

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA EDUCACIÓN
RURAL**

INFORME FINAL



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Septiembre, 2009

CONTENIDO

1	Introducción.....	12
1.1	Antecedentes.....	12
1.2	Objetivos del estudio	13
1.3	Contenido del informe.....	13
2	Recopilación de información	15
2.1	Definición de la información relevante para el estudio	15
2.2	Identificación general de la información disponible en el estudio	15
2.3	Identificación de bases de datos disponibles para el estudio	16
3	Especificación del Modelo de Localización.....	20
3.1	Descripción del Modelo de Localización propuesto.....	20
3.2	Supuestos y consideraciones del Modelo de Localización.....	22
3.3	Especificación detallada del Modelo de Localización.....	26
3.3.1	Índices del Modelo de Localización	26
3.3.2	Conjuntos de índices del Modelo de Localización.....	27
3.3.3	Parámetros del Modelo de Localización	27
3.3.4	Variables del Modelo de Localización.....	29
3.3.5	Función objetivo del Modelo de Localización	29
3.3.6	Restricciones del Modelo de Localización	30
3.4	Limitaciones del Modelo de Localización	34
4	Desarrollo del software	36
4.1	Estructura del software	36
4.2	Implementación del Modelo de Localización.....	36
4.3	Archivos de entrada del Modelo de Localización	37
4.4	Archivos de salida del Modelo de Localización	40
4.4.1	Despliegue gráfico de archivos de salida del Modelo de Localización	42

4.5	Esquema general de aplicación del Modelo de Localización	43
5	Generación de datos de entrada y parámetros utilizados por el Modelo de Localización	47
5.1	Red Vial.....	49
5.1.1	Bases generadas a través de procesos.....	49
5.1.2	Bases generadas a través de modelos	51
5.2	Oferta.....	52
5.2.1	Bases generadas a través de procesos	52
5.2.2	Bases Generadas con la información disponible	54
5.2.3	Bases generadas a través de supuestos	58
5.3	Demanda.....	60
5.3.1	Bases generadas a través de sub-modelos	60
5.3.2	Bases generadas con información disponible	64
5.3.3	Bases generadas empleando supuestos	65
5.4	Otros parámetros.....	65
5.4.1	Bases generadas a través de supuestos	65
6	Resultados de la aplicación del Modelo de Localización a nivel país por región	67
6.1	I Región de Tarapacá	67
6.2	II Región de Antofagasta	69
6.3	III Región de Atacama	70
6.4	IV Región de Coquimbo.....	72
6.5	V Región de Valparaíso	74
6.5.1	Media	75
6.5.2	Municipal	75
6.6	VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins	75
6.7	VII Región del Maule	77

6.8	VIII Región del Biobío	79
6.8.1	Municipal	80
6.9	IX Región de la Araucanía	81
6.10	X Región de Los Lagos. Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren.....	83
6.11	X Región de Los Lagos. Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región.....	85
6.12	X Región de Los Lagos. Zona Insular, Isla Grande de Chiloé.....	86
6.13	XI Región de Aysén.....	88
6.14	XII Región de Magallanes y Antártica Chilena	89
6.15	XIII Región Metropolitana	91
	Tipo de Enseñanza	92
	Tipo de Dependencia.....	92
6.16	XIV Región de Los Ríos.....	93
6.17	XV Región de Arica y Parinacota.....	94
6.18	Resumen País	96
7	Conclusiones y recomendaciones	98
8	Anexos	105
8.1	Recolección de información relevante	105
8.1.1	Protocolo de recolección de información de MINEDUC	105
8.1.2	Especificación del contenido de las fuentes de información recolectadas.	105
8.2	Diagnóstico de la localización actual de establecimientos educacionales rurales 115	
8.2.1	Análisis de cobertura de establecimientos rurales	115
8.2.2	Análisis del acceso de los alumnos a los establecimientos a partir del SIMCE 119	
8.3	Descripción metodológica de bases de trabajo generadas a partir del diagnóstico de la localización actual de establecimientos educacionales rurales.....	129

8.3.1	Base SIMCE de alumnos con información socioeconómica y tiempo de viaje 129	
8.3.2	Base SIMCE de establecimientos con nuevas variables.....	130
8.3.3	Proyección de población a nivel comunal	130
8.4	Estrategia de consideración del rendimiento académico en el modelo de optimización	130
8.4.1	Referencias bibliográficas sobre evaluación del rendimiento académico..	135
8.5	Bases de trabajo generadas para uso del modelo de localización	139
8.5.1	Base de matrículas	139
8.5.2	Base de las capacidades de establecimientos.....	140
8.5.3	Base de grados por escuela	140
8.5.4	Base de Remuneraciones de profesores	141
8.5.5	Base de Remuneraciones de directores	141
8.5.6	Base de Infraestructura	141
8.5.7	Bases de población	142
8.5.8	Base de entidades rurales	144
8.5.9	Base de Establecimientos geo-codificados.....	144
8.5.10	Base de Red vial	145
8.6	Anexos Resultados.....	146
8.6.1	VII Región del Maule (Zona 1)	146
8.6.2	VII Región del Maule (Zona 2)	147
8.6.3	VII Región del Maule	149
8.6.4	VIII Región del Biobío (Zona 1).....	150
8.6.5	VIII Región del Biobío (Zona 2).....	152
8.6.6	VIII Región del Biobío	153
8.6.7	IX Región de La Araucanía (Zona 1)	154
8.6.8	IX Región de La Araucanía (Zona 2)	156

8.6.9	IX Región de La Araucanía.....	157
8.6.10	Región de Los Lagos (Zona 1)	158
8.6.11	X Región de Los Lagos (Zona 2)	160
8.6.12	X Región de Los Lagos (Zonas 1 y 2).....	161
9	Anexos magnéticos.....	163
9.1	Bases de trabajo generadas para el diagnóstico de la situación actual.....	163
9.2	Bases de trabajo generadas para el uso del modelo de localización	163
9.3	Modelo de localización	163
9.4	Despliegue gráfico de resultados del modelo de localización	163
9.5	Códigos Gams comentados.....	163

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Fuentes de información solicitadas y su estado de disponibilidad	18
Tabla 2.	Establecimientos educaciones según régimen de cursos simples o multigrados.	34
Tabla 3.	Clasificación de datos de entrada del Modelo de Localización	47
Tabla 4.	Cálculo de distancias. Ejemplo de tabla de salida en ArcView 3.2.	50
Tabla 5.	Costos promedio de profesores de establecimientos rurales por región.....	56
Tabla 6.	Costo promedio de directores de establecimientos educacionales por región....	57
Tabla 7.	Tasas de fecundidad periodo 2000-2003 para población rural en edad fértil.....	61
Tabla 8.	Tabla resumen, escenario optimizado I Región.....	68
Tabla 9.	Escuelas a cerrar, I Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	68
Tabla 10.	Tabla resumen, escenario optimizado II Región.....	69
Tabla 11.	Escuelas a cerrar, II Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	70
Tabla 12.	Tabla resumen, escenario optimizado III Región.....	71
Tabla 13.	Escuelas a cerrar, III Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.) ...	72

Tabla 14. Tabla resumen, escenario optimizado IV Región.	73
Tabla 15. Escuelas a cerrar, IV Región.....	73
Tabla 16. Tabla resumen, escenario optimizado V Región.	74
Tabla 17. Escuelas a cerrar, V Región.....	75
Tabla 18. Tabla resumen, escenario optimizado VI Región.	76
Tabla 19. Escuelas a cerrar, VI Región.....	76
Tabla 20. Tabla resumen, escenario optimizado VII Región.	77
Tabla 21. Escuelas a cerrar, VII Región.....	78
Tabla 22. Tabla resumen, escenario optimizado VIII Región.	79
Tabla 23. Escuelas a cerrar, VIII Región.....	80
Tabla 24. Tabla resumen, escenario optimizado IX Región.	81
Tabla 25. Escuelas a cerrar, IX Región.....	82
Tabla 26. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren).	83
Tabla 27. Escuelas a Cerrar, X Región Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren).....	84
Tabla 28. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región).....	85
Tabla 29. Escuelas a Cerrar, X Región (Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región).....	86
Tabla 30. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona Insular, Isla Grande de Chiloé).	87
Tabla 31. Escuelas a Cerrar, X Región (Zona Insular, Isla Grande de Chiloé).....	87
Tabla 32. Tabla resumen, escenario optimizado XI Región.	88
Tabla 33. Escuelas a cerrar, XI Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)...	89
Tabla 34. Tabla resumen, escenario optimizado XII Región.	90
Tabla 35. Escuelas a cerrar, XII Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)..	91
Tabla 36. Tabla resumen, escenario optimizado XIII Región.	91
Tabla 37. Escuelas a cerrar, XIII Región.....	92

Tabla 38. Tabla resumen, escenario optimizado XIV Región.....	93
Tabla 39. Escuelas a cerrar, XIV Región	94
Tabla 40. Tabla resumen, escenario optimizado XV Región.....	95
Tabla 41. Escuelas a cerrar, XV Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.) .	95
Tabla 42. Tabla resumen optimización país.....	96
Tabla 43. Distribución de la dependencia de colegios existentes versus los colegios que cierra el modelo.	103
Tabla 44. Cobertura educacional rural, agregada a nivel de Región.....	118
Tabla 45. Cobertura educacional urbana y rural, agregada a nivel de Región	118
Tabla 46. Estudiantes según Medio de Transporte, año 2003 (2º medio)	119
Tabla 47. Medios de Transporte utilizados según Grupo Socioeconómico, año 2003 (2º medio)	120
Tabla 48. Tiempos de viaje (en minutos) según medio de transporte, año 2003 (2º medio)	121
Tabla 49. Cantidad de estudiantes que sobrepasan el umbral de tiempo de viaje, año 2003 (2º medio)	122
Tabla 50. Ranking Regional según con IEV, año 2003 (2º medio).....	122
Tabla 51. Ranking de establecimientos con alto IEV, año 2003 (2º medio).....	123
Tabla 52. Estudiantes según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico).....	124
Tabla 53. Medios de Transporte según Grupo Socioeconómico, año 2004 (8º básico)..	125
Tabla 54. Tiempos de Viaje según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico).....	126
Tabla 55. Cantidad de estudiantes que sobrepasan el umbral de tiempo de viaje, año 2004 (8º básico).....	126
Tabla 56. Ranking Regional según con IEV, año 2004 (8º básico)	127
Tabla 57. Ranking de establecimientos con alto IEV, año 2004 (8º básico)	128
Tabla 58. Variables que afectan el rendimiento, según características del establecimiento	131
Tabla 59. Variables que afectan el rendimiento, según materiales educativos.....	132
Tabla 60. Variables que afectan el rendimiento, según características del profesor	132

Tabla 61. Variables que afectan el rendimiento, según características del Director.	133
Tabla 62. Variables que afectan el rendimiento, según características del estudiante y su familia.	134
Tabla 63. Variables que afectan el rendimiento, según motivación e inserción del estudiante en el sistema educativo.	134
Tabla 64. Costos de infraestructura	141
Tabla 65. Códigos únicos territoriales (CUT) asignados a nuevas Regiones y Provincias	143
Tabla 66. Distritos Censales asignados a nuevas comunas.....	143
Tabla 67. Lista de establecimientos geocodificados por región.....	145
Tabla 68. Tabla resumen, escenario optimizado VII región(Zona 1).	146
Tabla 69. Escuelas a cerrar, VII región (Zona 1).....	147
Tabla 70. Tabla resumen, escenario optimizado VII región (Zona 2)	148
Tabla 71. Escuelas a cerrar, VII región (Zona 2).....	148
Tabla 72. Tabla resumen, escenario optimizado VII región.....	149
Tabla 73. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región (Zona 1)	150
Tabla 74. Escuelas a cerrar, VIII región (Zona 1).....	151
Tabla 75. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región (Zona 2)	152
Tabla 76. Escuelas a cerrar, VIII región (Zona 2).....	153
Tabla 77. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región.....	153
Tabla 78. Tabla resumen, escenario optimizado IX región (Zona 1)	154
Tabla 79. Escuelas a cerrar, IX región (Zona 1).....	155
Tabla 80. Tabla resumen, escenario optimizado IX región (Zona 2)	156
Tabla 81. Escuelas a cerrar, IX región (Zona 2).....	156
Tabla 82. Tabla resumen, escenario optimizado IX región.....	157
Tabla 83. Tabla resumen, escenario optimizado X región (Zona 1)	158
Tabla 84. Escuelas a cerrar, X región (Zona 1).....	159
Tabla 85. Tabla resumen, escenario optimizado X región (Zona 2)	160

Tabla 86. Escuelas a cerrar, X región (Zona 2).....	160
Tabla 87. Tabla resumen, escenario optimizado X región.....	161

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de despliegue gráfico en ArcMap de resultados del modelo.	43
Figura 2. Esquema de los procesos para la aplicación el modelo de localización.	45
Figura 3. Sub-modelo 1. Calculo de distancias entre entidades y establecimientos y entidades candidatas.....	46
Figura 4. Submodelo 2. Calculo de demanda servida ajustada a matrícula 2007.	46

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Inversión requerida por región (en millones de pesos anuales). Usando restricción de distancia de 50 km en regiones extremas.....	101
Gráfico 2. Ahorro en costos respecto a situación base. Usando restricción de distancia de 50 km en regiones extremas.....	101
Gráfico 3. Inversión requerida por región (en millones de pesos anuales). No se usa restricción de distancia de 50 km en regiones extremas.	102
Gráfico 4. Ahorro en costos respecto a situación base. No se usa restricción de distancia de 50 km en regiones extremas.....	102
Gráfico 5. Composición Socioeconómica de la muestra, año 2003 (2º medio).....	120
Gráfico 6. Tiempos de viaje según medio de transporte, año 2003 (2º medio).....	121
Gráfico 7. Composición Socioeconómica de la muestra, año 2004 (8º básico).....	125
Gráfico 8. Tiempos de Viaje según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico).....	126

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En Chile, se contabilizan 4.426 establecimientos educacionales funcionando en zonas rurales, los que representan el 37,62 % del total de unidades educativas que operan en el país¹.

La educación en áreas rurales presenta singularidades que generan ineficiencias posibles de corregir. En efecto, se observa que los establecimientos educacionales en zonas rurales, en general, atienden a pocos alumnos con relación a los establecimientos establecidos en áreas urbanas. Durante el año 2007, 348.306 alumnos asistieron a unidades educativas en área rural, lo que representa sólo al 9.32% del total de alumnos que pertenece al sistema educativo². Además, el sector rural se caracteriza por la pérdida de alumnos y una relación alumnos por profesor, extremadamente baja. Adicionalmente, dado que los establecimientos rurales -por definición- se ubican en zonas geográficas de baja densidad poblacional, están incapacitados para aumentar su matrícula.

En consecuencia, no es posible implementar un tamaño mínimo eficiente, lo que genera ineficiencia y falta de oportunidades para los alumnos. Es claro que un establecimiento unidocente entrega menos opciones a sus alumnos que uno con un mayor número de docentes y al mismo tiempo, la calidad de la educación impartida depende fuertemente de lo que pueda hacer este único docente. Aunque, la subvención de ruralidad tiene por objetivo cubrir los mayores costos de educar a niños en zonas rurales, una asignación más eficiente de las subvenciones podría permitir contar con centros con mayores recursos económicos y pedagógicos para así entregar una educación de mayor calidad.

Además, existen otras características adicionales de estos establecimientos rurales, que los diferencian del sector urbano. Específicamente, la existencia de los cursos combinados, es decir, cursos de 2 hasta 4 grados simultáneamente. Existen 2.542 establecimientos que tienen menos de 4 docentes³, los que en su mayoría atienden cursos multigrados, y corresponden a educación básica. Conjuntamente, se observa que los docentes que se desempeñan en el sector rural, tienen en promedio, más años de servicio que el promedio general municipal.

Los problemas descritos afectan principalmente al sector municipal, ya que éste se hace cargo del 77.90% de los establecimientos educacionales en áreas rurales⁴, los que atienden al 71.65% de la matrícula en estas áreas⁵.

Para eliminar estas ineficiencias generadas en el sistema, se hace necesario realizar intervenciones que permitan optimizar el sistema educativo en los sectores rurales. No

¹ Fuente: Base de datos Directorio de Establecimientos de Chile (MINEDUC, 2007)

² Fuente: Base de datos Directorio de Matriculas (MINEDUC, 2007)

³ Fuente: Base de datos Idoneidad Docente (MINEDUC, 2007)

⁴ Fuente: Base de datos Directorio de Matriculas (MINEDUC, 2007)

⁵ Fuente: Base de datos Directorio de Matriculas (MINEDUC, 2007)

obstante, las intervenciones deben surgir de un proceso de planificación de calidad, que permita considerar las características específicas del sector rural y los objetivos de gobierno acerca del sistema educacional.

Por lo tanto, surge la necesidad de diseñar y aplicar un modelo de optimización geográfica, que defina el nivel y tipo de intervenciones en cada localidad rural del país, respecto al tamaño, ubicación y acceso a los establecimientos. Sin embargo, no basta con determinar ubicaciones y modos de acceso a ellas, ya que intervenciones como estas, necesariamente tienen impacto en la forma de vida de las personas en áreas rurales. Entonces, este enfoque de trabajo se debe complementar con evaluaciones de impacto cultural en las zonas que se desean intervenir. Adicionalmente, la política educativa debe contribuir al desarrollo del país, por lo tanto, el resultado de la optimización geográfica, también debe ser congruente con las estrategias de desarrollo local.

En consecuencia, el diseño y aplicación de un modelo de optimización geográfica, constituye la primera etapa de un completo sistema de mejoramiento de la educación en áreas rurales, el cual debe complementarse con estudios posteriores, sobre impacto cultural y desarrollo local. Este estudio centra su atención en la primera etapa de este proceso, buscando optimizar la distribución geográfica de los establecimientos, considerando el costo de transporte de los alumnos a éstos.

1.2 Objetivos del estudio

El objetivo general del estudio es diseñar y aplicar un sistema de información geográfica que permita determinar la localización óptima de establecimientos educacionales rurales y sus rutas de transporte de acceso a ellos, sujeto a restricciones de densidad poblacional, accesibilidad e importancia geopolítica.

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes

- A. Diagnosticar la situación actual de la educación rural e identificar asignaciones ineficientes, considerando la oferta y demanda por educación, según la información disponible.
- B. Definir un modelo de optimización geográfica de establecimientos educacionales rurales, que incorpore variables de diversa índole.
- C. Identificar ubicaciones óptimas de las unidades educativas en zona rural, en base a proyecciones demográficas, restricciones de accesibilidad y transporte.
- D. Generar propuestas para enfrentar el problema de localización de escuelas rurales, en el mediano y largo plazo.

1.3 Contenido del informe

En el segundo capítulo de este informe se describe la recopilación de información útil para los objetivos del estudio. En el capítulo siguiente se aborda la especificación del modelo de localización de establecimientos rurales en Chile, desde una formulación conceptual hasta una matemática detallada. En el cuarto capítulo se describe el software que

implementa el modelo anterior, identificándose los archivos de entrada y de salida y los procesos necesarios para su ejecución. La generación de los datos de entrada y parámetros utilizados por el modelo se explica en el capítulo siguiente. En el sexto capítulo se presentan los resultados de la aplicación del modelo a nivel país por región. Las principales conclusiones y sugerencias del estudio se consignan en el séptimo capítulo. Los dos últimos capítulos de este informe contienen anexos de este estudio.

Por motivos prácticos se dejó en un cuerpo separado el manual de usuario, donde se detallan los procedimientos básicos para ejecutar y modificar el modelo de localización, usando las herramientas computacionales Gams y CPLEX, y el despliegue gráfico de resultados, utilizando el software ArcGis.

Cabe mencionar, que el capítulo concerniente a la aplicación del modelo sobre una zona de prueba, no se incluye explícitamente en el presente informe, pero aparece de forma implícita en este, debido a que representa el proceso de desarrollo del software, cuyos resultados están incluidos en el diseño, implementación y aplicación del modelo de localización.

De igual forma, se omite el capítulo referente a la visita en terreno, debido a que se reemplaza por un seminario a cargo del equipo consultor de la Universidad de Chile, al final del estudio, en el cual se analiza el modelo de localización y la utilización apropiada del software que lo implementa. Este cambio fue acordado con la contraparte de MINEDUC y contribuye a una mejor comprensión del modelo, así como de las complejidades inherentes en su aplicación.

2 Recopilación de información

2.1 Definición de la información relevante para el estudio

En este estudio se propuso recopilar y procesar información que permitiese caracterizar los establecimientos actualmente existentes, la generación y modificación de éstos y la demanda potencial y servida por este tipo de establecimientos.

Respecto a los alumnos, se investigó y recolectaron antecedentes sobre los factores que influyen sobre la demanda por servicios educacionales y el rendimiento de los alumnos. La información a recopilar se determinó considerando estos antecedentes, la disponibilidad de información y los objetivos de este estudio, que se orientan a la infraestructura educacional y no a la gestión del proceso educacional.

Con relación a la generación y modificación de los establecimientos educacionales, se recolectó información disponible principalmente sobre los costos de infraestructura, equipamiento y operación de éstos, la disponibilidad de espacio para modificarlos y factores educacionales, económicos, administrativos y políticos que limitan o impiden la construcción de nuevos establecimientos y el cierre o transformación de los existentes.

2.2 Identificación general de la información disponible en el estudio

La información proveniente del Censo Nacional de Población y Vivienda es una fuente muy relevante para caracterizar la demanda educacional potencial. A través de un acuerdo establecido entre MINEDUC y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) esta información estuvo disponible para su uso en este estudio (para mayor detalle remitirse al capítulo 8.1.1 del Anexo). El procesamiento de esta información, a cargo de la Universidad de Chile, se realizó mediante la operación del programa REDATAM.

En el ejercicio de sus funciones y atribuciones legales, MINEDUC ha generado y mantenido un conjunto de fuentes de información útiles para caracterizar a la demanda educacional atendida o servida y a los establecimientos educacionales. Las fuentes principales que aportan información en estos aspectos son:

- Sistema de información territorial de educación (SITE), el cual contiene una base con los establecimientos educacionales de Chile, la red vial de acceso a ellos y la división política administrativa. Alrededor del 82% de los establecimientos están georeferenciados en una cartografía de este sistema. La red vial contiene información del tipo de carpeta de rodado (pavimento, ripio o arena) y categoría de los distintos ejes viales (autopista, principal, primario o secundario).
- Directorios de establecimientos educacionales de Chile con características de ellos, con información de matrículas, rendimiento escolar y dotación de profesores y de asistentes de la educación.

- Bases de información del proyecto Info-escuela, que contiene información sobre la planta física (superficie de terreno y de construcción y número de aulas) y equipamiento (computadores, biblioteca, conexión a Internet) de los establecimientos y de sus capacidades.
- Registro de estudiantes de los establecimientos educacionales de Chile (RECH) con algunas características de ellos importantes para este estudio, como por ejemplo, la comuna de residencia, permanencia en el establecimiento, origen étnico o presencia de limitaciones cognitivas.
- Base de información de rendimiento en prueba SIMCE de los establecimientos y de motivaciones para la elección de los establecimientos reportada por los apoderados. Esta información está disponible para una parte del universo de establecimientos.

2.3 Identificación de bases de datos disponibles para el estudio

Las fuentes de información útiles para los objetivos del estudio y solicitadas por la Universidad a MINEDUC fueron las siguientes:

1. Sistema de Información Territorial (SITE), que incluye:
 - Coberturas de Establecimientos educacionales rurales y urbanos de Chile año 2008.
 - Coberturas de la división política administrativa de Chile: Región, Provincia, Comuna.
 - Cobertura de Red Vial de Chile
2. Cobertura de Entidades⁶ Pobladas Rurales de Chile 2002.
3. Directorio de Establecimientos Educacionales urbanos y rurales de Chile de cada año del periodo 2002 – 2008
4. Registro de Idoneidad Docente de Chile por establecimiento educacional urbano y rural y a nivel desagregado sin identificador de cada año del periodo 2002 – 2008

⁶ Según INE (2002) se entiende por Entidad Rural a un asentamiento humano, concentrado o disperso, que posee 1.000 o menos habitantes. Son entidades rurales: Aldea, Caserío, Asentamiento Minero, Fundo – Estancia – Hacienda, Parcela – Hijueta, Parcela de Agrado, Comunidad Indígena entre otras.

Cartográficamente las entidades rurales corresponden a puntos definidos por las coordenadas geográficas que localizan las distintas Aldeas, Caseríos, Comunidades Indígenas, etc, que existen en el territorio nacional.

5. Registro de Info-Escuela de Chile por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
6. Registro de Estudiantes de Chile por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
7. Directorio de Matrículas de Chile por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
8. Registro de Rendimiento Escolar de Chile por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
9. SIMCE de Chile por alumno y establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
10. Registro de Subvenciones otorgadas de Chile por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
11. Información de Remuneraciones del personal docente y no docente por establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2002 – 2008
12. Información de costos de generación y transformación de establecimientos educacionales rurales y urbanos del periodo 2002 - 2008 en el marco del aporte de capital de MINEDUC (área Infraestructura Educacional)
 - Preferentemente, generación de establecimientos educacionales rurales en el marco de la Jornada Escolar Completa y el subsidio previamente otorgado
 - Información de estándares que deben satisfacer los establecimientos educacionales
13. Información sobre categorización SEP (subsidio escolar preferencial) por alumno y establecimiento educacional urbano y rural de cada año del periodo 2007 – 2008
14. Aporte de MINEDUC al Fondo Regional de Educación Municipal en Chile de cada año del periodo 2002 – 2008
15. Base de datos de Censo de Población y Vivienda año 2002.

A continuación, se presenta una tabla donde se indica la disponibilidad de las distintas fuentes de información solicitadas (el detalle de las fuentes disponibles se encuentran en el capítulo de 8.1.2 Anexos).

Tabla 1. Fuentes de información solicitadas y su estado de disponibilidad

Fuente	Estado	Periodo	Formato	Observación
1.- SITE: Cobertura de establecimientos educativos urbanos y rurales	Disponible		Shapefile	Se entregó el 82% de colegios georeferenciados.
1.- SITE: Cobertura de División Política Administrativa	Disponible		Shapefile	
1.- SITE: Cobertura de Red vial	Disponible		Shapefile	Red no topológica. No se dispone de cobertura de calles del Gran Santiago y otros centros poblados urbanos del país.
2.- Cobertura de Entidades rurales	Disponible		dBase	Información facilitada por el MOP.
3.- Directorio de establecimientos de Chile	Disponible	2002-2007	dBase	
4.- Registro de idoneidad docente de Chile	Disponible	2002-2007	dBase	
5.- Registro de Info-Escuela de Chile	Disponible	2002-2007	Excel	
6.- Registro de Estudiantes de Chile	Disponible	2002-2007	Spss-dBase	
7.- Directorio de Matrículas de Chile	Disponible	2002-2007	dBase	
8.- Registro de rendimiento escolar de Chile	Disponible	2002-2007	dBase-Excel	

Fuente	Estado	Periodo	Formato	Observación
9.- SIMCE de Chile	Disponible	2002-2007	dBase	
10.- Registro de subvenciones otorgadas de Chile	Disponible			Sólo se obtuvo información del valor de la subvención por alumno a nivel país.
11.- Información de remuneraciones del personal docente y no docente	Disponible	2006		Sólo disponible para personal docente
12.- Costos de generación y transformación de establecimientos	Disponible	2008	Excel	Corresponde a información de costos en UF. de 517 colegios.
13.- Subsidio Escolar Preferencial	No disponible			
14.- Aportes a FNDR	No disponible			La contraparte de MINEDUC en este estudio indicó que no es posible obtener esta información debido a que estos aportes se disgregan entre las Seremis y no existe una consolidación de estos.
15.- Censo de Población y de Vivienda del 2002	Disponible	2002	REDATAM	Incluye el software Redatam G4.

Fuente: Elaboración propia.

3 Especificación del Modelo de Localización

3.1 Descripción del Modelo de Localización propuesto

Al año 2007, existen 4.426 establecimientos rurales a lo largo del país, siendo la mayor parte de ellos municipales y subvencionados (sólo el 0.5% del total corresponden a establecimientos privados). La mayor parte de la oferta rural se concentra en el sur del país, específicamente en las regiones IX y X donde se concentra el 45% del total de establecimientos; por otro lado las regiones de los extremos del país (I, II, III, XI y XII) sólo reúnen el 4% del total del país.

Para resolver el problema de localización óptima de establecimientos educacionales rurales en Chile, se plantea un modelo de optimización, el cual entrega como resultado qué escuelas actuales deben mantener su estructura física y los cursos que imparten o deben modificarlos y qué escuelas deben abrirse o cerrarse y dónde. Junto a lo anterior, este modelo realiza una asignación de los alumnos a las distintas escuelas, es decir, determina a qué escuela muy probablemente asisten los alumnos. Los resultados de este modelo son aquellos que minimizan los costos de transporte de los alumnos, más los costos de generación y operación de los establecimientos, a cargo de MINEDUC y los sostenedores de los establecimientos.

En la especificación de la función objetivo del problema de localización óptima no se incluyeron medidas de la calidad de la educación o del rendimiento alcanzado por los alumnos, considerándose solamente los costos de transporte de los alumnos y de infraestructura y operación de los establecimientos, como se mencionó anteriormente. No obstante, el usuario de esta herramienta puede controlar ciertas características de la localización y estructura de las escuelas resultante que a su juicio condicionan los niveles de calidad de la educación o del rendimiento que pueden alcanzar los alumnos, por medio de la imposición de restricciones y valores predeterminados de ciertos parámetros que inciden sobre el transporte de los alumnos, y la infraestructura y operación de los establecimientos educacionales generados (para una explicación detallada de estos aspectos, remitirse al capítulo 8.4 de Anexos).

Los establecimientos educacionales rurales localizados óptimamente por el modelo están formados por unidades actualmente existentes y nuevas. Se definieron 2 tipos de establecimientos actualmente existentes, separando aquellos con cursos mono-grados de los que tienen cursos multigrados. También existen 7 tipos de escuelas nuevas, que cuentan con distintos niveles de enseñanza y combinación de éstos y también distinguiendo entre escuelas con cursos mono-grados de aquellas con cursos multigrados. Finalmente, se considera el tipo de establecimiento actual cerrado.

Con esta estructura del modelo, en general cada alumno se asigna a su escuela más cercana siempre y cuando ésta tenga capacidad disponible. No obstante, partes posible que alumnos se asignen a escuelas más lejanas si la capacidad de éstas lo permiten, y si los costos de operación de las escuelas más lejanas son lo suficientemente menores a los de las más cercanas, de modo de contrarrestar el incremento en los costos de transporte.

Como se ha mencionado anteriormente, con este modelo se evalúa el conjunto actualmente existente de escuelas, determinando si se deben abrir nuevos establecimientos, cerrar algunos centros existentes o transformarlos, por ejemplo, modificando la condición de sus cursos de multigrado a mono-grado. Las escuelas actuales pueden expandirse o contraerse, con lo cual terminan teniendo más (o menos) cursos de los que disponen inicialmente. Estas variaciones provocan también cambios en los costos operativos en comparación a los originales.

El problema de optimización que en términos generales se ha enunciado, tiene diversas restricciones. Una de ellas establece que en cada escuela existente se puede agregar o quitar hasta un número máximo de cursos de un determinado grado para hacer más eficiente su funcionamiento. Otra restricción señala que se puede hacer uso del espacio físico (sala de clases) dejado por un curso que se elimina para su uso por otro curso que se agrega en la misma escuela. Por ejemplo, una escuela con 3 cursos de primer año básico y 1 de segundo básico puede transformarse en una escuela con 2 cursos de cada grado. Por otra parte, en el modelo se impone que las escuelas nuevas funcionen con un número mínimo de cursos, siendo posible solamente agregar nuevos cursos, pero no quitar algunos de estos. Por ejemplo, una nueva escuela de educación media tiene cursos de 1° a 4° medio, no siendo admisible quitar ninguno de ellos.

Tampoco es posible cerrar más de un número máximo predeterminado de escuelas, crear una escuela con muchos alumnos en cursos multigrados. Otras restricciones permiten reducir las opciones posibles de solución del problema, evitando la asignación de alumnos a cursos y establecimientos en situaciones inadmisibles.

Una restricción muy importante del modelo establece que todas las personas en edad escolar, distribuidas por área, asisten a alguna escuela, ya sea nueva o existente, asegurando que la oferta educacional satisfaga a la demanda.

Además, se incluye un conjunto de restricciones presupuestarias para la generación y modificación estructural de los establecimientos (costos de construcción escuelas nuevas y de expansión y transformación de las actuales, entre otros), junto a su operación (remuneraciones de profesores y personal, pago de matrícula de los alumnos) y el transporte de los alumnos entre su hogar y los establecimientos.

Al momento de aplicar el modelo a la situación actual en Chile, no se contó con información del presupuesto disponible para la implementación de los cambios estructurales que propone el modelo. No obstante, estas restricciones se consideran en la formulación e implementación del modelo que se indica más adelante, de modo que es posible utilizarlas en el futuro (en el manual de usuario se indica cómo hacer uso de ellas).

Otra característica del modelo es que permite ajustar la oferta cuando existen pequeñas cantidades de demanda en exceso. Si la demanda por abrir un nuevo curso de un grado existente en una escuela es pequeña, es posible asignar esos alumnos a un curso existente permitiendo sobrepasar levemente la capacidad previamente asignada al curso. Por ejemplo, si existen 2 cursos de primero básico con capacidad completa de 20 alumnos y hay 2 alumnos de este grado adicionales, no se abre un nuevo curso sino que estos alumnos son asignados a los que ya existen. El grado de tolerancia es controlado por el usuario del modelo.

Por último, se introdujo la restricción de que un alumno no puede viajar más que una distancia máxima predeterminada por usuario desde su casa a su escuela. El usuario puede considerar las magnitudes establecidas en el capítulo 8.2 del Anexo de este informe.

Los lugares donde es posible abrir una escuela son definidos por un subconjunto predeterminado de entidades rurales de cada región. En la mayoría de las regiones no es posible considerar la totalidad de las entidades rurales como lugares candidatos para la instalación de establecimientos nuevos, debido a que el problema de optimización resultante tiene un tamaño muy grande que lo hace inmanejable computacionalmente. Por esta razón, se utiliza un sub-modelo complementario especificado en el capítulo 5.1.2 el que selecciona las entidades candidatas para albergar nuevos establecimientos educacionales rurales.

La solución que el modelo de optimización entrega corresponde a un año escolar completo, asumiéndose que los alumnos asisten regularmente a las escuelas, sin la existencia de deserciones escolares durante el año que obliguen a modificar a las escuelas.

3.2 Supuestos y consideraciones del Modelo de Localización

Todo modelo al igual que el desarrollado en este estudio está sujeto a supuestos y consideraciones. En este caso los principales son los siguientes:

1. El modelo entrega la configuración de establecimientos educacionales rurales y la asignación de alumnos a ellos desde sus lugares de residencia que minimiza los costos de generación y operación de los establecimientos y los costos de transporte de los alumnos sujeto a restricciones de factibilidad física, técnica y económica y a estándares predeterminados por el usuario. No entran en la optimización las subvenciones de los establecimientos (puesto que el número de alumnos es constante en el problema, luego la subvención total generada es constante) y otros costos que no fueron considerados (remuneración de personal no docente, servicios básicos, etc). Los alumnos se asignan a los establecimientos a mínimo costo de transporte, no incluyendo otros factores que pudiesen influir sobre la elección de establecimiento educacional (rendimiento escolar, equipamiento del establecimiento, calidad de los profesores o del proceso educativo, etc). Esto se debe a que el modelo se enfoca en factores estructurales de los establecimientos, como su ubicación, tamaño y costos operacionales gruesos y porque la elección y el rendimiento de los alumnos dependen en gran medida de los otros factores no considerados.
2. Por simplicidad, se asume que existe una competencia entre los establecimientos rurales y urbanos que se resuelve exógenamente al modelo, el cual trata solamente la localización de establecimientos educacionales rurales. Existen dos supuestos al respecto:

- La demanda educacional residente en entidades urbanas se asigna solamente a establecimientos urbanos. Por lo tanto, a los establecimientos rurales no concurren alumnos residentes en áreas urbanas.
- La demanda educacional residente en entidades rurales se asigna en una parte a establecimientos rurales y en otra a establecimientos urbanos. Además, se asume que la fracción de la población rural absorbida por establecimientos rurales, es conocida a priori y es un parámetro del modelo. De este modo, se asume que los mercados educacionales rural y urbano están segregados y el modelo desarrollado en este estudio trata solamente el primero.

