



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
TESIS DOCTORAL EN INGENIERÍA QUÍMICA

***Desarrollo de Estrategias de Optimización
para la Gestión de Redes de Recolección
de Envases Vacíos de Fitosanitarios***

Ing. Antonela Elisa Sorichetti

Director: Dr. J. Alberto Bandoni

Codirectora: Dra. Andrea A. Savoretti

Bahía Blanca, Argentina

Mayo 2023

Prefacio

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctora en Ingeniería Química, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Ingeniería Química durante el período comprendido entre el 13/05/2016 y 12/05/2023, bajo la dirección y codirección respectivamente, de los Dres. J. Alberto Bandoni (Dpto. de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur, y Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS, CONICET) y Andrea A. Savoretti (Dpto. de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur y Universidad Provincial del Sudoeste).

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Ing. Antonela Elisa Sorichetti



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el 26/10/2023, mereciendo la calificación de 10 (Sobresaliente)

Agradecimientos

Esta tesis doctoral no hubiera sido posible sin el apoyo de varias personas e instituciones a las que quiero expresar mi agradecimiento. En primer lugar, al Dr. J. Alberto Bandoni y a la Dra. Andrea A. Savoretti por sus labores como directores, donde han aportado no solo un gran conocimiento, sino también una comprensión y empatía sin las que el trabajo no hubiera sido posible. En segundo lugar, a la Dra. Mariana González Prieto por ser mi compañera incondicional en esta tarea, desde su incorporación a finales del año 2019 como Investigadora Asistente de CONICET en la Universidad Provincial del Sudoeste gracias al programa de Fortalecimiento I+D+i.

Agradezco también a la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires y a la Universidad Provincial del Sudoeste por su apoyo económico, que ha posibilitado que me dedique completamente a la elaboración de este trabajo. A la Planta Piloto de Ingeniería Química, a la Universidad Nacional del Sur y al Departamento de Ingeniería Química, por admitirme para cursar el Doctorado en Ingeniería Química y permitirme aprender tanto de cada uno de los profesores que dictan los cursos de posgrado para acreditar el doctorado.

A todos los ingenieros agrónomos de INTA a los que he recurrido en busca de dosis de fitosanitarios para estimar los envases generados año a año. A los Ing. José Giraldes y Alejandro Merlo, miembros del ex Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, por responder siempre todas mis inquietudes acerca del funcionamiento del sistema de gestión integral de envases vacíos de fitosanitarios que se empezaba a implementar en la provincia. A los actuales funcionarios del Ministerio de Ambiente a los cuales he contactado para seguir recopilando información. Al Dr. Guillermo Ángeles, del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur por la formación que me ha brindado en el uso de Sistemas de Información Geográfica, herramienta clave para visualizar los resultados de esta tesis.

A los integrantes del grupo de investigación del proyecto ImpaCT.AR con los cuales ya estamos trabajando en mejorar la estimación de envases y en ampliar los modelos matemáticos que se presentan en este trabajo.

Resumen

Debido al aumento del uso de productos fitosanitarios en la producción agropecuaria argentina, se ha generado una gran cantidad de envases vacíos de estos productos, lo que representa un riesgo para las personas y el medio ambiente. En Argentina esa cifra representa alrededor de 20 millones de envases vacíos al año, lo que equivale aproximadamente a 17 mil toneladas de plástico. El 60% de estos envases los genera la provincia de Buenos Aires (pBA). La Ley Nacional N° 27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios (EVFs) sancionada en 2016 para abordar este problema, entre otros aspectos establece claramente la estructura del problema objeto de estudio en esta tesis, definiendo que los sistemas de gestión se dividirán en tres etapas: del usuario al centro de acopio transitorio (CAT), del CAT al operador y del operador a la industria. Sin embargo, en 2020, solo el 8,22% de los envases se gestionaron de manera adecuada, por lo que los desarrollos de esta tesis esperan poder contribuir a lograr ese objetivo.

Ante este problema ambiental, este trabajo de investigación busca proponer estrategias de optimización para la gestión de redes de recolección de EVFs. El objetivo es desarrollar herramientas computacionales basadas en modelos matemáticos de optimización para apoyo a la toma de decisiones en el proceso de diseño y operación de la red de recolección y disposición de los envases. La tesis consta de dos partes. En la primera se presenta el contexto del problema y los conceptos relacionados con los productos fitosanitarios y los envases vacíos. Luego, se discute la Ley Nacional N° 27.279 y su aplicación en la pBA. En la segunda parte de la tesis se presentan las dos herramientas desarrolladas, que se denominan OptiLOC y OptiRUT. El objetivo de OptiLOC es definir la localización, tamaño y período de apertura de los CATs y Plantas de Reciclaje de Plástico, como así también, la localización de los Puntos de Recolección Itinerante, a lo largo de un horizonte de planificación de 10 años. El objetivo de OptiRUT por su parte, es diseñar los circuitos óptimos mensuales para el transporte de EVFs entre dichas unidades y determinar el número mínimo de vehículos necesarios para efectuar la recolección. Finalmente, se presentan los resultados de las herramientas, que muestran que se pueden obtener importantes mejoras en la eficiencia de la gestión de los EVFs mediante la optimización de la red de recolección y disposición de los mismos.

El potencial de ambas herramientas radica en que, a partir de esta primera versión, se pueden incorporar aquellas cuestiones de aplicación práctica que los potenciales usuarios de los modelos necesiten, así como también modificar fácilmente los parámetros de entrada y de esta forma estudiar distintos escenarios y alternativas de gestión de los EVFs. En conclusión, la tesis doctoral

ofrece una solución práctica y concreta para abordar el problema de la gestión de los EVFs en la pBA y puede ser aplicable a otras regiones con problemas similares.

Abstract

Due to the increased use of phytosanitary products in agricultural production in Argentina, a large number of empty containers of these products has been generated, which represents a risk for people and the environment. In Argentina, this figure represents about 20 million empty containers per year, which is equivalent to approximately 17 thousand tons of plastic. The province of Buenos Aires (pBA) generates 60% of these containers. National Law No. 27,279 on Minimum Environmental Protection Budgets for the Management of Empty Phytosanitary Containers (EVFs) sanctioned in 2016 to address this problem, among other aspects clearly establishes the structure of the problem under study in this thesis, defining that management systems will be divided into three stages: from the user to the transitory collection center (CAT), from the CAT to the operator and from the operator to the industry. However, in 2020, only 8.22% of the containers were properly managed, so the developments in this thesis hope to contribute to achieving that goal.

Faced with this environmental problem, this research work seeks to propose optimization strategies for the management of EVFs collection networks. The objective is to develop computational tools based on mathematical optimization models to support decision-making in the process of design and operation of the collection network and disposal of containers. The thesis consists of two parts. In the first part, the context of the problem and the concepts related to phytosanitary products and empty containers are presented. Then, the National Law No. 27,279 and its application in the pBA is discussed. In the second part of the thesis, the two tools developed, called OptiLOC and OptiRUT, are presented. The objective of OptiLOC is to define the location, size and opening period of CATs and Plastic Recycling Plants, as well as the location of Itinerant Collection Points, over a 10-year planning horizon. The objective of OptiRUT is to design the optimal monthly circuits for the transport of EVFs between these units and to determine the minimum number of vehicles necessary to carry out the collection. Finally, the results of the tools are presented, which show that significant improvements in the efficiency of EVFs management can be obtained by optimizing the EVFs collection and disposal network.

The potential of both tools lies in the fact that, from this first version, it is possible to incorporate those practical application issues that the potential users of the models may need, and to easily modify the input parameters and thus study different scenarios and alternatives for EVFs management. In conclusion, the doctoral thesis offers a practical and concrete solution to address the

problem of EVFs management in the pBA and may be applicable to other regions with similar problems.

Índice general

Parte A Fitosanitarios y la Legislación.....	1
Capítulo 1 Introducción.....	2
1.1 <i>Consideraciones generales</i>	2
1.2 <i>Estructura de la tesis</i>	4
Capítulo 2 Fitosanitarios: descripción de la problemática	6
2.1 <i>Introducción</i>	6
2.2 <i>Agricultura y fitosanitarios en el mundo</i>	6
2.3 <i>Agricultura y fitosanitarios en Argentina</i>	11
2.4 <i>Residuos fitosanitarios y el medio ambiente</i>	15
2.5 <i>Residuos fitosanitarios y su contexto social</i>	17
2.6 <i>Residuos fitosanitarios y financiamiento</i>	20
2.7 <i>Conclusiones</i>	21
Capítulo 3 Envases Vacíos de Fitosanitarios: legislación y sistema de gestión actual	22
3.1 <i>Introducción</i>	22
3.2 <i>Productos Fitosanitarios: Ley N° 27.279</i>	22
3.2.1 <i>Tipos de envases</i>	25
3.2.2 <i>Triple lavado y lavado a presión</i>	25
3.2.3 <i>Sistema de Gestión</i>	26
3.2.4 <i>Trazabilidad</i>	27
3.2.5 <i>Sanciones</i>	28
3.3 <i>Resolución OPDS 505/19</i>	29

3.4 Implementación del Sistema de Gestión de EVFs en la pBA.....	30
3.4.1 Nodos Logísticos Locales (NLLs)	33
3.4.2 Centros de Acopio Transitorio (CATs)	34
3.4.3 Campañas de Recolección Itinerante (CRIs)	36
3.4.4 Operadores (OPR)	36
3.4.5 Registro del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible	37
3.5 Información utilizada en los modelos matemáticos	38
3.6 Conclusiones	38
Parte B Modelos y aplicaciones	39
Capítulo 4 Modelo Matemático para el Diseño de una Red de Logística Inversa de Recolección para EVFs (OptiLOC)	40
4.1 Introducción	40
4.2 Redes de LI: discusión y revisión bibliográfica.....	40
4.2.1 Consideraciones generales.....	40
4.2.2 Diseño de redes de LI.....	41
4.3 Diseño de una red de LI para recolección de EVFs	44
4.3.1 Consideraciones generales y descripción del problema	44
4.3.2 Descripción/adquisición de datos	46
4.4 Formulación del modelo matemático OptiLOC.....	60
4.4.1 Suposiciones del modelo	60
4.4.2 Nomenclatura.....	62
4.4.3 Modelo matemático.....	64
4.4.4 Indicadores adicionales	70

4.5 PL. Ejemplos de prueba del modelo de localización OptiLOC.....	71
4.5.1 PL_B. Ejemplo de prueba base.....	71
4.5.2 PL_B-Ei. Escenarios derivados del ejemplo prueba base.....	74
4.6 Conclusiones.....	79
Capítulo 5 Casos de Estudio del OptiLOC	80
5.1 Introducción.....	80
5.2 Ámbito de aplicación.....	80
5.3 Proyección de la generación de EVFs en los próximos 10 años.....	82
5.4 EL_SOB. Casos de estudio del modelo de localización OptiLOC en el sudoeste de la pBA.....	84
5.4.1 EL_SOB-E1 a E3. Optimización de la operación de la red actual de CATs y PRPs.....	88
5.4.2 EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5. Ampliación de la red actual y rediseño optimizado.....	91
5.4.3 EL_SOB-E6 a E18. Influencia de las CRIs en el diseño de la red.....	98
5.4.4 EL_SOB-E19. Influencia de la compactación de envases en el diseño de la red.....	102
5.5 EL_PBA. Casos de estudio del modelo de localización OptiLOC en la pBA.....	105
5.5.1 EL_PBA-E1 a E3. Optimización de la operación de la red actual de CATs y PRPs.....	110
5.5.2 EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5. Ampliación de la red actual y rediseño optimizado.....	112
5.5.3 EL_PBA-E6 a E11. Influencia de las CRIs en el diseño de la red.....	117
5.5.4 EL_PBA-E12. Influencia de la compactación de envases en el diseño de la red.....	126
5.5.5 EL_PBA-E13. Influencia del número de retiros mensuales en los CATs.....	130
5.6 Conclusiones.....	133
Capítulo 6 Modelo Matemático del Ruteo de Vehículos para la Recolección de EVFs (OptiRUT).....	136
6.1 Introducción.....	136

6.2 El Problema de Ruteo de Vehículos (VRP).....	137
6.3 El Problema VRP para la Recolección de EVFs.....	139
6.4 Formulación de un modelo matemático VRP para recolección de EVFs.....	141
6.4.1 Modelo OptiRUT.....	141
6.4.2 Ejemplos de prueba del modelo de ruteo OptiRUT (PR)	148
6.4.3 Comparación de soluciones entre el modelo OptiLOC y la implementación en Excel de Erdoğan (ER_SOB).....	156
6.5 ER_PBA. Casos de estudio del modelo de ruteo OptiRUT en la pBA.....	159
6.5.1 ER_PBA-E1 a E33. Rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-CAT.....	162
6.5.2 ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37. Rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-PPR	167
6.5.3 ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39. Rutas de recolección de EVFs en el tramo CAT-PRP	168
6.5.4 Análisis de resultados	171
6.6 Conclusiones.....	172
Capítulo 7 Conclusiones	174
Referencias bibliográficas.....	179
Apéndice	190

Índice de tablas

Tabla 1. CATs en la pBA a diciembre del 2022. Capacidad y año de inauguración.....	35
Tabla 2. Relevamiento de Operadores.....	37
Tabla 3. Modelos de <i>pick-ups</i> más comercializadas por cada marca	47
Tabla 4. Capacidad de almacenamiento y estimación de los costos de inversión y operativos de 4 tamaños de CATs	48
Tabla 5. Costos del transporte de larga distancia a diciembre de 2021.....	49
Tabla 6. Costos <i>Free On Board</i> de distintas PRPs.....	50
Tabla 7. Capacidad de procesamiento y estimación de costos de inversión y operativos de 3 tamaños de PRPs.....	50
Tabla 8. Dosis de fitosanitarios que se utilizan para la superficie sembrada de soja por zona... 54	
Tabla 9. Dosis totales de fitosanitarios por hectárea para cebada, girasol, maíz, soja y trigo en cada zona.....	54
Tabla 10. Dosis totales de fitosanitarios por hectárea para alpiste, avena, centeno, colza y mijo en cada zona.....	55
Tabla 11. Peso en kilogramos de cada tipo de envase de PEAD	57
Tabla 12. Dosis promedio de los cultivos forrajeros para las 6 zonas de la pBA	57
Tabla 13. Parámetros de los vehículos considerados en el modelo matemático OptiLOC.....	70
Tabla 14. Dimensión y parámetros del ejemplo PL_B.	73
Tabla 15. Definición de los escenarios PL_B-Ei ($i = 1$ a 7) como variaciones de PL_B	74
Tabla 16. Resultados de los escenarios PL_B y PL_B-Ei ($i = 1$ a 7)	75
Tabla 17. CATs considerados en los casos de estudio del SOB	85
Tabla 18. Descripción de los casos de estudio del SOB.....	88
Tabla 19. Conjuntos de los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.....	92
Tabla 20. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.....	92

Tabla 21. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5	94
Tabla 22. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5	96
Tabla 23. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5	97
Tabla 24. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19.	102
Tabla 25. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19	103
Tabla 26. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19	104
Tabla 27. CATs considerados en los casos de estudio de la pBA	107
Tabla 28. Descripción de los casos de estudio de la pBA	109
Tabla 29. Conjuntos de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5	112
Tabla 30. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5	113
Tabla 31. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5	115
Tabla 32. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5	116
Tabla 33. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5	116
Tabla 34. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11	121
Tabla 35. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11	122
Tabla 36. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11	125
Tabla 37. Función objetivo. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11	125

Tabla 38. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.....	126
Tabla 39. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.....	127
Tabla 40. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.....	128
Tabla 41. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12...	129
Tabla 42. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13.....	132
Tabla 43. Descripción de los ejemplos de prueba del modelo OptiRUT	149
Tabla 44. Parámetros de los ejemplos de prueba del modelo OptiRUT.....	149
Tabla 45. Conjuntos y parámetros del caso ER_SOB-E1.....	156
Tabla 46. Distancia (km) y duración del viaje (h) entre los nodos del caso ER_SOB-E1	156
Tabla 47. Resultados del caso ER_SOB-E1.....	157
Tabla 48. Conjuntos y parámetros del caso ER_SOB-E2	158
Tabla 49. Distancia (km) entre los nodos del caso ER_SOB-E2.....	158
Tabla 50. Duración del viaje (h) entre los nodos del caso ER_SOB-E2	158
Tabla 51. Resultados del caso ER_SOB-E2.....	159
Tabla 52. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E1 a E33	163
Tabla 53. Circuitos óptimos del tramo PAR-CAT para los CATs asignados a la PRP 19 (Cnel. Brandsen).....	164
Tabla 54. Circuitos óptimos del tramo PAR-CAT para los CATs asignados a la PRP 69 (Lanús).....	165
Tabla 55. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35.....	166
Tabla 56. Itinerario para la realización de las CRIs del tramo PAR-CAT (ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35).....	167
Tabla 57. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37.....	167

Tabla 58. Circuitos óptimos del tramo PAR-PRP	168
Tabla 59. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39.....	169
Tabla 60. Circuitos óptimos del tramo CAT-PRP para la PRP 19 (Cnel. Brandsen)	170
Tabla 61. Circuitos óptimos del tramo CAT-PRP para la PRP 69 (Lanús).....	171
Tabla 62. Resumen de las distancias y tiempos necesarios para la recolección de EVFs en toda la pBA.	172

Apéndice

Tabla A.1. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural Bahía Blanca	190
Tabla A.2. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Chacra Experimental Integrada Barrow	190
Tabla A.3. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez.....	191
Tabla A.4. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco.....	191
Tabla A.5. Hectáreas sembradas de alpiste, avena, cebada total, centeno, colza, girasol, maíz, mijo, soja total, sorgo y trigo total en la pBA desde 2012 a 2021	192
Tabla A.6. Hectáreas sembradas de cultivos forrajeros en el año 2018	196
Tabla A.7. Cálculo de la generación de EVFs en la pBA	198
Tabla A.8. Estimación de la generación de EVFs equivalentes de 20 litros en la pBA desde el 2022 al 2031.....	202
Tabla A.9. Numeración de los nodos para los casos estudiados en los capítulos 5 y 6.....	206
Tabla A.10. Matriz de distancias por ruta en kilómetros entre los 169 nodos de los casos de estudio del capítulo 5.....	207
Tabla A.11. Parámetros de los vehículos utilizados en los casos de estudio ER_PBA_E1 a ER_PBA_E39.....	253
Tabla A.12. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E1	253

Tabla A.13. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E2	253
Tabla A.14. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E3	253
Tabla A.15. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E4	254
Tabla A.16. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E5	254
Tabla A.17. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E6	254
Tabla A.18. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E7	254
Tabla A.19. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E8	254
Tabla A.20. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E9	254
Tabla A.21. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E10	254
Tabla A.22. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E11	255
Tabla A.23. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E12	255
Tabla A.24. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E13	255
Tabla A.25. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E14	255
Tabla A.26. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E15	255
Tabla A.27. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E16	255
Tabla A.28. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E17	255
Tabla A.29. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E18	256
Tabla A.30. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E19	256
Tabla A.31. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E20	256
Tabla A.32. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E21	256
Tabla A.33. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E22	256
Tabla A.34. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E23	256
Tabla A.35. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E24	256
Tabla A.36. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E25	257
Tabla A.37. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E26	257
Tabla A.38. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E27	257
Tabla A.39. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E28	257

Tabla A.40. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E29	257
Tabla A.41. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E30	257
Tabla A.42. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E31	257
Tabla A.43. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E32	258
Tabla A.44. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E33	258
Tabla A.45. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E34	258
Tabla A.46. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E35	258
Tabla A.47. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E36	258
Tabla A.48. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E37	259
Tabla A.49. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E38	259
Tabla A.50. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E39	259

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de agroquímicos.....	8
Figura 2. Uso de fitosanitarios en el mundo y en sus distintos continentes entre 1990 y 2019....	9
Figura 3. Países con mayor consumo de pesticidas por área de cultivo en kg/ha en el 2019	10
Figura 4. Los 10 países con mayor superficie agrícola del mundo	10
Figura 5. Uso de fitosanitarios en kg/ha de los 10 países con mayor superficie agrícola	11
Figura 6. Evolución de la superficie en Siembra Directa en hectáreas desde 1989 a 2019.	12
Figura 7. Evolución del Mercado Fitosanitario Argentino	12
Figura 8. Herbicidas más utilizados en Argentina.....	13
Figura 9. Participación en el mercado de productos fitosanitarios según su grado de toxicidad entre 1985-2013.....	13
Figura 10. Cantidad total de envases, clasificados por su material constitutivo	14
Figura 11. Cantidad de envases plásticos clasificados por tipo de envase.....	14
Figura 12. Cantidad de envases plásticos en bidones de 10, 15, 20 y 25 litros.....	15
Figura 13. Situación actual de los EVFs.....	17
Figura 14. Disposición de EVFs en el partido del Gral. La Madrid, relevamiento del año 2016..	19
Figura 15. Actitudes, conocimiento y prácticas respecto a la disposición final de envases en CATs en el partido del Gral. La Madrid, relevamiento del año 2016	20
Figura 16. Pasos del triple lavado y del lavado a presión	26
Figura 17. Sustancias activas de productos fitosanitarios trazables.....	28
Figura 18. Esquema del sistema de gestión de EVFs en la pBA	31
Figura 19. Productos que pueden fabricarse a partir de los EVFs.....	32
Figura 20. Esquema de los Nodos Logísticos Locales	34
Figura 21. Evolución en el tiempo de la instalación de CATs en la pBA.....	36
Figura 22. Flujos de EVFs en el esquema de la red de LI.....	45
Figura 23. Campaña de Recolección Itinerante en Bahía Blanca	45

Figura 24. Zonificación de las actividades agropecuarias en la pBA definidas en DPBA y UNLP, 2013	52
Figura 25. Regionalización realizada de la pBA	53
Figura 26. Superficie sembrada de soja en Gral. La Madrid en el período 2008 a 2021	55
Figura 27. Generación de EVFs según la presentación en cada zona del SOB	56
Figura 28. Generación de EVFs en la pBA en la campaña agrícola del 2020/21	58
Figura 29. Generación de EVFs en la pBA desde la campaña agrícola 2008/09 a 2020/21.....	59
Figura 30. Esquema general propuesto de la red de LI para la gestión de EVFs.....	64
Figura 31. Esquema completo del ejemplo de prueba PL_B	72
Figura 32. Esquema del resultado del modelo para el ejemplo PL_B.....	73
Figura 33. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E1	75
Figura 34. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E2	76
Figura 35. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E3	77
Figura 36. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E6	78
Figura 37. Proyección de la generación de EVFs en los próximos 10 años.....	82
Figura 38. Proyección de la superficie sembrada en los próximos 10 años.....	83
Figura 39. Comparación de proyecciones de la generación de EVFs en los próximos 10 años..	84
Figura 40. Red actual del sistema de gestión de EVFs en el SOB.....	85
Figura 41. Distancias mínimas que tendrían que recorrer los productores agropecuarios de los partidos del SOB para devolver los EVFs a un CAT, a diciembre de 2022	86
Figura 42. Generación de EVFs en el SOB y capacidad instalada anual de CATs asumiendo un retiro mensual.....	87
Figura 43. Distancia en kilómetros que deberían recorrer los productores agropecuarios de los partidos del SOB para llevar sus EVFs a un CAT a lo largo del horizonte de planificación en el caso de estudio EL_SOB-E2	90
Figura 44. Estructura de la red de LI de los casos de estudio EL_SOB-E4 (izquierda) y EL_SOB-E5 (derecha).....	93

Figura 45. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5	94
Figura 46. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5	97
Figura 47. Cantidad de CATs nuevos y ampliaciones requeridas en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.....	99
Figura 48. Períodos en los que se instalan los CATs y/o ampliaciones en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.....	99
Figura 49. Cantidad y tamaños de los nuevos CATs y/o ampliaciones requeridas en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.....	100
Figura 50. Estructura de la red de LI del SOB en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs.....	101
Figura 51. Estructura de la red de LI del SOB con compactación en CATs (izquierda) y sin compactación (derecha)	103
Figura 52. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19	105
Figura 53. Red actual del sistema de gestión de EVFs en la pBA.....	106
Figura 54. Distancias mínimas que tendrían que recorrer los productores agropecuarios de los partidos de la pBA para devolver los EVFs a un CAT, a diciembre de 2022	108
Figura 55. Generación de EVFs en la pBA y capacidad instalada anual de CATs asumiendo un retiro mensual.....	108
Figura 56. Distancia en kilómetros que deberían recorrer los productores agropecuarios de los partidos de la pBA para llevar sus EVFs a un CAT o PRP a lo largo del horizonte de planificación en el caso de estudio EL_PBA-E2.....	111
Figura 57. Estructura de la red de LI de los casos de estudio EL_PBA_E4 (izquierda) y EL_PBA_E5 (derecha).....	114

Figura 58. Número de CATs necesarios en función de su tamaño para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5	115
Figura 59. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.	117
Figura 60. Estructura de la red de LI de la pBA en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs.....	118
Figura 61. Cantidad y tamaños de los nuevos CATs y/o ampliaciones requeridas en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.....	119
Figura 62. Distancias recorridas, cantidad total de CATs y/o ampliaciones y camiones requeridos en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.....	123
Figura 63. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes de acuerdo a la variación del porcentaje de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.....	124
Figura 64. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12	127
Figura 65. Estructura de la red de LI de la pBA con compactación en CATs (izquierda) y sin compactación (derecha)	128
Figura 66. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.	130
Figura 67. Estructura de la red de LI de los casos de estudio EL_PBA-E4 (izquierda) y EL_PBA-E13 (derecha).....	131
Figura 68. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13	131
Figura 69. Generación de EVFs en la pBA y capacidad instalada anual de CATs.....	132
Figura 70. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13.	133
Figura 71. Diagrama de flujo de la logística directa e inversa de los fitosanitarios	139
Figura 72. Histograma de la matriz de distancias por ruta entre los 135 partidos de la pBA ...	140

Figura 73. Representación del concepto de <i>backhaul</i>	146
Figura 74. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B.....	150
Figura 75. Solución del ejemplo PR_B.....	150
Figura 76. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E1.....	151
Figura 77. Solución del ejemplo PR_B-E1.....	151
Figura 78. Solución del ejemplo PR_B-E2.....	152
Figura 79. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E3.....	152
Figura 80. Solución del ejemplo PR_B-E3.....	153
Figura 81. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E4.....	153
Figura 82. Solución del ejemplo PR_B-E4.....	154
Figura 83. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E5.....	155
Figura 84. Solución del ejemplo PR_B-E5.....	155
Figura 85. Solución del caso ER_SOB-E1 brindada por Excel (izquierda) y la obtenida en GAMS (derecha).....	157
Figura 86. Solución del caso ER_SOB-E2 brindada por Excel (izquierda) y la obtenida en GAMS (derecha).....	159
Figura 87. PRIs, CATs y PRPs del caso de estudio EL_PBA-E4.....	161
Figura 88. Tipos de estructuras de las CRIs en los tramos PAR-CAT.....	162

Acrónimos

AAPRESID	: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa
BPA	: Buenas Prácticas Agrícolas
CASAFA	: Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes
CAT	: Centro de Acopio Transitorio
CNA	: Censo Nacional Agropecuario
CRI	: Campaña de Recolección Itinerante
DPBA	: Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires
DDT	: Dicloro Difenil Tricloroetano
EVF	: Envase Vacío de Fitosanitario
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
INTA	: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INTAGRI	: Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura
ISP	: Ingeniería de Sistemas de Procesos
LC	: Labranza Convencional
LI	: Logística Inversa
MA	: Ministerio de Ambiente
MDA	: Ministerio de Desarrollo Agrario
MILP	: <i>Mixed-Integer Linear Programming</i>
NLL	: Nodo Logístico Local
OMS:	: Organización Mundial de la Salud
OPDS	: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible
OPR	: Operador
pBA	: provincia de Buenos Aires
PEAD	: Polietileno de Alta Densidad
PRI	: Punto de Recolección Itinerante
PRP	: Planta de Reciclado de Plástico
REP	: Responsabilidad Extendida del Productor
SAGyP	: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
SD	: Siembra Directa
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SOB	: Sudoeste Bonaerense
UNLP	: Universidad Nacional de La Plata
US EPA	: <i>United States Environmental Protection Agency</i>

Parte A

Fitosanitarios y la Legislación

Capítulo 1

Introducción

1.1 Consideraciones generales

La población mundial está en constante crecimiento, estimándose que para el año 2050 se podrá alcanzar los 9.700 millones de habitantes en el planeta (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2021). Esto implica un inmenso desafío para la producción de alimentos, lo que incluye también a las fibras y los combustibles. En respuesta a esta situación, según la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE, 2021a), la agricultura deberá suministrar un 80% de los alimentos, lo que exigirá un aumento del 60% en la productividad actual de los cultivos. Como consecuencia del proceso de intensificación y tecnificación de la agricultura en los últimos 25 años para mejorar el rendimiento de los cultivos, se ha producido un aumento en el uso de insumos agrícolas, entre ellos los productos fitosanitarios (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP), 2021).

Los EVFs son los residuos más comunes de la agricultura y representan un peligro potencial para la salud humana y el medio ambiente, ya que contienen residuos del producto que contuvieron (Jones, 2014), motivo por el cual resulta crítico su reciclado. Los envases vacíos de polietileno de alta densidad (PEAD) constituyen la subcategoría de EVFs que efectivamente se pueden reciclar y por ende la estimación de su tasa de generación es de suma importancia para el diseño de proyectos orientados a la adecuada gestión de los mismos. Históricamente, el plástico comenzó a utilizarse en los Estados Unidos en la década de 1970 como materia prima para la construcción de envases de fitosanitarios, tendencia que posteriormente fue adoptada en forma masiva por las industrias como principal material para este uso, dado que se trata de un material relativamente económico, puede tomar varias formas y tamaños, es irrompible y reciclable (*United States Environmental Protection Agency* (US EPA), 1992).

De acuerdo a un informe de la US EPA (1992), el triple lavado o el lavado a presión eliminan el 99,9999% del residuo en envases plásticos de 1, 2 y 5 galones, independientemente de la formulación que contuvo. Luego de alguno de los dos tratamientos, los envases pueden depositarse en puntos de recolección para su reciclaje o valorización energética (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) y OMS, 2008). Sin embargo, sin campañas de concientización que promuevan que los aplicadores de productos

fitosanitarios realicen el procedimiento de reducción de residuos y acerquen el envase a un punto de recolección, es muy habitual que se lleven a cabo malas prácticas con dichos envases. En muchos países, el desecho de envases vacíos es ya un problema fuera de control y en continuo crecimiento, debido a que los envases no solo son acumulados, arrojados a basurales y/o incinerados a cielo abierto, sino que son comercializados y reutilizados por recicladores informales (Scarascia-Mugnozza y colab., 2008; Vox y colab., 2016; Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI), 2017).

Según se consigna en Vidal (2014), el manejo incorrecto de los envases vacíos y el tratamiento inapropiado es más frecuente en los países en vías de desarrollo, donde la fragilidad de la economía limita los sistemas de gestión de residuos, la legislación y el control gubernamental, el monitoreo ambiental correspondiente, y la aplicación de instrumentos fundamentales para la protección de los ecosistemas. Este es el caso de Argentina, donde actualmente los envases terminan dispersos en los campos de forma permanente o no reciben el tratamiento correcto. Por lo tanto, la adecuada gestión de los envases y de sus residuos, constituye una de las estrategias fundamentales para minimizar la contaminación por productos fitosanitarios.

En nuestro país, los EVFs que contienen residuos de producto se clasifican como residuos peligrosos según la Ley Nacional N° 24.051 de 1991 (Argentina, 1991). Al año del comienzo del desarrollo de esta Tesis Doctoral, en septiembre de 2016, se sancionó la Ley Nacional N° 27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios (Argentina, 2016). Dicha ley establece como principios rectores: i) Responsabilidad extendida y compartida: los registrantes deben responsabilizarse objetivamente por la gestión integral y el financiamiento de los productos fitosanitarios puestos por ellos en el mercado nacional, tanto de los envases contenedores de dichos productos como de los envases que originan; ii) Interjurisdiccionalidad: el tránsito interjurisdiccional de EVFs no podrá ser prohibido por las provincias, pero sí razonablemente reglamentado.

De acuerdo a dicha ley, los sistemas de gestión de EVFs se articularán en tres etapas:

- a) Del Usuario al CAT: vaciado un envase contenedor de fitosanitarios, el usuario y el aplicador serán objetivamente responsables de garantizar el procedimiento de reducción de residuos. Asimismo, deberán separar los envases vacíos en las dos clases establecidas en la ley y deberán trasladarlos y entregarlos a un CAT. Para ese traslado no requerirán autorización específica.
-

-
- b) Del CAT al Operador: en los CATs se clasificarán y acopiarán en espacios diferenciados según los tipos de envases. Luego serán derivados para su valorización o disposición final, según corresponda. Los CATs deberán ubicarse en zonas industriales y/o rurales y cumplir con los requisitos que establezca la normativa complementaria.
 - c) Del Operador a la Industria: el material procesado por el operador se deberá enviar a un proceso productivo para su reinserción, respetando lo dispuesto en la ley acerca de los usos prohibidos del material recuperado.

