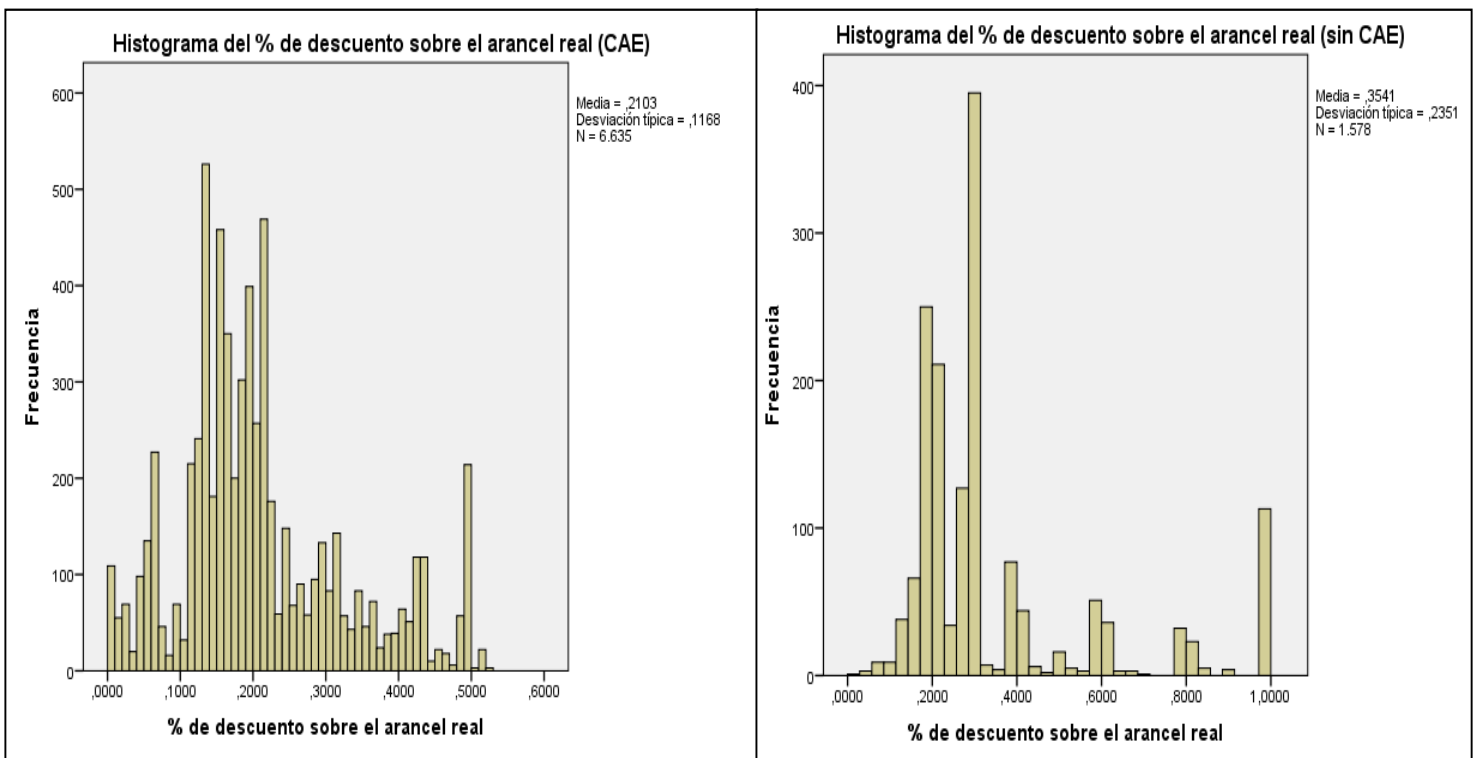


Figura 11. Histograma del porcentaje de descuento sobre el arancel real (CAE-sin CAE). Se excluye datos sin descuentos. Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Análisis descriptivo: Estudiantes con CAE

Con el objetivo de comprender el comportamiento de los estudiantes con CAE, se confeccionan gráficos de los estudiantes convocados y la conversión de ellos respecto a tres variables de interés: tramo de segmento PSU, quintiles de grupo socio económico (GSE) calculado a través del ingreso per cápita y el tipo de colegio, para estudiantes con (sin) beca arancel.

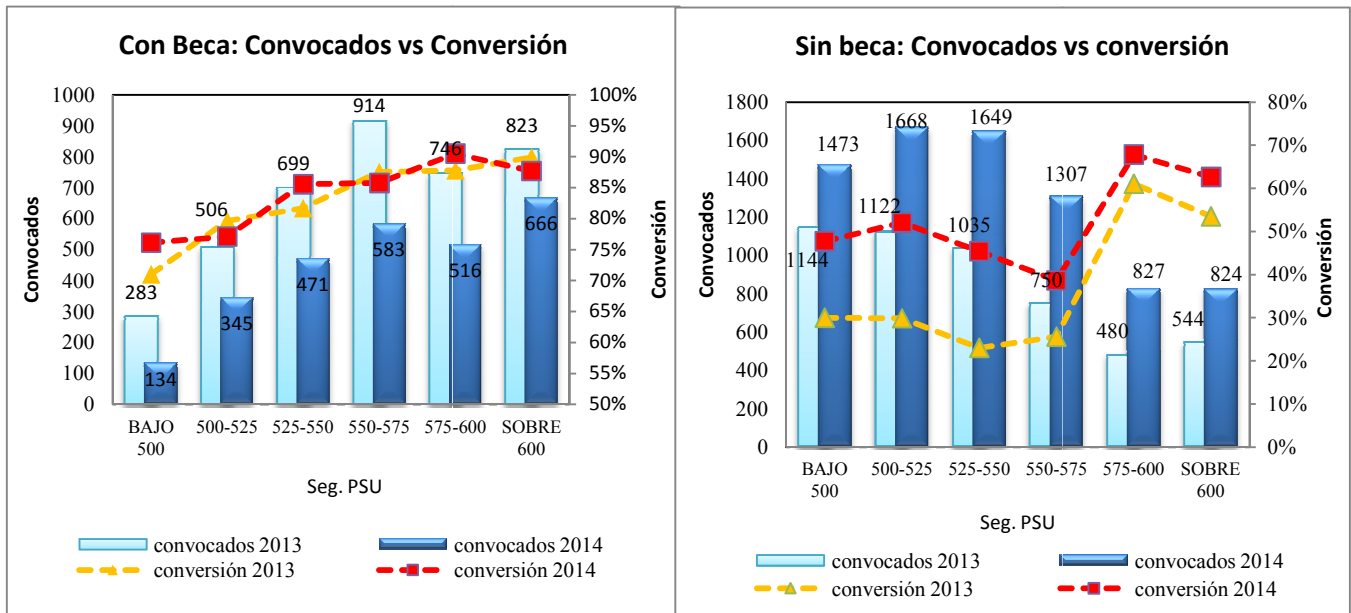


Figura 12. Convocados vs conversión según segmento PSU. Fuente: Elaboración propia.

Como se describió en la sección anterior, en el proceso 2014 se entregó una menor cantidad de becas sobre al arancel por lo que es natural que en todos los análisis el número de convocados con beca sea más pequeño respecto al del proceso 2013.

De la Figura 12, para estudiantes con beca, se desprende que a medida que el puntaje PSU crece la conversión aumenta excepto para estudiantes sobre 600 puntos. Esto indica que existe menos sensibilidad respecto a la beca sobre estos individuos.

En el caso de estudiantes sin beca arancel, para los segmentos entre 525 y 575 puntos la conversión disminuye. Se esperaría que para todos los estudiantes fuese creciente la conversión a medida que aumenta el puntaje PSU, pero se observan grupos de estudiantes con otra disposición a matricularse.

Lo más relevante de la Figura 12, para estudiantes sin beca, es la gran cantidad de convocados y el aumento en la conversión en todos los segmentos PSU. Por lo que se matriculan una gran cantidad de alumnos en comparación con los estudiantes que se pierden en la conversión de la figura 8.

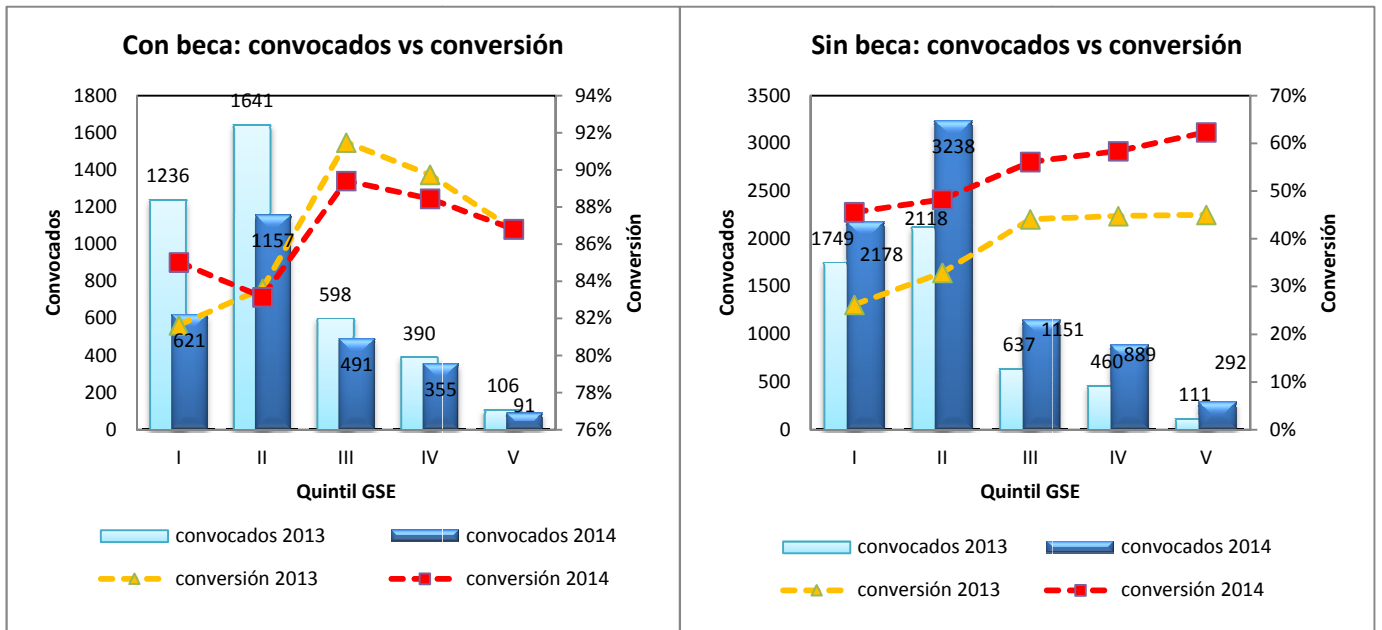


Figura 13. Convocados vs conversión según quintil GSE. Fuente: Elaboración propia.

Sobre la variable quintil GSE, se observa en la Figura 13, para estudiantes con beca, un aumento de la conversión del primer quintil respecto al 2013. Los convocados para los quintiles III, IV y V se mantienen cercanos a los del 2013. Esto muestra, que se entregaron menos becas a los quintiles I y II del proceso 2014 respecto al 2013.

Para los estudiantes sin beca, se destaca el sostenido aumento de la conversión respecto al 2013, para todos los quintiles al igual que para el número de convocados.

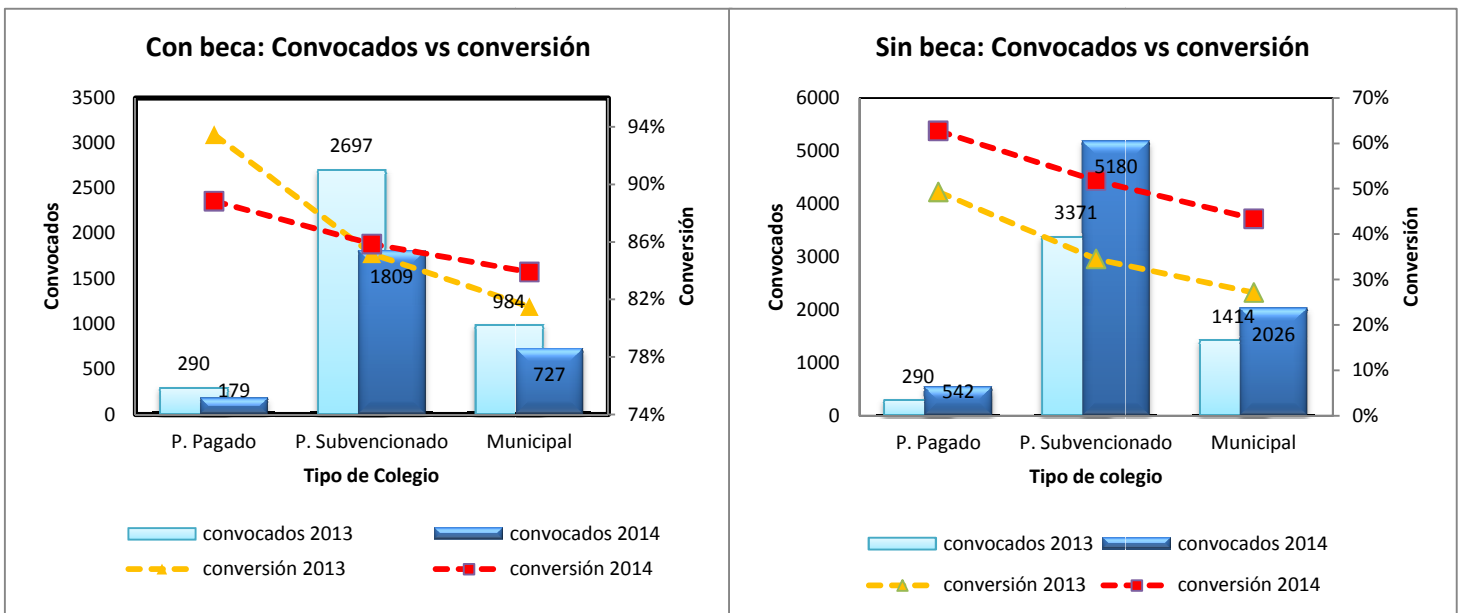


Figura 14. Convocados vs conversión según tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la variable tipo de colegio, se observa en la Figura 14, para estudiantes con beca, una mayor disminución en las becas para el grupo de estudiantes pertenecientes a colegios Particulares Subvencionados respecto a los otros tipos. Para estudiantes pertenecientes a colegios municipales la conversión aumenta de un 81% a un 83%.

Para estudiantes sin beca arancel se observa el mismo comportamiento que en las figuras anteriores, es decir, mayor cantidad de convocados, respecto al 2013 y mayor conversión para los distintos tipo de colegios.

El efecto más relevante del análisis está dado por el trade-off de becar estudiantes, obteniendo una mayor conversión respecto a la tasa de matriculados sin beca en comparación con el grupo de estudiantes sin beca, que tiene menor conversión, pero la cantidad de estudiantes convocados sin beca es considerablemente mayor a los que no tienen beca. Finalmente, la institución matricula una mayor cantidad de alumnos.

Esto muestra que la estructura de becas modifica la cantidad de estudiantes matriculados y por ende, una asignación óptima podría maximizar la cantidad de alumnos, dado que el modelo, sea capaz de discriminar a aquellos estudiantes donde la beca entregue un mayor beneficio.

9.2.4 Análisis descriptivo: Estudiantes sin CAE

Al igual que en la sección anterior, acá se analiza la conversión respecto al puntaje Psu, quintil GSE y tipo de colegio.

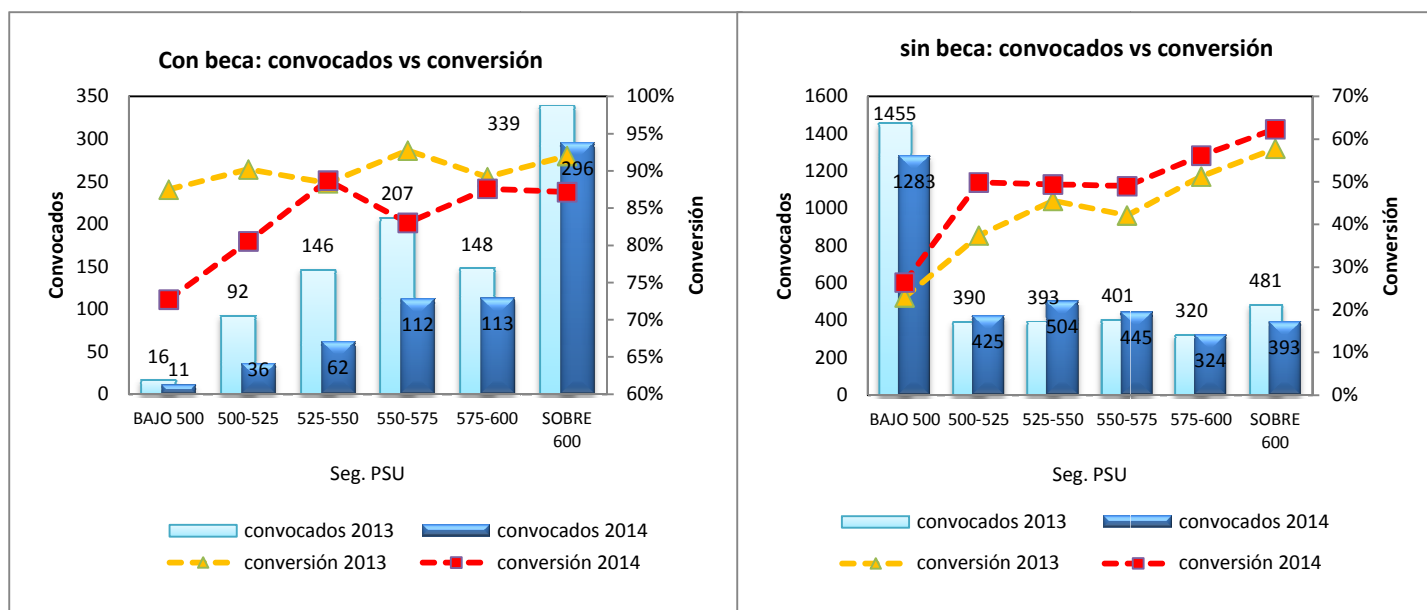


Figura 15. Convocados vs conversión según segmento PSU. Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 15, para los matriculados con beca, se observan pocos datos para los segmentos inferiores del puntaje PSU, por lo que un análisis al respecto no es relevante. Se destaca que entre los 550 y 575 puntos para el año 2014 existe una caída en la conversión. Para el proceso de admisión 2013 esto se produce entre los 575 y 600 puntos. Se observa el mismo efecto que para estudiantes con CAE, menos convocados y menor conversión.

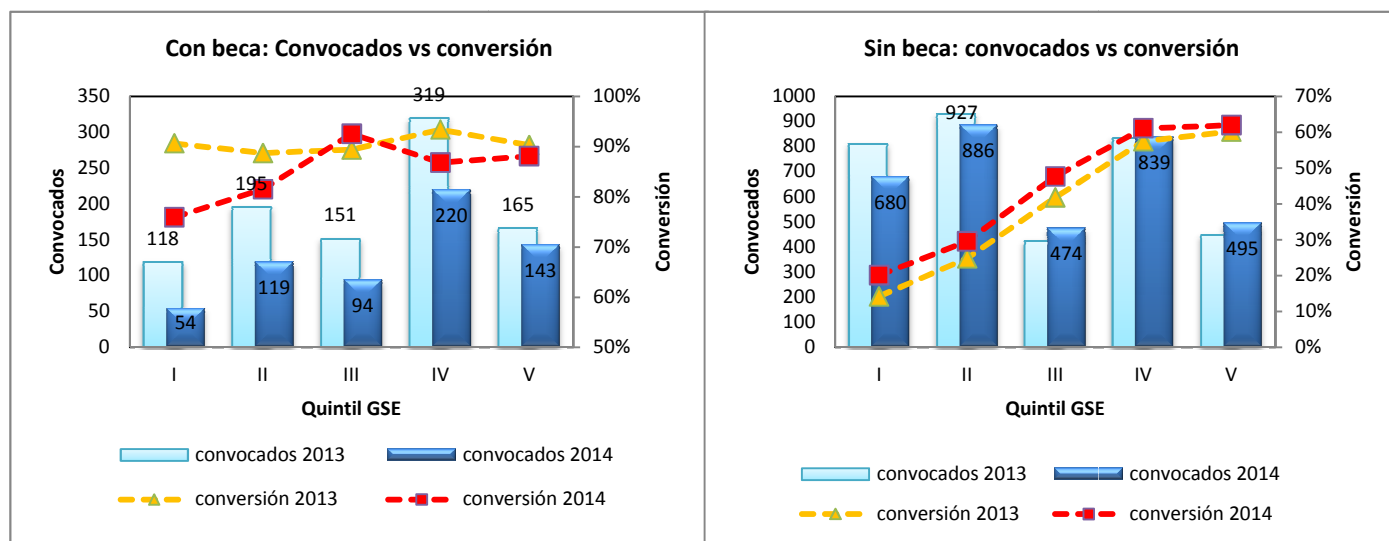


Figura 16. Convocados vs conversión según quintil GSE. Fuente: Elaboración propia.

Sobre estudiantes sin CAE y sin beca arancel, se observa el mismo fenómeno que en la sección anterior. Mayor cantidad de convocados y mayor conversión en el proceso de admisión 2014 respecto al 2013. El único segmento en que se observa una caída en la conversión y el número de convocados respecto al 2013 es el segmento bajo 500 puntos.

Al analizar la Figura 16, respecto a la variable quintil GSE para estudiantes con beca, se observa que los estudiantes del quintil I y II bajaron su conversión respecto al año 2013. Se observa menor cantidad de convocados, respecto al proceso de admisión 2013.

Los estudiantes convocados sin beca arancel para ambos procesos son similares. La conversión aumenta levemente el año 2014 respecto al 2013. Quintiles I, II, III bajo el 45% de conversión.

Un punto importante que se observa en la Figura 17 para estudiantes sin CAE que no tienen beca arancel, el número de convocados para ambos procesos es similar. Para estudiantes que poseen beca arancel perteneciente a colegios particulares subvencionados la conversión disminuye de 92% a 82%.

El efecto principal que se observa en cada uno de las figuras de esta sección es la disminución de los convocados con beca arancel y su respectiva disminución en la conversión respecto al 2013 en contraste con estudiantes que no tienen beca arancel ni crédito estatal los que no muestran una alteración considerable respecto al número de convocados y conversión respecto al 2013.

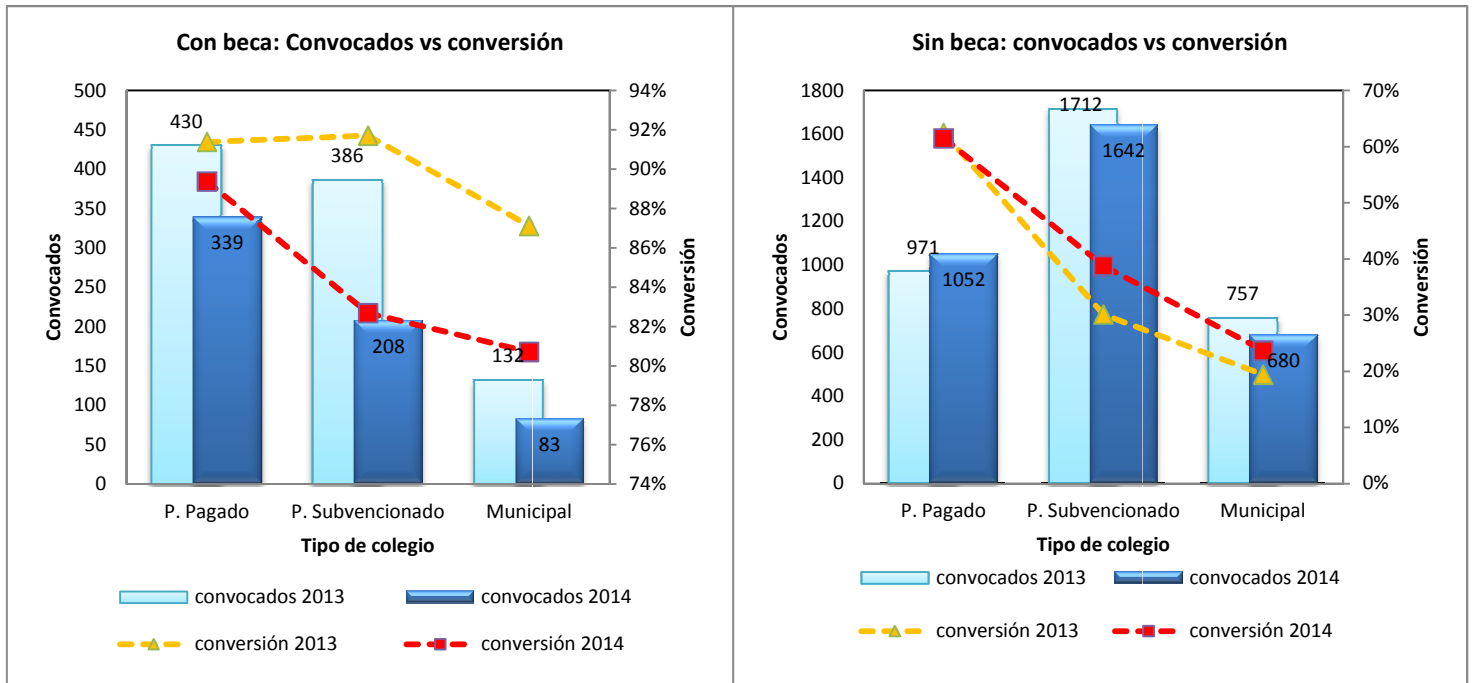


Figura 17. Convocados vs conversión según tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

9.2.5 Análisis descriptivo: Generación de hipótesis

Respecto al análisis descriptivo anterior se observa que, independiente del tipo de estudiante (CAE), la conversión para estudiantes sin beca arancel en quintiles I, II, III sobre el grupo socio económico con puntajes PSU inferiores a 575 puntos de colegios Municipales o Particulares pagados es inferior en 20 puntos porcentuales sobre estudiantes sin beca arancel pero de colegio Particular Pagado pertenecientes a los quintiles IV y V con puntajes sobre 575 puntos en PSU.

Sobre el primer perfil de estudiantes, descrito en el párrafo anterior, pero con beca arancel, su conversión aumenta ostensiblemente desde tasa de conversión de entre 20 y 40 puntos porcentuales a 75 u 80 puntos.

Por otra parte, el grupo de estudiantes sin beca arancel con mejor conversión, al otorgarle beca arancel aumenta su conversión en 20 puntos porcentuales como máximo.

Considerando que el 43% de los convocados se encuentra en el grupo de estudiantes pertenecientes a los primeros tres quintiles del ingreso per cápita, con puntajes PSU inferiores a 575 puntos y provenientes de colegios Municipales y Particulares Subvencionados, se esperaría que el modelo de optimización otorgue una mayor cantidad de beneficios a este perfil de estudiantes ya que al entregar beca arancel a este tipo de estudiantes se incrementa la conversión en una mayor medida respecto a otros estudiantes.

En cuanto a la media del arancel real según el quintil GSE, en la Figura 18 en el gráfico de la izquierda, se observa que a medida que el ingreso per cápita aumenta mayor es la media del arancel real de la carrera a la que postula el convocado.

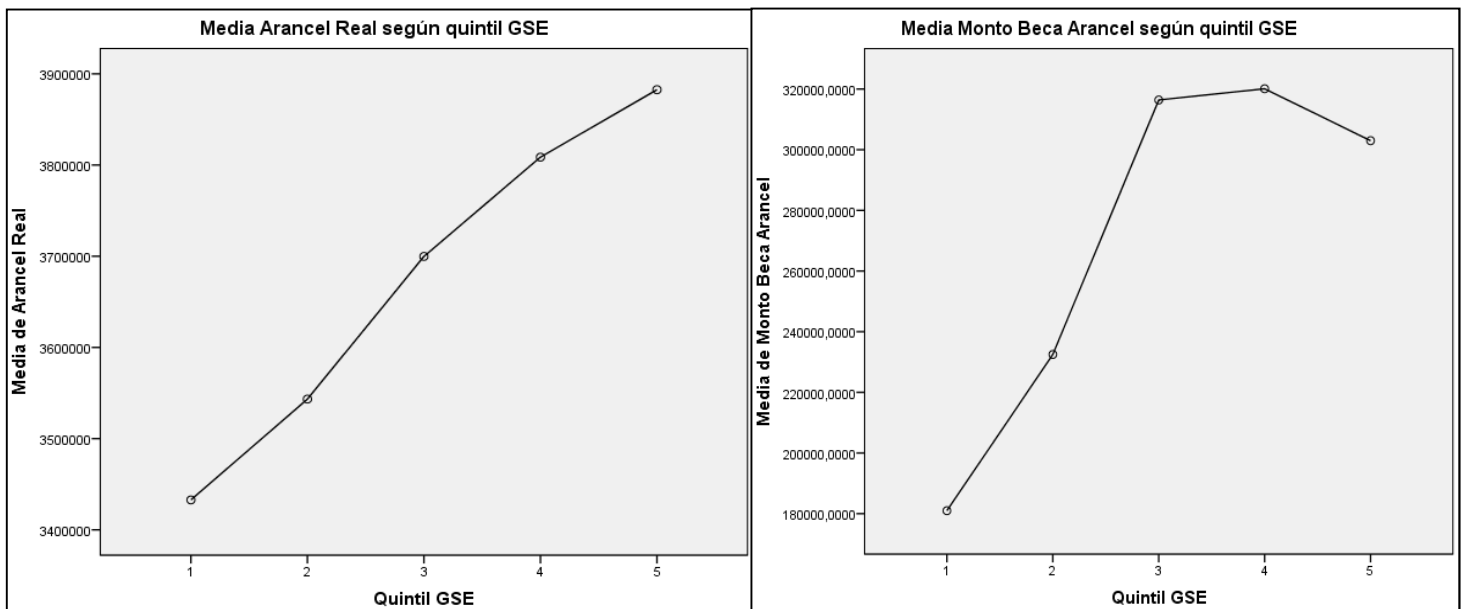


Figura 18. Media Arancel Real, Media Beca Arancel según el quintil GSE. Fuente: Elaboración propia.

Esto indica que para el perfil de estudiantes con menor conversión la media del arancel real es inferior y por tanto en términos de gastos medios, becar a este perfil debiese ser menos costoso. Por lo tanto, existe otro argumento más para considerar que el modelo de optimización entregue una mayor cantidad de recursos a este grupo de estudiantes que en la situación actual.

En el gráfico de la derecha, se observa que para los primeros dos quintiles GSE la media del monto de beca arancel es inferior en \$800.000 y \$2.400.000 pesos respecto a los otros quintiles.

En la Figura 19 del lado izquierdo, se observa que a medida que aumenta la media del ingreso per cápita del convocado el segmento puntaje PSU aumenta. En el gráfico de la derecha se aprecia que a medida que la media del arancel real aumenta el segmento PSU aumenta.

Esto muestra que a programas más costosos, mayor es el puntaje PSU y mayor es el ingreso per cápita del individuo, por tanto existe una restricción presupuestaria para acceder a programas más caros que probablemente no se evidencia ya que estos convocados tienen puntajes PSU inferiores, por tanto no podrán acceder a esos programas.

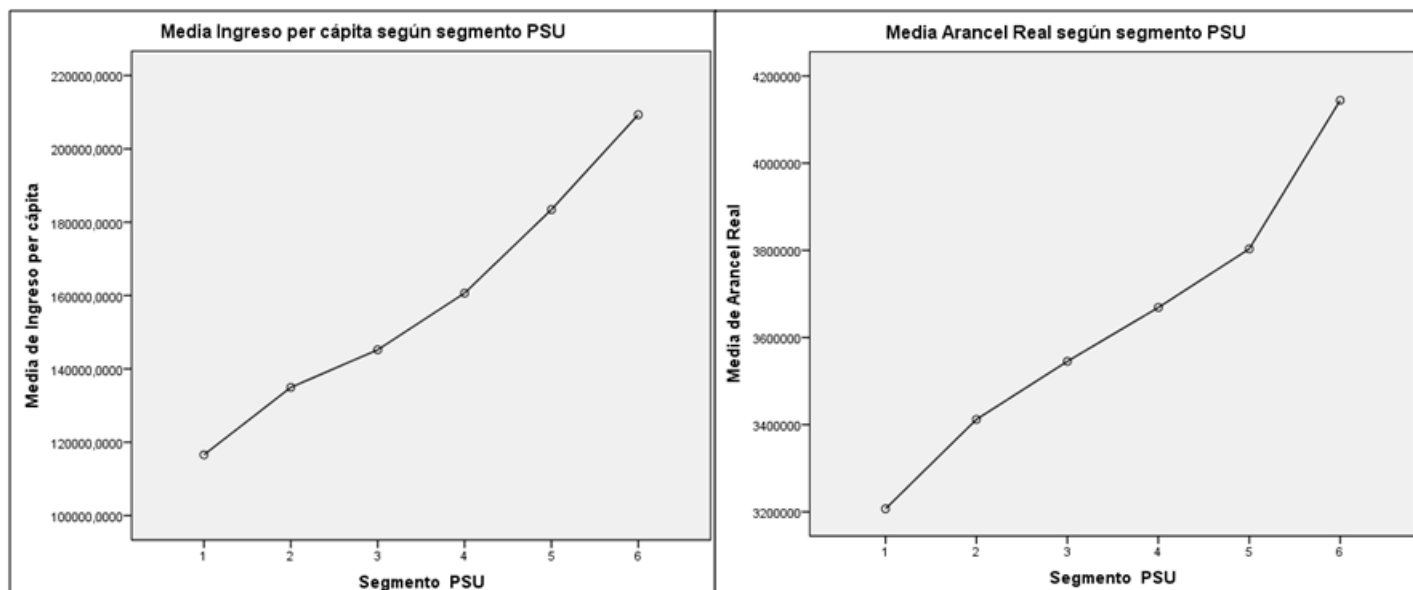


Figura 19. Media Ingreso per cápita, media Arancel Real, según segmento PSU. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 en el gráfico de lado izquierdo, se observa que el ingreso per cápita para estudiantes pertenecientes a colegios Municipales (3) y particulares Subvencionados (2) es inferior al de colegios Particulares Pagados (1).

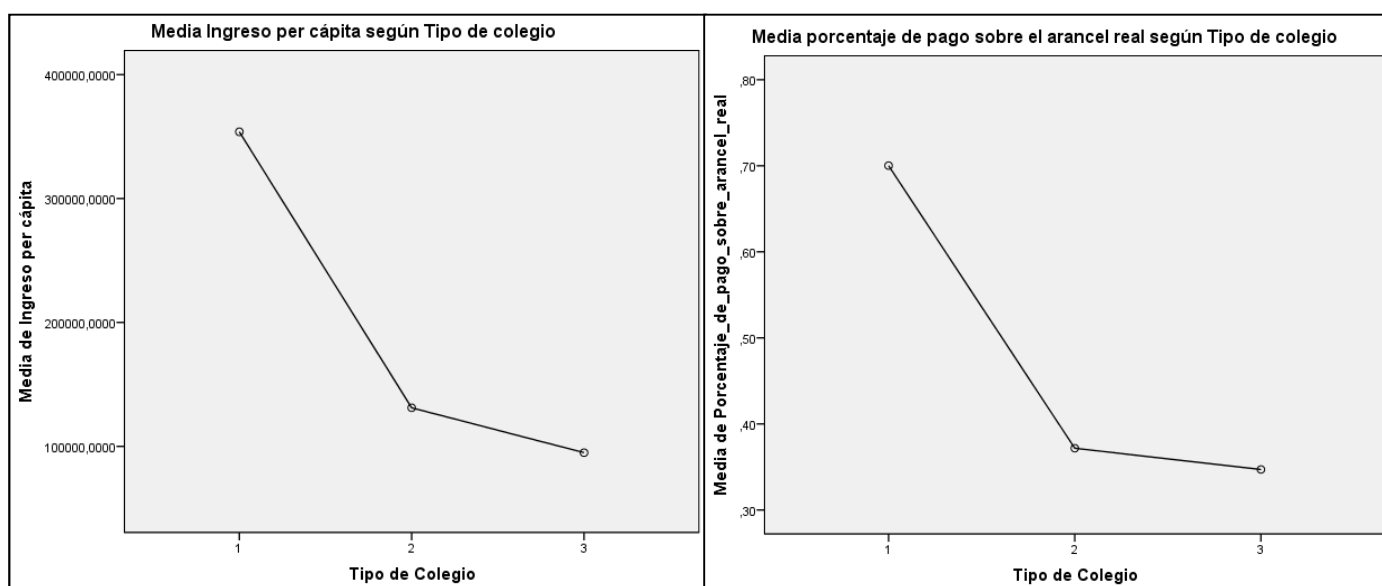


Figura 20. Media ingreso per cápita, media porcentaje de pago sobre el arancel real según tipo de colegio. Fuente. Elaboración propia.

En el gráfico de la derecha se muestra el porcentaje de pago, considerando todas las ayudas económicas, sobre el arancel real. Se observa que la media aproximada del porcentaje para colegios municipales y particulares subvencionados es del 35%

Esto muestra que efectivamente, estudiantes con menores recursos económicos son apoyados con beneficios, pero probablemente como el ingreso per cápita de este perfil es de alrededor de \$120.000 pesos y considerando que la media del arancel real de los programas a los que postulan es de \$3.500.000 de pesos pagando el 35% de la carrera (\$1.225.000), sin considerar que el 70% de los estudiantes tiene CAE y que luego de titularse deberá pagar el crédito, no podrá acceder a la institución en estudio por su restricción presupuestaria.

En promedio, el arancel mensual que debe pagar un estudiante de este perfil es aproximadamente equivalente a su ingreso per cápita mensual.

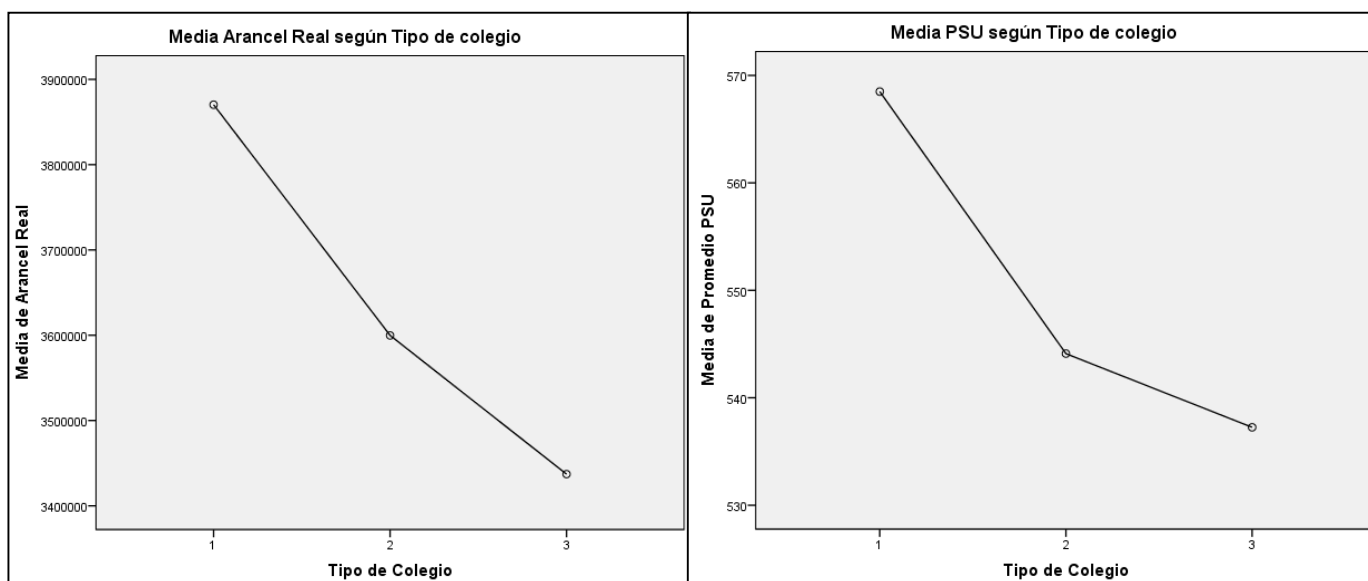


Figura 21. Media Arancel Real, media PSU según Tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de los gráficos de esta sección se realizó un análisis ANOVA de un factor con variable dependiente sobre quintiles de GSE, segmentos PSU y Tipo de Colegio. En la sección 16.4 del anexo se encuentra el detalle de los resultados.

Del ANOVA de un factor se observan diferencias significativas ($p\text{-value} < 0,001$) para grupos dependiendo de la variable a analizar.

Finalmente, luego de los antecedentes recopilados se generan las siguientes hipótesis a testear con el modelo de pensión a la matrícula y el modelo de optimización las que se muestran en la Tabla 12 y 13.

Factor	Hipótesis: Modelo Propensión a la matrícula
Tipo de Colegio	H1.1: Para colegios particulares Subvencionados y Municipales el beneficio sobre la conversión es menor que para colegios Particulares Pagados
Ingreso per cápita	H1.2: A medida que aumente el ingreso per cápita mayor es el beneficio sobre la conversión
Disposición de pago	H1.3: A medida que disminuya el precio final que debe pagar el individuo mayor es el beneficio sobre la conversión
Puntaje PSU	H1.4: A medida que aumenta el puntaje PSU mayor es el beneficio sobre la conversión
Año proceso	H1.5: Debe capturar los factores externos del mercado. Ejemplo: Desacreditación de Universidades. Si es año proceso es 2014 debiese agregar un beneficio a la conversión
Aportes Económicos	H1.6: Becas y créditos debiesen aumentar el beneficio a la conversión. Se espera que la beca sobre el arancel tenga un mayor beneficio que la beca sobre la matrícula

Tabla 12. Hipótesis a testear en el modelo de propensión a la matrícula. Fuente: Elaboración propia.

Factor	Hipótesis: Modelo de optimización de la matrícula
Perfil de Estudiantes con mayor incremento en la conversión	H2.1: El perfil de estudiantes que debiese recibir un mayor beneficio respecto a la situación actual pertenecen a los primeros 2 quintiles GSE, con puntajes bajo 575 puntos pertenecientes a colegios Municipales y Particulares Subvencionados de programas menos costosos que el promedio
Ingreso per cápita	H2.2: La actual asignación de becas premia con mayor beneficio a puntajes más altos. Existe correlación positiva entre el puntaje PSU y el ingreso per cápita. Por tanto se entrega una beca promedio superior a grupos de estudiantes con mayores ingresos. Se espera que el modelo corrija este efecto.
Tipo de colegio	H2.3: Estudiantes pertenecientes a colegio Municipales y Particulares Subvencionados presentan menor ingreso per cápita, menor puntaje PSU y menor disposición de pago. Se espera que el modelo privilegie este tipo de estudiantes
Maximizar el n° esperado de matriculados	H2.4: La función objetivo maximiza el número de matriculados. Como el perfil de estudiantes descrito agrupa al 43% de los convocados y posee el mayor incremento en la conversión cuando tiene beca sobre el arancel, se espera que el aumento en el número de matriculados provengan de este perfil

Tabla 13. Hipótesis a testear en el modelo de optimización del número de matriculados. Fuente: Elaboración propia.

9.2.6 Modelo Logit Exploratorio

Para contrastar alguna de las primeras hipótesis observadas en el análisis descriptivo, se confecciona un modelo logit exploratoria sobre la propensión a la matrícula. La variable dependiente indica si el convocado se matricula o no en la institución de estudio.

La Tabla 14 resume los parámetros del modelo para factores significativos al 95%. Se ocupa una base de training del 80% de los datos. El Testing se realiza con el restante 20%. Se utiliza un método de selección de variables en el que se comienza con todos los factores y se descartan aquellos que no son significativos al 10%. Se utiliza el software SPSS 20.0.

Factor	Variable	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)		Promedio	Efecto Marginal
								Inferior	Superior		
Preferencia	3era			291.948	2	.000					
	1era	.844	.054	243.396	1	.000	2.327	2.092	2.587	0.6329	0.1991
	2da	.235	.055	18.018	1	.000	1.265	1.135	1.410	0.2164	0.0536
Grupo Dependencia	Municipal			195.064	2	.000					
	P. Pagado	.962	.069	194.776	1	.000	2.616	2.286	2.995	0.1413	0.1969
	P. Subvencionado	.308	.042	54.032	1	.000	1.361	1.254	1.478	0.6143	0.0722
Año Proceso	2014	.260	.036	51.343	1	.000	1.297	1.208	1.392	0.5245	0.060
Aportes Económicos	Beca Externa	.277	.053	26.816	1	.000	1.319	1.188	1.465	0.3440	0.0635
	Caer	.245	.045	29.795	1	.000	1.278	1.170	1.396	0.7003	0.0577
	Beca Matrícula	.731	.044	278.453	1	.000	2.077	1.906	2.263	0.4475	0.1668
	% Dsccto | Arancel Real	3.738	.214	306.452	1	.000	42.005	27.641	63.833	0.0795	0.8693
Ingreso-Disposición de Pago	ln(Ingreso per cápita)	.436	.028	240.890	1	.000	1.546	1.464	1.634	11.5698	0.1013
	ln(Precio Final)	-.043	.004	95.906	1	.000	.958	.950	.966	10.3403	-0.0100
Ptje PSU	NEM	.001	.000	5.534	1	.019	1.001	1.000	1.001	540.912	0.0001
	Promedio Mat-Leng	.007	.000	287.992	1	.000	1.007	1.007	1.008	543.091	0.0017
	Constante	-10.266	.372	760.588	1	.000	.000				

Tabla 14. Parámetros del modelo de propensión a la matrícula. Fuente: Elaboración propia.