En el capítulo 5.3.1.1 se presenta la metodología usada para estimar la demanda educacional de cada entidad rural que se asigna a un establecimiento rural.

3. En la formulación del modelo, no se estableció ninguna diferenciación de la demanda educacional por grupo socioeconómico, ni de las entidades o establecimientos dependiendo de la provincia o comuna a la cual pertenecen.
4. El horizonte del problema es anual, por lo que todos los costos deben ser trabajados en esta unidad de tiempo. Se debe tener especial consideración con las inversiones las cuales son llevadas a una cuota anual.
5. El problema de localización se descompone por región del país, resolviéndose en cada una de estas por separado. Esto se realiza para permitir la resolución numérica de este problema, ya que el tamaño del problema único a nivel país es demasiado grande.
6. Se excluye del modelo de localización algunas entidades y establecimientos educacionales rurales que se encuentran aislados por vía terrestre, como islas, caletas o fiordos. En estos casos, se asume que la demanda es cautiva por los establecimientos existentes. También se excluyen del estudio los establecimientos que realizan educación a adultos y a niños con atención especial; estos representan un 2% del total de establecimientos a lo largo del país. Se propone tratar las situaciones anteriores caso a caso, teniendo presente consideraciones que escapan del alcance del modelo de localización desarrollado en este estudio.
7. La ubicación de la demanda educacional rural se representa por el punto que localiza cada entidad rural en la región. Por su parte, la ubicación de los establecimientos educacionales corresponde al punto exacto de su localización en la región. Para el caso de los establecimientos candidatos, estos se localizan en los puntos de demanda, es decir, se homologa su ubicación a los puntos de las entidades rurales seleccionadas.
8. Los lugares donde es posible abrir establecimientos en cada región no corresponden a todas las entidades, sino que a un subconjunto de estas, el cual debe definirse previamente antes de resolver el problema de localización óptima. Se propuso un sub-modelo para definir los lugares candidatos a abrir establecimientos. No obstante, el planificador puede incluir otros lugares como posibles candidatos y/o eliminar lugares candidatos que considere inapropiados. Es importante indicar que no necesariamente en todos los lugares candidatos se

abre un establecimiento educacional, lo cual depende de la demanda existente y de los costos que signifique hacerlo.

9. Los establecimientos educacionales se clasifican en tipos diferentes. Estos son: Existente y sólo con cursos mono-grado.
 - Existente y sólo con cursos multigrado.
 - Nueva y sólo con educación preescolar y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación básica y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación media y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación preescolar y básica y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación básica y media y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación preescolar, básica y media y cursos mono-grado.
 - Nueva y sólo con educación básica hasta 6° grado y cursos multigrado.
 - Cerrada: Si la escuela es antigua y se cierra.

Las escuelas que poseen enseñanza media técnico profesional, son incluidas dentro del nivel de enseñanza media antes indicada, porque no es posible diferenciar la demanda por estas especialidades laborales.

No se realiza una segmentación por tipo de dependencia para ser modelada en la optimización. Esto se debe a que existen muy pocas escuelas privadas (sólo 0.5% del total) y las demás no presentan diferencias en las subvenciones a recibir.

10. Los grados que ofrecen los establecimientos actualmente existentes pueden modificarse tras la aplicación del modelo, respetando el nivel de enseñanza al cual pertenecen. Sin embargo, las nuevas escuelas contienen al menos un curso de cada grado del nivel de enseñanza considerado. Por ejemplo, una escuela de educación media tiene al menos 4 cursos: 1°, 2°, 3° y 4° medio. Ciertamente, en establecimientos actualmente existentes y nuevos se pueden generar más de un curso por grado, considerándose las salas requeridas.
11. Se asume que las escuelas actualmente existentes pueden agregar un número máximo de cursos (este número se fija en 5 en la aplicación del modelo, pero puede modificarse por el usuario). Por su parte, se impone que cada escuela nueva empieza con una cantidad determinada de cursos (dada por el tipo de enseñanza a impartir), pudiendo agregarse hasta 20 cursos extras si es que la demanda así lo requiriera. Esto se realiza pues es más complejo modificar las escuelas antiguas que especificar las nuevas.
12. Para modelar los costos de profesores, se considera que cada curso en los niveles de enseñanza pre escolar y educación básica tienen 1 profesor. Para la educación media, se tomó como costo el equivalente a 1 profesor más un 20% extra (esto se justifica pues en media se requieren más profesores).
13. La demanda educacional de cada entidad rural que concurre a un establecimiento rural se desagrega por grado escolar para así estimar el número requerido de cursos por grado. Para ello, se estima una relación directa entre grado escolar y la edad simple de sus alumnos (para mayor detalle ver capítulo 5.3.1.1)

14. En el modelo se supone que no existe deserción escolar, de modo que se calculan los recursos físicos y operacionales necesarios para atender a todos los alumnos a lo largo de todo el año en forma continua.
15. Los alumnos de cada entidad rural poblada se asignan a uno de los 30 establecimientos rurales existentes más cercanos o a uno de los 30 puntos más cercanos que representan entidades, donde nuevos establecimientos podrían ser abiertos. No se consideran todos los establecimientos en cada región debido a que en tal caso el problema tiene un tamaño demasiado grande para resolverse computacionalmente; esto es debido a que varias variables y restricciones están en función del número total de escuelas por lo que al tener más establecimientos crece el problema.
16. Para estimar la demanda rural se utilizó el siguiente enfoque:
 1. Se obtiene la proyección del INE de la población comunal en edad escolar en el año t .
 2. Se estima la población en edad escolar por entidad rural de cada comuna en el año t , distribuyendo la proyección anterior con los mismos porcentajes de distribución con los que se reparte la población en edad escolar por entidad rural de la comuna dentro del total comunal en el año 2002 observados en el Censo de Población y Vivienda de ese año. En el caso en que el año t sea conocido debe ajustarse la demanda a la matrícula rural (demanda observada), distribuyéndola por entidad de la misma forma.
 3. Si se quiere estimar un año t futuro, donde no se dispone de una demanda observada, la población estimada en el punto anterior debe reducirse a la que concurre a establecimientos rurales, mediante la aplicación de un modelo de atractividad urbana que determina qué fracción de la demanda rural es absorbida por establecimientos urbanos.

Para mayor detalle consultar capítulo 5.3.1.1.

17. El costo de los profesores asociados a un curso que se agrega a una escuela existente o a una escuela nueva se calcula como el máximo costo de un profesor de la región en cuestión. Esto se realiza con el fin de no generar incentivos a cerrar escuelas con profesores cuyo sueldo es superior al promedio así disminuir las remuneraciones promedio de los profesores del sistema.

3.3 Especificación detallada del Modelo de Localización

En esta sección se presenta la formulación matemática del modelo, en detalle con sus variables, restricciones y función objetivo.

3.3.1 Índices del Modelo de Localización

- a*: Área geográfica (corresponde a las entidades de población)
- h*: Tipos de hogares definidos por características socio-económicas (e.g., nivel de ingresos). Como se indicó en capítulo 3.2, en este modelo se ha considerado sólo un grupo, pudiendo obviarse este índice. Sin embargo, se mantiene para permitir en un futuro considerar diferentes tipos de hogares.
- c*: Comunidad (una agregación de población y lugares, para definir presupuestos principalmente) En este caso específico, se considera cada región como una comunidad.
- l*: Lugares donde es posible localizar establecimientos. Estos lugares corresponden a los de las escuelas existentes y algunas entidades, escogidas previamente, donde pueden establecerse nuevos establecimientos.
- g, g'*: grados escolares
1. Preescolar
 2. Primero Básico
 3. Segundo Básico
 4. Tercero Básico
 5. Cuarto Básico
 6. Quinto Básico
 7. Sexto Básico
 8. Séptimo Básico
 9. Octavo Básico
 10. Primero Medio
 11. Segundo Medio
 12. Tercero Medio
 13. Cuarto Medio
- t*: tipo de escuela
14. existente con cada nivel separado (mono-grado)
 15. existente con los niveles juntos (multigrado)
 16. nueva mono-grado con educación preescolar
 17. nueva mono-grado con educación básica

18. nueva mono-grado con educación media
19. nueva mono-grado con educación preescolar y básica
20. nueva mono-grado con educación básica y media
21. nueva mono-grado con educación preescolar, básica y media
22. nueva multigrado de educación básica de 1º a 6º grado
23. cerrada

3.3.2 Conjuntos de índices del Modelo de Localización

$t \in in_l$	Tipos de escuelas que son opciones en lugar l
$l \in new$	Conjuntos de lugares (entidades candidatas) para escuelas nuevas
$g' \in grade_{gt}$	Grados que pueden estar junto con grado g para escuela tipo t (en caso de haber multigrado)
$a \in SA_c$	Conjunto de áreas geográficas que son parte de la comunidad c
$l \in SL_c$	Conjunto de lugares escolares que son parte de la comunidad c
$(l, t) \in GO_{ah}$	Tipos de escuelas que son opciones para estudiantes en el área a , de clúster familiar h
$g \in ed_t$	Conjunto de grados escolares que pertenecen al tipo de educación t
$l \in candidatos_a$	Conjunto de escuelas (existentes y nuevas) que son candidatas para los alumnos del área a

3.3.3 Parámetros del Modelo de Localización

- Costos [unidades]

$cost_{lt}$ Costo de escuela tipo t en lugar l [\\$]

Este costo fijo incluye:

- costo de remuneraciones de profesores ($cost_{lt}^1$)
- costo de convertir un tipo a otro ($cost_{lt}^2$)
- costo de abrir una nueva escuela ($cost_{lt}^3$): costo de suelo, construcción, equipamiento (mesas, sillas, computadores, etc.)
- costo de cerrar una escuela existente ($cost_{lt}^4$): indemnizaciones, ingreso por liquidación de infraestructura y equipamiento.
- costo de remuneración del director ($cost_{lt}^f$)

$costadd_{lgt}$ Costo de expandir otra clase en lugar l , escuela tipo t , grado g [\\$]

Este costo fijo incluye:

- costo de operaciones (con personal) ($costadd_{igt}^1$)
- costo de construir ($costadd_{igt}^2$)

$costsub_{igt}$ Costo de eliminar otra clase en lugar l , escuela tipo t , grado g [\\$]

Este costo fijo incluye:

- costo de operaciones (negativo si hay ahorros) ($costsub_{igt}^1$)
- costo de eliminar personal ($costsub_{igt}^1$)

$csend_{agl}$ Costo por cada estudiante de grado g de a a l [\$/estudiante]

Este costo variable incluye:

- transporte ($csend_{agl}^1$): viaje hogar-escuela.
- costo de operaciones ($csend_{agl}^2$): matrícula, mensualidad.

$penalty_{igt}$ Costo incurrido al sobrepasar la capacidad inicial de un curso (teniendo más alumnos de lo presupuestado) [\\$].

- Presupuestos [unidades]

$tbudget_c$ Presupuesto total para la comunidad c [\\$]

$ibudget_c$ Presupuesto de implementación (incluye costo de construcción y cierre de escuelas) para la comunidad c [\\$]

$obudget_c$ Presupuesto de operaciones (incluye costos fijos y variables para la infraestructura y personal) para la comunidad c [\\$]

$bbudget_c$ Presupuesto de transporte (incluye costos variables para transporte de estudiantes) para la comunidad c [\\$]

- Otros parámetros [unidades]

pop_{agh} Población de grado g , en el área a de clúster familiar h [estudiantes]

$class_{igt}$ Capacidad de escuela tipo t en lugar l para grado g [cursos]

n_{lt} Número total de cursos que uno puede agregar a la capacidad actual, a escuela tipo t en lugar l [cursos]

$limit_{lgt}$	Porcentaje máximo a aumentar la capacidad de los cursos de grado g en escuela tipo t en lugar l
$mult_max$	Número máximo de alumnos que puede tener una escuela multigrado
$cierre_max$	Número máximo de escuelas que pueden cerrarse
$maxtime_{ag}$	Máximo tiempo de transporte de un estudiante de área a y grado g [minutos]
$time_{al}$	Tiempo de viaje desde área a al lugar l [minutos]
$csize_{lgt}$	Tamaño de clase de curso de grado g en escuela tipo t en lugar l [estudiantes]
$subvencion_{lt}$	Subvención por alumno que obtiene escuela en lugar l de tipo t [\$/alumnos]

3.3.4 Variables del Modelo de Localización

X_{lt}	1 si la escuela de tipo t está situada en lugar l y cero de lo contrario
Y_{aght}	Fracción de estudiantes de área a , clúster h , grado g , asistiendo a escuela de tipo t en lugar l
ADD_{lgt}	Número de clases de grado g a ingresar a escuela tipo t en lugar l
SUB_{lgt}	Número de clases de grado g a eliminar en escuela tipo t en lugar l
s_{lgt}	Porcentaje extra para agregar a cursos existentes de grado g en escuela tipo t en lugar l (variable de holgura)

3.3.5 Función objetivo del Modelo de Localización

“Minimización de Costo Total”

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \sum_{l,t} cost_{lt} X_{lt} + \sum_{a,g,h,l,t} csend_{agl} pop_{agh} Y_{aght} + \sum_{l,g,t} costadd_{lgt} ADD_{lgt} \\
 & + \sum_{l,g,t} costsub_{lgt} SUB_{lgt} + \sum_{l,g,t} penalty_{lgt} s_{lgt}
 \end{aligned}$$

El primer término de la suma corresponde a los costos incurridos por cada colegio (tanto operación, inversión, cierre, etc.), el siguiente término corresponde al costo incurrido por los alumnos (tanto en traslado desde sus hogares a la escuela, como otros costos como matrícula), el tercer y cuarto término corresponden a los costos incurridos en agregar y quitar cursos de una escuela.

Por último, se incluye la penalidad de tener cursos un poco más grandes, en relación a la capacidad original (por ejemplo si los cursos fueran de 20 alumnos y se tiene una demanda de 22, no se crean 2 cursos sino que un solo curso con 22 alumnos).

3.3.6 Restricciones del Modelo de Localización

- Para cada lugar donde existe una escuela se debe localizar un solo tipo entre los admisibles y ningún tipo no admisible

$$\sum_{t \in in_l} X_{lt} = 1 \quad \forall l \notin new \quad (1)$$

$$\sum_{t \notin in_l} X_{lt} = 0 \quad \forall l \notin new \quad (1')$$

- Para cada lugar candidato se debe localizar a lo más un solo tipo entre los admisibles y ninguno entre los no admisibles

$$\sum_{t \in in_l} X_{lt} \leq 1 \quad \forall l \in new \quad (2)$$

$$\sum_{t \notin in_l} X_{lt} = 0 \quad \forall l \in new \quad (2')$$

- Cada estudiante asiste a una escuela y sólo a una

$$\sum_{(l,t) \in GO_{ah}} Y_{aght} = 1 \quad \forall a, g, h \quad (3)$$

- Es posible aumentar y disminuir la capacidad de cursos por grado en cada escuela. Se incluye la variable de holgura s , de modo de no agregar un curso completo si hay pocos alumnos que quedaron fuera de los cursos existentes.

Caso Multigrado

$$\sum_{a,g' \in grade_{gt}, h} \frac{pop_{ag'h} Y_{ag'hlt}}{csize_{lgt}} \leq \sum_{g' \in grade_{gt}} class_{lgt} X_{lt} + \sum_{g' \in grade_{gt}} ADD_{lgt} - \sum_{g' \in grade_{gt}} SUB_{lgt} + s_{lgt} \quad \forall l, g \quad \forall t \text{ multigrado (4)}$$

Caso Mono-grado

$$\sum_{a,h} \frac{pop_{agh} Y_{aghl}}{csize_{lgt}} \leq class_{lgt} X_{lt} + ADD_{lgt} - SUB_{lgt} + s_{lgt} \quad \forall l, g \quad \forall t \text{ monogrado (4')}$$

- No se puede exceder la adición máxima de cursos por escuela. Los cursos agregados en una escuela es a lo más el límite de salas que se pueden crear (dado por n) más los cursos que se eliminaron, dejando salas de clase que pueden ser ocupadas por otros grados.

$$\sum_g ADD_{lgt} \leq n_{lt} X_{lt} + \sum_g SUB_{lgt} \quad \forall l, t (5)$$

- No se puede exceder el presupuesto total. Los costos de operaciones, implementación, transporte, agregar y quitar cursos, deben estar dentro del presupuesto de cada comunidad.

$$\sum_{l \in SL_c, t} cost_{lt} X_{lt} + \sum_{a \in SA_c, g, h, l \in SL_c, t} csend_{agl} pop_{agh} Y_{aghl} + \sum_{l \in SL_c, g, t} costadd_{lgt} ADD_{lgt} + \sum_{l \in SL_c, g, t} costsub_{lgt} SUB_{lgt} \leq tbudget_c \quad \forall c (6)$$

- No se puede exceder el presupuesto de implementación

$$\sum_{l \in SL_{c,t}} (cost_{lt}^2 + cost_{lt}^3 + cost_{lt}^4)X_{lt} + \sum_{l \in SL_{c,g,t}} cost_{add}_{lgt}^2 ADD_{lgt} + \sum_{l \in SL_{c,g,t}} cost_{sub}_{lgt}^2 SUB_{lgt} \leq ibudget_c \quad \forall c \quad (7)$$

- No se puede exceder el presupuesto de operaciones

$$\sum_{l \in SL_{c,t}} cost_{lt}^1 X_{lt} + \sum_{a \in SA_{c,g,h}, l \in SL_{c,t}} csend_{agl}^2 pop_{agh} Y_{aghl} + \sum_{l \in SL_{c,g,t}} cost_{add}_{lgt}^1 ADD_{lgt} + \sum_{l \in SL_{c,g,t}} cost_{sub}_{lgt}^1 SUB_{lgt} \leq obudget_c \quad \forall c \quad (8)$$

- No se puede exceder el presupuesto de transporte

$$\sum_{a \in SA_{c,g,h}, l \in SL_{c,t}} csend_{agl}^1 pop_{agh} Y_{aghl} \leq bbudget_c \quad \forall c \quad (9)$$

- Sólo se puede quitar un máximo de cursos (no se pueden quitar más cursos de los que existen inicialmente)

$$SUB_{lgt} \leq X_{lt} class_{lgt} \quad \forall l, g, t \quad (10)$$

- Sólo existe holgura si el colegio está funcionando (y es a lo más un porcentaje del curso a definir)

$$s_{lgt} \leq X_{lt} limit_{lgt} \quad \forall l, g \quad \forall t \neq cerrado \quad (11)$$

- Una escuela nueva no puede ser multigrado si sobrepasa un cierto número de alumnos asistiendo (si la escuela es grande debe ser mono-grado)

$$\sum_{a,g,h} pop_{agh} Y_{aght} \leq mult_max \quad \forall l \in new, \forall t \in multigrado \quad (12)$$

- No se puede cerrar más de un determinado número de colegios, establecido por el ministerio

$$\sum_{l,t \in cerrado} X_{lt} \leq cierre_max \quad (13)$$

- La variable de holgura sólo puede existir para un grado de una escuela determinada, si ésta tiene cursos de este grado en particular.

$$class_{lgt} + ADD_{lgt} - SUB_{lgt} \geq s_{lgt} \quad \forall l \in new \\ \forall t, \forall g \in ed_t \quad (14)$$

- Un estudiante no puede viajar muy lejos. Si el tiempo de viaje de un alumno a una escuela es mayor a lo establecido, no se realiza esta asignación.

$$Y_{aght} = 0 \quad si \quad time_{al} > maxtime_{ag} \quad \forall a, g, h, l, t \quad (15)$$

- No se puede realizar asignación a tipos de escuela que no son opciones para un determinado lugar

$$\sum_{t \notin in_l} Y_{aght} = 0 \quad \forall a, g, h, l \quad (16)$$

- No se puede realizar asignación a grados de escuelas que no pertenecen al tipo de educación establecido

$$\sum_{g \notin ed_t} Y_{aght} = 0 \quad \forall a, h, l, t \quad (17)$$

- No se puede realizar asignación a escuelas que no son candidatas para un área determinada

$$\sum_{l \in \text{candidatos}_a} Y_{aght} = 0 \quad \forall a, g, h, t \quad (18)$$

- En las escuelas nuevas no es posible quitar cursos. En ellas se parte de una configuración inicial y sólo pueden ser expandidas.

$$\sum_{l \in \text{new}, g, t} SUB_{lgt} = 0 \quad (19)$$

- Tipos de variables

$$Y_{aght} \geq 0 \quad \forall a, g, h, l, t$$

$$ADD_{lgt} \geq 0, SUB_{lgt} \geq 0 \text{ y enteros } \forall l, g, t$$

$$X_{lt} \in \{0,1\} \forall l, t$$

3.4 Limitaciones del Modelo de Localización

El modelo cuenta con una serie de supuestos, los cuales deben tenerse presente al momento de evaluar sus resultados porque dependiendo del propósito de uso del modelo pueden causar algunas limitaciones. Algunos de ellos son:

- El modelo clasifica las escuelas (tanto existentes como nuevas) en establecimientos mono-grado o multigrado; sin la posibilidad de tener establecimientos mixtos. Existen 1167 escuelas que presentan esta característica, no obstante los cursos multigrado que albergan son pocos, en promedio sólo tienen 2, como se puede apreciar en la siguiente tabla.
-

Tabla 2. Establecimientos educaciones según régimen de cursos simples o multigrados.

Tipo de Establecimiento	Número de Establecimientos	Promedio de Cursos Simples	Promedio de Cursos Multigrado
Mono-grado	669	9.9	0.0
Mono-grado y Multigrado	1167	4.5	2.0
Multigrado	2590	0.0	1.5
Total	4426	2.7	1.4

Fuente: Elaboración propia.

- Se consideran estructuras lineales de los costos, es decir los costos unitarios son constantes.
- La demanda por grado siempre es estimada, por lo tanto, puede transformarse en la principal fuente de error del modelo.
- Los alumnos se asignan a la escuela con capacidad disponible que minimicen sus. En este modelo no se consideran diferencias de calidad o de otra índole que impongan otro patrón de comportamiento.
- Un alumno sólo puede ser asignado a una de las 30 escuelas existentes más cercanas que tenga disponible o a alguna escuela nueva.
- Debido a restricciones técnicas del software, el conjunto de establecimientos y entidades rurales a optimizar no debe ser mayor a 2.500 nodos de población y 500 escuelas, localizadas en cada región. Si alguna de éstas presenta un número mayor de establecimientos y/o entidades, se debe dividir la región en zonas, de modo de poder resolver el problema.

4 Desarrollo del software

4.1 Estructura del software

En términos sintéticos, este software corresponde a una aplicación computacional que permite

- Etapa 1: automatizar la construcción de gran parte de los archivos de entrada en formato csv (formato de tablas de texto cuya separación de columnas viene dada por comas)
- Etapa 2: resolver el problema de optimización, teniendo todos los archivos de entrada necesarios para correr el modelo (ver capítulo 4.3)
- Etapa 3: calcular indicadores de resultados y archivarlos
- Etapa 4: graficar indicadores mediante ArcGis.

De esta manera, un usuario de este software debe proveer la información necesaria (en formato scv) para realizar la etapa 1 y solicitar su ejecución; después dar inicio a la ejecución de la etapa 2 y obtener los indicadores de resultado de la etapa 3, finalmente graficar indicadores de resultados mediante ArcGis.

Las tareas indicadas en las etapas 1,2 y 3 fueron realizadas mediante el empleo de un editor estándar de Cplex, denominado Gams que permite el cálculo de parámetros e indicadores en diversos formatos, ya sea para la ejecución de Cplex como para la exportación de la información. En el despliegue espacial de los resultados (etapa 4) se utiliza ArcGis 9.2. La Universidad de Chile cuenta con licencias comerciales de los programas computacionales antes indicados.

La Universidad de Chile generó códigos computacionales escritos usando Gams que permiten la ejecución de las Etapas 1, 2 y 3 y un scripts para de ArcGis que generan vistas SIG de resultados de la Etapa 4.

4.2 Implementación del Modelo de Localización

Debido a que el problema o modelo de optimización que se debe resolver es de naturaleza matemática compleja y de gran tamaño, en el número de variables de optimización que maneja, así como en el número de restricciones que considera, solamente es posible abordarlo con el empleo de un software comercial especializado en Programación Lineal Entera de gran tamaño.

Por esta razón, la Universidad de Chile implementó el modelo mediante la utilización del programa Cplex, específicamente su módulo base y su módulo de programación lineal entera MIP.

El modelo matemático definido en el capítulo 3, fue implementado utilizando las herramientas de desarrollo incorporadas en la versión 23 del software Gams. Ello permitió

escribir las líneas de código del modelo, las que a grandes rasgos contienen y definen: variables, restricciones, parámetros, función objetivo y, las entradas y salidas deseadas

Gams actúa como intermediario para optimizar a través de Cplex, el cual resuelve el problema.

4.3 Archivos de entrada del Modelo de Localización

Para correr el modelo usando Gams, se requieren los siguientes archivos de entrada (notar que cada fila de estos archivos corresponde a una combinación posible de los campos señalados):

- **cost1.csv:** Corresponde al costo total de profesores por escuela y tipo de establecimiento. Los campos o columnas que contiene son "RBD" (identificador de cada escuela), "Tipo" (corresponde a cada uno de los tipos de escuela definidos en el modelo; ver índice "t" en capítulo 3.3.1), "Costo". No incluye encabezados.
- **cost1r.csv:** Es lo mismo que el anterior, excepto que el costo de las escuelas nuevas se calcula usando el costo promedio de profesores de la región. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **cost2.csv:** Corresponde al costo de transformar una escuela multigrado a monogrado o viceversa. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **cost3.csv:** Corresponde al costo de construir una escuela, diferenciado por tipo de establecimiento. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **cost4.csv:** Corresponde al costo de cerrar una escuela, diferenciado por tipo de establecimiento. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **costf.csv:** Corresponde al costo de director por escuela y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **costfr.csv:** Es lo mismo que el anterior, excepto que el costo de las escuelas nuevas se calcula usando el costo promedio de directores de la región. Los campos que contiene son "RBD", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **costadd1.csv:** Corresponde al costo de agregar un profesor a una escuela por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son "RBD", "Grado" (corresponde a cada uno de los grados escolares definidos en el modelo; ver índice "g" en capítulo 3.3.1), "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **costadd1r.csv:** Es lo mismo que el anterior, excepto que el costo de las escuelas nuevas se calcula usando el costo promedio de profesores de la región. Los campos que contiene son "RBD", "Grado", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.
- **costadd2.csv:** Corresponde al costo de agregar una sala extra a una escuela por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son "RBD", "Grado", "Tipo", "Costo". No incluye encabezados.

- **costsub1.csv:** Corresponde al costo de quitar un profesor en una escuela por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Grado”, “Tipo”, “Costo”. No incluye encabezados.
- **costsub2.csv:** Corresponde al costo de eliminar personal no docente al quitar un curso por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Grado”, “Tipo”, “Costo”. No incluye encabezados.
- **pop.csv:** Corresponde a la demanda por grados escolares por entidad, grado y grupo socioeconómico. Los campos que contiene son “Código de entidad”, “Grado”, “Grupo Socioeconómico” (corresponde a los grupos que se pueden definir, en este caso sólo se usa 1 gran grupo; ver índice “h” en capítulo 3.3.1) Y “Número de alumnos”. No incluye encabezados.
- **cszize.csv:** Corresponde a la cantidad de niños que pueden estar en una sala de una determinada escuela por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Grado”, “Tipo”, “Número de alumnos por sala”. No incluye encabezados.
- **class2.csv:** Corresponde a la cantidad de cursos por grado que posee una escuela por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Grado”, “Tipo”, “Número de cursos”. No incluye encabezados.
- **n.csv:** Corresponde a la cantidad de cursos máxima que puede agregar a una escuela por tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Tipo”, “Número de cursos a agregar”. No incluye encabezados.
- **limit.csv:** Corresponde al porcentaje máximo que un curso puede sobrellevarse, es decir que asistan más alumnos de la capacidad establecida por grado y tipo de establecimiento. Los campos que contiene son “RBD”, “Grado”, “Tipo”, “Porcentaje”. No incluye encabezados.
- **privado.csv:** Corresponde a un parámetro que indica qué escuelas pertenecen al ámbito privado y por lo tanto no reciben subvención. Los campos que contiene son “RBD”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la escuela es privada y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **mat.csv:** Corresponde a la matrícula 2007 de las escuelas. Los campos que contiene son “RBD”, “Matrícula 2007”. No incluye encabezados.
- **coordenadas_a.csv:** Corresponde a las coordenadas geográficas de las entidades. Los campos que contiene son “Entidad (código)”, “Coordenada X”, “Coordenada Y”. Este archivo si cuenta con encabezado para identificar los valores.
- **coordenadas_l.csv:** Corresponde a las coordenadas geográficas de las escuelas y candidatos. Los campos que contiene son “RBD”, “Coordenada X”, “Coordenada Y”. Este archivo si cuenta con encabezado para identificar los valores.
- **distancias.csv:** Corresponde a las distancias (medidas en metros) entre entidades y escuelas (o candidatos). Los campos que contiene son “Entidad (código)”, “RBD”, “Distancia”. No incluye encabezados.
- **new.csv:** Corresponde a un parámetro que indica qué escuelas son nuevas (o en otras palabras candidatos). Los campos que contiene son “RBD”, “Indicador”;

donde el indicador vale 1 cuando la escuela es candidato y 0 en otro caso. No incluye encabezados.

- **in.csv:** Indica para cada escuela a qué tipo puede corresponder (por ejemplo, una escuela nueva no puede ser antigua multigrado). Los campos que contiene son “RBD”, “Tipo”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando el tipo es admisible para la escuela y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **SA.csv:** Indica qué entidades pertenecen a qué comunidad (como supuesto se usó que una región es una comunidad). Los campos que contiene son “Código de Entidad”, “Comunidad” (corresponde a las áreas definidas en el modelo, las cuales se individualizaron por región; ver índice “c” en capítulo 3.3.1), “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la entidad pertenece a la comunidad y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **SL.csv:** Indica qué escuelas y candidatos pertenecen a qué comunidad (como supuesto se usó que una región es una comunidad). Los campos que contiene son “RBD”, “Comunidad”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la entidad pertenece a la comunidad y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **c_inicial.csv:** Indica cuál es el tipo de las escuelas existentes (multigrado o mono-grado). Los campos que contiene son “RBD”, “Tipo”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la escuela inicialmente es del tipo determinado y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **fixopen.csv:** Indica qué escuelas deben permanecer abiertas a priori de la optimización. Los campos que contiene son “RBD”, “Tipo”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la escuela del tipo determinado debe permanecer abierta (o abrirse) y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **fixclose.csv:** Indica qué escuelas deben cerrarse a priori de la optimización. Los campos que contiene son “RBD”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando la escuela debe cerrarse y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **noabrir.csv:** Indica qué candidatos no deben ser considerados para abrir una escuela. Los campos que contiene son “RBD”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando el candidato no es usado y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **ed.csv:** Indica los grados que puede albergar un determinado tipo de escuela. Los campos que contiene son “Grado”, “Tipo”, “Indicador”; donde el indicador vale 1 cuando el grado puede ser impartido por el tipo de escuela determinado y 0 en otro caso. No incluye encabezados.
- **dep.csv:** Indica el tipo de dependencia que tiene cada escuela existente. Los campos que contiene son “RBD”, “Indicador”; donde el indicador es un entero entre 1 y 3, valiendo 1 cuando la escuela es municipal, 2 para establecimiento subvencionado y 3 privado. No incluye encabezados.

4.4 Archivos de salida del Modelo de Localización

Luego de ejecutar el modelo de optimización se obtiene una serie de indicadores los cuales permiten caracterizar la oferta, la demanda y la asignación de los alumnos a los establecimientos, por región.

Estos indicadores están contenidos en cuatro archivos en formato csv que se escriben una vez finalizada la ejecución del modelo en la carpeta correspondiente a cada región. Estos archivos son; “resumen.csv”, “cerrados.csv”, “costos_finales_es.csv” y “alumnos_unico.scv”. Los dos primeros entregan información tabular, mientras que los otros dos restantes detallan la situación a nivel de escuelas y sirven para generar una solución gráfica.

Así, el archivo de salida “**resumen.csv**” muestra una perspectiva resumida de los resultados de la región y contiene las siguientes filas:

- N° de Escuelas Existentes
- N° de Escuelas Nuevas
- N° de Escuelas Cerradas
- N° de Cursos Agregados en Escuelas Existentes: Corresponde a la suma de los cursos que se agregaron en todas las escuelas existentes.
- N° de Cursos Eliminados en Escuelas Existentes: Corresponde a la suma de los cursos que se eliminaron en todas las escuelas existentes.
- Distancia Promedio Recorrida por los Alumnos
- Distancia Máxima Recorrida por los Alumnos
- Distancia Mínima Recorrida por los Alumnos
- N° de Alumnos Promedio Asistiendo a Escuelas Existentes
- N° de Alumnos Máximo Asistiendo a Escuelas Existentes
- N° de Alumnos Mínimo Asistiendo a Escuelas Existentes
- N° de Alumnos Promedio Asistiendo a Escuelas Nuevas
- N° de Alumnos Máximo Asistiendo a Escuelas Nuevas
- N° de Alumnos Mínimo Asistiendo a Escuelas Nuevas
- Capacidad Ociosa Promedio de la Región: Corresponde al porcentaje de plazas (en términos de alumnos) que no se ocupan a nivel regional. Se calcula como $\frac{(Capacidad - Alumnos\ Asistiendo)}{Capacidad}$
- N° de Alumnos por Profesor Promedio de la Región: Corresponde al promedio de alumnos que atiende cada profesor por escuela a nivel de región. Se calcula como $\frac{N^{\circ}\ de\ alumnos\ en\ la\ región}{N^{\circ}\ de\ profesores\ requeridos}$
- Costo de Abrir Escuelas: Corresponde a la inversión anualizada que se debe realizar en la región para construir nuevas escuelas.
- Costo de Infraestructura al agregar cursos en Escuelas Existentes: Corresponde a la inversión anualizada que se debe realizar en la región para construir nuevas salas de clase.

- Costo de Directores: Corresponde a la suma de las remuneraciones de los directores de escuelas de la región en términos anuales.
- Costo de Profesores: Corresponde a la suma de las remuneraciones de los profesores de escuelas de la región en términos anuales.
- Costo de Transporte: Corresponde al costo anual en que incurren los alumnos al transportarse hacia las nuevas escuelas

Del mismo modo, el archivo de salida “**cerrados.csv**” indica aquellas escuelas que se cierran (se caracterizan de acuerdo a la información del año 2007). Los campos que contiene son:

- RBD
- Matrícula 2007: Dato proveniente del directorio de matrícula.
- Tipo de Enseñanza: Indica el tipo de enseñanza de la escuela cerrada.
- Tipo de dependencia: Indica si la escuela es municipal, privada o particular subvencionada.

El archivo de salida “**costos_final_es.csv**” muestra la oferta a nivel desagregado por escuela e incluye los siguientes campos:

- RBD
- X (coordenada X)
- Y (coordenada Y)
- Tipo de Escuela
- Nº de Cursos Agregados
- Nº de Cursos Quitados
- Nº de Profesores
- Nº de Alumnos Asistiendo
- Subvención a Recibir
- Nº de Cursos de Preescolar
- Nº de Cursos de 1º Básico
- Nº de Cursos de 2º Básico
- Nº de Cursos de 3º Básico
- Nº de Cursos de 4º Básico
- Nº de Cursos de 5º Básico
- Nº de Cursos de 6º Básico
- Nº de Cursos de 7º Básico
- Nº de Cursos de 8º Básico
- Nº de Cursos de 1º Medio
- Nº de Cursos de 2º Medio
- Nº de Cursos de 3º Medio
- Nº de Cursos de 4º Medio
- Capacidad Ociosa
- Distancia Promedio viajada por alumnos
- Costos Inversión

- Costos Cursos Agregados
- Costos Profesores
- Costo Transporte
- Ahorro por Cerrar
- Ahorro por quitar cursos

Finalmente, el archivo de salida “**alumnos_unico.csv**” muestra la asignación que se realiza entre puntos de demanda y oferta, es decir, se indica a qué escuelas concurren los alumnos de cada entidad rural. Se incluyen los siguientes campos:

- Código entidad (origen)
- XO (coordenada X de origen)
- YO (coordenada Y de origen)
- RBD Establecimiento (destino)
- XD (coordenada X de destino)
- YD (coordenada Y de destino)
- Grado
- N° de alumnos

4.4.1 Despliegue gráfico de archivos de salida del Modelo de Localización

Para el despliegue gráfico, los archivos de salida “alumnos_unico.csv” y “costos_final_es.csv”, deben ser previamente exportados a formato dbf.