Si bien ya transcurrieron más de 6 años de la sanción de esta ley, el destino final de los EVFs sigue siendo mayoritariamente el mismo que antes. De acuerdo a las declaraciones juradas presentadas por los registrantes ante la autoridad competente en la pBA, que es el Ministerio de Ambiente (MA) de la provincia (Ex Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)), se conoce que se han puesto en el mercado durante el año 2019 en la pBA, 13.151.873 envases de fitosanitarios. Por otra parte, los valores de recolección de envases del año 2020 que surgen de los sistemas informáticos de OPDS, alcanzan un total de 1.081.710 de envases. Del análisis de estos valores, surge que el porcentaje de recolección de EVFs fue de tan solo el 8,22 %. A su vez, de esos 1.081.710 de EVFs, el 61% fue gestionado a través de los CATs habilitados en la pBA y el 39% restante a través de 94 Campañas de Recolección Itinerante (CRIs) (Giraldes y colab., 2021).

En vista de lo expuesto, surge la necesidad de implementar acciones destinadas a mejorar la eficiencia del sistema de gestión integral de EVFs en la pBA. Esto implica la necesidad de tomar decisiones, las cuales deben fundamentarse en un análisis riguroso y sistemático del problema a abordar. Desde esta perspectiva la Ingeniería de Sistemas de Procesos (ISP), es una disciplina dentro de las ingenierías que puede proveer herramientas computacionales útiles basadas en el modelado matemático y optimización como apoyo a la toma de decisiones para abordar la temática del diseño y operación de una red de logística inversa de recolección de EVFs.

1.2 Estructura de la tesis

La presente Tesis Doctoral desarrolla y aplica tales herramientas para un Sistema de Gestión Integral de EVFs. En particular, se estudia la localización y dimensionamiento de CATs y Plantas de Reciclado de Plástico (PRPs), así como el ruteo de vehículos para la recolección de EVFs en la pBA. Se espera que este tipo de modelos constituyan herramientas útiles al momento de asistir a los tomadores de decisión en situaciones reales. En particular, que resulte de utilidad para el MA y el Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA) de la pBA a fin de contribuir a la fiscalización del sistema actual, y poder así garantizar el cumplimiento de la normativa vigente.

La tesis se compone de dos partes fundamentales. En la Parte A, "Fitosanitarios y la Legislación", se presenta la problemática medioambiental vinculada a la incorrecta disposición final de los EVFs, que dio origen al plan de trabajo presentado al Concurso de Becas de Estudio Cofinanciadas 2015 CIC para las universidades del interior bonaerense, en este caso para la Universidad Provincial del Sudoeste. En la parte B, "Modelos y Aplicaciones", se presenta el desarrollo y aplicación de dos modelos matemáticos de optimización mixto-entero lineales (MILP, por sus siglas en inglés) para abordar el problema, uno para la localización y dimensionamiento de las instalaciones fijas y otro para el ruteo de los vehículos autorizados para el transporte de residuos peligrosos, para todo el sistema de gestión. El problema medioambiental y social estudiado en esta tesis, se evidencia en todos los partidos con actividad agropecuaria de la región de influencia de la universidad otorgante de la beca doctoral. A raíz de ello, surge la propuesta de brindar una herramienta práctica que contribuya a la solución de la correcta disposición final de EVFs.

La Tesis Doctoral está estructurada en cinco capítulos principales además de uno de introducción y uno de conclusiones. En el capítulo 2 se discute la problemática medioambiental, así como el contexto ecológico, social y económico relacionado a la incorrecta disposición final de los EVFs. En el capítulo 3 se hace una breve revisión de la legislación nacional vinculada a la problemática, ya que a partir de ella se derivan los modelos matemáticos (sus datos, variables y ecuaciones) que abordan el problema bajo estudio. En función de lo que establece la normativa vigente, se describe como se ha implementado hasta el momento el sistema de gestión de EVFs en la pBA.

En el capítulo 4 se presenta el desarrollo de un modelo matemático de optimización para abordar el problema de localización y dimensionamiento de instalaciones fijas de CATs y PRPs, así como también su aplicación en diferentes ejemplos de prueba. En el capítulo 5 se presenta la aplicación de dicho modelo a dos casos de estudio de diferente extensión territorial, como lo son el Sudoeste Bonaerense (SOB) y la totalidad de la pBA. En el capítulo 6 se presenta un modelo matemático de optimización para el ruteo de los vehículos desde los puntos de recolección de EVFs hasta los CATs y PRPs, y su aplicación al sistema de gestión de EVFs en toda la pBA. En el séptimo y último capítulo, se presentan las conclusiones obtenidas y los trabajos a futuro.

Capítulo 2

Fitosanitarios: descripción de la problemática

2.1 Introducción

En este capítulo se presentan los conceptos de agroquímico y fitosanitario, así como su uso y volúmenes de comercialización en diferentes países. Se discute también la relación entre los envases vacíos generados luego del uso de dichos productos y su impacto sobre el medio ambiente, las personas y la economía.

2.2 Agricultura y fitosanitarios en el mundo

La agricultura fue y es una de las principales actividades humanas. Como tal, ha ejercido presión sobre el medioambiente comprometiendo los recursos y la futura producción de alimentos en cantidad y calidad. Según se discute en una reciente publicación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) sobre los desafíos de la agricultura global (Andrade, 2020), el notable incremento de la producción evidenciado a lo largo de la historia se produjo principalmente a través de la expansión de la superficie cultivada hasta mediados del siglo XX y del aumento en la intensidad de uso de insumos externos a partir de los años '50. Estos hechos tuvieron como consecuencia la degradación del suelo, la pérdida de hábitats y la contaminación (principalmente de suelos y cuerpos de agua), por la elevada y muchas veces mala utilización de insumos, entre los que se destacan los agroquímicos y la energía fósil.

El uso de agroquímicos tiene su origen en el siglo XIX. Los primeros productos químicos que se utilizaron fueron compuestos a base de azufre, cal, arsénico y fósforo. En el siglo XX, su uso aumentó significativamente a partir de la Segunda Guerra Mundial, debido a cambios en los modelos de producción y cultivo que permitieron duplicar la producción de alimentos. Los primeros plaguicidas utilizados, los organoclorados como el Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)¹, datan de la década del '40 y los organofosforados (parathion, malathion) y carbamatos (aldicarb, carbofufuram), de la década del '50. En los últimos años han cobrado incluso mayor importancia, con la

¹ Es el plaguicida orgánico más antiguo. Fue sintetizado por Müller en 1939, por lo que recibió el Premio Nobel en 1948. Su uso permitió combatir grandes epidemias (tifus transmitido por los piojos y malaria por mosquitos). Actualmente su uso está restringido debido a que su elevada persistencia causa graves daños ecológicos (Ascensión Sanz Tejedor, 2021).

aparición en el mercado de semillas transgénicas en cultivos como la soja, maíz y algodón entre otros (Pacheco y Barbona, 2017).

Ahora bien, ¿qué son los agroquímicos? Cuando se hace mención a los términos agroquímico, fitosanitario, plaguicida, pesticida y agrotóxico, surgen dudas sobre cuál de ellos utilizar, o si alguno es sinónimo de otro. En principio, la respuesta sobre que término utilizar, se relaciona más con la connotación que se quiera transmitir, que con la semántica de cada término. El término más ampliamente utilizado es **agroquímico**. De este modo, según Miglioranza (2021) se define agroquímico como el término que se refiere a algunos de los productos químicos utilizados en las actividades agropecuarias, tales como fertilizantes, plaguicidas, fitorreguladores, y algunos antibióticos.

Los agroquímicos pueden obtenerse a partir de la extracción de compuestos naturales o bien a partir de rutas de síntesis química. Las plantas sintetizan muchos productos (metabolitos secundarios) que son tóxicos para los insectos y, se han utilizado desde hace muchos años como insecticidas. Por ejemplo, la nicotina del tabaco, la rotenona de las raíces de *Derris elliptica* y *Lonchocarpus nicou* que se cultivan en Sudamérica y México, y el pelitre del *Chrysanthemum cinerariifolium*, que se cultiva principalmente en Nigeria. Estos productos son pesticidas orgánicos vegetales de primera generación. Mientras que los pesticidas clorados (HCH, DDT, Heptacloro, etc.), los fosforados (Malatión, Paratión, Monocrotofos, etc.), los carbamatos (Carbaril, Carbofuram, etc.) y piretroides (Deltametrina, Permetrina, Cipermetrina, etc.) son pesticidas orgánicos sintéticos de segunda generación (Isern, 2002).

El término agroquímicos engloba a dos grupos de insumos para el agro: los fitosanitarios y los fertilizantes, como se muestra en la Figura 1. Los **fertilizantes** son sustancias que contienen elementos o compuestos químicos nutritivos para los vegetales, de forma tal que pueden ser absorbidos por las plantas. Se los utiliza para aumentar la producción, reponer y evitar deficiencias de nutrientes y ayudar al mejoramiento sanitario de las plantas (CASAFE, 1993). Los **fitosanitarios** o plaguicidas son, según la FAO (FAO 1986; citado por OMS 1992), “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes,

agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte”.

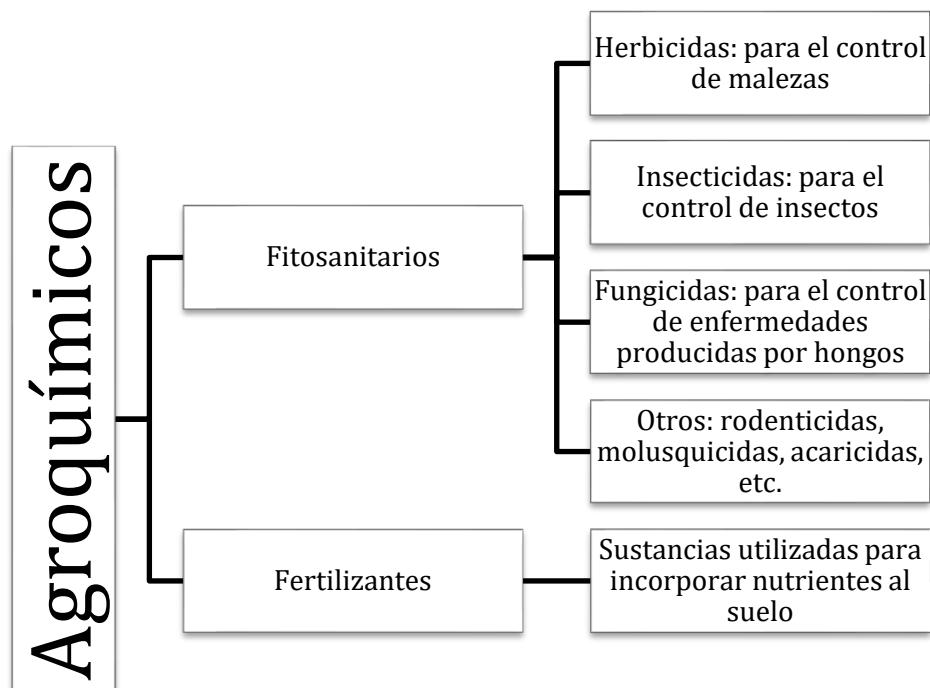


Figura 1. Clasificación de agroquímicos. Elaboración propia a partir de Magnasco y Di Paola, 2015.

Los fitosanitarios o plaguicidas² se clasifican a su vez según la plaga que controlan como acaricidas, fungicidas, insecticidas y herbicidas, según controlen ácaros, hongos, insectos o malezas, respectivamente. A nivel global, estos productos reducen cerca del 50% las pérdidas potenciales en los cultivos causadas por las adversidades bióticas en su conjunto (Oerke, 2006; Bedmar, 2011). Los mayores controles corresponden a las malezas, luego a los insectos y por último a las enfermedades producidas por hongos (Oerke, 2006). Se estima que sin su aplicación la producción mundial de frutas y hortalizas, forrajes y fibras caería entre 30 y 40% por acción de las plagas (CASAFE, 2021a). Según Iturralde (2014), el término *agrotóxico*, es un vocablo más moderno que está siendo empleado cada vez más por la sociedad, constituyendo una construcción social del vocablo agroquímico, que surge de la percepción pública referente a la existencia comprobada de los riesgos asociados al uso y exposición a los agroquímicos.

Como consecuencia del proceso de intensificación y tecnificación de la agricultura en los últimos 25 años, se ha producido un aumento en el uso de insumos y entre ellos el de los productos

² Plaguicida debe su denominación a la traducción del inglés de la palabra “pest” que significa plaga.

fitosanitarios (SAGyP, 2021). El volumen global anual de producción de fitosanitarios se multiplicó desde el inicio de los registros en 1960 hasta la actualidad, y creció de 2,3 millones a más de 4 millones de toneladas entre 1990 y 2019 como se muestra en la Figura 2. Desde el año 2012, sin embargo, se observa una estabilización en la cantidad utilizada de estos productos. (Tilman y colab., 2002; UNEP, 2013; Rosegrant y colab., 2014; FAO, 2021).

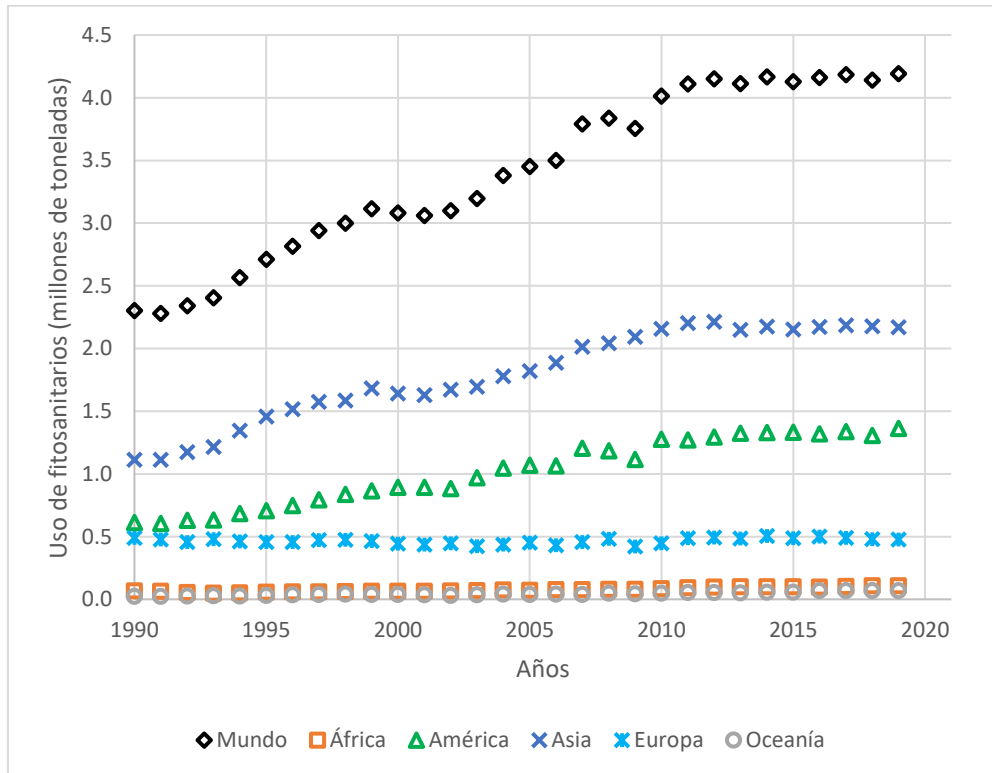


Figura 2. Uso de fitosanitarios en el mundo y en sus distintos continentes entre 1990 y 2019. Elaboración propia a partir de FAO, 2021.

Del volumen de producción, casi la mitad corresponde a herbicidas (47%), cerca de un tercio a insecticidas (29%) y el resto principalmente a fungicidas (18%) (De y colab., 2014). En la Figura 3 se puede observar cuales son los 25 países con mayor consumo de pesticidas en kilogramos por hectárea (kg/ha) durante el año 2019. Según la FAO, el promedio mundial de uso de plaguicida anual por hectárea alcanza los 3 kg de principio activo. En el año 2019 Argentina aplicó 6,07 kg/ha, lo cual es más del doble del promedio mundial. Sin embargo, es el vigésimo país en el ranking de uso de fitosanitarios por hectárea. Si se lo compara con países de la región, Uruguay aplica 8,03 kg/ha, mientras que Brasil y Chile aplican 5,94 kg/ha.

Dado que la mayoría de los países listados en la Figura 3 son islas o regiones de muy poca superficie, un análisis interesante es comparar la dosis de aplicación de fitosanitarios entre aquellos países que destinan mayor superficie a la agricultura. Los 10 países con mayor superficie agrícola

se muestran en la Figura 4, donde Argentina se posiciona en el puesto 9. Si entre estos 10 países se comparan los kilogramos de fitosanitarios que aplican por hectárea, Argentina escala a la posición número 2 detrás de China como se muestra en la Figura 5.

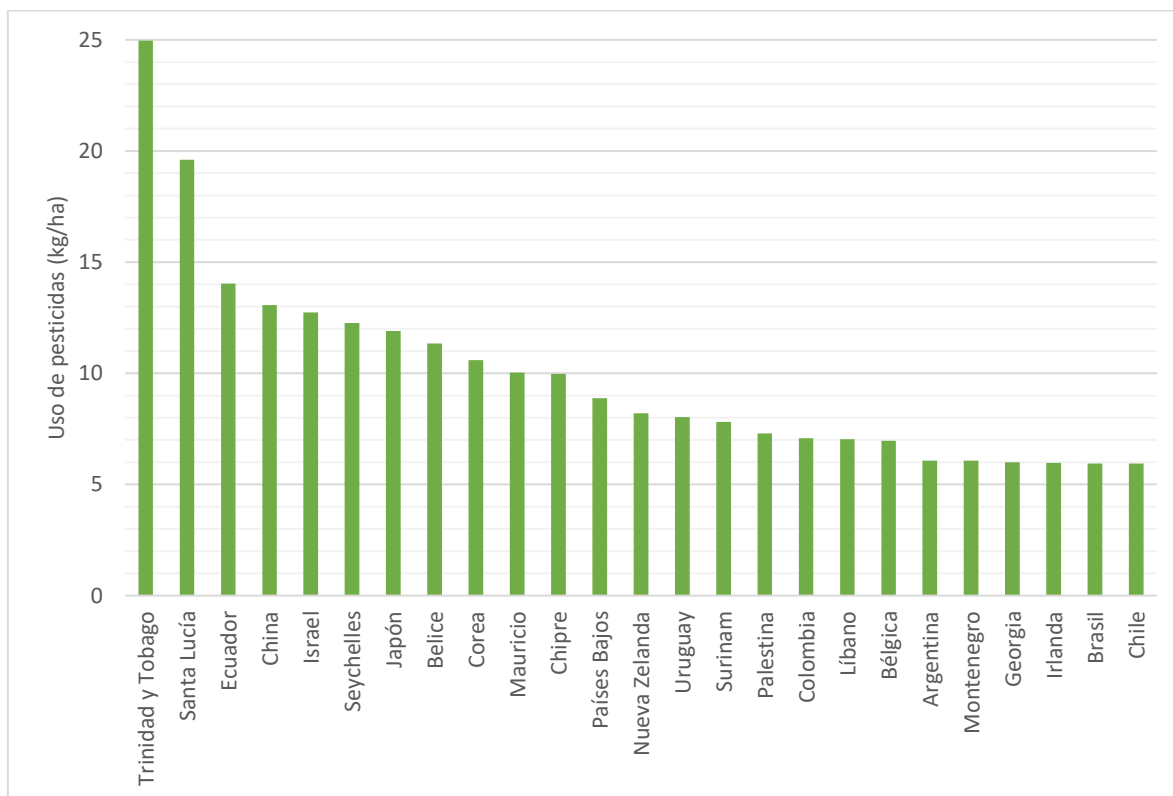


Figura 3. Países con mayor consumo de pesticidas por área de cultivo en kg/ha en el 2019. Elaboración propia a partir de FAO, 2021.

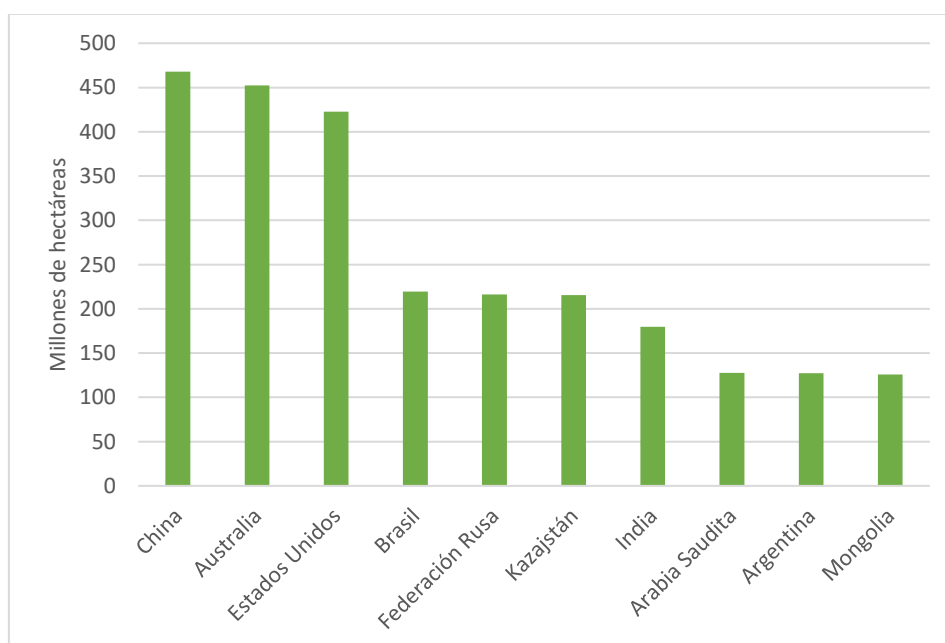


Figura 4. Los 10 países con mayor superficie agrícola del mundo. Elaboración propia a partir de FAO, 2021.

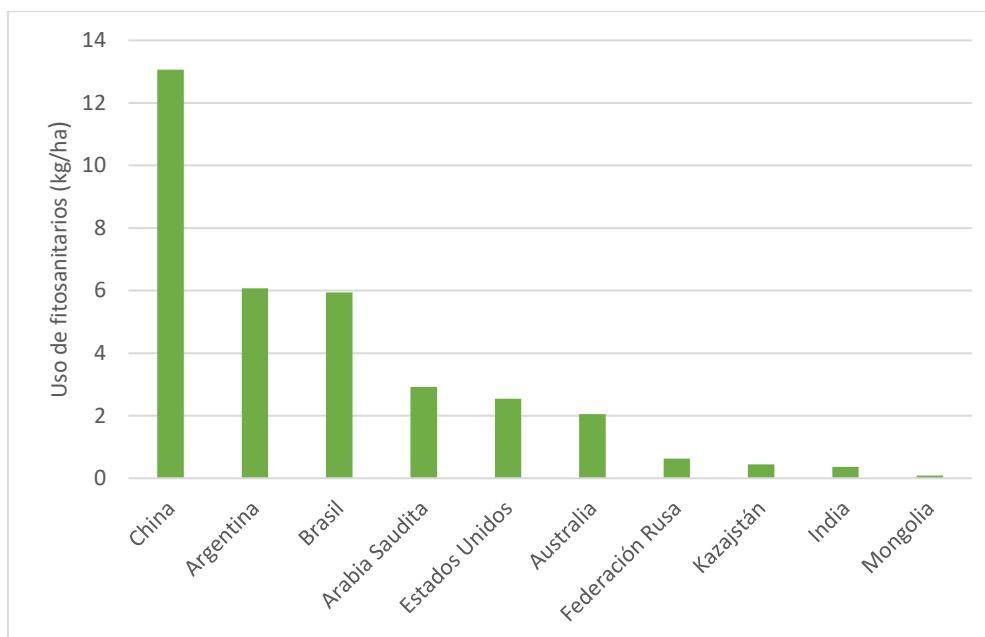


Figura 5. Uso de fitosanitarios en kg/ha de los 10 países con mayor superficie agrícola. Elaboración propia a partir de FAO, 2021.

2.3 Agricultura y fitosanitarios en Argentina

En los últimos 25 años, el sector agroindustrial argentino ha sido pionero en adopción e innovación tecnológica y organizacional. De acuerdo a Andrade y colab. (2017): “La agricultura argentina ha sido precursora en la aplicación de la tecnología de siembra directa, en incorporación de biotecnología y en el uso de nuevas tecnologías de información y agricultura de precisión. No obstante, el proceso de agriculturización que se ha producido en el país en las últimas décadas se ha caracterizado por un marcado incremento en el área sembrada de cultivos, el corrimiento de la frontera agropecuaria, el dominio del cultivo de soja y de las tecnologías de insumos, y la no contemplación de externalidades en cuanto a aspectos ambientales y sociales”. En tan sólo 30 años, la superficie de tierra trabajada con siembra directa aumentó de 92 mil hectáreas a más de 30 millones de hectáreas como se observa en la Figura 6, y con ella el uso de fitosanitarios. El 72% del volumen vendido de fitosanitarios en el país proviene de producción en plantas nacionales, mientras que el 28% restante corresponde a importación (CASAFE, 2021b).

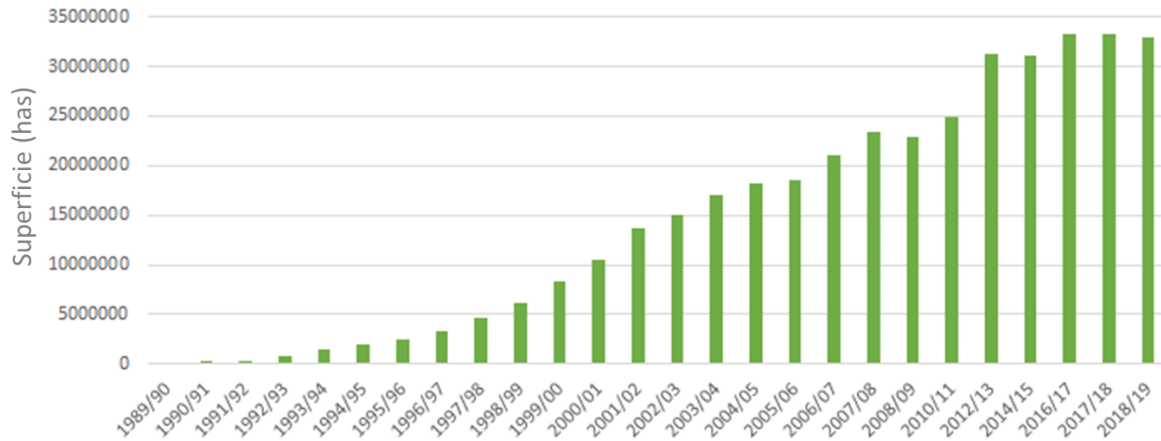


Figura 6. Evolución de la superficie en Siembra Directa en hectáreas desde 1989 a 2019. Elaboración propia a partir de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), 2018.

Analizando las estadísticas del mercado argentino de productos fitosanitarios, en la Figura 7 se puede observar claramente una tendencia creciente en su uso, pasando de un volumen comercializado de 925 millones de USD en el año 1997, a 2381 millones de USD en 2012. Sobre el tipo de productos fitosanitarios comercializados nacionalmente, en la Figura 7 se observa que la mayoría corresponde a los herbicidas, cuyo consumo de acuerdo a su principio activo puede verse en detalle en la Figura 8. Dentro de los herbicidas más utilizados, tanto a nivel nacional como mundial, se encuentra el glifosato, un herbicida que presenta baja toxicidad cuando se usa en las dosis recomendadas (US EPA, 2023).

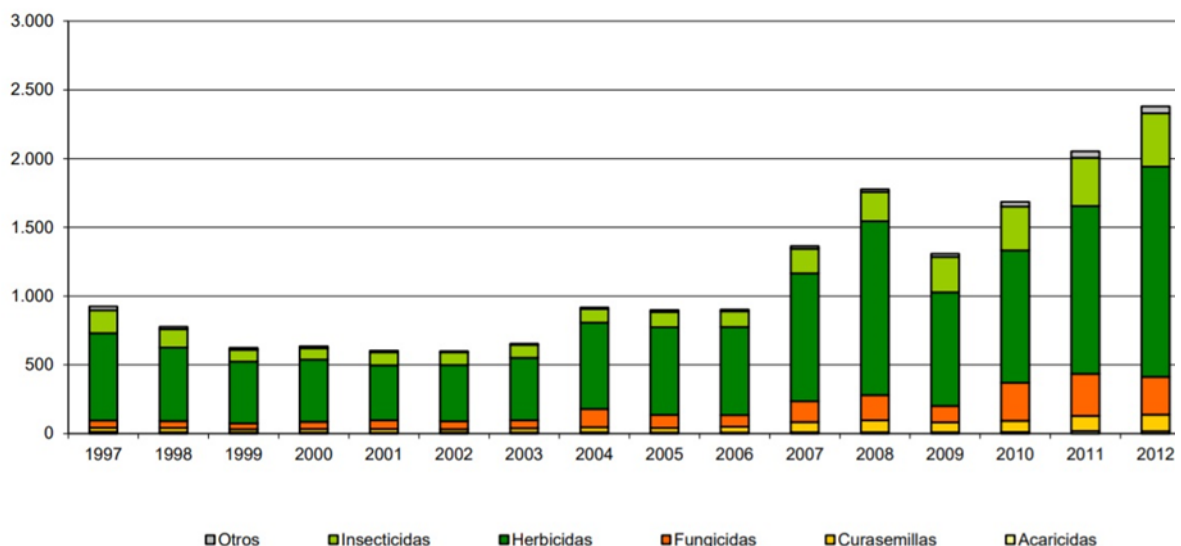


Figura 7. Evolución del Mercado Fitosanitario Argentino. Valores en millones de dólares. Fuente: CASAFE, 2012.

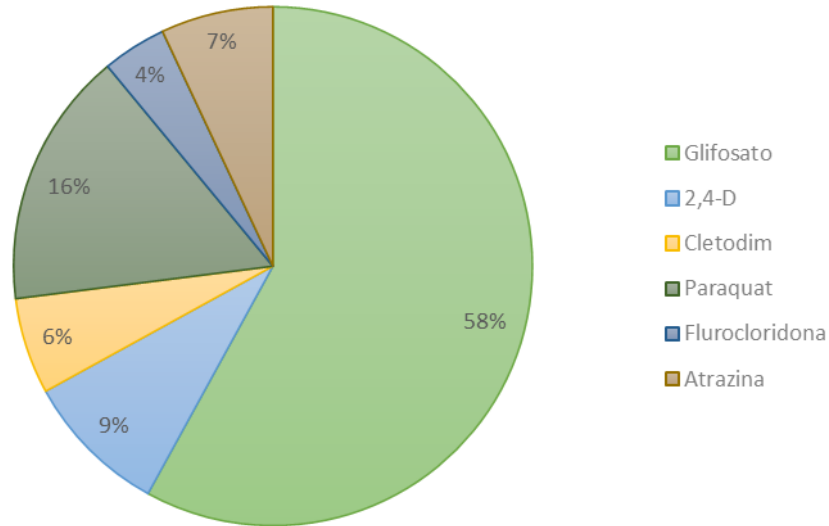


Figura 8. Herbicidas más utilizados en Argentina. Elaboración propia en base a datos del INTA y de la SAGyP.

Así como ha aumentado el uso de fitosanitarios en los últimos años, también ha disminuido la toxicidad de los productos utilizados. El uso de los productos de baja toxicidad pasó de un 1% a más del 65% en la agricultura argentina entre 1985 y 2013, mientras que el uso de los productos de alta toxicidad cayó de un 20% a un 5% en esos mismos años. Esto se puede observar en la Figura 9, donde se diferencia por colores el grado de toxicidad de los productos, siendo verde los productos menos tóxicos y rojo los más tóxicos.

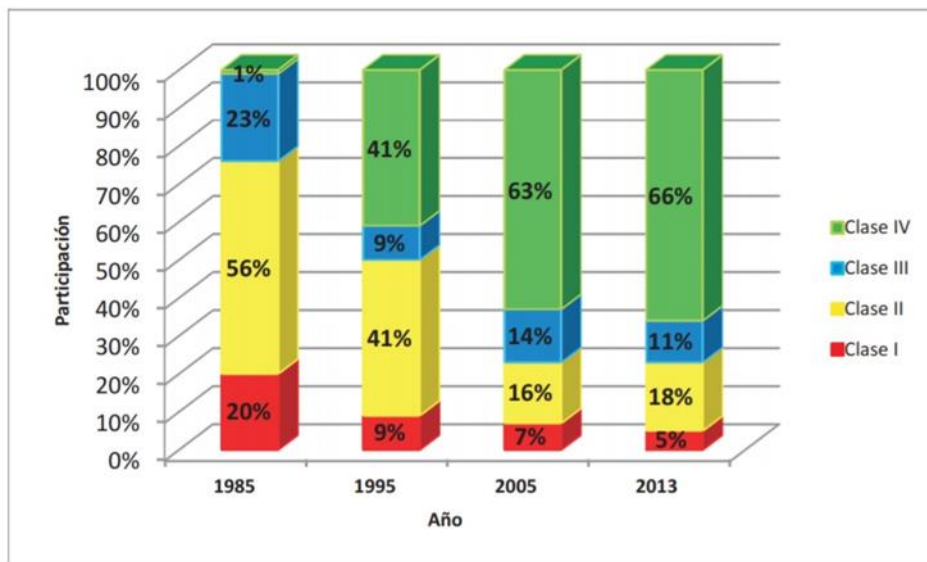


Figura 9. Participación en el mercado de productos fitosanitarios según su grado de toxicidad entre 1985-2013. Fuente: Pacheco y Barbona, 2017.