Se destaca el orden de las utilidades esperado por cada uno de los factores y los signos congruentes respecto al análisis descriptivo de la sección anterior.

Sobre los efectos marginales, son construidos a partir promedios de variables. Para variables dummy toma valor uno cuando se está evaluando el efecto propio de la variable.

Un punto importante son los efectos marginales producidos por el factor de aporte económico. Si un estudiante posee beca externa aumenta su probabilidad en un 6,4%. Si posee CAE el aumento es de un 5,7%. Si tiene beca matrícula el efecto es aun más importante 16,7%. Si al estudiante se le beca el 10% el arancel real la probabilidad de matricularse aumenta en un 8,6%.

Aquí se destaca el aporte de la beca matrícula. Es el segundo beneficio económico que más aporta a la conversión. Su valor radica en que becar la matrícula de un estudiante es menos costoso que becar parte del arancel.

Respecto a la beca sobre arancel, considerando que el porcentaje promedio de beca incluyendo a quienes no fueron becados es cercano al 23%, el efecto marginal que produce otorgar ese porcentaje de descuento incrementa la probabilidad de matricularse en un 20%.

Sobre la disposición de pago, un aumento en 1% del precio final a pagar por el programa, sin incluir becas sobre arancel otorgadas por la institución de estudio (copago), disminuye la probabilidad de matricularse en un 1%.

La variable relacionada con la restricción presupuestaria del individuo indica que si aumenta en un 1% su renta per cápita la probabilidad de matricularse aumenta en un 10%.

Lo anterior afirma que los aportes económicos al financiamiento apoyan la decisión del individuo a matricularse en la casa de estudio.

Se destaca que el año del proceso al que pertenece el individuo tiene un efecto positivo si pertenece al 2014. El efecto marginal es de un 6%, lo que afirma parte de lo descrito en el análisis descriptivo.

Se aprecia que pertenecer a un colegio particular pagado o postular en primera preferencia aumenta en un 19% la probabilidad de matricularse en la institución, siendo con la beca matrícula las variables que más aportan a matricularse en la universidad en estudio.

Por otra parte, si un estudiante aumenta 10 puntos en el promedio PSU de la prueba de matemática y lenguaje, la probabilidad de matricularse aumenta sólo en un 1,7%.

La calidad y bondad de ajuste del modelo se muestra en las Tablas 15, 16 y Figura 22. Se destaca el nivel de acierto de los verdaderos positivos, 79.3%, la precisión del modelo en un 76,4% y la capacidad predictiva otorgando un puntaje de 79,1% para el indicador AUC.

		Real		Total
		0	1	
Pronóstico	0	1218	560	1778
	1	662	2143	2805
Total		1880	2703	4583

Tabla 15. Tabla de contingencia para el modelo logit exploratorio (Testing). Fuente: Elaboración propia.

El modelo exploratorio logit sobre la propensión a la matrícula evidencia que los aportes económicos que otorgan el estado y la institución en estudio ayudan a incrementar la posibilidad de que los estudiantes se puedan enrolar, pero no discrimina las diferencias o preferencias que podrían existir para distintos tipos de estudiantes.

Es por esto que el modelo de propensión a la matrícula de la sección 11, incorpora otras variables en el porcentaje de descuento sobre el arancel real con el fin de intentar observar posibles diferencias en los individuos.

Indicador	Recall	Precisión	Specificity	Lift	F-Measure	Accuracy	Lift	F-Measure	AUC	Threshold
	79.3%	76.4%	64.8%	129.5%	77.8%	73.3%	129.5%	77.8%	79.1%	63.1%

Tabla 16. Indicadores de la calidad de ajuste del modelo logit exploratorio. Fuente: Elaboración propia.

Para intentar capturar la heterogeneidad o sensibilidad que podría existir en los estudiantes respecto al porcentaje de descuento sobre el arancel real, se incorpora en la variable el programa al que postula el estudiante y el puntaje PSU para la generación de una nueva variable de descuento la que se explica en la sección 11 del informe.

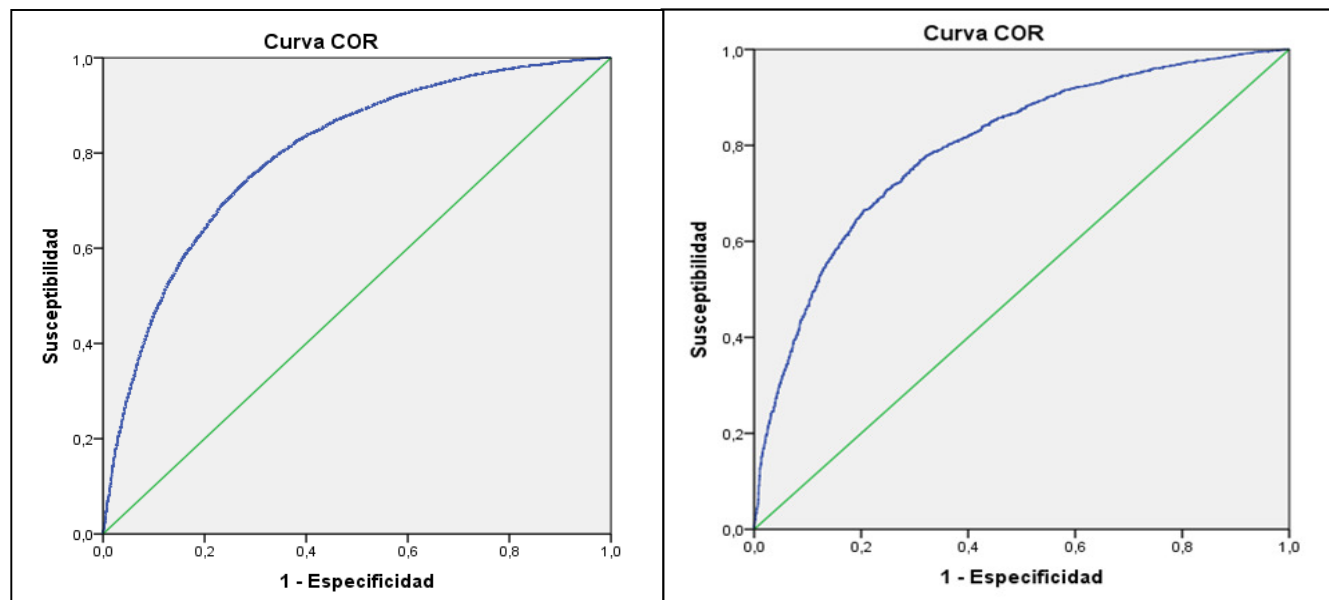


Figura 22. Curva ROC para el modelo de la propensión a la matrícula. Gráfico izquierdo Training, gráfico derecho Testing. Logit exploratorio. Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente capítulo se detalla la segmentación de programas y la descripción de cada uno de los clústers encontrados, los que serán utilizados para la generación de la variable de descuento sobre el arancel real con el objetivo de intentar capturar diversas disposiciones de grupo de estudiantes respecto a la beca arancel en el modelo de propensión a la matrícula.

10 Segmentación de Programas

Un programa se define a partir de una carrera y sede. Para el proceso de admisión 2014 se tienen 131 programas. La estructura de la asignación de becas sobre el arancel depende del programa. Con el fin de ocupar esta información para calcular la probabilidad que un estudiante se matricule en la casa de estudio, se considera realizar una clusterización de programas.

La agrupación de programas se genera a partir de las variables: cantidad de vacantes, tasa de ocupación, promedio de puntaje matemática-lenguaje PSU y conversión por programa. Se utiliza el algoritmo K-Means para la segmentación.

El algoritmo K-Means necesita previamente el número de clústers. Se desarrolló el proceso para diferentes números de segmentos desde dos hasta quince. Para decidir el número de segmentos final, se comparan diferentes indicadores de ajuste que se muestran en la Figura 46 del anexo 16.5.

Finalmente se decide optar por 5 clústers, ya que al ocupar 6 existe uno de los segmentos que posee pocos programas y dada su característica de baja conversión, posee pocos matriculados por lo que para el modelo de propensión a la matrícula no sería conveniente.

Para el análisis se dejan fuera las carreras de Odontología y Medicina, equivalente a 5 programas, ya que tienen características fuera de rango en puntaje promedio PSU y valor del arancel real, por lo que los centros de los clústers se verían afectados.

Nombre	Clúster	Vacantes	Tasa Ocupación	Ptje PSU	Conversión
Ocupados	0	80	91%	543	52%
Masivas	1	239	86%	565	60%
Alta Conversión	2	68	72%	563	71%
Baja Conversión-PSU	3	40	48%	511	33%
Desocupados	4	41	35%	553	46%
Total		80	67%	548	53%

Tabla 17. Centroides para los clústers de programas. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen los clústers según los indicadores de las Tabla 17 y 18.

Clúster 0: “Ocupados”

Se caracterizan por tener la tasa de ocupación más alta (91%), es decir, son carreras en que las vacantes están altamente ocupadas respecto a otras. Los indicadores de conversión, vacantes y puntaje promedio PSU están cercanos al promedio. Representan el 29% del total de programas y el valor promedio de la carrera es cercano al promedio general. Algunas carreras pertenecientes a este grupo son: Arquitectura (Casona-Viña), Ingeniería Comercial (Concepción), Medicina Veterinaria (República), Psicología (Concepción-Viña), Terapia Ocupacional (Casona-Concepción-Viña), Fonoaudiología (Casona-Viña).

Clúster 1: “Masivos”

Caracterizados por ofrecer la mayor cantidad de vacantes. También posee el mayor número de convocados en promedio por carrera. El valor del programa es el más alto respecto a los otros segmentos. El promedio del puntaje PSU, conversión, y tasa de ocupación está sobre la media. Representan el 11% de los programas. Algunas carreras pertenecientes a este grupo son: Tecnología Médica (República), Ingeniería Civil Industrial (República), Ingeniería Comercial (Casona-Bellavista-Viña), Bachillerato en Ciencias (República), Kinesiología (Casona), Psicología (Casona), Enfermería (República), Derecho (Bellavista-Viña).

Clúster 2: “Alta Conversión”

Compuesto principalmente por programas con la conversión más alta. La tasa de ocupación, el puntaje promedio PSU y la cantidad de vacantes están sobre la media. Representan el 22% de los programas. Algunas carreras pertenecientes a este grupo son: Licenciaturas en Astronomía-Física-Química-Biología (República), Geología (Concepción-República-Viña).

Clúster 3: “Baja Conversión-PSU”

Se caracterizan por tener baja conversión (33%), y promedio de puntaje PSU entorno a 511. Respecto a las vacantes y tasa de ocupación están bajo la media. El valor promedio de estas carreras se aproxima a 2,8 miles de millones de pesos, siendo el conjunto de programas con menor costo. Representan al 14% del total de programas. Algunas carreras pertenecientes a este grupo son: Bachillerato en Ciencias (Concepción), Bachillerato en Humanidades (República), Contador Auditor (Concepción-Viña), Psicopedagogía (Concepción-Viña), Trabajo Social (Concepción-Viña), Fonoaudiología (Concepción).

Clúster 4: “Desocupados”

Compuesto por carreras ligadas a la educación, licenciaturas, diseño y tradicionales. Grupo de carreras con la menor tasa de ocupación (35%), con puntaje promedio PSU sobre la media, vacantes y conversión bajo el promedio. Representan el 23% del total. Algunas carreras pertenecientes a este grupo son: Diseño de productos (Casona-Viña), Ecoturismo (Concepción-Viña), Educación Parvularia (Casona-Viña), Ingeniería Civil Industrial (Concepción), Licenciaturas en Letras-Filosofía (Casona), Pedagogía en Inglés (Concepción Viña).

Clúster	Convocados	Matriculados	Arancel Real	Nº de Programas	% de programas del total
Ocupados	140	73	\$ 3,370,412	37	29%
Masivos	331	197	\$ 3,904,711	14	11%
Alta Conversión	79	54	\$ 3,428,137	28	22%
Baja Conversión-PSU	63	20	\$ 2,765,824	18	14%
Desocupados	32	15	\$ 3,099,566	29	23%
Total	112	61	\$ 3,293,899	126	100%

Tabla 18. Caracterización de clústers de programas del proceso admisión 2014. Medida de las variables en términos de promedios, excepto el n° de programas. Fuente: Elaboración propia.

11 Modelo de propensión a la matrícula

A continuación se presentan modelos logit. El objetivo es determinar el efecto que produce, en la propensión a la matrícula, becar un porcentaje del arancel real que debiese pagar el individuo al ingresar a la institución de estudio. En ambos modelos se ocupan las siguientes variables.

Factor	Variable	Descripción	Tipo
	Año proceso	<ul style="list-style-type: none"> “0=2013” o “1=2014” 	Dummy
	Sexo	<ul style="list-style-type: none"> “1= Masculino” o “2=Femenino” 	Dummy
	Nacionalidad	<ul style="list-style-type: none"> “1= Chileno” o “2=Extranjero” 	Dummy
	Preferencia	<ul style="list-style-type: none"> N° de orden en que escogió la carrera (Hasta 3era) 	Categórica
	Grupo dependencia	<ul style="list-style-type: none"> “1=P. Pagado”, “2=P. Subvencionado” o “3=Municipal” 	Categórica
PSU	Ptje. NEM	<ul style="list-style-type: none"> Puntaje PSU, Notas Enseñanza Media 	Continua
	Ptje. Rank	<ul style="list-style-type: none"> Puntaje PSU, Ranking de Notas 	Continua
	PROMLM	<ul style="list-style-type: none"> Puntaje PSU, Promedio Matemática - Lenguaje 	Continua
Clúster Programa		<ul style="list-style-type: none"> Clasificación de los programas (K-Means) 	Categórica
Económica	Ln(A. Real–A. Referencial)	<ul style="list-style-type: none"> Logaritmo natural de la diferencia entre el arancel real y referencial. Sin cae, Ln(Arancel Real) 	Continua
	Ln(Ingreso per cápita)	<ul style="list-style-type: none"> Logaritmo natural de la división del ingreso bruto familiar y el n° de integrantes 	Continua
Becas	Externa	<ul style="list-style-type: none"> Beca al arancel real entregada por el estado (\$1.150.000 pesos) 	Dummy
	Matrícula	<ul style="list-style-type: none"> Si se beca 100% el valor de la matrícula de admisión 	Dummy
	Arancel	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de descuento sobre el arancel real que se entrega a un cierto clúster programa para un cierto puntaje promedio PSU 	Continua
Matrícula	Dependiente	<ul style="list-style-type: none"> Si el estudiante se matricula o no 	Dummy

Tabla 19. Variables para los modelos de propensión a la matrícula. Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la sección anterior se generan clúster de programas. En el modelo se deja como nivel de referencia el clúster con menor conversión, el cual es el denominado “Bajo Conversión-PSU”.

Los factores referentes al nivel socio económico se crean a partir del logaritmo de lo que debiese pagar el estudiante sin ayuda económica sobre el arancel, por parte de la universidad y del estado, es decir, si el convocado tiene CAE entonces la variable equivale al logaritmo natural de la diferencia entre el arancel real y referencial.

Para el estudiante sin cae, basta con calcular el logaritmo natural del arancel real. La transformación logarítmica se realiza con el fin de re-escalar la variable y simplificar el análisis

posterior sobre efectos marginales en el modelo. Para la variable ingreso per cápita se aplica el mismo razonamiento.

Como se explica en la sección 9.1.1, la estructura de asignación de becas sobre el arancel depende del puntaje PSU, programa y CAE. Por tanto, se desea capturar el efecto de la interacción de todas las variables. La interacción sobre el CAE queda reflejada al confeccionar dos modelos logit dependiendo si el estudiantes posee crédito.

En la expresión 33 se muestra la estructura de la nueva variable. Por cada clúster programa existe una interacción o multiplicación del porcentaje de descuento sobre el arancel real con el puntaje promedio PSU de la prueba de matemática y lenguaje que obtuvo el convocado.

$$\text{Variable (\% dscto - Ptje PSU - Programa)} = \frac{\text{Monto Beca Arancel}}{\text{Arancel Real}} \cdot \text{Ptje PSU} \cdot \text{Clúster Programa} \quad (33)$$

Finalmente para la validación de ambos modelo, se genera un base de entrenamiento equivalente al 80% de los datos, ocupando muestreo estratificado y se realiza el testeo sobre el 20%.

A continuación se presentan los resultados de los modelos logit para estudiantes con CAE y sin el crédito.

11.1 Modelo de propensión a la matrícula: Estudiantes con CAE

11.1.1 Resultados

En esta sección se presenta los resultados obtenidos del modelo de propensión a la matrícula para estudiantes con CAE. Se aplica un método de selección de variables (forward selection) implementado en el software SPSS 20.0. En la Tabla 20 se presentan los factores que son significativos al 95% de confianza.

Al analizar los resultados de la tabla 16, se observa que las variables puntaje ranking NEM, puntaje ranking de notas, sexo y nacionalidad son descartadas de la selección de variables.

Se desprende que el orden creciente de la utilidad en los factores preferencia y grupo dependencia es el esperado según lo descrito en el análisis descriptivo.

Si un estudiante pertenece a un colegio particular pagado tiene más posibilidades de ingresar a la universidad de estudio que uno que provenga de un colegio municipal o particular subvencionado.

En cuanto al efecto marginal, si un postulante proviene de un colegio particular pagado aumenta en un 12,6% su probabilidad de entrar a la casa de estudio. Para el nivel de referencia, si el estudiante postuló en primera preferencia, su probabilidad de matricularse aumenta un 19%.

Factor	Variable	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)		Promedio	Efecto Marginal
								Inferior	Superior		
Año Proceso	2014	.365	.044	68.879	1	.000	1.441	1.322	1.570	0.542	0.0812
Preferencia	3era			187.492	2	.000					
	1era	.842	.066	164.441	1	.000	2.321	2.041	2.640	0.6361	0.1914
	2da	.263	.066	15.965	1	.000	1.301	1.144	1.481	0.2138	0.0568
Grupo Dependencia	Municipal			42.194	2	.000					
	P. Pagado	.640	.106	36.561	1	.000	1.897	1.542	2.335	0.0601	0.1266
	P. Subvencionado	.215	.049	19.615	1	.000	1.240	1.127	1.364	0.678	0.0483
Clúster Programa	"Baja Conversión-PSU"			146.002	4	.000					
	"Desocupados"	.180	.124	2.112	1	.146	1.198	.939	1.527	0.0692	0.0389
	"Ocupados"	.540	.096	31.784	1	.000	1.716	1.422	2.070	0.3637	0.1162
	"Masivo"	.703	.103	46.218	1	.000	2.020	1.650	2.475	0.3299	0.1485
	"Alta Conversión"	1.164	.110	112.342	1	.000	3.203	2.583	3.973	0.1653	0.2177
Beca	Externa	.522	.050	110.637	1	.000	1.685	1.529	1.857	0.4694	0.1146
	Matrícula	.845	.053	254.077	1	.000	2.327	2.097	2.582	0.4849	0.1847
% dseto sobre Arancel Real - Clúster Programa-Ptje PSU Mat Leng	"Ocupados"	.010	.001	207.797	1	.000	1.010	1.008	1.011	15.1379	0.0021
	"Masivo"	.011	.001	213.050	1	.000	1.011	1.009	1.012	16.8723	0.0023
	"Alta Conversión"	.011	.001	67.927	1	.000	1.011	1.008	1.013	6.7376	0.0024
	"Baja Conversión-PSU"	.009	.001	66.702	1	.000	1.010	1.007	1.012	2.7675	0.0021
	"Desocupados"	.010	.001	74.722	1	.000	1.010	1.008	1.012	3.4797	0.0022
Económica	ln(Ingreso per cápita)	.272	.036	56.585	1	.000	1.313	1.223	1.410	11.4269	0.0604
	ln(Precio sin becas)	-.213	.052	16.825	1	.000	.808	.730	.895	14.0934	-0.0471
Ptje PSU	Promedio Mat-Leng	.006	.001	99.266	1	.000	1.006	1.005	1.007	546.789	0.0013
	Constante	-5.372	.816	43.307	1	.000	.005				

Tabla 20. Parámetros del modelo logit para estudiantes con CAE. Efecto marginal calculado sobre el promedio de las variables. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los factores económicos, se observa que el parámetro de la variable “ln(Precio sin becas)”, es decir, el logaritmo natural de la diferencia entre el arancel real y referencial, es negativo. Esto es esperable, ya que la elasticidad precio demanda debiese ser negativa. Por otra parte se sabe que estos estudiantes pertenecen a individuos con CAE, por lo que es predecible que si el programa es más costoso, su probabilidad de matricularse disminuya. Si el costo de la carrera aumenta en 1%, la probabilidad de matricularse disminuye en un 4,7%.

Por otra parte, la variable presupuestaria del individuo (ingreso bruto familiar) posee parámetro positivo. Si un individuo aumenta en un 1% su ingreso per cápita, la probabilidad de matricularse en la casa de estudio aumenta en un 6%.

Sobre la variable puntaje PSU promedio matemática y lenguaje, si el estudiante aumenta 10 puntos PSU la probabilidad de matricularse aumenta en 1%. Como la evaluación del efecto marginal es sobre un individuo promedio y la curva logística entorno a ese punto se puede aproximar a una línea, se podría afirmar que si un estudiante aumenta en 25 puntos su puntaje, la probabilidad de matricularse aumenta en 2,5%.

En tanto, para el factor clúster programa se observa el orden esperado. El clúster de referencia “Baja Conversión-PSU” es el que tiene menor utilidad y el que tiene mayor es el clúster “Alta Conversión”. Sobre el efecto marginal se destaca que postular al clúster “Desocupado” aumenta la probabilidad de matricularse en un 3,9% y 11,6% al de “Ocupados”. Si pertenece al clúster “Masivo” aumenta la probabilidad de matricularse en un 14,8% y 21% al de “Alta Conversión”.

Respecto, al factor año de proceso de admisión, si el estudiante fue convocado el 2014 la probabilidad de matricularse aumenta en un 8%. Esto se puede explicar en parte, porque en el proceso de admisión 2014, algunas universidades que son competencia cercana a la casa de estudio no fueron acreditadas. Por tanto, los estudiantes que postulen a algún beneficio del estado, por ejemplo: beca externa o CAE, no pueden postular a universidades no acreditadas.

En cuanto a los factores relacionados con las becas. Si un estudiante tiene beca externa, aumenta su probabilidad en un 11,5%. Si el estudiante posee beca matrícula, la probabilidad de enrolarse aumenta en un 18,5%.

La interpretación del efecto marginal de las variables relacionadas al porcentaje de descuento sobre el arancel es compleja, pero se destaca que todos los parámetros son positivos y que los efectos marginales son similares, es decir, para estudiantes con CAE, el efecto de pertenecer a un clúster específico, a priori no modifica el efecto del parámetro. Por tanto, podría considerarse que el efecto que tiene la variable es independiente del tipo de programa.

De igual forma, como existe algunas diferencias en los parámetros para esta variable y considerando que el efecto depende del puntaje PSU, por lo que pequeñas diferencias en los parámetro podrían provocar mayores efectos al ponderar el parámetro para cierto puntaje.

Dado lo anterior, para el modelo de optimización se agregarán los parámetros tal como se muestran en la Tabla 20 sin modificar el presente modelo, ni confeccionando otro modelo que no incorpore la variable clúster en el factor de porcentaje de descuento sobre la beca arancel.

Beca matrícula: Sensibilidad dependiendo del clúster programa y tipo de colegio

Para la construcción de la Tabla 21, se fija un clúster programa, tipo de colegio y sólo se deja activo el efecto de beca arancel que corresponde al clúster que se estudia. El resto de las variables son fijadas en los promedio excepto el año del proceso que se fijo en 2014.

Clúster programa	Particular Pagado	Particular Subvencionado	Municipal
"Baja Conversión-PSU"	0.2006	0.2080	0.2049
"Desocupados"	0.1909	0.2064	0.2079
"Ocupados"	0.1752	0.1990	0.2057
"Masividad"	0.1669	0.1936	0.2025
"Alta Conversión"	0.1372	0.1789	0.1789

Tabla 21. Efecto marginal de la beca matrícula dependiendo del clúster programa y tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que para estudiantes pertenecientes a colegio Particulares Pagados a medida que el clúster programa cambia (ordenados de menor a mayor conversión) el efecto de la beca matrícula disminuye.

Para colegio particulares Subvencionados o Municipales el efecto marginal de tener beca matrícula no varía en la medida que cambia el clúster programa, excepto para programas pertenecientes al clúster "Alta Conversión".

En general se aprecia que es mejor entregar becas sobre la matrícula a estudiantes de colegio particulares Subvencionados y Municipales que a estudiantes pertenecientes a colegios Particulares Pagados.

Sobre el clúster "Baja Conversión-PSU" no hay mayores diferencias en el efecto marginal de entregar beca matrícula. Lo destacable es que el efecto, para este clúster programa, está por sobre el promedio de la Tabla 20 en el que la probabilidad aumenta en 18,47% al poseer beca matrícula.

11.1.2 Calidad de ajuste

Al analizar la bondad de ajuste, el modelo acierta al 72,9% de los estudiantes que realmente se matricularon. De aquellos que el modelo predijo como matriculados acertó al 81,2%.

		Real		Total
		0	1	
Pronóstico	0	875	542	1417
	1	336	1455	1791
Total		1211	1997	3208

Tabla 22. Tabla de contingencia para el modelo de propensión a la matrícula para estudiantes con CAE. Fuente: Elaboración propia.

Sobre la Tabla 23, el AUC es cercano al 80% lo que corresponde a un buen nivel predictivo del modelo, el que se muestra en la Figura 23. En el eje de las ordenadas se ubica el indicador Recall (Susceptibilidad) y en el eje de las abscisas se encuentra uno menos la especificidad del modelo, que corresponde a la tasa de error de aquellos estudiantes que efectivamente no se matricularon, pero que el modelo predijo como matriculados.

Indicador Ajuste	Accuracy	Precision	Recall	Specifity	Lift	F-Measure	AUC	Threshold
	72.6%	81.2%	72.9%	72.3%	130.5%	76.8%	79.4%	59.8%

Tabla 23. Indicadores de ajuste del modelo de propensión a la matricula para estudiantes con CAE (Testing). Fuente: Elaboración propia.

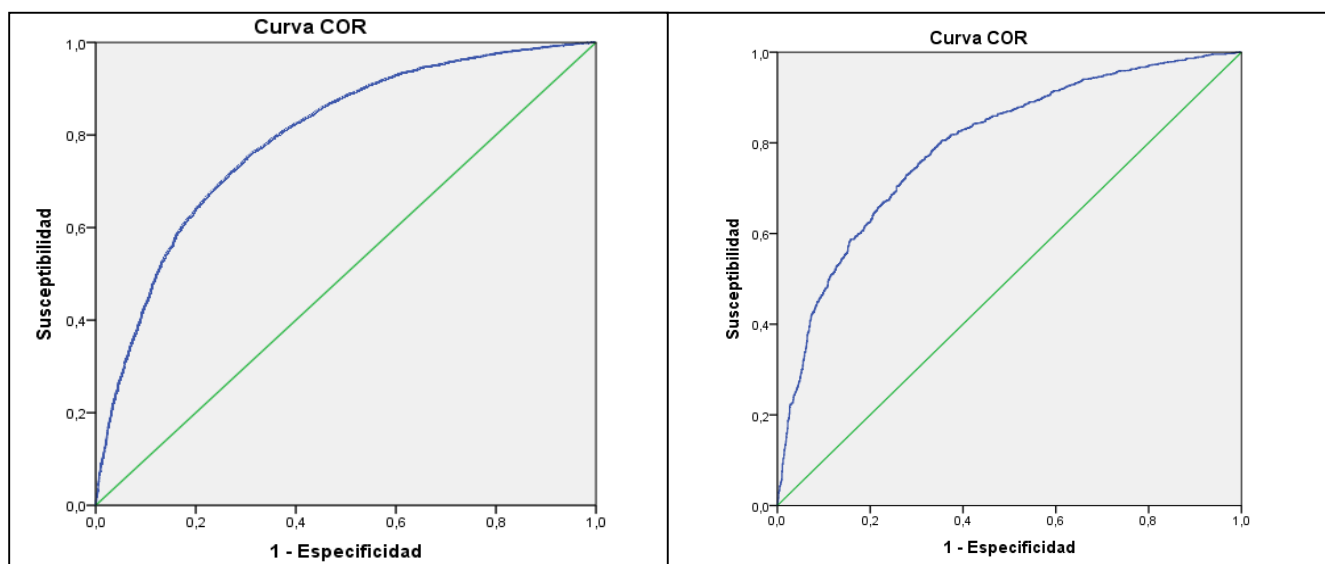


Figura 23. Curva ROC para el modelo de propensión a la matricula para estudiantes con CAE. Gráfico izquierdo Training, gráfico derecho Testing. Fuente: Elaboración propia.

11.2 Modelo de propensión a la matrícula: Estudiantes sin CAE

11.2.1 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del modelo de propensión a la matrícula para estudiantes sin CAE. Al igual que el modelo de la sección 11.1 se aplica selección de variables con el método forward selection.

En la Tabla 24 se presentan los factores que son significativos al 95% de confianza.

Factor	Variable	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)		Promedio	Efecto Marginal
								Inferior	Superior		
Preferencia	3era			71.519	2	.000					
	1era	.744	.102	53.676	1	.000	2.105	1.725	2.568	0.6401	0.1836
	2da	.176	.109	2.632	1	.105	1.192	.964	1.475	0.2173	0.0433
Grupo Dependencia	Municipal			95.408	2	.000					
	P. Pagado	1.015	.108	88.042	1	.000	2.759	2.232	3.410	0.3189	0.2408
	P. Subvencionado	.377	.089	17.910	1	.000	1.457	1.224	1.735	0.4751	0.093
Clúster Programa	"Baja Conversión-PSU"			102.167	4	.000				0.1094	
	"Desocupados"	.397	.167	5.637	1	.018	1.487	1.072	2.063	0.1094	0.0961
	"Ocupados"	.563	.140	16.070	1	.000	1.756	1.333	2.313	0.3369	0.13173
	"Masividad"	.994	.145	46.920	1	.000	2.702	2.033	3.592	0.3075	0.2357
Beca	"Alta Conversión"	1.334	.160	69.683	1	.000	3.795	2.775	5.190	0.1464	0.2926
	Externa	.509	.137	13.879	1	.000	1.663	1.273	2.174	0.0617	0.1215
Matrícula	Matrícula	.607	.082	54.136	1	.000	1.834	1.561	2.156	0.3591	0.1479
	"Ocupados"	.010	.001	80.498	1	.000	1.010	1.008	1.013	15.411	0.0025
% dscto sobre Arancel Real - Clúster Programa-Ptje PSU Mat Leng	"Masividad"	.005	.001	24.693	1	.000	1.005	1.003	1.008	12.884	0.0013
	"Alta Conversión"	.002	.001	4.296	1	.038	1.002	1.000	1.003	9.2519	0.0004
	"Baja Conversión-PSU"	.014	.003	27.870	1	.000	1.014	1.009	1.019	2.091	0.0033
	"Desocupados"	.006	.001	20.249	1	.000	1.006	1.003	1.008	7.615	0.0014
	ln(Ingreso per cápita)	.610	.047	165.741	1	.000	1.841	1.678	2.021	11.887	0.1513
Ptje PSU	Promedio Mat-Leng	.004	.001	34.616	1	.000	1.004	1.003	1.006	534.133	0.001
	Constante	-11.688	.617	358.960	1	.000	.000				

Tabla 24. Parámetros del modelo logit para estudiantes sin CAE. Efecto marginal calculado sobre el promedio de las variables. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el modelo logit para estudiantes con CAE, la selección de variables no incluye a los factores sexo, nacionalidad, puntaje PSU NEM, puntaje PSU ranking de notas, pero tampoco selecciona el año del proceso de admisión.

La eliminación de la variable año de proceso posiblemente viene dado porque no existe un factor de mercado o diferencias entre el proceso 2013 y 2014 para estudiantes sin CAE. En cambio, para estudiantes con CAE, según los antecedentes expuestos en secciones anteriores, existe el efecto UDLA.

Esto refleja con mayor certeza que el parámetro año procesos para estudiantes con CAE está capturando efectos del mercado y es por esto que para estudiantes sin CAE, no es significativa. Tampoco se tienen antecedentes de efectos de mercado para estudiantes sin el crédito.

En cuanto al factor preferencia, se observa que si el estudiante postula en primera preferencia la probabilidad de matricularse en la universidad en estudio aumenta en un 18%. Sobre el factor de grupo de dependencia, si el futuro alumno de la universidad pertenece a un colegio particular pagado la probabilidad de matricularse aumenta en un 24% a diferencia del 12,6% para un estudiante con CAE.

Sobre el efecto marginal de la variable puntaje PSU promedio matemática y lenguaje, si el estudiante aumenta 10 puntos su puntaje la probabilidad de matricularse aumenta 1% al igual que estudiantes con CAE.

Otro punto importante es el efecto marginal relacionado a la pertenencia a un clúster programa. Si el estudiante postuló a algún programa del clúster “Alta Conversión”, su probabilidad de matricularse aumenta en un 29% a diferencia del 21,7% para estudiantes con CAE. Para todos los niveles de clúster programas de estudiantes sin CAE, la probabilidad de matricularse aumenta respecto a los que tienen CAE.

Al analizar los factores económicos, en primera instancia, el modelo seleccionó la variable referente al precio, es decir, el logaritmo natural del arancel real. El signo del parámetro es positivo y significativo al 95%. Se espera, al igual que para el modelo de estudiantes con CAE, que el parámetro fuese negativo ya que es contra intuitivo que a medida que el costo de la carrera aumente, la probabilidad de matricularse aumente.

Lo anterior evidencia que la disposición a pagar por la carrera para este grupo de estudiantes no es relevante. Al no seleccionar la variable, los otros parámetros no se modifican excepto el parámetro del intercepto que aumenta al doble y el parámetro referente al ingreso per cápita disminuye, por lo que para el modelamiento final se descarta la variable relativa a la disposición de pago.

Para la variable relativa a la restricción presupuestaria del individuo, si el convocado aumenta un 1% su ingreso per cápita, aumenta en un 15% la probabilidad de matricularse en la universidad de estudio. En términos de los beneficios entregados por el estado sobre el arancel, si recibe beca externa la probabilidad de matricularse aumenta en un 12%.

Para estudiantes sin CAE, el efecto marginal de tener beca matrícula sobre la probabilidad de matricularse es de 14,8% a diferencia del 18,5% en estudiantes con CAE. Esto muestra que los estudiantes con el beneficio del estado valoran más el beneficio sobre la matrícula de admisión otorgado por el la universidad de estudio.

Finalmente se observa una disposición distinta de la variable relativa al porcentaje de descuento sobre el arancel para los clúster de programas. Los individuos valoran menos la beca respecto a los estudiantes con CAE, excepto para el clúster “Baja Conversión-PSU”. Este grupo de programas presenta la mayor valoración de todos los grupos de individuos.

Beca matrícula: Sensibilidad dependiendo del clúster programa y tipo de colegio

Para la construcción de la Tabla 25 se fija el clúster programa, el tipo de colegio y la beca arancel dependiendo del programa que se está testeando. El resto de las variables son evaluadas en promedios.

Clúster programa	Particular Pagado	Particular Subvencionado	Municipal
"Baja Conversión-PSU"	0.1501	0.1315	0.1118
"Desocupados"	0.1492	0.1435	0.1282
"Ocupados"	0.1471	0.1465	0.1334
"Masividad"	0.1315	0.1501	0.1479
"Alta Conversión"	0.1132	0.1428	0.1502

Tabla 25. Efecto marginal de la beca matrícula dependiendo del clúster programa y tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que para estudiantes con CAE, el efecto de la beca matrícula disminuye a medida que cambia el clúster programa (ordenados de menor a mayor conversión).

Para estudiantes pertenecientes a colegios Municipales el efecto marginal de la beca matrícula aumenta a medida que cambia el clúster programa.

También se observa, por clúster, a que tipo de colegio le beneficia más la beca matrícula. Es mejor entregar becas a estudiantes pertenecientes a colegio particulares que son del clúster “Baja Conversión-PSU” que a uno Municipal.

11.2.2 Calidad de ajuste

Al observar los indicadores de ajuste del modelo, se destaca la tasa de asertividad de los verdaderos positivos, sobre el 75%, poder predictivo indicado por AUC equivalente al 82,1% lo que es calificado como un buen modelo.

		Real		Total
		0	1	
Pronóstico	0	504	176	680
	1	165	530	695
Total		669	706	1375

Tabla 26. Tabla de contingencia para el modelo de propensión a la matricula para estudiantes sin CAE. Fuente: Elaboración propia.

Indicador Ajuste	Accuracy	Precision	Recall	Specificity	Lift	F-Measure	AUC	Threshold
	75.2%	76.3%	75.1%	75.3%	148.5%	75.7%	82.1%	48.6%

Tabla 27. Indicadores de ajuste del modelo de propensión a la matricula para estudiantes sin CAE sobre la base de Testeo. Fuente: Elaboración propia.

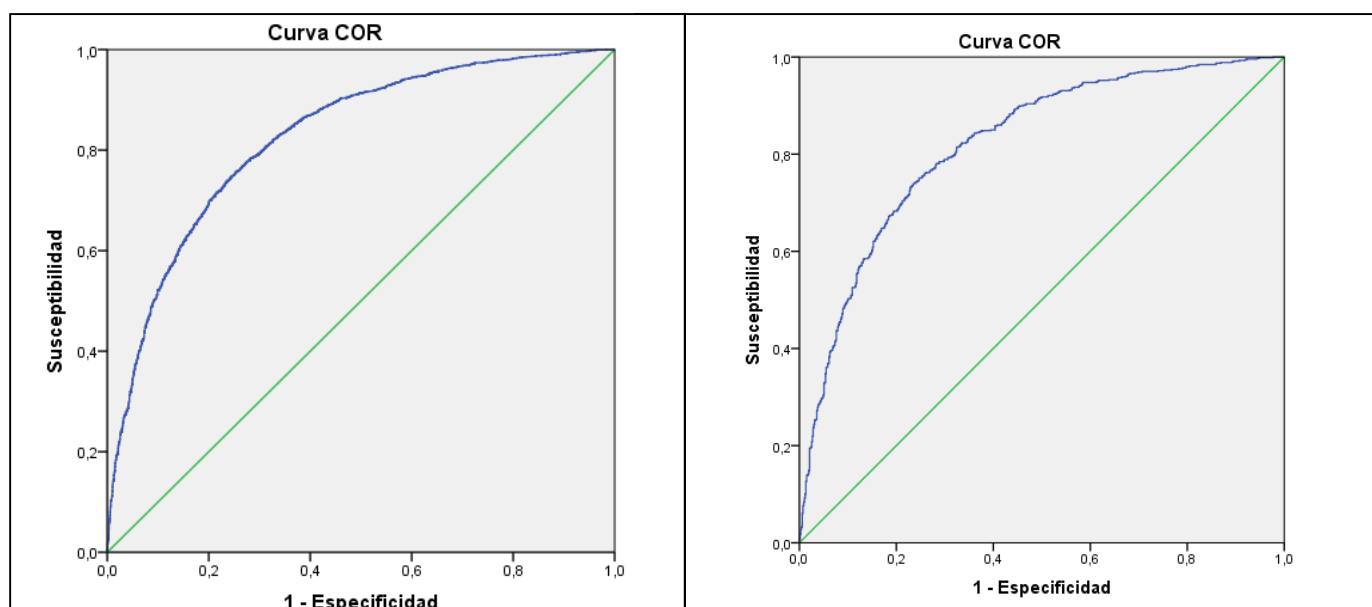


Figura 24. Curva ROC para el modelo de propensión a la matricula para estudiantes sin CAE (Testing). Fuente: Elaboración propia.

12 Modelo de optimización de asignación de becas

12.1 Introducción

El objetivo principal del proyecto es generar una asignación de becas sobre el arancel que maximice el número de estudiantes matriculados. Para ello se construye un modelo de optimización lineal cuya función objetivo maximiza el valor esperado de matriculados.

El número esperado de matriculados se confecciona a partir de los parámetros de los modelos de propensión a la matrícula. Para cada modelo logit, es decir, para estudiantes con CAE y sin el crédito, se confecciona una grilla tridimensional de beneficios.

La grilla es un cubo con beneficios que provienen de los parámetros de los modelos logit. Cada espacio del cubo tiene como valor de entrada el beneficio del individuo promedio más el beneficio correspondiente al clúster al que pertenece el estudiante, el beneficio de pertenecer a un segmento PSU y el beneficio de tener un descuento sobre la beca arancel.

La grilla es tridimensional ya que depende de tres variables, el clúster programa, segmento PSU y segmento de descuento. La variable de asignación, depende de las tres variables nombradas.

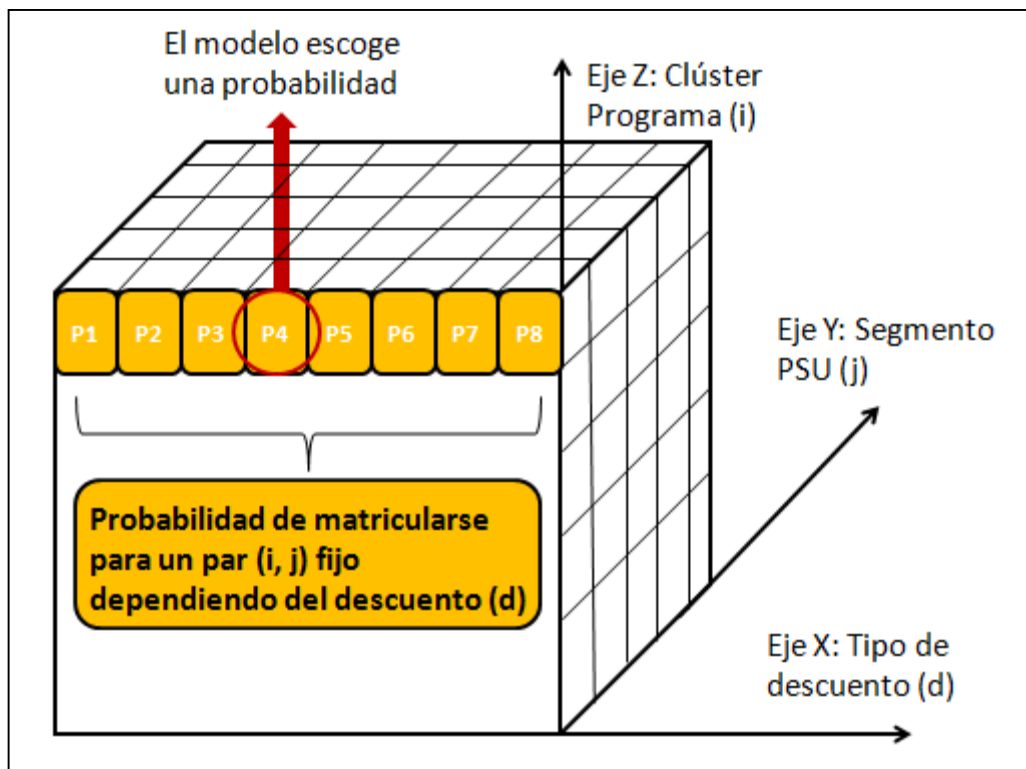


Figura 25. Ilustración de la grilla tridimensional de probabilidades. Fuente: Elaboración propia.

Para cada clúster programa y segmento PSU debe existir sólo un tipo de descuento asignado. Por ello, el problema se reduce a escoger un tipo de descuento para cada par clúster programa, segmento PSU.

Cada trío; clúster programa (i), segmento PSU (j) y tipo de descuento (d), posee un beneficio. La probabilidad del trío, es decir, la probabilidad que se matricule un estudiante perteneciente a (i, j, d) se calcula a partir de la función logística en que el argumento toma el valor de la suma del beneficio del individuo promedio más la suma de cada uno de los beneficios del trío (i, j, d).

Por tanto, como se describió anteriormente, para cada par (i, j) sólo se escoge un descuento (d). En la Figura 25, se ilustra el cubo tridimensional de probabilidades. En la Figura 26 se ilustra el cálculo de la probabilidad de matricularse en la universidad en estudio.

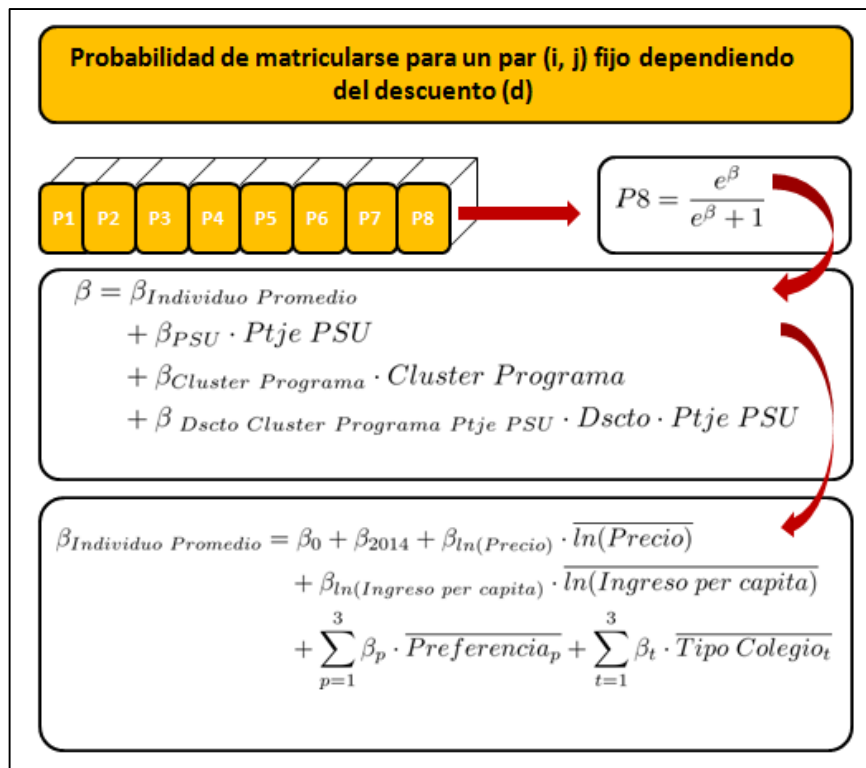


Figura 26. Ilustración del cálculo de la probabilidad da matricularse. Fuente: Elaboración propia.