Estos archivos, en formato dbf, son desplegados en vistas de Sistemas de Información Geográfico (SIG), mediante el uso de un conjunto de scripts y geoprosesos compilados en un modelo (ModelBuilder) para ArcMap de ArcGis 9.2 especialmente diseñado para este caso.

Estas herramientas producen las siguientes coberturas, que mantienen la estructura de campos descritas en la sección anterior, para su consulta interactiva en pantalla:

Para la tabla “costos_final_es.dbf”

- Shapefile (punto) de Establecimientos cerrados.
- Shapefile (punto) de Establecimientos nuevos.
- Shapefile (punto) de Establecimientos conservados (ampliados o reducidos).
- Shapefile (punto) de Establecimientos separados por tipo. Este no es desplegado por defecto para evitar la saturación de la vista. El detalle de los tipos de establecimientos se describe en el punto 9 del capítulo 3.2.

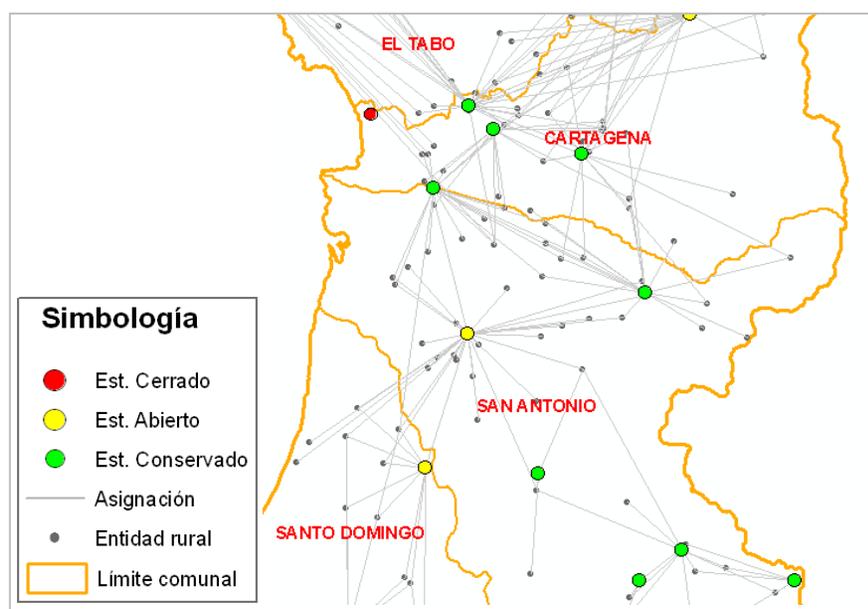
Para la tabla “alumnos_unico.dbf”

- Shapefile (línea) de Asignación (línea que une cada entidad rural con el establecimiento)
- Shapefile (línea) de Asignación separada por grados o cursos. Este no es desplegado por defecto para evitar la saturación de la vista.

Debido a que con el uso del formato shapefile no es posible guardar internamente características gráficas y considerando la necesidad de referenciar y simbolizar las visualizaciones de los resultados del modelo, se generaron proyectos de visualización (plantillas) para cada región bajo extensión mxd.

Bajo esta consideración, un ejemplo de despliegue gráfico es la siguiente figura, en la cual la condición de los establecimientos después de resolver el problema de optimización se destaca mediante una coloración tipo semáforo, así, en rojo se indican los establecimientos cerrados, en amarillo los establecimientos abiertos y en verde los establecimientos conservados. Además, aparecen las entidades, graficadas como puntos más pequeños y las líneas que indican a cuál establecimiento se asignan los alumnos.

Figura 1. Ejemplo de despliegue gráfico en ArcMap de resultados del modelo.



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Esquema general de aplicación del Modelo de Localización

A continuación, se describe en términos generales el conjunto de procedimientos necesarios para aplicar el modelo de localización desarrollado en este estudio.

En primer lugar, es necesario disponer de un conjunto de base de datos a partir de las cuales se determinan parámetros del modelo: RECH, Directorio de Matrícula, Base de Sueldos o remuneraciones e Infraestructura. Con esta información se estiman diversos parámetros de los establecimientos educativos como la capacidad (en número de salas y tamaño de éstas) y los costos de profesores y de inversión en infraestructura.

Por otra parte, es necesario calcular la distancia entre las entidades rurales y los establecimientos educacionales, para lo cual se requieren las coberturas georeferenciadas de estas entidades y establecimientos y de la red vial del país. También es necesario estimar la demanda en cada entidad rural para el año de planificación. Para ello, se generó una metodología en este estudio que utiliza el Censo del año 2002 y proyecciones de población del INE del año de análisis.

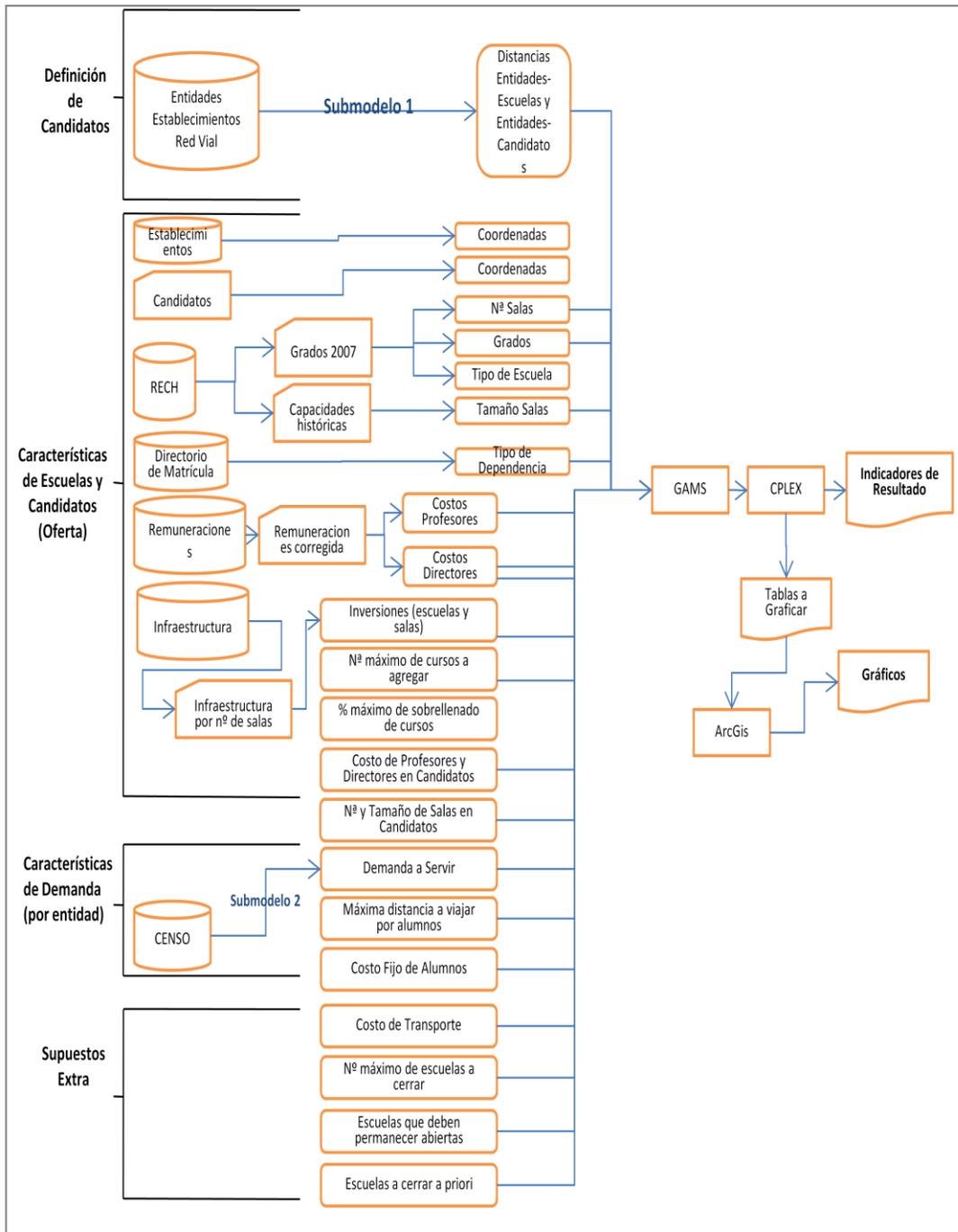
Por último, el usuario debe definir diferentes parámetros del modelo, tales como el tamaño de las nuevas escuelas, máxima distancia que se permite que los alumnos se desplacen, número máximo de escuelas a cerrar, etc. En este estudio se generaron estos parámetros, de modo que el usuario debe determinar si los modifica o los mantiene.

Todos estos elementos se usan como entrada para la optimización, los que deben estar escritos en un archivo de texto (formato csv) y localizado dentro de la misma carpeta donde se ubica el archivo a ejecutar.

Como se ha indicado antes, se usa el editor GAMS para escribir un código que representa el modelo matemático e indica los datos a utilizar (este archivo tiene extensión gms). Al ejecutarse este programa se genera automáticamente una llamada al solver CPLEX, el cual resuelve el problema de optimización con las especificaciones indicadas anteriormente. A continuación, se escriben los archivos de resultado, algunos de los cuales pueden ser cargados en ArcGis para que se desplieguen gráficamente en vistas SIG.

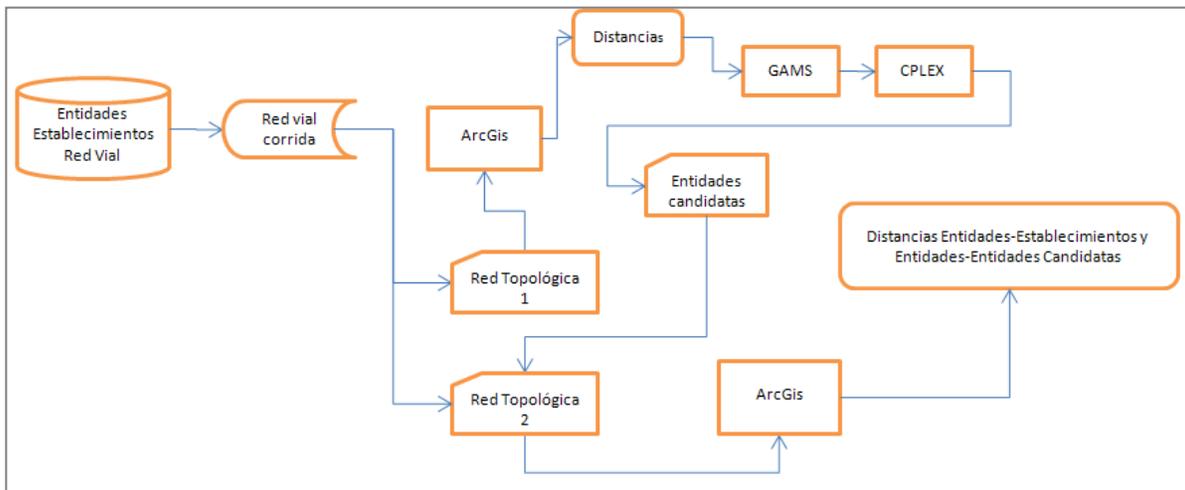
Un esquema global y detallado de los procesos antes indicados se presenta en las siguientes figuras.

Figura 2. Esquema de los procesos para la aplicación el modelo de localización.



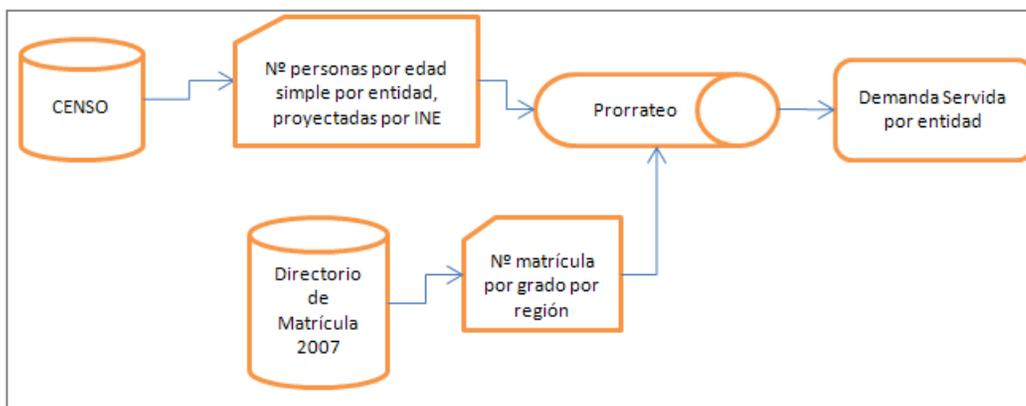
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Sub-modelo 1. Calculo de distancias entre entidades y establecimientos y entidades candidatas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Submodelo 2⁷. Calculo de demanda servida ajustada a matrícula 2007.



Fuente: Elaboración propia

⁷ El sub-modelo esquematizado corresponde al usado en las corridas que definen los resultados del presente estudio, sin embargo, debe considerarse que este esquema puede variar si se consideran la opción detalladas en el capítulo 5.3.1.1.

5 Generación de datos de entrada y parámetros utilizados por el Modelo de Localización

Para utilizar el modelo se debe contar con una serie de datos de entrada, los cuales fueron clasificados en cuatro categorías según corresponden a la red vial, oferta (escuelas y candidatos), demanda y otros. Para cada uno de estos tipos se hace mención a las bases utilizadas (que en algunos casos corresponden a bases de trabajo detalladas en el capítulo 8.5 de anexos), las generadas y cuál es el archivo final a usar en Gams. Éstos se consignan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación de datos de entrada del Modelo de Localización

Clasificación	Bases a usar	Método de generación	Bases Generadas	Datos a usar en GAMS	Nombre del archivo
Red Vial	Entidades	Proceso	Red Vial Corregida		
	Escuelas				
	Red Vial				
	Entidades	Sub-modelo	Entidades Candidatas		
	Escuelas				
	Red Vial Corregida				
	Entidades	Proceso	Distancias Entidades-Escuelas y Entidades-Entidades Candidatas	Distancias Entidades-Escuelas y Entidades-Entidades Candidatas	distancias.csv
	Escuelas				
	Entidades Candidatas				
Red Vial Corregida (corresponde a una base generada)					
Oferta	Escuelas	Información disponible	Coordenadas Escuelas	Coordenadas Escuelas	coordenadas_l.csv
				Lista de escuelas existentes	SL.scv
	Candidatos	Información disponible	Coordenadas Candidatos	Coordenadas Candidatos	coordenadas_l.csv
				Lista de candidatos	SL.scv
				Indicador de candidatos	new.csv
	RECH	Información disponible	Grados 2007	Nº salas	Class2.csv
				Grados	ed.csv
				Tipo de Escuela	c_inicial.csv
		Información disponible	Capacidades históricas	Tamaño salas	csize.csv
	Información disponible	Matricula 2007	Matricula 2007	mat.csv	

Clasificación	Bases a usar	Método de generación	Bases Generadas	Datos a usar en GAMS	Nombre del archivo
	Remuneraciones profesores	Información disponible	Remuneraciones profesores corregida	Costo Profesores Total	cost1.csv, cost1r.csv, cost4.csv
				Costo Profesor antiguo	costsub1.csv
	Remuneraciones directores	Información disponible	Remuneraciones directores corregida	Costo Directores	costf.csv, costfr.csv
	Directorio de Matricula	Información disponible	Tipo de Dependencia	Tipo de Dependencia	dep.csv, privado.csv
	Infraestructura	Proceso	Infraestructura por nº de salas	Inversiones en escuelas	cost3.csv
				Inversiones en salas	costadd2.csv
	-	Supuestos	Nº máximo de cursos a agregar	Nº máximo de cursos a agregar	n.csv
			% máximo de sobrellenado de cursos	% máximo de sobrellenado de cursos	limit.csv
			Costo Total profesores en Candidatos	Costo de Total profesores en Candidatos	cost1.csv
			Costo de transformar una escuela	Costo de transforma una escuela	cost2.csv
Costo de profesor extra			Costo de profesor extra	costadd1.csv, costadd1r.csv	
Costo de directores en Candidatos			Costo de directores en Candidatos	costf.csv, costfr.csv	
Costo de eliminar personal no docente			Costo de eliminar personal no docente	cost2.csv	
Nº de salas en candidatos			Nº de salas en candidatos	class2.csv	
Tamaño de salas en candidatos			Tamaño de salas en candidatos	csize.csv	
-	-	-	Nº máximo de alumnos es escuelas multigrado nuevas	mult_max (se define en el código de gams)	
Demanda	Censo de Población y Vivienda 2002	Sub-modelo	Demanda a servir	Demanda a servir	pop.csv
	Entidades	Información disponible	Coordenadas entidades	Coordenadas entidades	coordenadas_a.csv
				Lista de entidades	SA.csv
	-	Supuestos	Máxima distancia a viajar por alumno	Máxima distancia a viajar por alumno	maxtime
Costo fijo por alumno			Costo fijo por alumno	csend2.csv	
Otros	-	Supuestos	-	Costo de Transporte	c_tr (se define en el código de gams)

Clasificación	Bases a usar	Método de generación	Bases Generadas	Datos a usar en GAMS	Nombre del archivo
			-	Nº máximo de escuelas a cerrar	max_cierre (se define en el código de gams)
			Escuelas que deben permanecer abiertas	Escuelas que deben permanecer abiertas	fixopen.csv
			Escuelas a cerrar a priori	Escuelas a cerrar a priori	fixclose.csv
			Candidatos donde no se debe abrir escuelas	Candidatos donde no se debe abrir escuelas	noabrir.csv
			Indicador de compatibilidad de escuelas y tipos	Indicador de compatibilidad de escuelas y tipos	ln.csv

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Red Vial.

5.1.1 Bases generadas a través de procesos.

5.1.1.1 Red Vial Corregida.

Se usó como bases de entradas las entidades rurales, establecimientos educacionales y la red vial del país, previamente consolidados (ver capítulos 8.5.8, 8.5.9 y 8.5.10 de anexos)

Se procedió a generar arcos conectores de mínima distancia entre la red vial y los establecimientos y entidades rurales del país, mediante el uso del script *Nearest Features v3.8* del Software ArcView 3.2.

Con ello se confecciona una red topológica final susceptible de ser explorada y jerarquizada entre nodos de origen y destino.

5.1.1.2 Distancias Entidades-Establecimientos y Entidades-Entidades Candidatas

Para calcular estas distancias se requiere básicamente de tres elementos espaciales; red topológica de caminos, puntos de origen y puntos de destino.

Para ello, se utiliza la función *FindClosestFac* incluida en la extensión Network Analyst del software Arcview 3.2, asignando como valor de impedancia, la distancia o longitud de la red vial. Luego, a partir de una lista de puntos de origen y otra de destino resuelve el

problema calculando la mínima distancia (utilizando el algoritmo *dijkstra*), por la red vial de cada origen O_n a sus destinos $D_{n1, n2, n3...}$

Como alternativa, también puede ser usado el modulo *Closest facility* incluido en la extensión *Network Analyst* de ArcGis 9.2, sin embargo, para su uso, se requiere de la construcción previa de un *Network dataset* con todos los elementos espaciales implicados.

Las búsquedas son sometidas a los siguientes supuestos y parámetros:

1. Se consideran solamente las entidades rurales con población demandante
2. Se buscan los 30 establecimientos educacionales más cercanos a cada entidad rural. Se asume que los estudiantes de cada entidad se asignan a uno de estos establecimientos y no a otro fuera de esta lista.

Una vez finalizada las búsquedas, se obtiene como resultado una nueva cobertura shapefile de rutas mínimas, que atributa cada registro (ruta mínima) con sus respectivos códigos de origen (código de entidad) y destino (rbd), y el costo o distancia mínima calculada, como se puede observar en la siguiente tabla de ejemplo.

Tabla 4. Cálculo de distancias. Ejemplo de tabla de salida en ArcView 3.2.

EVT_ID (id de origen)	FAC_ID (id destino)	EVT_LABEL (código entidad)	FAC_LABEL (rbd)	COST (distancia)
1	180	05606012006001	2092.000000	6136.640
1	183	05606012006001	2096.000000	15344.364
1	187	05606012006001	11200.000000	15919.099
1	182	05606012006001	2095.000000	25094.627
1	185	05606012006001	2098.000000	25094.627
1	184	05606012006001	2097.000000	25543.207
1	170	05606012006001	2037.000000	30623.871
1	181	05606012006001	2093.000000	32015.625
1	171	05606012006001	2066.000000	35592.164
1	173	05606012006001	2069.000000	37998.453
1	169	05606012006001	2036.000000	38016.059
1	172	05606012006001	2068.000000	40352.500
1	174	05606012006001	2071.000000	42005.234
1	186	05606012006001	11194.000000	44178.129
1	175	05606012006001	2079.000000	49169.922
1	168	05606012006001	2035.000000	50316.820
1	176	05606012006001	2081.000000	52759.316
1	167	05606012006001	2033.000000	53385.043
1	164	05606012006001	2005.000000	53727.609
1	160	05606012006001	2000.000000	61359.980
1	206	05606012006001	2038.000000	61842.965
1	177	05606012006001	2085.000000	65269.750
1	197	05606012006001	14380.000000	68995.906
1	178	05606012006001	2087.000000	73530.953
1	179	05606012006001	2089.000000	74220.672
1	163	05606012006001	2004.000000	74786.805
1	165	05606012006001	2006.000000	77415.156
1	166	05606012006001	2008.000000	78454.656
1	162	05606012006001	2003.000000	91946.250
1	161	05606012006001	2002.000000	93596.891
2	180	05606012003001	2092.000000	10222.120
2	183	05606012003001	2096.000000	19429.844

..... Continúa hasta la entidad n

El archivo a utilizar en la optimización “**distancias.csv**” contiene todas las distancias calculadas, es decir, la unión de las tablas de distancias entre entidades-establecimientos

y entidades-entidades candidatas (como referencia se puede observar esquema de la figura 3, de la página 45)

5.1.2 Bases generadas a través de modelos

5.1.2.1 Entidades Candidatas

Dentro de cada región existe un gran número de entidades. Para hacer más eficiente la resolución del problema a nivel regional, no se consideran a todas las entidades como posibles candidatas a ubicar allí establecimientos nuevos, sino que se aplica el método de cobertura máxima para definir un subconjunto de ellas.

Para determinar qué entidades pueden ser candidatas a abrir una nueva escuela se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Se calcula la distancia (a través de la red vial) entre cada entidad rural y el resto de entidades y establecimientos rurales que estén a menos de 10 kilómetros. Si una entidad no tiene ninguna otra entidad o escuela cerca de dicho radio, automáticamente pasa a ser candidata. Este cálculo se efectúa utilizando las extensiones de ArcView (o el módulo de ArcMap) explicados en el capítulo anterior, con la salvedad de que no se limita la búsqueda pero si la distancia de corte (*cutoff*).
2. Una vez calculada las distancias, se implementa el siguiente modelo de cobertura máxima en Gams (ejecutado por Cplex):

Índices:

- i : Entidades
- j : Entidades más establecimientos rurales existentes

Variable de decisión:

- X_j : 1 si la entidad j es candidata; 0 si no.

Parámetros:

- C_j : 1 si la escuela rural j tiene más de 100 alumnos matriculados.
- N_i : conjunto de entidades y escuelas rurales que están a menos de 10 km de la entidad i .

Función Objetivo:

- Minimizar el número de candidatos

$$\text{Min } \sum_j X_j$$

Restricciones:

- Cada entidad debe tener al menos un candidato cerca

$$\sum_{j \in N_i} X_j + \sum_{j \in N_i} C_j \geq 1 \quad \forall i$$

- Naturaleza de las variables

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j$$

Con esto se asegura que todas las entidades de la región tienen cerca ya sea una escuela con una matrícula mayor a 100 alumnos o un sitio en el que es posible edificar un nuevo establecimiento.

Las entidades resultantes o candidatas son identificadas mediante su código de entidad respectivo y separado en una nueva cobertura shapefile.

5.2 Oferta.

5.2.1 Bases generadas a través de procesos

5.2.1.1 Infraestructura por nº de salas

Usando la base de trabajo de infraestructura (ver capítulo 8.5.6 de anexos), se procedieron a crear 2 archivos independientes:

- **Inversiones en Escuelas:** Existen 7 tipos de escuelas nuevas, las cuales requieren distintas cantidades de salas de clases inicialmente, números que puede incrementarse si se agregan salas en el proceso de optimización. Luego, dependiendo del tipo de escuela nueva, la inversión es distinta.

Para llevar la inversión a un costo anual se utiliza el Costo Anual Equivalente (C)⁸. La fórmula es:

$$C = VA \left[\frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right]$$

Con VA: Inversión para construir escuela nueva, r : tasa de descuento y N : años estimado que operará la escuela.

En este caso $r = 8\%$, la cual corresponde a la tasa social de descuento usada por MIDEPLAN y se estima que la vida útil de un establecimiento educacional es 20 años.

El archivo generado corresponde a “cost3.csv” dentro de las entradas del modelo.

➤ **Inversiones en Salas:** El procedimiento usado fue el siguiente:

- Se promediaron los costos unitarios de sala, obteniéndose un valor de 862 UF.
- El costo promedio por sala recién calculado incluye infraestructura extra, como bibliotecas, patio, etc. Por esto se estimó que un 60% de este costo corresponde específicamente a salas de clase.
- Al igual que al construir una escuela nueva, se debe llevar la inversión a términos anuales usando CAUE. La tasa de descuento y años de duración son los mismos usados anteriormente.

⁸ La obtención de esta fórmula es análoga al cálculo de una anualidad. Usando los principios básicos de matemáticas financieras, el valor actual de una serie de pagos iguales durante N años corresponde a :

$$VA = \frac{C}{(1+r)} + \frac{C}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C}{(1+r)^{N-1}} + \frac{C}{(1+r)^N} \quad (1)$$

Multiplicando la ecuación anterior por $(1+r)$,

$$(1+r)VA = C + \frac{C}{(1+r)} + \dots + \frac{C}{(1+r)^{N-2}} + \frac{C}{(1+r)^{N-1}} \quad (2)$$

Restando (2) de (1),

$$(1+r)VA - VA = C + \frac{C}{(1+r)^N}$$

Despejando C se obtiene,

$$C = VA \left[\frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right]$$

Fuente: “Fundamentos de Financiación Empresarial”, Richard Brealey y Stewart Myers

Con esto se obtuvo un costo aproximado de 517 UF y en términos anuales corresponde a 52,65 UF.

El archivo generado corresponde a “**costadd2.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.2 Bases Generadas con la información disponible

5.2.2.1 Coordenadas de establecimientos

Se extrajeron desde la base shapefile consolidada de establecimientos del país. El archivo generado corresponde a “**coordenadas_1.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.2.2 Lista de establecimientos

Se extrajeron desde la base consolidada de establecimientos del país. El archivo generado corresponde a “**SL.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.2.3 Coordenadas Candidatos

Se extrajeron desde las bases shapefile consolidadas de entidades rurales y establecimientos rurales del país. El archivo generado corresponde a “**coordenadas_1.csv**” dentro de las entradas del modelo (en este archivo se encuentran las coordenadas tanto de escuelas existentes como de entidades candidatas).

5.2.2.4 Lista de Candidatos

Se extrajeron desde las bases shapefile consolidadas de entidades rurales y establecimientos rurales del país. El archivo generado corresponde a “**SL.csv**” dentro de las entradas del modelo (en este archivo se encuentran tanto las escuelas existentes como los candidatos).

5.2.2.5 Indicador de Candidatos

Usando la base de candidatos, se procedió a generar un archivo que señala qué identificadores (RBD o código de entidad) corresponden a opciones donde abrir escuelas nuevas. El archivo generado corresponde a “**new.csv**”.

5.2.2.6 Grados 2007

Usando la base de trabajo de grados por escuela (ver capítulo de 8.5.3 anexos), se construyen los siguientes archivos:

- **Nº salas:** Indica la cantidad de salas que tiene una escuela inicialmente. A partir de la base anterior se toma el número de salas para cada escuela existente por grado. El archivo generado corresponde a “**class2.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para escuelas existentes).
- **Grados:** Indica los grados que puede impartir cada escuela. En las escuelas nuevas se limita por el tipo de educación (una escuela básica no puede tener cursos de media). El archivo generado corresponde a “**ed.csv**” dentro de las entradas del modelo.
- **Tipos de Escuela:** Indica si la escuela es simple o multigrado. Se considera que una escuela es multigrado cuando el número de cursos multigrado totales es mayor al número de cursos simples totales. El archivo generado corresponde a “**c_inicial.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.2.7 Capacidades históricas

A partir de la base de trabajo de capacidades de escuela (ver capítulo 8.5.2 de anexos), se generó un archivo a usar en Gams:

- **Tamaño de salas:** Corresponde al tamaño de cada curso en número de alumnos. Para las escuelas existentes, este parámetro corresponde a la capacidad máxima histórica utilizada por escuela, dado por la base anterior. El archivo generado corresponde a “**csize.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para escuelas existentes).

5.2.2.8 Matrícula 2007

Usando la base del RECH, se generó un archivo el cual contiene la matrícula correspondiente al año 2007 por escuela. El archivo generado corresponde a “**mat.csv**”.

5.2.2.9 Remuneraciones de profesores corregidas

Se generó una base de trabajo con las remuneraciones por profesor en cada escuela (ver capítulo 8.5.4 de anexos). No obstante existen algunas escuelas las cuales no poseen información sobre sus costos; en estos casos se tomó como sueldo promedio de profesor el sueldo promedio de profesores de su región y el sueldo total corresponde al número de

cursos del año 2007 multiplicado por el costo unitario de profesor. A continuación, se muestran los costos promedio de profesores en escuelas rurales por región y el máximo sueldo pagado en cada una de ellas:

Tabla 5. Costos promedio de profesores de establecimientos rurales por región.

Región	Promedio de sueldo por profesor	Máximo sueldo por profesor
1	\$ 787,897	\$ 1,179,666
2	\$ 823,300	\$ 1,105,047
3	\$ 832,349	\$ 1,198,435
4	\$ 581,925	\$ 1,009,201
5	\$ 455,304	\$ 920,018
6	\$ 518,648	\$ 971,804
7	\$ 631,346	\$ 1,412,705
8	\$ 654,827	\$ 1,146,524
9	\$ 608,660	\$ 1,266,105
10	\$ 727,153	\$ 1,731,638
11	\$ 1,031,368	\$ 1,670,139
12	\$ 627,838	\$ 1,068,703
13	\$ 434,693	\$ 873,744

Fuente: Elaboración propia.

Con esto, se generaron los siguientes datos a ser usados en Gams:

- **Costo de profesores Total:** Corresponde al costo total por escuela asociado a las remuneraciones de los profesores. En las escuelas existentes se usan los costos totales dados por la base anterior, los cuales presentan variaciones entre las distintas escuelas. En las escuelas nuevas se utiliza como sueldo de cada profesor el sueldo máximo pagado en la región y se multiplica por el número de cursos en el establecimiento de acuerdo al tipo de enseñanza; esto se hace con la finalidad de no generar incentivos a cerrar escuelas con profesores caros para abrir nuevas con profesores más baratos.

Se asume que cada curso necesita un profesor, a excepción de los cursos de educación media donde el costo de profesores es mayor (se asume que tener un curso de media corresponde al costo de un profesor más un 20% extra).

Estos costos son mensuales, por lo que para llevarlos a términos anuales se multiplican por 10, que es el número de meses correspondiente al año escolar.

El archivo generado corresponde a “**cost1.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para escuelas existentes).

Adicionalmente se genera otro archivo, “**cost1r.csv**”, el cual trabaja con los costos promedio de la región y es usado al momento de desplegar resultados.

- **Costo de profesores Antigo:** Corresponde al ahorro que se obtiene por concepto de eliminar un curso (esto sólo es posible en las escuelas existentes). Se obtiene como el costo promedio unitario por escuela calculado en la base de remuneraciones corregida.

El archivo generado corresponde a “**costsub1.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.2.10 Remuneraciones de directores corregidas

Usando la base de trabajo de directores (ver capítulo 8.5.5 de anexos) se puede calcular el costo por director promedio de una región, así como el máximo, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 6. Costo promedio de directores de establecimientos educacionales por región.

Región	Promedio de sueldo por director	Máximo sueldo por director
1	\$ 831,013	\$ 1,086,757
2	\$ 823,268	\$ 1,055,393
3	\$ 956,485	\$ 1,151,429
4	\$ 784,169	\$ 1,008,427
5	\$ 715,697	\$ 920,711
6	\$ 777,251	\$ 971,804
7	\$ 779,210	\$ 1,412,705
8	\$ 851,226	\$ 1,146,524
9	\$ 863,999	\$ 1,364,364
10	\$ 935,378	\$ 1,695,601
11	\$ 1,190,057	\$ 1,683,600
12	\$ 991,262	\$ 1,189,702

Región	Promedio de sueldo por director	Máximo sueldo por director
13	\$ 648,667	\$ 955,249

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esto, se generaron los siguientes datos a ser usados en Gams:

- **Costo de directores:** Corresponde al costo que tiene un director de una escuela determinada (notar que no todas las escuelas poseen uno). El archivo generado corresponde a “**costf.csv**” dentro de las entradas del modelo.

Adicionalmente se genera otro archivo, “**costfr.csv**”, el cual trabaja con los costos promedio de la región y es usado al momento de desplegar resultados.

5.2.2.11 Tipo de Dependencia

Se usó como base de entrada la base de datos del Directorio de Matrícula 2007. Esta base sirve para identificar qué escuelas son establecimientos privados, los cuales no reciben subvención. Todas las escuelas que tengan un número 1 en el campo junto a su identificador, significa que son establecimientos privados. El archivo generado corresponde a “**privado.csv**” dentro de las entradas del modelo.

Además se generó un archivo extra, el cual indica el tipo de dependencia de cada escuela existente. Cada escuela posee un dígito (entre 1 y 3), el cual define su dependencia; el 1 corresponde a municipales, el 2 a subvencionados y el 3 a privados.

5.2.3 Bases generadas a través de supuestos

5.2.3.1 N° máximo de cursos a agregar por escuela

Se asume que las escuelas existentes a lo más pueden agregar 5 cursos (se puede modificar el parámetro viendo cada caso en particular), mientras que las escuelas nuevas pueden contar con 20 cursos como máximo (al ser una nueva construcción debería tener más libertad a la hora de edificar). El archivo generado corresponde a “**n.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.3.2 Porcentaje máximo que un curso podría ser sobrellenado

Se estimó que se podría tener un 20% más de alumnos por curso, tanto para escuelas antiguas como nuevas. El archivo generado corresponde a “**limit.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.3.3 Costo de profesores total en Candidatos

Como se mencionó anteriormente, el costo total en las escuelas nuevas corresponde al sueldo máximo de un profesor de la región multiplicado por el número de cursos a impartir. El archivo generado corresponde a “**cost1.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para los candidatos).

5.2.3.4 Costo de profesor extra

Corresponde al costo de contratar un profesor extra en alguna escuela (nueva o existente). Se obtiene como el sueldo máximo de un profesor de la región el cual debe ser multiplicado por 10 para llevarlo a términos anuales. El archivo generado corresponde a “**costadd1.csv**” dentro de las entradas del modelo.

Adicionalmente se genera el archivo “**costadd1r.csv**”, el cual se calcula usando los promedios regionales y es usado para mostrar resultados.

5.2.3.5 Costo de directores en candidatos

Para las escuelas nuevas se determinó que cada una de ellas tuviese un director, calculándose su costo como el máximo sueldo de un director de la región. El archivo generado corresponde a “**costf.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para candidatos).

Adicionalmente se genera el archivo “**costfr.csv**”, el cual se calcula usando los promedios regionales y es usado para mostrar resultados.

5.2.3.6 Costo de eliminar personal no docente

Este costo se dejó en cero, pues no fue posible obtener una medida real para las escuelas existentes. El archivo generado corresponde a “**costsub2.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.2.3.7 Número de salas en candidatos

En las escuelas nuevas se define un número distinto de salas dependiendo del tipo de educación que imparten (por ejemplo, si es una escuela de educación básica tiene 1 sala

para cada curso desde 1º a 8º básico). El archivo generado corresponde a “**class2.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para candidatos).