Los productos fitosanitarios utilizados en el país, pueden comercializarse en diferentes estados (líquido o granulado) y presentaciones de acuerdo a su envasado (plástico, aluminio, vidrio, metal y cartón). Sin embargo, el material más usado es el plástico de acuerdo al relevamiento llevado a

cabo por OPDS a través de las declaraciones juradas presentadas por 71 empresas registrantes en el mes de febrero del año 2020 (Giraldes y colab., 2021). Dicho relevamiento se muestra en la Figura 10. A su vez dentro de los envases de plástico se encuentra una amplia gama de tipos diferentes como se muestra en la Figura 11, siendo los más comercializados los bidones y en segundo lugar las botellas. Los bidones de plástico rígido se presentan en distintos tamaños: 10, 15, 20 y 25 L, siendo los más comunes los de 20 L como se ilustra en la Figura 12.

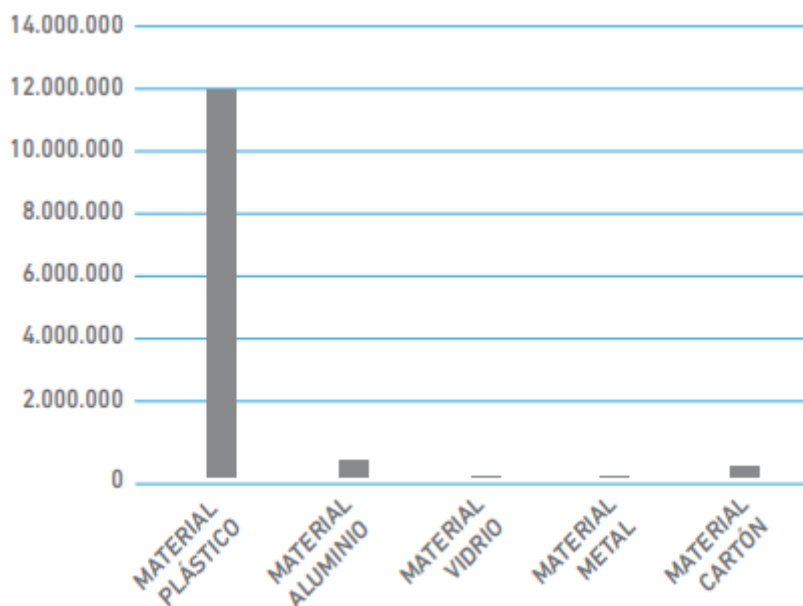


Figura 10. Cantidad total de envases, clasificados por su material constitutivo. Fuente: Giraldes y colab., 2021.

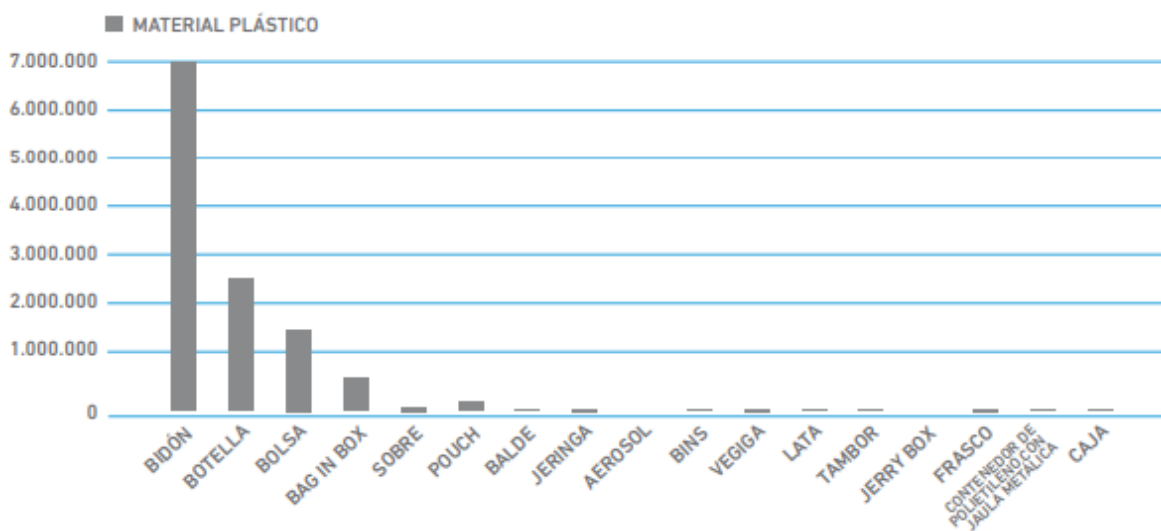


Figura 11. Cantidad de envases plásticos clasificados por tipo de envase. Fuente: Giraldes y colab., 2021.

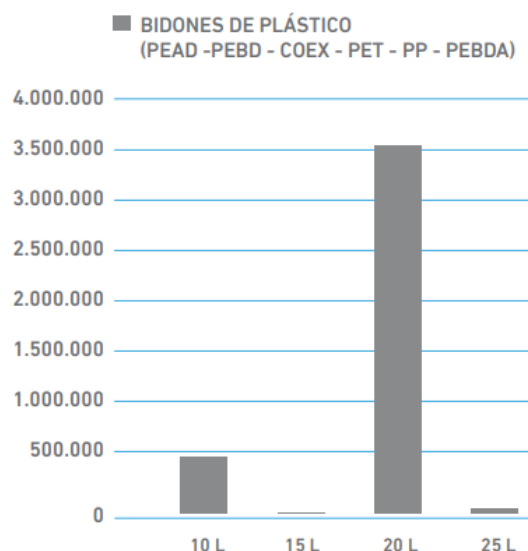


Figura 12. Cantidad de envases plásticos en bidones de 10, 15, 20 y 25 litros. Fuente: Giraldes y colab., 2021.

Con base en las declaraciones juradas del año 2020, se conoce que las empresas registrantes han volcado al mercado bonaerense 13.151.873 de envases, de los cuales 12.127.449 son de material plástico. No obstante, se estima que cada año se generan en Argentina alrededor de 20 millones de envases vacíos, lo que equivale a 17.000 toneladas de plástico (SAGyP, 2021).

2.4 Residuos fitosanitarios y el medio ambiente

Aunque el uso de fitosanitarios logra incrementar la productividad del suelo, si no se los aplica en dosis adecuadas o si se los manipula incorrectamente y se los almacena de forma no segura, terminan causando daños sobre la salud de las personas y el medioambiente. Las consecuencias de la exposición a fitosanitarios dependen de factores como: el tipo de fitosanitario, su toxicidad, la cantidad o dosis de exposición y la duración, entre otros (Magnasco y Di Paola, 2015). La aplicación intensa de insecticidas, herbicidas y fungicidas, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo, provoca la contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros venenos, que afectan al ser humano y a diversas formas de vida silvestre. Los fitosanitarios también reducen la biodiversidad, ya que destruyen hierbas e insectos y con ellos, las especies que sirven de alimento a pájaros y otros animales (FAO, 2002). Según se demuestra en Poletta y colab. (2009), un estudio riguroso del efecto de uno de los fitosanitarios más utilizados, el glifosato (de una marca comercial), sobre una población de caimanes, permitió comprobar el efecto tóxico que puede desarrollar enfermedades crónicas, inducir desórdenes genéticos y fisiológicos, y producir afecciones del sistema nervioso y del funcionamiento del sistema endocrino de los animales.

El riesgo a la exposición puede evitarse si se realiza un uso responsable de los mismos. Para ello, la OMS establece normas para evaluar y clasificar la toxicidad aguda oral, dermal e inhalatoria, subcrónica y crónica, y para analizar su comportamiento en el suelo y el agua. En Argentina, estos estudios son presentados al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), organismo que luego de un análisis autoriza el producto para su uso y comercialización. Si bien las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) deben guiar tanto las dosis usadas como los métodos de aplicación recomendados por los fabricantes (CASAFE, 2021a), esta información no siempre se tiene en consideración, y las malas prácticas pueden originar tanto contaminación local como difusa.

La contaminación difusa puede ocurrir aun utilizando las BPA, pero por diversos motivos como pueden ser la deriva durante la aplicación, el escurrimiento superficial, la volatilización y/o la presencia de condiciones ambientales adversas al momento de la aplicación, parte del producto no alcanza su objetivo y el agroquímico no llega a cumplir a la función para la cual fue elaborado. La contaminación local, por otra parte, es comúnmente causada por prácticas agrícolas inadecuadas, que incluyen la disposición incorrecta de remanentes de los compuestos o sus envases (Vidal, 2014). Al incumplimiento de las BPA, se suma el problema de que en los envases vacíos usualmente quedan residuos de los productos. En Allevato y Pórfido (2002) se discuten las opciones tecnológicas de reúso y reciclado de envases vacíos, así como las cuestiones jurídicas asociadas y las estrategias de capacitación, consignando que dichos envases vacíos pueden llegar a quedar con hasta un 5 % del contenido como residuo. Si a esto se le suma que, según la SAGyP, cada año se genera en nuestro país unas 17.000 t de productos plásticos de envases de fitosanitarios (SAGyP, 2021), resulta evidente que el impacto sobre el ecosistema y la salud pueden ser muy importantes.

Actualmente el continuo desecho de envases vacíos es ya un problema fuera de control y en constante crecimiento, debido a que los envases no solo son acumulados, arrojados a basurales y/o incinerados a cielo abierto, sino que son comercializados y reutilizados por recicladores informales (debe tenerse en cuenta que el valor de un envase de PEAD del 20 L ronda los \$100 lo que promueve su venta informal) o se les da una disposición final en rellenos sanitarios que resultan no ser aptos, tal como se puede apreciar en la Figura 13 (Scarascia-Mugnozza y colab., 2008; Vox y colab., 2016; INTAGRI, 2017).

Según Vidal (2014), el manejo incorrecto de los envases vacíos y el tratamiento inapropiado es más frecuente en los países en vías de desarrollo, donde la fragilidad de la economía limita los sistemas de gestión de residuos, la legislación y el control gubernamental, el monitoreo ambiental

correspondiente, y la aplicación de instrumentos fundamentales para la protección de los ecosistemas. Este es el caso de Argentina donde los envases, hoy en día, terminan dispersos en el suelo de los campos de forma permanente o no reciben el tratamiento correcto. Por lo tanto, la adecuada gestión de los envases y de sus residuos, constituye una de las estrategias fundamentales para minimizar la contaminación por productos fitosanitarios.



Figura 13. Situación actual de los EVFs. Arriba-izquierda: arrojados en predios de la localidad de Pasteur; arriba-derecha: dispuestos en el basural a cielo abierto de la ciudad de Salliqueló; abajo-izquierda: acumulados en las inmediaciones del CAT habilitado del municipio de Laprida; abajo-derecha: quema incontrolada de envases. Fuentes: OPDS, 2021d; elaboración propia; OPDS, 2021e; Giraldes y colab., 2021.

2.5 Residuos fitosanitarios y su contexto social

La adecuada gestión de los envases vacíos, más allá de la legislación que pueda existir y las tecnologías de disposición para sus residuos químicos y envases, es fuertemente dependiente de la capacitación y experiencia del personal directamente involucrado, los denominados agro-aplicadores. Por este motivo, resulta pertinente para esta tesis, y se discuten en esta sección, los aspectos sociales relacionados con dicho personal, tales como el conocimiento, la aptitud y compromiso del personal con las BPA y el impacto ambiental de la actividad.

El éxito de cualquier sistema de gestión integral de residuos (independiente del tipo de residuo) depende de muchos factores, pero principalmente del compromiso de los usuarios o consumidores de un determinado producto en retornar o gestionar el envase que lo contuvo de la forma más adecuada. Por ejemplo, en el caso de la gestión integral de residuos sólidos urbanos, es necesario que la población aprenda cómo separar los residuos que genera y sepa adonde llevarlos para que

puedan reciclarse. En el caso de los EVFs la problemática es similar, cada usuario debe conocer cómo realizar el procedimiento de reducción de residuos del envase (determinado por la Norma IRAM 12069) y también el lugar al que lo puede llevar para su correcta gestión posterior.

De particular interés para esta tesis, por la localización regional de la institución donde se desarrolla, es la región del SOB. Por este motivo entre los años 2014 y 2016 se llevó a cabo una investigación en el marco del proyecto de investigación PGI-UNS “Diseño de un sistema de gestión integral de envases de agroquímicos para el Sudoeste Bonaerense” (Savoretti y colab., 2016), en cuyo marco se diseñó e implementó un relevamiento de información primaria mediante encuestas a productores de establecimientos agropecuarios del partido de General La Madrid. El objetivo fue relevar cuál era el grado de conocimiento, actitudes y prácticas de los usuarios/aplicadores de fitosanitarios en relación con la utilización de los mismos y sus envases. En lo que sigue se discuten los principales resultados de este estudio.

En concordancia con lo obtenido en la región de Tandil por Martens y Lazzaro (2020), el perfil de los encuestados corresponde prácticamente en su totalidad al sexo masculino (98%) y de mediana edad (el 46% tiene entre 40 y 49 años, seguido de un 19% que tiene entre 50 y 59 años). Los encuestados fueron principalmente los productores agropecuarios (37%), que incluye tanto a propietarios como a los arrendatarios, mientras que los empleados rurales respondieron las preguntas en el 26% de los casos. Otro grupo encuestado y que representa el 24% de la muestra, son los aplicadores de agroquímicos. Más allá de la función o rol formal asignado en el establecimiento agropecuario, el 53% de los que respondieron al cuestionario se encarga de la aplicación directa del agroquímico, un 10% lo prepara, pero no lo aplica, mientras que un 20% ni aplica ni prepara.

Sobre las prácticas en el tratamiento y disposición de envases, los resultados de la encuesta indican que los envases vacíos son acumulados en más del 76% de los casos (el 11% son perforados previo a la acumulación), mientras que el 9% opta por la disposición final de envases en basural o centro de acopio y tratamiento. La acumulación se realiza mayoritariamente en el mismo establecimiento agropecuario (72,6%), generalmente a cielo abierto (88,5%) o en un galpón (11,5%); mientras que la disposición final de envases específicamente en centros de acopio destinados para ello, sólo se verificó en un 3,4% de los casos.

Del relevamiento surgieron dos resultados llamativos. En primer lugar, más del 14% de los encuestados afirman que sus envases son comercializados en el mercado informal como se muestra en la Figura 14. Por otra parte, resulta alarmante que la reutilización de envases es una práctica

indicada por el 8% de la muestra; mientras que en el 43% de los casos que la realizan, se les dan usos extremadamente peligrosos, como por ejemplo para contener agua o como bebederos o comederos para animales de granja.

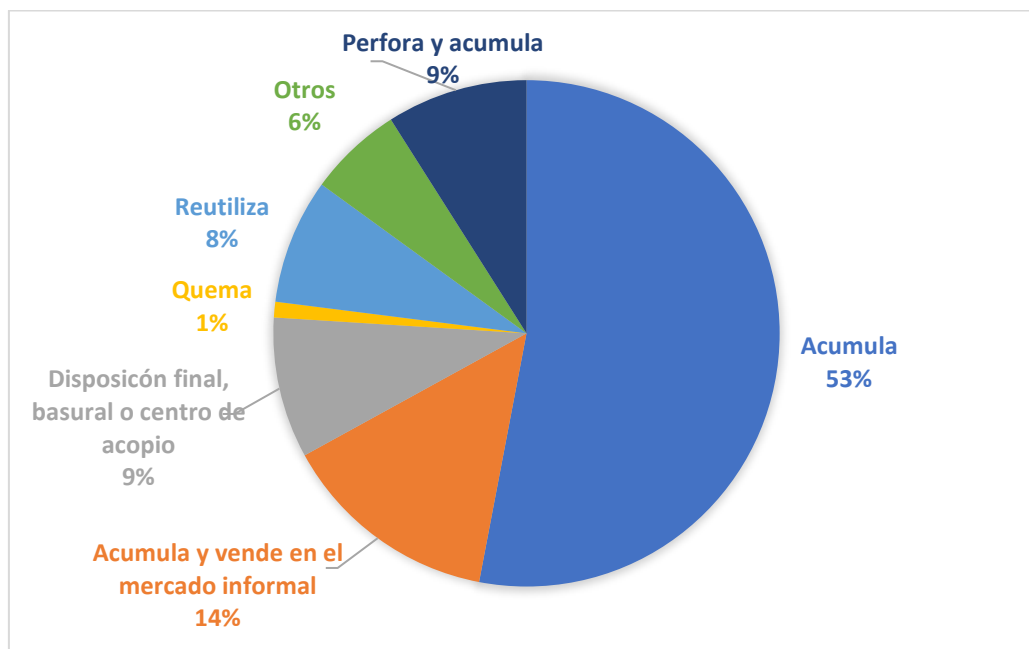


Figura 14. Disposición de EVFs en el partido del Gral. La Madrid, relevamiento del año 2016. Fuente: Savoretti y colab., 2016.

En cuanto a los métodos de tratamiento de envases vacíos, el Triple Lavado se aplica en el 86% de los casos. Sin embargo, la utilización de la técnica es implementada “Siempre” en el 48% de los casos, un 27% la aplica “A veces”, mientras que alrededor del 25% no la utiliza “Nunca”. Otra técnica de tratamiento utilizada es el lavado a presión y en un número reducido de casos se refiere que se enjuaga siempre el envase, aunque sin un método específico, mencionando por ejemplo que se lava el envase con manguera unas 6 o 7 veces. El 89% de los encuestados afirma que vuelcan el líquido del lavado en la máquina pulverizadora, mientras que el 5,6% respondió que los vuelcan directamente al suelo y el 1% indica que los arrojan a un curso de agua.

En relación al tratamiento y disposición de envases, si bien prácticamente la totalidad de los encuestados (98,9%) afirma que los envases que almacenaron agroquímicos son residuos que contaminan tanto suelo y el agua como la atmósfera, la acumulación en el mismo establecimiento agropecuario es la práctica más habitual. La escasa disposición final de envases en CATs (3,4%), se sustenta parcialmente en que más del 70% de los encuestados desconoce la existencia de un CAT en su región. Al ser consultados acerca de si estaría dispuesto a trasladar personalmente los envases de agroquímicos a un centro de acopio próximo, el 94% de los encuestados responde de manera afirmativa, evidenciando una situación paradójica donde un 24,1% de los encuestados

conoce algún CAT local (o regional) y expresa su voluntad de llevar los envases generados, pero luego no se traduce en acciones concretas, tal como se muestra en la Figura 15.

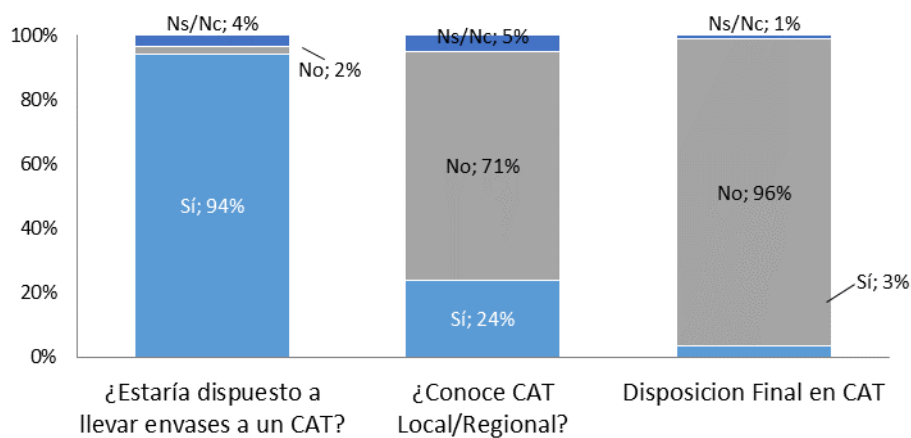


Figura 15. Actitudes, conocimiento y prácticas respecto a la disposición final de envases en CATs en el partido del Gral. La Madrid, relevamiento del año 2016. Fuente: Savoretti y colab., 2016.

2.6 Residuos fitosanitarios y financiamiento

Un factor muy importante para lograr que cualquier sistema de gestión integral de residuos sea exitoso, es contar con financiamiento para su desarrollo y ejecución. El manejo seguro y medioambientalmente apropiado de los envases al final de su vida útil supone un costo externo a la comercialización y el uso de los productos fitosanitarios. De este modo, el sistema de gestión integral de envases debe asumir estos costos.

Según recomiendan la OMS y la FAO (2008) en el informe “Directrices sobre opciones de manejo de envases vacíos de plaguicidas”, el plan de gestión de envases vacíos requerirá un financiamiento adecuado para apoyar todas sus operaciones y el manejo medioambiental. Es decisión de las autoridades competentes de cada país, definir cómo debe estructurarse y financiarse el plan. En caso de que la autoridad competente establezca que el plan de gestión debe ser obligatorio, las opciones para financiarlos incluyen: gravámenes a los proveedores, impuestos sobre las ventas de fitosanitarios o impuestos generales. Lo que es seguro, es que los planes deben ser económicamente viables para que sean sostenibles.

En nuestro país, mediante la Ley Nacional N° 27.279 de Productos Fitosanitarios, se estableció la Responsabilidad extendida y compartida, lo que obliga a los registrantes a responsabilizarse por la gestión integral y a financiarlo. La mayoría de las empresas registrantes, agrupadas en las cámaras CASAFE y CIAFA se asociaron a su vez en la Fundación CampoLimpio, actualmente

Asociación CampoLimpio³. Esta asociación, en representación de las 111 empresas que actualmente la conforman, financia actualmente el sistema de gestión manteniendo económicamente los CATs, organizando las CRIs y realizando las actividades de capacitación y campañas de concientización.

2.7 Conclusiones

Lo discutido en este capítulo pone en evidencia que el impacto humano negativo que se produce por un inadecuado manejo de estos residuos sobre el medio ambiente requiere una estrategia urgente para repensar el sector productivo desde un enfoque integral de sustentabilidad. Se requiere un cambio en el paradigma que preste una especial atención a que los materiales permanezcan más tiempo en el ciclo de producción, reduciendo la explotación de recursos y, como resultado, minimizando la generación de residuos: modelo económico de una economía lineal a una economía circular. En el caso particular de los EVFs es necesario que el plástico que se ha fabricado para contener el producto en primer lugar, vuelva a la cadena productiva. Esto puede lograrse mediante la implementación de un Sistema de Gestión Integral de EVFs. Como consecuencia de esto, se ha desarrollado en el país un cuerpo normativo que establece las pautas y alcances que debería tener ese sistema de gestión. Este es el tema del capítulo siguiente, donde se discute la legislación actual al respecto.

³ <https://www.campolimpio.org.ar/>

Capítulo 3

Envases Vacíos de Fitosanitarios: legislación y sistema de gestión actual

3.1 Introducción

Este capítulo presenta los aspectos más importantes de la Ley Nacional N° 27.279 (Productos Fitosanitarios), que establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los EVFs, y de la Resolución OPDS 505/19 que establece los lineamientos bajo los cuales el sistema de gestión debe regirse. Ambas legislaciones proporcionan los lineamientos generales para el diseño de las herramientas matemáticas que se proponen en la Parte B de esta tesis. Además, se presenta el estado actual (a diciembre de 2022) del Sistema de Gestión Integral de EVFs en la pBA, el cual fue implementado bajo las legislaciones antes mencionadas.

3.2 Productos Fitosanitarios: Ley N° 27.279

La Ley Nacional N° 27.279 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los EVFs, en virtud de la toxicidad del producto que contuvieron, requiriendo una gestión diferenciada y condicionada. Los alcances de la ley comprenden a todos los EVFs utilizados en el territorio nacional, los que deberán ingresar a un **Sistema de Gestión Integral de Envases Vacíos de Fitosanitarios** de acuerdo a los lineamientos establecidos en la misma. Esta ley tiene por objetivos:

- a) Garantizar que la gestión integral de los envases vacíos sea efectuada de un modo que no afecte a la salud de las personas ni al ambiente.
 - b) Asegurar que el material recuperado de los envases que hayan contenido fitosanitarios no sea empleado en usos que puedan implicar riesgos para la salud humana o animal, o tener efectos negativos sobre el ambiente.
 - c) Mejorar la eficacia de la gestión, considerando las estructuras y métodos preexistentes en cada jurisdicción, de conformidad con el principio de progresividad.
 - d) Dinamizar el procedimiento administrativo para el registro y autorización de los sujetos comprendidos en la ley.
-

e) Establecer y definir las diferentes etapas y eslabones comprendidos en la gestión integral de los EVFs.

La ley establece además los siguientes principios rectores:

a) **Responsabilidad extendida y compartida:** entendida como el deber de cada uno de los registrantes⁴ de responsabilizarse objetivamente por la gestión integral y su financiamiento, respecto a los envases contenedores de los productos fitosanitarios puestos por ellos en el mercado nacional y sus consecuentes envases vacíos. En el cumplimiento de dicho deber, se deberá tener en cuenta el ciclo de vida del envase. Dicha responsabilidad será compartida con los restantes eslabones de la cadena de gestión en la medida de las obligaciones específicas que les impone la presente ley.

b) **Interjurisdiccionalidad:** a los efectos de esta ley, las autoridades competentes, en sus acuerdos por movimientos interjurisdiccionales de EVFs, no podrán colocarse en una posición de aislamiento económico, social y ambiental. El tránsito interjurisdiccional no podrá ser prohibido por las provincias, pero sí razonablemente reglamentado.

c) **Simplificación de procedimientos:** para los procedimientos de registros y autorizaciones derivados de la presente ley, las autoridades competentes y la autoridad de aplicación, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán establecer mecanismos de simplificación procedimental razonables.

Esta ley introduce por primera vez en el marco legal argentino, el concepto de **Responsabilidad Extendida del Productor (REP)**, definiendo a los registrantes de los productos como los responsables por la gestión y financiamiento de la disposición de los envases usados de fitosanitarios. Dentro del concepto de REP existen cuatro clases de responsabilidades las cuales pueden recaer en uno o en diversos actores. Estas son: (i) legal, por los daños que un producto causa en el ambiente, (ii) económica, para solventar los costos de la gestión del residuo, (iii) física, referida a la logística y procesos de transformación de los residuos, (iv) informativa, para brindar el conocimiento necesario a los distintos actores de modo que la gestión del residuo resulte efectiva (Lindhqvist, 2000).

⁴ Toda persona física o jurídica que haya obtenido el Certificado de Uso y Comercialización de un fitosanitario debidamente inscripto en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal del SENASA, según lo establecido en la normativa vigente.

La ley prohíbe expresamente:

- Abandono y/o vertido.
- Quema y/o enterramiento.
- La comercialización y/o entrega de envases vacíos a personas físicas o jurídicas por fuera del sistema de gestión.
- El uso del material recuperado para elaborar cualquier tipo de productos que, por su utilización o naturaleza, puedan implicar riesgos para la salud humana o animal, o tener efectos negativos sobre el ambiente.

Además, establece obligaciones para todos los actores que intervienen:

Registrantes: son los responsables directos de la gestión integral y su financiamiento respecto a los envases contenedores de los productos fitosanitarios puestos por ellos en el mercado nacional y sus consecuentes envases vacíos. En nuestro país, existen dos cámaras empresarias que representan los intereses de las empresas productoras y comercializadoras de productos fitosanitarios:

- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). Fundada en 1949, es una asociación empresarial que representa los intereses de la industria de la ciencia de los cultivos (creación, desarrollo, protección y nutrición de cultivos) y de sus afiliados. Cuenta con 25 empresas nacionales y multinacionales asociadas.
- CIAFA (Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos). Fundada en 1990, tiene por objetivo nuclear a las empresas que fabrican, formulan, comercializan y distribuyen fertilizantes, productos fitosanitarios y sus aditivos y/o componentes, semillas, y productos biológicos. Cuenta con 58 empresas nacionales y multinacionales asociadas.

Usuarios y aplicadores: están obligados a realizar el procedimiento de reducción de residuos de los envases (triple lavado o lavado a presión), almacenarlos temporalmente en lugares apropiados de modo que no afecte al ambiente o la salud, y proceder a entregarlos en los espacios definidos para ello dentro del plazo de un año de adquirido el producto.

Comercializadores: deben colaborar con el registrante para la implementación del sistema de gestión adoptado, en lo que respecta a la administración y gestión de los CATs y, además, entregar al usuario toda la información referida al sistema de gestión. La misma debe incluir como mínimo el plazo de devolución de los EVFs, métodos adecuados de almacenamiento en el predio, y modo de transporte.

3.2.1 Tipos de envases

La ley, en su Art. N° 7, distingue dos clases de EVFs:

a) **TIPO A:** aquellos envases vacíos que son susceptibles de ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos establecido por la Norma IRAM 12.069 (IRAM, 2016) o por la norma que oportunamente la reemplace, se les haya realizado el mismo y hayan sido entregados en los CAT autorizados.

b) **TIPO B:** aquellos envases vacíos que no pueden ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos, ya sea por sus características físicas o por contener sustancias no miscibles o no dispersables en agua y que han sido entregados en los CAT autorizados.

3.2.2 Triple lavado y lavado a presión

En la Norma IRAM 12.069, se detallan las dos formas posibles de realizar el lavado de los envases: triple lavado o lavado a presión. Dicho lavado debe realizarse inmediatamente después de la colocación del producto en el tanque pulverizador. Para realizar un correcto lavado de los EVFs se deberá:

- Vaciar de manera completa el envase de modo de no desperdiciar producto.
- Realizar el procedimiento con la ropa de protección adecuada.

El procedimiento correcto de triple lavado implica repetir tres veces los siguientes pasos:

1. Llenar el envase vacío hasta $\frac{1}{4}$ de su capacidad.
2. Cerrar el envase y agitarlo durante 30 segundos.
3. Verter el contenido en el tanque pulverizador.

En cuanto al lavado a presión, el procedimiento es el siguiente:

1. Colocar el envase en forma invertida sobre el pico lavador de la pulverizadora.
2. Mantenerlo en esa posición durante 30 segundos.
3. Asegurar que el agua quede dentro del tanque de la pulverizadora.

El lavado a presión es posible realizarlo en aquellas máquinas aplicadoras que cuenten con el equipamiento específico para tal fin. Independientemente de la forma de lavado, es necesario luego inutilizar el envase mediante una perforación en su base sin dañar la etiqueta para evitar su reutilización, y almacenar los envases en lugares apropiados para no afectar al ambiente hasta

su entrega posterior a un CAT. El agua empleada en ambos procedimientos de lavado debe estar limpia y no debe provenir del tanque donde se prepara la mezcla a aplicar, siendo esta última la dilución de un producto químico en un líquido (generalmente agua). En la Figura 16 se muestra la imagen que difunde la organización CampoLimpio sobre cómo realizar el correcto lavado de envases.



Figura 16. Pasos del triple lavado y del lavado a presión. Fuente: CampoLimpio, 2021a.

3.2.3 Sistema de Gestión

De acuerdo a la Ley N° 27.279, un sistema de gestión comprende el conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de EVFs. Los sistemas para la gestión de estos envases se articularán en tres etapas:

1°) Del Usuario al CAT: vaciado un envase contenedor de fitosanitarios, el usuario y el aplicador serán objetivamente responsables de garantizar el procedimiento de reducción de residuos. Asimismo, deberán separar los envases vacíos en las dos clases establecidas en la ley y deberán trasladarlos y entregarlos a un CAT. Para ese traslado no requerirán autorización específica.

2°) Del CAT al Operador⁵: en los CATs se clasificarán y acopiarán en espacios diferenciados según los tipos de envases. Luego serán derivados para su valorización o disposición final, según corresponda. Los operadores deberán inscribirse en los registros creados al efecto por las autoridades competentes como generadores de EVFs, pudiendo ser privados o mixtos. Deberán ubicarse en zonas industriales y/o zonas rurales y cumplir con los requisitos que establezca la normativa complementaria.

3°) Del Operador a la Industria: el material procesado por el operador se enviará para su reincorporación en un proceso productivo, respetando lo dispuesto en la ley acerca de los usos prohibidos del material recuperado.

Todas las operaciones de transporte en las etapas 2 y 3 deben ser a través de transportistas autorizados por la autoridad competente.

3.2.4 Trazabilidad

La ley también define los alcances del Sistema Único de Trazabilidad que tiene por objeto permitir el monitoreo permanente de los sistemas de gestión, que a noviembre de 2021 aún no se ha implementado. El 20 de diciembre de 2021 debía entrar en vigencia la nueva Resolución de SENASA 369/2021 (SENASA, 2021), que reemplaza a la 369/2013, debiéndose iniciar la implementación del sistema de trazabilidad, mediante el cual se puede realizar el seguimiento de los envases de fitosanitarios cerrados (solo de los principios activos que se muestran en la Figura 17), punto a punto en la cadena de comercialización. Una vez que el sistema funcione correctamente y luego de que todos los actores se interioricen sobre como ingresar cada envío de productos al sistema virtual creado por SENASA, los organismos públicos (como el MA) podrán disponer de información sobre la cantidad de envases que se vuelcan al mercado, qué productos contuvieron, sus capacidades y quiénes los compraron. A diciembre de 2022 no se dispone de dicha información.

⁵ Toda persona física o jurídica autorizada por las Autoridades Competentes para modificar las características físicas y/o la composición química de cualquier envase vacío de fitosanitario, de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas, se recupere energía y/o recursos materiales, o se obtenga un residuo menos tóxico o se lo haga susceptible de recuperación o más seguro para su transporte o disposición final.



Figura 17. Sustancias activas de productos fitosanitarios trazables. Fuente: SENASA, 2021.

3.2.5 Sanciones

En caso de no cumplir con cualquiera de las disposiciones impuestas por la ley, se establecen las siguientes sanciones:

- Apercibimiento.
- Multa de entre 300 y 10.000 sueldos básicos de la categoría inicial de la Administración Pública Nacional.
- Suspensión de la actividad de 30 días hasta un año.
- Clausura temporaria o permanente.