El beneficio del individuo promedio es la suma de la constante, más el beneficio de pertenecer al proceso de admisión 2014, ya que la optimización se genera con los convocados de este proceso, más el beneficio promedio que tiene un estudiante respecto a su ingreso per cápita, más el parámetro respecto al promedio del precio que paga el estudiante sin incluir la beca sobre arancel otorgada por la institución en estudio, más el beneficio de pertenecer a un tipo de colegio y preferencia.

Respecto a la variable preferencia y tipo de colegio, los parámetros son ponderados por la distribución que tienen los factores. Por ejemplo: El 65% de los convocados pertenece a colegio particulares Subvencionados, el 25% pertenece a colegios Municipales y el 10% a colegios Particulares Pagados.

Finalmente, la distribución se multiplica por los beneficios que tienen las respectivas categorías. Así, se construye un individuo promedio o híbrido, que pertenece en cierto grado a un colegio Particular pagado, Municipal y Particular Subvencionado, con un nivel de ingreso per cápita y precio a pagar por la carrera, sin incluir beca arancel, fijo, perteneciente al proceso de admisión 2014. Para mayor detalle sobre este tópico, ver a sección 7.6.1.

Para estudiantes sin CAE, no se incluye el beneficio de pertenecer al proceso de admisión 2014 ya que la variable no es significativa y fue eliminada por el proceso de selección de variables en el modelo de propensión a la matrícula implementado en SPSS 20.0. Tampoco se incluye la variable logaritmo natural del precio a pagar por la carrera para este grupo de estudiantes. Para mayor detalle, ver sección 11.2.1.

En resumen, el modelo de optimización está estructurado en los siguientes puntos. Para mayor detalle ir a la sección 7.6.2.

1. **Función Objetivo:** Maximizar el número esperado de estudiantes.
2. **Variables de decisión:** Para cada tipo de estudiante, según CAE, se escoge si se otorga un descuento sobre el arancel real, dependiendo del clúster programa al que pertenezca y segmento PSU.
3. **Restricciones:**
 - a. Los estudiantes matriculados no deben superar la cantidad de vacantes de cada clúster programa.
 - b. Los montos de becas asignadas no debe superar el presupuesto total.
 - c. Cada para clúster programa, segmento PSU, sólo debe tener un tipo de descuento. Se incluye no otorgar beca como tipo de descuento.
 - d. Dado un clúster programa, segmento PSU y descuento asignado, para el mismo el clúster pero para el siguiente tramo puntaje PSU, el descuento asignado debe ser al menos igual o superior al descuento otorgado en el segmento PSU anterior.
 - e. Las variables de asignación son binarias.

12.2 Parámetros del modelo

El presupuesto a repartir entre estudiantes con y sin crédito del estado es equivalente a lo que se entregó en becas sobre arancel por la institución en el proceso 2014 para los datos del modelamiento equivalen a \$2.175.613.193 de pesos.

Las vacantes disponibles por clúster programa se muestran en la Tablas 28.

Clúster programa	"Baja Conversión-PSU"	"Desocupados"	"Ocupados"	"Masivo"	"Alta Conversión"
Vacantes	720	1.185	2.960	3.339	1.905

Tabla 28. Vacantes ofrecidas por clúster programa para el proceso de admisión 2014. Fuente: Elaboración propia. Datos: Penta Analytics.

A continuación se presentan los parámetros del modelo dependiendo de si el estudiante posee CAE o no.

Estudiantes con CAE

En las Tablas 29, 30 y 31 se presentan los parámetros. En anexo 16.6 Tabla 45 se encuentran los parámetros de la utilidad según puntaje psu, tipo de descuento y clúster programa. La utilidad del individuo promedio es -3.604. Se fija el puntaje PSU como el promedio ponderado del puntaje PSU de los convocados para cada segmento PSU.

Convocados	Bajo 500	500-525	525-550	550-575	575-600	Sobre 600
"Baja Conversión-PSU"	242	153	112	49	16	9
"Desocupados"	66	171	115	67	36	50
"Ocupados"	628	728	708	621	327	259
"Masivo"	324	473	583	562	491	482
"Alta Conversión"	143	197	266	283	231	315

Tabla 29. Convocados según clúster y puntaje PSU (CAE). Fuente: Elaboración propia.

PSU	Bajo 500	500-525	525-550	550-575	575-600	Sobre 600
"Baja Conversión-PSU"	486	512	536	560	587	619
"Desocupados"	487	512	536	561	586	629
"Ocupados"	486	512	537	561	585	622
"Masivo"	488	512	537	562	586	628
"Alta Conversión"	486	512	538	561	586	630

Tabla 30. Promedio puntaje psu según, segmento PSU y clúster programa (CAE) para los convocados. Fuente: Elaboración propia.

Clúster programa	"Baja Conversión- PSU"	"Desocupados"	"Ocupados"	"Masivo"	"Alta Conversión"
Arancel Real	\$ 2,882,788	\$ 3,070,064	\$ 3,432,942	\$ 3,934,542	\$ 3,654,219

Tabla 31. Arancel real promedio según clúster programa (CAE). Fuente: Elaboración propia.

Estudiantes sin CAE

En las Tablas 32, 33 y 34 se presentan los parámetros. En anexo 16.6 Tabla 46 se encuentra los parámetros de la utilidad según puntaje psu, tipo de descuento y clúster programa. La utilidad del individuo promedio es -3.255. Se fija el puntaje PSU como el promedio ponderado del puntaje PSU de los convocados para cada segmento PSU.

Convocados	Bajo 500	500-525	525-550	550-575	575-600	Sobre 600
"Baja Conversión-PSU"	264	29	30	7	6	7
"Desocupados"	88	50	39	47	20	46
"Ocupados"	542	152	166	142	92	127
"Masivo"	153	123	183	185	171	194
"Alta Conversión"	99	34	63	73	72	146

Tabla 32. Convocados según clúster y puntaje psu (sin CAE). Fuente: Elaboración propia.

PSU	Bajo 500	500-525	525-550	550-575	575-600	Sobre 600
"Baja Conversión-PSU"	465	510	537	561	582	640
"Desocupados"	470	513	539	560	583	636
"Ocupados"	469	512	537	561	586	628
"Masivo"	477	513	538	562	586	631
"Alta Conversión"	472	511	537	562	588	639

Tabla 33. Promedio puntaje psu según, segmento PSU y clúster programa (sin CAE) para estudiantes convocados. Fuente: Elaboración propia.

Clúster programa	"Baja Conversión- PSU"	"Desocupados"	"Ocupados"	"Masivo"	"Alta Conversión"
Arancel Real	\$ 2,874,246	\$ 3,183,126	\$ 3,383,155	\$ 3,916,951	\$ 3,632,656

Tabla 34. Arancel real promedio según clúster programa (sin CAE). Fuente: Elaboración propia.

12.3 Metodología de solución y aspectos técnicos

Para resolver el problema de programación entera se utiliza el solver de CPLEX, ocupando lenguaje OPL. Las características del computador en el que se desarrollo el modelo se muestran en la Figura 27.

Sistema	
Fabricante:	Acer
Evaluación:	1,0 Evaluación de la experiencia en Windows: sin evaluar
Procesador:	Intel(R) Pentium(R) Dual CPU T3200 @ 2.00GHz 2.00 GHz
Memoria (RAM):	3,00 GB
Tipo de sistema:	Sistema operativo de 32 bits

Figura 27. Características del computador en el que se desarrollo el modelo. Fuente: Elaboración propia.

El método para resolver el problema está dado por el algoritmo de Branch&Bound, el que esta implementado en el solver de CPLEX. Los parámetros de la estrategia son los que están establecidos como predefinidos en el programa.

Programación matemática / Programación de enteros mixtos / Estrategia	
Tolerancia de backtracking	0.9999
Intervalo de mejor cota de estrategia MIP	7
Dirección de ramas MIP	Automático
Estrategia de indagación MIP	Automático
Archivo de almacenamiento de nodos	Archivo de nodo en memoria y comprimido
Heurística de factibilidad	Automático
Frecuencia heurística MIP	0
Heurística de ramas locales	<input type="checkbox"/>
Estrategia de selección de nodos MIP	Búsqueda por cota óptima
Orden de prioridad de variables MIP	<input checked="" type="checkbox"/>
Presolución de nodos	Automático
Nivel de sondeo MIP	Automático
Frecuencia heurística de RINS	0
Algoritmo de inicio MIP	Automático
Algoritmo de subproblema MIP	Automático

Figura 28. Parámetros de estrategia del algoritmo del software para resolver el problema de programación entera. Fuente: Elaboración propia.

12.4 Resultados y evaluación de modelos

Para evaluar el modelo de optimización propuesto en el proyecto se presentan 3 tipos de modelos.

1. **M1**: Modelo con las restricciones básicas propuestas en la metodología.
2. **M1 (550)**: Modelo con las restricciones básicas propuestas en la metodología restringiendo el puntaje mínimo promedio PSU a 550 puntos.
3. **M1 (555)**: Modelo con las restricciones básicas propuestas en la metodología restringiendo el puntaje mínimo promedio PSU a 555 puntos.

Estos 3 modelos se comparan con la situación actual en términos de: matriculados, becados, gasto total en becas, beca promedio, puntaje promedio PSU, conversión, porcentaje de becados, tasa de ocupación por clúster programa e ingresos.

12.4.1 Resultados generales del modelamiento

En la Figura 29 se presentan los principales resultados del modelo M1. La cantidad de variables son 480, de las cuales 270 corresponden a estudiantes con CAE, y 210 sin el crédito. El resto corresponden a variables auxiliares, las que fueron creadas con el fin de agregar información para la comparación de resultados.

La función objetivo toma el valor de 7.701 estudiantes matriculados y el tiempo de ejecución es de 1,84 segundos. Las restricciones reales del problema corresponden a 121. El resto se utilizan para generar estudios posteriores de comparación de los modelos.

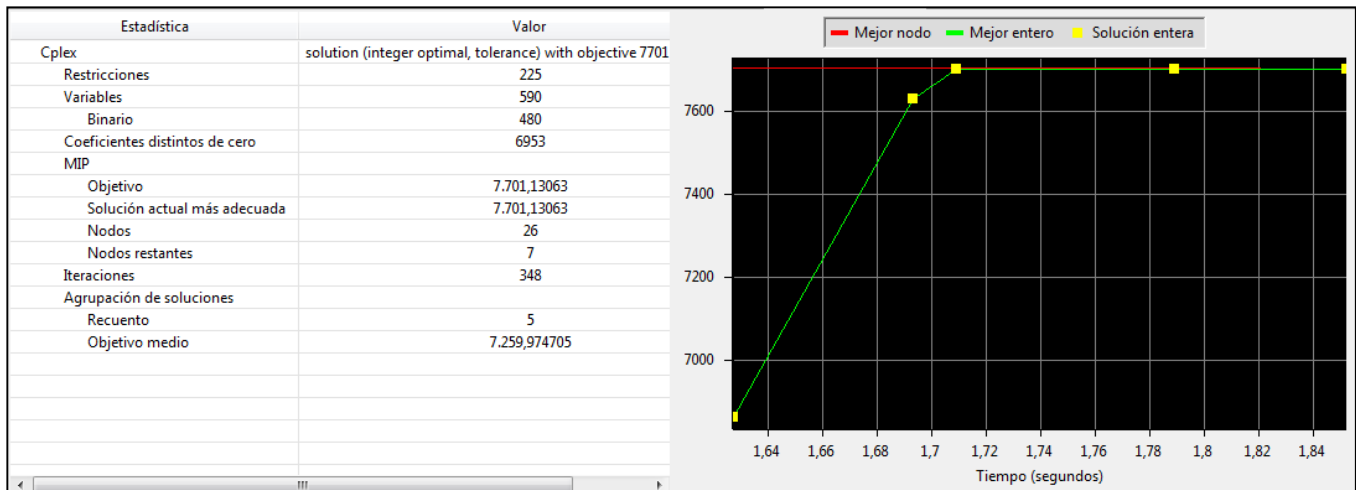


Figura 29. Estadísticas del modelo M1. Fuente: Elaboración propia.

Sobre el modelo M1 (550), se agrega una restricción al modelo de manera de restringir el puntaje promedio mínimo PSU de los matriculados. La función objetivo obtiene el valor de 7.636 estudiantes matriculados. Este modelo matricula 64 alumnos menos que el modelo M1. El tiempo de ejecución es de 2,3 segundos.

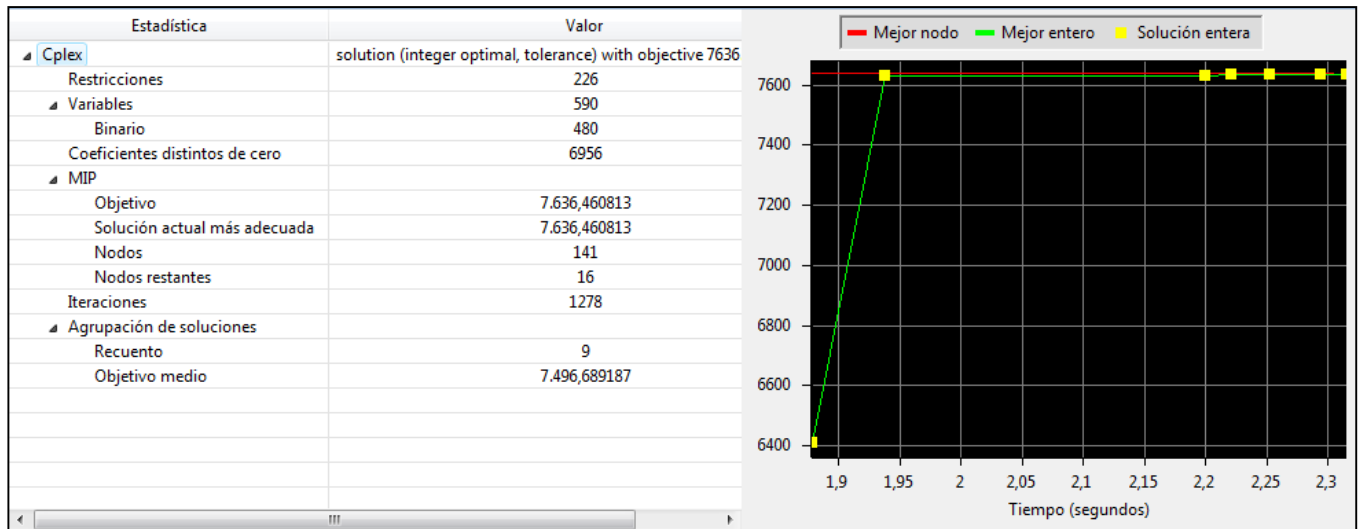


Figura 30. Estadísticas del modelo M1 (550). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31, se muestra que la función objetivo toma el valor de 7.350 estudiantes matriculados, 351 alumnos menos que el modelo M1. El tiempo de ejecución es de 2,2 segundos.

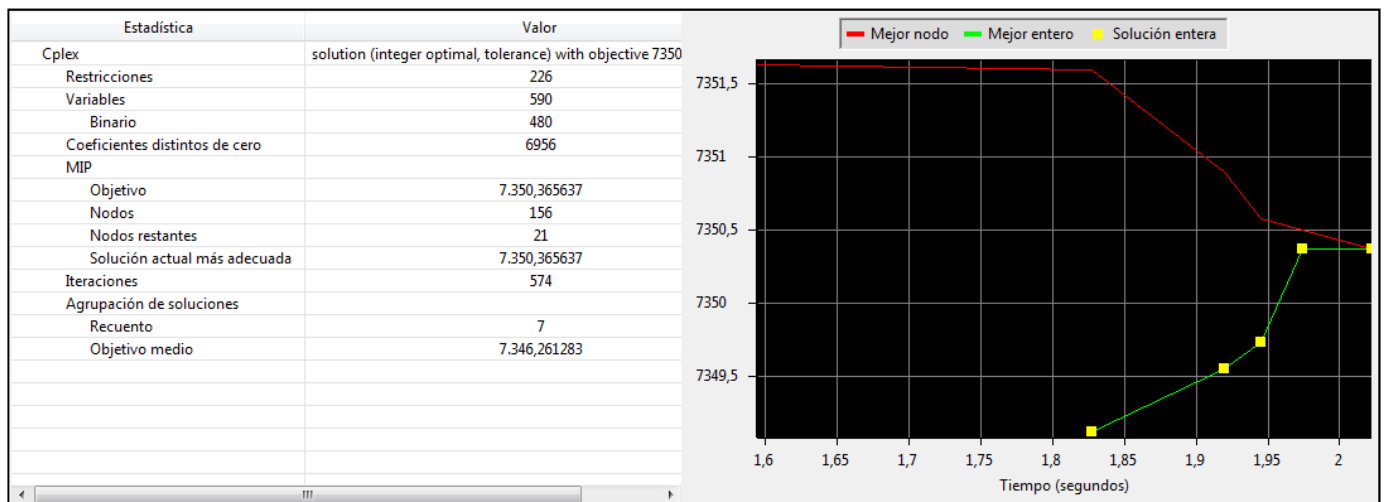


Figura 31. Estadísticas del modelo M1 (555). Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 35, se presentan los primeros resultados generales de la comparación de los modelos respecto a la situación actual del proceso de admisión 2014. Respecto al número de becados todos los modelos superan a la cantidad de 2.742 becados del 2014 para los datos ocupados en el proyecto.

El modelo M1 doble en el número de becados a la situación actual. El modelo que entrega la mayor cantidad de becas es el M1 (550) con 6.181 beneficios.

El presupuesto es repartido casi en su totalidad en todos los modelos. Respecto a la beca promedio se observa que todos los modelos respecto a la situación actual disminuyen en monto. Se destaca, que a medida que aumenta el puntaje promedio PSU de los modelos, la beca promedio aumenta. Es probable que esta tendencia exista porque se premia con un mayor porcentaje de beca sobre el arancel a estudiantes que tienen mayor puntaje PSU.

A pesar que este primer resultado induce a concluir que se estaría entregando una menor cantidad de monto de beca por alumno, aun no se puede asumir, ya que como se mostrará posteriormente en el análisis, el modelo no entrega los máximos descuentos, por lo que estudiantes que antes recibían beca total, ya no lo estarían recibiendo, pero aquellos que si recibían aportes menores siguen recibiendo en promedio la misma beca.

Como aquellos estudiantes que recibían un mayor aporte económico, ahora no lo reciben, la beca promedio baja, pero con esos mismos recursos se entregan becas a otros estudiantes.

A medida que aumenta el puntaje promedio PSU de los modelos, el número de matriculados disminuye, pero siempre superando al número de estudiantes matriculados del proceso de admisión 2014.

Modelos vs situación actual	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Tasa Ocupación	Ingresos
M1	12057	7701	5740	\$ 2,174,960,000	\$ 378,884	547	75%	64%	76%	\$ 10,006,563,000
M1(550)	12057	7636	6181	\$ 2,174,930,000	\$ 351,855	550	81%	63%	76%	\$ 9,629,490,400
M1(555)	12057	7350	4589	\$ 2,175,546,000	\$ 474,079	555	62%	61%	73%	\$ 9,272,499,000
Proceso 2014	12057	7277	2742	\$ 2,175,613,193	\$ 793,440	554	38%	60%	72%	\$ 8,995,515,632

Tabla 35. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555). Fuente: Elaboración propia.

Al ingresar mayor cantidad de estudiantes a la casa de estudio, se aumenta la tasa de ocupación y la conversión, lo que es esperable al maximizar el número esperado de matriculados.

Otro aspecto relevante es el aumento de los ingresos para todos los modelos respecto a la situación actual. El modelo M1 genera más de 1.000 millones de pesos que la situación actual.

Esto hace razonar que es posible optimizar los ingresos a través de una asignación eficiente de las becas, pudiendo ocupar nuevos recursos en mejorar la calidad de los establecimientos, infraestructura, remuneraciones o entregando un mayor presupuesto en becas.

Según la Tabla 36, sobre resultados generales respecto a los estudiantes con CAE, se aprecia que tanto el modelo M1 y el proceso de admisión 2014 gastan un presupuesto similar en becas. La beca promedio del M1 es menos que la mitad de la beca promedio de la situación actual. El modelo M1 (555) es el que tiene el mayor promedio PSU respecto a los otros modelos y a la situación actual.

Modelos vs 2014(CAE)	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Ingresos
M1	8707	5732	4722	\$ 1,439,920,000	\$ 304,945	550	82%	66%	\$ 3,945,013,000
M1(550)	8707	5805	5411	\$ 1,659,930,000	\$ 306,771	551	93%	67%	\$ 3,791,980,400
M1(555)	8707	5607	3931	\$ 1,624,345,000	\$ 413,184	556	70%	64%	\$ 3,705,159,000
Proceso 2014	8707	5527	2210	\$ 1,489,163,067	\$ 673,829	554	40%	63%	\$ 3,484,604,625

Tabla 36. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555) (CAE). Fuente: Elaboración propia.

Los ingresos generados con la asignación de becas para cada uno de los modelos superan a los generados en el proceso 2014. El modelo M1, genera más \$450 millones de pesos más que la situación actual, con el doble de alumnos becados y con una conversión de 3 puntos porcentuales para estudiantes con CAE respecto al 2014.

Modelos vs 2014(sin CAE)	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Ingresos
M1	3350	1969	1019	\$ 735,040,000	\$ 721,660	539	52%	59%	\$ 6,061,550,000
M1(550)	3350	1832	770	\$ 515,000,000	\$ 668,519	546	42%	55%	\$ 5,837,510,000
M1(555)	3350	1743	658	\$ 551,201,000	\$ 838,074	553	38%	52%	\$ 5,567,340,000
Proceso 2014	3350	1750	532	\$ 686,450,126	\$ 1,290,320	554	30%	52%	\$ 5,510,911,007

Tabla 37. Resultados generales de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555) (sin CAE). Fuente: Elaboración propia.

Sobre los estudiantes sin CAE, en la Tabla 37, se observa una mayor cantidad de becados, matriculados, ingresos y menor promedio PSU en los modelos M1 y M1 (550) respecto al 2014. El modelo M1 aumenta en \$550 millones de pesos respecto a la situación actual.

La conversión del modelo M1 es 7 puntos porcentuales más alta que la del 2014 obteniendo 219 estudiantes más que el proceso 2014. El modelo M1 (555) tiene indicadores cercanos a la situación actual respecto a la conversión, ingresos, puntaje PSU, pero otorga más becas y en promedio entrega \$838.074 pesos a diferencias de \$1.290.320 de pesos respecto al 2014.

A continuación se presentan gráficos de comparación de los modelos respecto a la situación actual sobre los indicadores expuestos según clúster programa y tramo PSU.

En la Figura 32, se tiene el número de matriculados para cada modelo según cada clúster programa. El modelo sin restricciones (M1) es el que matricula más estudiantes, en que gran parte de los matriculados provienen del clúster “Ocupados”. Se observa una mayor cantidad de matriculados en el clúster “Baja Conversión” y una disminución en el clúster “Alta Conversión”.

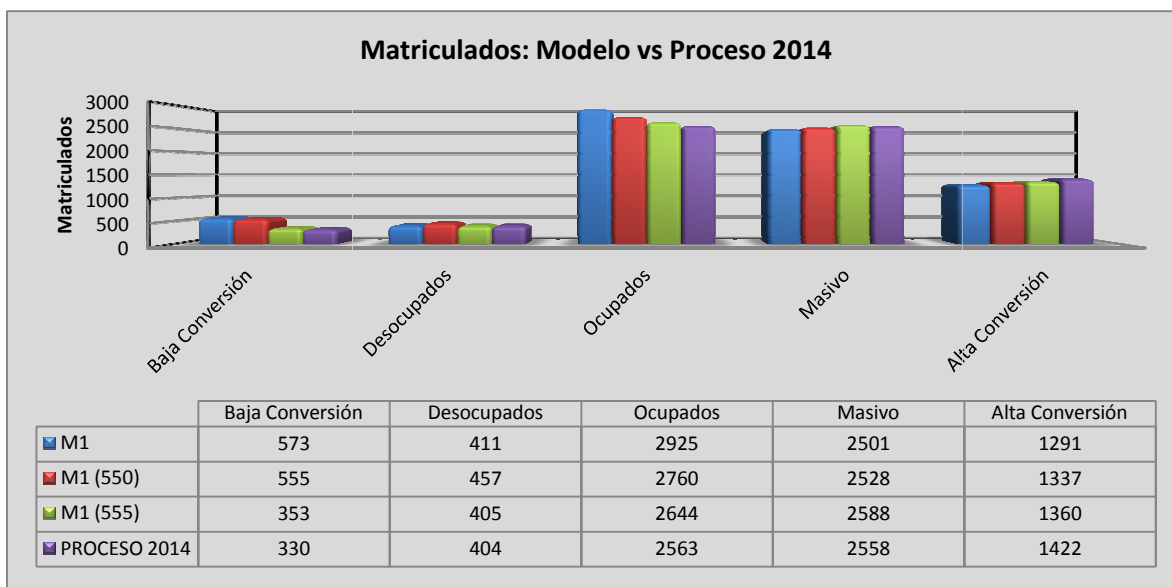


Figura 32. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

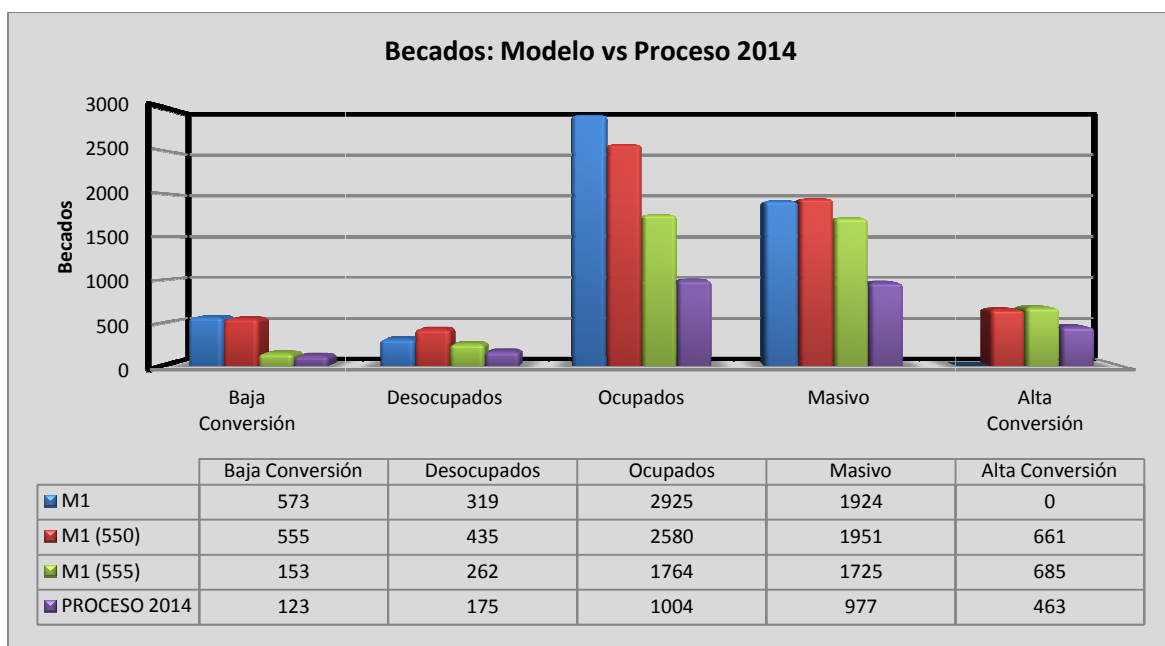


Figura 33. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Figura 33, se observa que todos los modelos de optimización entregan más beca a cada uno de los clústers. La única excepción es en el modelo M1, el que no entrega beca al clúster “Alta conversión”. Una de las razones para explicar esta asignación es que este clúster

posee una alta propensión a la matrícula la que se puede observar en las utilidades de ambos modelos logit que se encuentran en el anexo 16.6, Tablas 47 y 48.

Como el modelo M1 no posee restricción sobre el puntaje de psu promedio, no intenta capturar mejores estudiantes en términos PSU. Si se observan las estructuras de convocados con y sin crédito del estado se observa que la gran mayoría de los estudiantes se encuentran hacia la izquierda de ambas tablas, es decir a menores puntajes. Los modelos intentan capturar “masas de estudiantes”.

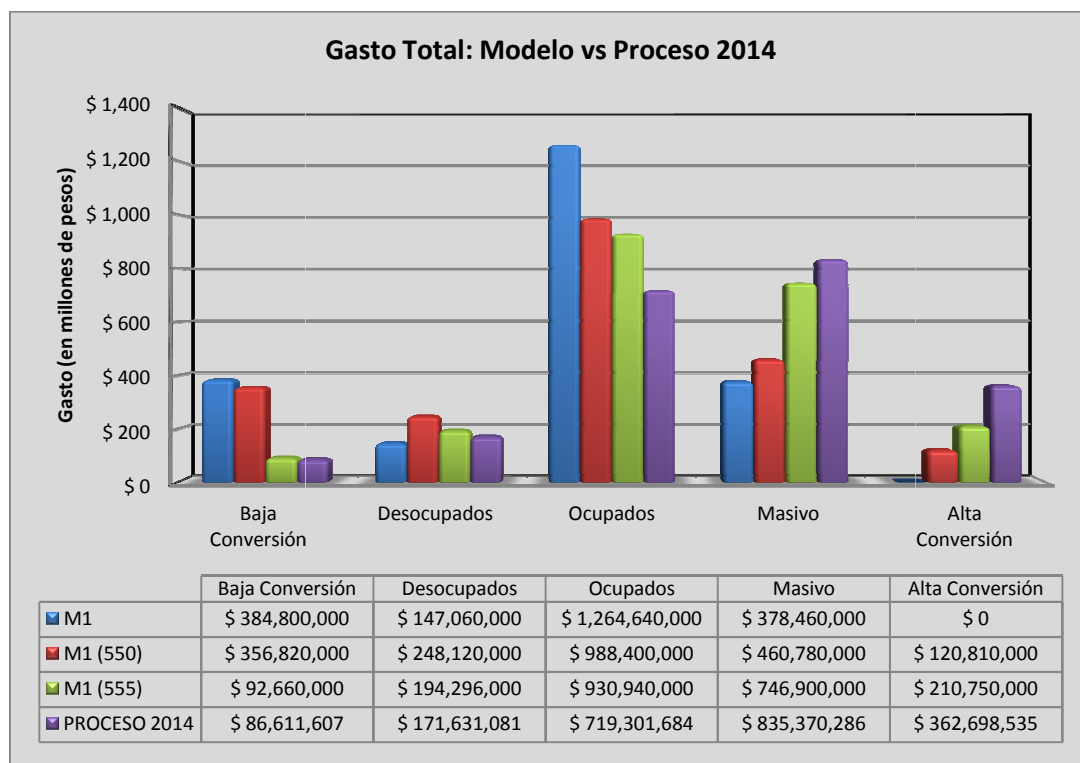


Figura 34. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto en becas por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, como el modelo M1 intenta capturar más estudiantes, en específico del clúster “Ocupados”, es donde se gasta la mayor cantidad del presupuesto. A medida que se fuerza al modelo de optimización a obtener un puntaje promedio PSU más alto, la asignación se va mimetizando con la situación actual, aunque sigue becando a los estudiantes del clúster “Ocupado” en vez del clúster “masividad”.

Una explicación posible es que la propensión a matricularse del clúster “Ocupado” sin becas sea más baja que la del clúster “Masivo”.

Al observar las utilidades de estos clústers, se infiere que la probabilidad del segmento más alto PSU del primer clúster nombrado es alrededor del 51% versus un 55% del otro clúster. Esta diferencia porcentual se mantiene en toda la grilla bidimensional.

Si bien la explicación anterior, puede ser insuficiente, también hay que considerar que los programas del clúster “Ocupados” en promedio son menos costos que los del clúster “Masivo”, por tanto el modelo intenta asignar becas al grupo de programas más barato y con menos propensión a matricularse, es decir, puede otorgar más becas a menos costo e igual porcentaje de descuento que otras carreras más costosas.

Sumado a lo anterior, en el clúster “Ocupados” existe una tendencia a tener más convocados en los segmentos de menor puntaje PSU que los del clúster “Masividad”

En la Figura 35, se aprecia el indicador de beca promedio por clúster. La situación actual es la que entrega la mayor beca promedio frente al resto de los modelos. Nuevamente el modelo M1 (555) es aquel que intenta asemejarse más a la situación actual ya que intenta replicar la intención de premiar más a aquellos que tienen mejor puntaje con el fin de aumentar el promedio PSU.

La beca promedio, de la situación actual está en torno a los \$793.000 CLP versus la del modelo M1 en \$378.000.

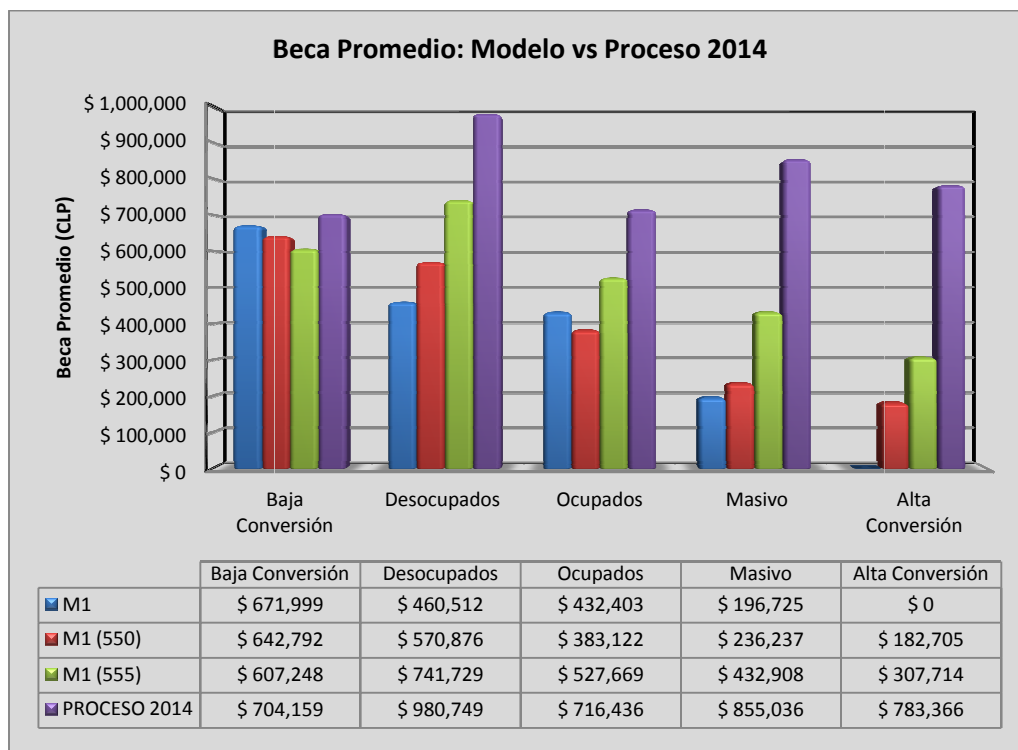


Figura 35. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la Figura 36, sobre el puntaje promedio PSU, se destaca que el modelo M1 (555) es el que más se acerca a la situación actual. Los modelos M1 y M1 (550) bajan

aproximadamente 8 puntos en los clústers “Baja Conversión”, “Desocupados”, “Ocupados” y 3 puntos en los otros dos clústers.

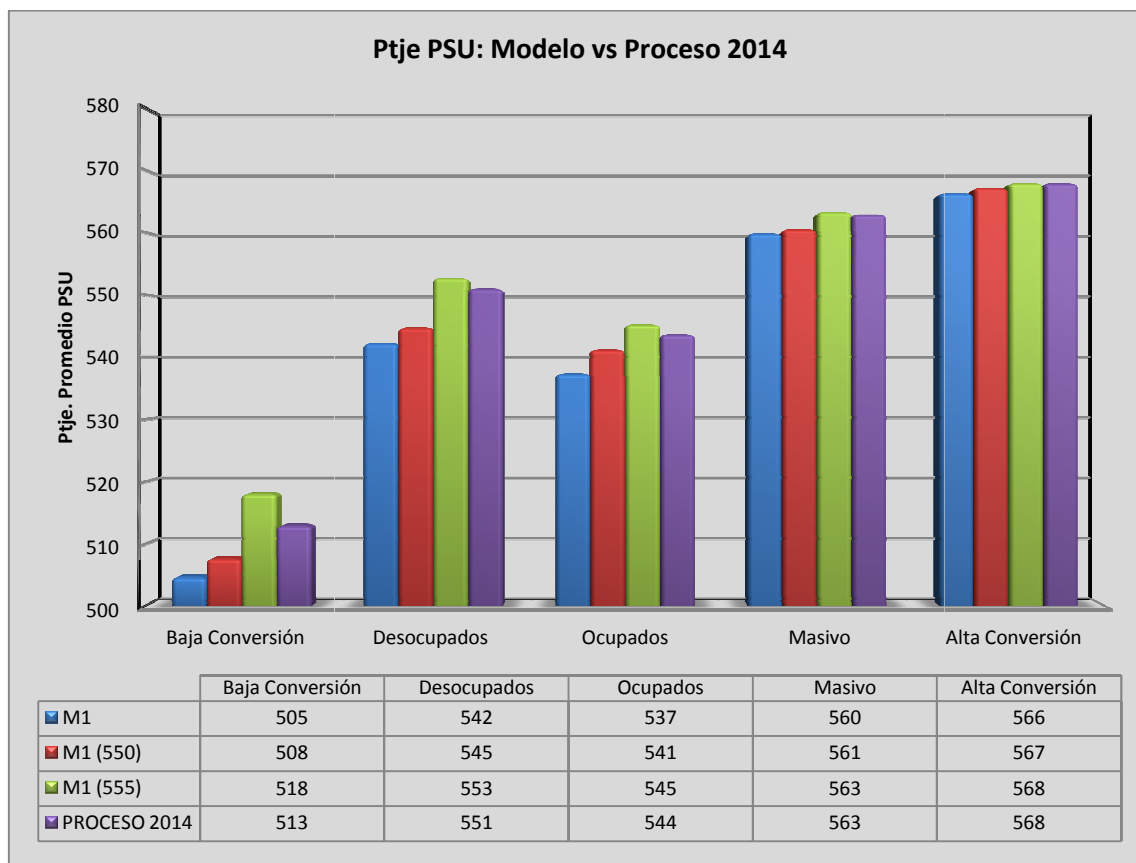


Figura 36. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ptje promedio PSU por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el porcentaje de becados, en la Figura 37, se aprecia que todos los modelos de optimización entregan becas a un gran porcentaje de los matriculados. De hecho el modelo M1 y M1 (550) becan a los clústers “Baja conversión” y “Ocupados” al 100%. Esto concuerda con el gráfico de beca promedio. Los modelos becan a más estudiantes pero entregan una beca per cápita menor.

Sobre la conversión, en la Figura 38, se observa como los modelos M1 y M1 (550) convierten un 25% más que el modelo M1 (555) y la situación actual para el clúster “Baja Conversión”. Esto se explica porque ese grupo de estudiantes tienen una baja propensión a la matrícula, por tanto bajo el modelo establecido, si se aumenta un poco la utilidad, su propensión aumenta considerablemente. También pertenecen a los programas menos costosos.

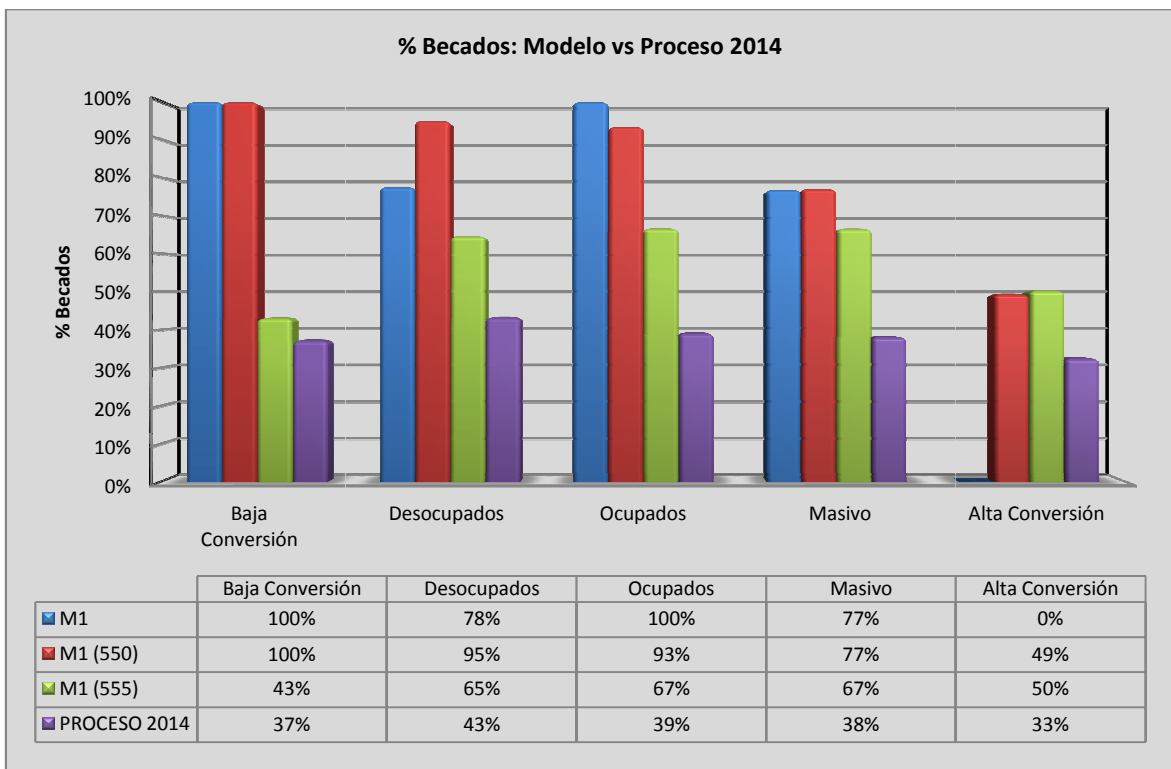


Figura 37. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable % de becados por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

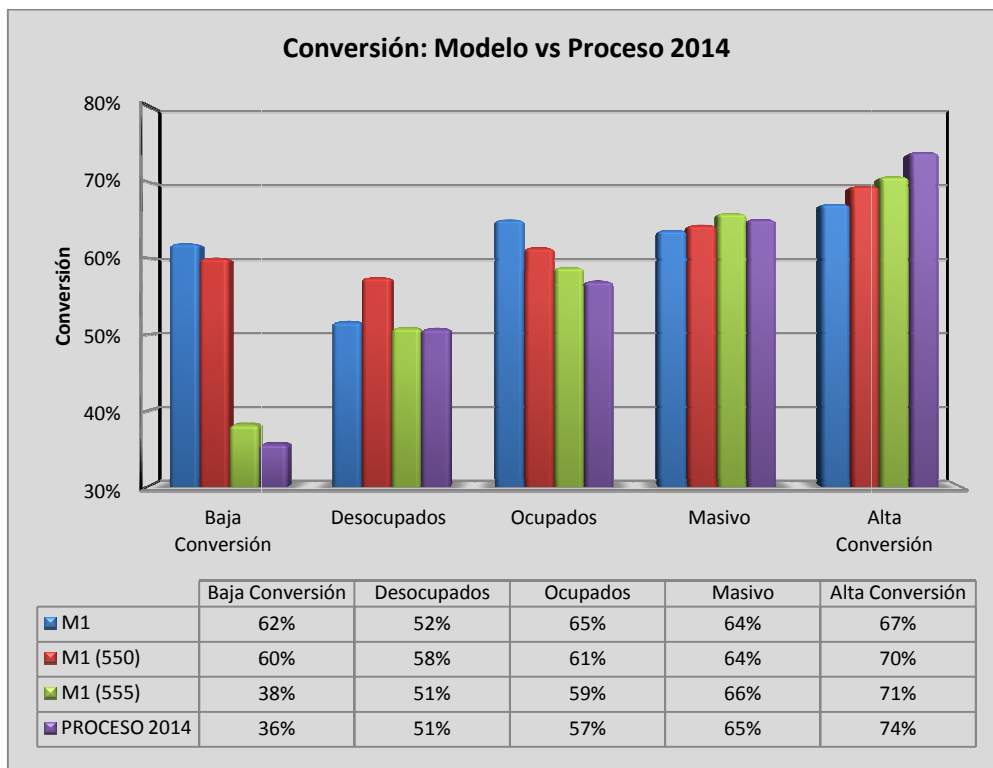


Figura 38. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 39, se observa que la tasa de ocupación sobre las vacantes del clúster “Baja Conversión” crece más de 30 puntos porcentuales en los modelos M1 y M1(550) respecto a la situación actual. Por contra parte, en el clúster “Alta Conversión” se muestra un disminución 7% respecto al proceso de admisión 2014.