5.2.3.8 Tamaño de salas en candidatos

Para escuelas nuevas este parámetro se fijó en 25. El archivo generado corresponde a “**csize.csv**” dentro de las entradas del modelo (sólo para candidatos).

5.2.3.9 Número máximo de alumnos en escuelas multigrado nuevas

Es el número máximo de alumnos permitido en una escuela nueva multigrado. Se fijó este parámetro en 60, el cual va escrito directamente dentro del código del problema a optimizar.

5.3 Demanda

5.3.1 Bases generadas a través de sub-modelos

5.3.1.1 Demanda a Servir

Es la demanda por grados escolares. Corresponde al número de niños y jóvenes en edad escolar de cada entidad rural que van a ser destinados a distintos establecimientos educacionales.

Esta demanda es calculada considerando información sobre un año t donde la matrícula es conocida. También se describe el procedimiento necesario para calcular la demanda sobre un año t futuro.

A continuación se describe detalladamente los aspectos metodológicos de cada opción de cálculo de la demanda (El archivo generado según la opción implementada corresponde a “**pop.csv**” dentro de las entradas del modelo).

5.3.1.1.1 Estimación de la demanda a nivel de entidad rural, para un año t donde la matrícula es conocida

La información utilizada en este caso corresponde a la población por edad simple a nivel de entidad rural del censo 2002 y la proyección de la población por edad simple a nivel de comuna para el año 2007, ambas elaboradas por el INE.

El objetivo es prorratear la población rural por comuna proyectada al año 2007 a cada entidad que debiese ser acogida por el sistema pre escolar y escolar, utilizándose para ello un sistema de prorrateo basado en el método de razón.

Lo anterior implica restringir el problema a la población candidata de edad entre 4 a 21 años. Por otra parte, a modo de lograr una mayor acercamiento a la estructura poblacional del 2007, cada edad simple del año 2002 se desplazo en cinco años; por ejemplo, si en el 2002 se tiene un total de treinta niños de 7 años para una entidad determinada, entonces estos mismos treinta niños para el 2007 corresponden al total de población de 12 años.

Entonces, para proyectar la población de 4 a 21 años de cada entidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$PR_{est\ ent\ 2007\ E} = \frac{PR_{ent\ 2002\ E-5}}{PR_{com\ 2002\ E-5}} * PR_{proyect\ com\ 2007\ E}$$

Donde:

$PR_{est\ ent\ 2007\ E}$ = Población rural estimada de entidad al año 2007 para la edad E .

$PR_{ent\ 2002\ E-5}$ = Población rural de entidad al año 2002 para la edad $E-5$.

$PR_{com\ 2002\ E-5}$ = Población rural de comuna al año 2002 (contenedora de entidad) para la edad $E-5$.

$PR_{proyect\ com\ 2007\ E}$ = Población rural proyectada de comuna al año 2007 para la edad E . Esta se calculo a partir de la proporción urbano-rural del año 2002.

Como el modelo no considera la educación especial, a cada componente de la ecuación anterior, se resto el porcentaje que representa la población que según el censo 2002 presenta algún tipo de deficiencia o limitantes (ceguera total, sordera total, mudez, lisiado/parálisis, deficiencia mental).

Para proyectar la población de 4 años, que al año 2007 desaparece producto de desplazar la población en cinco años, se recurrió a las tasas de fecundidad proyectadas para el periodo 2000-2005 (INE) para población rural en edad fértil, estas son:

Tabla 7. Tasas de fecundidad periodo 2000-2003 para población rural en edad fértil.

Grupos edad Quinquenal	Tasas de fecundidad
15-19	0,0784
20-24	0,1134
25-29	0,0984

Grupos edad Quinquenal	Tasas de fecundidad
30-34	0,0740
35-39	0,0427
40-44	0,0140
45-49	0,0010

Fuente: INE 2007.

La estructura de estos grupos quinquenales fue obtenida a partir del censo 2002 y siguiendo la lógica utilizada anteriormente para desplazar edades simples, ahora, el grupo quinquenal también es desplazado en cinco edades simples. Así, para el año 2007 la estructura de estos siete grupos quinquenales corresponde a los grupos de edades 10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39 y 40-44 del año 2002.

Entonces:

$$PRT\ ent_{E5} = \sum T_{Qg} * PQ_{g2007}$$

Donde;

$PRT\ ent_{E5}$ = Población rural estimada por la tasa de natalidad de entidad para la edad $E5$ (del año 2007)

T_{Qg} = Tasa de natalidad rural de grupo quinquenal g .

PQ_{g2007} = Población rural del grupo quinquenal g para el año 2007

Al aplicar las tasas a cada grupo quinquenal, la sumatoria es normalizada con la población comunal proyectada al 2007 por edad simple utilizando el método de razón.

$$PRest\ ent\ 2007_{E5} = \frac{PRT\ ent_{E5}}{PR\ com\ 2002_{E+5}} * PR\ proyect\ com\ 2007_E$$

Dado que se tienen estimaciones de población por entidad para el año 2007 y se cuenta con la matrícula regional, se procede a prorratear esta última entre todas las entidades que cuenten con población. Esto se refleja en la siguiente expresión:

$$m_{g,ent} = \sum_e \theta_{g,e} \frac{pob_{2007,e,ent}}{\sum_{ent} pob_{2007,e,ent}} m_{g,reg}$$

Donde:

$m_{g,ent}$ = matrícula por grado y entidad proyectada para el año 2007

$\theta_{g,e}$ = peso que representa cada edad simple dentro de un grado

$pob_{2007,e,ent}$ = Población rural estimada para cada entidad al año 2007 por edad.

$m_{g,ent}$ = matrícula por grado a nivel regional para el año 2007

Se debe tener en cuenta que la suma de los pesos para cada grado debe ser 1 ($\sum_e \theta_{g,e} = 1 \quad \forall g$).

En este caso, el total de cada edad simple corresponde al total de un grado de un nivel específico, así se tiene que:

- La enseñanza Parvularia de los grados PreKinder y Kinder, son equivalentes al tramo etario entre 4 a 5 años.
- La enseñanza Básica entre los grados 1º a 8º básico, son equivalentes al tramo etario entre 6 a 13 años.
- La enseñanza Media H-C niños y jóvenes, T-P Comercial Niños, T-P Industrial Niños, T-P Técnica Niños, T-P Agrícola Niños y T-P Marítima Niños entre los grados 1 a 4 medio, son equivalentes al rango etario entre 14 a 17 años.

Debido a las particularidades que presenta la enseñanza media y pre-escolar en el área rural, su prorrateo se realiza considerando sólo aquellas entidades rurales que se sitúan dentro de un radio de 60km y 15Km respectivamente.

Un esquema de este proceso puede observarse en la Figura 4, de la página 46.

5.3.1.1.2 Estimación de la demanda para un año t futuro

Esta opción de modelamiento de la demanda puede ser usada sobre los resultados de población (sin ajuste de matrícula) calculados anteriormente.

En este caso, se considera que la población puede asistir tanto a escuelas rurales como urbanas. Si una entidad se encuentra más cerca de escuelas urbanas que rurales, se espera que esos niños asistan a centros urbanos.

Para modelar este efecto, primero se debe calcular la utilidad que obtiene cada entidad al enviar alumnos a cada escuela:

$$U_{ent,esc,g} = \frac{A_{tipo,g}}{d_{ent,esc}^2}$$

Donde:

$U_{ent,esc,g}$ = Utilidad generada para la entidad al enviar alumnos de grado g a cierta escuela

$d_{ent,esc}$ = distancia entre la entidad y la escuela

$A_{tipo,g}$ = Parámetro de atractividad que posee cada escuela por grado. Se definen dos valores: uno para urbano y otro para rural. Este parámetro debe ser calibrado.

Posteriormente se calcula la probabilidad de asistir a cada escuela por grado y entidad:

$$P_{ent,esc,g} = \frac{U_{ent,esc,g}}{\sum_{esc} U_{ent,esc,g}}$$

Con esto se puede obtener la probabilidad para cada entidad y grado de asistir sólo a escuelas rurales:

$$P_{ent,g} = \sum_{esc \in rural} P_{ent,esc,g}$$

Finalmente, se puede obtener la matrícula (o población) por grado y entidad ponderando la población por edad y entidad del año 2007 con la probabilidad de asistir a escuelas rurales y el factor de peso que asigna edades a grados:

$$m_{g,ent} = \sum_e P_{ent,g} \theta_{g,e} pob_{2007,e,ent}$$

Para poder calibrar el parámetro $A_{tipo,g}$ se puede usar el dato conocido de matrícula (o población) regional por grado. La suma de cada una de las matrículas por entidad y grado debe ser igual a la matrícula regional por grado:

$$\sum_{ent} m_{g,ent} = m_{g,reg}$$

5.3.2 Bases generadas con información disponible

5.3.2.1 Coordenadas de entidades rurales

Estas se obtienen desde la base shapefile de entidades rurales del país. El archivo generado corresponde a “**coordenadas_a.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.3.2.2 Lista de entidades rurales

Estas se obtienen desde la base de entidades rurales del país. El archivo generado corresponde a “**SA.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.3.3 Bases generadas empleando supuestos

5.3.3.1 Máxima distancia a viajar por alumno

Este parámetro está definido por grado escolar, es decir, se pueden tener distintos valores de acuerdo a la edad de los niños. Se fijó este parámetro en 30 km para todos los grados. Estos valores son definidos directamente en el código de Gams (corresponden al parámetro “**maxtime**”).

5.3.3.2 Costo fijo por alumno

Es un costo fijo asociado a los alumnos que asisten a las escuelas (matrícula, materiales, etc). Se fijó en \$10.000 por alumno. Este valor es definido directamente en el código de Gams (corresponden al parámetro “**csend2.csv**”).

5.4 Otros parámetros

5.4.1 Bases generadas a través de supuestos

5.4.1.1 Costo de transporte

Este es un valor escalar definido en el código de Gams.

El usuario puede especificar el costo anual de transporte por alumno por metro recorrido. Para calcular el costo total se debe multiplicar la distancia que viajan los alumnos por este costo unitario definido. Se consideró un factor de 30, el cual multiplica la distancia medida en metros al año. Este se obtuvo a partir de suponer que un kilómetro de viaje vale \$70 (de modo que un viaje de 5 kilómetros cuesta \$350) y se transforma este costo por kilómetro diario a un costo por metros anual. Es decir:

$$\begin{aligned} \text{Costo } (\$/m \text{ al año}) \\ &= \text{Costo } (\$/km \text{ al día}) * (\text{Conversión km a m}) * (N^\circ \text{ viajes diarios}) \\ & * (\text{Días hábiles al mes}) * (N^\circ \text{ de meses hábiles}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo } (\$/m \text{ al año}) \\ &= 70 \left(\$/km \text{ al día} \right) * \left(\frac{1}{1000} km/m \right) * (2 \text{ viajes diarios}) * (22 \text{ días}) \\ &* (10 \text{ meses}) = 30.8 \left(\$/m \text{ al año} \right) \end{aligned}$$

5.4.1.2 Número máximo de escuelas a cerrar

Este es un valor escalar definido en el código de Gams.

Se fijó este parámetro en 20 para cada región, el cual va escrito directamente dentro del código del problema a optimizar.

5.4.1.3 Escuelas que deben permanecer abiertas

Esta base indica qué escuelas no deben cerrarse. Todas las escuelas que tengan un número 1 en el campo siguiente al identificador significan que permanece abierta. El archivo generado corresponde a “**fixopen.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.4.1.4 Escuelas a cerrar a priori

Esta base indica qué escuelas deben ser cerradas sin que el modelo pueda modificar esta condición. Todas las escuelas que tengan un número 1 en el campo siguiente al identificador, significa que deben cerrarse. El archivo generado corresponde a “**fixclose.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.4.1.5 Candidatos donde no se debe abrir una escuela

Esta base indica qué candidatos no se usan para instalar un nuevo establecimiento. Todos los candidatos que tengan un número 1 en el campo junto a su identificador no son considerados. El archivo generado corresponde a “**noabrir.csv**” dentro de las entradas del modelo.

5.4.1.6 Indicador de compatibilidad de escuelas y tipos

Esta archivo indica a qué tipo puede asignarse cada escuela (por ejemplo, una escuela nueva no puede ser antigua multigrado). El archivo generado corresponde a “**in.csv**” dentro de las entradas del modelo.

6 Resultados de la aplicación del Modelo de Localización a nivel país por región

En este capítulo se presentan los resultados de la optimización para cada una de las regiones. Cada una de ellas fue resuelta en forma individual, considerando 2 islas de la décima región como regiones aisladas (la población está cautiva en ellas). Estas se resolvieron en un equipo Mac Pro con dos procesadores Core2Quad 2.8 GHz y 32 G ram (sistema operativo OSX). En este equipo, se configuró una maquina virtual (Vmware Fusion) donde se configuró el sistema operativo Windows 7, utilizando finalmente 2 procesadores (de los 8 procesadores disponibles) y 8 G en ram (de 32).

Además las regiones entre la séptima y décima fueron divididas en zonas, de forma de poder ser resueltas con un computador estándar (Dual Core T3200, 2 GHz, 2 GB Ram y 10 GB libre en disco). Estos últimos resultados pueden ser consultados en el anexo 8.6.

Los costos de directores y profesores presentados corresponden al total de personal existente y nuevo en los establecimientos de cada región. Para el caso de docentes nuevos, al presentar los resultados se toma como remuneración estimada de cada uno de ellos el promedio de sueldo de docentes de la región.

6.1 I Región de Tarapacá

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 45 a 12 km. Para esto se requieren construir 19 nuevas escuelas, mientras que se cierran 8. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

A pesar de existir 11 escuelas más que en la situación, la capacidad ociosa promedio en la región disminuye. Esto se debe a que 4 de las escuelas cerradas poseen una infraestructura capaz de albergar una gran cantidad de alumnos (sobre 100, de acuerdo a la matrícula 2007). Asimismo, las escuelas nuevas en promedio atienden sólo a 60 alumnos.

Se realizó una corrida adicional (al igual que en todas las regiones de los extremos del país) donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 6%; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 217 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 58% para el primer escenario optimizado y un 53% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 8. Tabla resumen, escenario optimizado I Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	37	29	29
	Escuelas Nuevas	0	19	9
	Escuelas Cerradas	0	8	8
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		29	21
	Eliminados en Escuelas Existentes		18	18
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	45.62	12.05	21.4
	Máximo	190.34	49.49	217.2
	Mínimo	0.07	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	75	56	70.83
	Máximo	616	402	553
	Mínimo	5	2	6
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		60	78.67
	Máximo		485	230
	Mínimo		2	43
Capacidad Ociosa Promedio		31%	30%	6%
Nº alumnos por profesor		16.06	13.88	19.31
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 171,329,876	\$ 62,280,381
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 32,068,461	\$ 23,221,989
	Directores	\$ 49,320,070	\$ 185,907,570	\$ 98,210,150
	Profesores	\$ 1,313,984,330	\$ 1,303,671,468	\$ 948,481,590
	Costo de Transporte	\$ 1,080,095,434	\$ 285,159,146	\$ 506,676,569
	TOTAL	\$ 2,443,399,834	\$ 1,978,136,521	\$ 1,638,870,679
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 1,363,304,400	\$ 1,692,977,375	\$ 1,132,194,110

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 9. Escuelas a cerrar, I Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.).

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
154	31	Básica	Municipal
161	239	Preescolar, Básica y Media	Municipal
165	2	Básica	Municipal
12562	3	Básica	Municipal
195	142	Básica	Municipal
198	61	Básica	Municipal
12617	779	Preescolar y Básica	Municipal
10917	299	Preescolar, Básica y	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
		Media	

Fuente. Elaboración propia.

6.2 II Región de Antofagasta

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 58 a 9 km. Para esto se requieren construir 11 nuevas escuelas, mientras que se cierran 4. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

Las escuelas que se cierran no corresponden a las más grandes (en términos de matrícula). Además, las escuelas que se abren reciben a pocos alumnos; esto se debe a que existen entidades que no tienen ninguna escuela existente a menos de 50 km, por lo que necesariamente se debe abrir una escuela para cumplir con la restricción de máxima distancia a viajar por los alumnos. Alguno de estos recintos deben recibir demanda de grados de educación media y de 7º-8º básico, por ello, no pueden ser usadas como escuelas multigrados. Por estas razones la capacidad ociosa promedio de la región aumenta a más del doble de la considerada originalmente.

Se realizó una corrida adicional donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 12%; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 370 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 71% para el primer escenario optimizado y un 35% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 10. Tabla resumen, escenario optimizado II Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	17	13	13
	Escuelas Nuevas	0	11	4
	Escuelas Cerradas	0	4	4
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		9	5
	Eliminados en Escuelas Existentes		9	8
Distancia recorrida	Promedio	58.16	9.18	37.23
	Máximo	303.86	47.68	371.15

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
por alumno [km]	Mínimo	0.04	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	34	13	32.52
	Máximo	153	45	174
	Mínimo	5	1	8
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		36	37.3
	Máximo		94	60
	Mínimo		8	17
Capacidad Ociosa Promedio		31%	69%	12%
Nº alumnos por profesor		8.94	5.11	11.22
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 116,965,549	\$ 22,454,134
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 9,952,281	\$ 5,529,045
	Directores	\$ 32,930,700	\$ 104,471,460	\$ 46,842,700
	Profesores	\$ 439,335,258	\$ 705,973,782	\$ 312,374,192
	Costo de Transporte	\$ 285,156,626	\$ 45,002,006	\$ 182,529,062
	TOTAL	\$ 757,422,584	\$ 982,365,078	\$ 569,729,133
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 472,265,958	\$ 937,363,072	\$ 387,200,071

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 11. Escuelas a cerrar, II Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
252	98	Básica	Municipal
274	23	Básica	Municipal
277	31	Básica	Municipal
214	7	Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.3 III Región de Atacama

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 16 a 11 km. Para esto se requieren construir 18 nuevas escuelas, mientras que se cierran 8. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

A pesar de existir 10 escuelas más que en la situación, la capacidad ociosa promedio en la región sólo sube en 1%. Esto se debe a que 5 de las escuelas cerradas poseen una

infraestructura capaz de albergar una gran cantidad de alumnos (sobre 100, de acuerdo a la matrícula 2007). Asimismo, las escuelas nuevas en promedio atienden sólo a 47 alumnos.

Se realizó una corrida adicional donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 5%; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 158 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 57% para el primer escenario optimizado y un 42% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 12. Tabla resumen, escenario optimizado III Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	44	36	36
	Escuelas Nuevas	0	18	2
	Escuelas Cerradas	0	8	8
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		37	18
	Eliminados en Escuelas Existentes		10	11
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	16.69	11.14	19.64
	Máximo	120.78	49.99	158.22
	Mínimo	0	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	61	51	65.13
	Máximo	353	336	433.8
	Mínimo	2	4	4
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		47	163.1
	Máximo		229	296.2
	Mínimo		1	30
Capacidad Ociosa Promedio		33%	34%	5%
Nº alumnos por profesor		15.62	13.56	21.37
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 156,334,076	\$ 22,071,272
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 40,914,933	\$ 19,904,562
	Directores	\$ 238,066,150	\$ 316,598,630	\$ 183,165,770
	Profesores	\$ 1,325,799,380	\$ 1,240,496,348	\$ 888,747,140
	Costo de Transporte	\$ 382,155,763	\$ 255,121,186	\$ 449,562,775
	TOTAL	\$ 1,946,021,293	\$ 2,009,465,173	\$ 1,563,451,519

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 1,563,865,530	\$ 1,754,343,987	\$ 1,113,888,744

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13. Escuelas a cerrar, III Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
493	172	Preescolar y Básica	Municipal
11025	330	Preescolar, Básica y Media	Municipal
500	12	Básica	Municipal
508	12	Básica	Municipal
13125	429	Preescolar, Básica y Media	Privado
441	318	Preescolar, Básica y Media	Municipal
463	182	Preescolar y Básica	Municipal
466	12	Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.4 IV Región de Coquimbo

En esta región, la distancia promedio que recorren los alumnos se mantiene prácticamente constante (sube 8.16 a 8.37 km) no obstante se obtienen otros beneficios. Para esto se requieren construir 7 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

Dentro de las escuelas cerradas, aparecen algunas que durante el año 2007 registraron 0 alumnos. Esto se debe a que éstas son escuelas de educación especial o adultos. La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original y además en las escuelas existentes se quitan más cursos de los que se agregan.

La reasignación de alumnos es un 21% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 14. Tabla resumen, escenario optimizado IV Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	388	368
	Escuelas Nuevas	0	7
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		22
	Eliminados en Escuelas Existentes		105
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	8.16	8.37
	Máximo	231.16	49.98
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	52	54
	Máximo	901	1233
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		42
	Máximo		91
	Mínimo		1
Capacidad Ociosa Promedio		20%	15%
Nº alumnos por profesor		15.76	18.86
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 75,753,293
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 24,327,798
	Directores	\$ 1,539,107,620	\$ 1,482,531,750
	Profesores	\$ 9,056,367,380	\$ 7,167,182,142
	Costo de Transporte	\$ 1,416,836,786	\$ 1,452,866,146
	TOTAL	\$ 12,012,311,786	\$ 10,202,661,129
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 10,595,475,000	\$ 8,749,794,983

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 15. Escuelas a cerrar, IV Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
540	122	Preescolar y Básica	Municipal
543	146	Preescolar y Básica	Municipal
544	0	Media	Municipal
565	1037	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
597	240	Preescolar y Básica	Municipal
629	518	Preescolar y Básica	Municipal
631	339	Preescolar y Básica	Municipal
671	211	Preescolar y Básica	Municipal
691	237	Preescolar y Básica	Municipal
694	263	Preescolar, Básica y Media	Municipal
725	249	Preescolar y Básica	Municipal
774	200	Preescolar y Básica	Municipal
803	265	Preescolar y Básica	Municipal
804	206	Preescolar y Básica	Municipal
851	117	Preescolar y Básica	Municipal
1051	297	Preescolar y Básica	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
13455	0	Media	Municipal
13541	0	Media	Subvencionado
1017	113	Preescolar y Básica	Municipal
13610	0	Media	Subvencionado

Fuente. Elaboración propia.

6.5 V Región de Valparaíso

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 9 a 5 km. Para esto se requieren construir 7 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se agregan no es muy superior a los que se quitan.

La reasignación de alumnos es un 20% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 16. Tabla resumen, escenario optimizado V Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	208	188
	Escuelas Nuevas	0	7
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		107
	Eliminados en Escuelas Existentes		92
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.25	5.27
	Máximo	204.07	29.97
	Mínimo	0.04	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	109	118
	Máximo	868	632
	Mínimo	0	1
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		73
	Máximo		297
	Mínimo		8
Capacidad Ociosa Promedio		19%	14%
Nº alumnos por profesor		18.4	19.55
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 100,577,325
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 118,321,563

	Escenario Actual	Escenario Optimizado
Directores	\$ 240,767,040	\$ 245,459,530
Profesores	\$ 7,788,507,090	\$ 6,718,430,116
Costo de Transporte	\$ 6,288,051,270	\$ 3,579,438,678
TOTAL	\$ 14,317,325,400	\$ 10,762,227,212
TOTAL (Sin Transporte)	\$ 8,029,274,130	\$ 7,182,788,534

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 17. Escuelas a cerrar, V Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
1125	325	Preescolar y Básica	Municipal
1139	113	Preescolar y Básica	Municipal
1148	487	Preescolar, Básica y Media	Municipal
1149	290	Preescolar, Básica y Media	Municipal
1184	214	Básica	Municipal
1185	96	Básica	Municipal
1192	237	Preescolar y Básica	Municipal
1211	309	Preescolar y Básica	Municipal
1260	499	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
1328	144	Preescolar y Básica	Municipal
1450	783	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
1868	228	Preescolar y Básica	Municipal
1899	207	Preescolar y Básica	Municipal
2066	424	Preescolar y Básica	Municipal
2079	328	Preescolar y Básica	Municipal
14217	263	Preescolar, Básica y Media	Privado
14329	9	6.5.1 Media	6.5.2 Municipal
14829	59	Media	Municipal
14840	18	Media	Subvencionado
14864	49	Media	Subvencionado

Fuente. Elaboración propia.

6.6 VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 5.8 a 4.9 km. Para esto se requieren construir 3 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es prácticamente el doble con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 16% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 18. Tabla resumen, escenario optimizado VI Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	272	252
	Escuelas Nuevas	0	3
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		76
	Eliminados en Escuelas Existentes		152
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	5.83	4.99
	Máximo	59.56	29.94
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	108	116
	Máximo	696	663
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		66
	Máximo		86
	Mínimo		30
Capacidad Ociosa Promedio		30%	18%
Nº alumnos por profesor		17.99	21.07
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 38,483,024
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 84,041,484
	Directores	\$ 1,598,613,650	\$ 1,474,915,700
	Profesores	\$ 9,557,987,620	\$ 7,798,515,972
	Costo de Transporte	\$ 5,146,675,500	\$ 4,406,611,164
	TOTAL	\$ 16,303,276,770	\$ 13,802,567,344
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 11,156,601,270	\$ 9,395,956,180

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Escuelas a cerrar, VI Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
15564	693	Preescolar, Básica y Media	Privado
2514	139	Media	Subvencionado
2612	694	Preescolar, Básica y Media	Municipal
2378	570	Media	Municipal
15583	360	Media	Municipal
2636	100	Básica	Municipal
2714	141	Preescolar y Básica	Municipal
2664	110	Básica	Municipal
2708	130	Preescolar y Básica	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
2537	210	Preescolar, Básica y Media	Municipal
2538	159	Preescolar y Básica	Municipal
2380	194	Preescolar y Básica	Municipal
2420	128	Preescolar y Básica	Municipal
2491	186	Preescolar y Básica	Municipal
2498	208	Preescolar y Básica	Municipal
2505	200	Preescolar y Básica	Municipal
2524	131	Preescolar y Básica	Municipal
2565	174	Preescolar y Básica	Municipal
15708	26	Media	Municipal
2334	196	Preescolar y Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia

6.7 VII Región del Maule

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 6.6 a 5.5 km. Para esto se requieren construir 21 nuevas escuelas, mientras que se cierran 40. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mucho mayor con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 14% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 20. Tabla resumen, escenario optimizado VII Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	474	434
	Escuelas Nuevas	0	21
	Escuelas Cerradas	0	40
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	77
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	233
Distancia recorrida por alumno	Promedio	6.675	5.57
	Máximo	100.73	29.96
	Mínimo	0	0

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
[km]			
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	92	98
	Máximo	564	676
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	67
	Máximo	0	220
	Mínimo	0	1
Capacidad Ociosa Promedio		22%	10%
Nº alumnos por profesor		18.115	20.65
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas	\$ -	\$ 268,159,854
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes	\$ -	\$ 85,147,293
	Directores	\$ 3,065,563,320	\$ 2,959,006,130
	Profesores	\$ 15,615,991,780	\$ 13,008,420,148
	Costo de Transporte	\$ 8,646,813,480	\$ 7,310,655,714
	TOTAL	\$ 27,328,368,580	\$ 23,631,389,139
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 18,681,555,100	\$ 16,320,733,425

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 21. Escuelas a cerrar, VII Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
2763	105	Preescolar y Básica	Municipal
2776	184	Preescolar y Básica	Municipal
2780	125	Preescolar y Básica	Municipal
2814	180	Preescolar y Básica	Municipal
2830	73	Básica	Municipal
2825	139	Preescolar y Básica	Municipal
2843	83	Preescolar y Básica	Municipal
2864	269	Media	Subvencionado
16432	245	Media	Subvencionado
2875	98	Básica	Municipal
2866	349	Preescolar y Básica	Municipal
2884	136	Básica	Municipal
2910	399	Preescolar, Básica y Media	Municipal
2977	133	Preescolar y Básica	Municipal
2933	0	Media	Municipal
2981	267	Preescolar y Básica	Municipal
3111	800	Preescolar y Básica	Municipal
3062	133	Preescolar y Básica	Municipal
3067	75	Básica	Municipal
3112	149	Preescolar y Básica	Municipal
3206	122	Preescolar y Básica	Municipal
16694	0	Media	Subvencionado
3182	4	Básica	Municipal
3185	230	Preescolar y Básica	Municipal
3173	856	Preescolar, Básica y Media	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
3265	65	Preescolar y Básica	Municipal
3336	59	Preescolar y Básica	Municipal
3330	131	Preescolar y Básica	Municipal
3353	150	Preescolar y Básica	Municipal
3356	241	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3364	54	Básica	Municipal
3352	146	Básica	Municipal
16456	0	Básica	Subvencionado
3460	784	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
3475	103	Básica	Municipal
3466	131	Preescolar y Básica	Municipal
3464	223	Preescolar y Básica	Municipal
3492	169	Preescolar y Básica	Municipal
3497	207	Preescolar y Básica	Municipal
3622	201	Preescolar y Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.8 VIII Región del Biobío

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 8.4 a 6.8 km. Para esto se requieren construir 43 nuevas escuelas, mientras que se cierran 40.

La reasignación de alumnos es un 18% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 22. Tabla resumen, escenario optimizado VIII Región.

		Actual	Optimizado
Escuelas	Existentes	676	636
	Escuelas Nuevas	0	43
	Escuelas Cerradas	0	40
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	211
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	280
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	8.48	6.83
	Máximo	118.17	30
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	69	70
	Máximo	1019	818
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	56
	Máximo	0	303
	Mínimo	0	2

		Actual	Optimizado
Capacidad Ociosa Promedio		31%	25%
Nº alumnos por profesor		17.35	17.23
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas	\$ -	\$ 579,476,227
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes	\$ -	\$ 233,325,699
	Directores	\$ 4,159,950,160	\$ 4,197,760,810
	Profesores	\$ 20,287,235,200	\$ 18,020,942,398
	Costo de Transporte	\$ 12,225,414,510	\$ 9,572,151,102
	TOTAL	\$ 36,672,599,870	\$ 32,603,656,236
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 24,447,185,360	\$ 23,031,505,134

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 23. Escuelas a cerrar, VIII Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
3759	225	Preescolar y Básica	Municipal
3849	186	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3941	382	Preescolar y Básica	6.8.1 Municipal
3681	161	Preescolar y Básica	Municipal
3786	195	Preescolar y Básica	Municipal
3855	187	Preescolar y Básica	Municipal
3784	117	Preescolar y Básica	Municipal
3815	140	Preescolar y Básica	Municipal
4141	401	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3888	501	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3800	183	Preescolar, Básica y Media	Municipal
4158	129	Preescolar y Básica	Municipal
3980	254	Preescolar y Básica	Municipal
3776	83	Básica	Municipal
4852	91	Preescolar y Básica	Municipal
5074	257	Preescolar y Básica	Municipal
4839	156	Preescolar y Básica	Municipal
5057	207	Básica y Media	Municipal
5052	160	Preescolar y Básica	Municipal
5054	327	Preescolar, Básica y Media	Municipal
4622	122	Preescolar y Básica	Municipal
4354	312	Preescolar y Básica	Municipal
4052	144	Preescolar y Básica	Municipal
5039	267	Preescolar y Básica	Municipal
5121	170	Preescolar y Básica	Municipal
5172	151	Preescolar y Básica	Municipal
4812	260	Preescolar y Básica	Municipal
4019	160	Preescolar y Básica	Municipal
5202	214	Preescolar y Básica	Municipal
4844	73	Preescolar y Básica	Municipal
5178	91	Básica	Municipal
4190	547	Preescolar y Básica	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
4357	85	Básica	Municipal
4200	299	Preescolar y Básica	Municipal
4837	264	Preescolar y Básica	Municipal
4902	221	Preescolar y Básica	Municipal
18004	698	Media	Municipal
17773	255	Media	Subvencionado
4277	1585	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado

Fuente. Elaboración propia.

6.9 IX Región de la Araucanía

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 9.1 a 6.8 km. Para esto se requieren construir 31 nuevas escuelas, mientras que se cierran 40. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es prácticamente el doble con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 20% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 24. Tabla resumen, escenario optimizado IX Región.

		Actual	Optimizado
Escuelas	Existentes	844	804
	Escuelas Nuevas	0	31
	Escuelas Cerradas	0	40
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	133
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	289
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.13	6.87
	Máximo	128.16	29.94
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	44	43
	Máximo	677	572
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	91
	Máximo	0	308
	Mínimo	0	1
Capacidad Ociosa Promedio		33%	23%
Nº alumnos por profesor		15.865	17.02

		Actual	Optimizado
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas	\$ -	\$ 375,192,370
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes	\$ -	\$ 147,072,597
	Directores	\$ 3,078,181,370	\$ 3,076,910,310
	Profesores	\$ 14,453,131,110	\$ 12,449,848,098
	Costo de Transporte	\$ 10,039,481,970	\$ 7,749,409,584
	TOTAL	\$ 27,570,794,450	\$ 23,798,432,959
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 17,531,312,480	\$ 16,049,023,375

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 25. Escuelas a cerrar, IX Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
11527	306	Básica y Media	Subvencionado
19974	833	Media	Subvencionado
5290	107	Preescolar y Básica	Municipal
5326	122	Preescolar y Básica	Municipal
5327	165	Preescolar y Básica	Municipal
5338	40	Media	Municipal
5341	77	Básica	Municipal
5408	131	Preescolar y Básica	Municipal
5411	150	Preescolar y Básica	Municipal
5422	86	Básica	Municipal
5425	119	Preescolar y Básica	Municipal
5467	427	Media	Subvencionado
5472	121	Básica	Municipal
5647	54	Preescolar y Básica	Municipal
6504	140	Preescolar y Básica	Municipal
6711	113	Preescolar y Básica	Municipal
6714	99	Preescolar y Básica	Municipal
6718	156	Preescolar y Básica	Municipal
19904	252	Media	Subvencionado
5624	243	Preescolar y Básica	Municipal
5631	120	Preescolar y Básica	Municipal
5646	114	Preescolar y Básica	Municipal
5763	160	Preescolar y Básica	Subvencionado
5806	224	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
5902	264	Preescolar y Básica	Municipal
5923	167	Media	Subvencionado
6029	104	Preescolar y Básica	Municipal
6060	94	Básica	Municipal
6181	77	Básica	Municipal
6210	335	Básica y Media	Subvencionado
6251	76	Básica	Municipal
6385	209	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
6392	180	Preescolar y Básica	Subvencionado
6454	92	Preescolar y Básica	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
6455	57	Preescolar y Básica	Municipal
6465	199	Básica y Media	Subvencionado
6496	173	Básica y Media	Subvencionado
6686	106	Básica	Subvencionado
20095	188	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
20074	306	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado

Fuente: Elaboración propia.

6.10 X Región de Los Lagos. Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 9.3 a 7.4 km. Para esto se requieren construir 12 nuevas escuelas, mientras que se cierran 39. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original.

La reasignación de alumnos es un 19% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en la siguiente tabla.

Tabla 26. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren).

		Actual	Optimizado
Escuelas	Existentes	411	372
	Escuelas Nuevas	0	12
	Escuelas Cerradas	0	39
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	95
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	86
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.31	7.48
	Máximo	106.01	29.94
	Mínimo	0.07	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	54	59
	Máximo	609	627
	Mínimo	0	2
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	46
	Máximo	0	132
	Mínimo	0	3
Capacidad Ociosa Promedio		26%	18%
Nº alumnos por profesor		17.8	19.83

		Actual	Optimizado
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas	\$ -	\$ 129,435,314
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes	\$ -	\$ 105,051,855
	Directores	\$ 2,041,643,140	\$ 1,842,759,220
	Profesores	\$ 9,086,520,330	\$ 7,431,722,462
	Costo de Transporte	\$ 6,204,186,270	\$ 5,026,838,436
	TOTAL	\$ 17,332,349,740	\$ 14,535,807,287
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 11,128,163,470	\$ 9,508,968,851

Fuente. Elaboración propia

Tabla 27. Escuelas a Cerrar, X Región Zona continental, desde el límite Norte hasta la altura de HornoPiren).