Hasta el momento (diciembre de 2022) la autoridad competente en la pBA ha multado reiteradas veces a algunas empresas registrantes. El 19 de noviembre de 2021, se publicó en el portal digital del diario Página 12, que la justicia bonaerense ratificó algunas de las multas que el gobierno provincial aplicó a grandes empresas que venden fitosanitarios, por no cumplir con las leyes medioambientales que las obligan a recolectar los envases con este tipo de compuestos. Según consta en la noticia, estas firmas comercializaron más de 13 millones de envases en 2019, de los cuales recolectaron menos de un millón. Esto implica entonces que más de 12 millones de envases fueron abandonados en los campos o ingresaron a circuitos ilegales de recolección y reciclado. La justicia confirmó en primera instancia cuatro de las multas que el OPDS aplicó a las compañías representadas por la Fundación CampoLimpio: Basf Argentina por 49,5 millones de pesos, Red Surcos por 12 millones, Rotam Argentina por 8,9 millones de pesos y Cofco por 6,9 millones. Aunque con una reducción de un diez por ciento de las mismas “en función de lo resuelto en materia de atenuantes y agravantes” (Risso, 2021).

3.3 Resolución OPDS 505/19

Mediante esta resolución, OPDS (2019) establece los lineamientos que deberán seguirse para llevar a cabo la gestión diferencial de los EVFs y domisanitarios y el rol que se le asigna a cada actor de la cadena. En los anexos de la misma se detallan los aspectos constructivos y operativos de los NLLs (Nodos Logísticos Locales) y de los CATs.

En el Art. N° 5 se establece que se deben crear los siguientes registros provinciales:

- a) Registro Provincial de Sistemas de Gestión Integral de EVFs.
- b) Registro Provincial de Centros de Almacenamiento Transitorio de EVFs.

Dicho artículo también establece que el OPDS tendrá la obligación de publicar y dar a conocer la información de estos registros. Gracias a esta información que se ha publicado en diferentes medios, se conoce la cantidad de envases que las empresas registrantes han volcado al mercado durante el año 2019, así como también el tipo de material y presentación, tal como se describió en las Figuras 10, 11 y 12 del capítulo anterior.

Dentro de los aspectos constructivos de los CATs, la resolución establece que se deberán tener en cuenta una serie de consideraciones, entre las cuales se incluye, por ejemplo:

- Tener pisos de cemento, impermeables con pendiente que permitan coleccionar líquidos en una cámara que deberá estar dimensionada para contener los líquidos que puedan derramarse o un muro circundante que cumpla la misma función.
 - Ser un lugar techado.
 - Construir la estructura portante con materiales resistentes al fuego, de materiales metálicos o de mampostería.
 - Ser un lugar aislado físicamente con tejidos o paredes.
 - Ser un lugar de uso exclusivo para almacenamiento de EVFs.
 - Tener una distancia recta no menor a quinientos metros respecto a establecimientos de enseñanza, centros de salud, centros de recreación (clubes, estadios deportivos, otros).
 - Estar alejado, al menos, quinientos metros de aguas de superficie como ríos y depósitos utilizados para el abastecimiento de agua; así como no establecerse en zonas inundables.
 - Estar emplazado en zona Rural o Industrial.
 - Contar con iluminación natural o eléctrica.
-

En el Art. N° 15 se menciona que los distribuidores podrán establecer NLLs, entendiendo por tales a los puntos de gestión logística local de EVFs, fijos o móviles. Los NLLs a ser utilizados por el/los sistemas, y que no constituyan un CAT, no requerirán una habilitación específica por la autoridad competente, siempre y cuando no almacenen un volumen equivalente mayor a 10.000 litros de cualquier tipo de productos fitosanitarios. Solo deberán tener en cuenta las recomendaciones requeridas a los usuarios y/o aplicadores en el Art. N° 12.

En el Art. N° 12 se establece que el usuario y/o aplicador podrá almacenar temporalmente en un depósito adecuado para tal fin los EVFs que se generen como consecuencia de la aplicación de los mismos en sus respectivas actividades, durante un período no mayor a un año. En el caso de los aplicadores, el depósito deberá ser de características constructivas similares a las de un CAT. Para los productores agropecuarios que realicen producciones extensivas, y que no almacenen un volumen equivalente mayor a 10.000 litros de cualquier tipo de productos fitosanitarios por establecimiento, solo deberán tener en cuenta algunas recomendaciones mínimas para el lugar que se utilice para el almacenamiento transitorio de envases vacíos, como, por ejemplo:

- Tener una distancia recta no menor a quinientos metros respecto a establecimientos de enseñanza, centros de salud, centros de recreación (clubes, estadios deportivos, otros).
- Estar alejado, al menos, quinientos metros de aguas de superficie como ríos y depósitos utilizados para el abastecimiento de agua; así como no establecerse en zonas inundables.
- Estar alejado de lugares de almacenamiento de alimentos destinados al consumo humano o animal.
- Tener techo y protección en su superficie que impida la percolación de líquidos que pudieran derramarse.

3.4 Implementación del Sistema de Gestión de EVFs en la pBA

El Sistema de Gestión Integral de Envases Vacíos de Fitosanitarios en la pBA fue presentado por la Asociación CampoLimpio ante el OPDS y aprobado por Resolución OPDS 897/18. En junio de 2019 se cumplió el plazo de 270 días corridos a partir de la aprobación del Sistema de gestión por parte del OPDS (Artículo 10° inciso c) de la Ley Nacional N° 27.279), para que las empresas registrantes adecuen su gestión a los lineamientos establecidos en la legislación (Giraldes y colab., 2021). Las etapas del sistema de gestión que se implementan actualmente en la provincia son las resaltadas en la Figura 18. Las mismas incluyen el traslado de los envases vacíos por parte de los usuarios hacia los NLLs, puntos de recepción de las CRIs, o hacia los CATs, desde los NLLs y puntos de recepción de las CRIs a los CATs y finalmente el último tramo que corresponde al traslado de

envases de los CATs al Operador. Luego de allí se derivarán los envases tipo A a la industria del reciclado, y los tipo B a disposición final.



Figura 18. Esquema del sistema de gestión de EVFs en la pBA. Fuente: OPDS, 2021a.

Como se describiera en el capítulo 2, los fitosanitarios se comercializan en diferentes formas de envasado. En el caso de los envases de cartón y las bolsas plásticas, no es posible realizar el triple lavado, por lo cual, son destinados directamente a disposición final, y son incinerados en hornos de alta temperatura. Por el contrario, para los envases de plástico rígido (mayoría de los fitosanitarios comercializados en Argentina), se debe realizar el lavado de los mismos. El lavado de los envases no es solo un procedimiento más que debe sumarse a la rutina al momento de realizar la mezcla, sino que constituye un punto muy importante, ya que permite disminuir los residuos del producto fitosanitario en el plástico de estos contenedores, lo que va a posibilitar la generación de distintos productos. Tal es así, que los recipientes de plástico rígido que no hayan sido sometidos al triple lavado o al lavado a presión, pasan a ser envases de tipo B, es decir, en lugar de ingresar al proceso de reciclado se envían a disposición final.

Una vez que los envases tipo A llegan al Operador correspondiente, se los somete a un lavado a nivel industrial y se procesa el plástico generando pellets. Estos son comercializados a industrias plásticas, las cuales generan productos útiles para la sociedad a partir de ellos. Teniendo en cuenta que el plástico de los envases estuvo en contacto con productos tóxicos y que, aún después de ser tratados pueden contener un remanente, los pellets no deben utilizarse para obtener

productos que puedan estar en contacto con elementos de consumo humano o animal. El conjunto de usos prohibidos se describe en la Resolución 02/2019 (SAGyP y SCyMA, 2019). Dentro de los productos que pueden fabricarse a partir de los envases de plástico rígido se encuentran (Giraldes y colab., 2021):

- Bidones tricapa y tapas para envases de fitosanitarios
- Postes destinados a alambrado de campo
- Varillas plásticas destinadas a la construcción de invernáculos
- Pallets/tarimas para uso industrial (exceptuando las alimenticias)
- Caños para conducción de cables de energía eléctrica y desagües
- Envases para aceites lubricantes y tambores para residuos especiales
- Soporte para señalización vial
- Durmientes para vías del ferrocarril
- Autopartes
- Combustible para cementeras
- Incorporación como árido en carpeta asfáltica

Algunos de los ejemplos enumerados anteriormente se ilustran en la Figura 19.

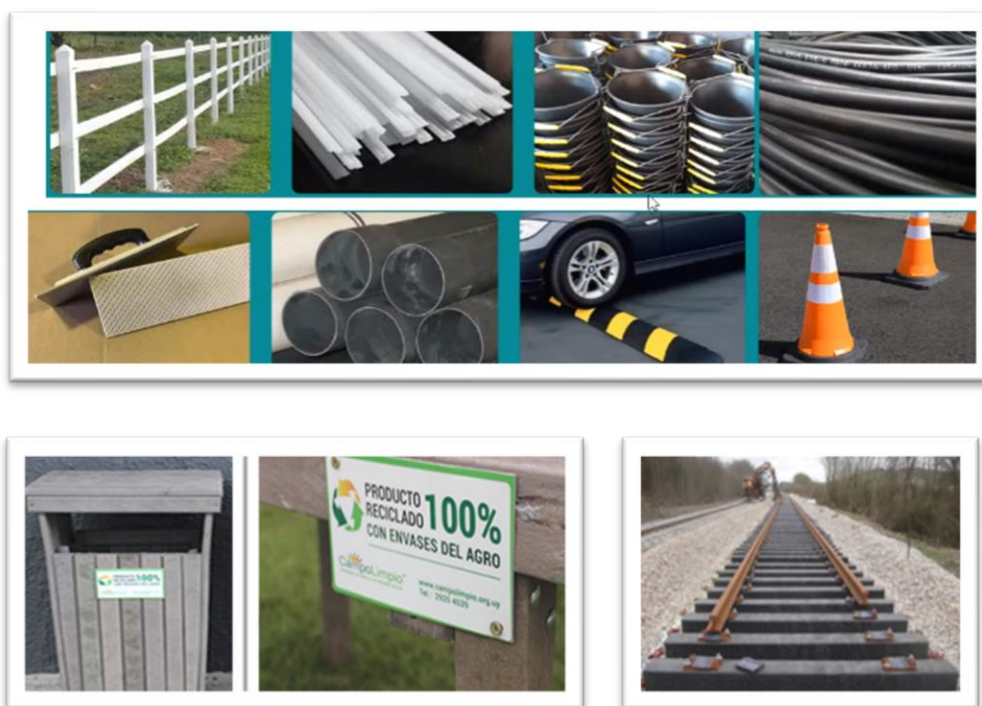


Figura 19. Productos que pueden fabricarse a partir de los EVFs. Fuente: SYNGENTA, 2021.

Una alternativa al reciclado mecánico es el reciclado químico. La producción de combustibles líquidos a partir de plásticos resulta una alternativa atractiva debido a que el poder calorífico de los plásticos es similar al de los hidrocarburos, alrededor de 40 MJ/kg (Panda y colab., 2010). Esto puede lograrse mediante la pirólisis, que consiste en la combustión controlada de un material en ausencia de oxígeno. Como producto de la misma se obtienen tres fracciones: un gas, un líquido (crudo sintético) y un residuo sólido carbonoso. En la pirólisis de plástico las estructuras macromoleculares de los polímeros se craquean en moléculas más pequeñas u oligómeros e incluso puede reducirse hasta el monómero. La degradación de estas sustancias y la calidad del producto depende de varios factores: material a reciclar, temperatura, tiempo de reacción, presencia de catalizador y otras condiciones de proceso (Panda y colab., 2010; Miandad y colab., 2016).

Un aspecto atractivo de la pirólisis de residuos del sector agrícola, y sobre todo en nuestro país que se caracteriza por tener grandes extensiones, es la posibilidad de transformar de forma distribuida una materia prima de baja densidad (bidones de PEAD y biomasa) en un líquido de alta densidad energética, que resulta más económico de transportar hacia plantas para su posterior procesamiento en centros de gran escala o consumo (Pfitzer y colab., 2016). La pirólisis no se ha establecido como una opción en la legislación vigente, pero no se descarta que en un futuro pueda contemplarse como otra vía alternativa a la industria del reciclado, para el tratamiento de los envases.

En resumen, el reciclado de los envases vacíos de plástico rígido permite recuperar el material utilizado para generar productos útiles para la sociedad. El primer paso para lograr este objetivo es lavar los envases correctamente de acuerdo a la Norma IRAM 12.069, y llevarlo a cabo es responsabilidad de todos aquellos que manipulen este tipo de envases: productores, aplicadores y trabajadores rurales.

3.4.1 Nodos Logísticos Locales (NLLs)

Según la Resolución OPDS 505/19, los NLLs pueden tener una capacidad de almacenamiento de hasta un volumen equivalente a 10.000 litros de cualquier tipo de producto fitosanitario (por ejemplo, 500 envases de 20 litros). Los NLLs pueden ser fijos o móviles, y pueden ser gestionados por los distribuidores. En la Figura 20 se puede observar un esquema de cómo debe ser el espacio donde se acopien los envases según los requerimientos de dicha resolución.

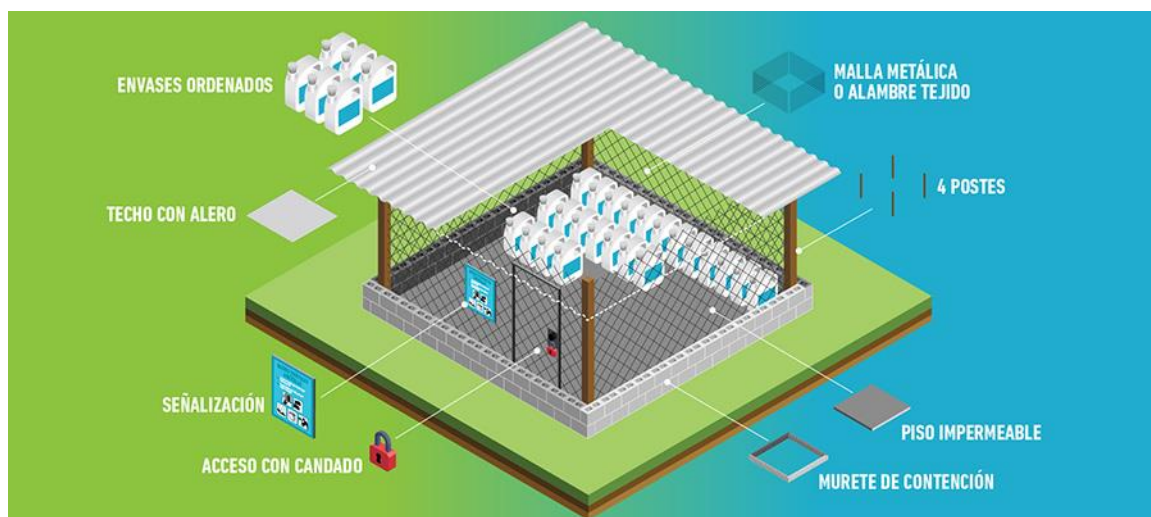


Figura 20. Esquema de los Nodos Logísticos Locales. Fuente: OPDS, 2019.

Hasta diciembre de 2022 no se ha abierto ningún NLL en la pBA, a pesar de que el mismo fue pensado como un instrumento para generar mayor capilaridad en cuanto al almacenamiento de envases en el amplio territorio provincial. A raíz de esta realidad, el MA tiene como objetivo actualizar en los próximos meses la Resolución 505/19 para ampliar la capacidad máxima permitida de 10.000 L a 50.000 L, lo que equivaldría a poder almacenar 2.500 envases de 20 L (OPDS, 2021c).

3.4.2 Centros de Acopio Transitorio (CATs)

Al 31/12/22 se han habilitado 38 CATs en la pBA, de acuerdo a la información proporcionada por CampoLimpio (2021b), el MA (actualizada a noviembre de 2021) (MA, 2022) y por OPDS (OPDS, 2021b). En la Tabla 1 se listan los partidos donde se localizan cada uno, su capacidad física y su año de inauguración. Muchos municipios fueron pioneros en construir estos espacios de almacenamiento, incluso cuando no había legislación al respecto, como es el caso de Trenque Lauquen y algunos de los municipios del SOB (Patagones, Villarino, Saavedra, Pellegrini, entre otros). A partir de la sanción de la ley algunos fueron absorbidos por CampoLimpio, pero hay otros que aún siguen siendo municipales. Sin embargo, esta situación es muy dinámica en el tiempo ya que poco a poco la Asociación los va incluyendo a su red de CATs. Hasta diciembre del año 2022, CampoLimpio cuenta con 27 CATs en la pBA (CampoLimpio, 2021b). Cabe aclarar que los centros de acopio de Gral. Pueyrredón, Chivilcoy y Saladillo que fueron habilitados hace unos años, a noviembre de 2021 fueron dados de baja por OPDS. Sin embargo, se optó por incluirlos porque a futuro podrían ser dados de alta nuevamente (OPDS, 2021c), tal es el caso del CAT de Saladillo que a abril del 2023 se encuentra en funcionamiento.

Tabla 1. CATs en la pBA a diciembre del 2022. Capacidad y año de inauguración.

Partidos de la pBA	Capacidad física (envases enteros)	Año de inauguración*
9 de julio	10.000	2021
Almte. Brown	5.000	Antes del 2019
Almte. Brown	10.000	2020
Bahía Blanca	10.000	2021
Balcarce	5.000	Antes del 2019
Benito Juárez	15.000	Antes del 2019
Bragado	5.000	Antes del 2019
Carlos Tejedor	3.000	2019
Carmen de Areco	5.000	2019
Chacabuco	5.000	2019
Chivilcoy	5.000	2019
Cnel. Brandsen	30.000	2022
Cnel. Suárez	20.000	2021
Daireaux	10.000	Antes del 2019
Gral. Pueyrredón	10.000	Antes del 2019
Junín	10.000	2021
La Plata	10.000	2021
Laprida	3.000	Antes del 2019
Lincoln	5.000	Antes del 2019
Maipú	5.000	2019
Necochea	5.000	Antes del 2019
Necochea	5.000	2019
Olavarría	3.000	2019
Patagones	3.000	Antes del 2019
Pellegrini	4.000	Antes del 2019
Pergamino	10.000	2019
Puan	10.000	Antes del 2019
Ramallo	10.000	2021
Rivadavia	10.000	2020
Rojas	10.000	2020
Saavedra	2.000	Antes del 2019
Saladillo	3.000	2020
San C. de Bolívar	5.000	Antes del 2019
Suipacha	10.000	2021
Tandil	20.000	2021
T. Lauquen	9.000	Antes del 2019
Tres Arroyos	50.000	2021
Villarino	5.000	Antes del 2019

* El registro sobre la disponibilidad de CATs y sus capacidades se inició en el año 2018.

La distribución geográfica de los CATs y su año de inauguración se muestra en la Figura 21. Como se puede observar, el inicio de funcionamiento de los mismos no fue inmediato luego de la aprobación de la Ley N° 27.279, sino que se llevó a cabo de manera paulatina a lo largo de los últimos años. Antes del 2019 había 16 CATs en la pBA, en el año 2019 se abrieron 8, luego en el 2020, 4 más, en el 2021 se incorporaron 9 CATs y en el 2022 se habilitó el CAT de Cnel. Brandsen. Este último, ya se encontraba funcionando con anterioridad como lugar de acopio antes del ingreso a la planta operadora, localizada en el mismo lugar.

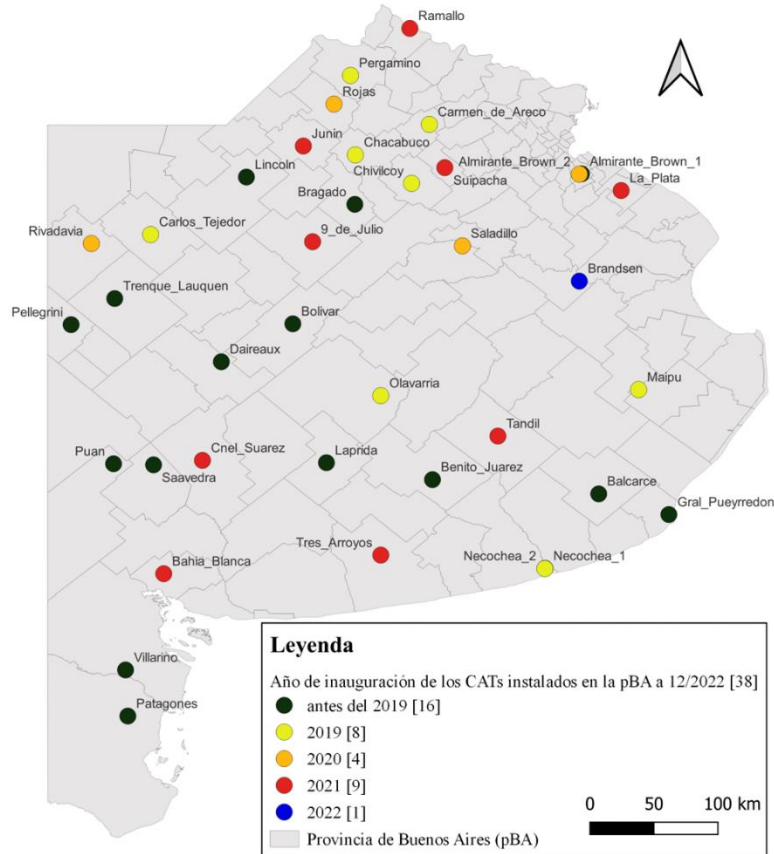


Figura 21. Evolución en el tiempo de la instalación de CATs en la pBA.

3.4.3 Campañas de Recolección Itinerante (CRIs)

Las CRIs son un mecanismo para recolectar envases que consiste en CATs móviles montados en camiones con acoplado, cuyo objetivo es recibir los envases que lleven los usuarios de fitosanitarios a un punto específico en una fecha determinada. CampoLimpio las organiza en conjunto con aliados estratégicos de la zona de influencia donde se llevará a cabo, como lo son las autoridades municipales, los distribuidores, cámaras, entre otros. Tienen la misma jerarquía e importancia que un CAT fijo. El objetivo de las campañas es ampliar la cobertura espacial de recolección del sistema, poniendo a disposición de los usuarios lugares itinerantes de recepción de envases, modalidad que por una cuestión de volumen y logística resulta más eficiente que disponer de CATs en lugares fijos (CampoLimpio, 2021c). A lo largo del año 2020 se han realizado cerca de 100 CRIs en toda la pBA.

3.4.4 Operadores (OPR)

La clasificación de las industrias en la pBA, se realiza según el Art. 15º de Ley Nº 11.459 de Radiación Industrial, de acuerdo al resultado de una fórmula para la clasificación de establecimientos

industriales según su nivel de complejidad ambiental. Los OPR son industrias de tercera categoría según esta fórmula, lo que implica que deben instalarse en zonas industriales, como también contar con un programa de monitoreo ambiental y un programa de adecuaciones. Desde el comienzo del desarrollo de esta tesis se fue relevando cuales eran los OPR que podían recibir los EVFs, ya sea los de tipo A para su procesamiento o los de tipo B para su disposición final. En la Tabla 2 se listan los operadores relevados, su producción en toneladas de plástico por año, su ubicación, el tipo de envases que reciben y su estado actual de funcionamiento. Como se puede observar, solo dos industrias están disponibles para el procesamiento de los envases tipo A (Resiplast S.A. y Ecoabasto S.R.L.) y otras dos para recibir los envases tipo B (PELCO e IPES).

Tabla 2. Relevamiento de Operadores. (A) envases tipo A y (B) envases tipo B.

Operador	Producción (t/año)	Ubicación	Estado
CAECO	2.500	Junín	Incendio
Bag Flex	1.020	Pergamino	En venta
Grupo Pelco	No aplica	Santa Fe	Funciona (B)
Resiplast S.A.	7.500	Lanús	Funciona (A)
Ecoabasto S.R.L.	660	Cnel. Brandsen	Funciona (A)
IPES	No aplica	Bahía Blanca	Funciona (B)

3.4.5 Registro del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible

La Resolución OPDS 505/19 indica que los registrantes deben presentar una declaración jurada anual (hasta el último día hábil de febrero) a la autoridad competente donde deberá constar la cantidad total de EVFs puestos en el mercado el año anterior, clasificando dicha información de acuerdo al tipo de material, banda toxicológica y al volumen en litros de los mismos. Teniendo en cuenta que el año 2020 fue el primer año en que OPDS recibió los primeros registros, de los mismos se desprende que se han puesto en el mercado durante el año 2019 la cantidad de 13.151.873 de envases. Los valores de recolección que surgen de los sistemas informáticos de OPDS, con los cuales se gestiona el trabajo en los CATs y las CRIs en los municipios, alcanzan desde el 1 de enero hasta el 30 de diciembre de 2020 un valor total de 1.081.710 de envases. Del análisis de estos valores, surge que el 61% de los envases gestionados fue a través de los CATs habilitados en la pBA y el 39% restante a través de 94 CRIs. En función de los datos de las declaraciones juradas y los valores de recolección que surgen de los sistemas informáticos (01-01-2020 al 30-12-2020), el OPDS calculó el porcentaje de recolección el cual resultó ser de 8,22%. De esta forma se comenzó a tener una real certeza de la eficacia del sistema de gestión aprobado en la pBA y, a su vez, se pudo reconocer la necesidad de realizar una evaluación a futuro de los avances del mismo (Giraldes y colab., 2021).

3.5 Información utilizada en los modelos matemáticos

De todos los aspectos descritos en la Ley Nacional N° 27.279 y en la Resolución OPDS 505/19, se han empleado como referencia para el desarrollo de las ecuaciones que modelan el sistema de gestión de envases de fitosanitarios que se presentará en el próximo capítulo, los siguientes:

- ✓ Estructura de la cadena en tres etapas.
- ✓ Permiso de tránsito interjurisdiccional de envases vacíos.
- ✓ Distinción entre envases de tipo A y B.
- ✓ Pautas constructivas para la estimación de los costos fijos y variables de los CATs.

Dichos elementos, en conjunto con el relevamiento realizado acerca de la situación actual del sistema de gestión, es decir, la cantidad de NLL y CAT existentes y la posibilidad de utilizar las CRIs como alternativa para la recolección de envases, han sido considerados para el desarrollo de las herramientas propuestas en la parte B de esta tesis.

3.6 Conclusiones

Las conclusiones de este capítulo podrían resumirse desde dos enfoques. El primero, e históricamente muy positivo, tiene que ver con la aprobación, después de muchos años de debates, de la ley de presupuestos mínimos para la gestión de los EVFs. La incorrecta disposición de los mismos ya era un problema que se hacía cada vez evidente en los territorios agrícolas del país y requería una solución a nivel nacional que debía tener respaldo legal. Por supuesto, y podría calificarse de muy negativo, el otro enfoque que permite afirmar que, aún con ley reglamentada, los resultados obtenidos al momento son de muy bajo resultado de recolección, ya que los datos demuestran que el porcentaje de recolección durante el año 2020 fue de solo el 8,22% de los envases puestos en el mercado, que, si bien en términos de cantidad de plástico son alrededor de 1.100 t. Es decir que, aún queda mucho por hacer en relación a la implementación de la ley en toda su magnitud en el territorio de la pBA.

A partir de la información descrita en este capítulo, se pudieron definir con mejor precisión los problemas a abordar con los modelos matemáticos de la parte B. En los capítulos restantes de esta tesis se trabaja la problemática definida desde la programación matemática a partir del desarrollo de herramientas de optimización para apoyo a la toma de decisiones, y de esta manera aportar soluciones para el diseño de estrategias para lograr procesos productivos más sustentables, respondiendo al necesario paradigma de la economía circular.

Parte B

Modelos y aplicaciones

Capítulo 4

Modelo Matemático para el Diseño de una Red de Logística Inversa de Recolección para EVFs (OptiLOC)

4.1 Introducción

En este capítulo se presenta un modelo matemático de optimización para el diseño y operación de una red de Logística Inversa (LI) de recolección de EVFs. Se describe el desarrollo del modelo y se presentan aplicaciones mediante ejemplos de prueba, a fin de realizar diferentes estudios sobre el desempeño del modelo. Esta temática se inscribe en lo que se ha dado en llamar Economía Circular, por lo que se presenta este concepto, así como el de LI y las metodologías de programación matemática que se utilizan para su abordaje, discutiendo algunos de los trabajos presentados en la literatura que resultan pertinentes en el contexto de la tesis.

4.2 Redes de LI: discusión y revisión bibliográfica

4.2.1 Consideraciones generales

La economía circular da lugar a nuevos flujos de materiales desde los consumidores a los productores, y la gestión de estos flujos en comparación con los de una cadena de suministro convencional es lo que concierne a la LI, ya que implica el transporte físico de productos usados desde el usuario final hasta el productor (Fleischmann y colab., 1997). Es decir, que por LI se entiende a la secuencia de actividades requeridas para recolectar el producto usado de los clientes con el fin de reutilizarlo, repararlo, refabricarlo, reciclarlo o desecharlo (Agrawal y colab., 2015). En el caso de la gestión de EVFs, de acuerdo al Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y Utilización de Plaguicidas (FAO y OMS, 2008), se pueden llevar a cabo diferentes estrategias logísticas para desarrollar un plan de manejo de envases, ya sea a través de la distribución invertida o con una red de centros de recolección.

La distribución invertida utiliza la infraestructura que fue establecida para distribuir los productos a los usuarios, como un mecanismo para recuperar materiales en sentido inverso. En este tipo

de diseño y planificación de la LI (conocido también como redes de circuito cerrado) la red inversa está completamente integrada con la cadena directa, lo que permite la configuración simultánea de las redes óptimas de distribución y recuperación (Melo y colab., 2007). Como una alternativa al modelo de distribución invertida, se puede establecer una red de centros de recolección con puntos en los que los usuarios puedan entregar los envases vacíos. A su vez, los centros de recolección pueden ser utilizados para realizar la segregación de los distintos materiales de cada envase y el pretratamiento, como la trituración y el enfardado, para aumentar la densidad y mejorar la eficiencia del transporte posterior (FAO y OMS, 2008). Esto da como resultado una red multicapa, para la cual la ubicación de las instalaciones es una de las principales decisiones para obtener su configuración óptima.

En este contexto, se puede hacer una distinción importante entre los productos a ser reutilizados por el productor original o por un tercero. Esto impone importantes limitaciones a la posibilidad de integrar actividades logísticas directas e inversas. Generalmente, en la gestión de residuos se lleva a cabo la LI de bucle abierto y los productos usados son gestionados por empresas distintas a las que producen el producto original. La red de recuperación tiene dos características especiales: una estructura convergente, de muchas fuentes a pocos puntos de demanda y un alto grado de incertidumbre en el suministro tanto en términos de cantidad como de calidad de los productos usados devueltos por los consumidores (Cardoso y colab., 2013).

4.2.2 Diseño de redes de LI

En cuanto al problema de diseño de una red de LI, vale la pena aclarar que este implica decisiones de índole estratégica dado el impacto de largo plazo que tiene sobre el desempeño de la misma. Esto ha sustentado el uso de la programación matemática como herramienta de diseño en la forma de modelos de optimización de tipo mixto entero lineal (Hu y colab., 2002; Flórez Calderón y colab., 2012; Tari y Alumur, 2014; Banguera y colab., 2018). Las decisiones estratégicas de diseño incluidas en estos modelos consisten en el número, ubicación y capacidad de las instalaciones de la red, así como la región a cubrir por cada una. Una característica de los mismos es que, dado que la ubicación de las instalaciones se maneja con el uso de variables binarias (cero o uno), la cantidad de las mismas crece con el cuadrado del número de posibles ubicaciones consideradas para las instalaciones (Erdoğan y colab., 2019), y por lo tanto, aumenta drásticamente su complejidad, haciendo muy difícil la resolución para instancias medianas a grandes. Otros autores, a expensas de un aumento adicional de la complejidad, formulan modelos multiobjetivo (Mota y colab., 2015; Zarbakhshnia y colab., 2020) que tienen especialmente en cuenta los pilares ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad.

En comparación con la cantidad de trabajos que se encuentran en la literatura que abordan la temática de LI, muy pocos son los que lo hacen para el problema específico de diseño de redes de EVFs. Además, si bien éstos usan diferentes perspectivas, en general no se usa la de la Ingeniería de Sistemas de Procesos. Algunos autores proponen una estrategia basada en encuestas para monitorear las prácticas utilizadas en el manejo de residuos generados por envases de fitosanitarios (Damalas y colab., 2008; Plianbangchang y Wittaya-areekul, 2009; Stadlinger y colab., 2011; Patarasiriwong y colab., 2013; Contreras Castañeda y colab., 2013) o en el estudio de las actitudes de los agricultores hacia la adopción de herramientas políticas para la reducción de residuos plásticos en el sector agrícola (De Lucia y Pazienza, 2019; Pazienza y De Lucia, 2020). Otros autores discuten dificultades, beneficios y parámetros clave en la implementación de diferentes sistemas de gestión, como Briassoulis y colab. (2014) en Grecia y Sato y colab. (2006) en Brasil. En México, Lagarda-Leyva y colab. (2019) proponen el diseño de la estructura de la red a través de un modelo teórico, aplicando técnicas de hipótesis dinámicas y evaluación de escenarios en el uso de agroquímicos para un cultivo específico. En Mayanti y Helo (2022) se evalúan las implicaciones ambientales y económicas de la recolección y el reciclaje de envolturas de fardos en 179 campos de Finlandia. La investigación aplicó el problema de ruteo de vehículos y el cálculo del costo del ciclo de vida medioambiental para cuantificar el costo y el impacto medioambiental por tonelada de material reciclado granulado producido.