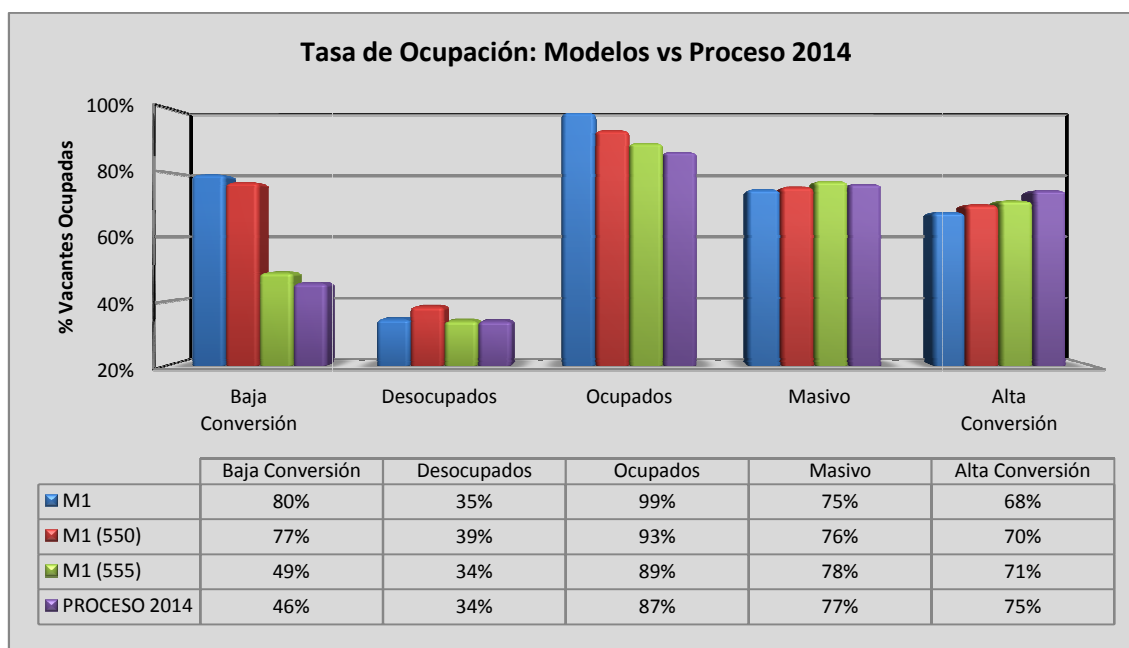


Figura 39. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable tasa de ocupación por clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

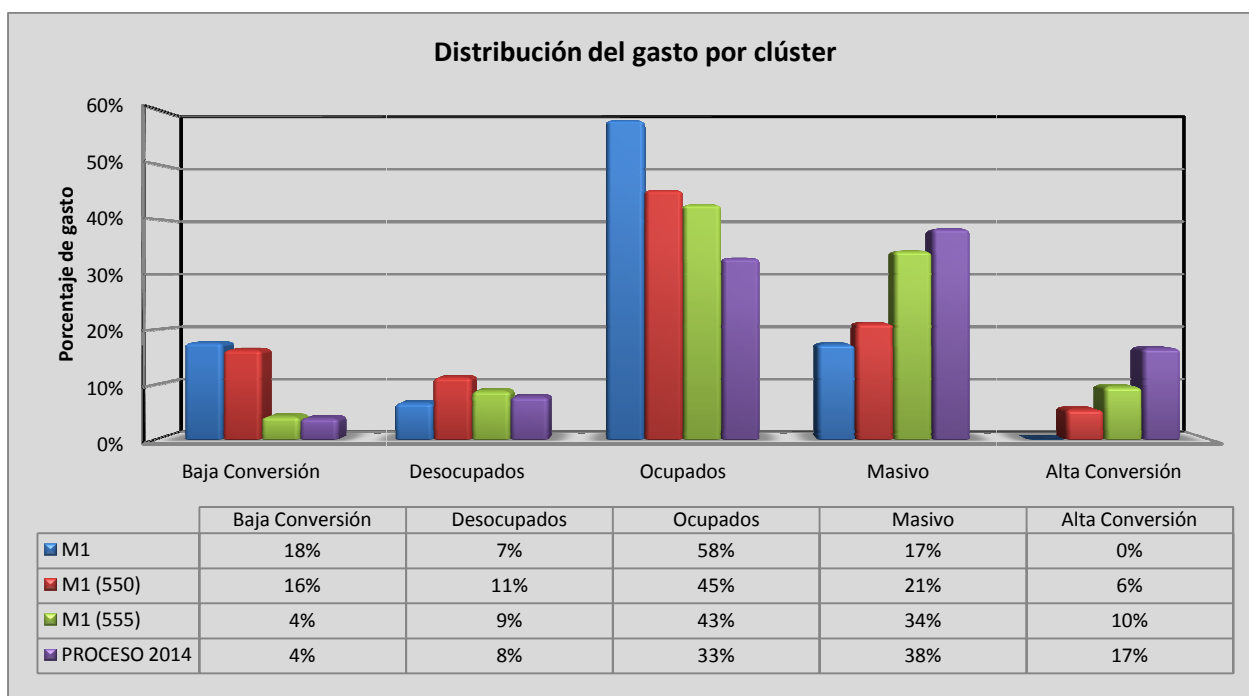


Figura 40. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de gasto por clúster programa. Elaboración propia.

Sobre la distribución del gasto por clúster, expuesta en la Figura 40, se observa que el modelo M1 se gasta el 58% del presupuesto de becas arancel en el clúster “Ocupados” a diferencia del 33% que se gastaba en la situación actual. Esto concuerda con lo que se explicó anteriormente, ya que es el grupo donde el modelo M1 más becas entrega.

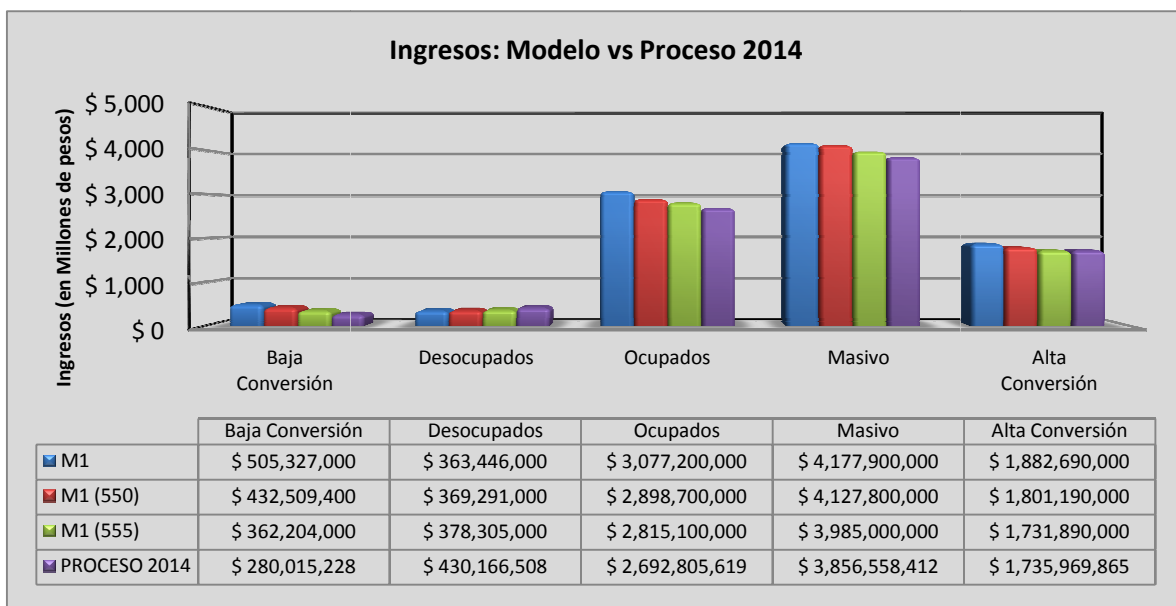


Figura 41. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso por clúster programa. Elaboración propia.

En la Figura 41, se observan los ingresos de la institución por clúster programa. Se destaca que todos los modelos logran una mayor cantidad de ingresos respecto a la situación actual. La diferencia radica en los clústers “Ocupados” y “Masividad”, donde los modelos de optimización hacen la diferencia respecto a la situación actual.

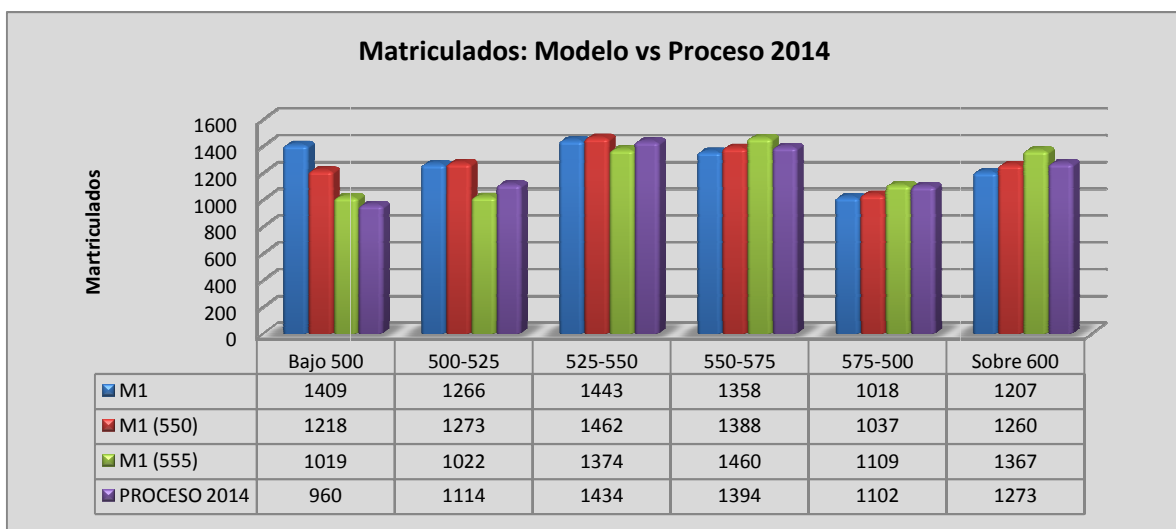


Figura 42. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados por tramo PSU. Elaboración propia.

De la Figura 42, se muestra el número de matriculados según el tramo PSU. Se destaca que el modelo M1 matricula 449 alumnos más que en la situación actual en el tramo bajo 500 puntos. En general, a medida que los modelos buscan aumentar el puntaje promedio PSU, los matriculados se trasladan a tramos superiores de puntaje PSU, siendo el modelo M1 (555) el que obtiene la mayor cantidad de matriculados para los tramos sobre 550 puntos.

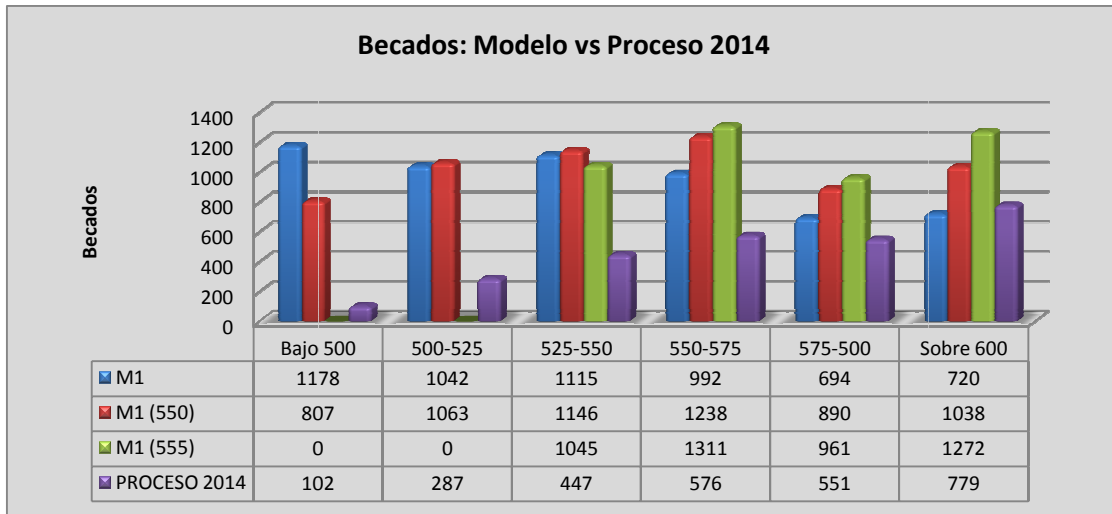


Figura 43. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becos por tramo PSU. Elaboración propia.

En la Figura 43, se observa el mismo efecto que en la figura interior pero con una distribución más radical respecto a la becas. El modelo M1 (555) no otorga becas a los primeros 2 tramos PSU, aumentando la cantidad de becos en tramos superiores a diferencia del modelo M1. En la Figura 44, sobre el gasto total en becas, se aprecia el mismo resultado.

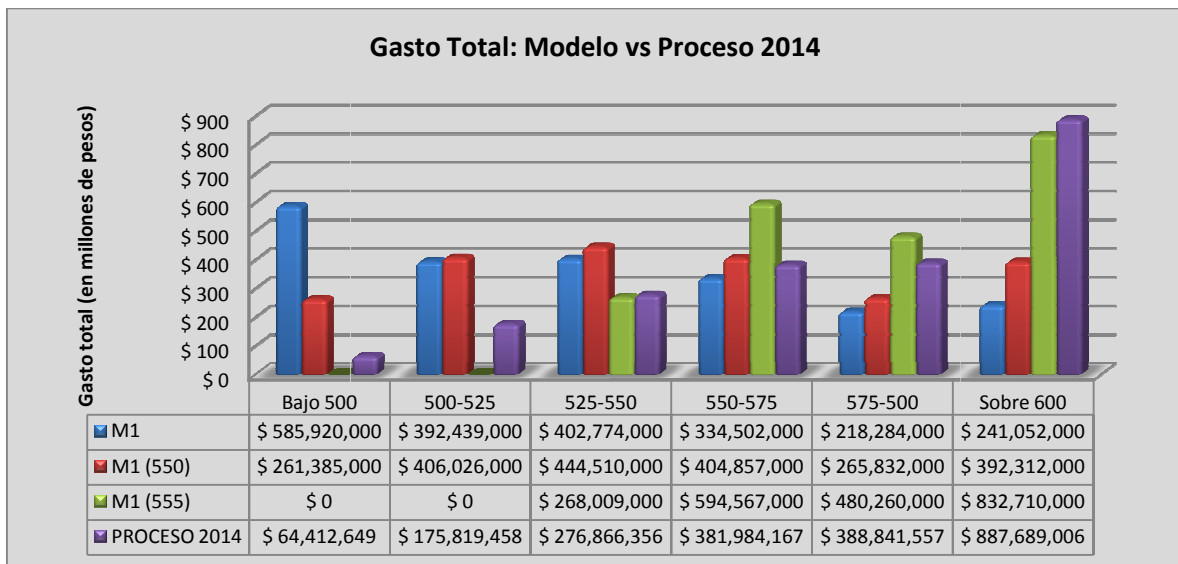


Figura 44. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total por tramo PSU. Elaboración propia.

Respecto a la distribución del gasto, en la Figura 45, se observa como el modelo M1 (555), aumenta el porcentaje de gasto a medida que aumenta el tramo PSU, superando a la situación actual para puntajes entre 550 y 600 puntos.

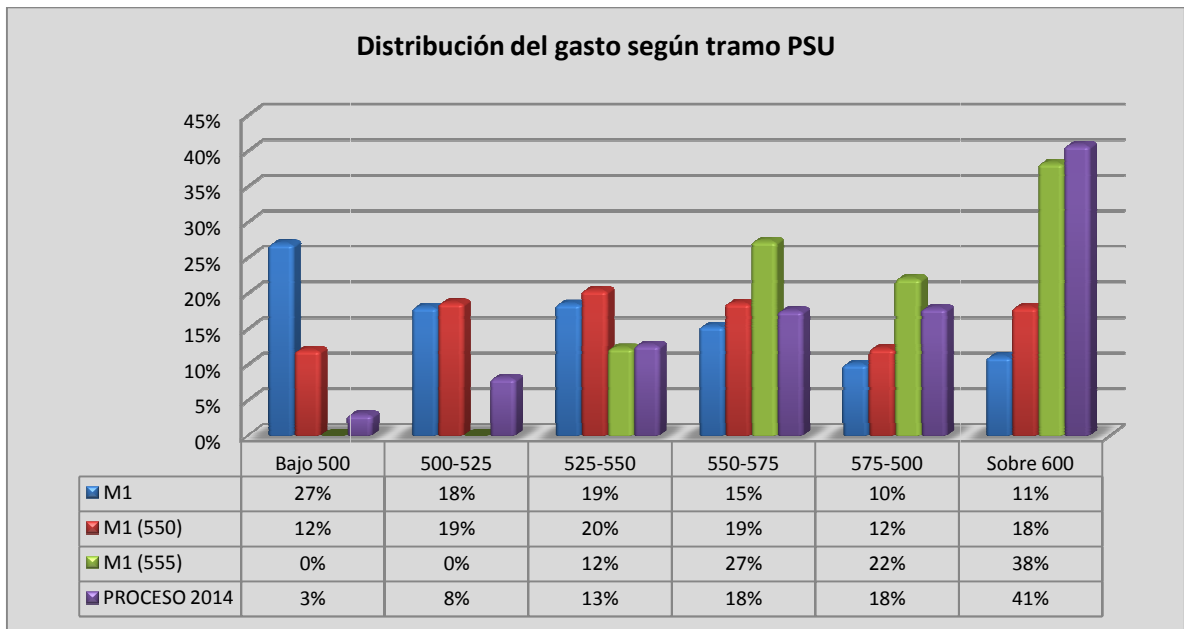


Figura 45. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto por tramo PSU. Elaboración propia.

Respecto a la beca promedio, en la Figura 46, se aprecia como el modelo M1 a medida que aumenta el tramo PSU, disminuye la beca promedio, a diferencia del modelo M1 (550) que aumenta la beca promedio.

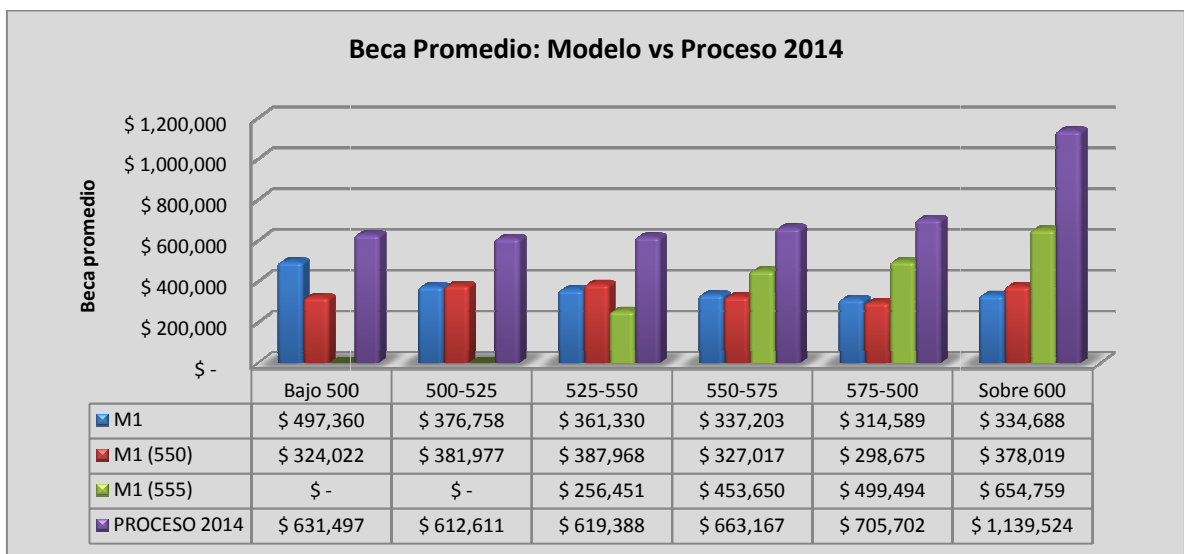


Figura 46. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio por tramo PSU. Elaboración propia.

Sobre el porcentaje de becados, en la Figura 47, se observa que todos los modelos becan entre un 66% y 80% de estudiantes para los tramos en que existen becados, a diferencia de la situación actual donde el efecto es más progresivo, aumentando a medida que aumenta el tramo PSU.

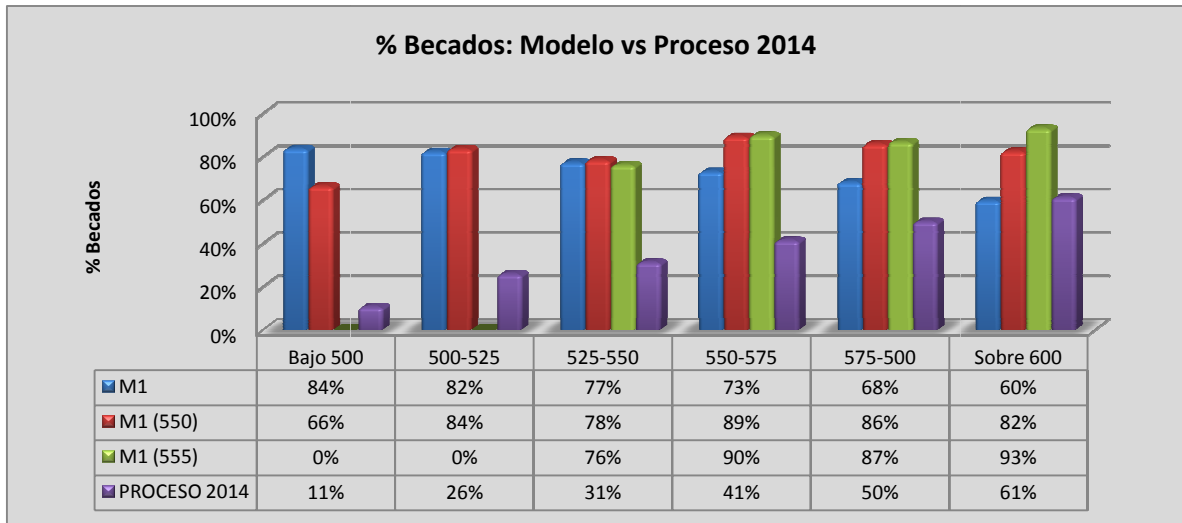


Figura 47. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de beca por tramo PSU. Elaboración propia.

La conversión, en la Figura 48, muestra un sostenido crecimiento a medida que aumenta el tramo PSU para todos los modelos y la situación actual. Se destaca que el modelo M1 y M1 (550) tienen mejor conversión en tramos de PSU bajo y M1 (555) en tramos de PSU altos.

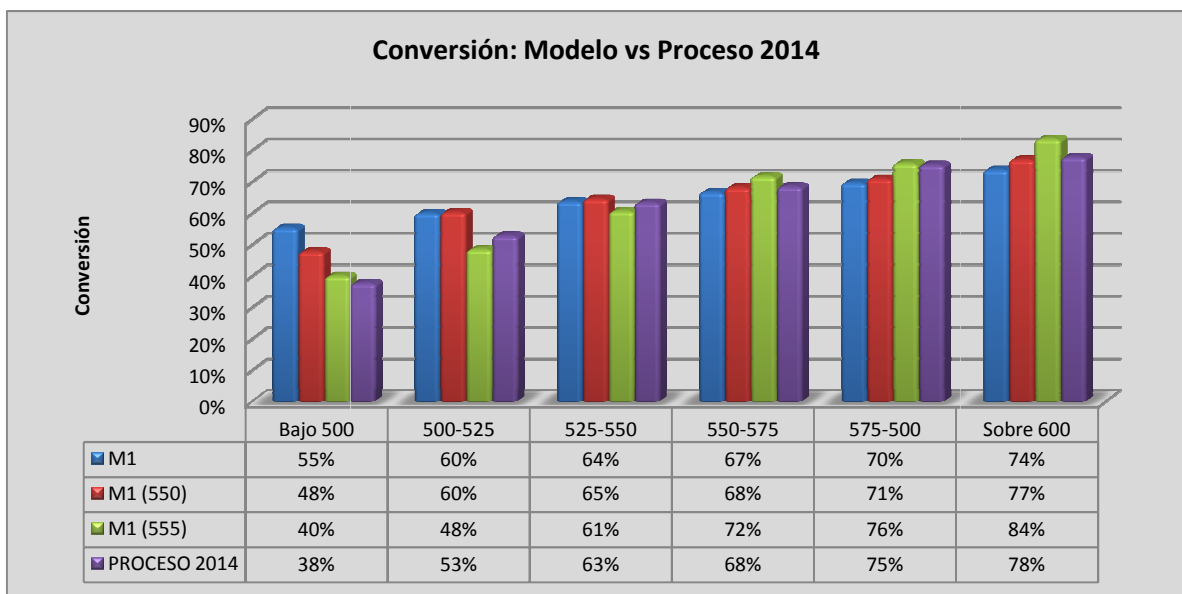


Figura 48. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingresos por tramo PSU. Elaboración propia.

Finalmente, respecto a los ingresos generados con los matriculados, se aprecia en la Figura 49, que el modelo M1 recibe más ingresos en el tramo más alto y bajo de PSU respecto a la situación actual. Este efecto se observa también en los modelo M1 (550) y M1 (555) pero progresivamente más suavizado.

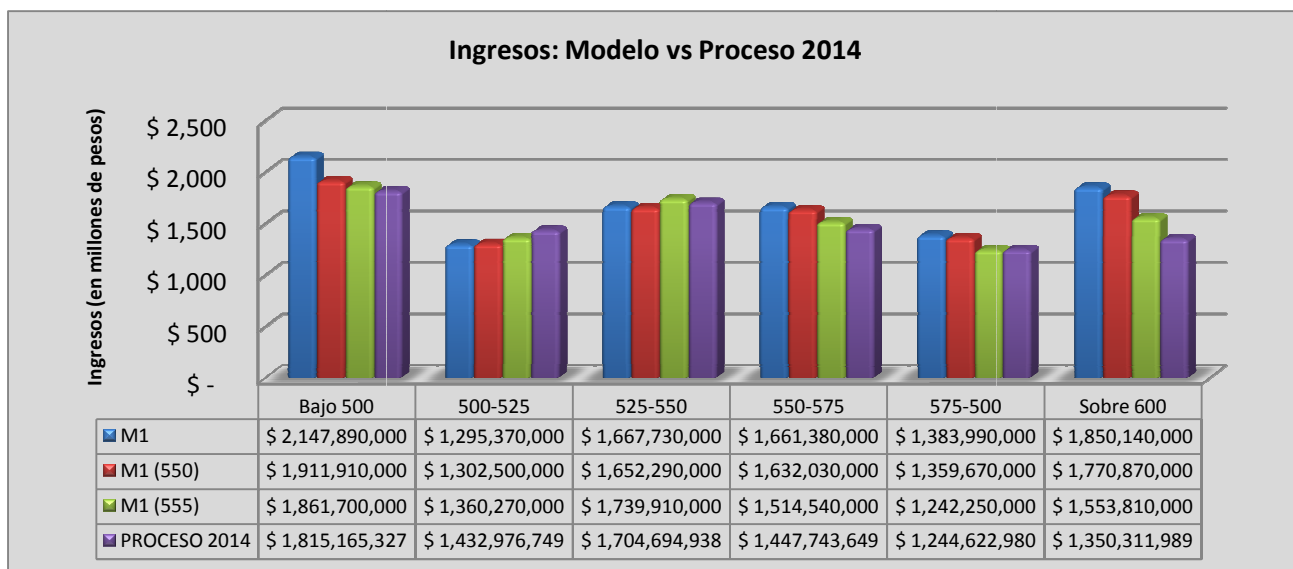


Figura 49. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión por tramo PSU. Elaboración propia.

Respecto a este primer análisis se concluye lo siguiente:

1. El modelo M1, sin restricción sobre el puntaje mínimo PSU, entrega el doble de la cantidad de becas que la situación actual, otorgando una beca promedio de \$378.000 a diferencia de los \$793.000 de la situación actual.
2. Sobre el modelo M1, el mayor gasto se realiza en el clúster “Ocupados” (58%) y se disminuye en los clústers “Masivo” y “Alta Conversión”.
3. Como resultado de esta reasignación de recursos, la conversión en el clúster “Ocupado” aumenta en un 8%, aumentando la tasa de ocupación en 12%, en desmedro del clúster “Alta Conversión” el que disminuye la conversión y tasa de ocupación en 7%.
4. Respecto a cambios en el clúster “Masivo” su tasa de ocupación disminuye en 2%.
5. Tomando en cuenta los resultados del modelo de propensión a la matrícula de los estudiantes con CAE, quienes representan el 70% de los estudiantes incluidos en el análisis, respecto a la variable “Porcentaje de descuento sobre arancel-clúster programa-segmento PSU” se obtuvo que no existían mayores diferencias en los beneficios.

6. Las diferencias en los beneficios de la matriz tridimensional vienen dados por el clúster al que pertenece el estudiante. Teniendo en cuenta que el clúster “Ocupados” tiene menor beneficio que los clústers “Masivo” y “Alta conversión” y considerando también que el clúster “Ocupados” tiene la mayor cantidad de convocados y en promedio tiene programas menos costosos que los otros dos clústers mencionados se justifica que el modelo M1 entregue las becas a ese clúster.
7. En resumen la reasignación de recursos para el modelo M1 viene dado porque, otorgar una beca al clúster “Ocupados” en promedio es menos costosa, posee una gran masa de convocados y posee un menor beneficio que los clústers “Alta Conversión” y “Masivo”, por lo que el incremento en la utilidad del individuo, al otorgar la beca, a pesar de que el beneficio es idéntico para cada clúster de estudiantes con CAE, es mayor, bajo el supuesto que los efectos globales para este análisis son parecidos al de los estudiantes con CAE.
8. Por otro lado, el modelo M1, aumenta los recursos en el clúster “Baja Conversión” ya que el incremento en la utilidad para esos estudiantes al otorgar beca, es mayor que en cualquier otro clúster, sólo por el hecho de pertenecer a ese grupo.
9. Como el modelo M1 captura la mayor cantidad de estudiantes, es susceptible a matricular alumnos con menor puntaje PSU a diferencia del modelo M1 (555), el que tiene indicadores más cercanos a la situación actual, pero manteniendo la tendencia de intentar otorgar una mayor cantidad del presupuesto al clúster “Ocupados” y becando a más estudiantes con una menor cantidad de monto de beneficio.
10. Respecto a la variable PSU, se observa que el modelo M1 entrega un mayor cantidad de recursos al tramo “Bajo 500”, becando al 80% de los estudiantes, obteniendo la mayor cantidad de matriculados.
11. Se concluye que la asignación viene dada porque ese tramo PSU posee la mayor cantidad de estudiantes. Por otra parte existe correlación positiva entre el ingreso per cápita, arancel de programa respecto al puntaje PSU, por lo que es esperable que el modelo intente matricular este perfil de estudiantes por el costo/beneficio (menos recursos, más matrícula).
12. Sobre el modelo M1 (555), se destaca que cumple su objetivo de matricular estudiantes de tramos PSU más altos, teniendo que ocupar mayores recursos en esos tramos, lo que se asemeja a la situación actual.
13. Finalmente la reasignación de recursos se traduce en obtener alrededor de \$1.000 millones de pesos más, para el modelo M1, respecto a la situación actual.
14. Así, basado en este primer análisis, se destaca que la optimización de la oferta de becas en la institución de estudio puede generar recursos que podrían ser utilizados para mejorar la infraestructura, remuneraciones, o presupuesto para becas de la universidad.

12.4.2 Resultados sobre estudiantes con CAE

Indicadores respecto al porcentaje de descuento sobre el copago

En la Figura 50, se observa que en la situación actual el número de convocados sin descuento es de sobre 6000 estudiantes y al menos doblando en cantidad respecto a los modelos. El modelo M1 y M1 (555) convoca la mayor cantidad de estudiantes con un 17% de becas y el modelo M1 (550) con 9%.

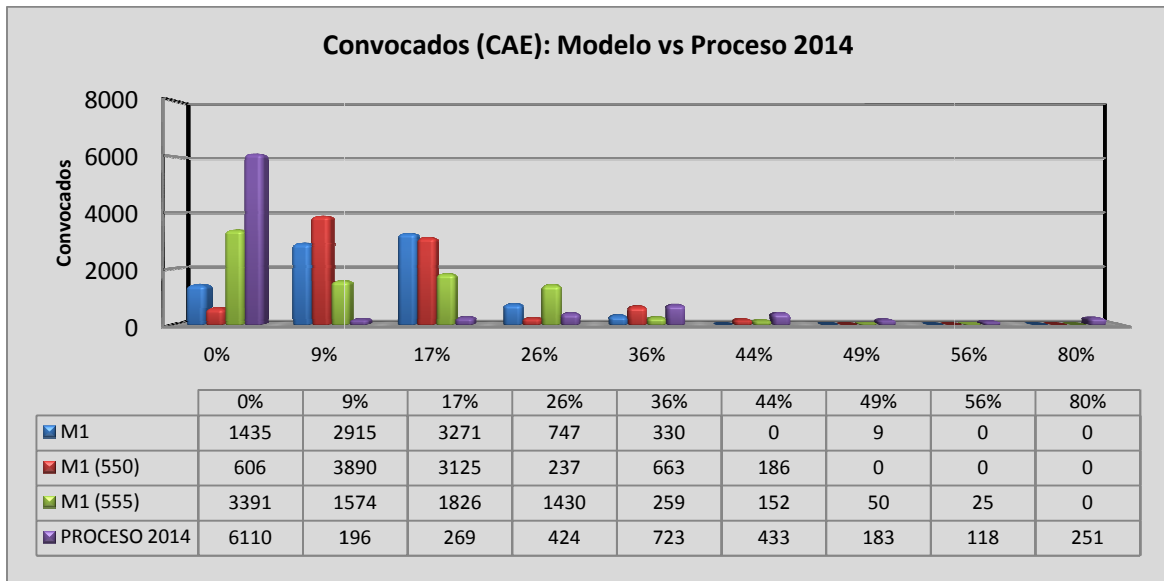


Figura 50. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable convocados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

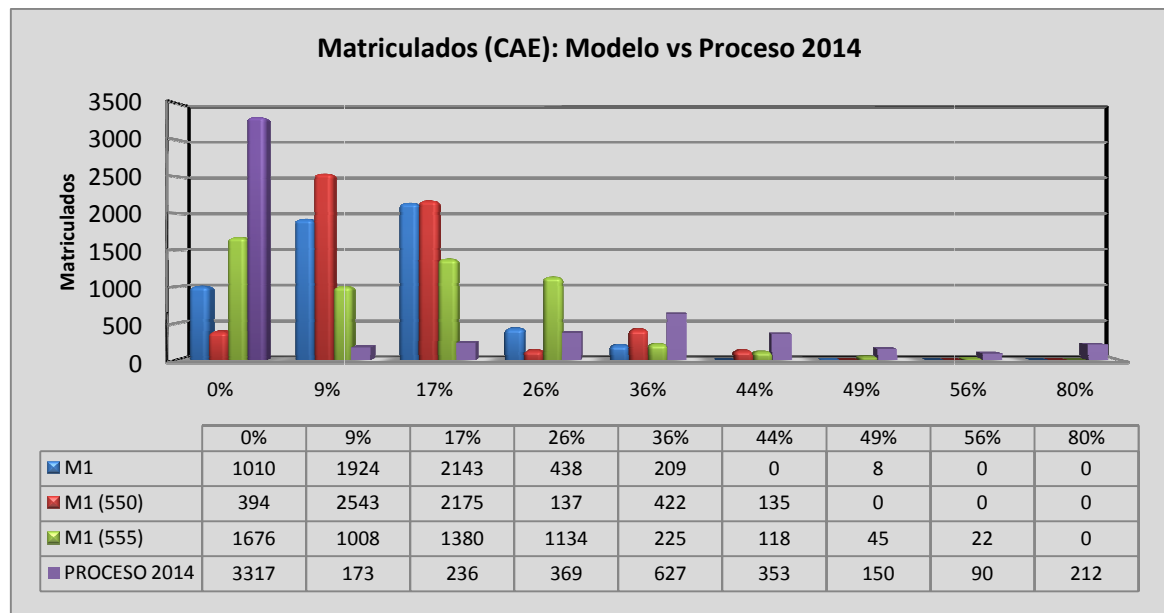


Figura 51. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Respecto a los matriculados, en la Figura 51, se observa el mismo fenómeno que para los convocados. En la situación actual, para los becados con CAE, la mayor cantidad de becados se observa para el descuento de 36%, lo que concuerda con la mayor cantidad gasto, en la Figura 52.

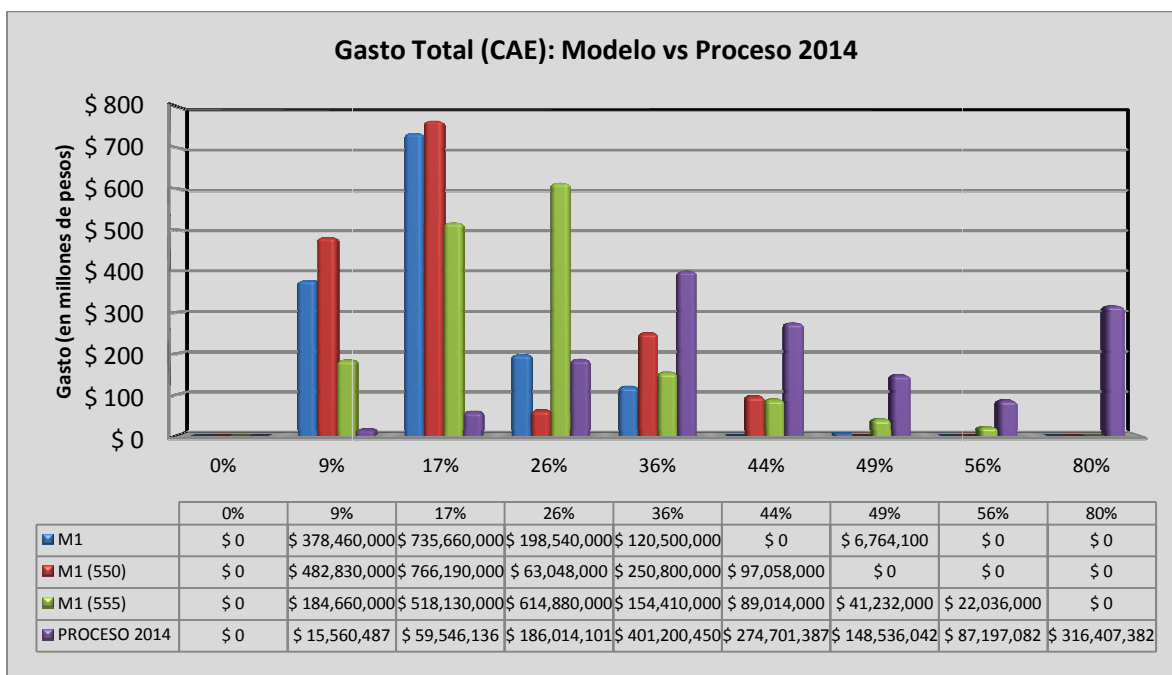


Figura 52. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Otro aspecto fundamental que se observa en la situación actual es la cantidad de gasto que se realiza en becas del 80% y la baja cantidad de matriculados que obtiene para el mismo tramo de descuento a diferencia de los modelos quienes distribuyen el gasto para descuentos más bajos matriculando más estudiantes.

Esto viene condicionado por la cantidad de convocados que tiene cada tramo de descuentos. Por otra parte respecto a la beca promedio, en la Figura 53, se aprecia que para cada uno de los tramos de los modelos en que efectivamente existen becados, la beca promedio es similar a la situación actual.

Existe una pequeña diferencia, para tramos de descuentos sobre el copago más bajos en la que a medida que se aumenta el porcentaje de descuento, la diferencia, se acorta.

Por tanto, en términos de beca promedio respecto a los tramos de descuento no se observan mayores diferencias. La variación ocurre en la distribución del gasto según el tramo de descuento.

En la Figura 54, se observa que el modelo M1 (555) obtiene mejores puntajes promedio PSU a medida que aumenta el porcentaje de descuento a diferencia de los otros modelos y la situación actual en que se aprecian patrones.

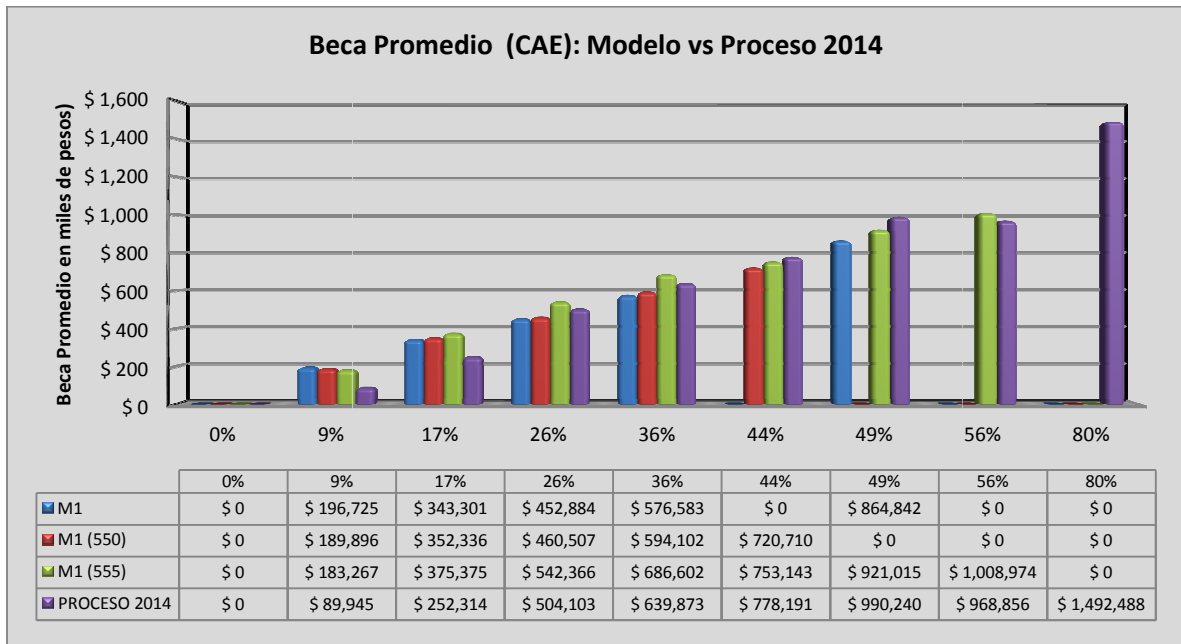


Figura 53. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

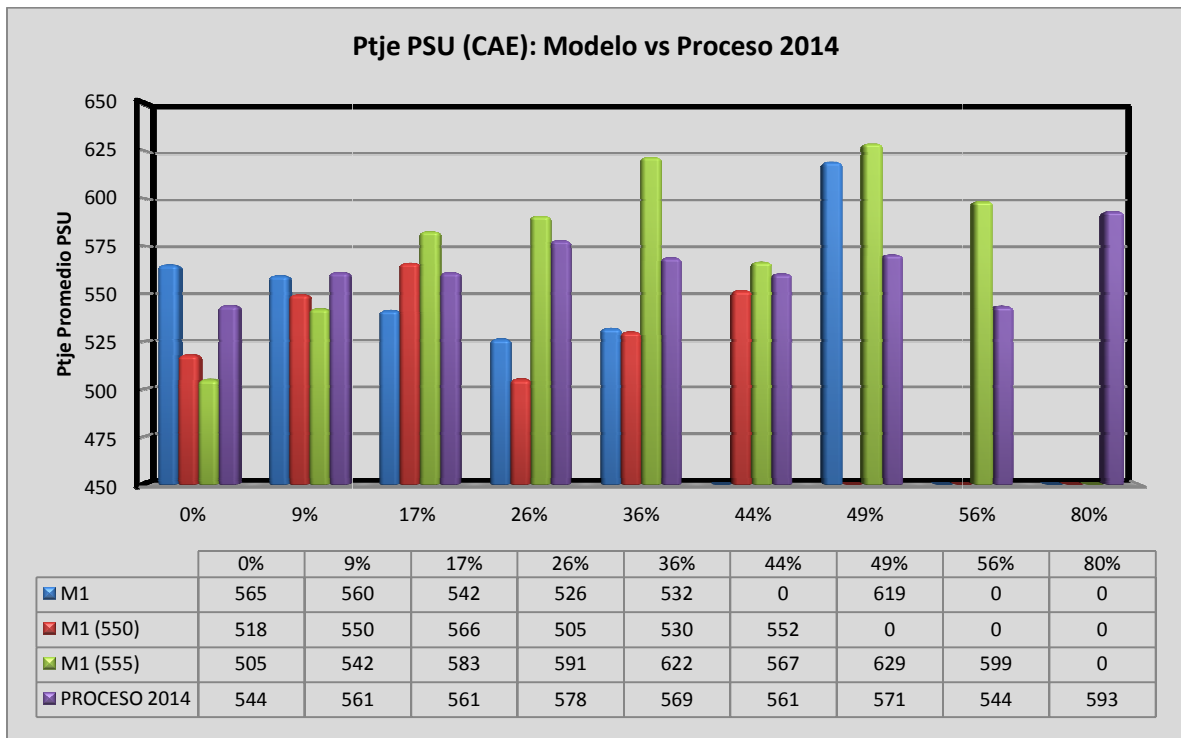


Figura 54. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Respecto a la conversión el modelo M1 (555) obtiene mayor conversión a medida que aumenta el porcentaje descuento. En los otros modelos no ser observa patrones claros. Sobre la situación se aprecia que la conversión es plana a medida que aumenta el porcentaje de descuento.