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
11548	279	Preescolar y Básica	Municipal
22293	30	Media	Municipal
7967	50	Básica	Municipal
22201	54	Media	Subvencionado
7478	223	Preescolar y Básica	Municipal
7449	133	Preescolar y Básica	Municipal
7459	219	Preescolar, Básica y Media	Municipal
7460	171	Preescolar y Básica	Municipal
7470	281	Media	Subvencionado
7552	31	Básica	Municipal
7580	6	Básica	Municipal
7583	53	Básica	Municipal
7588	13	Básica	Municipal
7592	9	Básica	Municipal
7593	186	Preescolar y Básica	Municipal
22292	10	Básica	Subvencionado
7424	48	Básica	Municipal
7432	46	Básica	Municipal
7433	55	Básica	Municipal
7441	305	Básica y Media	Subvencionado
7774	528	Preescolar y Básica	Municipal
7779	61	Básica	Municipal
7791	87	Básica	Municipal
7801	113	Preescolar y Básica	Municipal
7810	56	Básica	Municipal
7763	75	Básica	Municipal
7898	81	Básica	Municipal
7905	83	Básica	Municipal
7836	244	Preescolar, Básica y Media	Municipal
7654	156	Básica	Municipal
7659	638	Preescolar y Básica	Municipal

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
7682	107	Preescolar y Básica	Municipal
22302	342	Básica	Subvencionado
7725	88	Preescolar y Básica	Municipal
7726	49	Básica	Municipal
7741	51	Básica	Municipal
8311	98	Básica	Municipal
8325	492	Preescolar y Básica	Municipal
22420	208	Básica	Municipal

Fuente Elaboración propia.

6.11 X Región de Los Lagos. Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 33 a 5 km. Para esto se requieren construir 4 nuevas escuelas, mientras que se cierran 3. A pesar de que se cuenta con 1 escuela más, el costo anual de profesores disminuye, pues los profesores de los nuevos establecimientos poseen un sueldo igual al promedio de la región, mientras que los sueldos en las escuelas cerradas eran inferiores a este promedio. Vale señalar que no sólo se cierran estas escuelas por tener un costo sobre la media, sino que el ahorro que obtienen los alumnos al viajar mucho menos con la ubicación de los nuevos recintos produce la decisión de cerrar y abrir.

La capacidad ociosa promedio aumenta, pues se tiene 1 escuela más en comparación a la situación original. Además los cambios que se producen en las escuelas existentes son mínimos (sólo se elimina 1 curso extra en total).

La reasignación de alumnos es un 20% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 28. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	13	10
	Escuelas Nuevas	0	4
	Escuelas Cerradas	0	3
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		0
	Eliminados en Escuelas Existentes		1
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	33	5.06
	Máximo	97.53	27.23
	Mínimo	0.49	0
Nº alumnos	Promedio	12	8

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
por colegio (Existentes)	Máximo	61	17
	Mínimo	4	3
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		20
	Máximo		59
	Mínimo		1
Capacidad Ociosa Promedio		29%	35%
Nº alumnos por profesor		8.94	8.47
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 21,348,325
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		
	Directores	\$ 138,098,680	\$ 132,929,380
	Profesores	\$ 199,646,450	\$ 166,549,320
	Costo de Transporte	\$ 159,366,060	\$ 24,459,120
	TOTAL	\$ 497,111,190	\$ 345,286,145
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 337,745,130	\$ 320,827,025

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Escuelas a Cerrar, X Región (Zona continental, desde altura de Fiordo Reñihue hasta límite Sur de Región)

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
8335	11	Básica	Municipal
8336	35	Básica	Municipal
8340	12	Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

6.12 X Región de Los Lagos. Zona Insular, Isla Grande de Chiloé

En esta zona, a pesar que la distancia promedio viajada por los alumnos se mantuvo prácticamente constante, se logró una importante reducción de costos. El número total de escuelas se disminuyó; se abrieron 5, mientras que se cerraron 20. Con esto se logra una reducción en los costos de profesores y directores.

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 40% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 30. Tabla resumen, escenario optimizado X Región (Zona Insular, Isla Grande de Chiloé).

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	188	168
	Escuelas Nuevas	0	5
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		18
	Eliminados en Escuelas Existentes		45
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	5.21	5.66
	Máximo	57.04	29.35
	Mínimo	0.06	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	39	40
	Máximo	271	399
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		109
	Máximo		239
	Mínimo		7
Capacidad Ociosa Promedio		52%	14%
Nº alumnos por profesor		13.98	17.52
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 60,462,323
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 19,904,562
	Directores	\$ 1,650,497,190	\$ 1,507,329,430
	Profesores	\$ 4,560,092,570	\$ 3,373,512,452
	Costo de Transporte	\$ 1,136,084,040	\$ 1,234,018,002
	TOTAL	\$ 7,346,673,800	\$ 6,195,226,769
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 6,210,589,760	\$ 4,961,208,767

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Escuelas a Cerrar, X Región (Zona Insular, Isla Grande de Chiloé).

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
8051	157	Preescolar y Básica	Municipal
8053	104	Preescolar y Básica	Municipal
8085	82	Básica	Municipal
8092	92	Preescolar y Básica	Municipal
8100	180	Preescolar y Básica	Municipal
8103	106	Preescolar y Básica	Municipal
8006	200	Preescolar y Básica	Municipal
8019	47	Básica	Municipal
8022	84	Básica	Municipal
8027	77	Básica	Municipal
8207	56	Básica	Municipal
8230	58	Básica	Municipal
11553	60	Básica	Municipal
8112	53	Básica	Municipal

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
8158	46	Básica	Municipal
8159	52	Básica	Municipal
8263	61	Básica	Municipal
8290	48	Básica	Municipal
8113	99	Básica	Municipal
8117	155	Preescolar y Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

6.13 XI Región de Aysén

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 31 a 13 km. Para esto se requieren construir 14 nuevas escuelas, mientras que se cierran 5. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

Como se tienen más escuelas que en la situación original, y además se agregan más cursos de los que se quitan, la capacidad ociosa promedio de la región aumenta ya que la oferta disponible es mayor. La oferta creció pues aquellos alumnos que viajaban mucho ahora deben tener a lo menos una escuela disponible cerca (no más allá de 50 km, dado por la restricción de distancia máxima de viaje).

Se realizó una corrida adicional donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 3%; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 270 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 34% para el primer escenario optimizado y un 18% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 32. Tabla resumen, escenario optimizado XI Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	22	17	17
	Escuelas Nuevas	0	14	1
	Escuelas Cerradas	0	5	5
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		11	0
	Eliminados en Escuelas Existentes		5	7
Distancia recorrida por	Promedio	31.1	13.41	35.07
	Máximo	276.25	49.81	271.84

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
alumno [km]	Mínimo	0.18	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	69	64	86.06
	Máximo	245	186	258.2
	Mínimo	4	9	16
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		31	50
	Máximo		60	50
	Mínimo		1	50
Capacidad Ociosa Promedio		21%	49%	3%
Nº alumnos por profesor		13.16	10.58	18.91
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 130,921,848	\$ 6,166,438
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 12,163,899	\$ 0
	Directores	\$ 213,481,210	\$ 315,744,170	\$ 162,933,440
	Profesores	\$ 1,406,162,910	\$ 1,603,034,290	\$ 951,462,940
	Costo de Transporte	\$ 403,283,914	\$ 173,887,560	\$ 454,801,685
	TOTAL	\$ 2,022,928,034	\$ 2,235,751,767	\$ 1,575,364,503
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 1,619,644,120	\$ 2,061,864,207	\$ 1,120,562,818

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 33. Escuelas a cerrar, XI Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.).

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
8358	103	Preescolar y Básica	Municipal
8372	36	Básica	Municipal
8398	109	Preescolar y Básica	Municipal
8403	68	Básica	Municipal
8405	52	Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.14 XII Región de Magallanes y Antártica Chilena

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 80 a 13 km. Para esto se requieren construir 12 nuevas escuelas, mientras que se cierran 2. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

Como se tienen más escuelas que en la situación original, y además se agregan más cursos de los que se quitan, la capacidad ociosa promedio de la región aumenta ya que la oferta disponible es mayor. La oferta creció pues aquellos alumnos que viajaban mucho ahora deben tener a lo menos una escuela disponible cerca (no más allá de 50 km, dado por la restricción de distancia máxima de viaje).

Se realizó una corrida adicional donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 27 con respecto a la primera optimización; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 148 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 67% para el primer escenario optimizado y un 55% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 34. Tabla resumen, escenario optimizado XII Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	9	7	7
	Escuelas Nuevas	0	12	3
	Escuelas Cerradas	0	2	2
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		6	2
	Eliminados en Escuelas Existentes		2	2
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	80.66	13.99	24.39
	Máximo	329.03	48.4	148.49
	Mínimo	0.12	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	34	15	22.29
	Máximo	98	60	81
	Mínimo	8	1	1
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		17	50.67
	Máximo		50	52
	Mínimo		1	48
Capacidad Ociosa Promedio		18%	70%	27%
Nº alumnos por profesor		9.63	5.6	11
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 85,641,412	\$ 18,499,314
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 6,634,854	\$ 2,211,618
	Directores	\$ 67,384,740	\$ 168,393,380	\$ 76,343,640
	Profesores	\$ 313,744,210	\$ 402,766,420	\$ 236,369,750
	Costo de Transporte	\$ 212,946,214	\$ 36,924,909	\$ 64,379,961
	TOTAL	\$ 594,075,164	\$ 700,360,975	\$ 397,804,283
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 381,128,950	\$ 663,436,066	\$ 333,424,322

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 35. Escuelas a cerrar, XII Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.).

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
8450	71	Preescolar y Básica	Municipal
8423	25	Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.15 XIII Región Metropolitana

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 8 a 5 km. Para esto se requieren construir 12 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es prácticamente la misma con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 21% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 36. Tabla resumen, escenario optimizado XIII Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	165	145
	Escuelas Nuevas	0	12
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		229
	Eliminados en Escuelas Existentes		223
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	8.76	5.64
	Máximo	69.67	29.91
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	364	392
	Máximo	2059	1658
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		271
	Máximo		565
	Mínimo		60
Capacidad Ociosa Promedio		22%	3%
Nº alumnos por profesor		28.99	31.5
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 185,784,536
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 253,230,261
	Directores	\$ 1,028,343,510	\$ 975,569,970

	Escenario Actual	Escenario Optimizado
Profesores	\$ 12,674,650,070	\$ 10,158,487,706
Costo de Transporte	\$ 15,790,091,130	\$ 10,167,931,530
TOTAL	\$ 29,493,084,710	\$ 21,741,004,003
TOTAL (Sin Transporte)	\$ 13,702,993,580	\$ 11,573,072,473

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Escuelas a cerrar, XIII Región.

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
10405	1285	Preescolar, Básica y Media	Municipal
10588	774	Preescolar y Básica	Municipal
10501	1278	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
10505	863	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
10500	1130	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
10503	1193	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
10589	390	Preescolar y Básica	Municipal
10432	1155	Preescolar, Básica y Media	Municipal
10416	209	Media	Subvencionado
24491	219	Preescolar, Básica y Media	Privado
10686	1133	Preescolar, Básica y Media	Municipal
10642	517	Media	Municipal
10651	656	Preescolar y Básica	Municipal
10520	755	Preescolar y Básica	Municipal
10641	1088	Preescolar, Básica y Media	Municipal
10661	114	Media	Subvencionado
10643	190	Preescolar y Básica	Municipal
10655	155	Media	Municipal
10672	198	Preescolar y Básica	Municipal
10749	679	Preescolar, Básica y Media	Municipal

Fuente. Elaboración propia

6.16 XIV Región de Los Ríos

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 11 a 7 km. Para esto se requieren construir 9 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se agregan no presenta una diferencia considerable con respecto a los que se deben eliminar.

La reasignación de alumnos es un 28% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 38. Tabla resumen, escenario optimizado XIV Región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	375	355
	Escuelas Nuevas	0	9
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		127
	Eliminados en Escuelas Existentes		110
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	11.33	7.56
	Máximo	102.6	29.9
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	53	55
	Máximo	1198	522
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		35
	Máximo		110
	Mínimo		2
Capacidad Ociosa Promedio		29%	20%
Nº alumnos por profesor		16.59	17.79
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 100,019,073
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 140,437,743
	Directores	\$ 1,365,954,080	\$ 1,306,781,550
	Profesores	\$ 7,672,446,250	\$ 6,571,051,254
	Costo de Transporte	\$ 6,712,112,160	\$ 4,480,776,882
	TOTAL	\$ 15,750,512,490	\$ 12,599,066,502
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 9,038,400,330	\$ 8,118,289,620

Fuente. Elaboración propia

Tabla 39. Escuelas a cerrar, XIV Región

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
6984	258	Preescolar y Básica	Municipal
6986	149	Preescolar y Básica	Municipal
6991	67	Preescolar y Básica	Municipal
11591	234	Media	Municipal
7136	127	Preescolar y Básica	Municipal
7168	54	Básica	Municipal
22140	1026	Media	Subvencionado
7303	187	Preescolar y Básica	Municipal
6899	529	Preescolar, Básica y Media	Municipal
22097	348	Media	Subvencionado
6852	147	Preescolar y Básica	Municipal
6853	296	Preescolar, Básica y Media	Municipal
7061	183	Preescolar y Básica	Municipal
7064	91	Preescolar y Básica	Municipal
7085	243	Preescolar y Básica	Municipal
7108	242	Preescolar y Básica	Subvencionado
7115	310	Preescolar y Básica	Subvencionado
7122	225	Preescolar y Básica	Subvencionado
22081	346	Media	Subvencionado
6791	425	Preescolar y Básica	Municipal

6.17 XV Región de Arica y Parinacota

En esta región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 24 a 15 km. Para esto se requieren construir 7 nuevas escuelas, mientras que se cierran 5. El hecho de tener más escuelas que en la situación original produce un aumento en los costos asociadas al funcionamiento de ellas (profesores y directores), además de requerir de una inversión en infraestructura.

Además de contar con 2 escuelas más en la región, el número de cursos agregados en las escuelas existentes dobla la cantidad que se elimina. Esto contribuye a un aumento de la capacidad ociosa promedio regional, dado una oferta mayor que existirá; varias de las escuelas construidas atienden sólo a alumnos que no tienen oferta actual a menos de 50 km, por lo que necesariamente se deben crear establecimientos para ellos.

Se realizó una corrida adicional donde no se limita la distancia a viajar por los alumnos. Esta solución presenta menores costos y la capacidad ociosa disminuye a un 14%; no obstante existen alumnos que deben recorrer hasta 180 km para llegar a sus establecimientos. La reasignación de alumnos es un 27% para el primer escenario optimizado y un 7% para el segundo (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 40. Tabla resumen, escenario optimizado XV Región

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia)
Escuelas	Existentes	22	17	17
	Escuelas Nuevas	0	7	0
	Escuelas Cerradas	0	5	5
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		4	0
	Eliminados en Escuelas Existentes		2	1
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	24.4	15.03	25.23
	Máximo	183.69	49.72	183.69
	Mínimo	0.2	0	0.2
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	23	22	29.18
	Máximo	351	294	374.2
	Mínimo	0	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		17	
	Máximo		35	
	Mínimo		6	
Capacidad Ociosa Promedio		34%	66%	14%
Nº alumnos por profesor		11.81	7.19	17.1
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 80,828,895	\$ 0
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 4,423,236	\$ 0
	Directores	\$ 10,867,570	\$ 69,038,480	\$ 10,867,570
	Profesores	\$ 399,830,530	\$ 556,322,560	\$ 273,470,130
	Costo de Transporte	\$ 103,724,589	\$ 63,885,300	\$ 107,257,183
	TOTAL	\$ 514,422,689	\$ 774,498,471	\$ 391,594,883
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 410,698,100	\$ 710,613,171	\$ 284,337,700

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 41. Escuelas a cerrar, XV Región. Escenario Optimizado (50 km distancia máx.)

RBD	Matrícula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
83	5	Básica	Municipal
90	38	Básica	Municipal
92	5	Básica	Municipal
93	17	Básica	Municipal
95	4	Básica	Municipal

Fuente. Elaboración propia.

6.18 Resumen País

Se contrasta la situación actual del país en función de dos escenarios optimizados: en el primero las regiones de los extremos del país tienen una restricción que fuerza a los alumnos a tener una escuela dentro de 50 km; en el segundo escenario se quita dicha restricción a las regiones extremas.

Inicialmente existen 4.165⁹ escuelas a lo largo del país, de las cuales 77,90% son municipales, 21,55% subvencionadas y el 0,69% particulares. Al aplicar la optimización, el modelo señala que deben ser cerrados 314 escuelas (en los dos escenarios), mientras que se deben abrir 235 en el primer escenario y 173 en el segundo. Esta diferencia viene dada por la población existente en las regiones extremas.

Existen entidades que no tienen escuelas en un radio de 50 km, por lo que el primer escenario obliga a construir escuelas; el segundo en cambio, permite que los alumnos viajen a un establecimiento más lejos, aprovechando mejor los recursos existentes en cada región. Esto se refleja en la capacidad ociosa promedio de los distintos escenarios; el primer escenario optimizado aumenta la ociosidad con respecto a la situación actual, dado que en las regiones mencionadas se deben abrir escuelas que sólo atienden a aquellos poblados alejados de los establecimientos actuales; el segundo escenario optimizado, en cambio, reduce la ociosidad dado que al tener menos escuelas en total los alumnos aprovechan las plazas disponibles en los establecimientos actuales.

Las escuelas cerradas en su mayoría corresponden a establecimientos municipales con un 87% del total, mientras que las subvencionadas alcanzan un 15%.

Los costos (sin considerar costo de transporte), se reducen en 10% (al año) al optimizar según el primer escenario y en un 13% si se considera el segundo escenario. Estos ahorros son significativos, pues la magnitud de los montos involucrados es de miles de millones de pesos, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 42. Tabla resumen optimización país.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx. en regiones extremas)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia en regiones extremas)
Escuelas	Existentes	4165*	3851	3851
	Escuelas Nuevas	0	235	173
	Escuelas Cerradas	0	314	314
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	1191	1141
	Eliminados en	0	1662	1663

⁹ Corresponde al número total de establecimientos rurales considerados en la modelación, no incluyendo aquellos establecimientos aislados de la red vial por razones geográficas.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado (50 km distancia máx. en regiones extremas)	Escenario Optimizado (sin restricción de distancia en regiones extremas)
	Escuelas Existentes			
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	21.9	8.5	13.7
	Máximo	329.0	50.0	371.2
	Mínimo	0	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	76	75	80
	Máximo	2059	1658	1658
	Mínimo	0	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	64	78
	Máximo	0	565	565
	Mínimo	0	1	1
Capacidad Ociosa Promedio		28%	30%	15%
Nº alumnos por profesor		15.6	15.6	18.1
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 2,676,713,320	\$ 2,066,163,203
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 1,317,018,519	\$ 1,261,728,069
	Directores	\$ 20,518,770,200	\$ 20,362,107,470	\$ 19,780,317,050
	Profesores	\$ 116,151,432,468	\$ 98,676,926,936	\$ 96,475,567,810
	Costo de Transporte	\$ 76,232,475,716	\$ 55,865,136,465	\$ 56,770,363,593
	TOTAL	\$ 212,902,678,384	\$ 178,897,902,710	\$ 176,354,139,725
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 136,670,202,668	\$ 123,032,766,245	\$ 119,583,776,132

Fuente. Elaboración propia.

* Corresponde al número total de establecimientos rurales considerados en la modelación, no incluyendo aquellos establecimientos aislados de la red vial por razones geográficas.

7 Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se ha diseñado un modelo e implementado una herramienta computacional que entrega la localización de establecimientos educacionales rurales y la asignación de alumnos a ellos desde sus lugares de residencia que minimiza los costos de generación y operación de los establecimientos y los costos de transporte de los alumnos sujeto a restricciones de factibilidad física, técnica y económica y a estándares predeterminados por el usuario. Dado que el modelo permite asignar alumnos a los establecimientos, también permite calcular sus matrículas en los diferentes grados escolares, de modo que con la aplicación del modelo junto con obtener la localización de establecimientos, se estima la infraestructura (salas por grado) y el número de profesores necesarios para atender a estos alumnos.

Es interesante observar que este modelo considera la situación actual en varios sentidos:

1. Evalúa la configuración actual de establecimientos y propone modificaciones de estos, que van desde su ampliación, pasando por su reducción de tamaño hasta su eventual cierre y la apertura de nuevos establecimientos cuando es necesario. En este contexto, el usuario puede controlar el grado de transformación de la situación actual que permita incorporar objetivos y restricciones de índole diferente a los considerados en el modelo, por ejemplo del ámbito político, cultural y de la gestión del sistema educacional en Chile
2. Utiliza la información existente de la realidad actual para definir la mayor parte de los parámetros y condiciones que se usan en el modelo, para así representar de manera pragmática la educación rural en Chile.
3. Permite generar una evaluación económica de la situación actual que se usa como referencia para comparar la eficiencia económica de la configuración optimizada que propone el modelo. Es decir, el propio modelo desarrollado permite evaluar los costos de operación de los establecimientos actualmente existentes y estimar el costo de transporte que incurrirían los alumnos para concurrir a estas unidades educativas, asumiendo incluso, que este es mínimo. Esta estimación se compara con los costos optimizados que arroja el modelo correspondiente a una nueva configuración de establecimientos y de asignaciones de alumnos a éstos. Este análisis, le permite al usuario cuantificar la ganancia que significaría la implementación de la configuración de establecimientos propuestas por el modelo.

El usuario puede por lo tanto optimizar la situación actual, pero también efectuar una estimación de la configuración de los establecimientos educacionales rurales en el futuro acorde al crecimiento estimado de la demanda.

En cuanto al modelo, en este estudio se ha desarrollado su especificación conceptual para establecer su ámbito estratégico de aplicación y también, se ha detallado su

formulación matemática para conocer sus componentes específicas. Este modelo se ha implementado en un software para su aplicación inmediata, que también es un producto en continuo desarrollo y perfeccionamiento como herramienta de planificación estratégica.

Considerando el gran tamaño y complejidad del modelo propuesto la herramienta computacional desarrollada descansa en la utilización de software comercial especializado en la resolución de problemas de optimización de variables continuas y discretas y con restricciones (Cplex y Gams). Por lo tanto, para la utilización de esta herramienta MINEDUC debe disponer de licencias de este software.

Junto a lo anterior, se propone que MINEDUC cuente al menos con un profesional entrenado en el uso de Cplex y Gams y con pleno entendimiento del modelo a fin de poder aprovechar apropiadamente esta herramienta, por ejemplo, en la modificación de la información entrada y en la interpretación correcta de los resultados, especialmente ante variaciones en los datos de entrada. Es importante advertir que el uso de información de entrada incorrecta puede provocar errores en la ejecución del software por la presencia de situaciones infactibles para el modelo de optimización, las cuales es necesario identificar y corregir apropiadamente. En este ámbito, un conocimiento apropiado de la formulación del modelo contribuye a evitar la situación antes descrita. También es necesario, informarse apropiadamente de la implementación del software descrito en el capítulo 4 de este informe y de métodos de generación de los datos de entrada y parámetros utilizados por el modelo que se presentan en el capítulo 5.

En este estudio se presenta una aplicación del modelo desarrollado a nivel de Chile. Debido al tamaño del problema de optimización asociado al modelo fue necesario descomponerlo por área geográfica, resolviéndose problemas independientes en las 15 regiones que conforman el país. Además, la décima región fue la única región que fue dividida en 3 subregiones. Esta división se realizó debido a que conforman subsistemas independientes de oferta y demanda educacional.

La estrategia de resolver el problema de optimización por área geográfica y no integradamente se debe a limitaciones de hardware y a la existencia de áreas aisladas que pueden asumirse como sistemas cerrados. No obstante, se efectuaron corridas de prueba en algunas regiones, resolviéndose el problema integrada y separadamente, constatándose en estos casos, que ambas estrategias producen resultados similares en costos (existiendo diferencias debido a porcentajes de error provenientes de la optimización) y en las escuelas que se propone cerrar.

En cada una de las regiones y subregiones se efectuaron dos corridas del modelo; una para evaluar la situación actual y la otra correspondiente a una situación optimizada de la anterior para evaluar la magnitud en la disminución de los costos. En esta situación optimizada se impone que ningún alumno recorra una distancia mayor que 30 Km para llegar a su escuela, salvo en las regiones extremas del país, en las regiones I, II, II, XI, XII y XV, donde se permite una distancia máxima igual a 50 Km. Además, en todas las regiones no se permite cerrar más de 20 establecimientos o el 20% del total de escuelas (eligiendo el menor entre ambos, a excepción de las regiones VII, VIII, IX y X donde se permite cerrar 40 dado que poseen un gran número de establecimientos). Esta es una restricción paramétrica del modelo, la cual puede ser modificada de acuerdo a los requerimientos del planificador (el modelo podría dar como resultados costos menores si se permitiera que más escuelas fueran cerradas). El modelo puede aplicarse también en

otras situaciones, por ejemplo con otros parámetros de borde y para cortes temporales futuros.

En términos generales, se observa que la optimización de la configuración de establecimientos educacionales tiene impactos muy positivos ya sea reduciendo significativamente los costos totales y cuando ello no es posible, reduciendo ostensiblemente el desplazamiento de los alumnos. Esto es especialmente relevante si se tiene en cuenta que la matrícula se mantiene y en la mayoría de las regiones se abren escuelas nuevas.

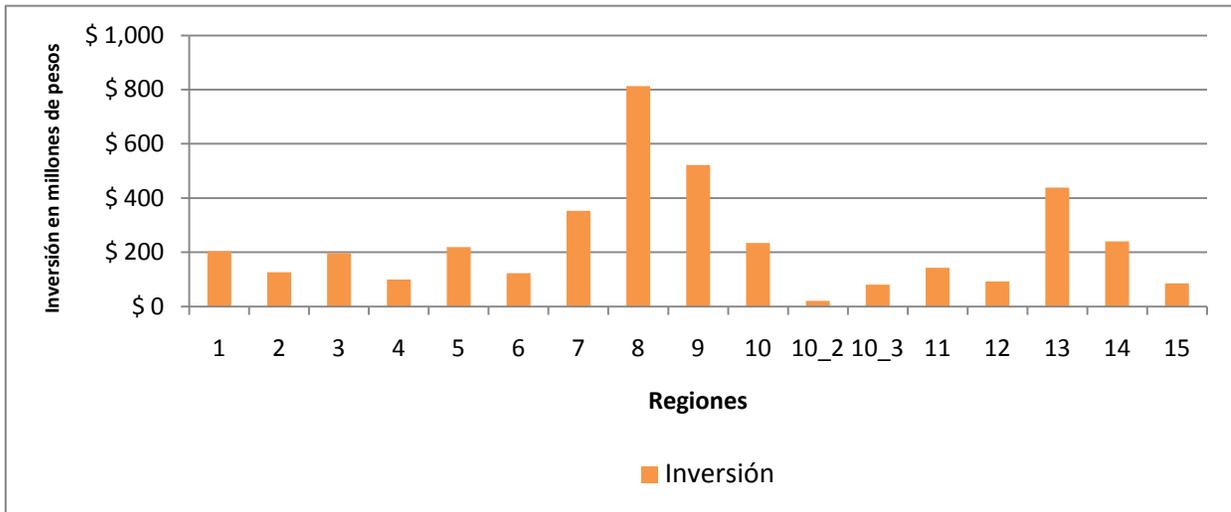
Al analizar los resultados por cada región, se aprecia que en las regiones de los extremos norte y sur del país (regiones I, II, III, XI, XII y XV) los costos totales de las situaciones optimizadas son superiores en un 35% a los de la situación actual (el peor caso ocurre en la II región, donde se aumentan los costos en un 98%) y se deben construir más escuelas que las que se cierran. Esto se debe a que en estas regiones existen alumnos residentes en entidades ubicadas muy lejos de los establecimientos actuales, razón por la cual se deben realizar inversiones en nuevos establecimientos que permitan atender a tales alumnos para satisfacer la restricción de cercanía a los recintos.

En estas regiones existe un trade-off entre construir nuevas escuelas para reducir la distancia a viajar por los alumnos o ahorrarse esta construcción imponiendo largos viajes a los alumnos. Para apreciar este hecho, en estas regiones extremas se realizó una corrida adicional sin imponer restricción de distancia en el viaje de los alumnos a las escuelas obteniéndose un resultado cuyos costos totales son inferiores a los de la situación actual. Ciertamente, estos ahorros se obtienen a costa de desplazamientos más largos de los alumnos. Complementariamente a lo anterior, para estas regiones se puede estudiar la utilización de sistemas dedicados de transporte para los alumnos que los traslade de una manera eficiente evitando que incurran en grandes costos, por ejemplo, con la utilización de subsidios especiales.

En las regiones del centro del país, se aprecia una gran competencia con una sobreoferta de escuelas. Esto se refleja en los resultados, pues la cantidad de escuelas cerradas es mayor al número de establecimientos que se deben abrir. Con la aplicación del modelo es posible reducir los costos totales en un 13%, cerrando unas escuelas y reubicando otras de modo de obtener menores distancias de viaje de los alumnos y costos de operación.

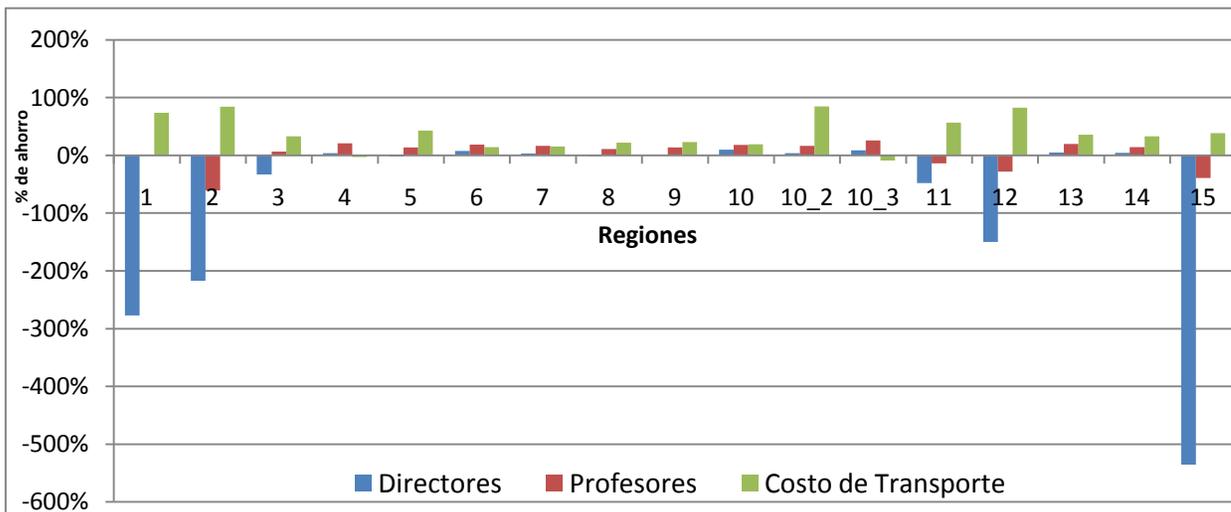
Gráficamente, se pueden apreciar los ahorros logrados e inversiones requeridas por cada región mediante los siguientes gráficos:

Gráfico 1. Inversión requerida por región (en millones de pesos anuales). Usando restricción de distancia de 50 km en regiones extremas



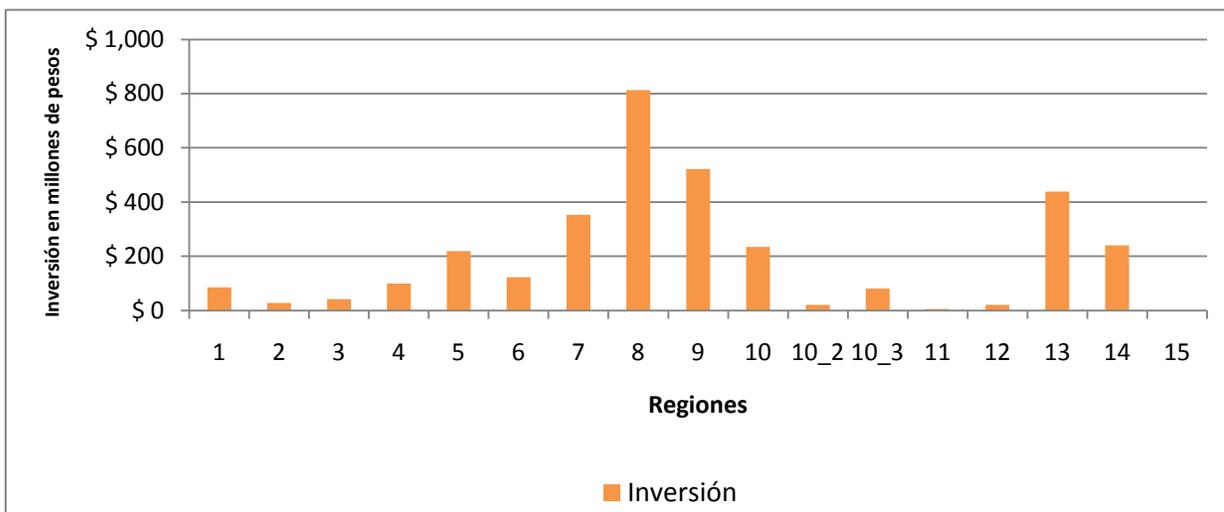
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Ahorro en costos respecto a situación base. Usando restricción de distancia de 50 km en regiones extremas



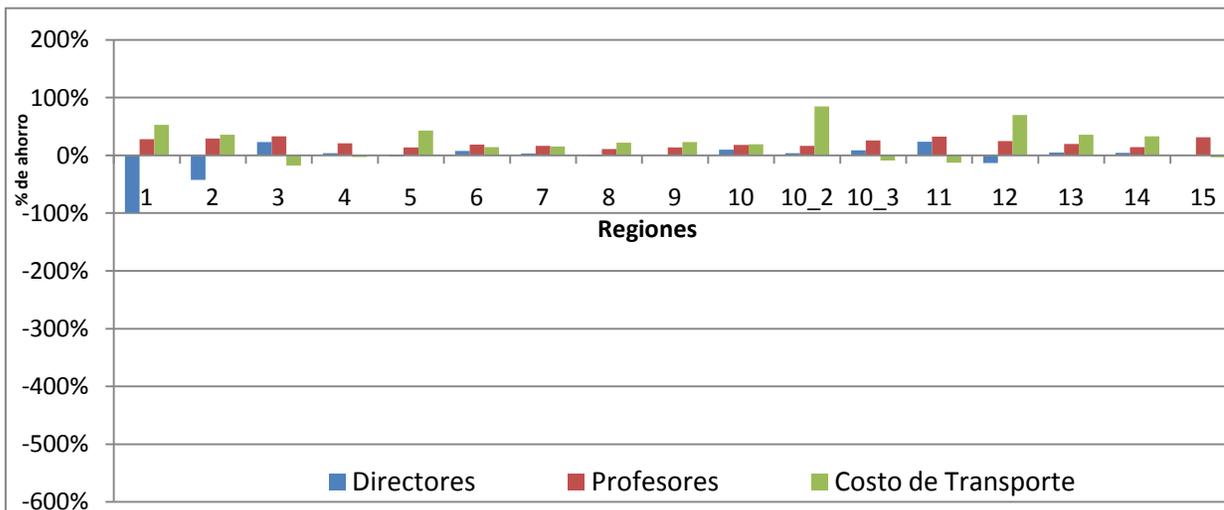
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Inversión requerida por región (en millones de pesos anuales). No se usa restricción de distancia de 50 km en regiones extremas.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Ahorro en costos respecto a situación base. No se usa restricción de distancia de 50 km en regiones extremas



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se observa que en todas las regiones las escuelas que deben ser cerradas corresponden mayoritariamente a establecimientos municipales, lo cual debe mirarse con precaución, porque estos recintos pueden tener usos comunitarios adicionales a los de educación. Sin embargo, la distribución de escuelas cerradas sigue la

distribución por dependencia; vale decir, la predominancia de cierre de establecimientos municipales se da por el hecho de que este tipo de escuelas son mayoría en el país.

Tabla 43. Distribución de la dependencia de colegios existentes versus los colegios que cierra el modelo.