El trabajo de Silva Rodríguez (2017) es uno de los pocos de la literatura que usa específicamente la programación matemática para determinar la ubicación óptima y distribución de flujo en la red de LI de EVFs. Además de observación directa y encuestas, se desarrolló un modelo MILP Multi-período para optimizar la recolección de EVFs en una pequeña región agrícola de Colombia, usando períodos bimensuales y un horizonte de planificación de un año. Otro de los trabajos es el de Li y Huang (2018) donde aplicaron el proceso de jerarquía analítica de red para encontrar los factores más relevantes que afectan el modelo de LI de los desechos de pesticidas, considerando esos factores en la función objetivo del modelo MILP. Los autores proponen un único objetivo que incluye aspectos económicos y ambientales. Las herramientas desarrolladas se aplicaron a un caso de estudio en China.

Hasta donde la autora de esta tesis conoce, los trabajos de Rentizelas y colab. (2018) y Yoosen & Henning (2020) son los que presentan los modelos MILP más completos para el diseño de redes de LI en el contexto de desechos plásticos agrícolas. Así, Rentizelas y colab. aplica en granjas escocesas un modelo de optimización MILP multiperíodo a toda una red de suministro para la conversión de plásticos agrícolas en productos de mayor valor mediante pirólisis. Las fuentes del plástico no son los envases de fitosanitarios, sino láminas de plástico transparente y negro,

plástico de polietileno transparente, vellón y silobolsas. La función objetivo es el valor presente neto y las variables de decisión son las ubicaciones y capacidades de producción de las plantas de pirólisis, y la asignación de proveedores y clientes a cada planta. Se hacen dos suposiciones importantes: se reciclan todos los residuos plásticos generados por las granjas incluidas en la red y se consumen todos los productos de pirólisis. La viabilidad económica de los diferentes sistemas tecnológicos de pirólisis difiere significativamente y los autores encuentran que el escenario más rentable es el menos complejo tecnológicamente.

Por su parte, en el trabajo de Yoosen y Henning (2020), con aplicación en nuestro país, se modela la LI de envases vacíos de agroquímicos en tres departamentos del norte de la provincia de Santa Fe, como un problema de múltiples períodos MILP. Se incluyen tamaños discretos para dos tipos de instalaciones. El costo operativo variable de los centros de recolección no está incluido en el análisis económico. Se estudiaron diferentes escenarios modificando ciertos parámetros del modelo y se encontró que algunos afectan la estructura óptima de la red (como la longitud del horizonte de planificación, el número de ubicaciones potenciales de los centros de acopio o el perfil de generación de envases) y otros no (como los costos de transporte e instalación o las ubicaciones potenciales de las plantas de reciclaje). Se aplicó una estrategia de descomposición del problema para reducir el tiempo de cálculo sin perder la calidad en la solución.

En esta tesis se propone un modelo MILP multiperíodo para diseñar una red de LI para EVFs. La principal diferencia entre los modelos MILP discutidos anteriormente y el modelo propuesto es la superficie cubierta en la que se trata el problema. La pBA se compone de 135 partidos y la distancia máxima entre puntos de generación de EVFs ronda los 800 km, el doble que en el resto de modelos. Esta característica del área de estudio hace que el modelo deba tener en cuenta elementos típicos de gestión del problema en la vida real, tales como la existencia de CRIs y restricciones de distancias máximas de viaje por parte de los productores agrícolas para recuperar los EVFs. La enorme superficie en estudio es una de las causas principales de las dificultades que se presentan para lograr una gestión eficiente en la red de recolección de envases. Así, por ejemplo, en el año 2020 en la pBA se logró recuperar menos del 10% de los EVFs que se pusieron en el mercado el año anterior (Giraldes y colab., 2021).

4.3 Diseño de una red de LI para recolección de EVFs

4.3.1 Consideraciones generales y descripción del problema

En esta sección se discute el problema de diseño de una red de LI para la recolección de EVFs, con vistas a la presentación en la siguiente sección, del desarrollo de un modelo matemático MILP multiperíodo, para el diseño óptimo de la misma. Para su desarrollo se tuvieron en cuenta aspectos específicos plasmados en las leyes mencionadas en el capítulo anterior, lo cual permitió definir los elementos que conforman el modelo, tales como variables, ecuaciones y datos. El objetivo del mismo es determinar de manera óptima, dentro de un horizonte de planificación dado, el número, las ubicaciones, las capacidades y los períodos de instalación de los CATs y las OPRs. El modelo proporciona también los flujos de EVFs entre los nodos de la red y una estimación de los tipos y cantidades de vehículos requeridos en cada tramo de la cadena. Como función objetivo se minimiza el costo descontado total de la red en el horizonte de trabajo. Todos los parámetros del modelo se consideran determinísticos y sus efectos sobre la solución se analizan mediante escenarios de casos.

De acuerdo a lo descrito por la Ley N° 27.279 de Productos Fitosanitarios, la red de LI de recolección de EVFs se estructura en tres niveles, cuyo esquema general se muestra en la Figura 22. Los 3 niveles se definen como: (i) el transporte de envases vacíos limpios y perforados desde los agricultores de cada partido (PAR) hasta los CATs (líneas celestes rellenas); (ii) la inspección y compactación de envases en los CATs; (iii) el transporte de envases compactados desde los CATs a los OPRs (líneas azules rellenas). El modelo considera además la posibilidad de que los agricultores puedan llevar sus envases directamente a los OPRs (líneas celestes punteadas), ya que constituyen los destinos finales de los envases. Según el MA esta es una posibilidad factible en la práctica, que solo requeriría que los OPRs dispusieran del correspondiente permiso para entregar certificados de recepción de envases.

Como se aprecia en la Figura 22, se pueden seleccionar rutas adicionales desde los PARs a los CATs o OPRs (líneas naranjas), en cuyo caso estos viajes se definen como CRIs, las cuales se explicaron en la sección 3.4.3. El modelo considera dos tipos de vehículos: camionetas y camiones. Esto se debe a que es lo que sucede habitualmente en la práctica. Por un lado, los agricultores acercan sus envases hasta una CRI, CAT u OPR, en su medio de transporte más habitual y con mayor capacidad de carga como son las camionetas y, por otro lado, las CRIs se realizan en camiones, como se ilustra en la Figura 23.

El modelo tiene la posibilidad de incorporar una serie de capacidades discretas para CATs y OPRs, para tener en cuenta la economía de escala de estas unidades, lo cual es un elemento clave en el diseño de una red óptima (Correia y Captivo, 2003; Ge y colab., 2018). Además, el modelo incorpora restricciones derivadas del principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que se aplica ampliamente en el contexto de este problema (FAO y OMS, 2008; Argentina, 2016; Polzer y colab., 2016). El mismo establece la obligación por parte de los usuarios de entregar en tiempo y forma los envases utilizados, y la obligación por parte de los registrantes de ocuparse de la gestión de los mismos. También se incorpora la posibilidad de usar una flota de vehículos heterogéneos, lo cual le da mayor generalidad al modelo. A continuación, se explican los datos obtenidos sobre cada uno de los niveles de la cadena.

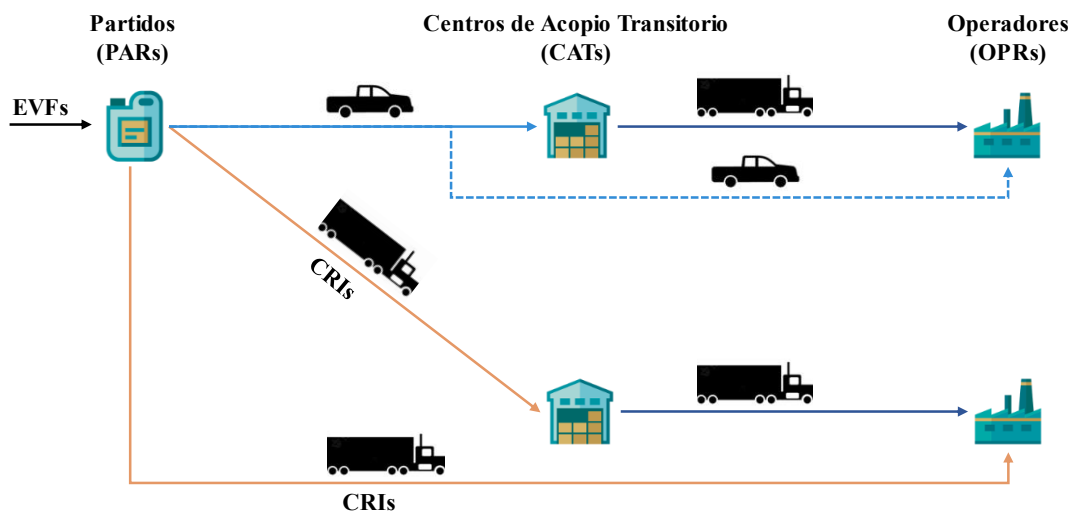


Figura 22. Flujos de EVFs en el esquema de la red de LI. (Notar que se asume que existe un único punto de generación de envases por partido. Ver sección 4.4.1 para más detalles).



Figura 23. Campaña de Recolección Itinerante en Bahía Blanca. Fuente: WipsDigital, 2020.

4.3.2 Descripción/adquisición de datos

- *Usuarios/aplicadores*

El **usuario** de fitosanitarios es toda persona física o jurídica que adquiera productos fitosanitarios para la actividad agropecuaria y como consecuencia de ello, genere y sea tenedor de EVFs. Mientras que el **aplicador** es toda persona física o jurídica, pública o privada que aplique o libere al ambiente productos fitosanitarios. Es decir, que no siempre el usuario de un producto fitosanitario y el aplicador serán la misma persona. Quien tiene la responsabilidad sobre la gestión del envase vacío es aquella persona que lo adquirió. Los usuarios de EVFs están obligados a realizar el procedimiento de reducción de residuos de los envases (triple lavado o lavado a presión), almacenarlos temporalmente en lugares apropiados de modo que no afecte al ambiente o la salud, y proceder a entregarlos en los CATs dentro del plazo de un año de adquirido el producto.

El modelo desarrollado es mixto entero porque algunas variables de decisión son binarias, lo que significa que solo pueden tomar los valores 0 o 1. Estas variables representan si se construyen o no las distintas unidades y rutas de la red. El número de combinaciones posibles de estas variables es dos elevado al número de las mismas. Por lo tanto, el tamaño y la dificultad del modelo aumentan exponencialmente con el número de dichas variables. Por otra parte, lo que se propone desarrollar es un modelo de planificación óptima de la red en un lapso de tiempo que abarca años, que a su vez es fuertemente dependiente de la estimación de la generación de envases que se pueda realizar, lo que obviamente incorpora un inherente nivel de incertidumbre. Estas dos consideraciones, por una parte el crecimiento exponencial del tamaño en función de la discretización geográfica que se utilice para las unidades productoras, y por otra, el hecho de que la granularidad temporal es anual, lleva a considerar como una aproximación razonable que la unidad productiva básica del modelo sea el partido, ya que hay 135 en la pBA, en lugar de cada establecimiento agropecuario individual, que se contarían por miles. Es decir que, se asume como usuario de fitosanitarios a cada partido de la pBA, al cual se le asigna la totalidad de la superficie sembrada de todos los establecimientos agropecuarios del distrito. Si bien se reconoce que es una suposición fuerte ya que hay partidos de muy diversa superficie, aumentar la granularidad será un trabajo futuro.

Dado que el transporte de los EVFs por parte del usuario no necesita de ninguna habilitación, se consideró para este tramo de la cadena que el transporte se realiza mediante camionetas, que es el típico vehículo que los productores agropecuarios usan para el transporte de objetos de tamaño mediano. Estos son vehículos de motor pesado con un área de carga posterior denominada caja y

una cabina con capacidad para 2 o 4 personas. Algunos ejemplos de vehículos comercializados en el segmento de *pick-ups* se muestran en la Tabla 3.

La camioneta más vendida del segmento durante el año 2020 fue la Toyota Hilux (Autoweb, 2021). Para estimar su capacidad de carga, se consideraron las dimensiones (en milímetros) de la caja del modelo con cabina sencilla, las cuales son: 2315 para la longitud, 1575 de ancho y 480 de altura. Considerando a su vez las dimensiones de los envases de 20 litros, se estimó que estos vehículos podrían transportar aproximadamente 40 envases enteros. En cuanto a las inversiones en estos vehículos, dado que los mismos son propiedad de los productores, se consideró que se trata de gastos ya amortizados, por lo que la inversión en *pick-ups* no se introduce en el modelo. En cambio, sí es un gasto atribuible a la red el costo operativo en el que incurren estos vehículos (básicamente el costo de combustible), ya que las distancias recorridas por los productores son variables del modelo. Considerando para el combustible Diesel en la Argentina un precio (a marzo 2022) de USD 0,936 (GlobalPetrolPrices, 2021), y dado que el consumo aproximado de una camioneta es de 10 litros cada 100 km, el costo operativo resulta de 0,0936 USD/km.

Tabla 3. Modelos de *pick-ups* más comercializadas por cada marca.

Marca	Modelo
Chevrolet	S10
RAM	1500
Fiat	Strada, Toro
Ford	Ranger
Renault	Alaskan
Nissan	Frontier
Toyota	Hilux
Volkswagen	Amarok

- *Nodos Logísticos Locales (NLLs)*

Los NLLs son unidades de almacenamiento de muy baja capacidad, que cada usuario y/o distribuidor de fitosanitarios podrá disponer en su campo/comercio. Según se discutió en la sección 3.4.1, en la actualidad solo pueden almacenar hasta 500 envases de 20 L. Por otra parte, dado los volúmenes de EVFs considerados en el modelo a nivel de partido, esas cantidades resultan despreciables, por lo que la posibilidad de considerar en el modelo la instalación de estos NLLs no fue tomada en cuenta.

- *Centros de Acopio Transitorios (CATs)*

La dimensión óptima destinada a almacenamiento según la experiencia de CampoLimpio se encuentra entre los 76 m² y los 240 m². Un CAT de 140 m² tiene una capacidad de almacenaje equivalente a 10.000 EVFs de 20 L (aproximadamente 11 t de plástico, asumiendo 33 kg de envases por m³, con envases no ordenados, y un peso promedio de bidón de 1,1 kg) (CampoLimpio, 2021d). En función de esta información y de las capacidades de los CATs que existen actualmente, se consideraron 4 opciones distintas de tamaños de CATs a ser elegidos por el modelo matemático para optimizar el sistema de gestión en cada partido. El costo de inversión y el costo operativo fijo de cada uno se determinó mediante la construcción de una curva (inversión en USD / costo fijo en USD/año vs superficie en m²) a partir de datos brindados por diferentes responsables del área de medioambiente de los municipios que han construido un CAT. Los valores obtenidos se compararon con lo publicado en Tonón (2019), donde el autor evalúa el costo de un CAT de 24 m², encontrando coincidencias entre los mismos. Para estimar los costos operativos variables se consideró el costo de energía eléctrica asociado al uso de la enfardadora (para los CATs más grandes esta estimación debería ser refinada incluyendo otros costos tales como los de mano de obra). En la Tabla 4 se muestran las capacidades consideradas y los costos de inversión y operativos estimados para los 4 tamaños de CATs.

Tabla 4. Capacidad de almacenamiento y estimación de los costos de inversión y operativos de 4 tamaños de CATs.

Tamaño	Capacidad (envases)	Costo de inversión (USD)	Costo operativo fijo (USD/año)	Costo operativo variable (USD/1000 envases)
Chico	10.000	10.033	1.936	2,6
Mediano	20.000	16.733	2.323	2,6
Grande	50.000	36.833	2.711	2,6
Extragrande	500.000	338.333	5.313	2,6

- *Campañas de Recolección Itinerantes (CRIs)*

Este mecanismo de recolección de envases (recolección itinerante) fue considerado en el modelo matemático para ser una alternativa de transporte en dos tramos diferentes de la red: (i) desde cada partido a los CATs y, (ii) desde los partidos a los OPRs. Este transporte debe ser realizado por vehículos debidamente autorizados para trasladar residuos peligrosos. Además, el traslado es a distancias mucho mayores, ya que usualmente existen muy pocos OPRs en relación a la cantidad de CATs y, por lo tanto, la mayoría de estos últimos se ubican a grandes distancias de los OPRs. Por estos motivos se consideraron vehículos de configuración en base al número de ejes: S1-D1-D2 (S1: eje con ruedas individuales, D1: eje con rodados dobles, D2: dos ejes con rodados

dobles). Estos vehículos pueden transportar 90 fardos de 1 m³ de envases plásticos, equivalente a 18.360 envases compactados o bien 3.600 envases enteros. El costo de inversión de este tipo de vehículo es de USD 180.000 aproximadamente. Los costos operativos del transporte, con especial atención en el costo del combustible, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Costos del transporte de larga distancia a diciembre de 2021.

Rubros	USD/km	%
Mano de obra	0,17	22,4
Combustibles	0,22	29,2
Neumáticos	0,09	11,9
Mantenimiento	0,04	5,1
Material Rodante	0,06	7,4
Patentes y Registros	0,02	2,5
Seguros	0,02	2,6
Gastos Generales	0,05	5,9
Costos Financieros	0,10	13,0
COSTO POR KILÓMETRO	0,77	100,0

Fuente: CATAC, 2021.

- *Operadores: Plantas de Reciclado de Plástico (PRPs)*

En el modelo se considera la posibilidad de localizar nuevos OPRs de envases tipo A si fuera necesario. Dado que son industrias que procesan el plástico proveniente de los envases para obtener pellets, a partir de ahora y a lo largo de la tesis se las denominará Plantas de Reciclado de Plástico (PRPs) ya que el término Operador también engloba a las industrias que reciben los envases tipo B. Para obtener los costos de inversión de las PRPs, se solicitó presupuesto a dos empresas que se dedican a la fabricación industrial de maquinaria para la industria del plástico: Silver Python Machinery y Kooen Machinery Co., ambas radicadas en China. Ofrecen distintas líneas de procesos para el lavado y el triturado de materia prima de origen plástico. Dependiendo del nivel de producción de cada línea, varía la cantidad de personal que se necesita, la potencia instalada y el caudal de agua de lavado que luego deberá ser tratado en una planta de tratamiento de efluentes. Las empresas proporcionaron el valor FOB de las plantas (Free On Board) (SPM, 2021a; Kooen, 2021a; SPM, 2021b; SPM, 2021c; Kooen, 2021b; Kooen, 2021c). Dichos valores se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Costos *Free On Board* de distintas PRPs.

Equipo	Empresa	Costo FOB (USD)	Producción (kg/h)
HDPE Crushing Hot Washing Line	Silver Python Machinery	63.070 (Ningbo)	500
HDPE PP Hard Plastic Washing Line	Kooen Machinery Co.	83.100 (Shanghai)	500
SP-1000 HDPE Rigid Washing Line	Silver Python Machinery	98.323 (Ningbo)	1.000
SP-HDPE 2000 Washing Line	Silver Python Machinery	147.214 (Ningbo)	2.000
HDPE PP Hard Plastic Washing Line	Kooen Machinery Co.	150.000 (Shanghai)	2.000
Water treatment system	Kooen Machinery Co.	38.000 (Shanghai)	5.000 a 6.000

Para obtener el costo de inversión total, al valor FOB se lo multiplicó por un factor de 1,25, factor típico para estimar el valor de las inversiones a partir del valor Libre a Bordo del barco en el país de origen. También se consideró el costo de la planta de tratamiento de efluentes, estimado como el 2% del costo de compra de los equipos críticos (Bauman,1964). Con esta información, se conformaron los costos de inversión para cada tamaño de planta. Para estimar los costos operativos fijos se consideró el salario del personal necesario para operar las plantas, que es de 3 personas en el caso de las plantas chicas y de 5 personas para las medianas y grandes (Kooen, 2021a; SPM, 2021b; Kooen, 2021b). Se estima que cada persona cobra USD 12.000 por año. También se consideró el costo de mantenimiento de la planta, calculado como el 2% del costo de la inversión. Para estimar el costo operativo variable se consideraron los consumos de energía eléctrica y agua, el costo de tratamiento de los efluentes y los costos administrativos y de comercialización del producto, calculados como el 2% de los ingresos de la planta, valores típicos en evaluación económica de proyectos (Bauman,1964). Cabe aclarar que esta tesis no tiene por objetivo ahondar en detalles constructivos y operativos de las plantas de tratamiento de efluentes, sino que solo se incluye un valor estimado para tener costos más realistas del problema. En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos para los costos de inversión y operativos de los 3 tamaños de plantas.

Tabla 7. Capacidad de procesamiento y estimación de costos de inversión y operativos de 3 tamaños de PRPs.

Tamaño	Capacidad de procesamiento (kg/h)	Inversión (USD)	Costo operativo fijo (USD/año)	Costo operativo variable (USD/1000 envases)
Chica	Hasta 500	813.853	52.277	100,86
Mediana	500 a 1.000	954.098	79.082	100,86
Grande	1.000 a 2.000	1.324.475	86.489	100,86

- *Estimación del perfil de generación de envases*

El éxito de cualquier política de gestión de residuos se basa en el conocimiento de las cantidades de residuos producidas. Sin embargo, los datos sobre la generación de EVFs son escasos, incluso

en países donde el sistema de gestión para la recuperación está bien implementado (Marnasidis y colab., 2018; Braga Marsola y colab., 2021; Garbounis y Komilis, 2021). Además, es importante resaltar que la estimación de la tasa de generación de EVFs puede verse afectada por múltiples factores como las condiciones climáticas, las prácticas de cultivo e incluso coyunturas económicas (Marnasidis y colab., 2018). La información sobre la cantidad y ubicación de los EVFs es esencial para el diseño de una red de CATs y una gestión sostenible de esos residuos. Es por ello que muchos autores propusieron diferentes enfoques para obtener esta información. En Marnasidis y colab. (2018) se desarrollan índices para describir la relación entre el número de EVFs generados y el área cultivada con el número de agricultores, basándose en información de encuestas a agricultores y agrónomos profesionales en Pella, Grecia. En Garbounis y Komilis, (2021) se concluye a través de información de encuestas y modelos matemáticos, que la superficie cultivada, el tipo de cultivo y el tipo de aplicación de pesticidas, son los factores estadísticamente más significativos para la tasa de generación de EVFs de los 19 parámetros estudiados. Otros autores, (Afxentiou y colab., 2021; Parlato y colab., 2020, Blanco y colab., 2018) realizan un mapeo de la generación de desechos plásticos agrícolas utilizando un Sistema de Información Geográfica, imágenes satelitales y encuestas. Dado que esta técnica de análisis territorial podría ser útil para la ubicación de los centros de acopio, en Morsink-Geogalí y colab. (2021) se propone un modelo matemático no lineal basado en coordenadas geográficas para encontrar la ubicación óptima de puntos de recolección y plantas de reciclaje.

En el caso de la región donde se aplica el modelo de tesis, que es la pBA, al momento de la implementación de la herramienta de modelado matemático no se disponía de la información sobre la cantidad de EVFs que se generan en cada partido, dado que no se ha implementado el sistema de trazabilidad de envases descrito en la sección 3.2.4. Por lo tanto, fue necesario realizar una estimación propia de los mismos. Se tuvo en cuenta que algunos autores han realizado estimaciones de la generación de EVFs para diferentes cultivos y regiones de Argentina. Por ejemplo, Martens (2016) calculó el plástico acumulado proveniente de bidones de fitosanitarios, en particular para los partidos de Balcarce, Lobería, Necochea y Tandil, y en general para el resto de la pBA, a partir de la estimación de uso de productos fitosanitarios según sistemas productivos y de las superficies relevadas por el Ministerio de Agroindustria de la Nación. El trabajo considera la campaña 2014/15 para avena, alpiste, cebada cervecera y forrajera, centeno, colza, girasol, maíz, trigo, soja y sorgo. También en ese trabajo se consideró la combinación de actividades y modalidad de producción de un sistema característico de la zona, que es predominantemente agrícola, por lo que se basaron en el informe “Resultados económicos de cultivos estivales para la zona Mar y Sierras Campaña 2015/16”. En el caso del resto de los partidos de la provincia se consultó a referentes zonales. En el trabajo de Martens, para constatar volúmenes de uso en los años 2002, 2005 y 2011

se consultó unidades de ventas en agronomías del partido de Tandil, obteniendo coherencia entre ambos datos.

De forma similar al método utilizado en Martens (2016), en esta tesis se emplearon datos de superficie sembrada y dosis de fitosanitarios aplicados por hectárea sembrada obtenidos a partir de planteos técnicos para cada cultivo, para obtener la tasa anual de generación de envases en la pBA. Se consideraron 12 cultivos agrícolas (alpiste, avena, cebada cervecera y forrajera, centeno, colza, girasol, maíz, mijo, soja, sorgo y trigo) y 6 cultivos forrajeros (cultivos destinados para la alimentación ganadera: alfalfa, maíz silaje, verdes de invierno, verdes de verano, pasturas consociadas y sorgo granífero silaje). La estimación de los envases que genera cada actividad (de ahora en adelante mencionadas como cultivos agrícolas y cultivos forrajeros) se realizó mediante dos procedimientos distintos, los cuales se describen a continuación:

- Envases provenientes de la producción de cultivos agrícolas:

La primera fuente consultada para obtener todos los planteos técnicos necesarios fue el informe de la Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires (DPBA) en conjunto con la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) (2013). En ese trabajo, la pBA se dividió en las 6 zonas que se muestran en la Figura 24, cada una de las cuales cuenta con un conjunto de planteos técnicos comunes asociados a la modalidad productiva típica de esa región. Este reporte incluye planteos técnicos de 15 cultivos agrícolas, 10 cultivos forrajeros y 15 especies hortícolas.

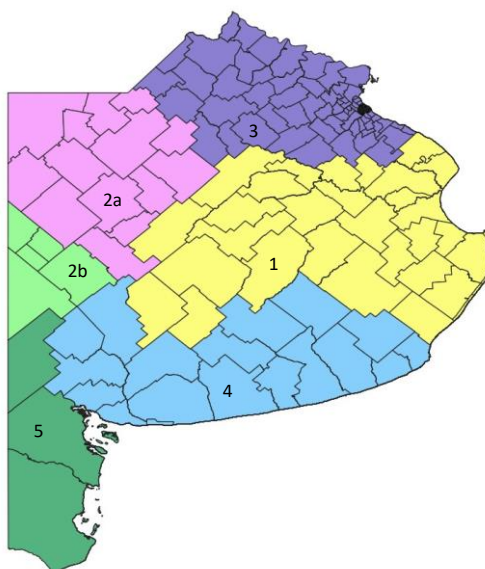


Figura 24. Zonificación de las actividades agropecuarias en la pBA definidas en DPBA y UNLP, 2013. Código de colores: zona 1 - Pampa Deprimida (amarillo), zona 2a - Pampa Interior Plana (rosa), zona 2b - Pampa Interior Occidental (verde claro), zona 3 - Pampa Ondulada (violeta), zona 4 - Pampa Austral (celeste), zona 5 - Sur (verde oscuro).

De acuerdo al Censo Nacional Agropecuario (CNA) realizado en el año 2018 (INDEC, 2020), la superficie sembrada de cultivos agrícolas en la pBA fue de 26.991.452 has, mientras que la superficie sembrada de cultivos forrajeros fue de 7.444.684 has. Estas cifras evidencian la preponderancia de la producción agrícola por sobre la de forrajes, por lo cual se resuelve dar mayor precisión a los planteos técnicos de los cultivos agrícolas consultando a referentes del sector. En particular, a ingenieros agrónomos de las agencias del INTA de Bahía Blanca, Cnel. Suárez, Tres Arroyos, San Antonio de Areco, Chascomús y Balcarce. El objetivo fue contrastar esta información con la del informe, ya que al ser este último del año 2013, los planteos técnicos pueden haber cambiado. Al ser tan extensa la superficie sembrada, una estimación errónea en los planteos técnicos, llevará inequívocamente a una mala estimación de los EVFs que se generan en la pBA.

Para estimar la generación de EVFs en la pBA se realizó una nueva regionalización, como se muestra en la Figura 25. Dada la variedad de cultivos que se siembran en la provincia, y teniendo en cuenta que las características del suelo y los regímenes de precipitaciones no son iguales en toda su extensión, los ingenieros agrónomos de INTA sugirieron que una buena aproximación sería sectorizar al SOB en tres zonas (zonas 1 a 3), en función del uso de fitosanitarios de acuerdo a las condiciones de suelo y el clima de cada sector. Cada zona comparte las características del suelo, los regímenes de precipitaciones y condiciones climáticas. Al resto de la pBA se la agrupó en una única zona (zona 4) para reducir la complejidad del problema. Los partidos de la pBA que no tienen producción agropecuaria se los agrupó en la zona 0, junto con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Cabe mencionar que se realizó una zonificación más estricta en la zona del SOB y otra más general en el resto de la pBA, ya que inicialmente se planificó la aplicación del modelo a la región del SOB, y posteriormente se decidió extenderlo a toda la pBA.

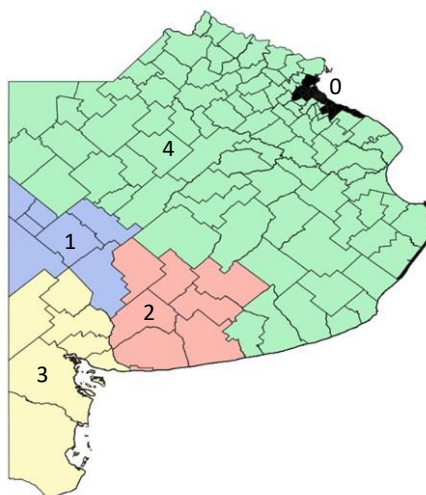


Figura 25. Regionalización realizada de la pBA. Código de colores: zona 0 - partidos sin generación de EVFs (negro), zona 1 - noroeste del SOB (celeste), zona 2 - noreste del SOB (rosa), zona 3 - sur del SOB (amarillo), zona 4 - resto de la pBA (verde).

A modo de ejemplo, en la Tabla 8 se presenta la información recolectada para el caso de la soja (uno de los principales cultivos de la pBA), mientras que las dosis correspondientes a los restantes cultivos estudiados se detallan en las Tablas A.1 a A.4 del Apéndice de la tesis.

Tabla 8. Dosis de fitosanitarios que se utilizan para la superficie sembrada de soja por zona.

Fitosanitarios utilizados comunmente en soja	Dosis zona 1 (L/ha)	Dosis zona 2 (L/ha)	Dosis zona 3 (L/ha)	Dosis zona 4 (L/ha)
2,4-D	1,7	0,8	0,35	1,7
Aceite mineral	1	0	0	1
Cletodim	0,7	0,6	0,7	0,7
Dicamba	0,2	0	0	0,2
Diclosulam	0	0,03	0	0
Diflufenicam	0,25	0	0	0,25
Flubendiamida	0,03	0,03	0	0,03
Flumioxazin	0,15	0	0	0
Glifosato	9	8	5	9
Gramoxone	0	0	2	0
Inoculante	0	0	0,75	0
S-metolaclor	0,9	0	0	0,9
Sulfentrazone	0	0	0	0,25
TOTAL	13,93	9,46	8,8	14,03

Cabe aclarar que si bien las dosis brindadas por las distintas agencias del INTA prácticamente duplican las del informe antes mencionado, son las que se usaron finalmente en la tesis ya que son actuales, en contraste con las que se presentan en dicho informe, de casi 10 años de antigüedad. De igual forma que para el caso de la soja, se obtuvieron las dosis totales de fitosanitario según el cultivo sembrado en cada zona, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Dosis totales de fitosanitarios por hectárea para cebada, girasol, maíz, soja y trigo en cada zona.

Cultivo	Dosis zona 1 (L/ha)	Dosis zona 2 (L/ha)	Dosis zona 3 (L/ha)	Dosis zona 4 (L/ha)
Cebada	6,14	7,35	6,62	5,14
Girasol	11,835	7,155	8,05	11,835
Maíz	13,05	10,2	10,885	12,8
Soja	13,93	9,46	8,8	14,03
Trigo	6,14	7,35	4,4175	5,14

Para obtener información actual de la dosis por hectárea sobre otros cultivos que se siembran en mucha menor superficie que la cebada, girasol, maíz, soja y trigo, se realizaron entrevistas con profesionales agrónomos que se desempeñan en el área del SOB. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Dosis totales de fitosanitarios por hectárea para alpiste, avena, centeno, colza y mijo en cada zona.

Cultivo	Dosis zona 1 (L/ha)	Dosis zona 2 (L/ha)	Dosis zona 3 (L/ha)	Dosis zona 4 (L/ha)
Alpiste	2,5	4	3	2,5
Avena	3	0,5	0,5	0,5
Centeno	6,14	7,35	4,4175	5,14
Colza	2,5	4	3	2,5
Mijo	3,5	3,5	7	3,5

Por otro lado, para estudiar el perfil temporal de generación de envases, se recopiló información de la superficie sembrada de cultivos agrícolas desde la campaña agrícola 2008/09 hasta la campaña 2020/21, a partir de los datos publicados por la Dirección de Estimaciones Agrícolas (MAGyP, 2021) (ver Tabla A.5 del Apéndice). Como ejemplo de la información utilizada, y dado que la soja es el cultivo de mayor superficie sembrada y General La Madrid uno de los distritos productores de la pBA, en la Figura 26 se muestra la evolución de la superficie sembrada de soja en ese distrito en el período mencionado.