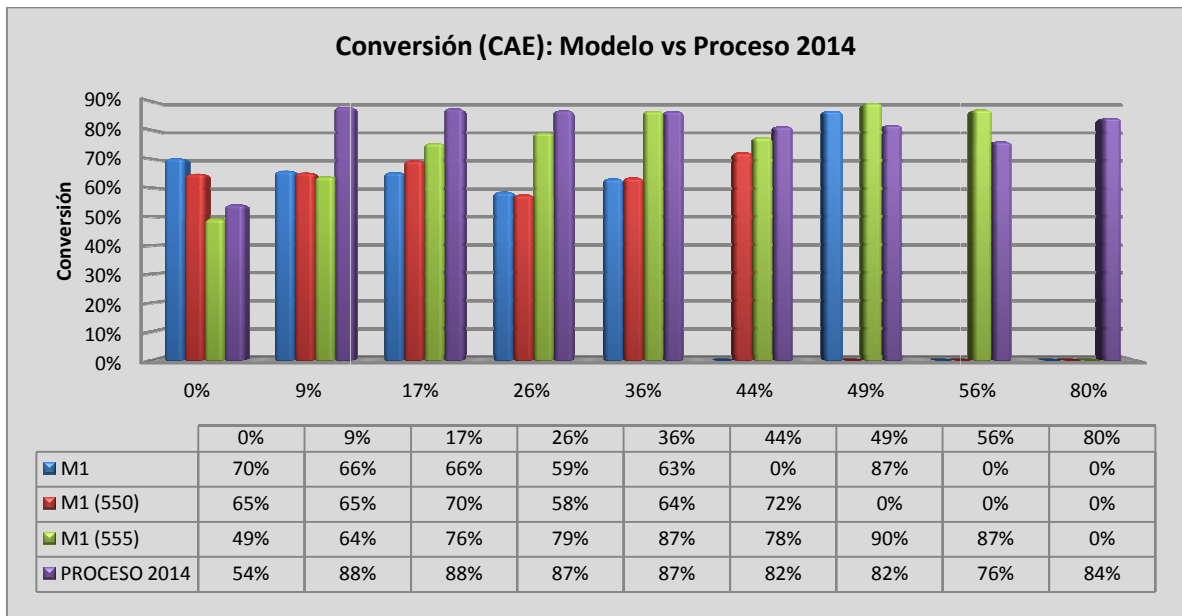


Figura 55. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Sobre la distribución del gasto en becas, se aprecia que el modelo M1 y M1 (550) gasta la mayor parte de los recursos en el descuento del 17% a diferencia del modelo M1 (555) que lo gasta en el descuento de 36%.

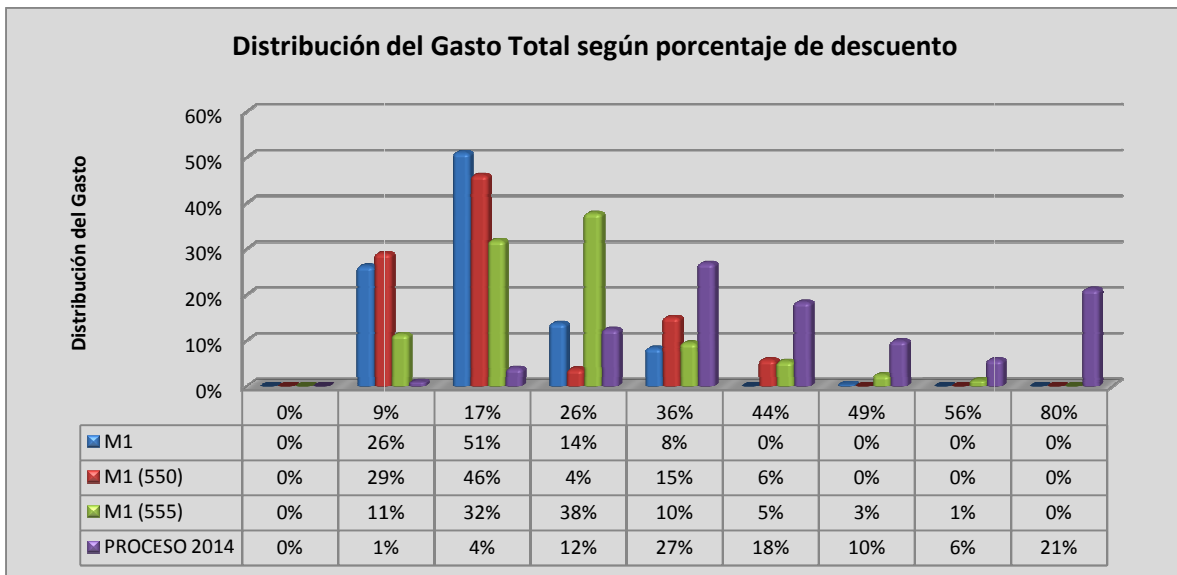


Figura 56. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Finalmente se concluye lo siguiente:

1. Los modelos toman el gasto que se distribuía en porcentajes de descuentos altos (sobre 44%) y lo distribuyen a los porcentajes de descuentos inferiores.
2. Por otra parte, existe un traspaso de recursos a estudiantes que respecto a la situación actual no tenían beca, convocando una gran cantidad de estudiantes entramos inferiores de descuentos.
3. Como resultado de la reasignación de recursos, se captura una mayor cantidad de estudiantes que antes no estaban dispuestos a matricularse porque no tenían ninguna oferta de beca.
4. El costo/beneficio en términos de matriculados es más eficiente en tramos inferiores de becas.
5. Para el modelo M1 se matriculan más de 1.000 estudiantes respecto a la situación actual con porcentajes de descuentos menores al 26%.

Indicadores respecto al clúster programa

En la Figura 57, se aprecia para el modelo M1 que la diferencia del número de matriculados radica en los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados”, con 85 y 145 estudiantes más que la situación actual disminuyendo en 80 estudiantes para el clúster “Alta Conversión”.

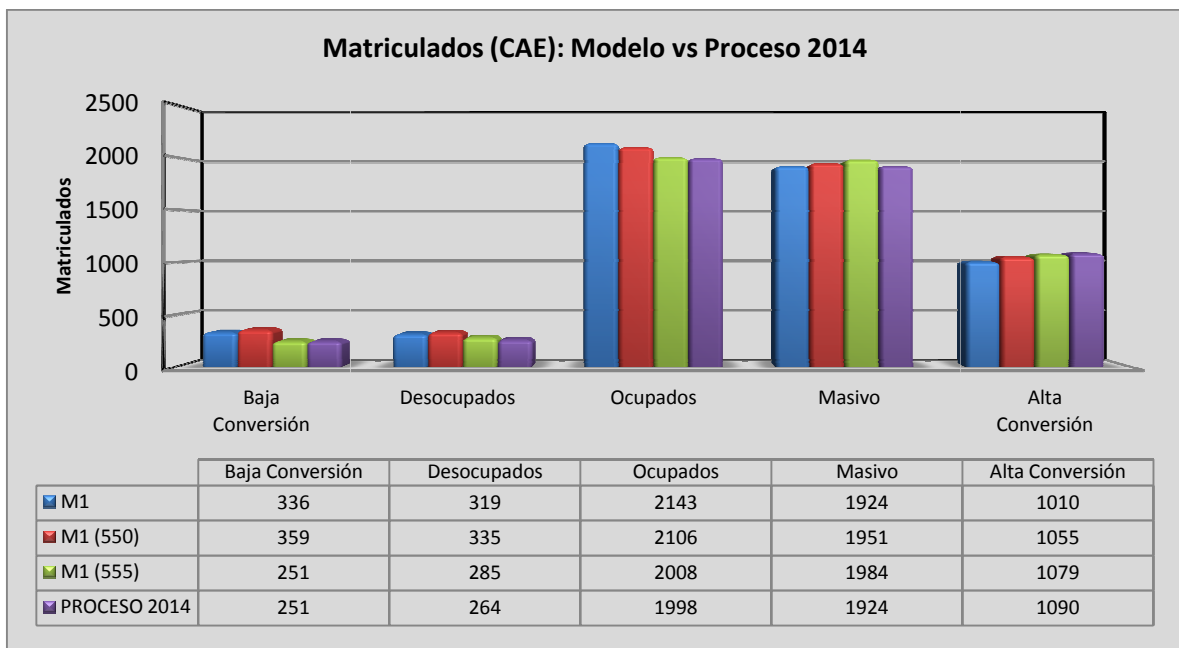


Figura 57. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

En la Figura 58, se observa un alto número de becados para los modelos M1 (550) y M1 en los clústers “Ocupados” y “Masivo”. Sobre el gasto, se aprecia el mismo fenómeno en la Figura 59.

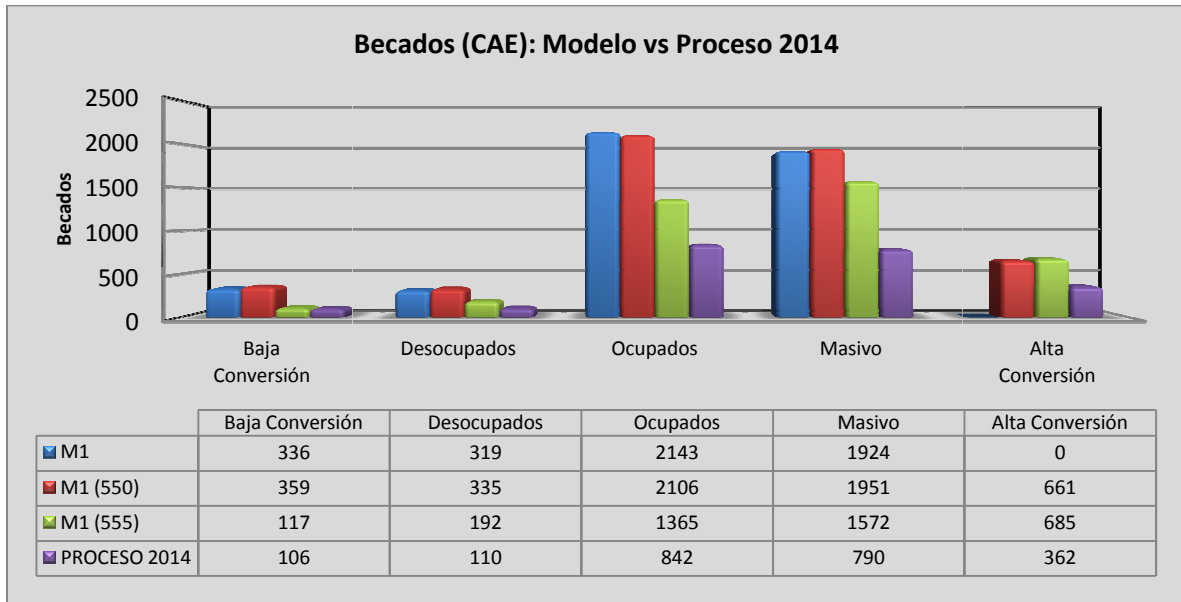


Figura 58. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

En la Figura 60, se observa que para los modelos M1 y M1 (550) la beca promedio es más alta para los clúster “Baja Conversión” y “Desocupados” respecto a los otros clústers.

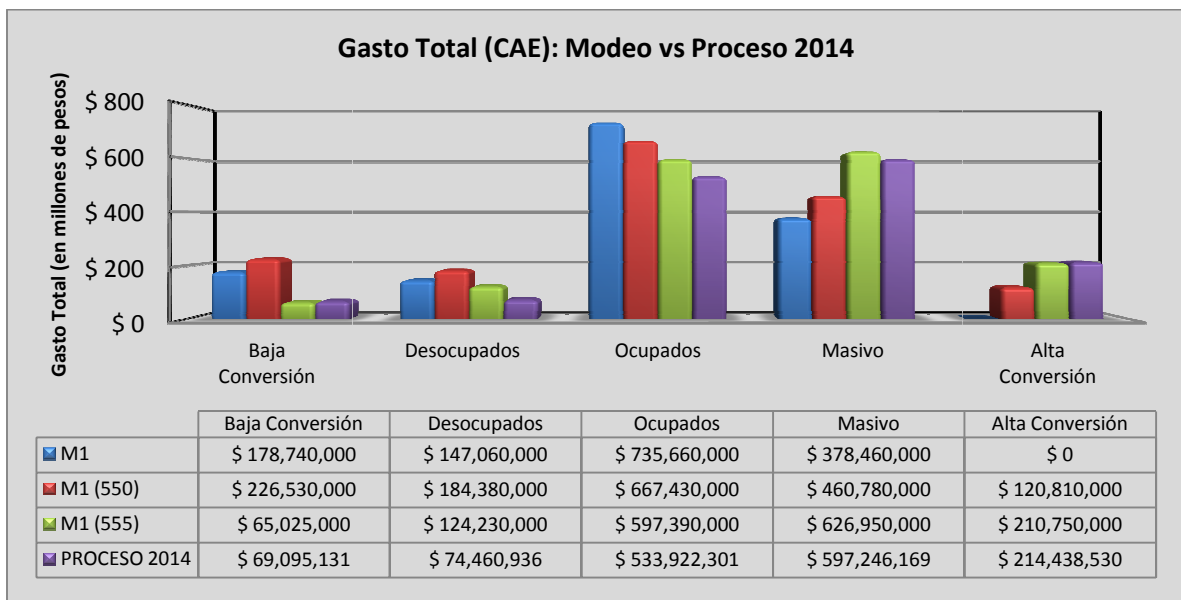


Figura 59. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Se destaca para el clúster “Masivo” sobre la situación actual, la beca promedio es la más alta respecto a los clústers, a diferencia de los modelos quienes disminuyen la beca promedio para ese grupo de programas obteniendo una cantidad de matriculados similar a la situación actual.

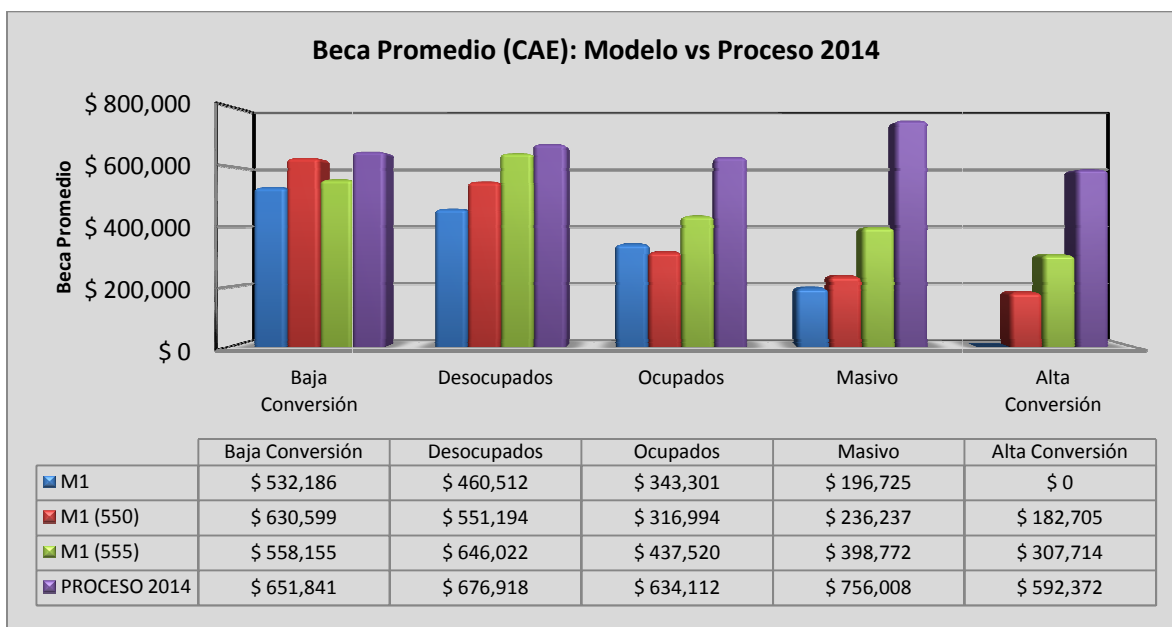


Figura 60. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

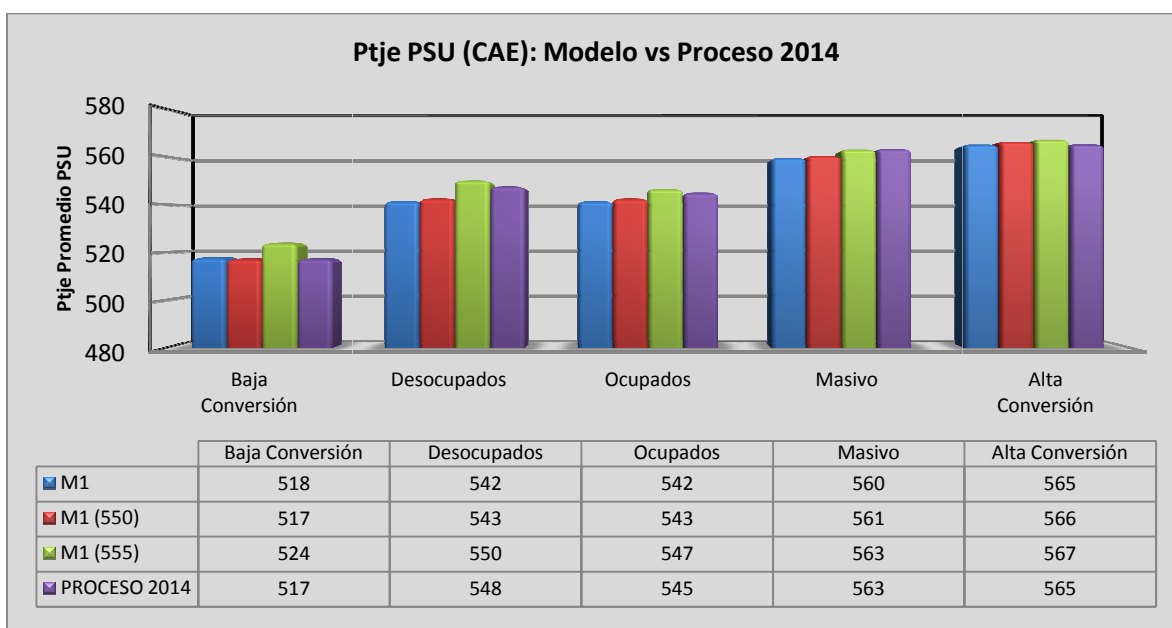


Figura 61. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

En la Figura 61, se destaca que el modelo M1 (555) obtiene mayores puntajes promedio para todos los clústers respecto a la situación actual y los otros modelos, con énfasis en los clústers “Baja Conversión” y “Desocupados”.

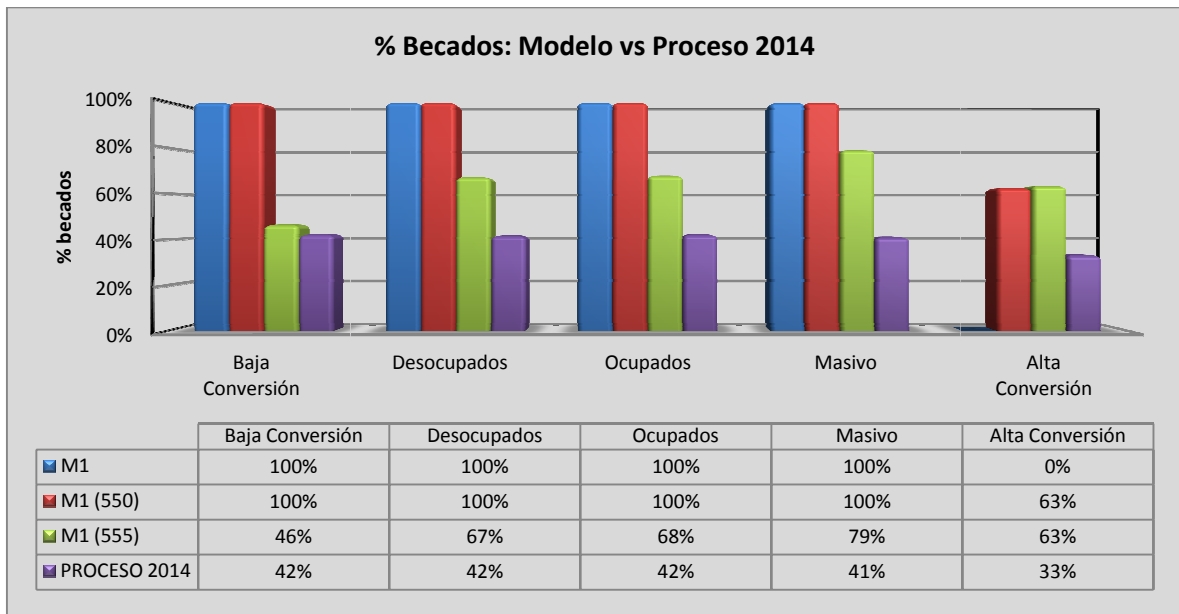


Figura 62. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

En la Figura 62, para los modelos M1 y M1 (550) se beca a todos los estudiantes excepto para el clúster “Alta Conversión”. Sobre el modelo M1 (555), a medida que varía el clúster (ordenados de menor a mayor conversión) aumenta el porcentaje de becados excepto para el clúster “Alta Conversión”.

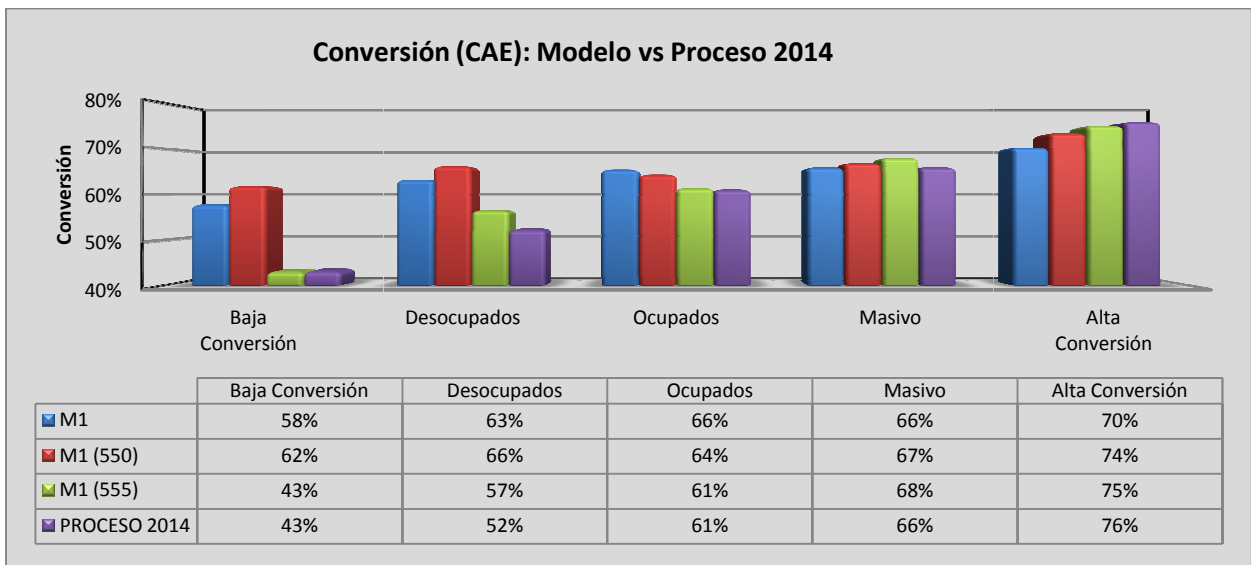


Figura 63. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Respecto a la conversión, en la Figura 63, para el modelo M1 y M1 (550) logran aumentar la conversión respecto a la situación actual en 20 puntos porcentuales para los clústers “Baja Conversión” y “Desocupados” y disminuyen la conversión en el clúster “Alta Conversión” 6 y 2 puntos porcentuales.

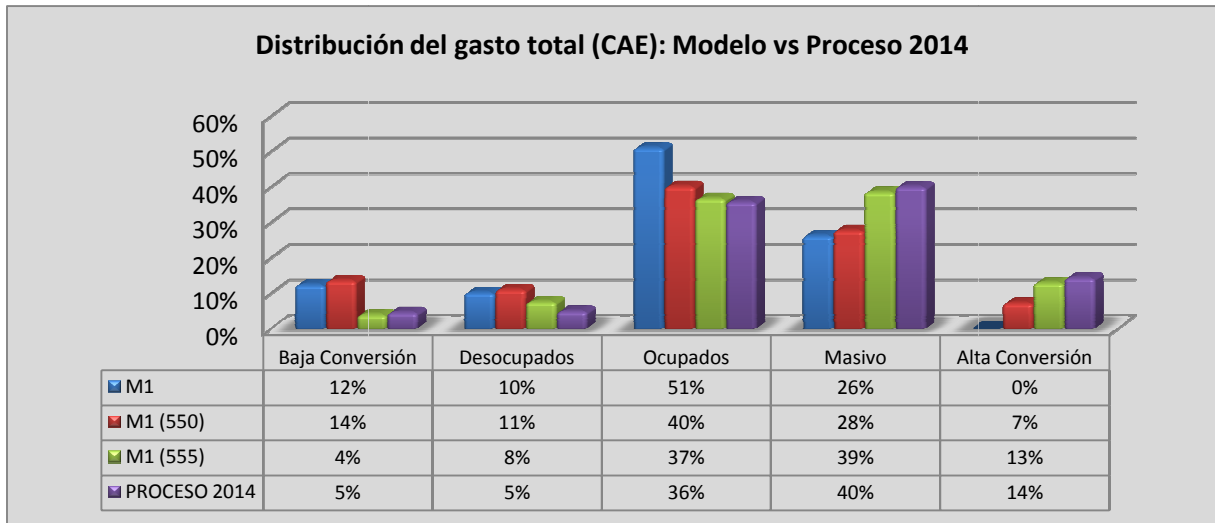


Figura 64. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Para el modelo M1, no existe gasto en el clúster “Alta Conversión” y distribuye los recursos en el clúster “Ocupados”, disminuyendo el gasto en el clúster “Masivo”. Por otra parte aumenta el gasto en el clúster “Baja Conversión” respecto a la situación actual el modelo M1 (555).

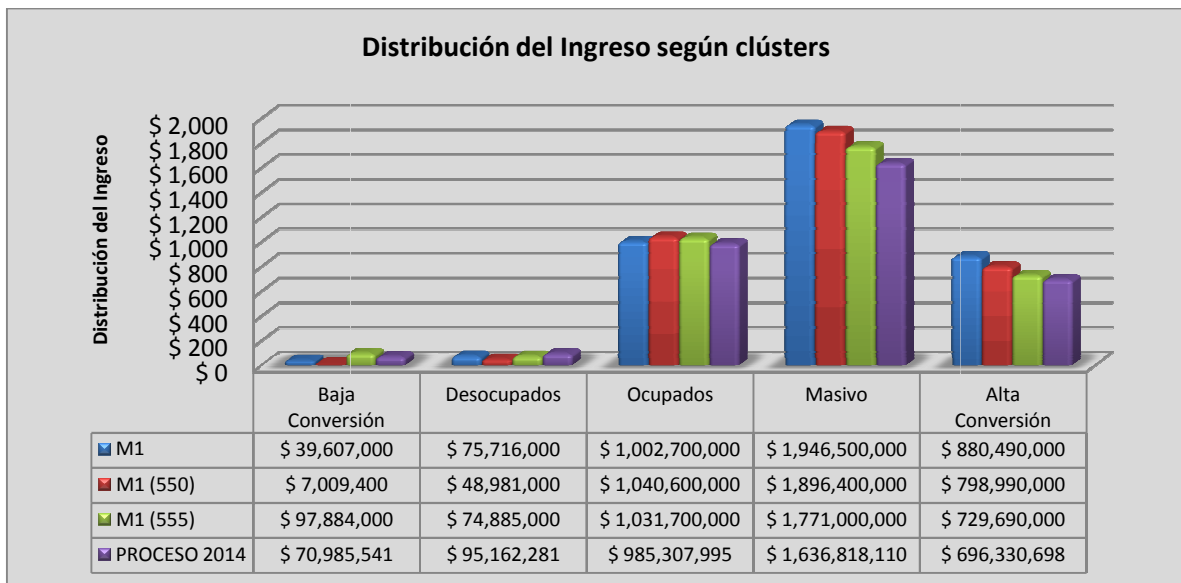


Figura 65. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

En el modelo M1 y M1 (550), el aumento de los ingresos provienen del clúster “Masivo” y “Alta Conversión”.

Se concluye que:

1. El modelo M1 entrega mayor cantidad de recursos a los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados” obteniendo mayor cantidad de matriculados en esos grupos de estudiantes sin perjudicar al clúster “Masivo” y perdiendo estudiantes del grupo “Alta conversión” pero obteniendo un resultado neto positivo.
2. Como se sostuvo, en el primer análisis general de los modelos, existe una mayor cantidad de convocados en el clúster “Ocupados” respecto al clúster “Masivo” (346 estudiantes más).
3. Los programas del clúster “Ocupados” son en promedio menos costosos que los del clúster “Masivo”.
4. Según el modelo de propensión a la matrícula sobre estudiantes con CAE, no existe mayor diferencia en el parámetros relacionado con la variable construida para el porcentaje de descuento sobre el arancel real, lo que incluye una diferenciación respecto al clúster programa.
5. La diferencia de los beneficios sobre la utilidad, sobre el individuo promedio, viene dada por el clúster al que postula el estudiante. Como el clúster “Ocupados” tiene menor beneficio que el parámetro del beneficio del clúster “Masivo” sumado a los puntos anteriores y que el objetivo del modelo M1 es matricular más estudiantes, se obtiene los resultados descritos en el análisis.
6. Se destaca que al clúster “Masivo” se le pueden sacar recursos sin sufrir grandes pérdidas de estudiantes. Se presume poca sensibilidad respecto a las becas.
7. Respecto al clúster “Baja conversión”, se aumentan los recursos logrando un aumento de 20 puntos en la conversión. En términos de matriculados, no corresponden a una gran cantidad, pero el modelo le asigna recursos porque es el clúster que puede incrementar más su propensión respecto a los otros.
8. Así, el clúster “Alta Conversión” es aquel que tiene un menor incremento en matriculados al asignarle más recursos, por lo que el modelo M1, le quita recursos, no así el modelo M1 (555) quien le asigna más presupuesto, pero menos que la situación actual.

Indicadores respecto al tramo PSU

En la Figura 66, se aprecia que el modelo M1 (555) posee la mayor cantidad de matriculados para los tramos PSU sobre 550 puntos, a diferencia de los modelos M1 y M1 (550) quienes matriculan más estudiantes bajo los 550 puntos.

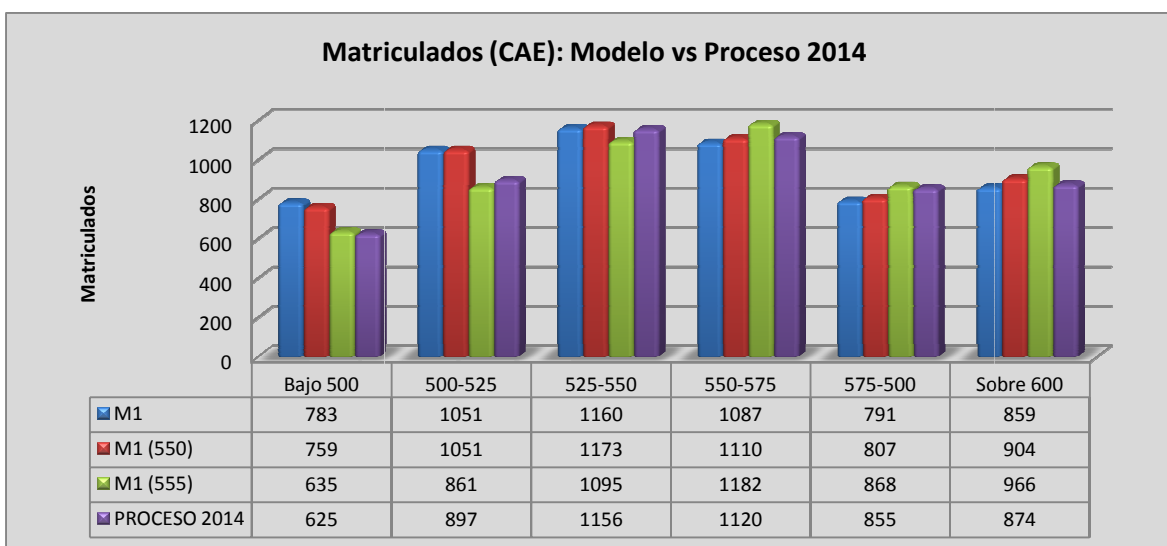


Figura 66. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Respecto al número al número de becados se observa en la Figura 67 que los modelo M1 y M1 (550) concentran los beneficios en los tramos bajo 550 puntos a diferencia del modelo M1 (555) que beca a estudiantes por sobre 525 puntos. El otro punto relevante es el número de becas entregadas respecto a la situación actual la que al menos dobla en número en todos los tramos.

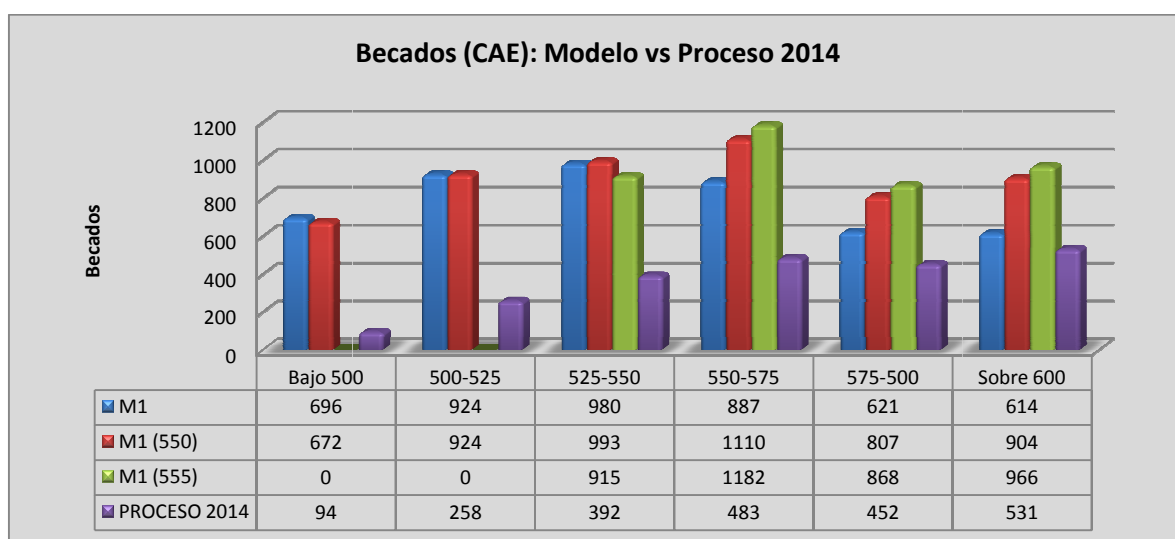


Figura 67. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

El gasto, para los modelos M1 se distribuye en mayor cantidad para los tramos menos a 525 puntos y luego desciende para tramos superiores a diferencia del modelo M1 (550) quien mantiene el gasto para los tramos superiores, excepto para el tramo entre 575 y 600 puntos.

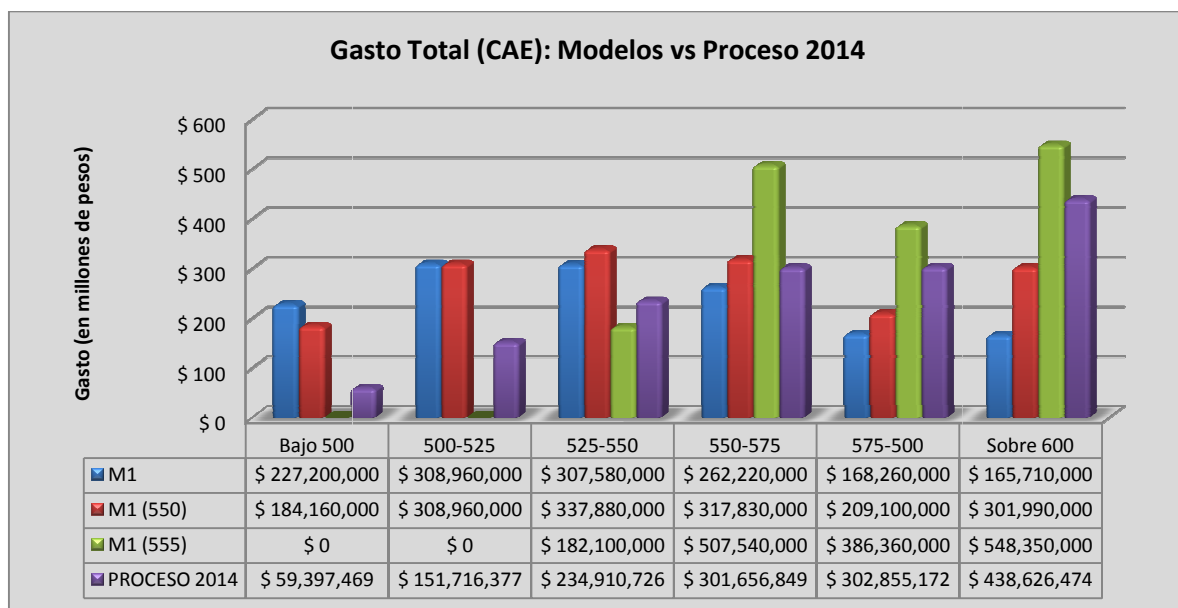


Figura 68. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Para el modelo M1 (555) el gasto es creciente a medida que aumenta el tramo PSU, excepto para el tramo PSU entre 575 y 600 puntos. No otorga becas bajo 525 puntos. Sobre la situación actual se observa un progresivo gasto a medida que aumenta el tramo PSU.

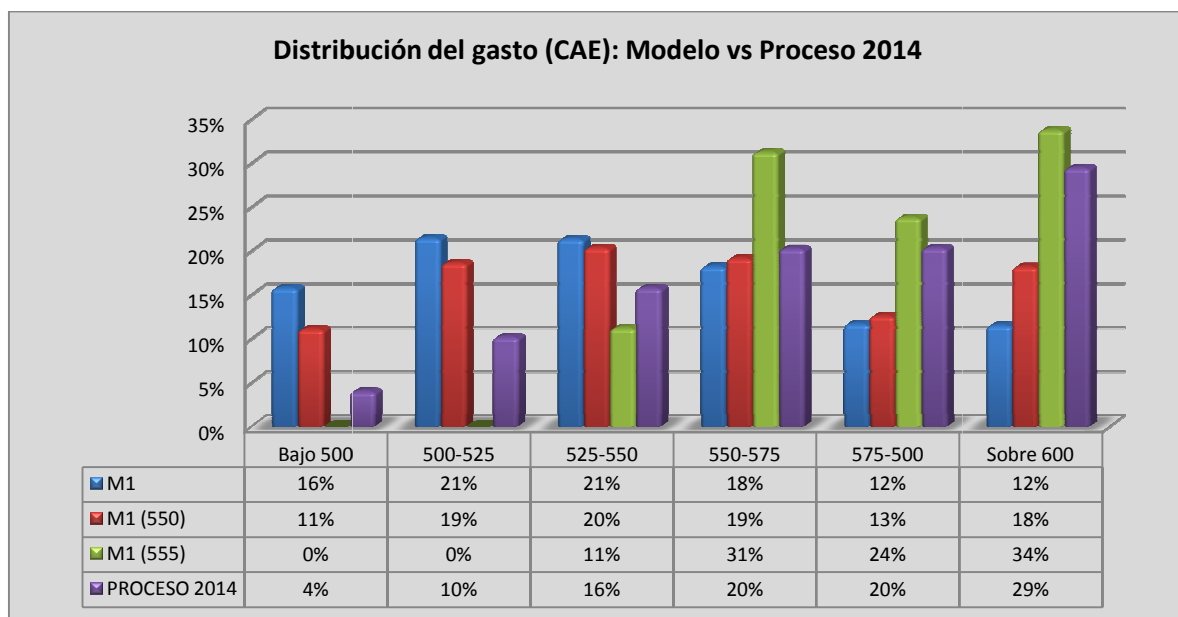


Figura 69. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Respecto a la beca promedio se destacan dos efectos importantes. La situación actual entrega el doble de beca promedio respecto a los modelos M1 y M1 (550) y a medida que aumenta el tramo PSU no sufre mayores variaciones, excepto para puntajes sobre 600 puntos.

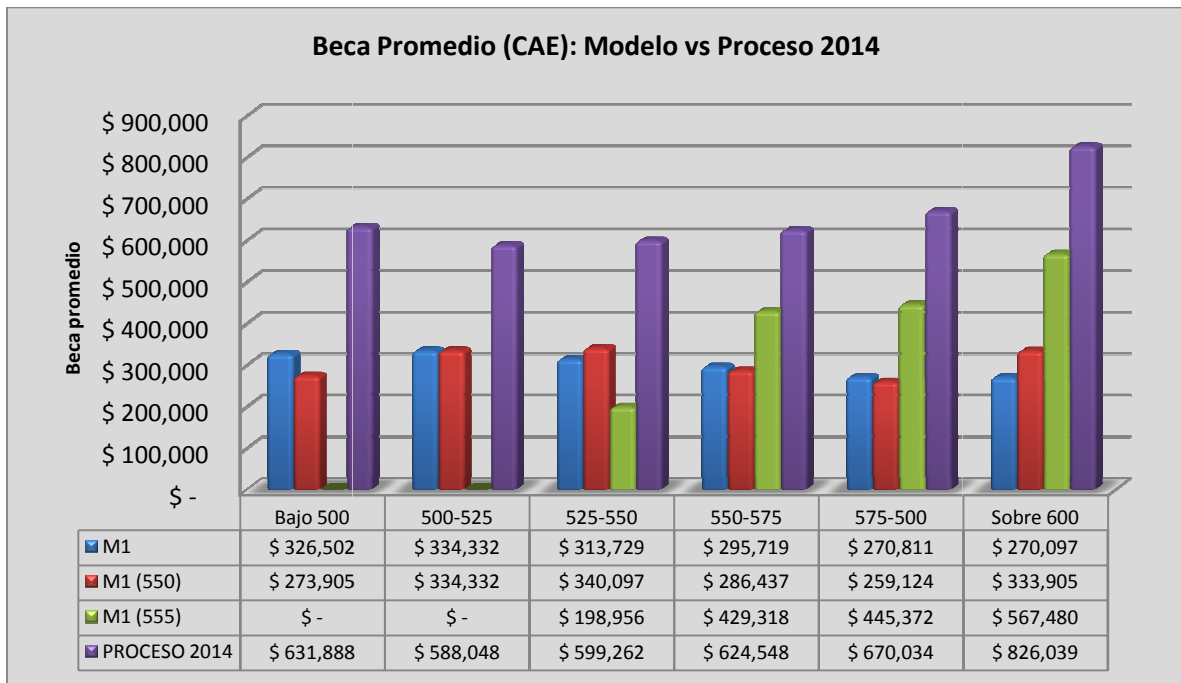


Figura 70. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Los modelos M1 y M1 (550) para todos los tramos PSU mantienen en términos generales la misma beca promedio para todos los tramos, a diferencia del modelo M1 (555) el que a medida que aumenta el puntaje entrega una mayor beca promedio.

Respecto al porcentaje de becados, el modelo M1 para tramos inferiores de PSU beca sobre el 89% de los estudiantes y va decreciendo hasta llegar al 71%, a diferencia del modelo M1 (550) que sobre 550 puntos aumenta el porcentaje de becados llegando al 100% al igual que el modelo M1 (555).

En el proceso de admisión 2014, se aprecia que a medida que aumenta el tramo PSU aumenta el porcentaje de estudiantes becados.

En términos generales los modelos becan a una mayor cantidad de personas pero con una beca promedio menor.

En la Figura 72, se observa la conversión de estudiantes con CAE, en que los modelos M1 y M1 (550) aumentan la conversión para tramos inferiores a 550 puntos. El modelo M1 (555) aumenta la conversión para tramos sobre 525 puntos. Todos los modelos e incluyendo la situación actual, aumentan la conversión a medida que aumenta el tramo PSU.