Dependencia de colegios existentes				Dependencia de colegios cerrados			
Región	Municipal	Subvencionado	Privado	Región	Municipal	Subvencionado	Privado
1	97.30%	0.00%	2.70%	1	100.00%	0.00%	0.00%
2	100.00%	0.00%	0.00%	2	100.00%	0.00%	0.00%
3	93.18%	4.55%	2.27%	3	87.50%	0.00%	12.50%
4	84.28%	15.21%	0.52%	4	85.00%	15.00%	0.00%
5	91.35%	7.69%	0.96%	5	75.00%	20.00%	5.00%
6	94.49%	4.41%	1.10%	6	90.00%	5.00%	5.00%
7	95.36%	4.01%	0.63%	7	87.50%	12.50%	0.00%
8	90.98%	8.73%	0.30%	8	94.87%	5.13%	0.00%
9	51.78%	48.22%	0.00%	9	62.50%	37.50%	0.00%
10	79.25%	20.59%	0.16%	10	91.94%	8.06%	0.00%
11	100.00%	0.00%	0.00%	11	100.00%	0.00%	0.00%
12	100.00%	0.00%	0.00%	12	100.00%	0.00%	0.00%
13	80.00%	17.58%	2.42%	13	65.00%	30.00%	5.00%
14	57.33%	42.40%	0.27%	14	70.00%	30.00%	0.00%
15	95.45%	4.55%	0.00%	15	100.00%	0.00%	0.00%
Total general	78.18%	21.34%	0.48%	Total general	83.71%	15.02%	1.28%

Fuente: Elaboración propia.

Otra característica distintiva de la solución optimizada es que la mayor parte de los establecimientos nuevos son pequeños. Los resultados indican que en cada una de las regiones (a excepción de la Región Metropolitana), el número de alumnos promedio que asiste a las nuevas escuelas es menor a 80. Esto se explica en parte por la gran cantidad de escuelas existentes para atender a los alumnos y a que estas aumentan su matrícula en promedio, agregando cursos a los que tienen inicialmente. En este escenario las escuelas nuevas contribuyen a reducir el costo de transporte de los alumnos. Por el contrario, en la Región Metropolitana, las escuelas a abrir deben ser grandes, posiblemente debido a que en esta región se concentra la mayor parte de demanda rural (18.8% del total según los registros del Directorio de Matrícula 2007).

8 Anexos

8.1 Recolección de información relevante

8.1.1 Protocolo de recolección de información de MINEDUC

Para la obtención de la información, se siguió el siguiente protocolo:

1. El Decano de la Facultad de Ciencias Físicas Matemáticas, Francisco Brieva en su calidad de representante legal de la Universidad de Chile suscribió el día 25 de agosto de 2008 una carta compromiso y de confidencialidad de la información. En esta carta se definió en términos generales la información requerida y se estableció que Francisco Martínez Concha, académico de jornada completa de la Facultad antes indicada, estuviese encargado de ampliar los requerimientos de información y sus usuarios si fuese necesario.
2. El día 2 de septiembre del 2008, Francisco Martínez, suscribió una segunda carta compromiso y de confidencialidad de la información. En esta carta se especificó con detalle las fuentes de información solicitadas.

Una vez firmadas estas cartas, MINEDUC hizo entrega de las fuentes de información a la Universidad de Chile para su uso restringido y confidencial en el estudio.

8.1.2 Especificación del contenido de las fuentes de información recolectadas

8.1.2.1 Sistema de Información Territorial (SITE)

Localización de establecimientos educacionales: Establecimientos geo-referenciados y codificados según RBD (rol de base de datos) que es otorgado a cada establecimiento y es la llave que enlaza el contenido de todas las bases de datos.

Los establecimientos geo-referenciados recibidos correspondieron a 80% del total nacional (tomando como base el directorio de establecimientos del año 2007) y se desglosan en 5705 establecimientos urbanos y 3963 rurales.

División Político Administrativa (DPA): División territorial regional, provincial, comunal y distrital de Chile.

Red vial: Red vial de Chile con los atributos de rol, nombre y tipo de carpeta según tramo.

Entidades rurales: Puntos geo-referenciados y codificados según código INE correspondientes a 37.914 entidades pobladas rurales de Chile.

8.1.2.2 Directorio de Establecimientos Educativos de Chile

IDENTIFICACIÓN: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Rol de establecimiento educacional	Rol de base de datos(identificador de cada establecimiento)
Código de Región, Provincia y Comuna	
Nombre de comuna y localidad	
Nombre de establecimiento	
Código de área geográfica	Urbano, Rural
Tipo de Dependencia	Corporación Municipal, Municipal DAEM, Particular Subvencionado, etc.
Nombre director	
Dirección, teléfono, e-mail	
Tipo de enseñanza impartida	Educación Parvularia, Educación Básica, Educación Media C-H niños y jóvenes, etc.
Estado de funcionamiento	Funcionando, cerrado, en receso, etc.

8.1.2.3 Registro de Idoneidad Docente

DOTACIÓN: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Nº Total de docentes	
Nº Total de Horas de contrato	
Nº Docentes de aula y horas de contrato	
Nº Docentes de UTP y horas de contrato	UTP: Unidad Técnica Pedagógica
Nº Docentes de Planta directiva y horas de contrato	
Nº Director y horas de contrato	
Otros docentes y horas de contrato	Docentes que ejercen otra función en el establecimiento
Otros docentes y horas de contrato	Docentes que ejercen otra función fuera del establecimiento

CALIFICACIÓN DOCENTE: Registro por persona

Variable	Descripción
Clave del docente	Código identificador de cada docente
Fecha de nacimiento y sexo	
Título	Ej: Titulado en educación, titulado en otras áreas y no titulado
Tipo de Título	Sólo docentes titulados en educación (ej: Párvulo, Diferencial, etc.)
Especialidad	Sólo docentes titulados en educación media (ej: Biología, Matemáticas, etc)
Años de servicio	Total de años de docencia del profesor en el sector educación
Función	Función que desempeña el docente en el establecimiento (ej: Director, docente UTP, docente de aula, etc)
Nivel de educación 1	(Sólo doc. Aula) Ej: Nivel Media Humanístico Científica Jóvenes
Sector y subsector 1	(Sólo doc. Aula) Ej: Sector Ciencia, Subsector Comprensión del Medio Social y Cultural

Variable	Descripción
Horas en nivel y sector 1	(Sólo doc. Aula) Horas pedagógicas que sirve el docente en el establecimiento, en nivel y sector 1
Nivel de educación 2	(Sólo doc. Aula) IDEM Nivel de educación 1
Sector y subsector 2	(Sólo doc. Aula) IDEM Sector y subsector 1
Horas en nivel y sector 2	(Sólo doc. Aula) IDEM Horas en nivel y sector 1
Tipo de Contrato	Ej: Titular o contratado (para el caso de colegios municipales)
Horas de contrato	Corresponde al número de horas cronológicas especificadas en el contrato
Concentración horaria	Tipo de enseñanza, de los impartidos por el establecimiento donde el docente concentra su horario

8.1.2.4 Registro de Info-Escuela

EVALUACIÓN SNED: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
SNED	Indicador SNED (1: Seleccionado, 2: No seleccionado, 0: Sin Evaluación)

DOTACIÓN: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Cantidad docentes evaluados	Sólo para año 2006
Nº docentes con Asignación Variable de Desempeño Docente Individual	IDEM
Nº de docentes con Asignación de Excelencia Pedagógica	IDEM

ENLACE: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Nº de Pc	Número total de PCs en establecimiento (Solo para año 2006)
Conexión	Tipo de conexión, por ejemplo, Banda ancha o conmutada (Solo para año 2006)
Clase digital	Informa si cuentan con recursos pedagógicos digitales (Solo para año 2006)

INVERSIÓN JEC: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Aporte Capital Adjudicado	Fondos adjudicados al establecimiento (Sólo para año 2008)
Aporte Capital Traspasado	Fondos a sostenedores y municipios (Sólo para año 2008)
Estado Aporte Capital	EJ: Por iniciar, en ejecución y terminado.
PMU	Programa de Mejoramiento Urbano (Sólo para año 2008)

TEXTOS: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Nº de textos	Textos por establecimiento (sólo para año 2008)

APORTES MINEDUC: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Financiamiento compartido	Indica si establecimiento cuenta con financiamiento compartido (sólo año 2007 Y 2008)
Aporte subvención	
Internado	Indica si cuenta con sistema de internado (sólo año 2007 Y 2008)
Desempeño difícil	Indica si cuenta con aportes por desempeño difícil (sólo año 2007-2008)
Excelencia docente	Indica si cuenta con aportes por excelencia docente (sólo año 2007 y 2008)
Aporte acumulado	Aporte total acumulado según mes indicado, para años 2007 y 2008.
Subvención por matrícula	
Aporte subvención SEP	Subvención Escolar Preferencial (sólo año 2008)
Nº de alumnos prioritarios SEP	Sólo año 2008
Clasificación SEP	Ej. Autónomo o emergente (sólo año 2008)
Concentración de la subvención SEP	Sólo año 2008

PSU (2006 y 2007): Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Nº de alumnos	Alumnos que rindieron PSU por establecimiento
Grupo	Ej. A, B, C y D
Promedio PSU lenguaje	Puntaje promedio por establecimiento
Promedio PSU matemáticas	IDEM
Promedio PSU comprensión del medio	IDEM
Significancia PSU lenguaje	Indica si el establecimiento bajo, se mantuvo o subió respecto a puntaje de lenguaje de evaluación anterior
Significancia PSU matemáticas	IDEM
Significancia PSU respecto a grupo	IDEM
Significancia PSU según grupo en lenguaje	Indica si el establecimiento bajo, se mantuvo o subió respecto a su grupo, para puntaje de lenguaje de evaluación anterior
Significancia PSU según grupo en matemáticas	IDEM
Significancia PSU según grupo en comprensión del medio	IDEM

8.1.2.5 Registro de Estudiantes (RECH)

HORARIO Y GRUPOS DIFERENCIALES: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Nº grupos diferenciales	
Hora de inicio jornada mañana	
Hora de término jornada mañana	
Hora de inicio jornada tarde	
Hora de término jornada tarde	
Hora de inicio jornada tarde adultos	
Hora de término jornada tarde adultos	
Hora de inicio jornada vespertina	
Hora de término jornada vespertina	

Variable	Descripción
Indicador de alumnos en grupo diferencial hombres	
Indicador de alumnos integrados hombres	Se entiende por alumno integrado si presenta una evidente discapacidad física o mental, como por ejemplo, limitaciones sensoriales o motrices, trastornos en la capacidad de relación y comunicación o trastornos de la comunicación oral.
Indicador de alumnos en grupo diferencial mujeres	
Indicador de alumnos integrados mujeres	

IDENTIFICACIÓN, TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DE CURSO: Registro por curso

Variable	Descripción
Código del grado	curso, 1° a 8°
Letra curso	Ej: 1° A, 1° B
Indicador si tiene curso combinado	
Jornada	
Nº alumnos hombres	
Nº de alumnos mujeres	
Nº de alumnos hombres indígenas	
Nº de alumnas mujeres indígenas	

CONDICIÓN DE ALUMNO: Registro por alumno

Variable	Descripción
Indicador de alumno repitente	
Indicador de alumno integrado	
Indicador de alumno de grupo diferencial	
Ramo o sector	Válido sólo para enseñanza Técnico Profesional
Especialidad	IDEM

8.1.2.6 Directorio de Matrículas

ALUMNOS MATRICULADOS POR GRADOS: Registro por colegio

Variable	Descripción
Matrícula Hombres 1 a 8 grado	Nº de matrícula de hombres por cada grado, según tipo de enseñanza. La equivalencia de grados cambia según el tipo de enseñanza y sus grados asociados, así por ejemplo, el tipo de enseñanza "educación básica" se compone de 8 grados, en cambio, en tipo enseñanza "educación media H-C niños y jóvenes" se compone de los grados 1 a 4.
Matrícula Hombres en grupos diferenciales	Sólo en el tipo de enseñanza básica niños
Matrícula Hombres integrados	Alumnos Integrados
Matrícula Mujeres 1 a 8 grado	IDEM matrícula Hombres 1 a 8 grado
Matrícula Mujeres en grupos diferenciales	Sólo en el tipo de enseñanza básica niños
Matrícula Mujeres integrados	Alumnos Integrados

Variable	Descripción
Cursos simples 1 a 8 grado	Nº de cursos simples por grado (dependiente del tipo de enseñanza y sus grados asociados)
Cursos simples grupos diferenciales	Sólo en el tipo de enseñanza básica niños
Cursos simples alumnos integrados	
Cursos combinados	Nº de cursos combinados. Es posible tener un máximo de 5 cursos combinados, que en básica niños permite la agrupación de los grados de 1° a 6° y/o 7° y 8°, mientras que en Parvularia, sólo pueden combinarse el primer y 2° nivel de transición
Matrícula según Jornada	Matrícula totalizada según jornada mañana, tarde, mañana-tarde, vespertina, nocturna y vespertina-nocturna
Cursos simples según Jornada	Nº de cursos simples según Jornada mañana, tarde y mañana-tarde
Cursos combinados según Jornada	Nº de cursos combinados según Jornada mañana, tarde y mañana-tarde

Nota: Cada registro es jerarquizado según el tipo de enseñanza impartida por el establecimiento (el RBD se repite tantas veces como tipos de enseñanza imparta en un establecimiento), por ello, los encabezados de cada columna, adquieren significado considerando las particularidades de cada tipo de enseñanza.

8.1.2.7 Registro de Rendimiento Escolar

RENDIMIENTO: Registro por establecimiento.

Variable	Descripción
Retirados hombres 1 a 8 grado	Nº de hombres retirados por cada grado según tipo de enseñanza. La equivalencia de grados cambia según el tipo de enseñanza y sus grados asociados. Así por ejemplo, el tipo de enseñanza "educación básica" se compone de 8 grados, en cambio, en tipo enseñanza "educación media H-C niños y jóvenes" se compone de los grados 1 a 4.
Aprobados hombres 1 a 8 grado	IDEM
Reprobados hombres 1 a 8 grado	IDEM
Retiradas mujeres 1 a 8 grado	IDEM
Aprobadas mujeres 1 a 8 grado	IDEM
Reprobadas mujeres 1 a 8 grado	IDEM

Nota: Cada registro es jerarquizado según el tipo de enseñanza impartida por el establecimiento (el RBD se repite tantas veces como tipos de enseñanza imparta en un establecimiento), por ello, los encabezados de cada columna, adquieren significado considerando las particularidades de cada tipo de enseñanza.

8.1.2.8 SIMCE

- Año 2002: 4º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas y comprensión del Medio Natural, Social y Cultural)

- Año 2003: 2º medio (Lenguaje y Comunicación y Matemáticas)

- Año 2004: 8º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas y Comprensión de la Sociedad)

- Año 2005: 4º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas y comprensión del Medio Natural, Social y Cultural)

- Año 2006: 4º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas y comprensión del Medio Natural, Social y Cultural) y 2 medio (Lenguaje y Comunicación y Matemáticas)

- Año 2007: 4º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas y comprensión del Medio Natural) 8º básico (Lenguaje y Comunicación, Matemáticas, Comprensión de la Naturaleza y Comprensión de la sociedad).

RESULTADOS SIMCE: Registro por agrupado a nivel Regional, Provincial y Comunal

Variable	Descripción
Vulnerabilidad	Índice de Vulnerabilidad (Sólo 2004 a 2005)
Puntaje SIMCE	Puntaje promedio según asignaturas evaluadas (ver año)
Diferencia puntaje	Diferencia entre los puntajes promedio de cada asignatura respecto a puntajes promedio correspondientes a la evaluación anterior
Significancia	Indica si la diferencia de puntaje es significativa o no
Puntaje SIMCE de Col. Municipales	Puntaje promedio de colegios municipales según asignaturas evaluadas (sólo 2004 a 2007 y a nivel de comuna)
Diferencia puntaje de Col. Municipales	Diferencia entre los puntajes promedio de cada asignatura de colegios municipales respecto a puntajes promedio correspondientes a la evaluación anterior (sólo 2004 a 2007 y a nivel de comuna)
Significancia de Col Municipales	Indica si la diferencia de puntaje de colegios municipales es significativa o no (sólo 2004 a 2007 y a nivel de comuna)

RESULTADOS SIMCE: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Grupo socioeconómico del establecimiento	Ej: Bajo, Medio Bajo, Medio, Medio Alto, Alto
Vulnerabilidad	Índice de Vulnerabilidad (sólo para años 2004, 2005, 2006 y 2007)
Puntaje SIMCE	Puntaje promedio del establecimiento según asignaturas evaluadas (ver año)
Diferencia puntaje	Diferencia entre los puntajes promedio de cada asignatura respecto a puntajes promedio correspondiente a la evaluación anterior
Significancia	Indica si la diferencia de puntaje es significativa o no
Diferencia Puntaje y grupo socioeconómico	Diferencia entre puntajes promedio de cada asignatura y el promedio de su grupo socioeconómico
Significancia y grupo socioeconómico	Indica si la diferencia entre los puntajes promedio de cada asignatura y el promedio de su grupo socioeconómico es relevante o no, respecto al puntaje de cada asignatura y al promedio de su grupo socioeconómico correspondiente a la evaluación anterior

RESULTADOS SIMCE: Registro por alumno

Variable	Descripción
Puntaje SIMCE	Puntaje del alumno por cada asignatura

Variable	Descripción
Puntaje evaluación anterior	Puntaje de alumno respecto a evaluación anterior (Sólo desde 2004 a 2007)
RUT	
Género	Masculino-Femenino
Curso	Ej: A, B, C, etc.

ENCUESTA PADRES Y APODERADOS:

Sólo se incluyen preguntas más relevantes para el estudio.

Ejemplo Preguntas de Ingresos y Gastos	Respuestas
Ingreso económico mensual total del hogar donde vive el alumno	1 = bajo \$100.000 2 = entre \$100.001 y 200.000 3 = entre \$200.001 y 300.000 4 = entre \$300.001 y 400.000 5 = entre \$400.001 y 500.000 6 = entre \$500.001 y 600.000 7 = entre \$600.001 y 800.000 8 = entre \$800.001 y 1.000.000 9 = entre \$1.000.001 y 1.200.000 10 = entre \$1.200.001 y 1.400.000 11 = entre \$1.400.001 y 1.600.000 12 = entre \$1.600.001 y 1.800.000 13 = sobre \$1.800.000
Dinero pagado mensualmente al establecimiento por la escolaridad del alumno	1 = No paga mensualidad 2 = Menos de \$5.00 3 = De \$5.000 a \$10.000 4 = De \$10.001 a \$15.000 5 = De \$15.001 a \$20.000 6 = De \$20.001 a \$30.000 7 = De \$30.001 a \$40.000 8 = De \$40.001 a \$50.000 9 = De \$50.001 a \$70.000 10 = De \$70.001 a \$90.000 11 = De \$90.001 a \$100.000 12 = Más de \$100.000
Dinero destinado a otros gastos relacionados con la educación del alumno? Por ejemplo, en materiales, colación, locomoción, cuotas de curso, etc.(sin considerar los gastos de matrícula y mensualidad del establecimiento)	1 = No tiene otros gastos 2 = Menos de \$5.000 3 = De \$5.000 a \$10.000 4 = De \$10.001 a \$15.000 5 = De \$15.001 a \$20.000 6 = De \$20.001 a \$30.000 7 = De \$30.001 a \$40.000 8 = De \$40.001 a \$50.000 9 = De \$50.001 a \$70.000 10 = De \$70.001 a \$90.000 11 = De \$90.001 a \$100.000 12 = De \$100.001 a \$120.000 13 = Más de \$120.000
Ejemplo Preguntas de Escolaridad	Respuestas
Nivel educacional que llegó el padre y la madre	1 = Ed. Básica o Preparatoria 2 = Ed. Media Humanista Científico o Humanidades 3 = Ed. Media Técnico Profesional o Vocacional 4 = Estudios en un Centro de Formación Técnica 5 = Estudios en un Instituto Profesional 6 = Estudios en una Universidad 7 = Magíster 8 = Doctorado
Ejemplo Preguntas de Acceso	Respuestas

Ejemplo Preguntas de Ingresos y Gastos	Respuestas
<p>Acceso del alumno en su casa de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Computador para trabajar - Conexión a internet - Impresora - Libros de literatura (poesía, novelas, etc.) - Espacio adecuado y tranquilo para estudiar - Textos escolares - Diarios o revistas - Material de ayuda para tareas escolares (Enciclopedias, diccionarios, libros de consulta, etc.) 	<p>1 = No tiene. 2 = Poco disponible 3 = Disponible 4 = Muy disponible</p>
Ejemplo Preguntas de Satisfacción	Respuestas
<p>Satisfacción del apoderado respecto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calidad de los profesores - Disposición de los profesores - Nivel de comunicación del profesor jefe - Nivel de información sobre los resultados académicos - Nivel de información y análisis de los resultados SIMCE - Disposición del profesor para explicar al alumno lo que no entiende - Disposición de la dirección ante consulta de los padres 	<p>1 = Muy insatisfecho 2 = Insatisfecho 3 = Satisfecho 4 = Muy satisfecho</p>

8.1.2.9 Costos de generación y transformación de establecimientos

COSTOS CONSTRUCCIÓN: Registro por establecimiento

Variable	Descripción
Unidad técnica	Unidad a cargo (ej: dirección de obras Municipales, División de arquitectura MINEDUC o propia)
Contrato	Valor en UF de construcción (superficie interior)
Materialidad	Materialidad de construcción ej: Albañilería, madera, hormigón, etc.
Nº de pisos	
Superficie Interior	En metros cuadrados
Superficie patio	IDEM
Superficie terreno	IDEM
Costo interior	Costo en UF por metro cuadrado
Costo patio	Costo aproximado en UF por metro cuadrado
Costo terreno	Costo aproximado en UF por metro cuadrado

8.1.2.10 Censo de Población y Vivienda de 2002

POBLACIÓN: Registro por persona

Variable	Descripción
Edad	Edad en años cumplidos
Edad Quinquenio	Edad en años quinquenales
Sexo	
Curso	Último curso o año aprobado en la educación formal

Entidad rural	Código de entidad rural donde se localiza
---------------	---

8.1.2.11 Base de Remuneraciones Docentes 2006

Sueldos de Profesores: Registro por escuela.

Variable	Descripción
RBD	
Remuneración	Costo mensual incurrido por la escuela en remuneraciones docentes
Número de profesores	
Edad	

8.2 Diagnóstico de la localización actual de establecimientos educacionales rurales

8.2.1 Análisis de cobertura de establecimientos rurales

El grado de cobertura educacional en una determinada área se entiende como la relación entre el número máximo de alumnos que los establecimientos educacionales ubicados en esta área pueden atender y la población en edad escolar residente en tal área.

8.2.1.1 Método de análisis de cobertura

La información disponible a nivel nacional permite realizar una descripción del problema considerando la siguiente información

- Bases de matrículas MINEDUC (2002 a 2007), por tipo de enseñanza y codificada hasta el nivel de comuna.
- Población comunal proyectada por edad simple INE (2002 a 2007).

A falta de información de capacidad real, se utilizó la matrícula comunal, mientras que la población comunal rural se obtuvo siguiendo la siguiente ecuación.

$$PRProy\ com_c = PProy\ com_c * \left(\frac{PRC\ com_c - PRClimit\ com_c}{PC\ com_c} \right)$$

Donde:

$PRProy\ com_c$: Población rural proyectada de la comuna del tramo etario c.

$PProy\ com_c$: Población proyectada de la comuna del tramo etario c.

$PRC\ com_c$: Población rural Censo 2002 de la comuna del tramo etario c.

$PRClimit\ com_c$: Población rural Censo 2002 con limitaciones¹⁰ de la comuna en el tramo etario c (normalizado respecto al total regional).

$PC\ com_c$: Población Censo 2002 comunal del tramo etario c.

Debido a las diferencias propias de cada nivel educacional, se estimó oportuno diferenciar la cobertura en tres niveles, a saber:

¹⁰ Población que según el censo 2002 presenta algún tipo de deficiencia o limitantes como; ceguera total, sordera total, mudez, lisiado/parálisis y deficiencia mental.

- Educación Parvularia: Corresponde a la enseñanza Parvularia de los grados PreKinder y Kinder, equivalentes al tramo etario entre 4 a 5 años.
- Educación Básica: Corresponde a la enseñanza Básica entre los grados 1º a 8º básico, equivalentes al tramo etario entre 6 a 13 años.
- Educación Media: Corresponde a la enseñanza Media H-C niños y jóvenes entre los grados 1º medio a 4º medio y de 1º medio a 5º medio para la enseñanza Media T-P Comercial Niños, T-P Industrial Niños, T-P Técnica Niños, T-P Agrícola Niños y T-P Marítima Niños. Todas ellas equivalentes al rango etario entre 14 a 18 años.

El cociente porcentual entre la matrícula rural y la población rural proyectada en edad escolar (según el nivel de educación) determinan una aproximación al porcentaje de sobre-cobertura o sub-cobertura existente en cada comuna, así:

100% = 100% SOBRE-COBERTURA

0% = 100% COBERTURA

-100% = 100% SUB-COBERTURA

8.2.1.2 Resultados de cobertura de establecimientos rurales

En la Tabla 44 se presenta los resultados de cobertura agregados a nivel regional para los años 2002 a 2007, mientras que en la Tabla 45 se obtiene una similar considerando población y matrícula tanto urbana como rural (cobertura global).

Al analizar ambas tablas se observa que la enseñanza preescolar mantiene relaciones de cobertura negativas y constantemente decrecientes para el periodo, la que al año 2007 promedia una sub-cobertura del 60% a nivel nacional, es decir, sólo se cubre un 40% de la población rural preescolar proyectada del país, esta cifra varía a una sub-cobertura del 36% si se considera su cobertura global.

En cambio, la cobertura rural de enseñanza básica muestra relaciones positivas y negativas de diversas magnitudes las que se acentúan en las regiones más extremas del país. Si se considera que la diferencia porcentual entre matrícula y población de enseñanza básica rural debiese ser cercana al 0%, tal como lo replica su cobertura global, entonces estos contrastes deben ser expresión de fenómenos como: La absorción urbana de demanda rural, errores en la calificación del área urbana/rural asignada a cada colegio y por tanto en la población abastecida, o bien, desplazamientos interregionales de población escolar, especialmente en aquellas regiones que presentan fuertes interacciones entre sus centros poblados limítrofes.

Es importante señalar que la absorción urbana de la demanda rural, por lógica, generalmente implica asumir desplazamientos más extensos que una población en edad de enseñanza básica no debiese y no está dispuesta a asumir si existiese otra alternativa más cerca.

Respecto a la enseñanza media, al igual que en el caso de la enseñanza pre-escolar, manifiesta relaciones de cobertura negativas y constantemente decrecientes para el periodo, que al año 2007 promedia una sub-cobertura a nivel nacional del 70% y una sub-

cobertura global del orden del 28%, sin embargo, debido a las características de la población demandante de este nivel educacional, esta diferencia puede ser atribuida efectivamente a una absorción de su demanda por parte de establecimientos urbanos.

Los resultados de cobertura a nivel comunal se encuentran disponibles en anexos magnéticos. En ellas, se puede constatar anomalías similares a las antes mencionadas, hallándose diferencias extremadamente significativas, que escapan de cualquier patrón.

Un hecho significativo, consiste en que al año 2007 para la educación básica, sólo 27 comunas del país poseen valores asociados a un 100% de cobertura (con valores entre 5% a -5%). Siguiendo el ejemplo anterior, 103 comunas se sitúan con valores de cobertura evidentemente ineficientes ya sea por subcobertura (con valores sobre -40%) o por sobrecobertura (con valores sobre 40%).

De este modo, de las 290 comunas "rurales" (que se obtienen descontando las 56 comunas exclusivamente urbanas del país), se puede concluir que más de un tercio de ellas presenta valores de subcobertura o sobrecobertura muy elevados y menos de un decimo de estas comunas presentan rangos óptimos de cobertura para educación básica.

En definitiva, estas diferencias pueden interpretarse bajo dos supuestos, dados por la confiabilidad de la información ya sea de matrículas (MINEDUC) o de población (INE) y que son gravitantes para los datos de entrada del modelo.

1.- Que la matrícula rural refleja a toda la población rural en edad escolar atendida en establecimientos educacionales.

2.- Que la población rural proyectada refleja efectivamente la distribución de la población rural en edad escolar. Al tener valores totales de población, la fracción atendida por establecimientos urbanos puede aislarse aplicando un modelo de atractividad urbana.

Lo anterior configura dos escenarios que el ente planificador debe ser capaz de ponderar e interpretar y en el ámbito instrumental del modelo recae en la modificación de los archivos de entrada correspondientes y en la aplicación de un modelo de atractividad para el segundo escenario

.

Tabla 44. Cobertura educacional rural, agregada a nivel de Región.

REGIONES	PRE_02	PRE_03	PRE_04	PRE_05	PRE_06	PRE_07	BAS_02	BAS_03	BAS_04	BAS_05	BAS_06	BAS_07	MED_02	MED_03	MED_04	MED_05	MED_06	MED_07
I reg	-41%	-54%	-50%	-53%	-53%	-47%	72%	64%	59%	52%	44%	32%	-15%	-22%	-21%	-34%	-41%	-42%
II reg	-96%	-98%	-97%	-98%	-95%	-94%	-52%	-52%	-57%	-58%	-57%	-59%	-84%	-83%	-81%	-80%	-81%	-80%
III reg	-72%	-72%	-67%	-67%	-66%	-62%	-18%	-17%	-19%	-19%	-20%	-20%	-76%	-72%	-67%	-61%	-63%	-66%
IV reg	-68%	-67%	-68%	-65%	-62%	-61%	1%	-2%	-5%	-7%	-8%	-11%	-86%	-85%	-84%	-84%	-82%	-81%
V reg	-37%	-36%	-34%	-27%	-31%	-38%	7%	4%	3%	0%	-2%	-6%	-81%	-79%	-79%	-79%	-79%	-80%
VI reg	-46%	-43%	-42%	-39%	-40%	-41%	-11%	-12%	-14%	-16%	-18%	-18%	-90%	-90%	-89%	-88%	-88%	-87%
VII reg	-54%	-50%	-50%	-48%	-48%	-50%	-2%	-3%	-5%	-8%	-11%	-13%	-90%	-88%	-87%	-86%	-85%	-83%
VIII reg	-65%	-61%	-61%	-60%	-58%	-58%	-8%	-4%	-7%	-10%	-13%	-14%	-86%	-85%	-84%	-82%	-80%	-79%
IX reg	-89%	-85%	-83%	-80%	-77%	-76%	-19%	-17%	-19%	-20%	-20%	-20%	-89%	-84%	-81%	-80%	-79%	-80%
X reg	-80%	-79%	-78%	-76%	-75%	-72%	-4%	-3%	-5%	-6%	-8%	-9%	-91%	-90%	-91%	-90%	-89%	-89%
XI reg	-70%	-65%	-59%	-63%	-71%	-68%	6%	10%	2%	-4%	-22%	-26%	-76%	-74%	M0	M0	M0	M0
XII reg	-69%	-68%	-65%	-67%	-70%	-73%	-5%	-11%	-13%	-16%	-42%	-47%	M0	M0	M0	M0	M0	M0
XIV reg	-71%	-70%	-65%	-59%	-56%	-56%	2%	3%	1%	-1%	-2%	-6%	-62%	-60%	-59%	-58%	-58%	-57%
XV reg	-57%	-58%	-56%	-47%	-53%	-47%	34%	38%	41%	37%	35%	41%	-71%	-43%	-29%	-18%	-15%	-20%
Promedio Nacional	-65%	-65%	-63%	-61%	-61%	-60%	0%	0%	-3%	-6%	-10%	-13%	-77%	-74%	-71%	-70%	-70%	-70%

Nota: M0= sin matrícula.

Tabla 45. Cobertura educacional urbana y rural, agregada a nivel de Región

REGIONES	PRE_02	PRE_03	PRE_04	PRE_05	PRE_06	PRE_07	BAS_02	BAS_03	BAS_04	BAS_05	BAS_06	BAS_07	MED_02	MED_03	MED_04	MED_05	MED_06	MED_07
I reg	-44%	-41%	-43%	-40%	-37%	-43%	-4%	-1%	-2%	-5%	-2%	-3%	-33%	-33%	-32%	-31%	-31%	-31%
II reg	-50%	-48%	-47%	-43%	-40%	-37%	0%	2%	0%	-1%	2%	2%	-35%	-31%	-30%	-28%	-28%	-29%
III reg	-44%	-43%	-41%	-36%	-32%	-30%	2%	2%	0%	0%	0%	1%	-29%	-27%	-25%	-25%	-24%	-24%
IV reg	-46%	-47%	-48%	-46%	-40%	-42%	0%	-1%	-2%	-5%	-4%	-3%	-34%	-33%	-35%	-30%	-30%	-29%
V reg	-43%	-43%	-43%	-40%	-36%	-35%	5%	5%	3%	2%	2%	2%	-33%	-30%	-28%	-27%	-27%	-28%
VI reg	-40%	-39%	-37%	-32%	-29%	-28%	-1%	0%	-2%	-3%	-2%	-1%	-34%	-32%	-29%	-29%	-29%	-30%
VII reg	-46%	-44%	-43%	-42%	-37%	-36%	3%	3%	1%	0%	-1%	0%	-38%	-33%	-30%	-29%	-27%	-28%
VIII reg	-43%	-43%	-39%	-39%	-36%	-35%	4%	4%	3%	1%	1%	1%	-34%	-32%	-30%	-29%	-28%	-27%
IX reg	-51%	-49%	-50%	-46%	-43%	-41%	4%	5%	2%	2%	1%	1%	-35%	-32%	-29%	-28%	-26%	-27%
X reg	-51%	-50%	-47%	-43%	-41%	-37%	3%	5%	3%	3%	2%	3%	-41%	-37%	-33%	-31%	-29%	-29%
XI reg	-57%	-56%	-55%	-54%	-48%	-45%	1%	2%	-5%	-2%	-3%	-3%	-41%	-40%	-39%	-35%	-33%	-34%
XII reg	-44%	-45%	-42%	-40%	-37%	-38%	5%	4%	2%	2%	2%	3%	-33%	-30%	-27%	-26%	-27%	-28%
XIII reg	-47%	-56%	-54%	-48%	-44%	-42%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	-35%	-33%	-31%	-30%	-28%	-29%
XIV reg	-45%	-43%	-42%	-37%	-32%	-31%	3%	5%	4%	3%	2%	1%	-39%	-35%	-32%	-31%	-29%	-29%
XV reg	-35%	-32%	-29%	-23%	-21%	-17%	2%	3%	3%	4%	5%	8%	-29%	-27%	-23%	-21%	-22%	-21%
Promedio Nacional	-46%	-45%	-44%	-41%	-37%	-36%	2%	2%	1%	0%	0%	1%	-35%	-32%	-30%	-28%	-28%	-28%

8.2.2 Análisis del acceso de los alumnos a los establecimientos a partir del SIMCE

Este análisis se desarrolló pensando en que el tiempo de viaje y medio de transporte declarados en algunas bases SIMCE son indicadores válidos de la accesibilidad a los distintos establecimientos.

Es sumamente importante analizar los tiempos de viaje que enfrentan estos estudiantes, pues, según su magnitud se puede inferir si las escuelas están ubicadas demasiado lejos, considerando que la distancia es uno de los factores más importantes para los padres del mundo rural al momento de elegir el establecimiento donde estudiarán sus hijos.

8.2.2.1 Método de análisis de acceso a partir del SIMCE

El análisis se basó en un procesamiento estadístico descriptivo de la información contenida en las bases SIMCE, según los datos disponibles acerca del tiempo de viaje y medio de transporte en que llegan los estudiantes a los establecimientos rurales, para el año 2003 (II° Medio) y el año 2004 (8° Básico).

8.2.2.2 Resultados de acceso de los alumnos

8.2.2.2.1 SIMCE año 2003, 2° Medio

En este nivel se observa que la mayor parte de los estudiantes viaja en el transporte público, con lo que se espera que el tiempo de viaje sea alto al ser estudiantes que pueden movilizarse solos para ir a estudiar. En ese sentido, se tiene una proporción mucho menor de viajes a pie, lo que acompañado de tiempos largos de viaje indica que los establecimientos rurales con Enseñanza Media se encuentran más bien alejados de los lugares donde viven los estudiantes rurales.