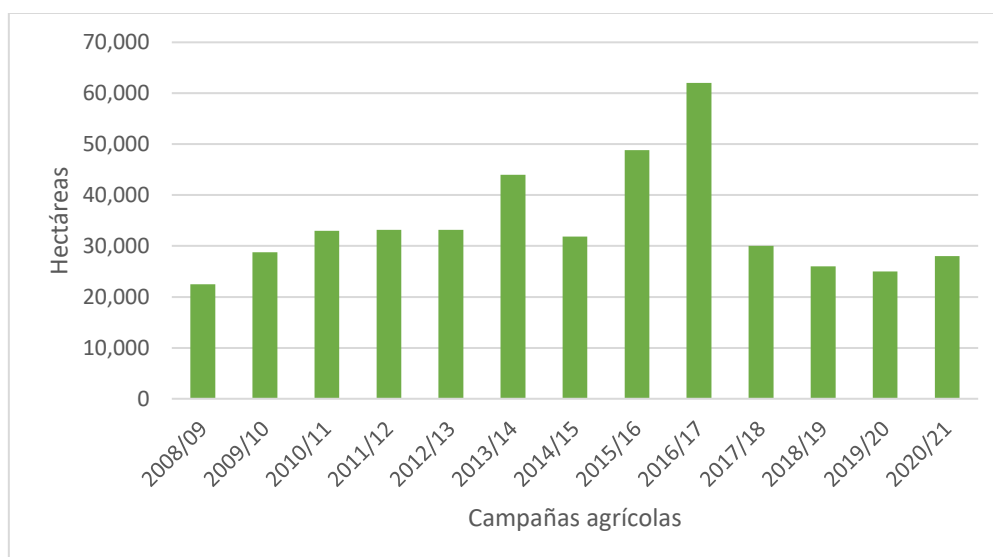


Figura 26. Superficie sembrada de soja en Gral. La Madrid en el período 2008 a 2021. Elaboración propia a partir de datos del MAGyP, 2021.

Para los cultivos agrícolas, multiplicando la dosis de cada fitosanitario para cada cultivo por las hectáreas destinadas a su siembra, se obtuvo el volumen en litros de cada fitosanitario que se aplica en cada partido. Finalmente, teniendo en cuenta la presentación del envase que se comercializa con mayor frecuencia para cada tipo de fitosanitario, se calcula el número de envases generado por cultivo, para cada fitosanitario en cada partido y en cada campaña agrícola, utilizando la siguiente fórmula:

$$EF_{k,j,i} \left(\frac{env}{año} \right) = D_{k,j,i} \left(\frac{Lf_k}{ha_{j,i}} \right) \cdot SS_{j,i} \left(\frac{ha_{j,i}}{año} \right) \cdot \frac{1}{PF_k} \left(\frac{env}{Lf_k} \right)$$

Donde:

- $EF_{k,j,i}$ son los envases utilizados del fitosanitario k para la superficie sembrada del cultivo j en el partido i en cada año, donde cada año equivale a una campaña agrícola (env/año).
- $D_{k,j,i}$ es la dosis en litros de fitosanitario k aplicado por hectárea del cultivo j en el partido i (L/ha).
- $SS_{j,i}$ es la superficie sembrada del cultivo j en el partido i en cada año (ha/año).
- PF_k es la presentación de envase más frecuente del fitosanitario k en litros por envase (L/env).

Sumando todos los envases de los fitosanitarios que se comercializan en la misma presentación, es posible calcular el total para cada partido en función de su presentación más frecuente. En la Figura 27 se muestra el ejemplo para 3 partidos del SOB, cada uno como representante de las zonas 1, 2 y 3. En los tres casos se observa que la presentación mayoritaria es el envase de PEAD de 20 L. Luego, le sigue el de 1 L y el tercer lugar varía de acuerdo a la zona. En el caso de las zonas 2 y 3, el tercer lugar lo ocupa el envase de 5 L, mientras que la excepción es la zona 1, donde el tercer lugar lo ocupa el envase de 10 L.

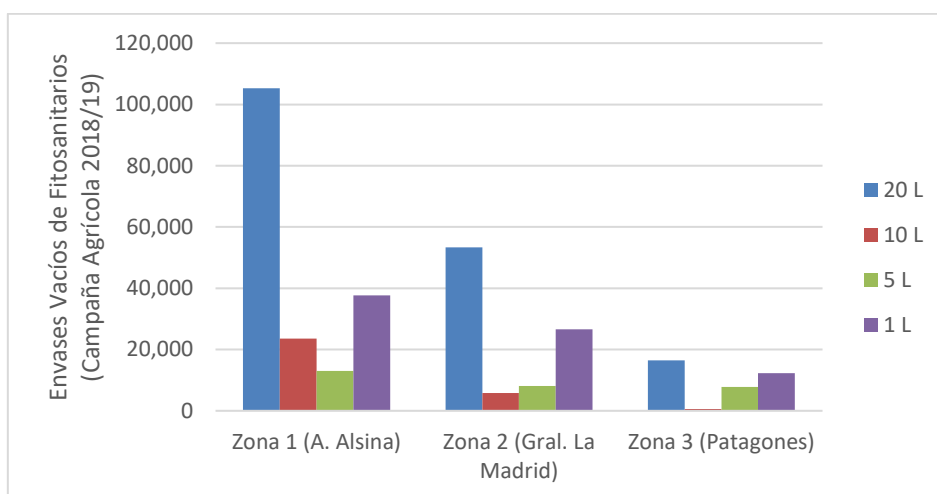


Figura 27. Generación de EVFs según la presentación en cada zona del SOB.

Dado que el envase de 20 L es la presentación más frecuente, se realizó una simplificación más para poder cuantificar las toneladas de plástico que se generan en la pBA en cada campaña agrícola. Teniendo en cuenta que el peso de cada tipo de envase es proporcional a su volumen como se muestra en la Tabla 11, se sumaron todos los litros de fitosanitarios que se aplican por hectárea y por cultivo, y a esa cantidad se la dividió por 20 (L/envase). Así, se obtiene la cantidad de envases equivalentes de 20 L que se generan en cada partido por campaña agrícola, nombrados como $EVF_{i,t}$ en el modelo matemático. Por último, al multiplicar dicha cantidad por

el peso de un envase de 20 L que es de 1,1 kg, se obtienen los kg de plástico totales por partido y por campaña agrícola.

Tabla 11. Peso en kilogramos de cada tipo de envase de PEAD.

Tipo de envase	Peso (kg)
20 L	1,1
10 L	0,5
5 L	0,3
1 L	0,1

Fuente: Plásticos Romano, 2023.

- Envases provenientes de la producción de cultivos forrajeros:

Como un objetivo importante de la tesis es el desarrollo de un modelo lo más completo posible, y dado que la producción de los cultivos forrajeros no genera una cantidad importante de envases respecto a los cultivos agrícolas, se decidió incorporar estos cultivos, pero solo utilizando la información disponible en el informe de la DBPA en conjunto con la UNLP (2013).

En dicho informe se describen los planteos técnicos para cada zona de la pBA para 6 cultivos forrajeros (alfalfa, maíz silaje, verdeos de invierno, verdeos de verano, pasturas consociadas y sorgo granífero silaje), cada uno con las dosis correspondientes de acuerdo a la técnica de cultivo que se utilice: Siembra Directa (SD) o Labranza Convencional (LC). Para tener en cuenta los envases que aportan estos cultivos se realizó el siguiente procedimiento: se calculó un promedio de las dosis de fitosanitarios aplicados por hectárea en los cultivos en SD y otro promedio para los que se trabajan en LC. Luego, se asume que un 75% de la superficie destinada a cultivos para ganadería se trabaja en SD y el 25% restante en LC, como han recomendado profesionales agrónomos mediante comunicaciones personales. A partir de esta información, se calculó un promedio ponderado para cada zona de la pBA, cuyos resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Dosis promedio de los cultivos forrajeros para las 6 zonas de la pBA.

Zona	Dosis promedio LC (L/ha)	Dosis promedio SD (L/ha)	Dosis promedio ponderada (L/ha)
1	1,7	5,0	4,2
2a	0,5	3,8	3,0
2b	0,5	3,8	3,0
3	0,5	5,0	3,9
4	2,2	8,0	6,5
5	0,5	5,2	4,0

Fuente: DBPA y UNLP, 2013.

En el caso de los cultivos forrajeros, la información sobre las hectáreas sembradas año a año no está disponible como la de los cultivos agrícolas. La fuente de información disponible es el CNA y el último se desarrolló en el año 2018 (INDEC, 2020). De modo que, para obtener los volúmenes (en litros) de fitosanitarios aplicados en el año 2018, se multiplicó la dosis promedio ponderada de la Tabla 12 por las superficies (en hectáreas) informadas en el CNA (ver Tabla A.6 del Apéndice). Finalmente, para obtener la cantidad de envases equivalentes a 20 L, se dividió la cifra obtenida por partido, por 20 (L/envase) al igual que se hizo para los cultivos agrícolas.

A partir del cálculo de envases equivalentes de 20 L provenientes de la producción de cultivos agrícolas y forrajeros (ver Tabla A.7 del Apéndice), se elaboró el mapa para la campaña agrícola 2020/21 que se muestra en la Figura 28, donde se puede observar en la gama de colores de verde la generación de envases por partido, identificando con verde más oscuro a los partidos que producen mayor cantidad de envases.

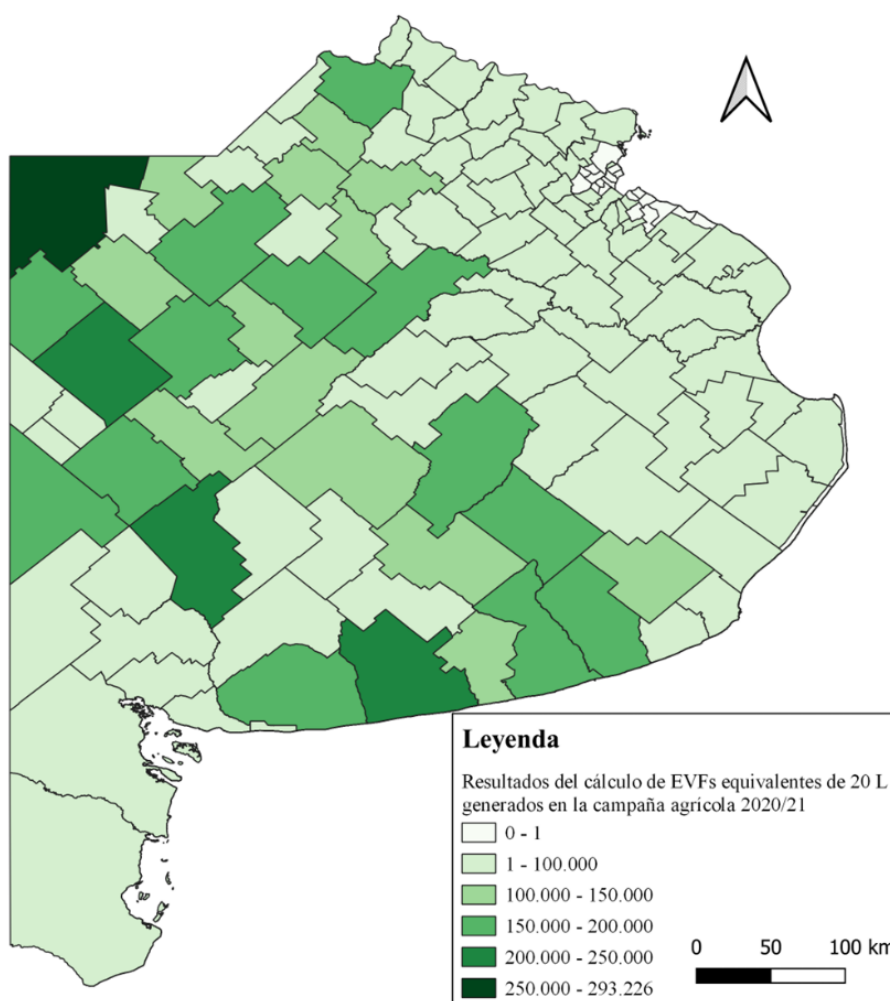


Figura 28. Generación de EVFs en la pBA en la campaña agrícola del 2020/21.

El perfil de generación de EVFs a lo largo de los últimos 13 años se muestra en la Figura 29. En este perfil solo varían los EVFs provenientes de la producción de cultivos agrícolas. Los EVFs provenientes de la producción de cultivos forrajeros se mantuvieron constantes en el valor calculado para el año 2018 ya que, si bien no se dispone de datos sobre la variación de su superficie sembrada, es factible asumir que las hectáreas dedicadas a estos cultivos no cambian mucho de una campaña a otra, a diferencia de lo que ocurre con los cultivos agrícolas (ver Figura 26).

Si bien en esta tesis solo se consideraron cultivos agrícolas y forrajeros, dado que son los más relevantes en la pBA, el modelo matemático desarrollado resulta inalterable, ya que si a futuro se quisiera incluir a los cultivos intensivos (hortalizas, flores y frutos), solamente afectaría el valor de algunos de los datos usados, pero no al modelo en sí mismo.

Un dato más a resaltar para finalizar esta sección, es que en la Figura 29 se muestra, además del perfil de generación de EVFs calculado a partir de los procedimientos descritos, el dato presentado en Girdales et al (2021) donde se menciona que las declaraciones juradas del año 2019 arrojan que se ha volcado al mercado 7 millones de bidones. Considerando que también se aclara en dicho informe que los datos son un 10% menores al valor real (ya que no todas las empresas registrantes presentaron las declaraciones juradas), el valor total calculado sería de 7.700.000 de bidones de fitosanitarios comercializados en el año 2019. Este valor se aproxima bastante al calculado en esta tesis, que es de 7.380.000 envases equivalentes de 20 litros (recordar que no se contabilizaron los envases provenientes de la producción de cultivos intensivos).

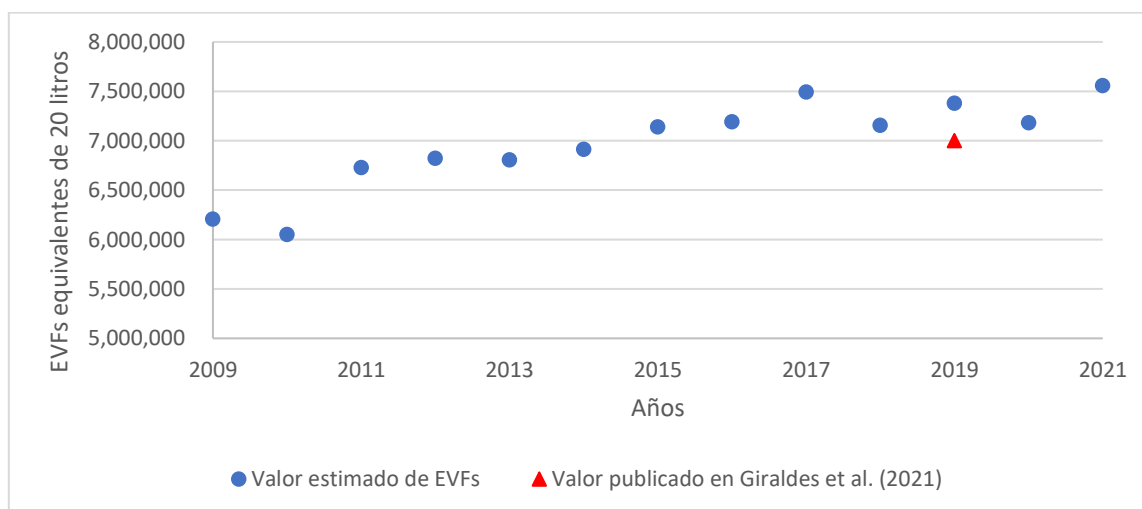


Figura 29. Generación de EVFs en la pBA desde la campaña agrícola 2008/09 a 2020/21.

4.4 Formulación del modelo matemático OptiLOC

4.4.1 Suposiciones del modelo

A continuación, se resumen los principales supuestos en los que se basa el modelo, tanto los de índole prácticos, como los empleados para reducir su complejidad matemática:

Suposiciones para el modelado:

1. Cada partido tiene un punto de generación de envases único ubicado en su centro geográfico (de ahora en adelante, centroide del nodo), donde se asume que se concentran los envases de todos los campos del partido. Esto se considera una simplificación válida ya que el modelo está destinado a la toma de decisiones a nivel estratégico, donde las principales variables están relacionadas con las conexiones entre PARs, CATs y PRPs (Gomes Salema y colab., 2007). Para aquellos partidos de una extensa superficie como por ejemplo Patagones o Villarino, se estudiará ampliar la granularidad de los puntos en trabajos futuros.
 2. Los EVFs considerados son bidones de PEAD de 20 L, calculados según lo expuesto en la sección 4.3.2 Descripción/adquisición de datos: Estimación del perfil de generación de envases. Si se tuviera en cuenta cada tipo de presentación de envase de PEAD, debería agregarse un nuevo índice a cada variable que corresponda al tipo de presentación, los cuales serían al menos cinco: 25, 20, 15, 10 y 1 litro, incrementando exponencialmente el número de variables del modelo. Por otra parte, los fitosanitarios que se comercializan en estado sólido y cuyos envases son bolsas de PEBD, no se han contabilizado ya que estos envases se suelen disponer junto a los residuos sólidos urbanos y no llegan frecuentemente a los CATs. Estos aspectos se incorporarán en las mejoras futuras del modelo.
 3. Los envases generados en un período determinado, deben ser recolectados y tratados dentro del mismo período, es decir, que tanto los CATs como PRPs tendrán stock cero para el siguiente período, esto es no hay acumulación. En todos los casos de estudio desarrollados en esta tesis se ha considerado como período de trabajo, la duración de una campaña agrícola, es decir, un año. Si bien es posible que existan stocks entre períodos, no es algo muy común en la práctica y de esta forma se logra simplificar el modelo, razón por la cual no se consideraron, pero se incorporarán en futuras mejoras.
 4. Se admiten dos tamaños de vehículos identificados como v_1 y v_2 en la formulación del modelo. Los más pequeños corresponden a la típica camioneta del segmento *pick-ups* (v_1) y los más grandes son los camiones autorizados para transportar residuos peligrosos (v_2).
-

Podrían existir más tamaños, pero por simplicidad se consideraron solo dos, teniendo en cuenta que la incorporación de otros tamaños no alteraría el modelo en sí, sino solo en los datos y el número de índices asociado a los vehículos.

5. No se contempla la existencia de una flota inicial de vehículos. La inversión en los vehículos *pick-ups* (v_1) no se contabiliza en el modelo por ser propiedad de particulares, pero sí se contabiliza el gasto en combustible (costo operativo). En el caso de los camiones (v_2), se contabiliza la inversión y los costos operativos tanto fijos como variables. En otras palabras, si bien las inversiones en los vehículos de los productores podrían considerarse como parte del problema de diseño de la red, se asume a los mismos como costos amortizados (existen independientemente del problema de la recolección de envases), mientras que los costos de combustible son atribuibles directamente al problema de operación de la red. La cantidad de camiones (v_2) necesarios se contabiliza a partir de la suposición de que, durante un período, pueden recorrer como máximo una dada cantidad de kilómetros, definida por el parámetro *kmPER*, el cual se calcula en función de multiplicar la velocidad promedio de los camiones (80 (km/h)) por unas 20 horas de trabajo por semana, por las 54 semanas de un año.
6. Las capacidades de las instalaciones de CATs y PRPs se eligen dentro de un conjunto dado de tamaños fijos.
7. Se admite la existencia previa de CATs y PRPs en determinadas ubicaciones.
8. Se admite la posibilidad de ampliar los CATs existentes.
9. Las inversiones y el pago de todos los costos se realizan al inicio del período.

Suposiciones por consideraciones prácticas:

10. No se modela la posibilidad de transporte de envases entre nodos del mismo nivel. Es decir, los envases no se mueven entre PARs, ni entre CATs, ni entre PRPs entre sí. Esto se debe a que, al principio de la implementación del sistema de gestión en la vida real, no existían estos movimientos. Al pasar el tiempo, en la práctica, se empezaron a realizar movimientos de envases entre CATs ya sea con la necesidad de vaciarlos, o llenarlos para recibir al camión que luego los llevaría a una PRP. Este cambio en la estructura del modelo matemático también será considerado en futuras mejoras.
 11. Se permiten dos tipos de CRIs: (i) el transporte desde el centroide de los nodos de generación a las PRPs sin pasar por los CATs; (ii) el transporte entre los centroides de los nodos de generación y CATs. Esta asunción se adoptó tal cual a lo que sucede en la práctica y esas rutas se identifican como CRIs en la Figura 22.
-

12. Las CRIs solo se realizan con vehículos acreditados por la autoridad competente (v_2) de acuerdo a lo establecido en la ley N° 27.279.
13. Todos los puntos de generación de envases en la región de estudio se consideran candidatos conocidos para la ubicación de las instalaciones de CATs y/o PRPs.
14. Los CATs y las PRPs se pueden instalar en cualquier período, y una vez abiertos deben permanecer así durante el resto del horizonte de planificación. Si bien podría suceder que a lo largo del período de tiempo se cierre alguna instalación previamente abierta, por ejemplo por una clausura como sucedió en Saladillo y Chivilcoy, esto no es muy razonable desde el punto de vista práctico, razón por la cual se asume que una vez instalado un CAT o una PRP, permanecen abiertos el resto del horizonte de tiempo.
15. Solo se permite instalar un tamaño único de instalación en cada ubicación por simplicidad del modelo y porque es lo usual en la práctica.
16. Se considera que las PRPs actúan también como CATs ya que disponen de un espacio para almacenamiento previo al procesamiento.
17. Se conocen las inversiones y los costos operativos (fijos y variables) de los CATs, PRPs y VEHs.

4.4.2 Nomenclatura

A continuación, se presentan las definiciones de los diferentes conjuntos, parámetros (o datos) y variables discretas (enteras y binarias) y continuas que definen el modelo.

Índices y Conjuntos

$i \in I$	Partidos (PARs)
$i \in I_0$	Subconjunto de partidos que tienen un CAT preinstalado, pero no generan envases
$j \in J$	CATs preinstalados y que pueden instalarse
$j \in Jf$	Subconjunto de CATs preinstalados
$j \in Jn$	Subconjunto de CATs que pueden instalarse
$l \in L$	PRPs preinstaladas y que pueden instalarse
$l \in Lf$	Subconjunto de PRPs preinstalados
$l \in Ln$	Subconjunto de PRPs que pueden instalarse
$v \in V$	Tipos de vehículos (VEHs)
$m \in M$	Tamaños disponibles de CATs
$n \in N$	Tamaños disponibles de PRPs
$t \in T$	Períodos de tiempo

Parámetros

$bM1_i$	BigM para restricciones de tipo Big-M entre PAR-CAT y PAR-PRP para la cantidad de envases [envases/período]
$bM2$	BigM para restricciones de tipo Big-M entre CAT-PRP para la cantidad de envases [envases/período]
$ccvc_v, ncvc_v$	Capacidad de envases compactados y no compactados del VEH v [envases/viaje]

$cinCAT_m, cinPRP_n$	Costos de inversión de CAT/PRP de tamaño m/n [USD]
$cinVEH_v$	Costos de inversión del VEH de tamaño v [USD/vehículo]
$cofCAT_m, cofPRP_n$	Costos operativos fijos de CAT/PRP de tamaño m/n [USD/período]
$cofVEH_v$	Costos operativos fijos del VEH de tamaño v [USD/vehículo.período]
$covCAT, covPRP$	Costos operativos variables de CAT/PRP [USD/envase]
$covVEH_v$	Costos operativos variables del VEH de tamaño v [USD/Un. de distancia]
dMa	Distancia de viaje máxima deseable para los agricultores [Un. de distancia]
$dmCRI$	Distancia de viaje mínima establecida para las CRIs [Un. de distancia]
$dPARPRP_{il}, dPARCAT_{ij}, dCATPRP_{jl}$	Distancias reales por ruta entre los nodos de la red [Un. de distancia/viaje]
EVF_{it}	Número de EVFs generados por el PAR i en el período t [envases/período]
EVF_m	Cantidad mínima de EVFs por período que debe generar un partido para que se habilite la posibilidad de instalar un CAT [envases/período]
FC	Factor de carga
Iec	Inversión en equipos de compactación de EVFs [USD]
$kmPER$	Máxima cantidad de kilómetros disponibles por período para cada VEH de tamaño v_2 [Un. de distancia/vehículo.período]
$MCRI$	Porcentaje máximo permitido de EVFs gestionados por CRIs [%]
$Nret$	Máximo número de veces que se vacía el CAT por período [retiros/período]
$qmin_m, kmax_m$	Capacidad mínima/máxima de los CATs de tamaño m [envases/retiro]
$qmin_n, kmin_n$	Capacidad mínima/máxima de las PRPs de tamaño n [envases/período]
Ti	Tasa de interés

VARIABLES DE DECISIÓN

VARIABLES BINARIAS

x_{jmt}	Es igual a 1 si el CAT j de tamaño m opera en el período t
y_{lnt}	Es igual a 1 si la PRP l de tamaño n opera en el período t

VARIABLES ENTERAS

$VPARCAT_{ijvt}$	Nro. de viajes entre el PAR i y el CAT j con el VEH v en el período t [viajes/período]
$VCATPRP_{jlvt}$	Nro. de viajes entre el CAT j y la PRP l con el VEH v en el período t [viajes/período]
$VPARPRP_{ilvt}$	Nro. de viajes entre el PAR i y la PRP l con el VEH v en el período t [viajes/período]
$nVEH_{vt}$	Nro. de VEHs de tamaño v_2 que se usan en el período t [vehículos]
$nIVEH_{vt}$	Nro. de VEHs de tamaño v_2 en que se invierte (se adquieren) en el período t [vehículos]

VARIABLES POSITIVAS

CDT	Costo total descontado de la red en el horizonte de trabajo [USD]
$COCAT_t, COPRP_t, COVEH_t$	Costo operativo de CATs/PRPs/VEHs en el período t [USD/período]
$INCAT_t, INPRP_t, INVEH_t$	Costo de inversión de CATs/PRPs/VEHs en el período t [USD/período]
$CPARCAT_{ijvt}$	EVFs transportados desde el PAR i al CAT j con el VEH v en el período t [envases/período]
$CCATPRP_{jlvt}$	EVFs transportados desde el CAT j a la PRP l con el VEH v en el período t [envases/período]
$CPARPRP_{ilvt}$	EVFs transportados desde el PAR i a la PRP l con el VEH v en el período t [envases/período]
$ICAT_{jmt}, IPRP_{lnt}$	Vale 1 si el CAT j /PRP l de tamaño m/n se instala en el período t
$SCAT_{jt}, SPRP_{lt}$	Cantidad de EVFs gestionados en el CAT j /PRP l en el período t [envases/período]

4.4.3 Modelo matemático

El esquema del problema con la identificación de las principales variables relacionadas con el flujo de EVFs se muestra en la Figura 30. A partir de los datos calculados de EVFs para cada partido i en cada período t , el modelo define la localización y tamaño de los CATs y PRPs, dados por las variables X_{jmt} e Y_{lnt} , junto a la cantidad de envases que se transportan entre las distintas unidades.

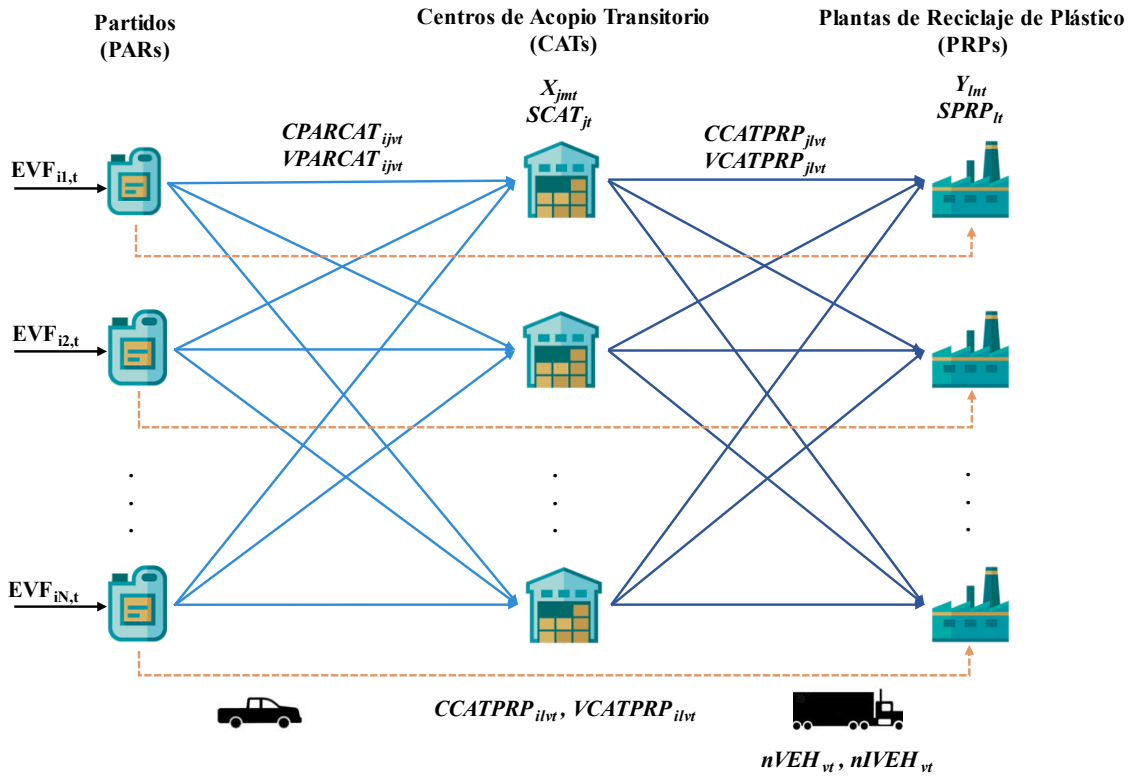


Figura 30. Esquema general propuesto de la red de LI para la gestión de EVFs.