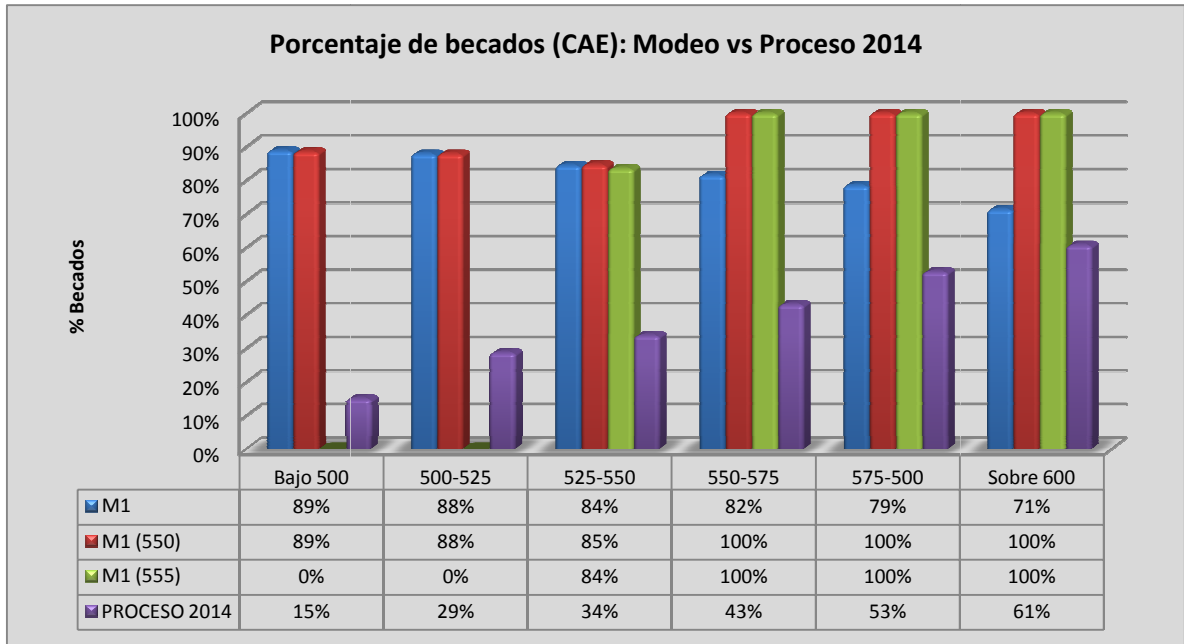


Figura 71. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

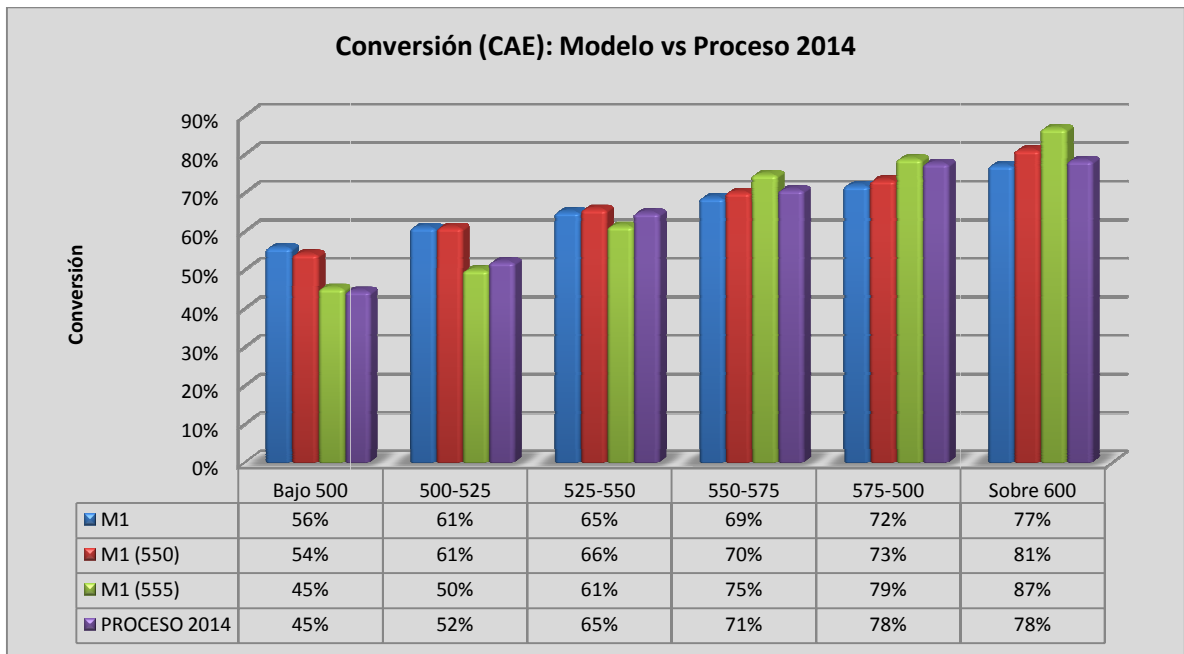


Figura 72. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Respecto a los ingresos, para los modelos M1 y M1 (550) se observa un incremento en los tramos superiores a 550 puntos respecto al modelo M1 (555) y situación actual. El modelo M1 (555) incrementa sus beneficios en los tramos entre 500 y 550 puntos.

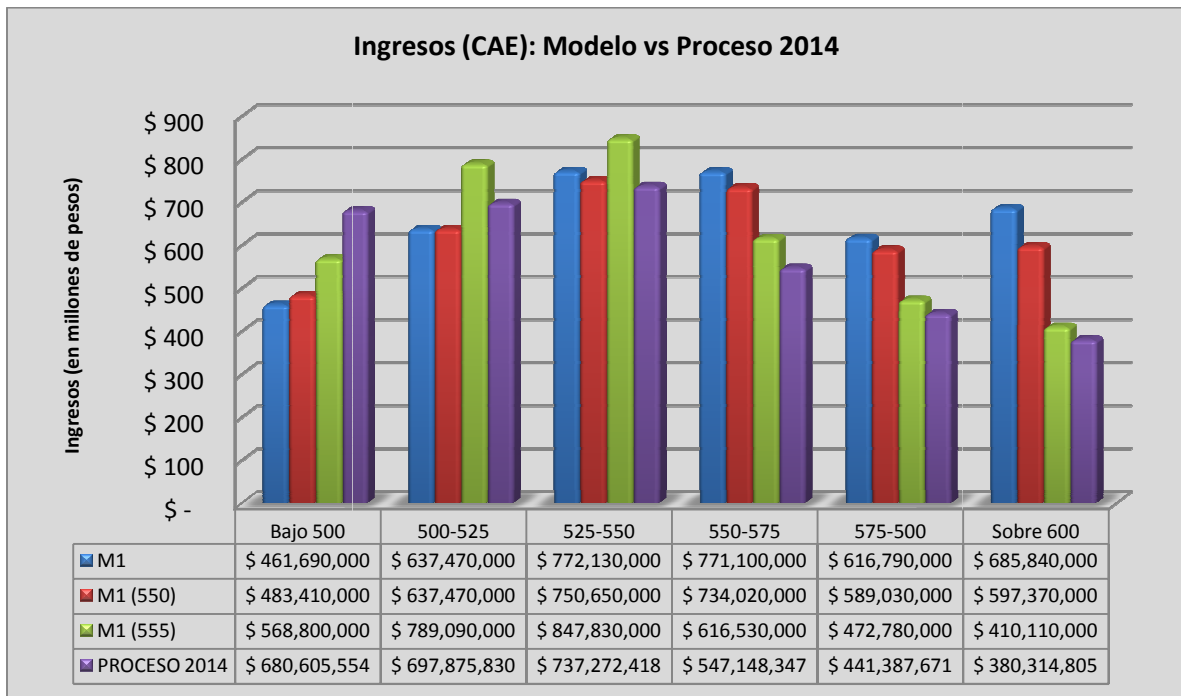


Figura 73. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el tramo PSU (CAE). Elaboración propia.

Se concluye lo siguiente:

1. El modelo M1 entrega una mayor cantidad de recursos a los tramos bajo 525 puntos, becando a alta cantidad de estudiantes respecto a la situación actual.
2. Dada la reasignación de recursos, en tramos inferiores de PSU, se matriculan sobre 200 estudiantes más.
3. Es por esto que en tramos inferiores a 525 puntos el ingreso disminuye por sobre la situación actual, pero se recupera en los tramos superiores a 575 puntos.
4. El efecto neto, en términos de ingresos es positivo ya que se sabe que la estructura de descuento de la situación actual beca con un porcentaje mayor a estudiantes con puntaje PSU más alto.
5. Sumado al efecto anterior, se tiene que el arancel real de las carreras más caras está correlacionado positivamente con el crecimiento del puntaje PSU.
6. En resumen, se traspasan recurso de tramos altos de PSU a bajos, en que el costo/beneficio es aprovechado con mayor eficiencia en términos de matrícula e ingresos, en tramos PSU bajo 525 puntos, con la consecuencia de bajar el puntaje promedio PSU.

12.4.3 Resultados sobre estudiantes sin CAE

Indicadores respecto al porcentaje de descuento sobre el copago

En la Figura 74, se aprecia que los modelos convocan estudiantes con descuento del 20%. El modelo M1 y M1 (550) doblan en convocados para este descuento respecto a la situación actual.

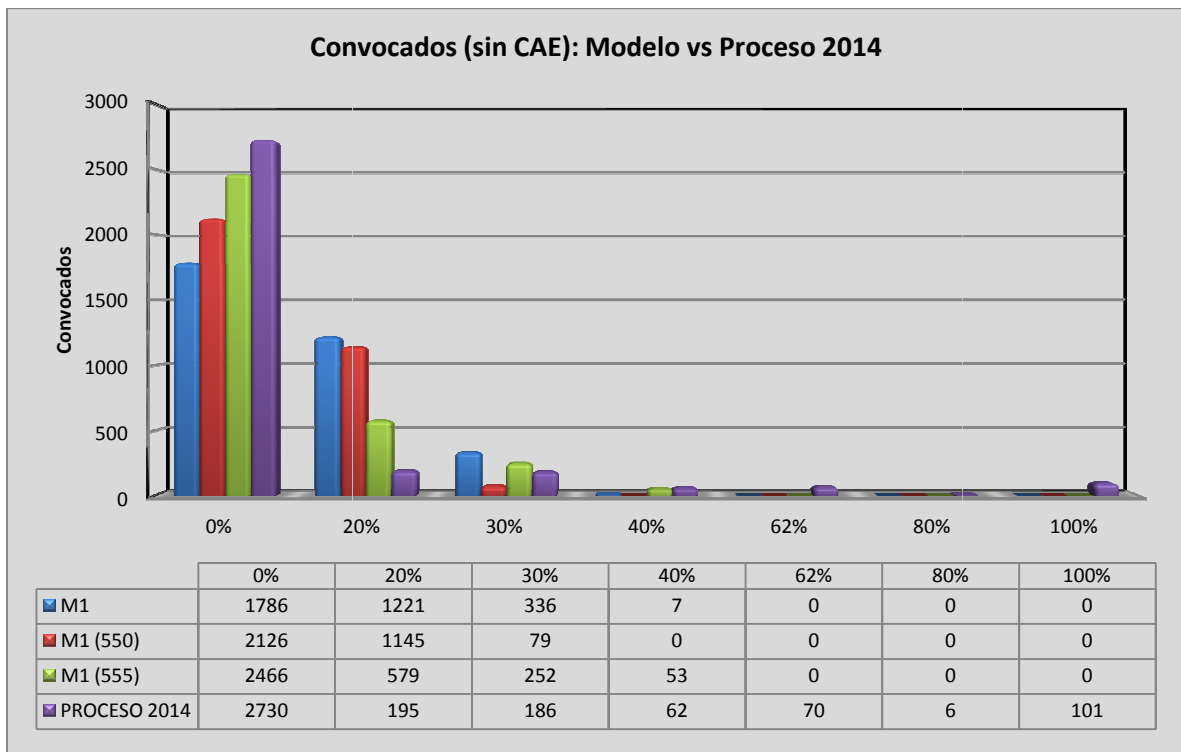


Figura 74. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable convocados según el porcentaje de descuento sobre el copago (CAE). Elaboración propia.

Sobre los matriculados, en la Figura 75, se observa que para el modelo M1 para descuentos menores o iguales a 30%, se matriculan más de 300 estudiantes respecto a la situación actual.

Se observa el mismo fenómeno que para estudiantes sin CAE, pero con un tipo de descuento diferente. Sobre el gasto en becas, en la Figura 76, el mayor gasto en la situación actual es sobre la beca del 100%, en cambio para los modelos este se encuentra en el descuento del 20%.

El modelo M1 no otorga becas sobre el 40%, el modelo M1 (550) y M1 (555) no entrega beneficios por sobre la beca de 30%.

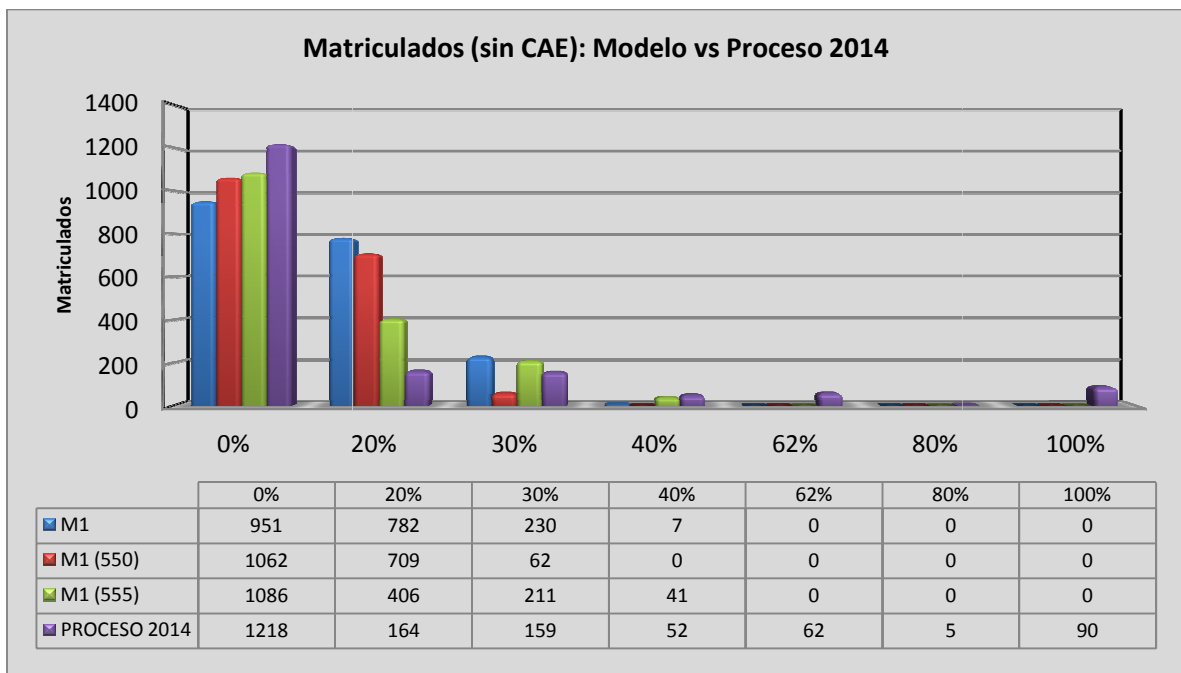


Figura 75. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

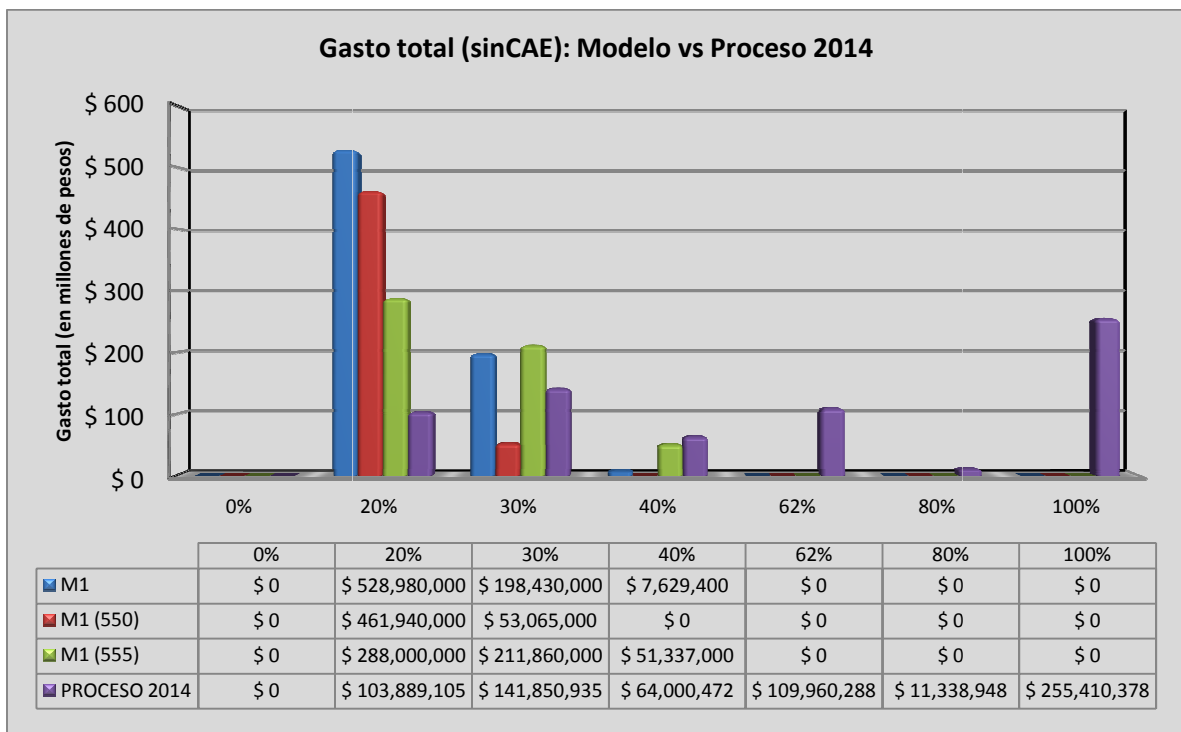


Figura 76. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto a la beca promedio, en la Figura 77, se aprecia que para los tramos de descuentos que existen becados la beca promedio otorgada en los modelos es equivalente a la situación actual. El modelo M1 (555) entrega una beca promedio ligeramente mayor que el resto de los modelos.

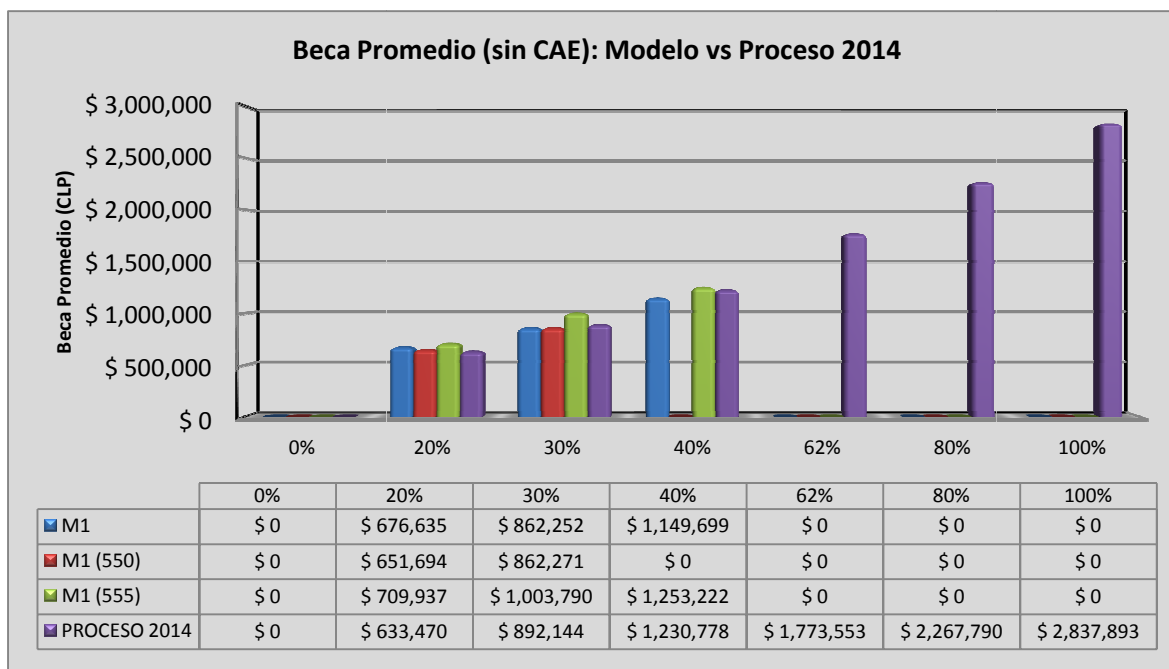


Figura 77. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

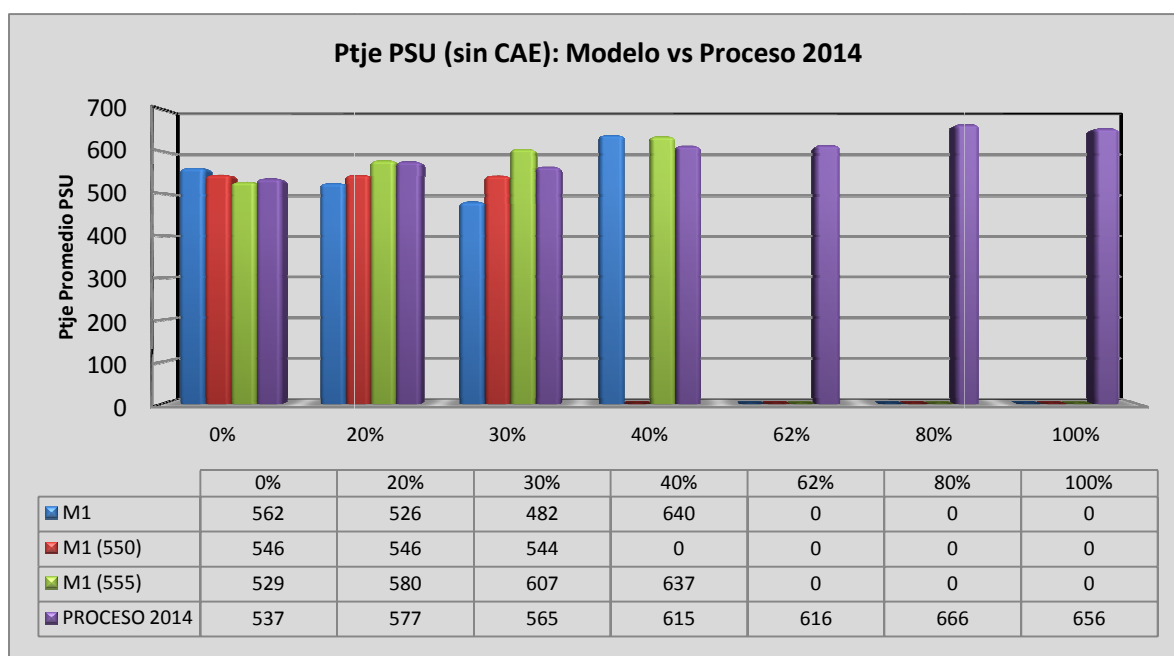


Figura 78. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

En la Figura 78, se aprecia que para tramos de descuento menores al 40%, el modelo M1 empeora los puntajes PSU. Respecto al modelo M1 (555) se observa que en los tramos donde efectivamente entregó beca, el puntaje PSU es mayor comparado con los otros modelos.

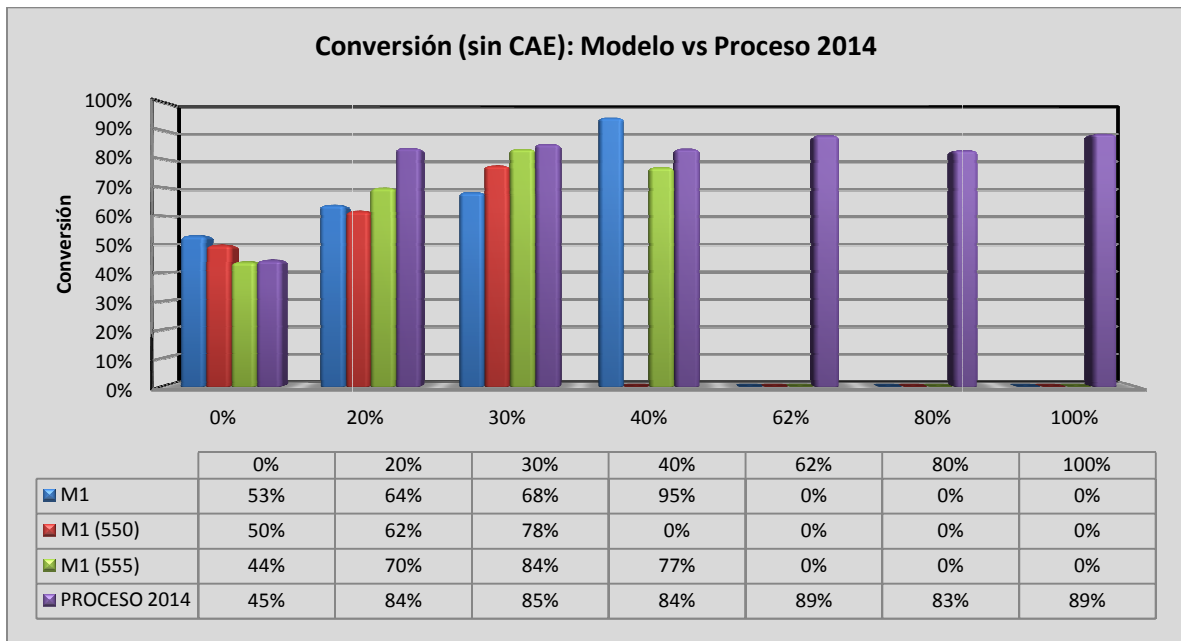


Figura 79. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

Sobre la conversión, en la Figura 79, se observa un aumento en la tasa de matriculados para estudiantes sin descuentos y una disminución respecto a los descuentos del 20% y 30% en el modelo M1 respecto al proceso de admisión 2014.

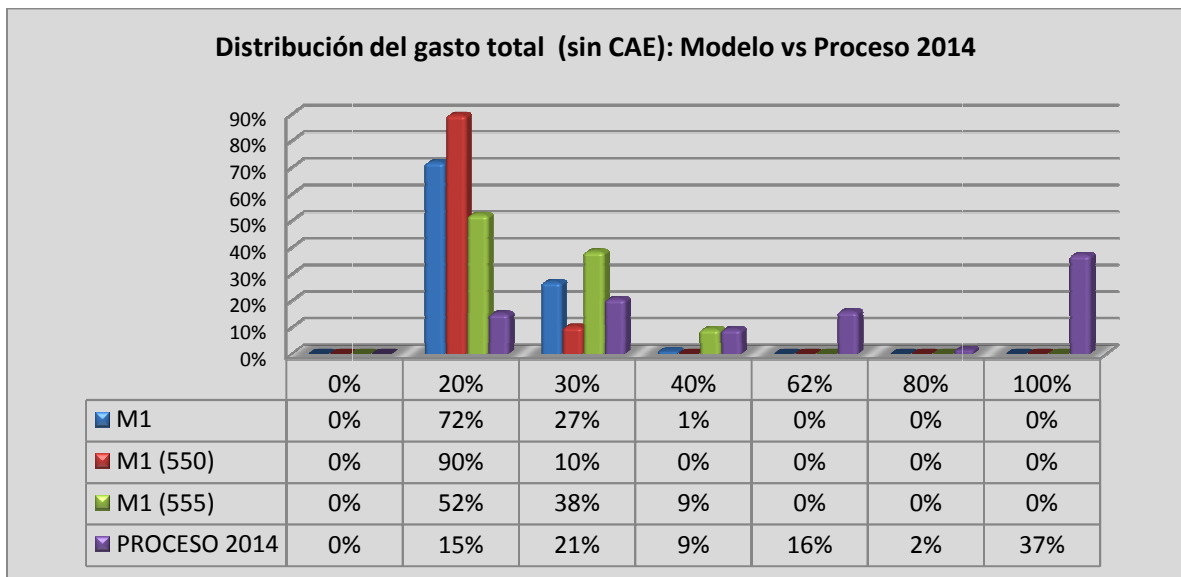


Figura 80. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el porcentaje de descuento sobre el copago (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto a la distribución del gasto, los modelos asignan los recursos al porcentaje de descuento del 20% y 30%. En el proceso 2014 los gastos se concentran en el descuento del 100%

Se concluye lo siguiente:

1. Al igual que para los estudiantes con CAE, el modelo M1 traspasa recursos asignados de los tramos altos de descuentos hacia los tramos bajos, 20%, 30%, 40%.
2. La beca promedio para los tramos donde existen becados es equivalente a la situación actual.
3. La reasignación del presupuesto incluye entregar becas a estudiantes que antes no recibían becas.
4. Finalmente el efecto neto de traspasar recursos de los descuentos mayores al 40% y asignarlos a tramos de menores descuentos trae como consecuencia capturar una gran cantidad de estudiantes convocados, los que finalmente balancean el efecto de perder matriculados en tramos de descuentos altos.

Indicadores respecto al clúster programa

En la Figura 81, se muestra el número de convocados para estudiantes sin CAE. Se destaca que el modelo M1 y M1 (550) matriculan más del doble de estudiantes para el clúster “Baja Conversión”, 217 y 89 matriculados en el clúster “Ocupados”, perdiendo 107 alumnos en los clústers “Masivo y “Alta Conversión”.

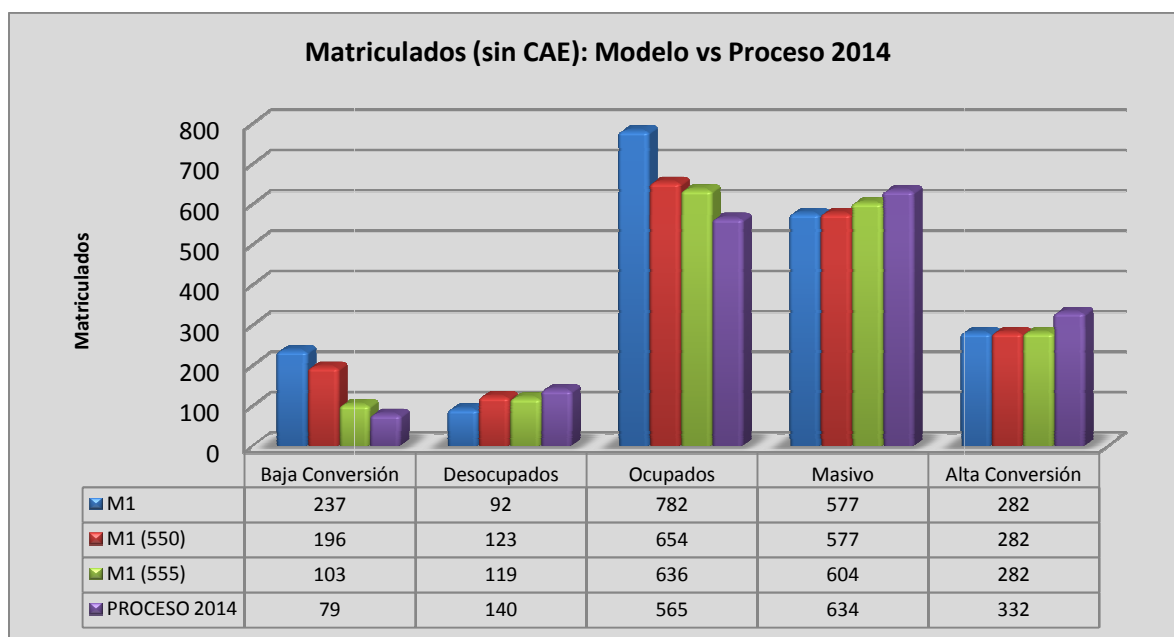


Figura 81. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Sobre el número de becados, en la Figura 82, se observa que los modelos doblan o triplican las becas para los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados”. El modelo M1 no otorga becas en los clústers “Desocupados”, “Masivo” y “Alta Conversión”. El modelo M1 (555) entrega la mayor cantidad de becas al clúster “Ocupados” y en la situación actual al clústers “Masivo”.

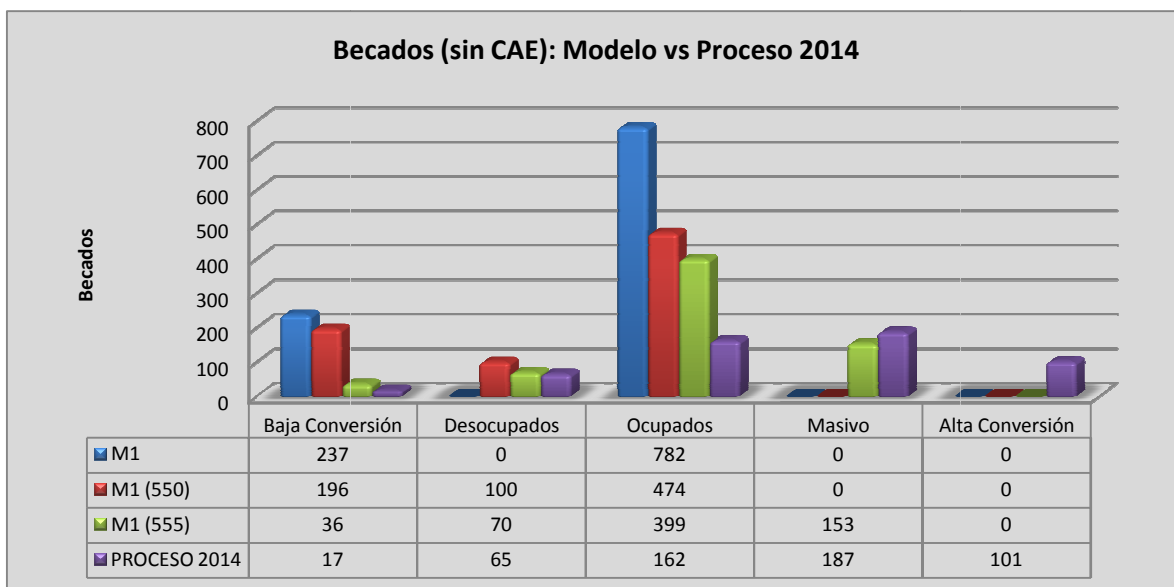


Figura 82. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto al gasto total en becas sobre el arancel, se aprecia que para los modelos el gasto se concentra en el clúster “Ocupados”. En la situación actual los recursos son dirigidos al clúster “Masivo”.

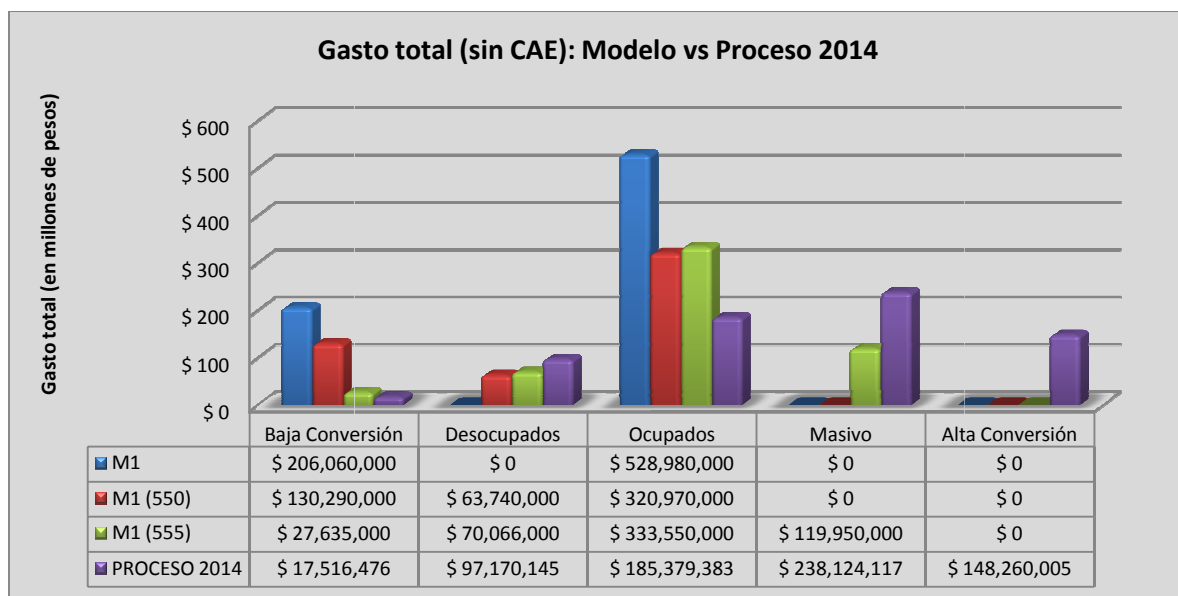


Figura 83. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

En la Figura 84, se destaca que en términos generales los modelos disminuyen la beca promedio respecto a la situación actual para todos los clúster programas. Un punto importante es que en la situación actual la beca promedio más alta se encuentra en el clúster “Desocupados” en donde el modelo M1 no otorga becas, es decir, se percibe baja sensibilidad respecto a las becas.

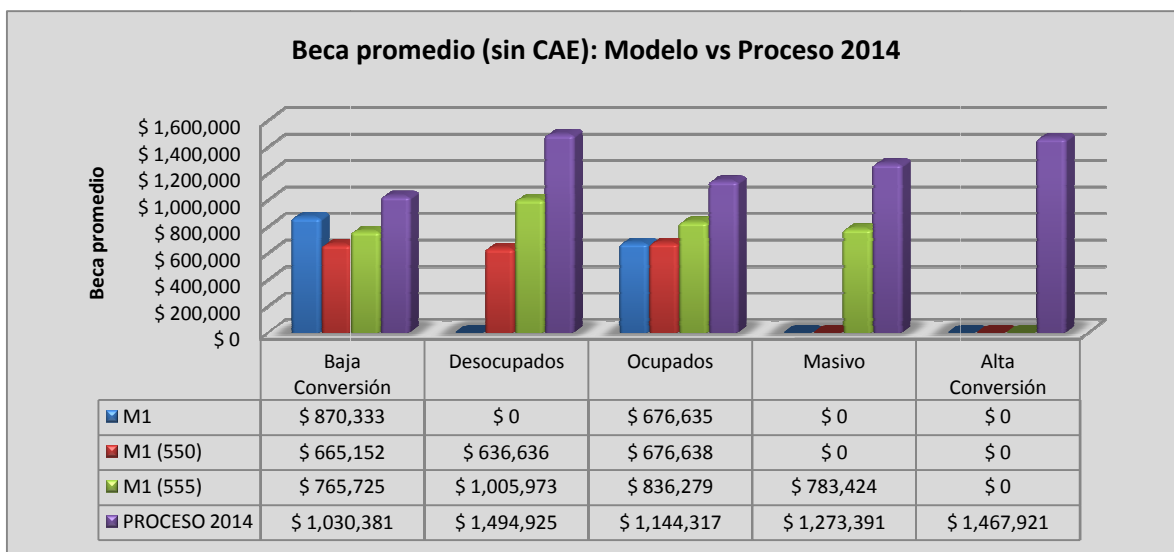


Figura 84. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto al puntaje promedio PSU, en la Figura 85, en términos generales se observa que a medida que el clúster programa aumenta el beneficio sobre la utilidad del matriculado (ordenados crecientemente de izquierda a derecha) el promedio PSU aumenta, excepto para el clúster “Desocupados” el cual tiene puntaje promedio más alto que el clúster “Ocupados”. Se destaca que los modelos obtienen mejores resultados para los clústers “Masivo” y “Alta Conversión”.

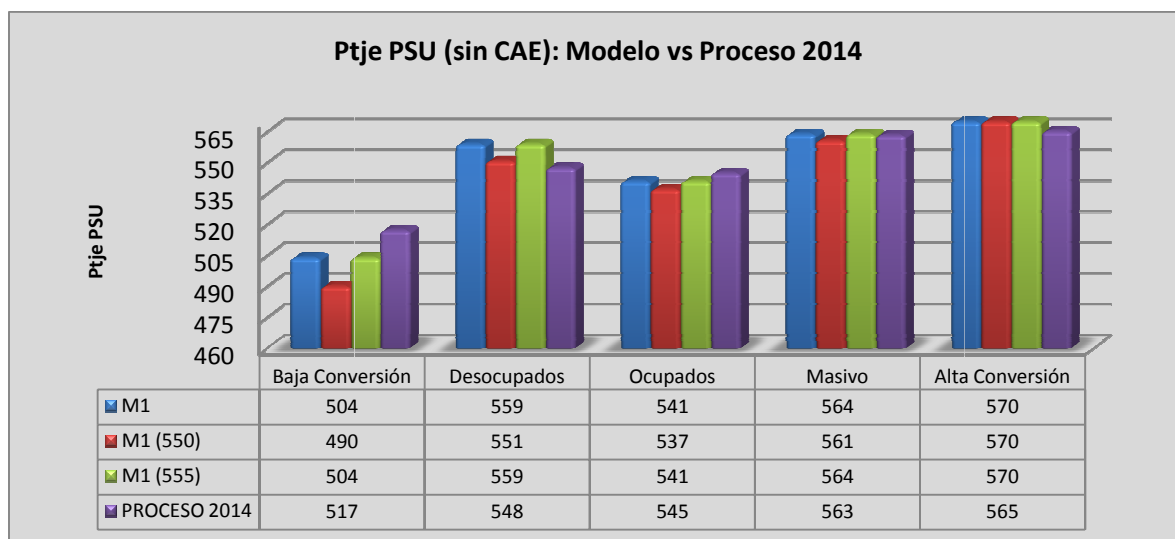


Figura 85. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable puntaje PSU según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Como se describió en el gráfico de matriculados, becados y gasto en becas, las asignaciones se trasladan a los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados”, por tanto la mayor cantidad de estudiantes becados dependiendo del clúster ocurre en los segmentos nombrados.

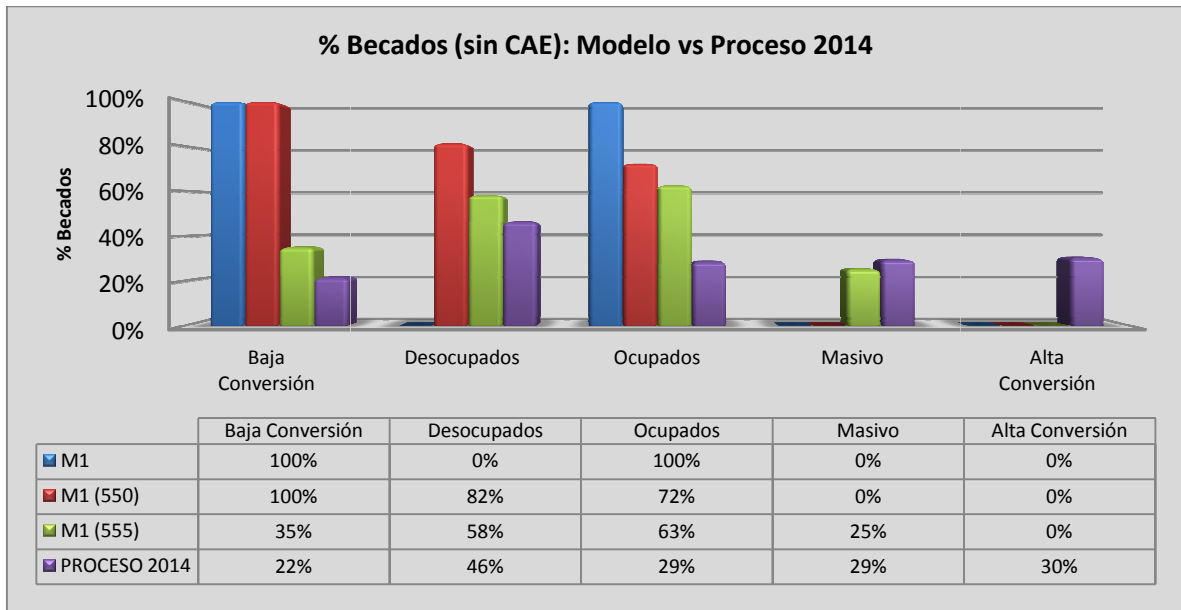


Figura 86. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Sobre la conversión, en la Figura 87, se destaca el alto aumento en la tasa de matriculados en el clúster “Baja Conversión” de los modelos M1 y M1 (550) respecto a la situación actual. El aumento corresponde a 46 y 34 puntos porcentuales.

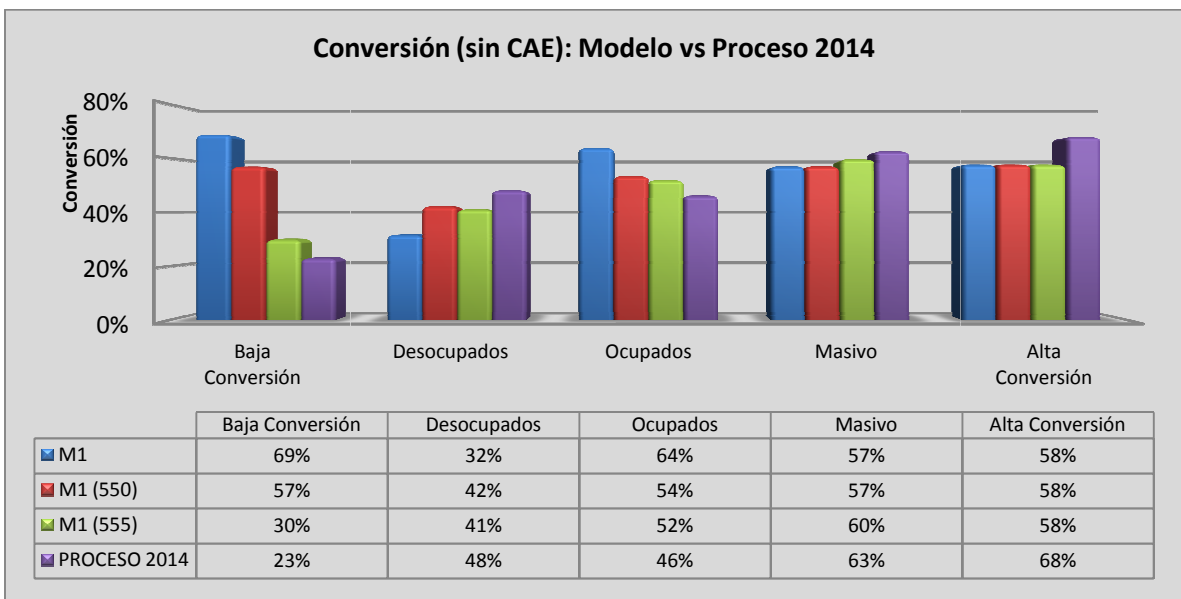


Figura 87. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto a la distribución del gasto total dependiendo del clúster programa, en la Figura 88, es esperable que los clústers “Ocupados” y “Baja Conversión” ocupen la mayor cantidad de recursos para los modelos M1 y M1 (550). Respecto al modelo M1 (555) se observa que distribuye sus recursos a los clústers “Masivo” y “Alta Conversión” probablemente porque puntajes PSU más altos se encuentran en esos segmentos, pero manteniendo la tendencia a ocupar la mayor cantidad de recursos en el clúster “Ocupados”.