Tabla 46. Estudiantes según Medio de Transporte, año 2003 (2° medio)

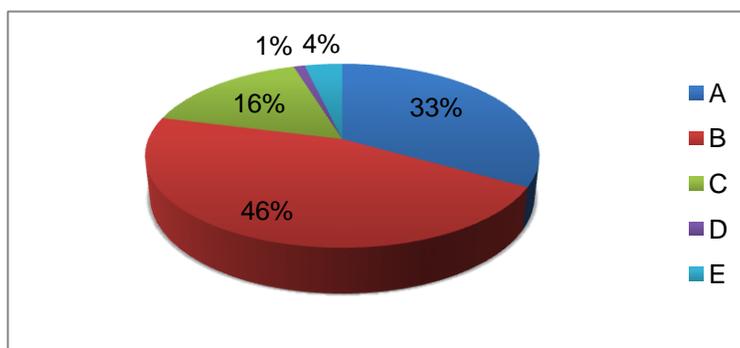
Medio de Transporte	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa
A Pie	1368	23,3%
Público	3384	57,6%
Privado	948	16,1%
Otro	172	2,9%

Fuente: Elaboración propia

Al observar cómo se distribuyen y comportan los distintos segmentos socioeconómicos en términos del medio de transporte (ver Gráfico 5 y Tabla 47), se tiene que los estratos socioeconómicos más pobres, A y B, son los que tienen mayor número de estudiantes en el ámbito rural, privilegiándose principalmente el uso del transporte público, incluso en el estrato C, con más del 50% de los estudiantes de cada segmento que van a sus establecimientos a través de este medio de transporte.

Además, los estratos más altos tienen poca participación en el mundo rural, donde se movilizan a través de autos particulares o transportes escolares.

Gráfico 5. Composición Socioeconómica de la muestra, año 2003 (2º medio)



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 47. Medios de Transporte utilizados según Grupo Socioeconómico, año 2003 (2º medio)

Medio de Transporte	A		B		C		D		E	
A Pie	472	24%	672	25%	206	22%	4	6%	14	6%
Público	1197	61%	1661	62%	505	53%	7	11%	14	6%
Privado	213	11%	274	10%	224	23%	52	83%	185	86%
Otro	68	3%	80	3%	21	2%	0	0%	3	1%
Total	1950	33%	2687	46%	956	16%	63	1%	216	4%

Fuente. Elaboración propia.

Respecto a los tiempos de viaje de estos alumnos y con el objeto de realizar un análisis más interpretativo, se tomó el tiempo medio de cada rango como el tiempo que se demoraba el alumno, lo que significa que se tomaron tiempos de 15 minutos (rango 0 a 30

min), 45 minutos (rango 30 a 60 min), 1:15 horas (rango 1 a 1:30 hora) y 1:45 horas (rango 1:30 a 2:00 horas). Los tiempos resultantes se muestran en la siguiente tabla

Tabla 48. Tiempos de viaje (en minutos) según medio de transporte, año 2003 (2º medio)

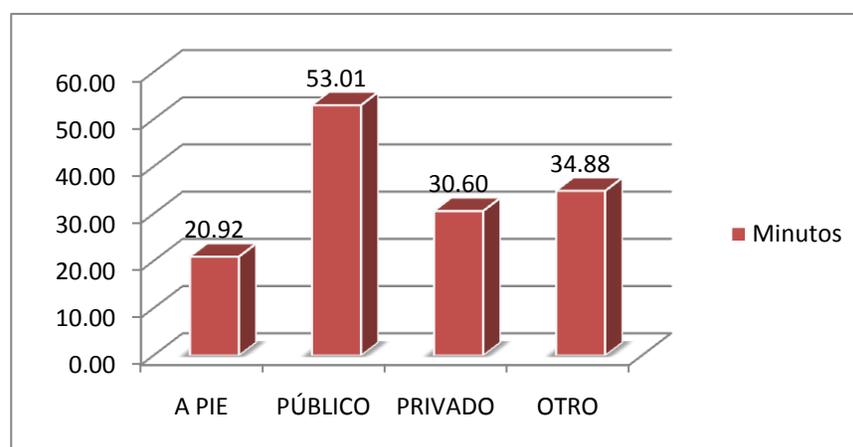
Medio de Transporte	Tiempo promedio	Tiempo promedio grupo A	Tiempo promedio grupo B	Tiempo promedio grupo C	Tiempo promedio grupo D	Tiempo promedio grupo E
A Pie	21	23	21	17	15	15
Público	53	56	53	53	54	24
Privado	31	37	36	31	23	20
Otro	35	38	34	31	0	25

Fuente. Elaboración propia.

Como se puede observar en el siguiente gráfico, el tiempo de viaje en transporte público es el mayor, lo que concuerda con lo anteriormente expresado en el sentido que al ser estudiantes de enseñanza media, éstos viajan una distancia bastante grande en términos de tiempo.

Además, llama la atención que el tiempo de “otro” medio de transporte es mayor en casi todos los casos que el tiempo en transporte privado y a pie. En las zonas rurales esos otros medios deberían ser bicicletas, caballos, carretas, etc. por lo que también se puede concluir que son niños que viajan demasiado.

Gráfico 6. Tiempos de viaje según medio de transporte, año 2003 (2º medio)



Fuente. Elaboración propia.

A modo de tener más información sobre el tiempo de viaje se contabilizó a los estudiantes que sobrepasaban un umbral de tiempo, dependiendo del medio de transporte, para poder entender cuantas personas se ven afectadas por viajes demasiado largos.

Los umbrales de tiempo fueron fijados como excesivos cuando el alumno viaja más de 30 minutos “a pie” o en “otro”, mientras que para quienes viajan en transporte público o privado, se fijó el umbral en más de una hora. Los alumnos que traspasen el umbral se contabilizan como alumnos con exceso de Viaje.

Tabla 49. Cantidad de estudiantes que sobrepasan el umbral de tiempo de viaje, año 2003 (2º medio)

Transporte	Total Alumnos	Alumnos con Exceso de Viaje	Índice de Exceso de Viaje (IEV)
A Pie	1368	200	15%
Público	3384	1210	36%
Privado	948	100	11%
Otro	172	74	43%
Total	5872	1584	27%

Fuente. Elaboración propia.

En el caso de los estudiantes que viajan sobre el umbral, se estudió su distribución en las regiones del país, quedando como la más crítica la IX Región, donde el 51,9% de los estudiantes tienen un tiempo de viaje excesivo

Tabla 50. Ranking Regional según con IEV, año 2003 (2º medio)

Región	Total Estudiantes	viajes sobre umbral	Índice de Exceso de Viaje (IEV)
IX	651	338	51,9%
VII	711	239	33,6%
X	596	197	33,1%
VIII	605	190	31,4%
IV	181	56	30,9%
V	1007	254	25,2%
VI	249	59	23,7%
XIII	1497	213	14,2%
I	312	34	10,9%
II	19	2	10,5%

Región	Total Estudiantes	viajes sobre umbral	Índice de Exceso de Viaje (IEV)
III	44	2	4,5%
Chile	5872	1584	27,0%

Fuente. Elaboración propia.

Además, se realizó un ranking de los peores establecimientos de Enseñanza Media de Chile donde más del 60% de sus alumnos tienen un tiempo de viaje excesivo, encontrándose 19 establecimientos en esta condición, afectando a 777 alumnos de II^o Medio, lo que representa el 13,2% del total de alumnos de la muestra.

Tabla 51. Ranking de establecimientos con alto IEV, año 2003 (2^o medio)

ESTABLECIMIENTO	ALUMNOS	VIAJES EXCESIVOS	IEV
Liceo Agrícola de San Rafael, Chillán	31	31	100,0%
Escuela Particular Chanquin, Toltén	14	12	85,7%
Liceo Agrícola Metodista La Granja, Nueva Imperial	66	56	84,8%
Liceo Agrícola Padre Alberto Hurtado, Molina	61	50	82,0%
Liceo Quinenahuin, Curarrehue	10	8	80,0%
Liceo Industrial Remehue, Osorno	57	45	78,9%
Liceo Agrícola People Help People, Puyehue	31	24	77,4%
Escuela Agrícola San José de Duao, Maule	59	45	76,3%
Liceo Agrícola Marta Martínez Cruz, Yerbabuena	37	28	75,7%
Complejo Educacional Manuel Dillems Hil, Freire	76	55	72,4%
Escuela Agrícola Reina Paola de Bélgica, Paine	52	37	71,2%
Liceo Agrícola de Longotoma, La Ligua	31	22	71,0%
Escuela Agrícola Salesiana Fundo Huidobro, Catemu	74	52	70,3%
I.E.R. Escuela Agrícola de Huisapi, Loncoche	39	27	69,2%
Instituto Agrícola Pascual Baburizza, Calle Larga	78	51	65,4%
Liceo Agrícola Santa Ana, Melipilla	37	24	64,9%
Instituto Agrícola Kusayapu, Huara	8	5	62,5%
Liceo Gonzalo Correa Ugarte, Molina	6	45	60,0%
Liceo Técnico Profesional de Hualpin, Teodoro Schmidt	10	75	60,0%

8.2.2.2.2 SIMCE año 2004, 8º Básico

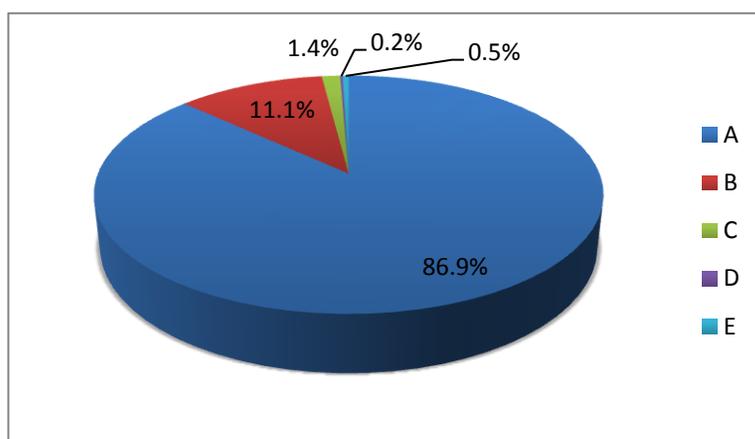
Respecto a estos alumnos se tiene que la mayor parte de ellos caminan hacia sus establecimientos, además, el uso de transportes alternativos, prácticamente se duplica en este segmento de estudiantes, con lo cual ambos medios hacen que el transporte público sea menos utilizado por los alumnos de Enseñanza Básica. Esto se puede deber principalmente a que la disponibilidad de escuelas hace que el caminar o ir en “otros”, ya sea bicicletas, caballos, etc., sea más factible que en el caso de los liceos, además, pensando en que estos alumnos son menores, se puede suponer que ellos tienen menos libertad para utilizar el transporte público para trasladarse, pues la mayoría lo hace acompañado de un adulto, lo que encarece esta opción, dejándola en el segundo lugar de las preferencias.

Tabla 52. Estudiantes según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico)

Medio de Transporte	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
A Pie	12160	46,82%
Público	8093	31,16%
Privado	4387	16,89%
Otro	1334	5,14%

Fuente. Elaboración propia.

En este nivel escolar, los alumnos son muchos más y el nivel socioeconómico más pobre es quien más crece (como se puede observar en el siguiente gráfico), lo que puede indicar que muchos de estos alumnos no siguen sus estudios por falta oferta real de educación, es decir, los establecimientos de Enseñanza Media pueden estar muy distantes a sus localidades, por lo que el costo de enviarlos no puede ser sustentado por sus familias.

Gráfico 7. Composición Socioeconómica de la muestra, año 2004 (8º básico)

Fuente. Elaboración propia.

Además, al contrario de los alumnos de enseñanza media, estos alumnos se movilizan mayoritariamente “a pie”, lo que indica dos cosas. Una es que las escuelas estarían mejor localizadas que los liceos, pues es posible que una mayor proporción de sus alumnos lleguen a ellas caminando, y la otra es que la oferta de Educación Básica es mucho más amplia que la oferta de Educación Media, lo que hace que estudiar sea una opción real para los niños de Educación Básica.

Tabla 53. Medios de Transporte según Grupo Socioeconómico, año 2004 (8º básico)

Medio de Transporte	A		B		C		D		E	
A Pie	10658	47,2%	1339	46,4%	133	46,4%	12	23,1%	18	15,4%
Público	7187	31,9%	815	28,3%	73	28,3%	3	5,8%	15	12,8%
Privado	3504	15,5%	618	21,4%	145	21,4%	37	71,2%	83	70,9%
Otro	1216	5,4%	111	3,9%	6	3,9%	0	0,0%	1	0,9%
TOTAL	22565	86,9%	2883	11,1%	357	11,1%	52	0,2%	117	0,5%

Fuente: Elaboración propia.

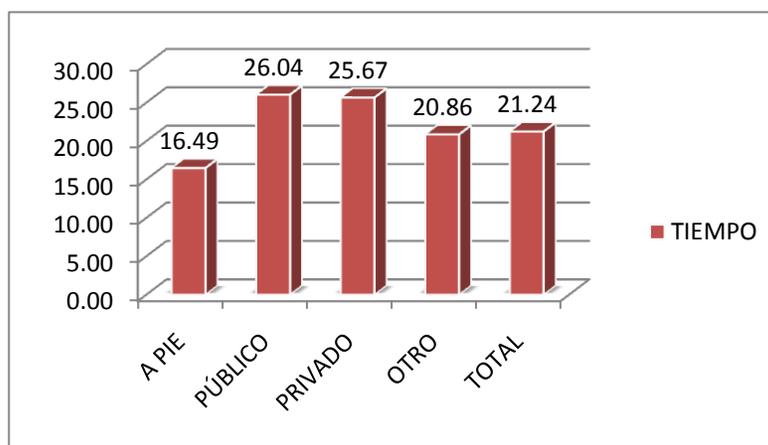
Al analizar los tiempos medios de transporte de los distintos niveles socioeconómicos, llama la atención la alta cantidad de estudiantes que viajan en “otro” y la cantidad de tiempo que esto les toma, pues, en los 3 primeros quintiles superan el umbral de exceso de viaje, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 54. Tiempos de Viaje según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico)

Medio de Transporte	Tiempo promedio	Tiempo promedio grupo A	Tiempo promedio grupo B	Tiempo promedio grupo C	Tiempo promedio grupo D	Tiempo promedio grupo E
A Pie	21	23	21	17	15	15
Público	53	56	53	53	54	24
Privado	31	37	36	31	23	20
Otro	35	38	34	31	0	25

Fuente. Elaboración propia.

En cuanto al transporte público y privado se tiene que el promedio general y el promedio de todos los quintiles no superan el umbral, pero en el caso del transporte público el promedio general y en casi todos los quintiles es bastante alto, al igual que los alumnos de Educación Media. Sin embargo, hay que pensar que estos alumnos son menores y no debieran demorarse tanto en el traslado a sus establecimientos.

Gráfico 8. Tiempos de Viaje según Medio de Transporte, año 2004 (8º básico)

Fuente. Elaboración propia.

Para finalizar, se analizaron los casos donde se excede el tiempo de viaje fijado como umbral para poder evaluar más a fondo la situación de la Educación Básica.

Tabla 55. Cantidad de estudiantes que sobrepasan el umbral de tiempo de viaje, año 2004 (8º básico)

Transporte	Total Estudiantes	Viajes sobre umbral	Índice de Exceso de Viaje(IEV)
A Pie	12160	622	5%
Público	8093	449	6%
Privado	4387	254	6%
Otro	1334	102	8%
Total	25974	1427	5%

Fuente. Elaboración propia.

En este caso, la proporción de niños afectados por viajes excesivos es mucho menor que la de los estudiantes de Educación Media en igual condiciones, donde el 27% de ellos superaban el umbral.

Tabla 56. Ranking Regional según con IEV, año 2004 (8º básico)

Región	Total Estudiantes	Viajes sobre umbral	Índice de Exceso de Viaje IEV
X	3905	318	8,1%
VIII	2115	206	9,7%
IX	4842	97	2,0%
XIII	1626	78	4,8%
V	1814	55	3,0%
VI	2828	50	1,8%
I	369	30	8,1%
III	157	5	3,2%
XI	202	3	1,5%
II	26	0	0,0%
XII	53	0	0,0%
TOTAL	25974	1427	5,5%

Fuente. Elaboración propia.

Esto vuelve a indicar que la distribución y oferta de Educación Básica es mejor que la de Educación Media, pero si se compara el número de niños de ambos ciclos, se ve que son muy similares, ya que en Media son 1584 y en básica 1427, con lo que hay unos 3000 niños que no cuentan con un establecimiento rural lo suficientemente cercano a su hogar.

Las regiones que tienen los índices más altos son justamente las que concentran la mayor cantidad de establecimientos, lo que hace pensar que pueden existir zonas con una

sobreoferta y otras donde no se puede acceder a establecimientos a una corta distancia o tiempo de viaje.

El ranking de los establecimientos con peores IEV de todo Chile queda conformado por los 18 establecimientos que superan el 60% de sus estudiantes con exceso de viaje.

Tabla 57. Ranking de establecimientos con alto IEV, año 2004 (8° básico)

ESTABLECIMIENTO	ALUMNOS	EXCESO DE VIAJE	IEV
Escuela El Marquez, Putre	3	3	100,0%
La Foresta, Collipulli	2	2	100,0%
Escuela Ralco Lepoy, Santa Bárbara	1	1	100,0%
Los Maquis, Tirúa	1	1	100,0%
Instituto Agrícola Artesanal Kusayapu, Huara	12	11	91,7%
San Nicanor, Hualqui	11	10	90,9%
Bajo Los Ríos, Curanilahue	6	5	83,3%
San José Sur, El Carmen	5	4	80,0%
Las Hormigas, El Carmen	4	3	75,0%
Diego Portales, Saavedra	4	3	75,0%
Escuela Particular Eduardo Frei Montalva, Calbuco	12	8	66,7%
Escuela Rural Manuel Gatica Arriagada, Los Muermos	6	4	66,7%
Colonia Rayen Lafquen, Villarrica	6	4	66,7%
Escuela Rural Alfaro, Calbuco	3	2	66,7%
Licauquen, Contulmo	5	3	60,0%
Escuela Rural Purrehuin, San Juan de la Costa	5	3	60,0%
Escuela Particular N°154 Huitrapulli, San Juan de la Costa	5	3	60,0%
Escuela Rural Juan Antonio Vera Díaz, Queilén	5	3	60,0%

Fuente. Elaboración propia.

8.3 Descripción metodológica de bases de trabajo generadas a partir del diagnóstico de la localización actual de establecimientos educacionales rurales

8.3.1 Base SIMCE de alumnos con información socioeconómica y tiempo de viaje

Se utilizó la base de datos SIMCE-Padres para caracterizar a los alumnos según su nivel socioeconómico, generándose una nueva base llamada tiempo padres.

El primer paso fue definir los alumnos que pertenecen a escuelas rurales a través del cruce de información de SIMCE-Escuela, donde se filtraron las escuelas rurales. Luego, en la base SIMCE-Alumnos se dejaron los alumnos pertenecientes a los establecimientos seleccionados anteriormente. Finalmente, se tomaron sólo los cuestionarios de los padres de los alumnos que fueron seleccionados en la etapa anterior.

Para evaluar la distribución de los Grupos Socio-Económicos, se procedió a clasificar a los alumnos según el mismo procedimiento utilizado en el SIMCE para clasificar a los establecimientos, el cual consiste en el análisis de conglomerados según Educación de la madre, Educación del Padre, Ingresos e Índice de vulnerabilidad, el cual por estar asociado al establecimiento no fue tomado en cuenta para el análisis de los alumnos, quedando clasificados sólo por las 3 primeras variables en 5 grupos, los cuales representan los quintiles socioeconómicos, partiendo del más pobre, grupo A, al más rico, grupo E.

El procedimiento utilizado fue el análisis de conglomerados, donde se unen a los individuos de características similares en 5 grupos, quedando caracterizados cada uno de ellos por un promedio de las variables incluidas en la clasificación. En este caso, cada grupo tuvo medias para los años de estudio de ambos padres y para el ingreso medio del hogar. Así al analizar cada grupo se pudo clasificar según sus características desde el menor al mayor, pudiendo identificar a cada conglomerado como un quintil.

La nueva variable queda como GSE en la base de datos de trabajo. Con lo que la base es la misma base de SIMCE-padres más la nueva variable

En el caso de los tiempos de viaje, se tomó la información disponible para el año 2003 y 2004, donde los padres declaran el medio de transporte y rango de tiempo que demoran sus hijos en llegar a su establecimiento educacional.

En ambos años los medios de transporte descritos son 4: "a pie", transporte público, transporte privado, el que incluye auto particular y transporte escolar, y otro, donde se encuentran medios como bicicletas, caballos, etc.

Además, en el caso del año 2003, para los II^o Medios se tienen 4 rangos de tiempo: menos de 30 minutos, entre 30 y 60 minutos, entre 1 y 1,5 horas o más de 1,5 horas.

Para el año 2004 en cambio, los padres de 8^o Básico tienen 7 rangos de respuesta, los que están definidos como: menos de 15 minutos, entre 15 y 30 minutos, entre 30 y 45 minutos, entre 45 minutos y una hora, entre 1:00 y 1:15 horas, entre 1:15 y 1:30 o más de 1:30 horas.

Una vez realizada la limpieza de datos perdidos o fuera de rango para el análisis socioeconómico y los tiempos de viaje, quedaron para el año 2003 de los 6838 datos disponibles, 5872 datos válidos. Mientras que para el año 2004 de 29458 datos disponibles quedaron 25974 datos válidos.

Además, se incorporó la variable tiempo medio, la que corresponde a la mitad del tiempo del rango de tiempo indicado por los padres.

También se definió un umbral de tiempo máximo de viaje, el que fue fijado en 30 minutos para los medios “a pie” y “otro”, mientras que para transporte público y privado se consideró como máximo aceptable 1 hora de viaje. Así se introdujo la variable excede tiempo, con lo que se indica con un 1 si el alumno excede el umbral y 0 si no.

Finalmente, se incorporaron 4 variables que toman los valores 0 ó 1 para indicar el medio de transporte que utiliza el alumno, variable que se desprende de las respuestas originales de la base que toman valores 1 en el caso de que viaje “a pie”, 2 para transporte público, 3 para privado y 4 en el caso de “otro”, con lo que las 4 nuevas variables quedan definidas como “a pie”, “público”, “privado” y “otro”.

8.3.2 Base SIMCE de establecimientos con nuevas variables

A la base SIMCE-Establecimientos fue añadido un indicador que muestra la relación entre alumnos que sobrepasan el umbral de tiempo de viaje y los alumnos totales del establecimiento. En ambos casos, se trabajó sólo con los datos encontrados válidos descrito en el punto anterior.

La nueva base se denomina Establecimientos tiempo.

8.3.3 Proyección de población a nivel comunal

Se generó una primera matriz de población de entidades rurales por edades simples (de 0 a 21 años) extraída mediante el software REDATAM. En esta consulta se identificó la población con deficiencias (ceguera total, sordera total, mudez, Lisiado/Parálisis y deficiencia mental), la que no fue incluida en el análisis.

Luego se prorrateó esta población en base a las proyecciones comunales por edad simple para el año 2007, obteniéndose una nueva matriz de población proyectada, en la que, además, se efectuaron correcciones en sus códigos únicos territoriales, en función de los cambios recientes en la División Político Administrativa del País.

8.4 Estrategia de consideración del rendimiento académico en el modelo de optimización

Los estudios sobre el rendimiento académico de los alumnos han ido evolucionando en sus enfoques y planteamientos, desde el estudio inicial de Coleman en los años sesenta.

Este investigador formula y estima una función de producción educacional cuyo resultado es el rendimiento académico, y considera algunas características socioeconómicas del alumno y del establecimiento como variables de entrada. Gracias a esto, los primeros modelos que siguen al de Coleman tienen una orientación Proceso-Producto, identificándose factores contextuales y escolares como determinantes en la eficacia.

En un principio, prácticamente, sólo se desarrollaron estudios sobre la eficacia escolar para países desarrollados, hasta que en 1978 se realizó el primer estudio que incluyó a varios países de Latinoamérica.¹¹

Luego, aparecieron nuevos enfoques de investigación, basados en sistemas relacionales de eficacia institucional, donde destaca el trabajo desarrollado por Murphy, Hallinger y Mesa (1985). En este estudio se usó una clasificación de factores entre aquellos de contexto, entrada, proceso y producto y se identificaron 3 subsistemas relacionados: tecnología del centro, entorno del centro y resultados de los alumnos.

Después aparecieron otros estudios que también usaron sistemas de indicadores de contexto, proceso y producto lo cual permitió incorporar nuevos factores y dimensiones de eficacia, reuniendo tanto elementos teóricos para analizar interrelaciones entre variables de distintos niveles, como un marco general de referencia para incorporar y determinar la posición de cualquier variable a estudiar.

Las principales metodologías estadísticas usadas y que se han reportado en la literatura especializada son regresiones lineales con mínimos cuadrados ordinarios, análisis factorial, modelos lineales jerárquicos y análisis descriptivos. En este estudio se realizó una revisión bibliográfica sobre las posibles variables que pudieran afectar el rendimiento escolar, presentándose a continuación los resultados obtenidos de esta investigación. Las referencias consideradas aparecen en la sección siguiente.

Tabla 58. Variables que afectan el rendimiento, según características del establecimiento

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Escala	A través de mayor escala hay más profesores, los que tienen mayores posibilidades de especializarse y además los recursos pueden ser utilizados por más alumnos	5	Positiva
Competencia	La oferta permite la competencia.	1	Positiva
Matrícula	Número total de alumnos del establecimiento	9	Positiva

¹¹ "The determinants of School Achievement: A Review of the Research", Simmons, J y Alexander, L.

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Razón alumno-profesor	Cantidad de alumnos por profesor	13	Negativa
Establecimiento multigrado	Escuela con cursos que combinan 2 o más grados	3	Incierta, 2 de los 3 estudios la encuentran positiva
Gasto por estudiante	Cantidad de dinero invertida en el centro por estudiante	2	Positiva, pero hay varios estudios que no lo encuentran significativo
Actividades extra programáticas	Actividades extracurriculares de libre elección	3	Positiva
Establecimiento bilingüe	Establecimientos que tienen un idioma nativo como lengua de enseñanza	1	Positiva, tiene gran efecto en la población indígena
Aumento de la jornada escolar	Establecimientos con más horas de clases	7	Positiva
Disciplina	Normas y regulaciones internas	3	Positiva
Programas de Alimentación	Alimentación brindada en el establecimiento	2	Positiva

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Variables que afectan el rendimiento, según materiales educativos

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Infraestructura	Incluye calidad de la construcción, mobiliario y servicios básicos	7	Positiva
Recursos pedagógicos	Acceso a materiales educativos como libros y computadores	13	Positiva, sobretodo en recursos TIC ¹²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Variables que afectan el rendimiento, según características del profesor

¹² TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Sueldo	Remuneración del docente	5	Positiva
Calidad	Calificación del profesor	8	Positiva
Experiencia	Años de docencia	10	Positiva
Antigüedad	Número de años trabajando en el mismo establecimiento	6	Positiva, aunque muchos estudios no lo encuentran relevante
Género	Género del profesor	3	Positiva para mujeres
Cursos de actualización	Formación permanente de los docentes	6	Positiva

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Variables que afectan el rendimiento, según características del Director.

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Antigüedad	Años en el cargo	3	Incierta, 2 de los 3 estudios la encuentran positiva
Género	Género del director	1	Positiva para Mujeres
Formación	Estudios cursados, sobre todo en educación	2	Positiva

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Variables que afectan el rendimiento, según características del estudiante y su familia.

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
GSE ¹³	Características socioeconómicas, dentro de las que están: ingresos, educación y tipo de trabajo de los padres	15	Positiva
Lengua materna distinta	La madre tiene una lengua distinta a la de enseñanza, principalmente indígena	6	Negativa
Trabajo infantil	El estudiante trabaja	2	Negativa
Género	Influencia del género en el aprendizaje	5	Positiva en lenguaje para las mujeres y en matemáticas para los hombres
Tamaño familia y hogares completos	Número de integrantes de la familia y con ambos padres presentes	3	Positiva, aunque se vuelve negativa al pasar cierto número de integrantes
Tasa de Asistencia	Asistencia a clases	2	Positiva

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Variables que afectan el rendimiento, según motivación e inserción del estudiante en el sistema educativo.

Variable	Significado	Estudios que la encuentran significativa	Relación
Expectativas del profesor, alumno y padres	Se refiere a lo que esperan del rendimiento del alumno	7	Positiva
Apoyo y participación de los padres	Compromiso e involucramiento de los padres en la educación y desarrollo del alumno	8	Positiva

Fuente: Elaboración propia

¹³ GSE: Grupo Socioeconómico

Finalmente, cabe destacar que la aplicación de métodos econométricos en las investigaciones del ámbito social, que involucran variables cuantificables y no cuantificables, es tomado como válido a pesar de que los modelos estimados no presentan un ajuste demasiado alto¹⁴, dado que se trata de modelos que son difíciles de calibrar al incluir características personales. En general, este tipo de estudios presentan un ajuste en el R^2 del orden de un 20%, pero se han considerado como una buena herramienta y forma de aproximación para determinar los factores que influyen en el rendimiento.

En el modelo de optimización formulado en este estudio, solamente se minimizan los costos de inversión en infraestructura y de operación de los establecimientos educacionales rurales y los costos de transporte de los alumnos desde sus hogares a estos establecimientos. Se excluyó del objetivo del modelo además maximizar la calidad educacional, medida por el rendimiento escolar o por otra medida de calidad. En la revisión bibliográfica antes presentada se constató que los modelos del rendimiento académico reportados en la literatura especializada incluyen una gran cantidad de factores explicativos del rendimiento y que los factores estructurales modelados en este estudio explican sólo una parte, dependiendo el rendimiento académico en mayor medida de otros factores no incluidos en el modelo, tales como, características del alumno, de su hogar, del equipamiento del establecimiento y del proceso educativo.

Como se aprecia del primer cuadro sobre “características del establecimiento” de esta sección, solamente el tamaño de la escuela, medido en el número de alumnos totales o matrícula, el tamaño de cada curso, medido a partir del número de alumnos por profesor y si el establecimiento tiene cursos multigrado son características de las escuelas que influyen en el rendimiento académico y que pueden ser controladas por el modelo de optimización. Adicionalmente, puede considerarse que la distancia de viaje de los alumnos es otro factor que puede influir negativamente en el rendimiento académico.

Por las razones antes indicadas, se propone la utilización del modelo controlando los valores de estos atributos estructurales. Así los resultados del modelo entregan estimaciones de los costos correspondientes a escenarios en los cuales se controlan algunos atributos incidentes en el rendimiento de los alumnos. De este modo, el usuario puede estimar el valor absoluto de estos costos, y también el cambio en ellos ante diferentes escenarios de valores de los atributos mencionados y comparar estos resultados con las eventuales mejoras o perjuicios que producen en el rendimiento de los alumnos.

8.4.1 Referencias bibliográficas sobre evaluación del rendimiento académico

ABDI, H. 2003. Least squares. Encyclopedia of Social Sciences Research Methods. Thousand Oaks (CA)

ABERG-BENGSTSSON, L. 2004. Do small rural schools differ? A comparative two-level model of reading achievement among Swedish 9-years-old. Scandinavian Journal of Educational Research 48 (1): 19-33

¹⁴ Por ejemplo, ver Gallego et al 2007, Mizala y Romaguera 2000, Mizala y Melis 2007

ÁLVAREZ, M.I "et al". 1998. Computers in schools: a qualitative study of Chile and Costa Rica", Education and Technology Series, The World Bank.

ARANCIBIA, V., SCHMIDT, P., y SANCHO, A. 1998. Proyecto efectividad escolar. Libertad y Desarrollo, Santiago.

BLANCO, E. 2008. Factores escolares asociados a los aprendizajes en la educación primaria mexicana: un análisis multinivel. Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación 6(1):58-84

BRUNNER, J. y ELACQUA, G. 2003. Informe de capital humano en Chile. Santiago, Universidad Adolfo Ibáñez, Escuela de Negocios.

CASTRO, M. 1999. Proyecto docente. Universidad de Murcia.

CIDE. 2003. VI encuesta nacional "actores del sistema educativo". Universidad Alberto Hurtado.

CLAVEL, C. y SCHIEFELBEIN, E. 1979. Factores que inciden en la demanda por educación. Programa ECIEL.

DE LA ORDEN, A. "et. al". 2001 Modelos de investigación del bajo rendimiento, Revista Complutense de Educación 12 (I): 159-178

DONOSO, S y HAWES, G. 2002. Eficiencia escolar y diferencias socioeconómicas: a propósito de los resultados de las pruebas de medición de la calidad de la educación en Chile.

EDWARDS, J. 2003. Causas de los bajos rendimientos en la educación rural. Tesis de Ingeniero Comercial, mención Economía. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Escuela de Economía y Administración.

GALLEGO, F., RODRÍGUEZ, C. y SAUMA, E. 2007. Provisión de educación en zonas rurales de Chile: incentivos, costos y calidad. Estudio de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

KRUEGER, A. 1997. Experimental Estimates of Education Production Functions. NBER Working paper N° 6051.

KUZIEMKO, I. 2006. Using shocks to school enrollment to estimate the effect of school size on student achievement. Economics of Education Review 25: 63-75.

MARADONA, G y CALDERÓN, I. 2004. Una aplicación del enfoque de la función de producción en educación .Revista de Economía y Estadística Vol. XLII. Instituto de Economía y Finanzas. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba - Argentina

MELLA, O. 2006, Factores que afectan los resultados de la escuela pública chilena. REICE - Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación 4 (1): 29- 37.

MIZALA, A y MELIS, F. 2007. Escuelas rurales y su situación financiera. Departamento de Ingeniería Industrial Universidad de Chile.

MIZALA, A. y ROMAGUERA, P.1998b. Desempeño escolar y elección de colegios: La experiencia chilena, Documentos de Trabajo N° 85, Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

MIZALA, A. y ROMAGUERA, P. 2000. Determinación de factores explicativos de los resultados escolares en educación media en Chile. Serie Economía No. 36, Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

MIZALA, A., ROMAGUERA, P. y REINAGA, T.1999. Factores que Inciden en el Rendimiento Escolar en Bolivia. Documentos de Trabajo N° 61, Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

MUÑOZ-REPISO, M., CERDÁN, J. y MURILLO, F. 1995. Calidad de la educación y eficacia de la escuela. Estudio sobre la gestión de los recursos educativos. Madrid: CIDE.

MURILLO, F. "et al". 2007. Investigación iberoamericana sobre eficacia escolar. Bogotá, Convenio Andrés Bello.

OSTOIC, C.2003. Nuevas Metodologías para el análisis de los resultados educacionales: una aplicación de modelos lineales jerárquicos a los datos de Chile. Tesis de Magister en Economía Aplicada. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.

PAVEZ, M. 2003. Municipios Efectivos en Educación. Tesis de Magister en Gestión y Políticas Públicas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.

PETERS, P. y HALL, G. 2004. Evaluation of education quality and neighborhood well-being: a case of study of Independencia, Peru. International Journal of Educational development 24: 85-102

POTASSHNIK, M. 1996. Chile's learning network. Education Technology Series, 1(2), The World Bank.

SCHAFFT, K. 2006. Poverty, residential mobility, and student transiency within a rural New York school district. Rural Sociology 71 (2): 212- 231.

SCHIEFELBEIN, E. y SCHIEFELBEIN, P. 2000. Determinantes de la calidad: ¿qué falta mejorar?. Revista Perspectivas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 4(1):37-64.

ULUBASOGLU, M. y CARDAK, B. 2007. Internationals comparisons of rural-urban educational attainment: Data and Determinants. European Economic Review 51: 1828 - 1857

UNICEF 2000. Defining Quality in Education. Meeting of the International Working Group on Education Florence, Italy June 2000.

VEDDER, R. 2004. Effective, efficient, fair: Paying for public education in Texas. Ohio University and Joshua Hall Buckeye Institute.

VELEZ, E.; SCHIEFELBEIN, E. y VALENZUELA, J. 1994. Factores que afectan el rendimiento académico en la educación primaria (Revisión de la Literatura de América Latina y el Caribe). Revista Latinoamericana de Innovaciones Educativas pp: 1-16.

WILLIAMSON, G.2000. Estudio sobre la educación para la población rural en Chile. En: Educación para la población rural en Brasil, Chile, Colombia, Honduras, México, Paraguay y Perú. Paris, FAO y UNESCO. pp. 97 a 169.

8.5 Bases de trabajo generadas para uso del modelo de localización

Considerando la información de entrada requerida por el modelo de localización y las características originales de las fuentes de información recolectadas, se generaron algunas bases preliminares o de trabajo.

Esto implicó en algunos casos, la validación, corrección y complementación de la información original. En otros casos, implicó el reordenamiento de la información de un modo más conveniente para manipularlas o bien se incluyeron nuevas variables de análisis.

8.5.1 Base de matrículas

La base del directorio de matrículas 2007 contiene una gran cantidad de información relevante, como el tipo de dependencia del establecimiento, número de alumnos, número de cursos combinados, etc.