El modelo desarrollado consta de un conjunto de ecuaciones algebraicas y lógicas que determinan la estructura óptima de la red (asignación de unidades y sus capacidades), así como ecuaciones algebraicas que calculan los costos (fijos y operativos), a lo largo del horizonte de tiempo. Utilizando la nomenclatura y los supuestos previamente definidos, el modelo matemático propuesto se formula de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } CDT = \sum_{t \in T} \frac{(COCAT_t + COPRP_t + COVEH_t + INCAT_t + INPRP_t + INVEH_t)}{(1 + ti)^{(t-1)}} \quad (1)$$

Límites de las variables

$$CPARCAT_{ijvt} \leq bM1_i \cdot \sum_{m \in M} x_{jmt} \quad \forall i \in I, j \in J, v \in V = V_1, t \in T, dPARCAT_{ij} \leq dMa \quad (2)$$

$$CPARCAT_{ijvt} \leq bM1_i \cdot \sum_{m \in M} x_{jmt} \quad \forall i \in I, j \in J, v \in V = V_2, t \in T, dPARCAT_{ij} > dmCRI \quad (3)$$

$$CCATPRP_{jlv} \leq bM2 \cdot \sum_{n \in N} y_{lnt} \quad \forall j \in J, l \in L, v \in V = V_2, t \in T \quad (4)$$

$$CPARPRP_{ilvt} \leq bM1_i \cdot \sum_{n \in N} y_{lnt} \quad \forall i \in I, l \in L, v \in V = V_1, t \in T, dPARPRP_{il} \leq dMa \quad (5)$$

$$CPARPRP_{ilvt} \leq bM1_i \cdot \sum_{n \in N} y_{lnt} \quad \forall i \in I, l \in L, v \in V = V_2, t \in T, dPARPRP_{il} > dmCRI \quad (6)$$

Relaciones lógicas

$$x_{jmt+1} \geq x_{jmt} \quad \forall j \in J, m \in M, t \in T : t < |T| \quad (7)$$

$$y_{lnt+1} \geq y_{lnt} \quad \forall l \in L, n \in N, t \in T : t < |T| \quad (8)$$

$$\sum_{m \in M} x_{jmt} \leq 1 \quad \forall j \in J, t \in T \quad (9)$$

$$\sum_{n \in N} y_{lnt} \leq 1 \quad \forall l \in L, t \in T \quad (10)$$

$$x_{jmt} = 0 \quad \forall i \in I \setminus I_0 : EVF_{it} \leq EVF_m, i = j, m \in M, t \in T \quad (11)$$

$$x_{jmt+1} - x_{jmt} = ICAT_{jmt+1} \quad \forall j \in J, m \in M, t \in T : t < |T| \quad (12)$$

$$ICAT_{jmt} = x_{jmt} \quad \forall j \in J, m \in M, t \in T : t = 1 \quad (13)$$

$$y_{lnt+1} - y_{lnt} = IPRP_{lnt+1} \quad \forall l \in L, n \in N, t \in T : t < |T| \quad (14)$$

$$IPRP_{lnt} = y_{lnt} \quad \forall l \in L, n \in N, t \in T : t = 1 \quad (15)$$

$$nVEH_{vt+1} - nVEH_{vt} = nIVEH_{vt+1} \quad \forall v \in V = V_2, t \in T : t < |T| \quad (16)$$

$$nVEH_{vt} = nIVEH_{vt} \quad \forall v \in V = V_2, t \in T : t = 1 \quad (17)$$

$$SCAT_{jt} \geq \sum_{m \in M} Nret \cdot qmin_m \cdot x_{jmt} \quad \forall j \in J, n, t \in T \quad (18)$$

$$SCAT_{jt} \leq \sum_{m \in M} Nret \cdot qmax_m \cdot x_{jmt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (19)$$

$$SPRP_{lt} \geq \sum_{n \in N} kmin_n \cdot y_{lnt} \quad \forall l \in L, t \in T \quad (20)$$

$$SPRP_{lt} \leq \sum_{n \in N} kmax_n \cdot y_{lnt} \quad \forall l \in L, t \in T \quad (21)$$

Definiciones de variables

$$CPARCAT_{ijvt} / ncvc_v \leq VPARCAT_{ijvt} \quad \forall i \in I, j \in J, v \in V = V_1, t \in T, dPARCAT_{ij} \leq dMa \quad (22)$$

$$\begin{aligned} CPARCAT_{ijvt}/ncvc_v & \quad \forall i \in I, j \in J, v \in V = V_2, t \in T, dPARCAT_{ij} > dmCRI \quad (23) \\ & \leq VPARCAT_{ijvt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CCATPRP_{jlv} / ccvc_v & \quad \forall j \in J, l \in L, v \in V = V_2, t \in T \quad (24) \\ & \leq VCATPRP_{jlv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CPARPRP_{ilvt} / ncvc_v & \quad \forall i \in I, l \in L, v \in V = V_1, t \in T, dPARPRP_{il} \leq dMa \quad (25) \\ & \leq VPARPRP_{ilvt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CPARPRP_{ilvt} / ncvc_v & \quad \forall i \in I, l \in L, v \in V = V_2, t \in T, dPARPRP_{il} > dmCRI \quad (26) \\ & \leq VPARPRP_{ilvt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{\forall i \in I, j \in J, v \in V = V_2, dPARCAT_{ij} > dmCRI} CPARCAT_{ijvt} \quad \forall t \in T \quad (27) \\ & + \sum_{\forall i \in I, l \in L, v \in V = V_2, dPARPRP_{il} > dmCRI} CPARPRP_{ilvt} \\ & \leq \frac{MCRI}{100} \sum_{i \in I} EVF_{it} \end{aligned}$$

$$nVEH_{vt} \geq \frac{FC}{kmPER} \quad \forall t \in T, v \in V \quad (28)$$

$$= V_2$$

$$\begin{aligned} & \cdot \left(\sum_{i \in I, l \in L} VPARPRP_{ilvt} \cdot dPARPRP_{il} \right. \\ & + \sum_{i \in I, j \in J} VPARCAT_{ijvt} \cdot dPARCAT_{ij} \\ & \left. + \sum_{j \in J, l \in L} VCATPRP_{jlv} \cdot dCATPRP_{jl} \right) \end{aligned}$$

$$EVF_{it} = \sum_{j \in J, v \in V = V_1, dPARCAT_{ij} \leq dMa} CPARCAT_{ijvt} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (29)$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{j \in J, v \in V = V_2, dPARCAT_{ij} > dmCRI} CPARCAT_{ijvt} \\ & + \sum_{l \in L, v \in V = V_1, dPARPRP_{il} \leq dMa} CPARPRP_{ilvt} \\ & + \sum_{l \in L, v \in V = V_2, dPARPRP_{il} > dmCRI} CPARPRP_{ilvt} \end{aligned}$$

$$\sum_{i \in I, v \in V = V_1, dPARCAT_{ij} \leq dMa} CPARCAT_{ijvt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (30)$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{i \in I, v \in V = V_2, dPARCAT_{ij} > dmCRI} CPARCAT_{ijvt} \\ & = \sum_{l \in L, v \in V = V_2} CCATPRP_{jlv} \end{aligned}$$

$$SCAT_{jt} = \sum_{i \in I, v \in V=V_1, dPARCAT_{ij} \leq dMa} CPARCAT_{ijvt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (31)$$

$$+ \sum_{i \in I, v \in V=V_2, dPARCAT_{ij} > dmCRI} CPARCAT_{ijvt}$$

$$SPRP_{lt} = \sum_{j \in J, v \in V=V_2} CCATPRP_{jlv} + \sum_{i \in I, v \in V=V_1, dPARCAT_{ij} \leq dMa} CPARPRP_{ilvt} \quad \forall l \in L, t \in T \quad (32)$$

$$+ \sum_{i \in I, v \in V=V_2, dPARCAT_{ij} > dmCRI} CPARPRP_{ilvt}$$

Costos de inversión y operativos

$$INCAT_t = \sum_{j \in J, n, m \in M} ICAT_{jmt} \cdot (cinCAT_m + iec) + \sum_{j \in J, f, m \in M} ICAT_{jmt} \cdot iec \quad \forall t \in T \quad (33)$$

$$INPRP_t = \sum_{l \in L, n \in N} IPRP_{lnt} \cdot cinPRP_n \quad \forall t \in T \quad (34)$$

$$INVEH_t = \sum_{v \in V=V_2} nVEH_{vt} \cdot cinVEH_v \quad \forall t \in T \quad (35)$$

$$COCAT_t = \sum_{j \in J} covCAT \cdot SCAT_{jt} + \sum_{m \in M} x_{jmt} \cdot cofCAT_m \quad \forall t \in T \quad (36)$$

$$COPRP_t = \sum_{l \in L} covPRP \cdot SPRP_{lt} + \sum_{n \in N} y_{lnt} \cdot cofPRP_n \quad \forall t \in T \quad (37)$$

$$COVEH_t = \sum_{v \in V} \left(FC \cdot covVEH_v \right. \quad \forall t \in T \quad (38)$$

$$\cdot \left[\sum_{i \in I, l \in L} VPARPRP_{ilvt} \cdot dPARPRP_{il} \right.$$

$$+ \sum_{i \in I, j \in J} VPARCAT_{ijvt} \cdot dPARCAT_{ij}$$

$$\left. + \sum_{j \in J, l \in L} VCATPRP_{jlv} \cdot dCATPRP_{jl} + nVEH_{vt} \cdot cofVEH_v \right)$$

La Ec. (1) representa la función objetivo como el costo total descontado, incurrido tanto en el diseño como en la operación de la red de LI, a lo largo del horizonte de planificación. Cada término representa las inversiones y costos operativos de las instalaciones (CATs y PRPs) y del transporte.

El grupo de Ecs. (2) a (6) activan o desactivan las variables continuas de acuerdo con el valor 0,1 que toman sus variables binarias asociadas, utilizando la estrategia bigM. Las Ecs. (7) y (8) especifican que, si en un período de tiempo determinado se realiza una inversión en instalaciones (un

CAT o una PRP), estas permanecen disponibles para el resto del horizonte de tiempo. La Ec. (9) asegura que si un CAT se instala en un período, debe adoptar uno de los m tamaños disponibles, mientras que la Ec. (10) hace lo mismo para seleccionar uno de los n tamaños disponibles para una PRP. La Ec. (11) no permite la instalación de un CAT en un nodo cuya generación de EVF en cualquier período sea menor al parámetro EVF_{min} , con excepción de los nodos que no generan envases, pero ya tienen un CAT preinstalado.

Las Ecs. (12) a (17) capturan el período específico en el que se realiza una inversión en instalaciones (CAT o PRP) o en vehículos (VEH), es decir, el período a partir del cual están disponibles para utilizarse. La Ec. (18) asegura que si el CAT j de tamaño m opera en el período t , reciba una cantidad mínima de envases por período, mientras que la Ec. (19) asegura que la cantidad de envases en el período t no exceda su capacidad. Dado que la capacidad de un CAT está asociado al espacio físico del mismo, mientras que el período t se refiere justamente a un período de tiempo específico, a los límites inferior y superior de capacidad de los CATs de tamaño m se los multiplica por el factor N_{ret} (máximo número de veces que se vacía el CAT por período) con la finalidad de expresar la capacidades mínima y máxima del CAT por período. Las Ecs. (20) y (21) cumplen el mismo rol para las PRPs, pero dado que sus capacidades son las anuales de procesamiento de plástico, no se requiere multiplicar por ningún factor.

El siguiente conjunto de ecuaciones, desde la Ec. (22) a la Ec. (26) determina el número de viajes que hacen los diferentes tipos de vehículos para transportar los envases vacíos. Las Ecs. (22) y (23) calculan los envases transportados desde los PARs hasta los CATs. Esos viajes se realizan en camionetas (vehículo típico que utilizan los agricultores) cuando la distancia entre los nodos sea menor al parámetro dMa . Si la distancia es mayor al parámetro $dmCRI$, los viajes se realizan en camiones. De manera similar, las Ecs. (25) y (26) definen los viajes entre PARs y las PRPs.

Por otro lado, la Ec. (24) calcula los envases transportados entre un CAT y una PRP donde solo se permite el uso de camiones, pero en este tramo pueden recorrer la distancia que sea necesaria. Esta es también la única conexión entre los nodos donde los envases se transportan compactados. Los envases vacíos que se transportan desde un PAR hasta un CAT o una PRP utilizando camiones, se definen como realizados por una CRI. Para regular el uso de las CRIs como estrategia de recolección de envases, la Ec. (27) establece un límite máximo permitido para ellas; mediante esta ecuación se establece que la cantidad de envases que circulen en los tramos PAR-CAT y PAR-PRP con los vehículos de tipo v_2 , debe ser inferior a una fracción de la totalidad de EVFs que se generan entre todos los nodos en cada período, dada por el parámetro $MCRI$.

La Ec. (28) calcula el número de vehículos tipo v_2 que serán necesarios para cubrir todos los viajes resultantes de la cadena. El cálculo se realiza a partir de los viajes entre cada tramo de la cadena por la distancia recorrida por un factor de carga para contemplar los tramos de ida y vuelta. A la distancia total resultante (en kilómetros) se la divide por el parámetro $kmPER$ para finalmente cuantificar el número de vehículos necesarios y así poder calcular la inversión correspondiente. Es necesario aclarar que este valor es una subestimación de los vehículos que realmente se necesitarán, dado que este no es un modelo de ruteo sino de localización de instalaciones. El ruteo se diseñará en el capítulo 6.

También se incluyen los balances de EVFs en los diferentes nodos de la red. La Ec. (29) es el balance en los nodos generadores de envases, estableciendo que todos los EVFs generados en un período determinado deben ser enviados a un CAT y/o una PRP en ese período. La Ec. (30) es el balance en un nodo CAT, estableciendo que todos los envases que llegan a un CAT se envían a una PRP en el mismo período en el que se reciben, definiendo un stock cero para el siguiente período. Las Ecs. (31) y (32) calculan la cantidad de envases almacenados en un período determinado en un CAT o en una PRP, respectivamente.

El conjunto final de ecuaciones corresponde a los seis términos de costo incluidos en la función objetivo. Las Ecs. (33) y (34) calculan la inversión en CATs y PRPs, en función del tamaño de las instalaciones. La inversión en las enfiadoras utilizadas en los CATs se incluye en la inversión de este nodo, y es independiente del tamaño del CAT que se instale. Se contabiliza este costo para todos los CATs, ya que en la actualidad ninguno cuenta con este equipo. La Ec. (35) calcula la inversión en camiones, ya que, como se ha mencionado, las camionetas se consideran propiedad de los agricultores y no forman parte del problema en estudio.

Los costos operativos de CATs, PRPs y VEHs se calculan como la suma de una contribución fija y una variable. La Ec. (36) calcula el costo operativo de los CATs, donde la parte variable corresponde a la energía eléctrica consumida por las máquinas compactadoras, y la parte fija es el costo de gestión del CAT calculado en función de su tamaño. La Ec. (37) calcula el costo operativo de las PRPs, donde la parte variable depende de la cantidad de EVFs procesados y la parte fija depende del tamaño de la planta. El costo de transporte se calcula con la Ec. (38), donde tanto las contribuciones fijas como las variables se expresan en función del tipo de vehículo. El costo variable corresponde al consumo de combustible para recorrer una dada distancia, la cual es afectada por un factor de carga para tener en cuenta una sobreestimación sobre los kilómetros realizados debido a la ida y la vuelta en cada recorrido. El aporte fijo solo se contabiliza para los camiones y se refiere a los gastos fijos de los vehículos.

4.4.4 Indicadores adicionales

- *Costo operativo específico de los vehículos (USD/km.envase)*

El modelo de la sección anterior se complementa con el cálculo de dos indicadores. El primero se relaciona con distancias recorridas, cantidades de viajes y costos operativos específicos por tipo de vehículo. Para poder predecir la decisión que tomará el modelo en cuanto a la disminución de costos optando por el uso de camionetas o de camiones en los diferentes escenarios que se describirán en las siguientes secciones, se calculó el costo específico operativo (USD/km.envase) de cada tipo de vehículo. Para ello se emplearon los parámetros detallados en la Tabla 13.

Tabla 13. Parámetros de los vehículos considerados en el modelo matemático OptiLOC.

Parámetro	Camioneta	Camión
Capacidad (EVFs/viaje)	40	3.600
Costo del combustible (\$/l)	90	77
Consumo (l/100 km)	10,4	29
Conversión USD a \$		1/100

Utilizando los valores de la Tabla 13 y tomando como referencia valores fijos y arbitrarios respecto a una cierta cantidad de kilómetros y envases a transportar para poder establecer una comparación, por ejemplo 5.000 envases durante 500 km, el costo operativo específico resulta en 0,00234 y 0,0000626 USD/km.envase (o en números más representativos USD 234 por 1000 envases cada 100 km, y 6,26 por cada 1000 envases cada 100 km respectivamente) para la camioneta y el camión, respectivamente. De lo anterior se concluye que el camión es mucho más económico que la camioneta por lo cual, siempre que las restricciones lo permitan, el modelo priorizará realizar CRIs para llevar a cabo la gestión de los envases.

- *Impacto medioambiental asociado al transporte (kg CO₂ equivalente / km)*

El segundo indicador utilizado en el modelo matemático es el cálculo de los kilogramos de CO₂ equivalente emitidos por kilómetro para cada tipo de vehículo. Considerando los datos publicados en Mota et al (2015), el impacto medioambiental asociado al transporte en kg CO₂ equivalente / km es de 0,283 para un transporte tipo van de menos de 3,5 toneladas de peso y de 0,365 para un camión de entre 3, 5 y 7,5 toneladas de peso. Multiplicando estos parámetros por los kilómetros que recorre cada tipo de vehículo en cada escenario planteado, se obtienen los kilogramos de CO₂ equivalente que aportan al medioambiente cada tipo de vehículo.

4.5 PL. Ejemplos de prueba del modelo de localización OptiLOC

Con el fin de mostrar el desempeño del modelo, en este capítulo se desarrollan ejemplos de prueba de pequeñas dimensiones que permiten, capturando la complejidad de los problemas reales, representar gráficamente sus resultados en forma sencilla. Se evalúan diferentes escenarios con estos modelos sencillos.

4.5.1 PL_B. Ejemplo de prueba base

En primer lugar, se define un caso de prueba del modelo de Localización Base denominado PL_B, que consta de una red básica conformada por una estructura de tres niveles con tres nodos en cada nivel. En la próxima sección se analizan varios escenarios adicionales generados por modificación de parámetros de este caso de prueba base.

En la Figura 31 se muestra el esquema completo de la red del ejemplo PL_B, indicando todas las opciones disponibles, tanto en cuanto a las localizaciones como a tamaños de unidades y flujos posibles de envases entre los nodos. La sigla *EVF* se refiere a la cantidad anual de envases generada en cada PAR en cada período t . El índice m indica las capacidades de almacenamiento de los CATs, mientras que el índice n indica la capacidad de procesamiento de plástico de las PRPs en cada período. Las líneas punteadas celestes representan las rutas factibles de transporte de envases vacíos entre PARs y CATs, con las cifras sobre las mismas indicando las distancias (en km) entre los nodos que conectan. Similar información se presenta en azul para las rutas entre CATs y PRPs y en naranja para las rutas entre PARs y PRPs.

Los parámetros del ejemplo se seleccionaron para mostrar su versatilidad, considerando distintas opciones de distancias y de EVFs por partido. Como se aprecia en la Figura 31, la red está conformada con nodos generadores de envases con 3 niveles de disponibilidad de EVFs muy diferentes: el nodo A corresponde a un nodo de gran generación de EVFs, mientras que el nodo B a uno intermedio y el nodo C a uno de baja generación. Considerando el valor de 50 km definido para la distancia de viaje máxima deseable para los agricultores (dMa) (ver Tabla 14), se puede observar que el nodo A se ubica en forma cercana a la posible localización del CAT o PRP de su propio partido (10 km), así como cerca también al nodo B (40 km); es decir que un productor agropecuario podría llevar sus envases con su propio vehículo si el CAT o la PRP se instalara en esos nodos. Además, la distancia de A al nodo C es de 100 km, por lo que si el CAT o la PRP se instalan en este punto, los envases de A solo podrían gestionarse por CRIs.

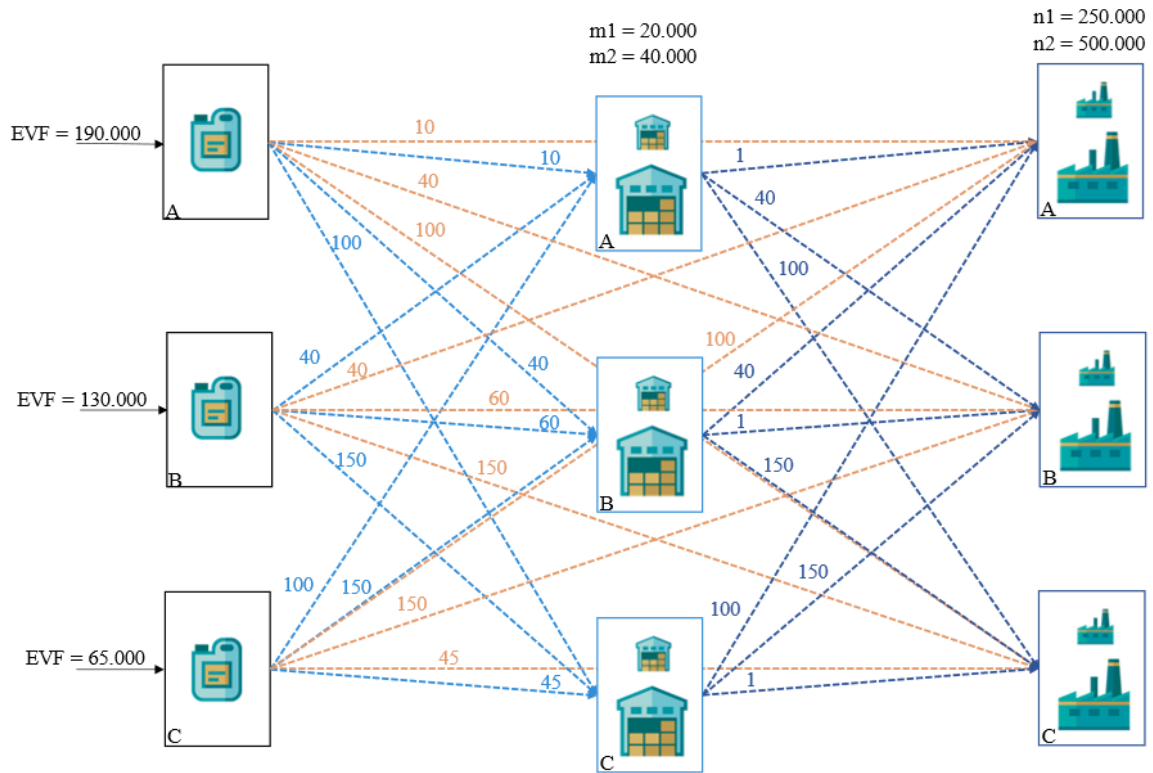


Figura 31. Esquema completo del ejemplo de prueba PL_B.

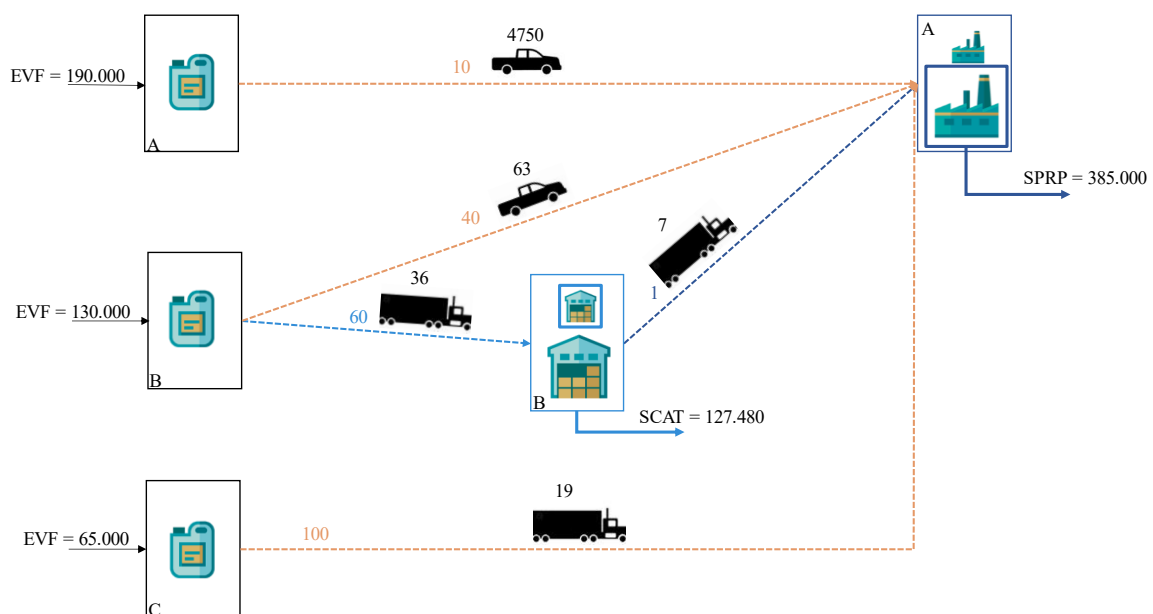
Las distancias para el nodo B se especificaron de tal manera que le resulte más cercano para transportar los envases al nodo A (40 km), que a las ubicaciones del CAT o PRP en su propio partido (60 km) o la del nodo C (150 km). Es decir que para este nodo, dependiendo de la estrategia óptima elegida por el modelo, los productores agropecuarios podrían llevar los envases a un CAT que eventualmente se ubique en el nodo A, o en caso contrario los envases se gestionarían por CRIs a los nodos B o C.

Por último, el partido C tiene una distancia a la posible ubicación del CAT o PRP en su propio partido de 45 km, mientras que con el nodo B y el nodo A los separa 150 y 100 km, respectivamente. En el caso del nodo C, la única forma de que los productores agropecuarios puedan llevar por sí mismos los envases, es si se instala un CAT en su partido, de lo contrario los envases se gestionarían por CRIs. La dimensión y los parámetros del ejemplo PL_B se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Dimensión y parámetros del ejemplo PL_B.

Estructura del modelo	PL_B
Cantidad de partidos o nodos de generación de envases (PARs)	3
Cantidad de localizaciones posibles de CATs (uno por PAR)	3
Número de tamaños posibles para los CATs	2
Cantidad de localizaciones posibles de PRPs	3
Número de tamaños posibles para las PRPs	2
Horizonte de tiempo (períodos)	3
Máximo porcentaje de EVFs gestionados por CRI	50
Distancia de viaje máxima deseable para los productores agropecuarios (km)	50
Distancia de viaje mínima permitida para las CRIs (km)	50

En la Figura 32 se grafican los resultados obtenidos por el modelo para el ejemplo PL_B. Como se puede observar, la totalidad de los envases del partido C y parte de los del partido B se gestionan mediante CRIs, utilizando así los camiones para el transporte del 50% de los envases que se generan en total entre los 3 nodos. Los camiones transportan 65.000 envases por período (19 viajes) desde el nodo C y 127.480 (36 viajes) desde el nodo B. Los agricultores de los nodos A y B pueden transportar sus envases en sus propias camionetas a la PRP localizada en el nodo A, ya que las distancias que deben recorrer son de 10 y 40 km respectivamente, ambas inferiores a los 50 km estipulados en el parámetro dMa . La PRP se localiza en el nodo de mayor generación de envases, ya que, al disponer de un espacio para almacenarlos previo a su procesamiento, las PRPs actúan como CATs y el número de instalaciones totales necesarias para la gestión de los EVFs resultan en dos unidades. En la Figura 32 y posteriores, los números sobre los vehículos indican la cantidad de viajes por período.

**Figura 32.** Esquema del resultado del modelo para el ejemplo PL_B.

De este primer ejemplo se pueden extraer algunas conclusiones:

- 1) La PRP tiende a instalarse en el nodo de mayor generación lo cual es razonable para evitar el transporte de envases en largas distancias.
- 2) La instalación de un CAT en el nodo B no hubiera sido necesaria si se disminuyera la distancia mínima permitida para realizar CRIs. En ese caso los envases hubieran sido transportados directamente desde el partido B a la PRP del nodo A, recorriendo 40 km.

Este pequeño ejemplo de estudio de solo 3 nodos cuenta con 344 variables totales, 36 variables binarias, 246 restricciones totales. La función objetivo es de USD 995.138 y el tiempo necesario para alcanzar un GAP de 0 % fue de 0,079 s.

4.5.2 PL_B-Ei. Escenarios derivados del ejemplo prueba base

Para realizar un análisis del comportamiento del modelo, se definen varios escenarios adicionales variando parámetros del ejemplo PL_B, que se denominan PL_B-Ei, donde i varía de 1 a 7. En la Tabla 15 se presentan los valores de los parámetros que cambian respecto del caso base (PL_B) y que definen estos nuevos escenarios de estudio.

Tabla 15. Definición de los escenarios PL_B-Ei (i = 1 a 7) como variaciones de PL_B.

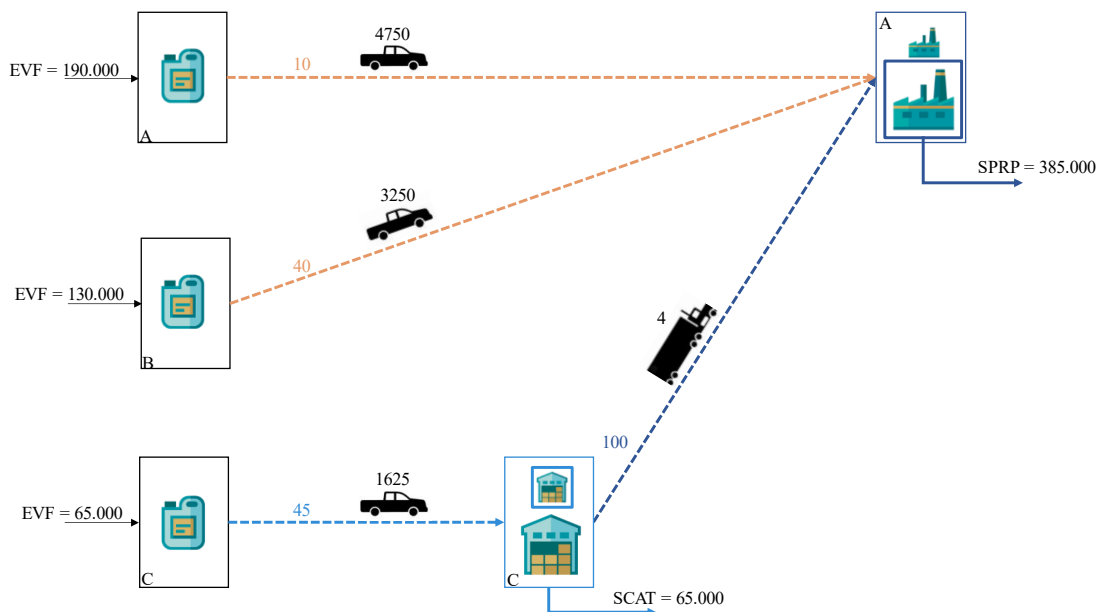
Nombre	Descripción	Nuevo valor del parámetro modificado
PL_B-E1	Sin CRIs	$MCRI = 0\%$
PL_B-E2	Sin restricciones a las CRIs	$MCRI = 100\%$
PL_B-E3	Sin CRIs y mayor distancia máxima del productor	$MCRI = 0\%$; $dMa = 150$ km (sin límite)
PL_B-E4	Sin restricciones a las CRIs y mayor distancia máxima del productor	$MCRI = 100\%$; $dMa = 150$ km
PL_B-E5	Sin restricciones a las CRIs, sin inversión en camiones y mayor distancia máxima del productor	$MCRI = 100\%$; $dMa = 150$ km; $cinVEH = 0$ USD
PL_B-E6	Sin restricciones a las CRIs, sin inversión en camiones, mayor distancia máxima del productor y menor distancia mínima para las CRIs	$MCRI = 100\%$; $dMa = 150$ km; $cinVEH = 0$ USD; $dmCRI = 0$ km
PL_B-E7	Sin restricciones a las CRIs, mayor distancia máxima del productor y menor distancia mínima para las CRIs	$MCRI = 100\%$; $dMa = 150$ km; $dmCRI = 0$ km

Para este ejemplo de prueba sencillo, los nuevos escenarios solo difieren del PL_B en el valor de uno o más datos, por lo que los modelos son idénticos, y por ende las dimensiones de los mismos, así como los tiempos de resolución. A continuación, en la Tabla 16 se presentan los valores óptimos de la función objetivo y cantidades de CATs y PRPs para los escenarios definidos en la tabla anterior. En lo que sigue se discute cada uno de estos casos.

Tabla 16. Resultados de los escenarios PL_B y PL_B-Ei (i = 1 a 7).

Nombre	Función objetivo (USD)	Número de CATs y localización	Número de PRPs y localización
PL_B	995.138	1(B)	1(A)
PL_B-E1	1.092.565	1(C)	1(A)
PL_B-E2	979.366	1(C)	1(B)
PL_B-E3	926.538	-	1(A)
PL_B-E4	926.538	-	1(A)
PL_B-E5	799.366	1(C)	1(B)
PL_B-E6	758.614	-	1(A)
PL_B-E7	926.538	-	1(A)

PL_B-E1. En este escenario se modifica el parámetro *MCRI* de 50 a 0, lo que implica la prohibición de realizar CRIs, es decir, que todos los envases deben gestionarse por medio de los productores agropecuarios a través de un CAT o una PRP. Por lo tanto, la única opción disponible para el retiro de envases desde los PARs es con las propias camionetas de los agricultores, siempre que recorran menos de 50 km hasta un CAT o una PRP. En este escenario, el modelo vuelve a localizar la PRP en el nodo de mayor generación (A) para disminuir costos de transporte y, además, localiza un CAT de tamaño chico (*m1*) para el almacenamiento de los envases del PAR C. Debido a que la distancia entre la PRP y los PARs A y B es menor a 50 km, el transporte de los envases de esos nodos puede realizarse con camionetas. La función objetivo aumenta respecto a la del escenario PL_B por el aumento en los costos de transporte ya que, como se mostró en la sección 4.4.4, el costo de transporte en USD por kilómetro y por envase en las camionetas es superior que en los camiones. En la Figura 33 se muestra el esquema del resultado.

**Figura 33.** Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E1.

PL_B-E2. En este escenario se plantea el caso opuesto al PL_B-E1, es decir, se permite gestionar el 100% de los envases por medio de CRIs. Como resultado se obtiene que la función objetivo mejora respecto al PL_B y al PL_B-E1, porque es más económico transportar los envases con camiones. Un punto para destacar es que si bien se permite gestionar el 100% de los EVFs con CRIs (es decir, con camiones), como los 18 viajes que se realizan desde C van completos (100% de carga), los 200 envases restantes se transportan con las camionetas hacia el CAT del mismo partido C, en lugar de que un camión haga un viaje adicional casi vacío. A pesar de que la función objetivo mejora, con los datos de este pequeño caso de estudio sucede algo que en principio resulta contraintuitivo, y es que los envases del nodo A vayan hasta el CAT de C para ser compactados y así transportarlos en 11 viajes (uno por mes aproximadamente) hasta la PRP del nodo B. En total cada envase viajó 250 km, en lugar de recorrer solo los 40 km que hay entre A y B. Esto sucede por la restricción de que las CRIs recorran solo aquellos tramos de más de 50 km. El esquema completo del resultado del escenario analizado se muestra en la Figura 34.

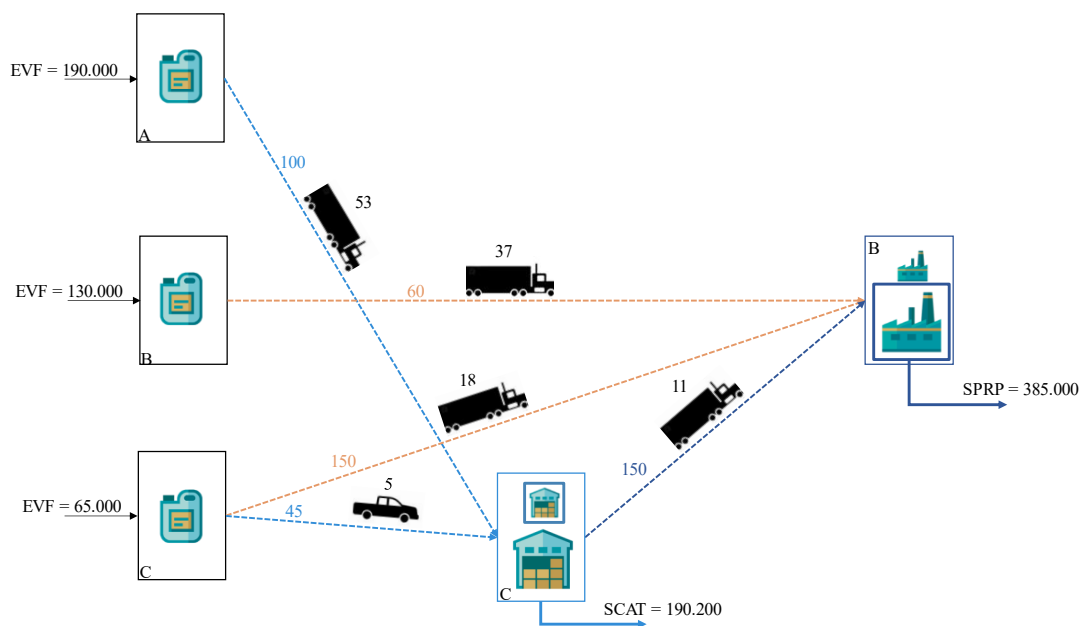


Figura 34. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E2.