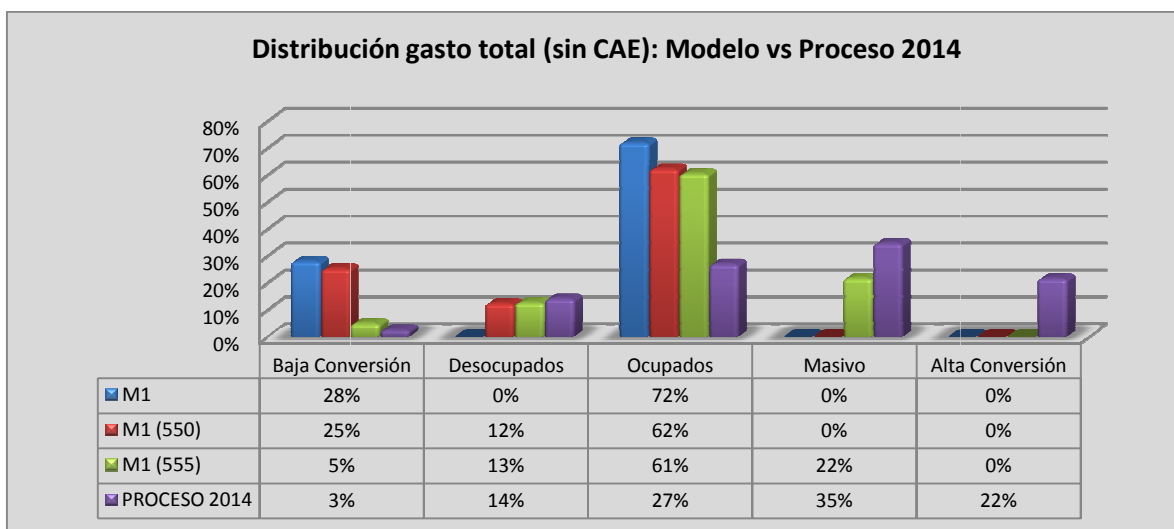


Figura 88. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto total según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Finalmente, sobre los ingresos percibidos por la institución de estudio, en la Figura 89 se aprecia que el Clúster “Masivo” mantiene el nivel de ingresos en todos los modelos respecto a la situación actual y que las mayores diferencias se observan en los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados” los cuáles aumentan sus ingresos en \$254 y \$230 millones de pesos.

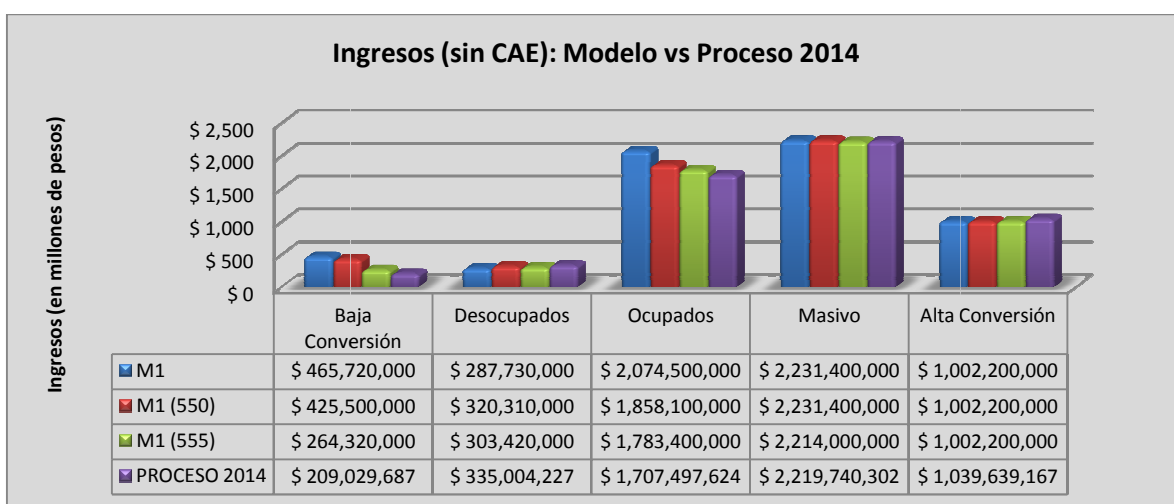


Figura 89. Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del ingreso según el clúster programa (sin CAE). Elaboración propia.

Se concluye lo siguiente:

1. Los recursos son asignados a los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados”, becando a una mayor cantidad de estudiantes y obteniendo una mayor cantidad de alumnos.
2. La conversión aumenta para el modelo M1 en 46 y 18 puntos porcentuales en los clústers nombrados anteriormente.
3. Por consecuencia de la nueva asignación se pierden estudiantes en los otro clústers, pero existe un incremento neto para el modelo M1 del número de matriculados de 219 estudiantes.
4. El ingreso aumenta en \$500 millones de pesos.
5. El promedio PSU para los estudiantes sin CAE, disminuye 15 puntos en el modelo M1, 8 puntos en el modelo M1 (550) y 1 punto en el modelo M1 (555).
6. Esta asignación ocurre porque en el modelo de propensión a la matrícula el beneficio respecto a la variable relacionada con el porcentaje de descuento posee varianza respecto al clúster programa.
7. Los parámetros de los clústers “Ocupados” y “Baja Conversión”, respecto al porcentaje descuento sobre el arancel real son 0.010 y 0.014 a diferencia de los clústers “Masivo”, “Alta Conversión” y “Desocupado” quienes poseen beneficios de 0.005, 0.002 y 0.006 respectivamente.
8. Por tanto el incremento en la utilidad de un estudiantes sin CAE que pertenezca a los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados” dado que se le otorga beca es mayor que el de los otros clústers.
9. Es por esto que los recursos, en el modelo M1, del clúster “Desocupados” son trasladados al clúster “Baja Conversión” y el gasto en los clústers “Alta Conversión” y “Masivo” se trasladan a él clúster “Ocupados”.
10. El efecto de la reasignación de recursos no descompensa en gran medida a los matriculados de los clústers “Desocupados”, “Masivo” y “Alta Conversión” ya que el beneficio sobre la utilidad del estudiante es dos o tres veces menor respecto a los clústers, considerando que el beneficio percibido sólo por el hecho de pertenecer a un tipo de clúster compensa el efecto de la reasignación de recursos.
11. Otro aspecto importante, dado la reasignación de recursos, es que los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados” poseen arancel real promedio menor que los otros clústers.
12. Es por ello que el costo/beneficio de la reasignación de recursos en los clústers nombrados es más eficiente en términos del número de matriculados e ingresos, con la disminución del puntaje PSU, en que el modelo M1 (555) compensa entregando más recursos a los clústers que tienen mejores puntajes “Alta Conversión” y “Masivo”.

Indicadores respecto a la variable tramos PSU

En la Figura 90, se observan los matriculados según el tramo PSU. Se destaca que el modelo M1 concentra una mayor cantidad de matriculados bajo 500 puntos respecto a los otros modelos y a la situación actual. El modelo M1 matricula 291 estudiantes más que la situación actual para ese tramo perdiendo 52 estudiantes sobre 600 puntos.

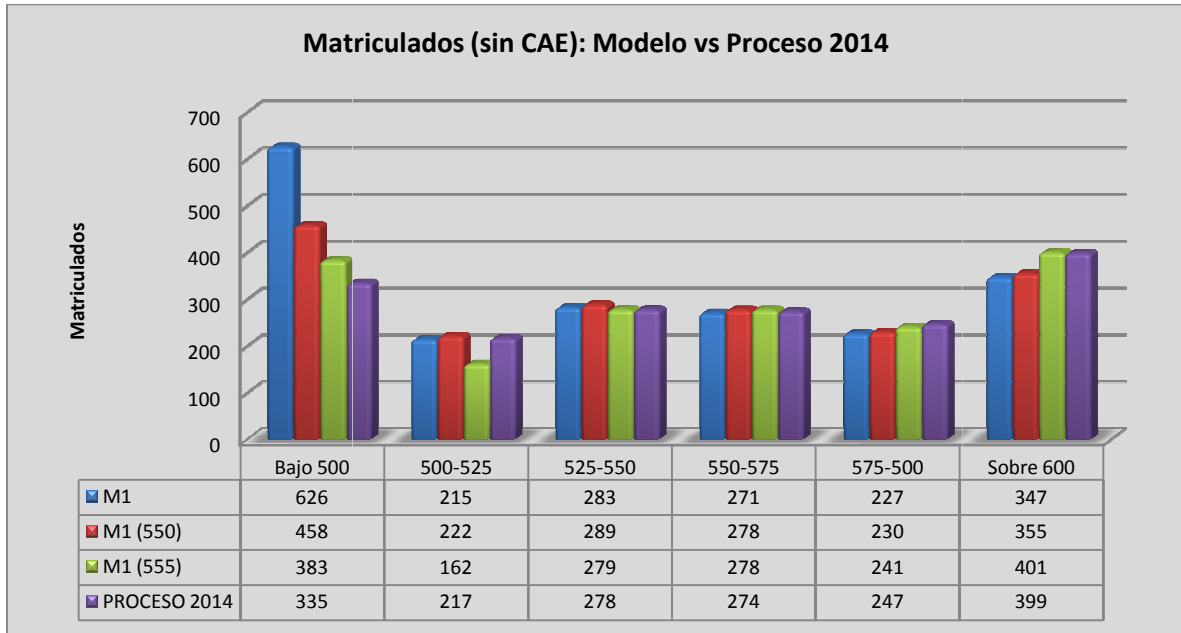


Figura 90. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable matriculados según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

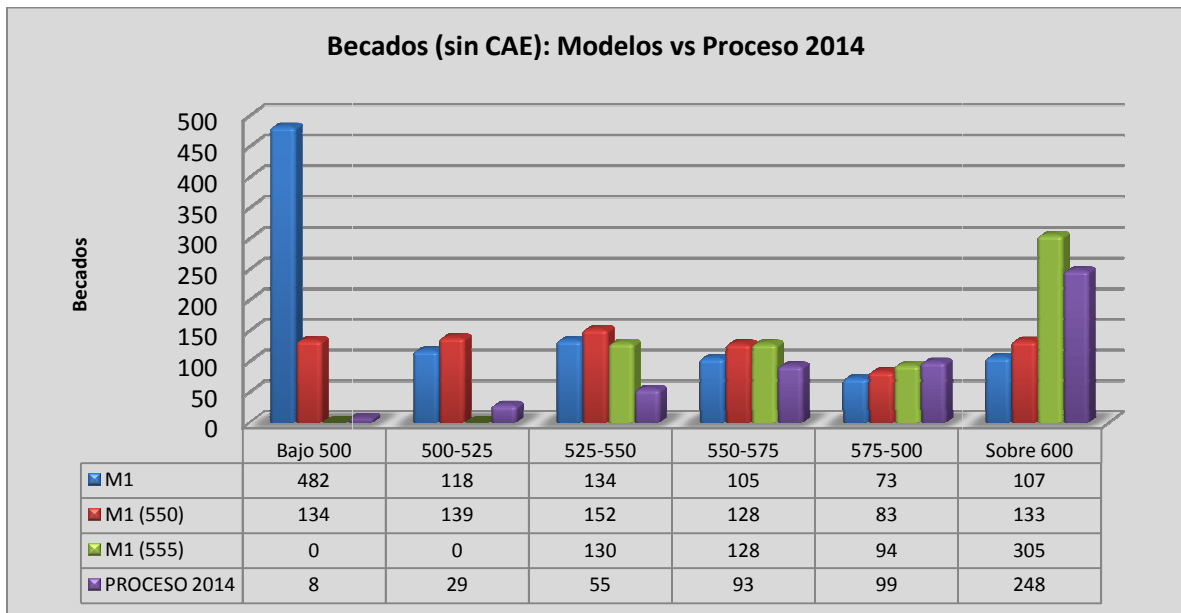


Figura 91. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable becados según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

En correlación con la nueva distribución de matriculados de los modelo, los becados en la Figura 92, provienen de puntajes más bajos. Para el modelo M1 (555) que debe cumplir con puntaje mínimo PSU de 555 puntos a medida que aumenta el puntaje PSU aumenta el número de matriculados respecto a los otros modelos para cada tramo, destacando con el mayor número de matriculados por sobre 600 puntos.

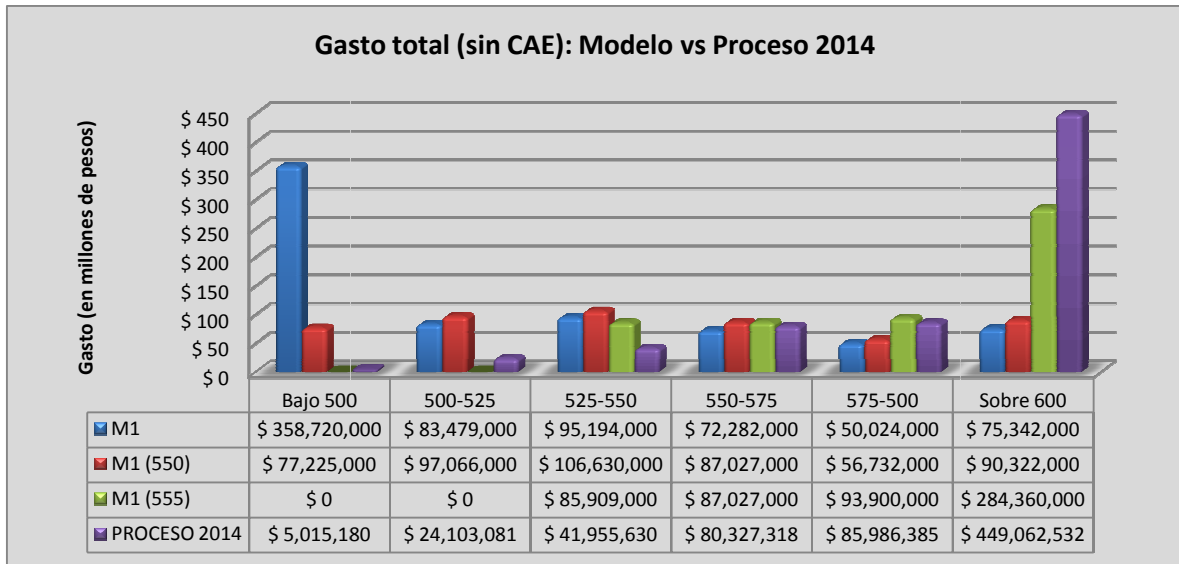


Figura 92. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable gasto total según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

Respecto a la distribución del gasto total en becas sobre el arancel, se aprecia que para el modelo M1 concentra los recursos en puntaje bajo 500 puntos y la situación actual por sobre 600 puntos, a medida que el modelo es más restrictivo sobre el puntaje mínimo PSU los recursos se trasladan a tramos de mayor puntaje PSU.

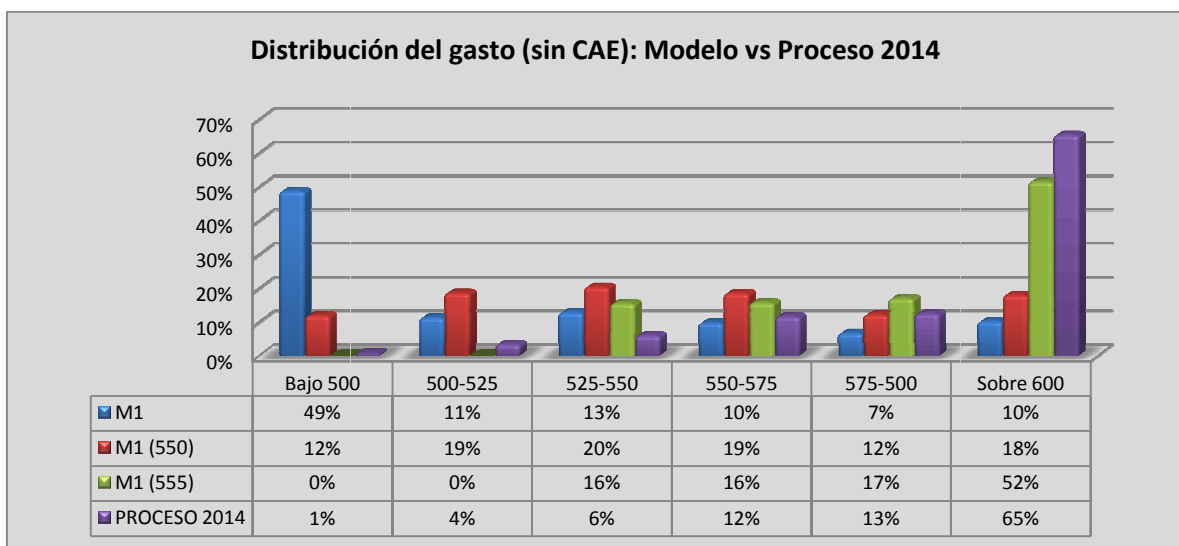


Figura 93. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable distribución del gasto según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

Sobre la beca promedio por tramo PSU, en la Figura 94, se observa que para puntajes entre 525 y 550 puntos los modelos y la situación actual entregan una beca promedio similar. En el proceso de admisión 2014 no se becan a estudiantes bajo 525 puntos a diferencia de los modelos quienes mantienen una tendencia similar en beca promedio a tramo 525-550. A medida que aumenta el tramo las diferencias entre la beca promedio y la situación actual se amplía llegando a doblar la beca promedio en el tramo sobre 600 puntos.

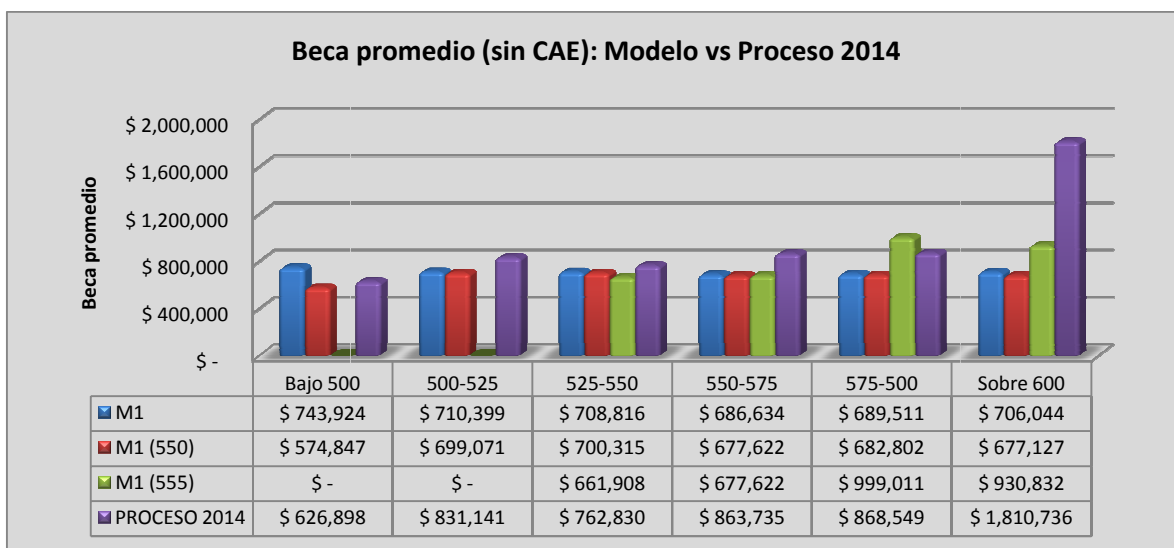


Figura 94. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable beca promedio según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

Es por esto que el porcentaje de becados para el modelo M1 se concentra en tramos inferiores de puntaje y a medida que el modelo se restringe en el puntaje mínimo PSU, los becados se trasladan a tramos superiores de puntajes.

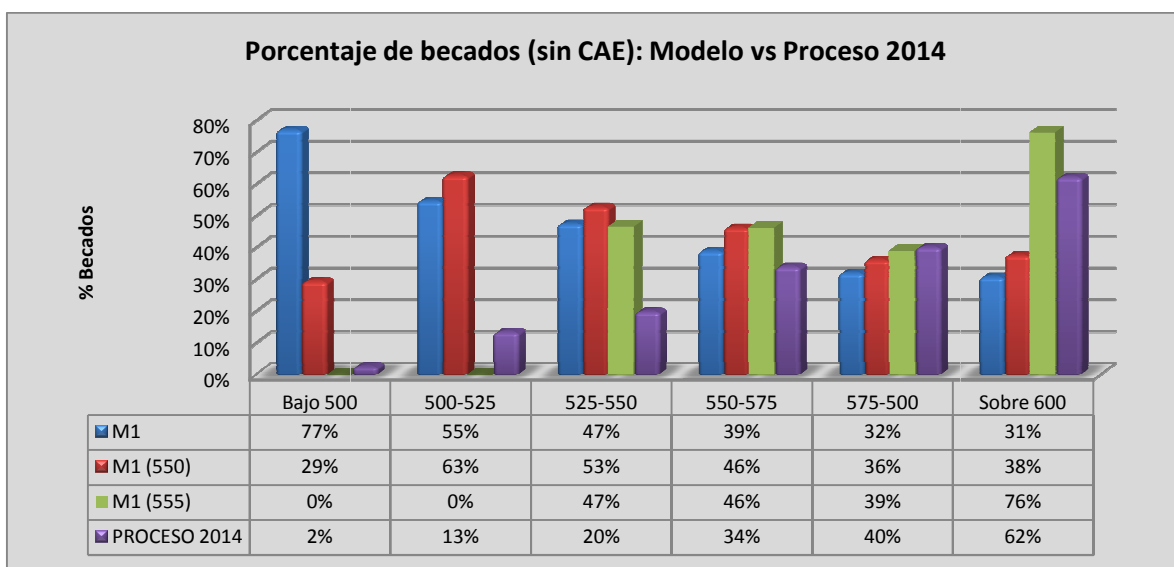


Figura 95. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable porcentaje de becados según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

Dada la reasignación de recursos, en la Figura 96 se observa que la conversión para el tramo bajo 500 puntos aumenta en 26 puntos porcentuales para el modelo M1, 11 puntos para el modelo M1 (550) y 4 puntos sobre el modelo M1 (555) respecto a la situación actual. A medida que aumenta el tramo PSU mayor es la conversión para todos los modelos y la situación actual. Sobre 600 puntos los modelos M1 y M1 (555) disminuyen la conversión 10 y 9 puntos respectivamente.

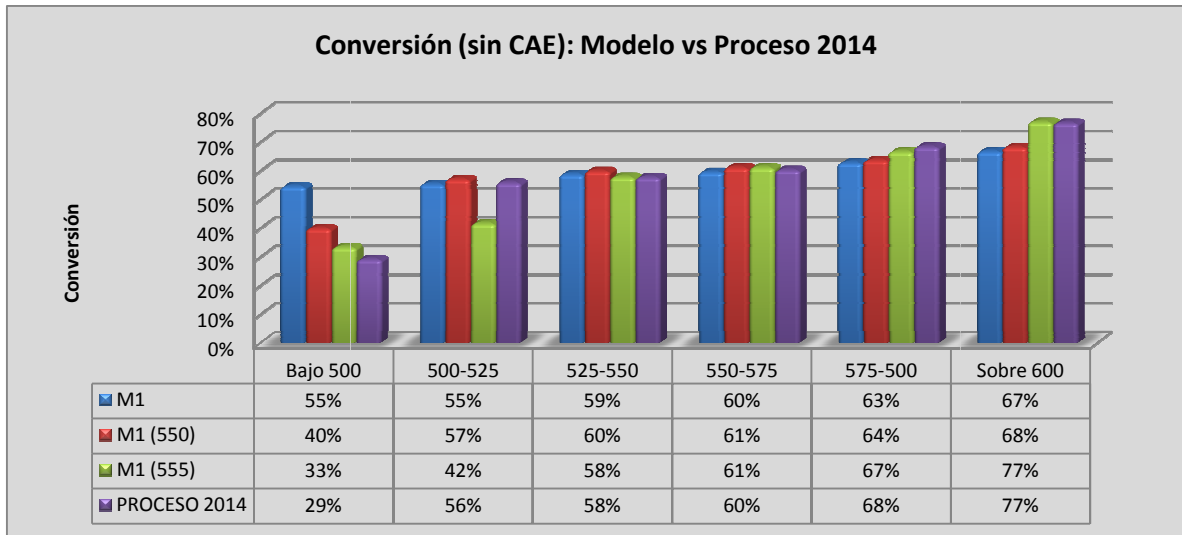


Figura 96. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable conversión según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

En la Figura 97, se observan los ingresos de la institución en estudio según el tramo PSU. Se destaca que los modelos generan una mayor cantidad de ingresos en el tramo bajo 500 puntos y sobre 600 puntos.

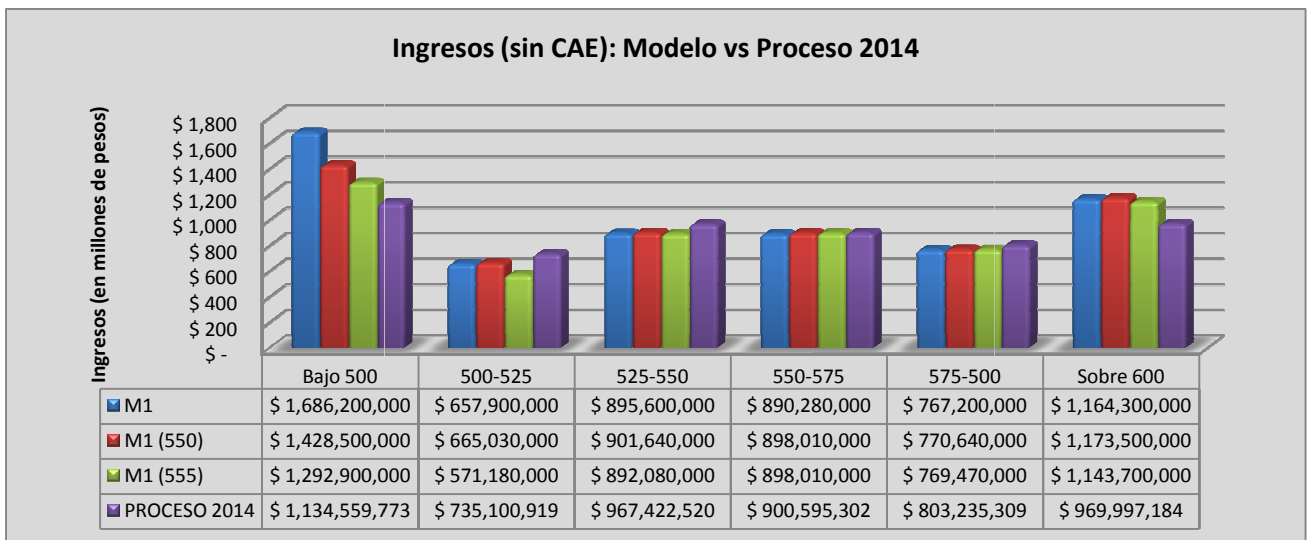


Figura 97. Comparación: Modelo de optimización vs situación actual para la variable ingreso según el tramo PSU (sin CAE). Elaboración propia.

Se concluye lo siguiente:

1. Los recursos son reasignados desde puntaje sobre 600 puntos al tramo bajo 500 puntos.
2. La beca promedio en tramos donde existen becados para los modelos, mantiene un monto promedio similar respecto a la situación actual, pero decreciendo a medida que aumenta el tramo PSU, donde la mayor diferencia se produce en el tramo sobre 600 puntos.
3. A consecuencia de lo anterior, se matriculan 219 estudiantes más en el modelo M1, los ingresos aumentan en \$550 millones de pesos respecto a la situación actual.
4. Esta asignación ocurre porque a medida que aumenta el puntaje PSU aumenta la utilidad del individuo. Por tanto el incremento en la probabilidad para estudiantes con puntajes más bajos, es mayor que para estudiantes con puntaje más altos.
5. Por otra parte, existe correlación en el nivel de puntaje PSU y tipo de programa. El clúster “Baja Conversión” posee el puntaje promedio PSU más bajo y también tiene el menor beneficio sobre la utilidad.
6. Por tanto, parece natural que exista un aumento en el número de matriculados provenientes de tramos inferiores del puntaje PSU.
7. Luego, el beneficio de reasignar los recursos a estudiantes pertenecientes a ese tramo PSU, en términos del número de matriculados e ingresos respecto a los del tramo sobre 600 puntos viene dado porque es más probable capturar a un estudiante de un tramo inferior de PSU, donde la beca promedio es inferior.
8. Esto es porque a medida que aumenta el puntaje PSU el porcentaje de beca debe aumentar.
9. Es por ello, que es más efectivo, entregar más recursos de becas a tramos inferiores, porque el aumento en la probabilidad de matricularse, dado que se le otorga una beca, es mayor en ese tramo y menos costosa porque el porcentaje de descuento es progresivo respecto al puntaje PSU.

12.5 Propuesta de asignación de la oferta de becas

A continuación en las Tablas 38, 39, 40 se presenta la asignación de la oferta de becas de los modelos M1, M1 (550) y M1 (555). En el anexo 16.8 se encuentran los programas que pertenecen a cada uno de los clústers. También se agrega una estimación del presupuesto que debe tener cada programa para la asignación para cada uno de los modelos.

El presupuesto por programa se calcula como el porcentaje de vacantes que le corresponde del total de las vacantes del clúster multiplicado por el presupuesto total del clúster programa.

Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE	Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE
Baja Conversión	Bajo 500	17%	30%	Masivo	Bajo 500	9%	0%
	500-525	26%	30%		500-525	9%	0%
	525-550	26%	30%		525-550	9%	0%
	550-575	26%	30%		550-575	9%	0%
	575-500	26%	30%		575-500	9%	0%
	Sobre 600	49%	40%		Sobre 600	9%	0%
Desocupados	Bajo 500	26%	0%	Alta Conversión	Bajo 500	0%	0%
	500-525	26%	0%		500-525	0%	0%
	525-550	26%	0%		525-550	0%	0%
	550-575	26%	0%		550-575	0%	0%
	575-500	26%	0%		575-500	0%	0%
	Sobre 600	26%	0%		Sobre 600	0%	0%
Ocupados	Bajo 500	17%	20%				
	500-525	17%	20%				
	525-550	17%	20%				
	550-575	17%	20%				
	575-500	17%	20%				
	Sobre 600	17%	20%				

Tabla 38. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1. Fuente: Elaboración propia.

Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE	Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE
Baja Conversión	Bajo 500	36%	0%	Masivo	Bajo 500	9%	0%
	500-525	36%	0%		500-525	9%	0%
	525-550	44%	30%		525-550	9%	0%
	550-575	44%	30%		550-575	9%	0%
	575-500	44%	30%		575-500	9%	0%
	Sobre 600	44%	30%		Sobre 600	17%	0%
Desocupados	Bajo 500	36%	0%	Alta Conversión	Bajo 500	0%	0%
	500-525	36%	0%		500-525	0%	0%
	525-550	44%	20%		525-550	0%	0%
	550-575	44%	20%		550-575	9%	0%
	575-500	44%	20%		575-500	9%	0%
	Sobre 600	44%	20%		Sobre 600	9%	0%
Ocupados	Bajo 500	9%	0%				
	500-525	17%	0%				
	525-550	17%	20%				
	550-575	17%	20%				
	575-500	17%	20%				
	Sobre 600	17%	20%				

Tabla 39. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1 (550). Fuente: Elaboración propia.

Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE	Clúster Programa	Tramo PSU	CAE	NO CAE
Baja Conversión	Bajo 500	0%	0%	Masivo	Bajo 500	0%	0%
	500-525	0%	0%		500-525	0%	0%
	525-550	17%	20%		525-550	17%	0%
	550-575	44%	30%		550-575	26%	0%
	575-500	56%	30%		575-500	26%	0%
	Sobre 600	56%	40%		Sobre 600	44%	9%
Desocupados	Bajo 500	0%	0%	Alta Conversión	Bajo 500	0%	0%
	500-525	0%	0%		500-525	0%	0%
	525-550	17%	0%		525-550	0%	0%
	550-575	44%	20%		550-575	9%	0%
	575-500	44%	30%		575-500	17%	0%
	Sobre 600	49%	40%		Sobre 600	17%	0%
Ocupados	Bajo 500	0%	0%				
	500-525	0%	0%				
	525-550	17%	20%				
	550-575	26%	20%				
	575-500	26%	30%				
	Sobre 600	36%	30%				

Tabla 40. Asignación de becas según clúster programa, tramo PSU y CAE para el modelo M1 (555). Fuente: Elaboración propia.

12.6 Otros análisis de sensibilidad

Con el objetivo de analizar la sensibilidad que se tiene sobre el presupuesto en becas, se cambio la función objetivo por la de minimizar el presupuesto sujeto a matricular la misma cantidad de estudiantes del proceso de admisión 2014.

Los resultados de la nueva función objetivo, para el modelo M1 es \$1.322.255.335 de pesos disminuyendo considerablemente el gasto de los más de \$2.700 millones de pesos del proceso de admisión 2014.

Se matriculan 5.321 estudiantes con CAE de los cuales 2.612 son becados y 1.919 sin el crédito becando a 968 estudiantes.

El gasto se distribuye aproximadamente en 50% para ambos tipo de estudiantes (CAE) con un puntaje promedio PSU de 547 puntos obteniendo \$10.327 millones de pesos en ingresos.

Sobre el modelo M1 (555) que restringe el puntaje mínimo promedio PSU de los matriculados en 555 puntos, la función objetivo toma el valor de \$1.976.787.442 de pesos.

El número de matriculados con CAE es de 5.252 de los cuales 3.518 son becados. Respecto a los estudiantes matriculados sin crédito son 1.744 de los cuales 659 son becados

Sobre la distribución del gasto el 28% se ocupa en estudiantes sin CAE. El puntaje promedio PSU es de 555 puntos y los ingresos corresponden a \$9.392 millones de pesos.

Finalmente se observa que a medida que se desea obtener un perfil de estudiantes con puntaje promedio PSU mayor al de la situación actual, los recursos se trasladan a estudiantes con CAE, probablemente porque que son menos costosos en términos de beca promedio.

El valor de la función objetivo del modelo M1 (555) respecto al modelo M1 aumenta en más de \$600 millones de pesos, lo que hace razonar que conseguir estudiantes con mejores puntajes tiene un mayor costo.

Finalmente de los modelo M1 y M1 (555) bajo esta nueva estructuración del problema de optimización resultan más eficiente en la asignación de los recursos ya que matriculan la misma cantidad de estudiantes pero con una menor cantidad de presupuesto.

13 Conclusiones

El proyecto se enmarca en la optimización de la oferta de becas en una institución perteneciente al sistema único de admisión en Chile en educación superior.

El objetivo general es maximizar el número de matriculados de la universidad a partir de una reasignación de recursos que la institución distribuye sobre los matriculados a partir de becas sobre el arancel y la matrícula de los programas que ofrece la casa de estudio.

Para ello se confeccionaron modelos de propensión a la matrícula con el fin de describir cualitativamente y cuantitativamente la decisión que toma el individuo basado en variables de la postulación del estudiante y socio económicas del convocado a matricularse en la casa de estudio basado en modelos logit.

A partir de la propensión a la matrícula, se generan modelos de optimización con el objetivo de maximizar el valor esperado del número de matriculados de la institución sujeto a restricciones de capacidades de los programas, presupuesto en becas de arancel y reglas de la estructura de la asignación.

Sobre los resultados del modelo propensión a la matrícula, para estudiantes con crédito aval del estado se aprecia que las variables de mayor importancia son al grupo de programas al que postula el estudiante, la preferencia en la postulación, si tiene beca sobre la matrícula, si tiene beca arancel y si proviene de un colegio particular pagado.

Pertenecer al clúster programa “Alta Conversión” (Ingeniería Civil; República, Viña; Enfermería, Concepción; Kinesiología, Viña) aumenta la probabilidad de matricularse en un 21,7% respecto a si postula a programas perteneciente al clúster “Baja Conversión” (Fonoaudiología Viña, Kinesiología Concepción).

Si el estudiante postula en primera preferencia la probabilidad de matricularse aumenta en 19,1% respecto de un estudiante que proviene de una postulación de tercera preferencia.

Si el estudiante proviene de un colegio particular pagado aumenta su probabilidad de matricularse en un 12,6% respecto si proviene de un colegio municipal.

Si el estudiante posee beca matrícula aumenta su probabilidad de matricularse en un 18,4% respecto de un estudiante con crédito que no tenga beca matrícula. Según lo anterior la beca sobre la matrícula juega un rol importante para que un estudiante ingrese a la casa de estudio.

Respecto al factor Puntaje PSU, si un estudiante aumenta 100 puntos su puntaje, la probabilidad de ingresar en la universidad en estudio aumenta sólo en un 10%.

Los resultados descritos son relevantes, sobre todo el efecto que produce la beca matrícula, pero el conocimiento descubierto de mayor relevancia a partir de los resultados del modelo es la similitud en la sensibilidad respecto a la beca sobre el arancel que depende del clúster programa.

Sobre el beneficio que genera tener una beca sobre el arancel en la utilidad del individuo se aprecia que es alto, ya que por ejemplo el estudiante tiene 555 puntos y le otorgan una beca sobre el arancel del 20% el beneficio obtenido es de 1,1 muy similar al de pertenecer al clúster “Alta Conversión”. El beneficio depende del porcentaje de beca y del puntaje PSU, por lo que para cierto perfil de estudiantes es la variable que más aumenta la utilidad del individuo.

Respecto a los estudiantes sin crédito aval del estado se obtienen resultados similares a los ya discutidos con la excepción de la sensibilidad de la beca sobre el arancel, la que para este perfil de estudiantes no es similar según el tipo de clúster.

En resumen, respecto a los modelos de propensión. Los estudiantes sin crédito aval del estado tienen una sensibilidad diferente sobre la beca arancel según al clúster programa que pertenezcan a diferencia de los estudiantes con crédito los que responden con la misma sensibilidad independiente del clúster programa.

Los clúster programas más sensibles a la oferta de becas para estudiantes sin crédito son “Ocupados” y “Baja Conversión”.

El descubrimiento presentado sobre los modelos de propensión a la matrícula condicionan los resultados de los modelos de optimización.

Las conclusiones más relevantes sobre la optimización de la asignación de becas es que es más eficiente en términos de número de matriculados y asignación de recursos (beneficios/costos) traspasar recursos de descuentos sobre el 40% de beca hacia descuentos más bajos.

Esto es así, porque existe una mayor cantidad de convocados en tramos inferiores de descuento provenientes de programas de baja conversión que poseen una beca sobre el arancel baja o no la poseen.

Por tanto, un incremento en el beneficio que se les otorga a este perfil de estudiantes es más alto respecto a los estudiantes pertenecientes a tramos de alto porcentaje de descuento.

Como becar a un estudiante con un porcentaje más bajo es menos costoso que becar a un estudiante con el 100% de beca se puede convocar una mayor cantidad de estudiantes pero con una beca del 26% sobre el copago como propone el modelo y marginar una enorme cantidad de estudiantes.

Respecto a la reasignación de recursos en los clústers programas los cambios más importantes ocurren en “Ocupados” “Baja Conversión” en que el modelo sin restricción aumenta la conversión y convoca una mayor cantidad de estudiantes lo que contrarresta los efectos negativos de quitar recursos a los clústers “Alta Conversión” y “Masivo”.

En resumen el modelo de optimización sin restricción en el puntaje de PSU, toma recursos de los clústers “Alta Conversión” y “Masivo” perteneciente a altos descuentos, sobre el 50%, y los asigna a los clústers “Baja Conversión”, “Desocupados”, “Ocupados” entregando descuentos bajo el 45%.

Esto se explica, para estudiantes sin crédito del estado, porque existe una sensibilidad respecto a la beca sobre el arancel para los clústers “Baja Conversión” y “Ocupados” más alta. Pertenecen a programas menos costosos, poseen puntajes PSU inferiores al promedio y suman una cantidad relevante de convocados.

Sobre los estudiantes con crédito como no existe una sensibilidad diferente para los clústers, en cuanto a la beca arancel, la asignación se basa en el beneficio que genera por sí sólo el clúster, en el que los clústers nombrados son perjudicados frente a los clústers “Alta Conversión” y “Masivo”.

El modelo que restringe el puntaje promedio PSU a 555 puntos captura una mayor cantidad de estudiantes provenientes de los clústers “Alta Conversión” y “Masivo” ya que poseen mejores puntajes, pero mantiene la tendencia de becar a los estudiantes del clúster “Masivo”.

Finalmente, luego de la asignación el modelo sin restricción en el puntaje PSU matricula 422 estudiantes más que la situación actual, generando \$1.000 de pesos más, becando a 3.000 estudiantes más y disminuyendo la beca promedio de \$793.000 a \$389.000 y el puntaje promedio PSU de 554 puntos a 547.

14 Discusiones y trabajo Futuro

El proyecto se basa en la generación de modelos de optimización que tienen como parámetros de entrada, parámetros de un modelo logit que estima la propensión a la matrícula; vacantes de programas; convocados dependiendo del programa, tramo puntaje PSU, porcentaje de descuento sobre el arancel real y presupuesto a repartir entre las becas.

Sobre la metodología de trabajo existen temas que podrían ser abordados en futuros proyectos.

En primer lugar la muestra de datos con la que se desarrolló la memoria incluye sólo estudiantes que fueron convocados por la casa de estudio, por lo que existe un sesgo de selección.

En segundo lugar, las variables que fueron ocupadas para la asignación de las becas podrían ampliarse en la medida que exista una mayor cantidad de datos para el modelamiento.

Otras variables relevantes al respecto son el tipo de colegio (Municipal, particular Pagado, Particular Subvencionado), la beca matrícula, beca externa.

En tercer lugar, el perfil de estudiantes del proceso de admisión 2015 puede tener variaciones respecto a los estudiantes convocados del 2013 y 2014. Por tanto la asignación de recursos podría no ser tan eficiente.

Para intentar corregir este efecto, Belloni, Lovett, Boulding y Staelin [11] construyen modelos de optimización bajo incertidumbre simulando escenarios sobre la asignación de becas.

El proyecto genera ingresos de \$1.000 millones de pesos que se podrían reutilizar en nuevas becas creando programas de apoyo económico a estudiantes con capacidades por sobre el promedio pero su perfil socio económico no puede ingresar a la universidad.

Otra perspectiva, es cambiar la función objetivo del problema, maximizando el margen que generan los estudiantes matriculados. Así se podrían asignar recursos eficientemente. Sobre estos resultados se podría agregar un análisis de la composición de estudiantes que genera el modelo.

Según Belloni, Lovett, Boulding y Staelin [11], uno de los aspectos fundamentales en su artículo es que la función objetivo a maximizar debe contener todos los beneficios que la institución perciba, ya sea en términos monetarios o perfil de los estudiantes que ingresan a la universidad.

Finalmente, luego de los resultados obtenidos en el proyecto existe un presupuesto por programa y asignación de descuentos según tramo PSU, tipo de estudiante (CAE) y carreras, es decir, cada programa posee una asignación máxima de recursos.

Como se describió en los antecedentes del proyecto, la institución cuenta con simulador de becas. Los resultados del proyecto se pueden utilizar para generar presupuestos de corte programa, pero es también necesario estimar la conversión de certificados de becas que realmente serán utilizados.

El problema surge porque no todos los estudiantes que tienen certificados válidos de becas se matriculan en la institución de estudio, por tanto, es necesario estimar un presupuesto esperado de los estudiantes que tienen certificado válido y que finalmente se matriculan en la institución.

15 Bibliografía

- [1] J. J. Brunner. Informe sobre la educación superior en Chile: 1980-2003, Santiago, 2003.
- [2] Consejo nacional de educación, www.cned.cl. Visitada en abril de 2014.
- [3] R.G. Ehrenberg, Econometric studies of higher education, Journal of Econometrics, Volume 121, Issues 1-2, Higher education (Annals issue), July-August 2004, Pages 19-37.
- [4] H. A. Mario Raposo, A model of university choice: an exploratory approach, MPRA, Munich, 2007.
- [5] S. Briggs, An exploratory study of the factors influencing undergraduate student choice: the case of higher education in Scotland, Studies in Higher Education, vol. 31, n° 6, pp. 705-722, 2006.
- [6] R. G. Chapman, Pricing Policy and the College Choice Process, Research in Higher Education, 10 (1), 37-57, 1979.
- [7] Rimmy Chuchra. Use of Data Mining Techniques for the Evaluation of Student. Performance: A Case Study. International Journal of Computer Science and Management Research Phagwara India, 2012.
- [8] Karina Alejandra López Prado. Evaluación de impacto del programa de becas y créditos sobre el acceso a la educación superior en Chile, Tesis de Magister. Universidad de Chile, 2013.
- [9] F. Meneses, C. Blanco. Ayuda Financiera y Matrícula en la Educación Superior Chilena: Un Análisis de las Políticas Gubernamentales, 2012.
- [10] Cristián Núñez Andrades. Modelo de competitividad para una universidad al interior del Demre, Memoria de Título. Universidad de Chile, 2013.
- [11] A. Belloni, M. J. Lovett, W. Boulding y R. Staelin, Optimal Admission and Scholarship Decisions: Choosing Customized Marketing Offer to Attract a Desirable Mix of Customers, Management Science, pp. 1-28, 2008.