Como esta base contiene registros de establecimientos urbanos y rurales, se procedió a trabajar sólo con los datos que fueran de escuelas rurales (realizando un filtro con la variable de código de área).

Además cada escuela posee un código de dependencia el cual puede tomar 5 valores:

- 1: Corporación Municipal
- 2: Municipal DAEM
- 3: Particular Subvencionado
- 4: Particular Pagado
- 5: Corporación Privada o de Administración Delegada

Se resumió esta información en una nueva variable (Tipo_Dep) donde los establecimientos son municipales (código 1 y 2) subvencionados (código 3) y particular (código 4 y 5)

En la base original cada escuela posee información desagregada por tipo de educación impartida. Si una escuela posee "n" tipos de educación, tiene "n" registros en la base de datos. Debido a lo anterior, se procedió a crear una base compacta, donde cada escuela está caracterizada por sólo un registro (trabajando con 4.431 registros en vez de los 20.946 originales).

Esta nueva base de datos contiene las siguientes variables:

- RBD: Identificador de la escuela
- Tipo_Dep: Indica si es municipal, subvencionada o privada
- Tipo_educación: Indica los tipos de educación que imparte cada escuela (por ejemplo, 10-110-310)

- Reg_cod: Código de la región en la cual está la escuela
- Matricula: Suma de toda la matrícula de una escuela
- Cursos_simples: Suma de los cursos simples de una escuela
- Cursos_combinados: Suma de los cursos combinados de una escuela

Con esto se procedió a caracterizar la oferta por región, viendo la distribución de escuelas por tipo de dependencia, tipo de enseñanza, matrícula, etc.

8.5.2 Base de las capacidades de establecimientos

Se usó como entrada las bases del RECH correspondiente a los años 2003-2007. El procedimiento para obtener esta base de trabajo fue el siguiente:

- Para cada uno de los años (2003-2007) se calculó el número de cursos por tipo de educación (preescolar, básica, media) y jornada que tiene cada una de las escuelas así como su matrícula.
- En cada año se obtuvo la matrícula y cursos máximos por jornada para cada tipo de educación.
- Para cada año y tipo de educación se calculó el número de alumnos por curso como la matrícula dividida por el número de cursos.
- Se obtuvo el máximo de alumnos por curso por tipo de educación y año. Este número representa la capacidad máxima histórica utilizada por la escuela (número de niños que caben en una sala). Este parámetro es usado para caracterizar las escuelas existentes.

Se generó una base de datos con 3 variables: "Región", "RBD" y "Capacidad por Sala". Esta última variable corresponde al número máximo de alumnos promedio por curso de entre los años con información. Este dato es usado en la especificación del modelo como una estimación de la capacidad de cada curso.

8.5.3 Base de grados por escuela

Se usó como entrada la base del RECH correspondiente al año 2007. Para cada escuela dentro del registro se procedió a encontrar el número de cursos que se imparten correspondiente a cada grado. El objetivo era tener una medida del número de salas de clases que pueden ser ocupadas en una escuelas en un determinado período; para esto se procedió a filtrar por jornada escolar y sumar de acuerdo al siguiente criterio: jornada completa + jornada mañana + jornada noche; jornada completa + jornada tarde + jornada noche. Luego se tomó el máximo de estas dos cantidades, la cual representa la disponibilidad máxima de salas por un determinado grado.

Junto con esto, se calcularon los cursos totales simples y multigrados que posee cada escuela. Se agregó una variable que indica si la escuela se considera como multigrado o

mono-grado (el criterio para decir que es multigrado es cuando el número de cursos multigrado es mayor al de cursos simples).

Se generó una base de datos con 16 variables: “Región”, “RBD”, “Preescolar”, “1° Básico”, “2° Básico”, “3° Básico”, “4° Básico”, “5° Básico”, “6° Básico”, “7° Básico”, “8° Básico”, “1°Medio”, “2°Medio”, “3°Medio”, “4°Medio” y “Tipo”. En los campos de grado se indica el número de cursos que tiene cada escuela del grado en cuestión (cursos multigrado son considerados como 6° Básico para efectos de modelamiento); la variable tipo vale 1 para escuelas simples y 2 para multigrado.

8.5.4 Base de Remuneraciones de profesores

Se usó como base de entrada la base de datos de remuneraciones de profesores. En la base original se cuenta con el costo total de docentes por establecimientos, sin tener una medida del costo por profesor. Para hacer frente a esto, se agregó una nueva variable a la base la cual representa el costo promedio unitario de profesores por escuela. Esto se obtuvo dividiendo el costo total por el número de profesores de cada escuela.

Las variables que contiene la base creada son 4: “RBD”, “Región”, “Costo Total Profesores” y “Costo Promedio Profesor”.

8.5.5 Base de Remuneraciones de directores

Se utilizó la base de remuneraciones de directores correspondiente al año 2006 para especificar el sueldo de directores de las escuelas. Esta base contiene una gran cantidad de registros sin información, por lo que se procedió a eliminar aquellos valores que no cuentan con RBD identificable.

La base generada contiene sólo 3 campos de todos los que existen, pues son los únicos que son usados: “RBD”, “Región” y “Remuneración”.

8.5.6 Base de Infraestructura

Se usó como base de entrada el archivo de infraestructura entregado por MINEDUC, el cual contiene inversiones de proyectos realizados en los últimos años. Se tienen datos por RBD, pero sin el dato del número de salas; por esto se agregó una columna que indica el número de salas que tiene cada uno de estos proyectos (para este cálculo se usó como número de salas el número de cursos que tiene cada escuela el año 2007). Con esto se procedió a crear una tabla donde se indica el número de cursos, promedio de costo en UF de construcción de la escuela, cantidad de escuelas con esa característica y valor promedio unitario por curso (calculado como el costo promedio dividido por el número de cursos):

Tabla 64. Costos de infraestructura

Nº de salas	Promedio de contrato UF	Nº de escuelas	Valor Promedio unitario por curso
1	2,366.0	1	2366.0
3	1,906.3	3	635.4
4	2,242.3	6	560.6
5	3,693.4	8	738.7
6	4,753.7	15	792.3
7	4,185.1	26	597.9
8	7,262.5	53	907.8
9	7,161.2	76	795.7
10	8,998.0	151	899.8
11	11,015.4	41	1001.4
12	7,953.7	20	662.8
13	8,979.3	18	690.7
14	11,476.9	12	819.8
15	11,514.4	10	767.6
16	18,041.4	7	1127.6
17	10,121.9	8	595.4
18	31,805.3	4	1767.0
19	24,892.4	8	1310.1
20	11,564.5	4	578.2
21	20,546.4	5	978.4
22	19,132.2	5	869.6
23	26,828.5	2	1166.5
24	14,543.3	3	606.0
26	27,458.8	4	1056.1
27	30,034.0	2	1112.4
28	14,712.0	1	525.4
29	31,021.0	1	1069.7
30	17,252.8	5	575.1
31	12,785.0	1	412.4
32	31,680.0	2	990.0
33	26,550.0	1	804.5
34	21,946.0	1	645.5
35	21,946.5	2	627.0
36	11,217.0	2	311.6
44	28,193.0	1	640.8
46	48,338.0	1	1050.8

Fuente: Elaboración propia.

8.5.7 Bases de población

Se generó una primera matriz de población a nivel de entidad rural por edad simple (de 0 a 21 años) desde REDATAM (Censo 2002), aplicándose dos filtros de salida:

- Se consulta la población que vive habitualmente en la comuna

- No se incluye en la consulta población con deficiencias (ceguera total, sordera total, mudez, Lisiado/Parálisis y deficiencia mental)

Luego, se efectuaron correcciones en sus códigos únicos territoriales, en función de los cambios recientes en la División Política Administrativa del País, los que pueden verificarse en las siguientes tablas.

Tabla 65. Códigos únicos territoriales (CUT) asignados a nuevas Regiones y Provincias

DPA	CUT
REGIÓN DE TARAPACÁ	01
PROVINCIA IQUIQUE	1
Comuna Iquique	01101
Comuna Alto Hospicio	01107
PROVINCIA DEL TAMARUGAL	4
Comuna Pozo Almonte	01401
Comuna Camiña	01402
Comuna Colchane	01403
Comuna Huara	01404
Comuna Pica	01405
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	15
PROVINCIA ARICA	1
Comuna Arica	15101
Comuna Camarones	15102
PROVINCIA PARINACOTA	2
Comuna Putre	15201
Comuna General Lagos	15202
REGIÓN DE LOS RÍOS	14
PROVINCIA VALDIVIA	1
Comuna Valdivia	14101
Comuna Corral	14102
Comuna Lanco	14103
Comuna Los Lagos	14104
Comuna Máfil	14105
Comuna Maripina	14106
Comuna Paillaco	14107
Comuna Panguipulli	14108
PROVINCIA DE RANCO	2
Comuna La Unión	14201
Comuna Futrono	14202
Comuna Lago Ranco	14203
Comuna Río Bueno	14204

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Distritos Censales asignados a nuevas comunas

Comuna	CUT(2004)	Distrito (2002)	Código INE (2002)
Hualpen	08112	Ramuntcho	0811011
		Hualpencillo	0811012
		Club Hípico	0811020
		Bremen	0811021
		Cerro Verde	0811022
Alto Hospicio	01107	Huantajaya	0110109
Chol Chol	09121	Repocura	0911107
		Cholchol	0911108
		Carirriñe	0911109
		Tranahuillín	0911110
		Rapahue	0911111
Alto Bio-Bio	08314	Queuco	0831107
		Chaquivilín	0831108
		Pangue	0831109
		Biobío	0831110

Fuente: Elaboración propia.

8.5.8 Base de entidades rurales

Corresponde a la consolidación espacial de las coberturas en formato shapefile de entidades rurales del país.

Esta base fue atributada con la información de población extraída del Censo 2002, actualizando con ello sus códigos territoriales.

8.5.9 Base de Establecimientos geo-codificados

Corresponde a la consolidación espacial de la cobertura de establecimientos educacionales del país para el año 2007.

Una vez agotadas las instancias formales de obtención de esta información, se procedió a geo-codificar la parte restante de establecimientos rurales.

Para ello se procedió a emparentar los nombres de las entidades rurales, con el nombre de las localidades asignadas a los establecimientos rurales en el directorio de establecimientos 2007. Este procedimiento se llevo a cabo utilizando funciones de búsqueda y calce de información alfanumérica disponible desde el software Microsoft Excel 2007. Luego, para los casos exitosos, se asigno la coordenada de la entidad rural al establecimiento educacional emparentado.

Finalmente, se logro georeferenciar el 94,76% de los establecimientos rurales del país, tal como se desglosa en la siguiente tabla.

Tabla 67. Lista de establecimientos geocodificados por región

Regiones	Nº de establecimientos geo-codificados	Nº de establecimientos según Directorio 2007	Porcentaje
I Reg	37	37	100.00
II Reg	17	17	100.00
III Reg	44	44	100.00
IV Reg	388	389	99.74
V Reg	208	210	99.05
VI Reg	272	296	91.89
VII Reg	474	483	98.14
VIII Reg	678	709	95.63
IX Reg	844	867	97.35
X Reg	720	722	99.72
XI Reg	28	31	90.32
XII Reg	14	14	100.00
XIII Reg	165	188	87.77
XIV Reg	375	383	97.91
XV Reg	23	36	63.89

Fuente Elaboración propia.

8.5.10 Base de Red vial

La cobertura de caminos dispuesta por MINEDUC corresponde a información del MOP (2007), la que adolece de una serie de deficiencias topológicas como; existencia de nodos colgantes, caminos sobrepuestos y duplicados, pseudo nodos e intersecciones sin nodos. Estas falencias fueron corregidas mediante el uso del script *Edit Tools 3.6* de ArcView 3.2.

Además de las correcciones topológicas antes señaladas, conjuntamente se realizó una actualización de la red de caminos, siguiendo el siguiente esquema:

1. Identificación de caminos faltantes: Se identificaron mediante fotointerpretación de imágenes satelitales pancromáticas QuickBird, coberturas que varían entre los años 2002 a 2008, con resolución de pixel 0,6 * 0,6 m, disponibles mediante la plataforma de visualización Google Earth 5.0.
2. Digitalización de caminos: Luego de identificados los caminos, estos fueron digitalizados en formato kml y exportados al formato de la base original.

8.6 Anexos Resultados

8.6.1 VII Región del Maule (Zona 1)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 6 a 5 km. Para esto se requieren construir 10 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

Dentro de las escuelas cerradas, aparecen algunas que durante el año 2007 registraron 0 alumnos. Esto se debe a que éstas son escuelas de educación especial o adultos.

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es más del triple con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 16% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 68. Tabla resumen, escenario optimizado VII región(Zona 1).

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	255	235
	Escuelas Nuevas	0	10
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		41
	Eliminados en Escuelas Existentes		144
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	6.04	5.41
	Máximo	62.9	29.94
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	97	103
	Máximo	564	669
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		58
	Máximo		142
	Mínimo		7
Capacidad Ociosa Promedio		19%	9%
Nº alumnos por profesor		18.46	21.05
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 124,301,963
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 45,338,169
	Directores	\$ 1,506,949,980	\$ 1,444,924,960
	Profesores	\$ 8,722,815,590	\$ 7,258,250,368
	Costo de Transporte	\$ 4,492,730,490	\$ 4,028,453,352

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
TOTAL		\$ 14,722,496,060	\$ 12,901,268,812
TOTAL (Sin Transporte)		\$ 10,229,765,570	\$ 8,872,815,460

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69. Escuelas a cerrar, VII región (Zona 1)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
2763	105	Preescolar y Básica	Municipal
2776	184	Preescolar y Básica	Municipal
2780	125	Preescolar y Básica	Municipal
2803	214	Preescolar y Básica	Municipal
2830	73	Básica	Municipal
2864	269	Media	Subvencionado
2842	211	Preescolar y Básica	Municipal
2875	98	Básica	Municipal
2866	349	Preescolar y Básica	Municipal
2884	136	Básica	Municipal
2910	399	Preescolar, Básica y Media	Municipal
2977	133	Preescolar y Básica	Municipal
2933	0	Media	Municipal
2981	267	Preescolar y Básica	Municipal
3111	800	Preescolar y Básica	Municipal
3085	122	Básica	Municipal
3062	133	Preescolar y Básica	Municipal
3067	75	Básica	Municipal
3206	122	Preescolar y Básica	Municipal
3222	0	Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

8.6.2 VII Región del Maule (Zona 2)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 7 a 6 km. Para esto se requieren construir 5 nuevas escuelas, mientras que se cierran 19. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

Dentro de las escuelas cerradas, aparecen algunas que durante el año 2007 registraron 0 alumnos. Esto se debe a que éstas son escuelas de educación especial o adultos.

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es más del doble con respecto a los que se deben agregar.

La reasignación de alumnos es un 15% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 70. Tabla resumen, escenario optimizado VII región (Zona 2)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	219	200
	Escuelas Nuevas	0	5
	Escuelas Cerradas	0	19
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		40
	Eliminados en Escuelas Existentes		86
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	7.31	6.15
	Máximo	100.73	29.89
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	86	94
	Máximo	480	636
	Mínimo	0	1
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		48
	Máximo		60
	Mínimo		19
Capacidad Ociosa Promedio		24%	9%
Nº alumnos por profesor		17.77	20.91
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 64,960,422
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 44,232,360
	Directores	\$ 1,558,613,340	\$ 1,456,961,630
	Profesores	\$ 6,893,176,190	\$ 5,631,333,722
	Costo de Transporte	\$ 4,154,082,990	\$ 3,496,030,050
	TOTAL	\$ 12,605,872,520	10,693,518,184
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 8,451,789,530	\$ 7,197,488,134

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71. Escuelas a cerrar, VII región (Zona 2)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
3182	4	Básica	Municipal
3185	230	Preescolar y Básica	Municipal
3173	856	Preescolar, Básica y	Municipal

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
		Media	
3265	65	Preescolar y Básica	Municipal
3273	81	Preescolar y Básica	Municipal
3336	59	Preescolar y Básica	Municipal
3330	131	Preescolar y Básica	Municipal
3353	150	Preescolar y Básica	Municipal
3356	241	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3364	54	Básica	Municipal
3352	146	Básica	Municipal
3383	42	Básica	Municipal
16456	0	Básica	Subvencionado
3460	784	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
3475	103	Básica	Municipal
3466	131	Preescolar y Básica	Municipal
3464	223	Preescolar y Básica	Municipal
3492	169	Preescolar y Básica	Municipal
3497	207	Preescolar y Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

8.6.3 VII Región del Maule

Mirando la región en forma completa (zonas 1 y 2 juntas), la distancia promedio disminuye de 6 a 5 km. En total, se deben cerrar 39 escuelas abriéndose 15. Para ver el detalle por zona, remitirse al anexo 8.6.1 y 8.6.2. Cabe señalar que 34 de las 39 escuelas cerradas corresponden a las mismas que se cerraron cuando se corrió la región en forma completa.

Tabla 72. Tabla resumen, escenario optimizado VII región.

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	474	435
	Escuelas Nuevas	0	15
	Escuelas Cerradas	0	39
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	81
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	230
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	6.675	5.78
	Máximo	100.73	29.94
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	92	98
	Máximo	564	669
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por	Promedio	0	53

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
colegio (Nuevos)	Máximo	0	142
	Mínimo	0	7
Capacidad Ociosa Promedio		22%	9%
Nº alumnos por profesor		18.115	20.98
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 189,262,385
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 89,570,529
	Directores	\$ 3,065,563,320	\$ 2,901,886,590
	Profesores	\$ 15,615,991,780	\$ 12,889,584,090
	Costo de Transporte	\$ 8,646,813,480	\$ 7,524,483,402
	TOTAL	\$ 27,328,368,580	\$ 23,594,786,996
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 18,681,555,100	\$ 16,070,303,594

Fuente. Elaboración propia.

8.6.4 VIII Región del Biobío (Zona 1)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 7 a 6 km. Para esto se requieren construir 5 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

Dentro de las escuelas cerradas, aparecen algunas que durante el año 2007 registraron 0 alumnos. Esto se debe a que éstas son escuelas de educación especial o adultos.

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 23% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 73. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región (Zona 1)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	272	252
	Escuelas Nuevas	0	5
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		87
	Eliminados en Escuelas Existentes		116
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	7.42	6.69
	Máximo	68.6	29.96
	Mínimo	0	0

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	66	70
	Máximo	548	617
	Mínimo	0	1
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		36
	Máximo		95
	Mínimo		2
Capacidad Ociosa Promedio		30%	14%
Nº alumnos por profesor		16.14	18.25
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 54,879,803
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 96,205,383
	Directores	\$ 1,742,887,670	\$ 1,617,906,170
	Profesores	\$ 8,227,105,680	\$ 6,664,008,346
	Costo de Transporte	\$ 3,973,601,700	\$ 3,579,591,654
	TOTAL	\$ 13,943,595,050	12,012,591,356
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 9,969,993,350	\$ 8,432,999,702

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74. Escuelas a cerrar, VIII región (Zona 1)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
3678	164	Preescolar y Básica	Municipal
3703	140	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3759	225	Preescolar y Básica	Municipal
3849	186	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3941	382	Preescolar y Básica	Municipal
3681	161	Preescolar y Básica	Municipal
3865	672	Media	Subvencionado
3856	0	Preescolar y Básica	Municipal
3786	195	Preescolar y Básica	Municipal
3855	187	Preescolar y Básica	Municipal
3784	117	Preescolar y Básica	Municipal
3815	140	Preescolar y Básica	Municipal
12006	87	Media	Municipal
4141	401	Preescolar, Básica y Media	Municipal
3800	183	Preescolar, Básica y Media	Municipal
4158	129	Preescolar y Básica	Municipal
3887	451	Básica y Media	Municipal
3980	254	Preescolar y Básica	Municipal
3776	83	Básica	Municipal
17849	0	Media	Subvencionado

Fuente: Elaboración propia.

8.6.5 VIII Región del Biobío (Zona 2)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 9 a 6 km. Para esto se requieren construir 12 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además aun cuando en las escuelas existentes el número de cursos agregados es mayor a los que se quitan, esta diferencia no es sustancial.

La reasignación de alumnos es un 22% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 75. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región (Zona 2)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	404	384
	Escuelas Nuevas	0	12
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		174
	Eliminados en Escuelas Existentes		159
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.54	6.96
	Máximo	118.17	29.96
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	71	74
	Máximo	1019	795
	Mínimo		0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		50
	Máximo		150
	Mínimo		4
Capacidad Ociosa Promedio		32%	22%
Nº alumnos por profesor		18.56	19.56
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 148,655,438
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 192,410,766
	Directores	\$ 2,417,062,490	\$ 2,374,724,580
	Profesores	\$ 12,060,129,520	\$ 10,666,657,986
	Costo de Transporte	\$ 8,251,812,810	\$ 6,022,097,544
	TOTAL	\$ 22,729,004,820	\$ 19,404,546,314
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 14,477,192,010	\$ 13,382,448,770

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Escuelas a cerrar, VIII región (Zona 2)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
4852	91	Preescolar y Básica	Municipal
5074	257	Preescolar y Básica	Municipal
4871	200	Básica	Municipal
4839	156	Preescolar y Básica	Municipal
5057	207	Básica y Media	Municipal
5054	327	Preescolar, Básica y Media	Municipal
4354	312	Preescolar y Básica	Municipal
12059	226	Básica y Media	Subvencionado
4052	144	Preescolar y Básica	Municipal
5039	267	Preescolar y Básica	Municipal
5121	170	Preescolar y Básica	Municipal
4812	260	Preescolar y Básica	Municipal
4019	160	Preescolar y Básica	Municipal
4051	174	Preescolar y Básica	Municipal
4190	547	Preescolar y Básica	Municipal
4334	279	Preescolar y Básica	Municipal
4200	299	Preescolar y Básica	Municipal
4837	264	Preescolar y Básica	Municipal
18004	698	Media	Municipal
4277	1585	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado

Fuente: Elaboración propia.

8.6.6 VIII Región del Biobío

Observando la región en forma completa (zonas 1 y 2 juntas), la distancia promedio disminuye de 8 a 6 km. En total, se propone cerrar 40 escuelas abriéndose 17. Para ver el detalle por zona, remitirse al anexo 8.6.4 y 8.6.5. Cabe señalar que 30 de las 40 escuelas cerradas corresponden a las mismas que se cerraron cuando se corrió la región en forma completa.

Tabla 77. Tabla resumen, escenario optimizado VIII región

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	676	636
	Escuelas Nuevas	0	17
	Escuelas Cerradas	0	40
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	261
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	275
Distancia recorrida por	Promedio	8.48	6.825
	Máximo	118.17	29.96

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
alumno [km]	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	69	72
	Máximo	1019	795
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	43
	Máximo	0	150
	Mínimo	0	2
Capacidad Ociosa Promedio		31%	18%
Nº alumnos por profesor		17.35	18.905
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 203,535,241
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 288,616,149
	Directores	\$ 4,159,950,160	\$ 3,992,630,750
	Profesores	\$ 20,287,235,200	\$ 17,330,666,332
	Costo de Transporte	\$ 12,225,414,510	\$ 9,601,689,198
	TOTAL	\$ 36,672,599,870	\$ 31,417,137,670
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 24,447,185,360	\$ 21,815,448,472

Fuente: Elaboración propia.

8.6.7 IX Región de La Araucanía (Zona 1)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 10 a 7 km. Para esto se requieren construir 13 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 29% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 78. Tabla resumen, escenario optimizado IX región (Zona 1)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	394	374
	Escuelas Nuevas	0	13
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		103
	Eliminados en Escuelas Existentes		131
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	10.78	7.34
	Máximo	128.16	29.96
	Mínimo	0	0
Nº alumnos	Promedio	41	42

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
por colegio (Existentes)	Máximo	677	423
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		37
	Máximo		96
	Mínimo		1
Capacidad Ociosa Promedio		32%	27%
Nº alumnos por profesor		15.84	16.48
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 134,957,945
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 113,898,327
	Directores	\$ 1,396,191,400	\$ 1,350,234,660
	Profesores	\$ 6,792,628,220	\$ 5,816,099,078
	Costo de Transporte	\$ 5,244,566,010	\$ 3,569,502,960
	TOTAL	\$ 13,433,385,630	\$ 10,984,692,970
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 8,188,819,620	\$ 7,415,190,010

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Escuelas a cerrar, IX región (Zona 1)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
11527	306	Básica y Media	Subvencionado
19974	833	Media	Subvencionado
5290	107	Preescolar y Básica	Municipal
5291	84	Básica	Municipal
5326	122	Preescolar y Básica	Municipal
5327	165	Preescolar y Básica	Municipal
5338	40	Media	Municipal
5341	77	Básica	Municipal
5408	131	Preescolar y Básica	Municipal
5411	150	Preescolar y Básica	Municipal
5422	86	Básica	Municipal
5425	119	Preescolar y Básica	Municipal
5467	427	Media	Subvencionado
5472	121	Básica	Municipal
5647	54	Preescolar y Básica	Municipal
5877	176	Básica	Subvencionado
6504	140	Preescolar y Básica	Municipal
6711	113	Preescolar y Básica	Municipal
6714	99	Preescolar y Básica	Municipal
6718	156	Preescolar y Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

8.6.8 IX Región de La Araucanía (Zona 2)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 7 a 6 km. Para esto se requieren construir 7 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 21% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 80. Tabla resumen, escenario optimizado IX región (Zona 2)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	450	430
	Escuelas Nuevas	0	7
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		77
	Eliminados en Escuelas Existentes		150
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	7.48	6.58
	Máximo	63.41	29.92
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	47	49
	Máximo	502	577
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		64
	Máximo		156
	Mínimo		2
Capacidad Ociosa Promedio		33%	17%
Nº alumnos por profesor		15.89	18.07
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 69,479,909
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 85,147,293
	Directores	\$ 1,681,989,970	\$ 1,617,148,170
	Profesores	\$ 7,660,502,890	\$ 6,404,916,300
	Costo de Transporte	\$ 4,794,915,960	\$ 4,215,565,086
	TOTAL	\$ 14,137,408,820	\$ 12,392,256,758
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 9,342,492,860	\$ 8,176,691,672

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81. Escuelas a cerrar, IX región (Zona 2)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
19904	252	Media	Subvencionado
5624	243	Preescolar y Básica	Municipal
5625	92	Preescolar y Básica	Municipal
5631	120	Preescolar y Básica	Municipal
5646	114	Preescolar y Básica	Municipal
5763	160	Preescolar y Básica	Subvencionado
5806	224	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
5899	118	Preescolar y Básica	Municipal
5923	167	Media	Subvencionado
6060	94	Básica	Municipal
6135	337	Preescolar y Básica	Subvencionado
6181	77	Básica	Municipal
6210	335	Básica y Media	Subvencionado
6251	76	Básica	Municipal
6351	101	Preescolar y Básica	Municipal
6385	209	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado
6454	92	Preescolar y Básica	Municipal
6496	173	Básica y Media	Subvencionado
6686	106	Básica	Subvencionado
20074	306	Preescolar, Básica y Media	Subvencionado

Fuente: Elaboración propia.

8.6.9 IX Región de La Araucanía

Mirando la región en forma completa (zonas 1 y 2 juntas), la distancia promedio disminuye de 9 a 6 km. En total se propone cerrar 40 escuelas abriéndose 20. Para ver el detalle por zona, remitirse al anexo 8.6.7 y 8.6.8. Cabe señalar que 34 de las 40 escuelas cerradas corresponden a las mismas que se cerraron cuando se corrió la región en forma completa.

Tabla 82. Tabla resumen, escenario optimizado IX región

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	844	804
	Escuelas Nuevas	0	20
	Escuelas Cerradas	0	40
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	180
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	281
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.13	6.96
	Máximo	128.16	29.96
	Mínimo	0	0
Nº alumnos	Promedio	44	45

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
por colegio (Existentes)	Máximo	677	577
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	51
	Máximo	0	156
	Mínimo	0	1
Capacidad Ociosa Promedio		33%	22%
Nº alumnos por profesor		15.865	17.275
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 204,437,854
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 199,045,620
	Directores	\$ 3,078,181,370	\$ 2,967,382,830
	Profesores	\$ 14,453,131,110	\$ 12,221,015,378
	Costo de Transporte	\$ 10,039,481,970	\$ 7,785,068,046
	TOTAL	\$ 27,570,794,450	\$ 23,376,949,728
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 17,531,312,480	\$ 15,591,881,682

Fuente: Elaboración propia.

8.6.10 Región de Los Lagos (Zona 1)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 9 a 8 km. Para esto se requieren construir 6 nuevas escuelas, mientras que se cierran 20. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 23% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 83. Tabla resumen, escenario optimizado X región (Zona 1)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	202	182
	Escuelas Nuevas	0	6
	Escuelas Cerradas	0	20
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		35
	Eliminados en Escuelas Existentes		45
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.73	8.67
	Máximo	92.51	29.93
	Mínimo	0.07	0
Nº alumnos	Promedio	45	48

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
por colegio (Existentes)	Máximo	475	749
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		67
	Máximo		108
	Mínimo		28
Capacidad Ociosa Promedio		29%	17%
Nº alumnos por profesor		16.5	19.11
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 51,335,651
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 38,703,315
	Directores	\$ 835,314,440	\$ 748,542,660
	Profesores	\$ 3,941,180,740	\$ 3,093,755,470
	Costo de Transporte	\$ 2,643,372,840	\$ 2,355,187,944
	TOTAL	\$ 7,419,868,020	\$ 6,287,525,040
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 4,776,495,180	\$ 3,932,337,096

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84. Escuelas a cerrar, X región (Zona 1)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
11548	279	Preescolar y Básica	Municipal
22293	30	Media	Municipal
22004	162	Media	Subvencionado
22201	54	Media	Subvencionado
7478	223	Preescolar y Básica	Municipal
7449	133	Preescolar y Básica	Municipal
7459	219	Preescolar, Básica y Media	Municipal
7460	171	Preescolar y Básica	Municipal
7470	281	Media	Subvencionado
7552	31	Básica	Municipal
7580	6	Básica	Municipal
7583	53	Básica	Municipal
7588	13	Básica	Municipal
7592	9	Básica	Municipal
7593	186	Preescolar y Básica	Municipal
22292	10	Básica	Subvencionado
7424	48	Básica	Municipal
7432	46	Básica	Municipal
7433	55	Básica	Municipal
7441	305	Básica y Media	Subvencionado

Fuente: Elaboración propia.

8.6.11 X Región de Los Lagos (Zona 2)

En esta zona de la región se logra disminuir la distancia promedio que viajan los alumnos de 8 a 6 km. Para esto se requieren construir 9 nuevas escuelas, mientras que se cierran 19. El hecho de tener menos escuelas que en la situación original produce una disminución en los costos asociados al funcionamiento de ellas (profesores y directores).

La capacidad ociosa promedio disminuye al tener menos escuelas en total respecto a la situación original, además en las escuelas existentes la cantidad de cursos que se quitan es mayor al número de cursos que se debe agregar.

La reasignación de alumnos es un 20% (este porcentaje indica los alumnos que deben asistir a otro establecimiento en comparación al escenario actual).

Todo lo anterior, se constata en las siguientes tablas.

Tabla 85. Tabla resumen, escenario optimizado X región (Zona 2)

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	209	190
	Escuelas Nuevas	0	9
	Escuelas Cerradas	0	19
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes		41
	Eliminados en Escuelas Existentes		43
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	8.89	6.84
	Máximo	106.01	29.96
	Mínimo	0.07	0
Nº alumnos por colegio (Existentes)	Promedio	64	67
	Máximo	609	659
	Mínimo	0	4
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio		60
	Máximo		255
	Mínimo		15
Capacidad Ociosa Promedio		22%	17%
Nº alumnos por profesor		19.1	20.83
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas		\$ 91,461,349
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes		\$ 45,338,169
	Directores	\$ 1,206,328,700	\$ 1,121,686,440
	Profesores	\$ 5,145,339,590	\$ 4,178,585,438
	Costo de Transporte	\$ 3,560,813,430	\$ 2,739,656,004
	TOTAL	\$ 9,912,481,720	\$ 8,176,727,400
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 6,351,668,290	\$ 5,437,071,396

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86. Escuelas a cerrar, X región (Zona 2)

RBD	Matricula 2007	Tipo de Enseñanza	Tipo de Dependencia
7774	528	Preescolar y Básica	Municipal
7779	61	Básica	Municipal
7791	87	Básica	Municipal
7801	113	Preescolar y Básica	Municipal
7810	56	Básica	Municipal
7936	68	Básica	Municipal
7898	81	Básica	Municipal
7905	83	Básica	Municipal
7836	244	Preescolar, Básica y Media	Municipal
7654	156	Básica	Municipal
7659	638	Preescolar y Básica	Municipal
7682	107	Preescolar y Básica	Municipal
7725	88	Preescolar y Básica	Municipal
7726	49	Básica	Municipal
7741	51	Básica	Municipal
8311	98	Básica	Municipal
8321	80	Básica	Municipal
8325	492	Preescolar y Básica	Municipal
22420	208	Básica	Municipal

Fuente: Elaboración propia.

8.6.12 X Región de Los Lagos (Zonas 1 y 2)

Mirando la región en forma completa (zonas 1 y 2), la distancia promedio disminuye de 9 a 7 km. En total se propone cerrar 39 escuelas abriéndose 15. Cabe señalar que 36 de las 40 escuelas cerradas corresponden a las mismas que se cerraron cuando se corrió la región en forma completa.

Tabla 87. Tabla resumen, escenario optimizado X región

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
Escuelas	Existentes	411	372
	Escuelas Nuevas	0	15
	Escuelas Cerradas	0	39
Cursos	Agregados en Escuelas Existentes	0	76
	Eliminados en Escuelas Existentes	0	88
Distancia recorrida por alumno [km]	Promedio	9.31	7.755
	Máximo	106.01	29.96
	Mínimo	0.07	0
Nº alumnos	Promedio	54	57

		Escenario Actual	Escenario Optimizado
por colegio (Existentes)	Máximo	609	749
	Mínimo	0	0
Nº alumnos por colegio (Nuevos)	Promedio	0	64
	Máximo	0	255
	Mínimo	0	15
Capacidad Ociosa Promedio		26%	17%
Nº alumnos por profesor		17.8	19.97
Costos	Inversión en Nuevas Escuelas	\$ -	\$ 142,797,000
	Inversión de Agregar Cursos en Escuelas Existentes	\$ -	\$ 84,041,484
	Directores	\$ 2,041,643,140	\$ 1,870,229,100
	Profesores	\$ 9,086,520,330	\$ 7,272,340,908
	Costo de Transporte	\$ 6,204,186,270	\$ 5,094,843,948
	TOTAL	\$ 17,332,349,740	\$ 14,464,252,440
	TOTAL (Sin Transporte)	\$ 11,128,163,470	\$ 9,369,408,492

Fuente. Elaboración propia

9 Anexos magnéticos

9.1 Bases de trabajo generadas para el diagnóstico de la situación actual

Carpeta que incluye las tablas de cobertura resultantes y las bases de trabajo utilizadas en su confección. También se incluye las bases de trabajo utilizadas en el análisis de accesibilidad.

9.2 Bases de trabajo generadas para el uso del modelo de localización

Carpeta que incluye las siguientes bases de trabajo definidas en el capítulo 8.5

- Base de matriculas
- Base de capacidades de establecimientos
- Base de grados por establecimiento
- Base de remuneraciones de profesores y directores
- Base de Infraestructura
- Bases en formato shapefile: Incluye archivos en formato shapefile de entidades rurales, establecimientos educacionales de Chile y las redes viales y topológicas utilizadas para cada región.

9.3 Modelo de localización

Carpeta que contiene los archivos utilizados en las corridas del modelo de localización en GAMS, los que han sido ordenados en subcarpetas para cada región del país. Cada carpeta incluye:

- Archivo de proyecto GAMS (corrida.gpr)
- Archivos de entrada del código generador de parámetros
- Código generador de parámetros (parámetros.gms)
- Archivos de entrada del código del modelo
- Código del modelo de localización (corrida.gms)
- Archivos de salida o resultantes del modelo de localización.
- Código del submodelo de búsqueda de candidatos (lscp.gms). Solo disponible para regiones que tienen gran número de entidades.
- Archivo de salida o resultado del submodelo de búsqueda de candidatos

9.4 Despliegue gráfico de resultados del modelo de localización

Se anexa carpeta que contiene los resultados gráficos en formato shapefile de las corridas del modelo de localización.

9.5 Códigos Gams comentados.

Se incluye comentario los códigos corrida.gms y parámetros.gms en formato .doc.