- [12] J. D. Velásquez. Adaptive Web Sites, “A Knowledge Extraction From Web Data Approach”, University of Chile, Santiago Chile, Ed. s/l, pp. 25, 2008.
- [13] A. Mizala, I. Ríos, T. Larroucau. Efecto de la incorporación del ranking de notas en la selección universitaria, DEMRE, 2013.
- [14] Bárbara Fuenzalida. Pronóstico de efectividad de promociones sobre clientes, dadas sus características y respuestas pasadas, Memoria de Título. Universidad de Chile, 2012.
- [15] Benjamín Espínace. Desarrollo de un Plan de Difusión para una Universidad Privada perteneciente al Sistema Único de Admisión, Memoria de Título, Universidad de Chile.
- [16] Apuntes de Marketing II. Otoño 2012. Profesor. Marcel Goic, Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile.
- [17] Apuntes de Minería de datos. Otoño 2010. Profesor. Richard Weber. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- [18] Apuntes de Modelamiento y Optimización. Primavera 2009. Profesores. Fernanda Bravo, Rodrigo Wolf. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

16 Anexos

16.1 Evolución de la matrícula y vacantes en Educación Superior.

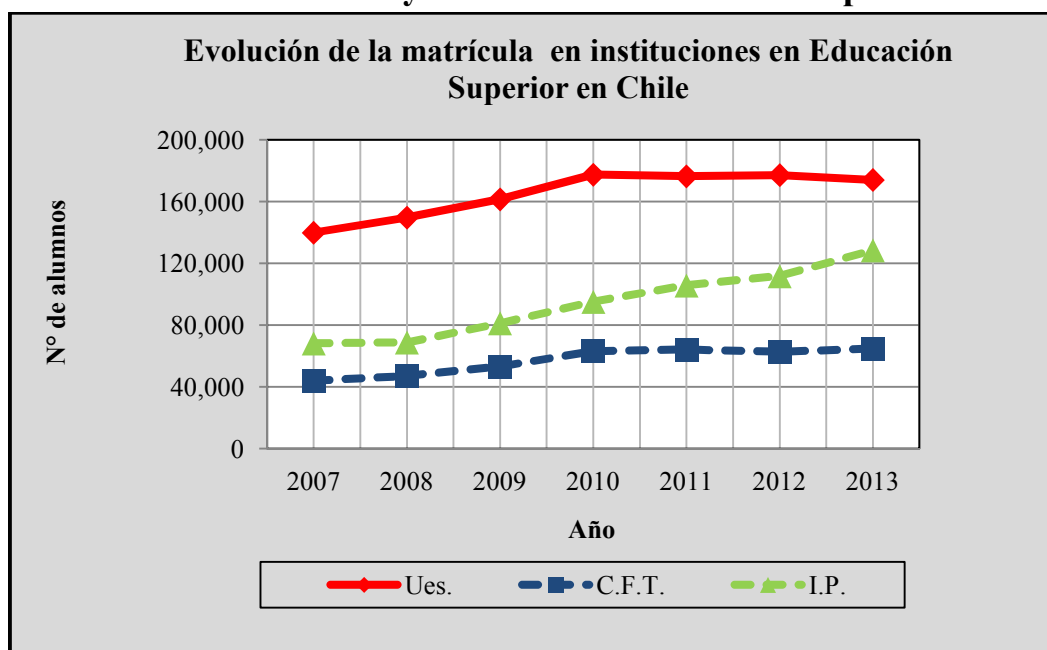


Figura 98. Evolución de la matrícula en instituciones en Educación Superior en Chile. Fuente. Elaboración propia. Datos CNED [2].

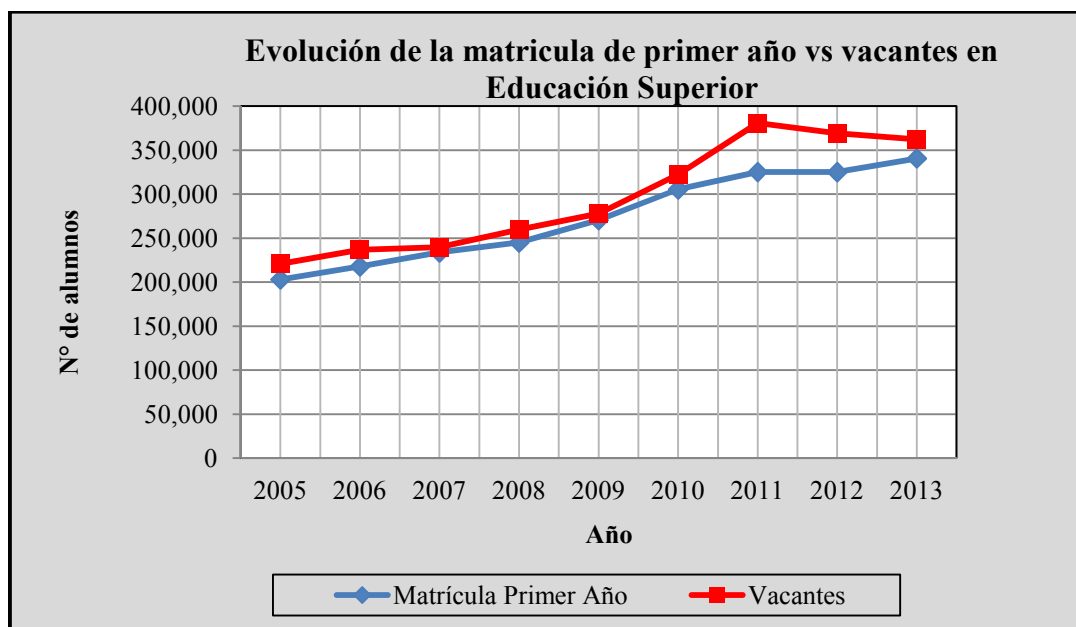


Figura 99. Evolución de la matrícula en instituciones en Educación Superior en Chile en comparación con las vacantes. Fuente. Elaboración propia. Datos CNED [2].

16.2 Evolución de la matrícula de primer año y vacantes en la institución de estudio.

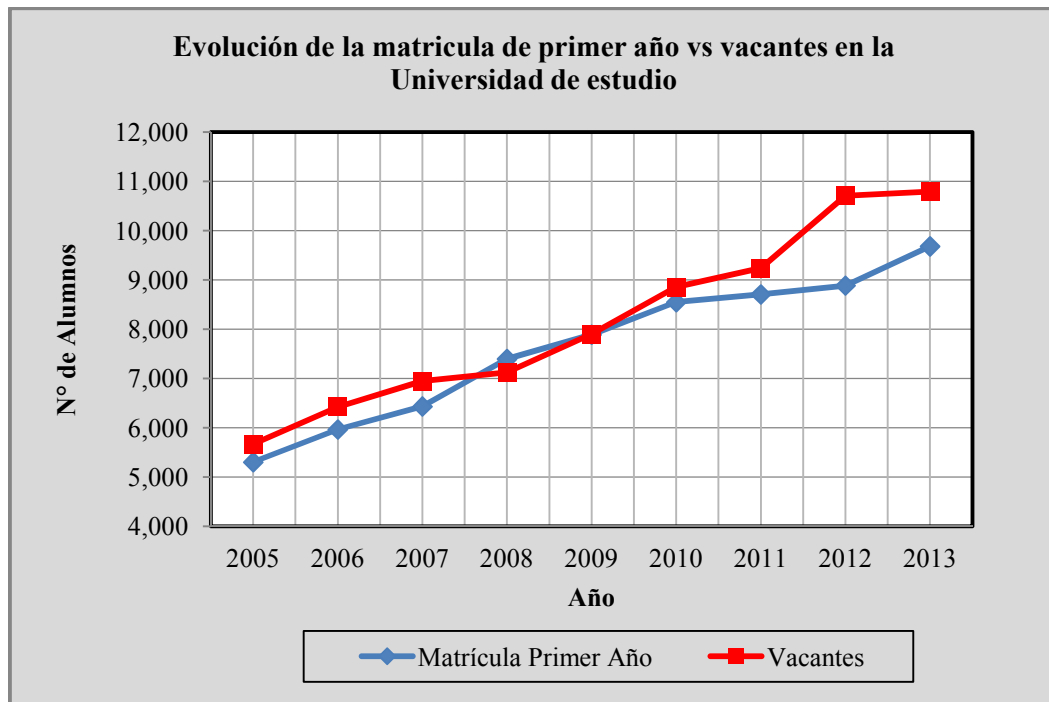


Figura 100. Evolución de la matrícula universitaria de primer año de la casa de estudio en comparación con las vacantes disponibles. Fuente. Elaboración propia. Datos CNED [2].

16.3 Histograma según la preferencia del postulante y porcentaje de estudiantes por preferencia

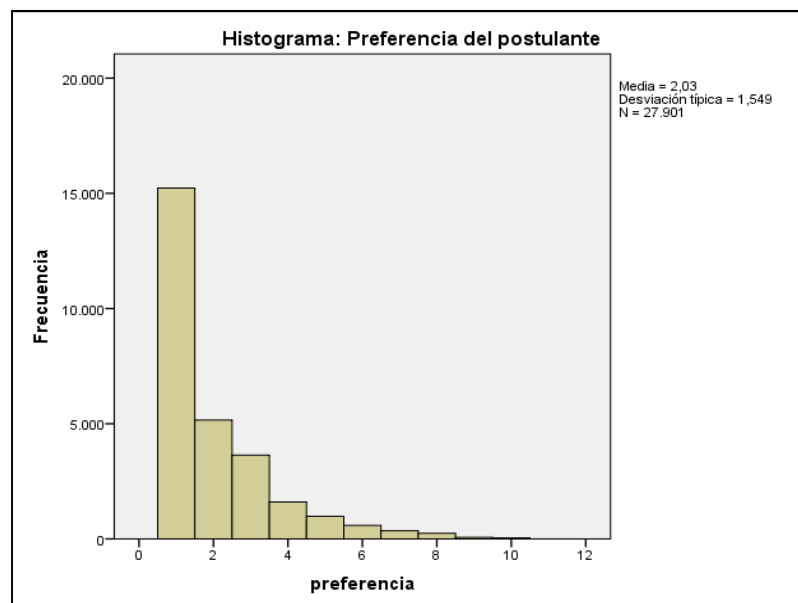


Figura 101. Histograma sobre la variable preferencia de la postulación. Fuente: Elaboración propia.

16.4 Anova de un factor y correlaciones

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arancel Real	Inter-grupos	616324727747634.000	4	154081181936909.000	231.525	.000
	Intra-grupos	18564932435417800.000	27896	665505177639.010		
	Total	19181257163165500.000	27900			
Porcentaje de pago sobre arancel real	Inter-grupos	439.924	4	109.981	867.967	0.000
	Intra-grupos	3534.731	27896	.127		
	Total	3974.655	27900			
Promedio PSU	Inter-grupos	4276406.347	4	1069101.587	405.163	0.000
	Intra-grupos	73608991.797	27896	2638.693		
	Total	77885398.144	27900			
Monto Beca Arancel	Inter-grupos	82664740358285.800	4	20666185089571.400	89.204	.000
	Intra-grupos	6462729093254500.000	27896	231672250260.055		
	Total	6545393833612780.000	27900			

Tabla 41. ANOVA para el factor GSE. Fuente: Elaboración propia.

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ingreso per cápita	Inter-grupos	26722897790159.300	5	5344579558031.860	122.306	.000
	Intra-grupos	1218971765169020.000	27895	43698575557.233		
	Total	1245694662959180.000	27900			
Arancel Real	Inter-grupos	2531829808891140.000	5	506365961778229.000	848.382	0.000
	Intra-grupos	16649427354274300.000	27895	596860632883.109		
	Total	19181257163165500.000	27900			
Porcentaje de pago sobre arancel real	Inter-grupos	348.776	5	69.755	536.648	0.000
	Intra-grupos	3625.879	27895	.130		
	Total	3974.655	27900			

Tabla 42. ANOVA para el factor segmento PSU. Fuente: Elaboración propia.

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de pago sobre arancel real	Inter-grupos	395.954	2	197.977	1543.341	0.000
	Intra-grupos	3578.701	27898	.128		
	Total	3974.655	27900			
Ingreso per cápita	Inter-grupos	196073779494536.000	2	98036889747267.900	2605.734	0.000
	Intra-grupos	1049620883464650.000	27898	37623517222.190		
	Total	1245694662959180.000	27900			
Arancel Real	Inter-grupos	479380683657263.000	2	239690341828631.000	357.551	.000
	Intra-grupos	18701876479508200.000	27898	670366208312.716		
	Total	19181257163165400.000	27900			
Promedio PSU	Inter-grupos	2652755.072	2	1326377.536	491.851	.000
	Intra-grupos	75232643.073	27898	2696.704		
	Total	77885398.144	27900			

Tabla 43. ANOVA para el factor tipo de colegio. Fuente: Elaboración propia.

Correlaciones								
			Porcentaje de pago sobre arancel real	Arancel Real	Ingreso per cápita	Promedio PSU	Ptje NEM	Ptje Ranking
Rho de Spearman	Porcentaje de pago sobre arancel real	Coeficiente de correlación	1.000	,158**	,299**	-,250**	-,113**	-,119**
		Sig. (bilateral)		.000	0.000	0.000	.000	.000
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901
	Arancel Real	Coeficiente de correlación	,158**	1.000	,181**	,313**	,198**	,192**
		Sig. (bilateral)	.000		.000	0.000	.000	.000
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901
	Ingreso per cápita	Coeficiente de correlación	,299**	,181**	1.000	,235**	-,044**	-,065**
		Sig. (bilateral)	0.000	.000		0.000	.000	.000
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901
	Promedio PSU	Coeficiente de correlación	-,250**	,313**	,235**	1.000	,241**	,211**
		Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.000		0.000	.000
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901
	Ptje NEM	Coeficiente de correlación	-,113**	,198**	-,044**	,241**	1.000	,985**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	0.000		0.000
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901
	Ptje Ranking	Coeficiente de correlación	-,119**	,192**	-,065**	,211**	,985**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	0.000	
		N	27901	27901	27901	27901	27901	27901

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 44. Correlación de variables Fuente: Elaboración propia.

16.5 Comparación de criterios del ajuste de la clusterización

El indicador de Gini determina cuan segregados están los datos a medida que el valor de este se acerca a 1. Daves Bouldin depende de la segregación de datos intra clúster versus la distancia entre los centros de los clústers. A medida que el valor del indicador disminuye, más juntos están los datos intra clúster o más separados los centros de los clústers. Se estandarizan los indicadores con el fin de observar en que punto se produce el mayor cambio a medida que aumentan la cantidad de clústers. Esto ocurre con 5 o 6 segmentos.

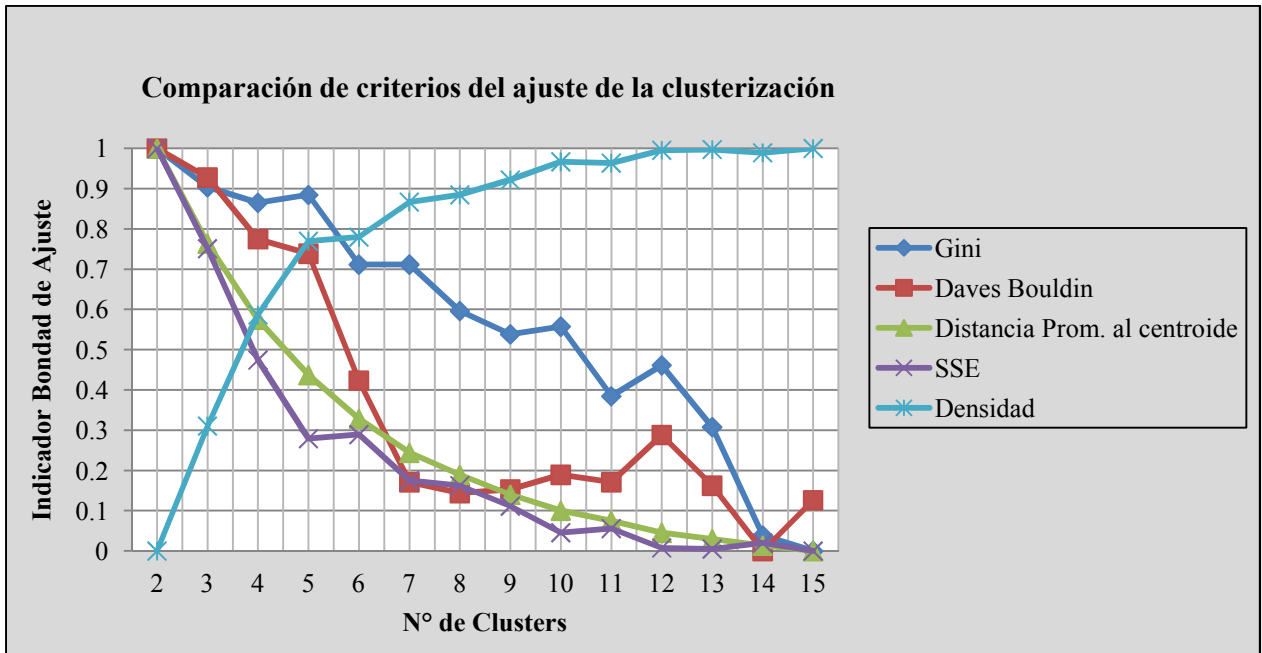


Figura 102. Comparación de criterios de ajuste de la clusterización de programas. Fuente: Elaboración propia.

16.6 Beneficios de pertenecer a un clúster programa, segmento psu y porcentaje de descuento sobre el arancel real.

“Baja Conversión-PSU”	Descuento	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45
	Seg. Psu	0%	]0%,10%]	]10%,15%]	]15%,20%]	]20%,25%]	]25%,30%]	]30%,35%]	]35%,45%]	]45%,55%]
486	Bajo 500	2.88	3.11	3.34	3.57	3.80	4.03	4.26	4.50	4.96
512	500-525	3.03	3.27	3.52	3.76	4.00	4.25	4.49	4.73	5.22
537	525-550	3.18	3.43	3.69	3.94	4.20	4.45	4.71	4.96	5.47
561	550-575	3.32	3.59	3.86	4.12	4.39	4.66	4.92	5.19	5.72
586	575-600	3.46	3.74	4.02	4.30	4.58	4.86	5.13	5.41	5.97
627	Sobre 600	3.71	4.01	4.31	4.60	4.90	5.20	5.50	5.79	6.39
"Desocupados"	Descuento	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45
	Seg. Psu	0%	]0%,10%]	]10%,15%]	]15%,20%]	]20%,25%]	]25%,30%]	]30%,35%]	]35%,45%]	]45%,55%]
486	Bajo 500	3.059	3.299	3.540	3.780	4.021	4.262	4.502	4.743	5.224
512	500-525	3.211	3.464	3.717	3.970	4.224	4.477	4.730	4.984	5.490
537	525-550	3.358	3.624	3.889	4.155	4.420	4.686	4.951	5.217	5.748
561	550-575	3.502	3.780	4.058	4.335	4.613	4.891	5.168	5.446	6.001
586	575-600	3.645	3.935	4.225	4.514	4.804	5.093	5.383	5.673	6.252
627	Sobre 600	3.890	4.200	4.510	4.820	5.130	5.440	5.751	6.061	6.681
"Ocupados"	Descuento	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45
	Seg. Psu	0%	]0%,10%]	]10%,15%]	]15%,20%]	]20%,25%]	]25%,30%]	]30%,35%]	]35%,45%]	]45%,55%]
486	Bajo 500	3.418	3.659	3.899	4.140	4.380	4.621	4.862	5.102	5.583
512	500-525	3.570	3.823	4.077	4.330	4.583	4.836	5.090	5.343	5.850
537	525-550	3.717	3.983	4.249	4.514	4.780	5.045	5.311	5.576	6.108
561	550-575	3.862	4.139	4.417	4.695	4.972	5.250	5.528	5.805	6.361
586	575-600	4.005	4.294	4.584	4.874	5.163	5.453	5.742	6.032	6.611
627	Sobre 600	4.249	4.560	4.870	5.180	5.490	5.800	6.110	6.420	7.040
"Masividad"	Descuento	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45
	Seg. Psu	0%	]0%,10%]	]10%,15%]	]15%,20%]	]20%,25%]	]25%,30%]	]30%,35%]	]35%,45%]	]45%,55%]
486	Bajo 500	3.582	3.837	4.093	4.349	4.604	4.860	5.116	5.371	5.882
512	500-525	3.734	4.003	4.272	4.541	4.810	5.079	5.348	5.617	6.156
537	525-550	3.881	4.163	4.445	4.728	5.010	5.292	5.574	5.856	6.421
561	550-575	4.025	4.320	4.615	4.910	5.206	5.501	5.796	6.091	6.681
586	575-600	4.168	4.476	4.784	5.091	5.399	5.707	6.015	6.322	6.938
627	Sobre 600	4.413	4.743	5.072	5.401	5.731	6.060	6.390	6.719	7.378
“Alta Conversión”	Descuento	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45
	Seg. Psu	0%	]0%,10%]	]10%,15%]	]15%,20%]	]20%,25%]	]25%,30%]	]30%,35%]	]35%,45%]	]45%,55%]
486	Bajo 500	4.043	4.298	4.554	4.809	5.065	5.321	5.576	5.832	6.343
512	500-525	4.194	4.464	4.733	5.002	5.271	5.540	5.809	6.078	6.617
537	525-550	4.342	4.624	4.906	5.188	5.471	5.753	6.035	6.317	6.882
561	550-575	4.486	4.781	5.076	5.371	5.666	5.961	6.256	6.552	7.142
586	575-600	4.629	4.937	5.245	5.552	5.860	6.168	6.476	6.783	7.399
627	Sobre 600	4.874	5.203	5.533	5.862	6.192	6.521	6.851	7.180	7.839

Tabla 45. Utilidades del modelo logit para estudiantes con cae, según el beneficio psu, % de descuento sobre el arancel real y clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

"Baja Conversión-PSU"		Descuento	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
	Seg. PSU		0%	]0%,20%]	]20%,30%]	]30%,40%]	]40%,60%]	]60%,80%]	]80%,100%]
469	Bajo 500		2.02	3.29	3.93	4.56	5.84	7.11	8.39
512	500-525		2.20	3.59	4.29	4.98	6.37	7.76	9.15
537	525-550		2.31	3.77	4.50	5.23	6.68	8.14	9.60
561	550-575		2.41	3.93	4.70	5.46	6.98	8.50	10.03
586	575-600		2.52	4.11	4.91	5.70	7.29	8.88	10.48
633	Sobre 600		2.72	4.44	5.30	6.16	7.88	9.60	11.31
"Desocupados"		Descuento	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
	Seg. PSU		0%	]0%,20%]	]20%,30%]	]30%,40%]	]40%,60%]	]60%,80%]	]80%,100%]
469	Bajo 500		2.197	2.728	2.993	3.259	3.790	4.321	4.852
512	500-525		2.381	2.960	3.250	3.540	4.119	4.699	5.278
537	525-550		2.489	3.097	3.401	3.705	4.313	4.921	5.529
561	550-575		2.591	3.226	3.544	3.861	4.496	5.131	5.766
586	575-600		2.699	3.362	3.694	4.026	4.689	5.353	6.016
633	Sobre 600		2.901	3.617	3.975	4.334	5.050	5.767	6.483
"Ocupados"		Descuento	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
	Seg. PSU		0%	]0%,20%]	]20%,30%]	]30%,40%]	]40%,60%]	]60%,80%]	]80%,100%]
469	Bajo 500		2.556	3.525	4.010	4.495	5.464	6.433	7.402
512	500-525		2.740	3.798	4.327	4.855	5.913	6.971	8.029
537	525-550		2.848	3.958	4.513	5.068	6.177	7.287	8.397
561	550-575		2.950	4.109	4.689	5.268	6.427	7.586	8.745
586	575-600		3.058	4.269	4.875	5.480	6.691	7.902	9.112
633	Sobre 600		3.260	4.568	5.222	5.875	7.183	8.491	9.798
"Masividad"		Descuento	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
	Seg. PSU		0%	]0%,20%]	]20%,30%]	]30%,40%]	]40%,60%]	]60%,80%]	]80%,100%]
469	Bajo 500		3.180	3.692	3.948	4.204	4.716	5.228	5.740
512	500-525		3.364	3.923	4.202	4.482	5.041	5.599	6.158
537	525-550		3.473	4.059	4.352	4.645	5.231	5.817	6.403
561	550-575		3.575	4.187	4.493	4.799	5.411	6.024	6.636
586	575-600		3.683	4.322	4.642	4.962	5.602	6.241	6.881
633	Sobre 600		3.884	4.575	4.921	5.266	5.957	6.647	7.338
"Alta Conversión"		Descuento	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
	Seg. PSU		0%	]0%,20%]	]20%,30%]	]30%,40%]	]40%,60%]	]60%,80%]	]80%,100%]
469	Bajo 500		3.180	3.339	3.418	3.497	3.655	3.813	3.971
512	500-525		3.364	3.537	3.623	3.709	3.882	4.054	4.227
537	525-550		3.473	3.654	3.744	3.835	4.015	4.196	4.377
561	550-575		3.575	3.764	3.858	3.953	4.142	4.331	4.520
586	575-600		3.683	3.880	3.979	4.078	4.275	4.473	4.670
633	Sobre 600		3.884	4.098	4.204	4.311	4.524	4.737	4.951

Tabla 46. Utilidades del modelo logit para estudiantes sin cae, según el beneficio psu, % de descuento sobre el arancel real y clúster programa. Fuente: Elaboración propia.

16.7 Comparación de indicadores para los modelos de optimización

M1: Sin restricción ptje promedio mínimo psu										
Clúster Programa	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Tasa Ocupación	Ingresos
Baja Conversión	924	573	573	\$ 384,800,000	\$ 671,999	505	100%	62%	80%	\$ 505,327,000
Desocupados	795	411	319	\$ 147,060,000	\$ 460,512	542	78%	52%	35%	\$ 363,446,000
Ocupados	4492	2925	2925	\$ 1,264,640,000	\$ 432,403	537	100%	65%	99%	\$ 3,077,200,000
Masivo	3924	2501	1924	\$ 378,460,000	\$ 196,725	560	77%	64%	75%	\$ 4,177,900,000
Alta Conversión	1922	1291	0	\$ 0	-	566	0%	67%	68%	\$ 1,882,690,000
TOTAL	12057	7701	5740	\$ 2,174,960,000	\$ 378,884	547	75%	64%	76%	\$ 10,006,563,000
M1(550): Ptje promedio mínimo psu 550										
Clúster Programa	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Tasa Ocupación	Ingresos
Baja Conversión	924	555	555	\$ 356,820,000	\$ 642,792	508	100%	60%	77%	\$ 432,509,400
Desocupados	795	457	435	\$ 248,120,000	\$ 570,876	545	95%	58%	39%	\$ 369,291,000
Ocupados	4492	2760	2580	\$ 988,400,000	\$ 383,122	541	93%	61%	93%	\$ 2,898,700,000
Masivo	3924	2528	1951	\$ 460,780,000	\$ 236,237	561	77%	64%	76%	\$ 4,127,800,000
Alta Conversión	1922	1337	661	\$ 120,810,000	\$ 182,705	567	49%	70%	70%	\$ 1,801,190,000
TOTAL	12057	7636	6181	\$ 2,174,930,000	\$ 351,855	550	81%	63%	76%	\$ 9,629,490,400
M1(555): Ptje promedio mínimo psu 555										
Clúster Programa	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Tasa Ocupación	Ingresos
Baja Conversión	924	353	153	\$ 92,660,000	\$ 607,248	518	43%	38%	49%	\$ 362,204,000
Desocupados	795	405	262	\$ 194,296,000	\$ 741,729	553	65%	51%	34%	\$ 378,305,000
Ocupados	4492	2644	1764	\$ 930,940,000	\$ 527,669	545	67%	59%	89%	\$ 2,815,100,000
Masivo	3924	2588	1725	\$ 746,900,000	\$ 432,908	563	67%	66%	78%	\$ 3,985,000,000
Alta Conversión	1922	1360	685	\$ 210,750,000	\$ 307,714	568	50%	71%	71%	\$ 1,731,890,000
TOTAL	12057	7350	4589	\$ 2,175,546,000	\$ 474,079	555	62%	61%	73%	\$ 9,272,499,000
PROCESO ADMISIÓN 2014										
Clúster Programa	Convocados	Matriculados	Becados	Gasto	Beca Promedio	PSU	% Becados	Conversión	Tasa Ocupación	Ingresos
Baja Conversión	924	330	123	\$ 86,611,607	\$ 704,159	513	37%	36%	46%	\$ 280,015,228
Desocupados	795	404	175	\$ 171,631,081	\$ 980,749	551	43%	51%	34%	\$ 430,166,508
Ocupados	4492	2563	1004	\$ 719,301,684	\$ 716,436	544	39%	57%	87%	\$ 2,692,805,619
Masivo	3924	2558	977	\$ 835,370,286	\$ 855,036	563	38%	65%	77%	\$ 3,856,558,412
Alta Conversión	1922	1422	463	\$ 362,698,535	\$ 783,366	568	33%	74%	75%	\$ 1,735,969,865
TOTAL	12057	7277	2742	\$ 2,175,613,193	\$ 793,440	554	38%	60%	72%	\$ 8,995,515,632

Tabla 47. Resultados generales de los modelos de optimización. Fuente: Elaboración propia.

16.8 Presupuesto por programa para los modelos de optimización

ID	Programa	Vacantes 2014	Clúster Programa	Presupuesto Beca Arancel M1	Presupuesto Beca Arancel M1 (550)	Presupuesto Beca Arancel M1 (555)
41163	FONOAUDIOLOGIA-VIN	40	Ocupados	\$ 70,257,778	\$ 54,911,111	\$ 51,718,889
41159	OBSTETRICIA Y PUERICULTURA-CON	60	Ocupados	\$ 105,386,667	\$ 82,366,667	\$ 77,578,333
41153	INGENIERIA CIVIL EN MINAS-CON	80	Ocupados	\$ 140,515,556	\$ 109,822,222	\$ 103,437,778
41134	ING. CIVIL EN MINAS-VIN	90	Ocupados	\$ 158,080,000	\$ 123,550,000	\$ 116,367,500
41126	TECNOLOGIA MEDICA-CON	60	Ocupados	\$ 105,386,667	\$ 82,366,667	\$ 77,578,333
41109	INGENIERIA COMERCIAL-CON	50	Ocupados	\$ 87,822,222	\$ 68,638,889	\$ 64,648,611
41106	DERECHO-CON	95	Ocupados	\$ 166,862,222	\$ 130,413,889	\$ 122,832,361
41104	PSICOLOGIA-CON	60	Ocupados	\$ 105,386,667	\$ 82,366,667	\$ 77,578,333
41103	TERAPIA OCUPACIONAL-CON	50	Ocupados	\$ 87,822,222	\$ 68,638,889	\$ 64,648,611
41097	QUIMICA Y FARMACIA-VIN	40	Ocupados	\$ 70,257,778	\$ 54,911,111	\$ 51,718,889
41096	NUTRICION Y DIETETICA-VIN	100	Ocupados	\$ 175,644,444	\$ 137,277,778	\$ 129,297,222
41092	ING SEGURIDAD PREV DE RIESGOS-VIN	50	Ocupados	\$ 87,822,222	\$ 68,638,889	\$ 64,648,611
41070	TRABAJO SOCIAL-VIN	40	Ocupados	\$ 70,257,778	\$ 54,911,111	\$ 51,718,889
41068	PSICOLOGIA-VIN	120	Ocupados	\$ 210,773,333	\$ 164,733,333	\$ 155,156,667
41067	TERAPIA OCUPACIONAL-VIN	70	Ocupados	\$ 122,951,111	\$ 96,094,444	\$ 90,508,056
41061	ARQUITECTURA-VIN	60	Ocupados	\$ 105,386,667	\$ 82,366,667	\$ 77,578,333
41058	QUIMICA Y FARMACIA-REP	140	Ocupados	\$ 245,902,222	\$ 192,188,889	\$ 181,016,111
41053	ING SEGURIDAD PREV DE RIESGOS-REP	140	Ocupados	\$ 245,902,222	\$ 192,188,889	\$ 181,016,111
41049	INGENIERIA EN CONSTRUCCION-REP	80	Ocupados	\$ 140,515,556	\$ 109,822,222	\$ 103,437,778
41048	INGENIERIA EN COMPUT. E INFOR-REP	140	Ocupados	\$ 245,902,222	\$ 192,188,889	\$ 181,016,111
41047	ING AUTOMATIZACION Y ROBOTIC-REP	45	Ocupados	\$ 79,040,000	\$ 61,775,000	\$ 58,183,750
41041	PEDAGOGIA EN INGLES-CAS	85	Ocupados	\$ 149,297,778	\$ 116,686,111	\$ 109,902,639
41039	LICENCIATURA EN HISTORIA-CAS	30	Ocupados	\$ 52,693,333	\$ 41,183,333	\$ 38,789,167
41031	INGENIERIA EN TURISMO Y HOTEL-CAS	70	Ocupados	\$ 122,951,111	\$ 96,094,444	\$ 90,508,056
41029	INGENIERIA EN ADM. EMPRESAS-LNS	120	Ocupados	\$ 210,773,333	\$ 164,733,333	\$ 155,156,667
41027	CONTADOR AUDITOR-LNS	120	Ocupados	\$ 210,773,333	\$ 164,733,333	\$ 155,156,667
41026	MEDICINA VETERINARIA-REP	140	Ocupados	\$ 245,902,222	\$ 192,188,889	\$ 181,016,111
41024	INGENIERIA AMBIENTAL-REP	70	Ocupados	\$ 122,951,111	\$ 96,094,444	\$ 90,508,056
41023	ECOTURISMO-REP	70	Ocupados	\$ 122,951,111	\$ 96,094,444	\$ 90,508,056
41022	BIOLOGIA MARINA-REP	35	Ocupados	\$ 61,475,556	\$ 48,047,222	\$ 45,254,028
41020	PUBLICIDAD-CAS	40	Ocupados	\$ 70,257,778	\$ 54,911,111	\$ 51,718,889
41019	PERIODISMO-CAS	80	Ocupados	\$ 140,515,556	\$ 109,822,222	\$ 103,437,778
41016	SOCIOLOGIA-REP	70	Ocupados	\$ 122,951,111	\$ 96,094,444	\$ 90,508,056
41010	TERAPIA OCUPACIONAL-CAS	140	Ocupados	\$ 245,902,222	\$ 192,188,889	\$ 181,016,111
41008	FONOAUDIOLOGIA-CAS	150	Ocupados	\$ 263,466,667	\$ 205,916,667	\$ 193,945,833
41002	DISEÑO-CAS	40	Ocupados	\$ 70,257,778	\$ 54,911,111	\$ 51,718,889
41000	ARQUITECTURA-CAS	90	Ocupados	\$ 158,080,000	\$ 123,550,000	\$ 116,367,500
41130	ING. CIVIL EN MINAS-REP	160	Masivo	\$ 18,135,250	\$ 22,079,904	\$ 35,790,356
41129	INGENIERIA COMERCIAL-BEL	240	Masivo	\$ 27,202,875	\$ 33,119,856	\$ 53,685,535
41076	INGENIERIA COMERCIAL-VIN	200	Masivo	\$ 22,669,063	\$ 27,599,880	\$ 44,737,945
41071	DERECHO-VIN	170	Masivo	\$ 19,268,703	\$ 23,459,898	\$ 38,027,254
41059	TECNOLOGIA MEDICA-REP	175	Masivo	\$ 19,835,430	\$ 24,149,895	\$ 39,145,702

Tabla 48. Presupuesto por programa, parte 1. Fuente: Elaboración propia.

ID	Programa	Vacantes 2014	Clúster Programa	Presupuesto Beca Arancel M1	Presupuesto Beca Arancel M1 (550)	Presupuesto Beca Arancel M1 (555)
41057	NUTRICION Y DIETETICA-REP	194	Masivo	\$ 21,988,991	\$ 26,771,884	\$ 43,395,807
41046	INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL-REP	300	Masivo	\$ 34,003,594	\$ 41,399,820	\$ 67,106,918
41034	EDUCACION FISICA-CAS	230	Masivo	\$ 26,069,422	\$ 31,739,862	\$ 51,448,637
41032	ENFERMERIA-REP	200	Masivo	\$ 22,669,063	\$ 27,599,880	\$ 44,737,945
41028	INGENIERIA COMERCIAL-CAS	520	Masivo	\$ 58,939,563	\$ 71,759,689	\$ 116,318,658
41021	DERECHO-BEL	320	Masivo	\$ 36,270,500	\$ 44,159,808	\$ 71,580,713
41015	PSICOLOGIA-CAS	180	Masivo	\$ 20,402,156	\$ 24,839,892	\$ 40,264,151
41009	KINESIOLOGIA-CAS	200	Masivo	\$ 22,669,063	\$ 27,599,880	\$ 44,737,945
41004	BACHILLERATO EN CIENCIAS-REP	250	Masivo	\$ 28,336,328	\$ 34,499,850	\$ 55,922,432
41139	DISEÑO DE JUEGOS-CAS	40	Alta Conversión	\$ -	\$ 2,536,693	\$ 4,425,197
41131	ING. CIVIL METALURGIA-REP	100	Alta Conversión	\$ -	\$ 6,341,732	\$ 11,062,992
41123	INGENIERIA EN MARINA MERCANTE-CON	40	Alta Conversión	\$ -	\$ 2,536,693	\$ 4,425,197
41118	GEOLOGIA-CON	80	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,073,386	\$ 8,850,394
41111	ENFERMERIA-CON	100	Alta Conversión	\$ -	\$ 6,341,732	\$ 11,062,992
41098	TECNOLOGIA MEDICA-VIN	90	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,707,559	\$ 9,956,693
41093	INGENIERIA EN TRANSP MARITIMO-VIN	30	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,902,520	\$ 3,318,898
41091	INGENIERIA EN MARINA MERCANTE-VIN	70	Alta Conversión	\$ -	\$ 4,439,213	\$ 7,744,094
41089	INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL-VIN	90	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,707,559	\$ 9,956,693
41088	GEOLOGIA-VIN	80	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,073,386	\$ 8,850,394
41078	ENFERMERIA-VIN	120	Alta Conversión	\$ -	\$ 7,610,079	\$ 13,275,591
41074	INGENIERIA EN ACUICULTURA-VIN	25	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,585,433	\$ 2,765,748
41066	KINESIOLOGIA-VIN	140	Alta Conversión	\$ -	\$ 8,878,425	\$ 15,488,189
41064	INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA-VIN	40	Alta Conversión	\$ -	\$ 2,536,693	\$ 4,425,197
41063	BACHILLERATO EN CIENCIAS-VIN	85	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,390,472	\$ 9,403,543
41055	INGENIERIA INDUSTRIAL-REP	80	Alta Conversión	\$ -	\$ 5,073,386	\$ 8,850,394
41054	INGENIERIA EN GEOLOGIA-REP	45	Alta Conversión	\$ -	\$ 2,853,780	\$ 4,978,346
41045	ING. CIVIL EN INFORMATICA-REP	100	Alta Conversión	\$ -	\$ 6,341,732	\$ 11,062,992
41044	INGENIERIA CIVIL-REP	100	Alta Conversión	\$ -	\$ 6,341,732	\$ 11,062,992
41043	GEOLOGIA-REP	120	Alta Conversión	\$ -	\$ 7,610,079	\$ 13,275,591
41030	ING. ADM. HOTELERA INTERNAC-CAS	50	Alta Conversión	\$ -	\$ 3,170,866	\$ 5,531,496
41014	LICENCIATURA EN QUIMICA-REP	25	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,585,433	\$ 2,765,748
41013	LICENCIATURA EN FISICA-REP	25	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,585,433	\$ 2,765,748
41012	LICENCIATURA EN ASTRONOMIA-REP	40	Alta Conversión	\$ -	\$ 2,536,693	\$ 4,425,197
41011	INGENIERIA FISICA-REP	25	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,585,433	\$ 2,765,748
41007	LICENCIATURA EN BIOLOGIA-REP	30	Alta Conversión	\$ -	\$ 1,902,520	\$ 3,318,898
41006	INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA-REP	75	Alta Conversión	\$ -	\$ 4,756,299	\$ 8,297,244
41005	BIOQUIMICA-REP	60	Alta Conversión	\$ -	\$ 3,805,039	\$ 6,637,795
41162	INGENIERIA CIVIL INFORMATICA-VIN	20	Baja Conversión	\$ 10,688,889	\$ 9,911,667	\$ 5,854,167
41156	FONOAUDIOLOGIA-CON	40	Baja Conversión	\$ 21,377,778	\$ 19,823,333	\$ 11,708,333
41125	NUTRICION Y DIETETICA-CON	50	Baja Conversión	\$ 26,722,222	\$ 24,779,167	\$ 14,635,417
41117	PSICOPEDAGOGIA-CON	40	Baja Conversión	\$ 21,377,778	\$ 19,823,333	\$ 11,708,333
41113	EDUCACION GRAL BASICA-CON	20	Baja Conversión	\$ 10,688,889	\$ 9,911,667	\$ 5,854,167

Tabla 49. Presupuesto por programa, parte 2. Fuente: Elaboración propia.

ID	Programa	Vacantes 2014	Clúster Programa	Presupuesto Beca Arancel M1	Presupuesto Beca Arancel M1 (550)	Presupuesto Beca Arancel M1 (555)
41108	CONTADOR AUDITOR-CON	30	Baja Conversión	\$ 16,033,333	\$ 14,867,500	\$ 8,781,250
41105	TRABAJO SOCIAL-CON	20	Baja Conversión	\$ 10,688,889	\$ 9,911,667	\$ 5,854,167
41102	KINESIOLOGIA-CON	90	Baja Conversión	\$ 48,100,000	\$ 44,602,500	\$ 26,343,750
41100	BACHILLERATO EN CIENCIAS-CON	50	Baja Conversión	\$ 26,722,222	\$ 24,779,167	\$ 14,635,417
41087	PSICOPEDAGOGIA-VIN	50	Baja Conversión	\$ 26,722,222	\$ 24,779,167	\$ 14,635,417
41075	CONTADOR AUDITOR-VIN	20	Baja Conversión	\$ 10,688,889	\$ 9,911,667	\$ 5,854,167
41069	SOCIOLOGIA-VIN	30	Baja Conversión	\$ 16,033,333	\$ 14,867,500	\$ 8,781,250
41051	ING EN LOGISTICA Y TRANSP-REP	30	Baja Conversión	\$ 16,033,333	\$ 14,867,500	\$ 8,781,250
41042	PSICOPEDAGOGIA-CAS	50	Baja Conversión	\$ 26,722,222	\$ 24,779,167	\$ 14,635,417
41033	BACHILLERATO EN HUMANIDADES-REP	30	Baja Conversión	\$ 16,033,333	\$ 14,867,500	\$ 8,781,250
41017	TRABAJO SOCIAL-REP	60	Baja Conversión	\$ 32,066,667	\$ 29,735,000	\$ 17,562,500
41003	LICENCIATURA EN ARTES VISUALES-CAS	30	Baja Conversión	\$ 16,033,333	\$ 14,867,500	\$ 8,781,250
41161	DISEÑO DE PRODUCTOS -VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41160	DISEÑO DE PRODUCTOS -CAS	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41154	INGENIERIA CIVIL METALURGIA-CON	50	Desocupados	\$ 6,205,063	\$ 10,469,198	\$ 8,198,143
41140	INGENIERIA BIOINFORMATICA-REP	30	Desocupados	\$ 3,723,038	\$ 6,281,519	\$ 4,918,886
41138	DISEÑO DE VESTUARIO Y TEXTIL-CAS	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41137	ING. EN TELECOMUNICACIONES-REP	30	Desocupados	\$ 3,723,038	\$ 6,281,519	\$ 4,918,886
41136	INGENIERIA EN TURISMO Y HOTEL-VIN	35	Desocupados	\$ 4,343,544	\$ 7,328,439	\$ 5,738,700
41135	ING. CIVIL METALURGIA-VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41133	DERECHO Y EMPRESARIALES-BEL	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41128	BACHILLERATO EN CIENCIAS-CAS	75	Desocupados	\$ 9,307,595	\$ 15,703,797	\$ 12,297,215
41121	INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL-CON	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41119	INGENIERIA CIVIL-CON	30	Desocupados	\$ 3,723,038	\$ 6,281,519	\$ 4,918,886
41116	PEDAGOGIA EN INGLES-CON	45	Desocupados	\$ 5,584,557	\$ 9,422,278	\$ 7,378,329
41107	ECOTURISMO-CON	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41090	INGENIERIA EN COMPUT. E INFOR-VIN	30	Desocupados	\$ 3,723,038	\$ 6,281,519	\$ 4,918,886
41086	PEDAGOGIA EN INGLES-VIN	60	Desocupados	\$ 7,446,076	\$ 12,563,038	\$ 9,837,772
41084	LICENCIATURA EN HISTORIA-VIN	20	Desocupados	\$ 2,482,025	\$ 4,187,679	\$ 3,279,257
41082	EDUCACION PARVULARIA-VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41081	EDUCACION GRAL BASICA-VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41080	EDUCACION FISICA-VIN	100	Desocupados	\$ 12,410,127	\$ 20,938,397	\$ 16,396,287
41077	INGENIERIA EN ADM. EMPRESAS-VIN	45	Desocupados	\$ 5,584,557	\$ 9,422,278	\$ 7,378,329
41072	ECOTURISMO-VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41062	DISEÑO GRAFICO-VIN	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515
41050	INGENIERIA EN GEST INFORMATIC-REP	20	Desocupados	\$ 2,482,025	\$ 4,187,679	\$ 3,279,257
41040	LICENCIATURA EN LETRAS-CAS	30	Desocupados	\$ 3,723,038	\$ 6,281,519	\$ 4,918,886
41038	LICENCIATURA EN FILOSOFIA-CAS	20	Desocupados	\$ 2,482,025	\$ 4,187,679	\$ 3,279,257
41037	EDUCACION PARVULARIA-CAS	60	Desocupados	\$ 7,446,076	\$ 12,563,038	\$ 9,837,772
41036	EDUCACION MUSICAL-CAS	25	Desocupados	\$ 3,102,532	\$ 5,234,599	\$ 4,099,072
41035	EDUCACION GRAL BASICA-CAS	40	Desocupados	\$ 4,964,051	\$ 8,375,359	\$ 6,558,515

Tabla 50. Presupuesto por programa, parte 3. Fuente: Elaboración propia.