PL_B-E3. En este escenario no se permite la realización de CRIs al igual que en el PL_B-E1, pero se amplía la *dMa* a 150 km, que para los datos del escenario de estudio sería equivalente a que no se imponga ningún límite en las distancias que recorran los agricultores para devolver sus envases. Gracias a esta relajación en la restricción de la distancia máxima que pueden recorrer los productores agropecuarios, el resultado del modelo indica que la solución óptima implica que cada agricultor lleve sus envases hasta la PRP localizada en el nodo A, como se observa en la Figura 35. Este escenario mejora aún más la función objetivo ya que no es necesario invertir en camiones como en los escenarios anteriores.

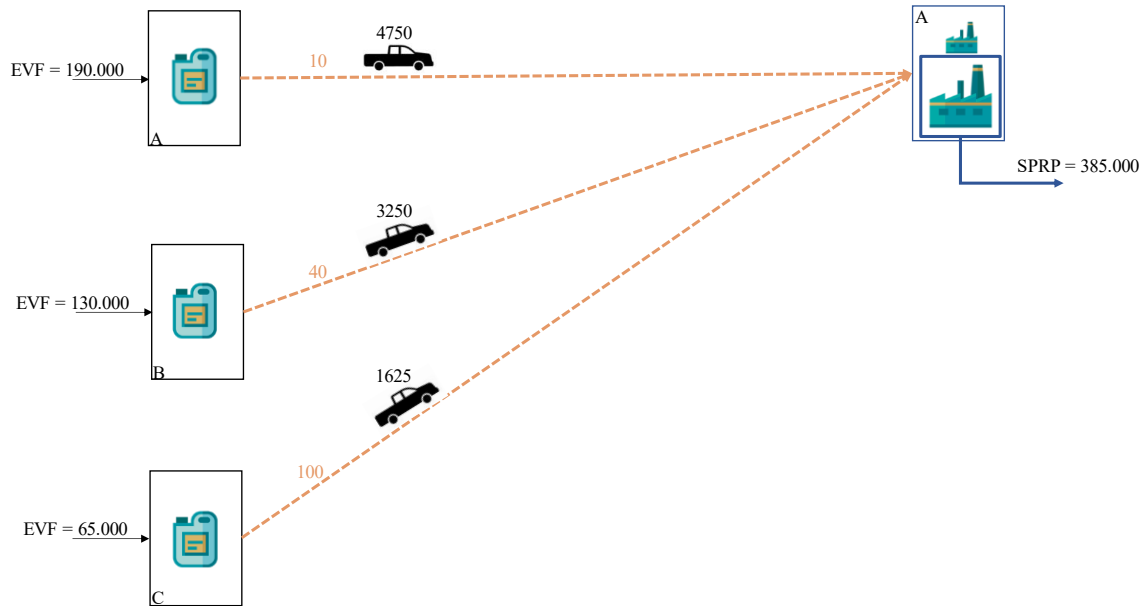


Figura 35. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E3.

PL_B-E4. En este escenario se combinan los cambios en los parámetros *MCRI* y *dMa*. Se permite que el 100% de los envases se gestione mediante CRIs y además se amplía la *dMa* a 150 km. Los resultados indican que, si bien se permite la alternativa de realizar CRIs, no se realiza ninguna, ya que el costo de inversión en los camiones y sus costos operativos, superan los costos operativos del transporte por camionetas que es de USD 158.457, valor inferior al de la inversión de un camión (USD 180.000). La estructura resulta idéntica a la del PL_B-E3. Al relajar la *dMa*, los agricultores pueden llevar todos sus envases a la PRP ubicada en A. Para evaluar el impacto del costo de inversión del vehículo en la estructura, a continuación se modelará el PL_B-E5 en el cual se disminuye el valor de la inversión en camiones a cero.

PL_B-E5. Si el costo de inversión del camión se reduce a USD 0 (correspondería a un caso donde los camiones estarían disponibles de algún modo y su adquisición no sería parte del problema), se obtiene el resultado más esperable, e idéntico al PL_B-E2, ya que siempre que se pueda utilizar el camión se hará, excepto que su costo de inversión sea alto en comparación al costo operativo de las camionetas.

PL_B-E6. En este escenario se quiere estudiar la combinación de la variación en los siguientes parámetros:

- *MCRI* = 100 %: se permite que todos los envases se gestionen por CRIs
- *dMa* = 150 km: no hay límite para la distancia que puede recorrer el agricultor
- *cinVEH* = 0 USD: se asume que el camión ya existe y que, por lo tanto, no se paga.

- $dmCRI = 0$ km: se disminuye a 0 km la restricción de la distancia mínima que pueden hacer las CRIs.

El resultado de la red se puede observar en la Figura 36. Ahora sí, con las restricciones en distancia relajadas y sin contar la inversión del camión, se obtiene lo que se hubiera esperado obtener cuando se permite el 100% de CRIs. Es decir, que cada partido transporte sus envases por CRIs a la PRP. Cabe aclarar que, si bien con los datos considerados en el modelo matemático, es la opción más atractiva desde el punto de vista económico, no lo es desde el punto de vista medioambiental ni desde lo operativo, ya que la realización de CRIs requiere numerosas acciones de organización y difusión. Además, solo para un caso de 3 partidos, se necesitarán realizar 109 CRIs por año. Este número aumentaría drásticamente si esta práctica se replica a los 100 partidos de la pBA que generan EVFs.

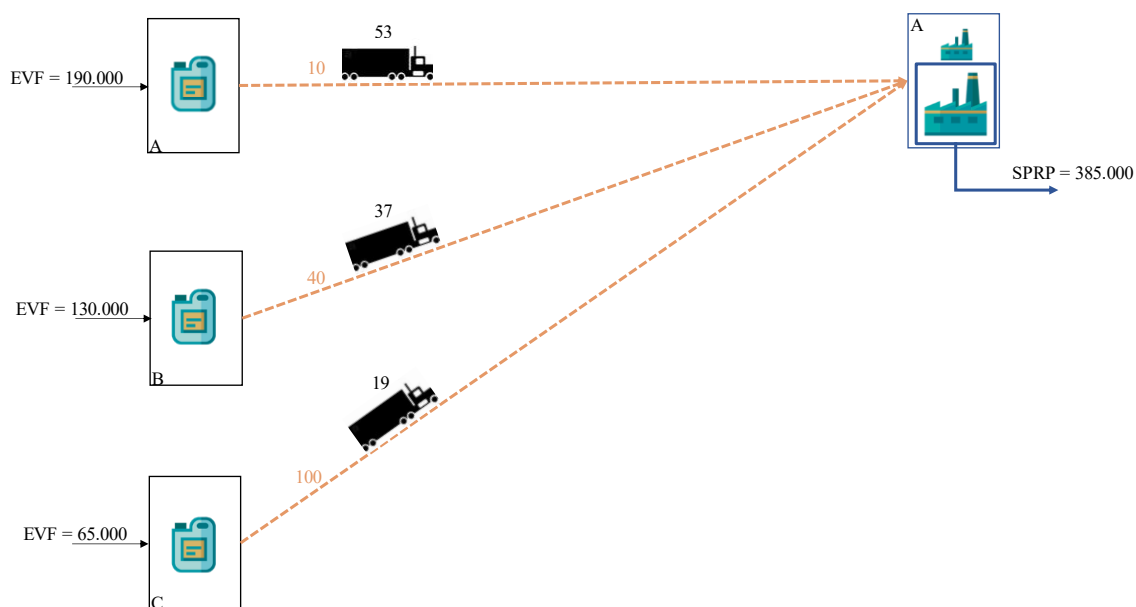


Figura 36. Esquema del resultado del modelo para el escenario PL_B-E6.

PL_B-E7. Solo para comprobar lo concluido en el escenario anterior, si ahora al PL_B-E6 se le incorpora el costo en la inversión en los camiones, se obtiene el mismo resultado que en el PL_B-E3. Es decir, aun permitiendo que se gestionen el 100% de los envases por CRIs, y relajando las restricciones en distancia tanto para las CRIs como para los agricultores, la minimización de la función objetivo indica que es más económico que los productores agropecuarios lleven el 100% de sus envases en sus camionetas los kilómetros que sean necesarios, en comparación a comprar un camión y usarlo para transportar el 100% de los envases. Pero, nuevamente, es un resultado particular para este pequeño caso de estudio. En el capítulo siguiente, donde se aplica el modelo a la región del SOB y a la pBA, esto no sucederá.

4.6 Conclusiones

En este capítulo se presenta un modelo matemático de optimización para el diseño y operación de una red de LI de recolección de EVFs. Existen diferentes estrategias logísticas para desarrollar un plan de manejo de envases, a través de la distribución invertida o con una red de centros de recolección. En esta tesis se optó por la red de centros de recolección ya que es la que se propone en la legislación actual en Argentina. La adquisición de los datos de entrada del modelo matemático fueron una parte central en el trabajo de esta tesis, con el fin de que los resultados obtenidos en los casos de aplicación resulten lo más cercanos a la realidad posible, más allá de que a futuro, con la colaboración de aquellas instituciones que deseen utilizar las herramientas aquí desarrolladas, los datos puedan actualizarse mediante cambios en una planilla Excel.

El modelo desarrollado consta de un conjunto de ecuaciones algebraicas y lógicas que determinan la estructura óptima de la red (asignación de unidades y sus capacidades), así como ecuaciones algebraicas que calculan los costos (fijos y operativos), a lo largo del horizonte de tiempo. A partir de los datos calculados de EVFs para cada partido i en cada período t , el modelo define la localización y tamaño de los CATs y PRPs, dados por las variables X_{jmt} e Y_{mt} , junto a la cantidad de envases que se transportan entre las distintas unidades. Para demostrar su performance, se definió un ejemplo de prueba base, que consta de una red básica conformada por tres niveles de estructura con tres nodos por cada nivel. Además, se analizaron varios escenarios adicionales derivados por modificación de diferentes parámetros del caso base.

Capítulo 5

Casos de Estudio del OptiLOC

5.1 Introducción

En este capítulo se utiliza el modelo presentado anteriormente para realizar el diseño de la red de LI de EVFs a escala regional en el SOB y a escala provincial en la pBA. El SOB coincide geográficamente con la sexta sección electoral de la provincia. Está conformado por 22 partidos y al momento del desarrollo de los resultados de esta tesis, ya se encuentran instalados 11 CATs en la región. La pBA por su parte está conformada por 135 partidos y al momento de este análisis, ya se encuentran en el área en estudio 38 CATs que se han ido habilitando gradualmente a lo largo de los últimos 4 años desde la aprobación del decreto reglamentario de la Ley N° 27.279, así como 2 PRPs en el noreste de la pBA, en los partidos de Lanús y Coronel Brandsen.

5.2 Ámbito de aplicación

Para resolver la red de LI de EVFs en ambas áreas geográficas, los CATs y PRPs existentes se fijan en la formulación del modelo y se calcula el número, ubicación y tamaño de las instalaciones adicionales. A diferencia de los CATs, que son unidades relativamente simples y de fácil instalación, siempre siguiendo los lineamientos del Anexo 2 de la Resolución 505/19 de OPDS, las PRPs son industrias de tercera categoría de acuerdo a la clasificación del Nivel de Complejidad Industrial establecido por la Ley Provincial N° 11.459 de Radicación Industrial. Por esta razón, los partidos que pueden ser candidatos para su ubicación deben cumplir con ciertas características, en particular tener un parque industrial (donde todos los servicios están disponibles) y preferiblemente estar ubicado cerca de los mercados de plástico reciclado.

En el caso de estudio del SOB, el volumen de envases generados asumiendo la situación ideal de ingresar el 100% de ellos al sistema de gestión, no alcanzaría para que sea rentable instalar una nueva PRP (Tobaldo, 2021). Por estas razones, en el caso SOB no se considera la opción de localizar una nueva PRP. Por su parte, en el caso pBA solo se consideran 10 sitios posibles para la ubicación de las PRPs: Bahía Blanca, Coronel Brandsen, Cañuelas, Carlos Casares, Chivilcoy, Junín, Lanús, Olavarría, Pergamino y Tandil. Esta elección se basa en que las ciudades de Coronel Brandsen y Lanús poseen una PRP actualmente; en Pergamino y Junín funcionaron PRPs hasta hace unos años (la de Pergamino se puso a la venta y la de Junín sufrió un incendio), de modo que

se tuvieran en cuenta como opciones posibles para la localización. El resto de las ciudades se las eligió porque cuentan con parques industriales y se localizan geográficamente en el centro de la franja sudoeste-noreste de la pBA. Finalmente, y dado que el modelo entre otros aspectos minimiza distancias, a menos que algún distrito tenga una disponibilidad muy grande de envases no tendría sentido considerar posibles localizaciones que se ubiquen en los extremos de la provincia.

Todas estas consideraciones para limitar el número de posibles localizaciones de las PRPs, son importantes ya que acotan a su vez la cantidad de variables de decisión binarias del modelo, y por ende su complejidad y el tiempo de cómputo requerido para su resolución. Otro elemento que justifica la elección de las opciones posibles para ubicar nuevas PRPs, es que se realizaron pruebas preliminares con el modelo usando como posibles ubicaciones de las plantas las ciudades de la provincia que tienen parques industriales, y se pudo comprobar que el modelo efectivamente tiende a localizar las PRPs en ciudades del centro de la provincia.

Dos importantes simplificaciones adicionales fueron implementadas en el modelo para hacer frente a los casos de estudio. La primera consiste en eliminar el subíndice t en la variable binaria y_{Int} . Esto implica no considerar la dependencia temporal del momento de instalación de las PRPs. Se trata de una simplificación bastante razonable, ya que es de esperar que las PRPs, que son unidades de gran inversión, se instalen al principio y permanezcan siempre abiertas en el horizonte de trabajo. Cabe aclarar que esta situación se verifica en todas las pruebas preliminares realizadas con el modelo. Al disminuir la cantidad de variables binarias, se logra mejorar el tiempo de resolución del modelo. La segunda simplificación, que permite también acotar significativamente los tiempos de cómputo de los casos de estudio, es considerar como continuas, las variables del número de viajes, las cuales naturalmente son enteras. Esta simplificación es también razonable, ya que el número de viajes de los vehículos en el horizonte de trabajo es un valor muy alto, y no se comete un error de consideración al redondear el valor al entero más cercano. Además, el ruteo de dichos viajes se optimizará con la herramienta de modelado matemático que se presentará en el siguiente capítulo.

Los casos de estudio se implementaron en el software GAMS 35.2.0, usando CPLEX 12 como solucionador. Las ejecuciones se realizaron en una computadora con un procesador Intel de 11ava generación, tipo i7-11370H CPU 3.30 GHz, con 40 GB de RAM. Para plasmar los resultados en mapas se utilizó QGIS 3.22.5.

5.3 Proyección de la generación de EVFs en los próximos 10 años

Un dato fundamental que se requiere cargar en el modelo es el perfil de EVFs generados a lo largo del horizonte de trabajo. Se obtuvieron dos perfiles con el objetivo de compararlos y elegir el más adecuado. Para el primero se partió del cálculo explicado en el capítulo anterior y se realizó una extrapolación del perfil de generación de EVFs a 10 años de horizonte de trabajo mediante regresión lineal, lo que resultó en un incremento del 9,5% como se muestra en la Figura 37 (ver Tabla A.8 del Apéndice). Lamentablemente este crecimiento no se puede comparar con los datos reales del pasado, ya que no existen declaraciones juradas que permitan conocer los envases utilizados en el año 2009, como para contrastarlas con las del 2019 presentadas por los registrantes. Este es un requerimiento que se formaliza en la Resolución 505/19 impulsada por la Autoridad Competente de la Ley N° 27.279 en la pBA.

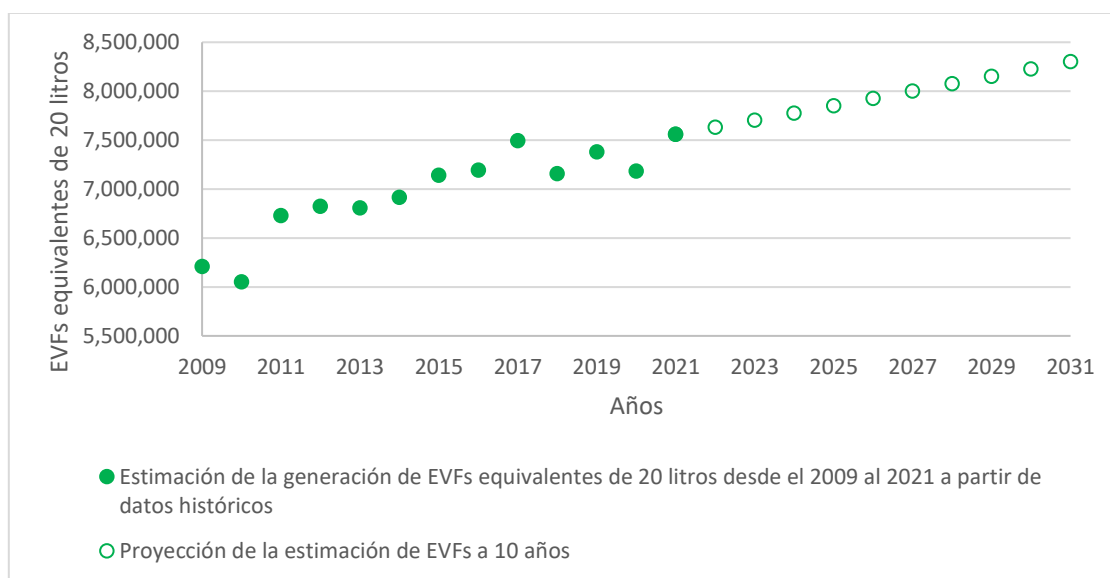


Figura 37. Proyección de la generación de EVFs en los próximos 10 años.

La variación en la cantidad de EVFs generados puede deberse a un conjunto de factores. Podría aumentar como consecuencia de un incremento en la superficie sembrada de los cultivos agrícolas y forrajeros (como ha ocurrido en los últimos 10 años; ver Figura 38), o debido a un aumento de la dosis de fitosanitarios que se aplica por hectárea, o por ambos factores a la vez. También puede producirse una disminución en la generación de envases, ya sea por el aumento de prácticas agroecológicas, por un incremento de la comercialización de los fitosanitarios en estado sólido, o si hubiera un incentivo para la venta de fitosanitarios líquidos a granel en grandes recipientes de 200 litros, etc.

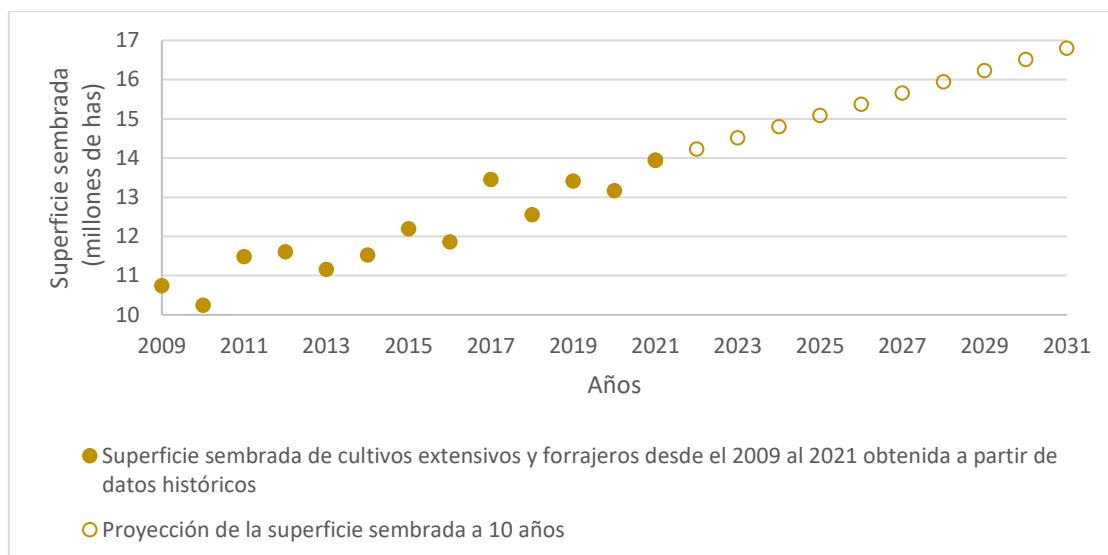


Figura 38. Proyección de la superficie sembrada en los próximos 10 años.

La combinación de todos estos factores hace que la estimación de lo que sucederá a futuro no sea una tarea sencilla, por lo que se decidió obtener un segundo perfil de generación de EVFs a partir de estimar el crecimiento de la superficie sembrada en la próxima década. Esto se hizo asumiendo que el crecimiento futuro de la superficie sembrada de los distintos cultivos continuará con el mismo ritmo que tuvo en los últimos 10 años (ver Figura 38). Esta extrapolación pronostica un aumento en la superficie sembrada del 18,5% en 10 años. Si bien puede parecer alto, es un aumento inferior al establecido en el Plan Estratégico “Argentina Líder Agroalimentario 2010-2020”, donde se plantea un incremento en la superficie sembrada de granos de un 27% con la modalidad de siembra directa (MAGyP, 2010).

Con esta extrapolación de las hectáreas totales se calcularon los envases que se generarían, utilizando un valor promedio para la dosis de empleo de fitosanitarias de los cultivos agrícolas y forrajeros. El procedimiento para la estimación de la dosis promedio para cultivos forrajeros se explicó en la sección 4.3.2. Para los cultivos agrícolas, teniendo en cuenta los 5 cultivos más sembrados en la pBA (cebada, girasol maíz, trigo y soja) y las dosis de los mismos brindadas por las Agencias de INTA, se calculó un promedio ponderado entre las mismas, teniendo en cuenta que en los últimos 5 años los porcentajes de siembra en la pBA fueron: cebada 9%, girasol 8%, maíz 20%, soja 44% y trigo 19%.

De esa manera se obtiene el perfil mostrado en la Figura 39, que pronostica una mayor generación de envases (perfil representado con cruces). Esto se debe a que, por un lado, se parte de extrapolar superficie (la cual aumenta un 18,5% en 10 años) y, por otro a que el cálculo de envases se realiza a partir de dosis promedio. En la Figura 39 se puede observar cómo al estimar la

generación de EVFs usando dosis promedio, se sobreestima la cantidad de envases de los últimos años. A partir del año 2017 los datos representados con triángulos (cálculo de envases a partir de dosis promedio) sobrepasan a los representados con cuadrados (cálculo de envases con dosis específicas de cada cultivo). En función de los perfiles obtenidos y teniendo en cuenta la información de la declaración jurada del año 2019 (ver Figura 39), se concluye que la extrapolación que parece ser más realista es aquella en la cual se estima que los envases aumentarán con el tiempo, a un ritmo del 9,5% en 10 años (perfil representado con círculos).

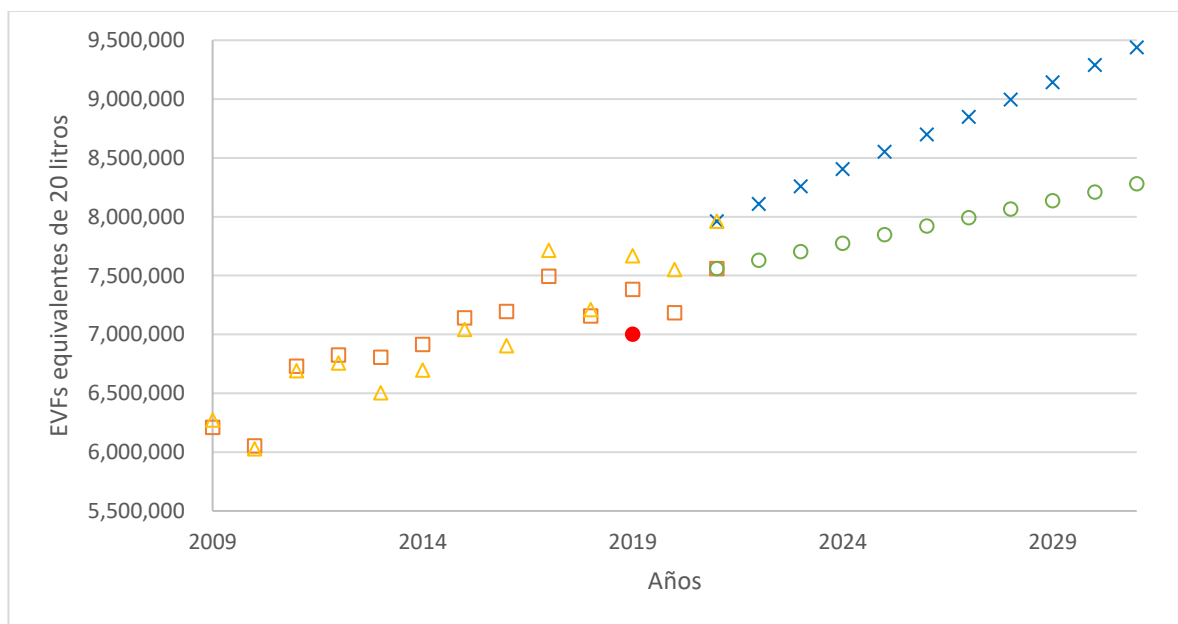


Figura 39. Comparación de proyecciones de la generación de EVFs en los próximos 10 años. Símbolos: (○) proyección extrapolando envases; (×) proyección extrapolando superficie y usando dosis promedio; (□) estimación de envases provenientes de la producción de cultivos agrícolas y forrajeros con datos históricos; (△) estimación de envases provenientes de la producción de cultivos agrícolas y forrajeros con dosis promedio; (●) dato de Giraldes y colab. (2021).

5.4 EL SOB. Casos de estudio del modelo de localización OptiLOC en el sudoeste de la pBA

El SOB tiene una extensión de 101.461 km² y 599 km de distancia por ruta entre los centros geográficos de los partidos más distantes. En la campaña agrícola 2020/21, en conjunto los 22 partidos del SOB generaron 1.975.745 de EVFs, según surge de los cálculos explicados en el capítulo anterior. En la actualidad existen 11 CATs habilitados y en funcionamiento para gestionar esa cantidad de envases, los cuales están localizados en los partidos de Bahía Blanca, Benito Juárez, Coronel Suárez, Daireaux, Laprida, Patagones, Pellegrini, Puan, Saavedra, Tres Arroyos y Villarino, como puede verse en la Figura 40. En la Tabla 17 se muestra la capacidad física de cada CAT, la capacidad usada en el modelo matemático (asumida como mensual) y su categorización respecto a los 4 tamaños de CATs utilizados.

Si se analiza la matriz de distancias por ruta entre el centroide geográfico de cada partido y la localización del CAT más cercano a este punto que estaría disponible para llevar los EVFs, se obtiene el histograma presentado en la Figura 41. En el mismo se puede observar que las distancias de 10 partidos (y por ende la de los productores en cada uno como consecuencia de la asunción que éstos se localizan en su centroide) son mayores a 50 km.

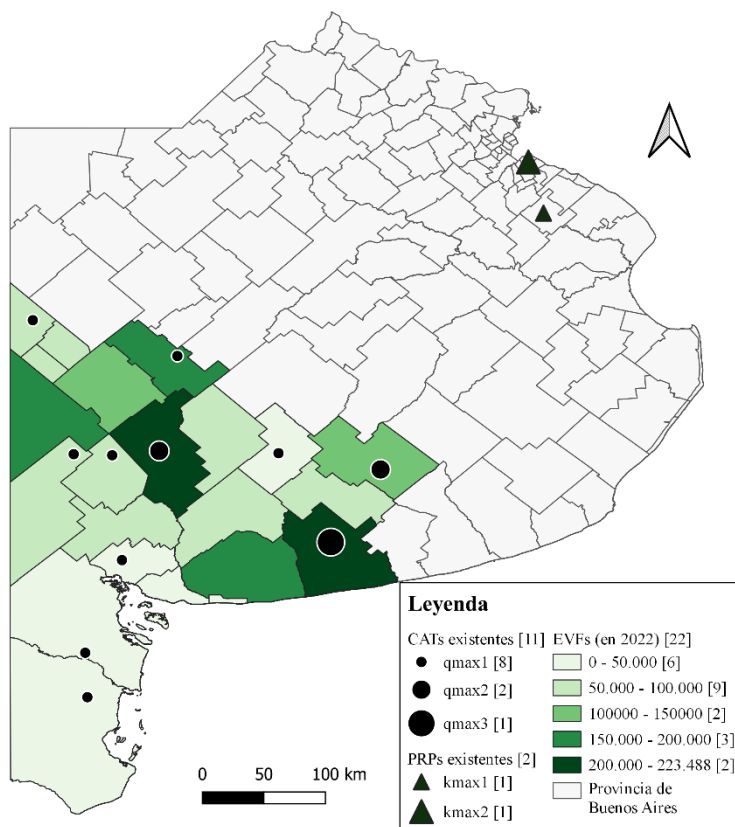


Figura 40. Red actual del sistema de gestión de EVFs en el SOB.

Tabla 17. CATs considerados en los casos de estudio del SOB.

Partidos del SOB	Capacidad física (envases enteros)	Año de Inauguración*	Capacidad en OptiLOC** (q_{max_m}) (envases enteros)	Categorización según tamaño en OptiLOC**
Bahía Blanca	10.000	2021	10.000	m_1
Benito Juárez	15.000	Antes del 2019	20.000	m_2
Cnel. Suárez	20.000	2021	10.000	m_1
Daireaux	8.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Laprida	3.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Patagones	3.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Pellegrini	4.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Puan	10.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Saavedra	2.000	Antes del 2019	50.000	m_3
Tres Arroyos	50.000	2021	10.000	m_1
Villarino	5.000	Antes del 2019	20.000	m_2

* El registro sobre la disponibilidad de CATs y sus capacidades se inició en el año 2018.

** Modelo matemático descrito en el capítulo 4.

Esta distancia es muy importante para el buen funcionamiento del sistema de gestión ya que la devolución de los envases vacíos a los CATs por parte de los productores es el primer paso dentro de cadena de LI. Si esta distancia es muy grande, puede desalentar la devolución y por lo tanto propiciar el fracaso del sistema de gestión. Resulta razonable pensar que su valor sea similar a la distancia que los productores deben recorrer para adquirir los fitosanitarios, por lo que en esta tesis se fijó en 50 km.

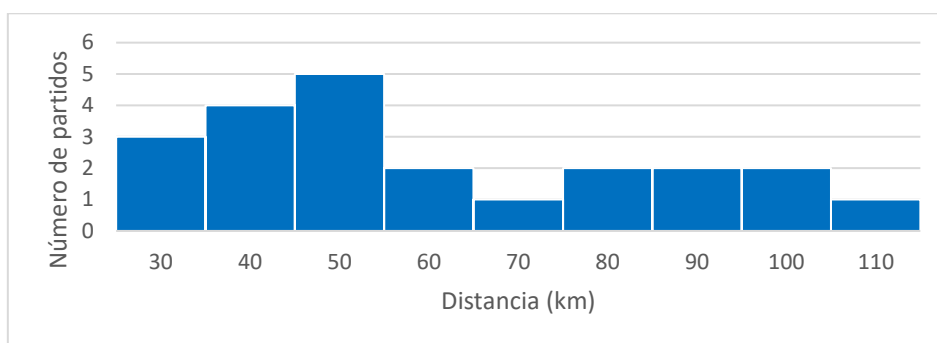


Figura 41. Distancias mínimas que tendrían que recorrer los productores agropecuarios de los partidos del SOB para devolver los EVFs a un CAT, a diciembre de 2022.

Si la tendencia en la generación de envases crece al ritmo estimado en esta tesis, teniendo en cuenta el año de inauguración de los CATs y las capacidades de los mismos usadas en el modelo matemático, la Figura 42 muestra que a partir del año 2022 la capacidad total de los CATs del SOB no sería suficiente para almacenar todos los EVFs generados. Por este motivo, se aplica el modelo matemático desarrollado para estudiar, a través de distintos escenarios, las mejores alternativas para contribuir a la resolución de esta problemática.

Un parámetro clave en la gestión de los envases es el porcentaje que se recupera a través de campañas itinerantes (*MCRI*). Este parámetro permite incrementar de forma sencilla la capilaridad del sistema de gestión, pero como contrapartida se corre el riesgo de contar con envases vacíos dispersos en los campos del SOB contaminando el ambiente. Esto sucedería porque los productores tendrían menos incentivos a devolver los EVFs al tener que hacerlo en localizaciones y momentos específicos determinados por los responsables de las CRIs, en lugar de tener ellos la libertad de decidir cuándo llevar sus envases a los CATs. Por consulta con quienes trabajan en esta problemática en la provincia⁶, se considera en esta tesis que un 25% de envases gestionados a través de CRIs constituye un valor equilibrado para dicho parámetro. De todos modos, se estudiará el efecto de distintos porcentajes de *MCRI* sobre la estructura de la red, así como el de compactar los envases en los CATs previo a su transporte a las plantas de reciclado.

⁶ Funcionarios del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (actual Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires).

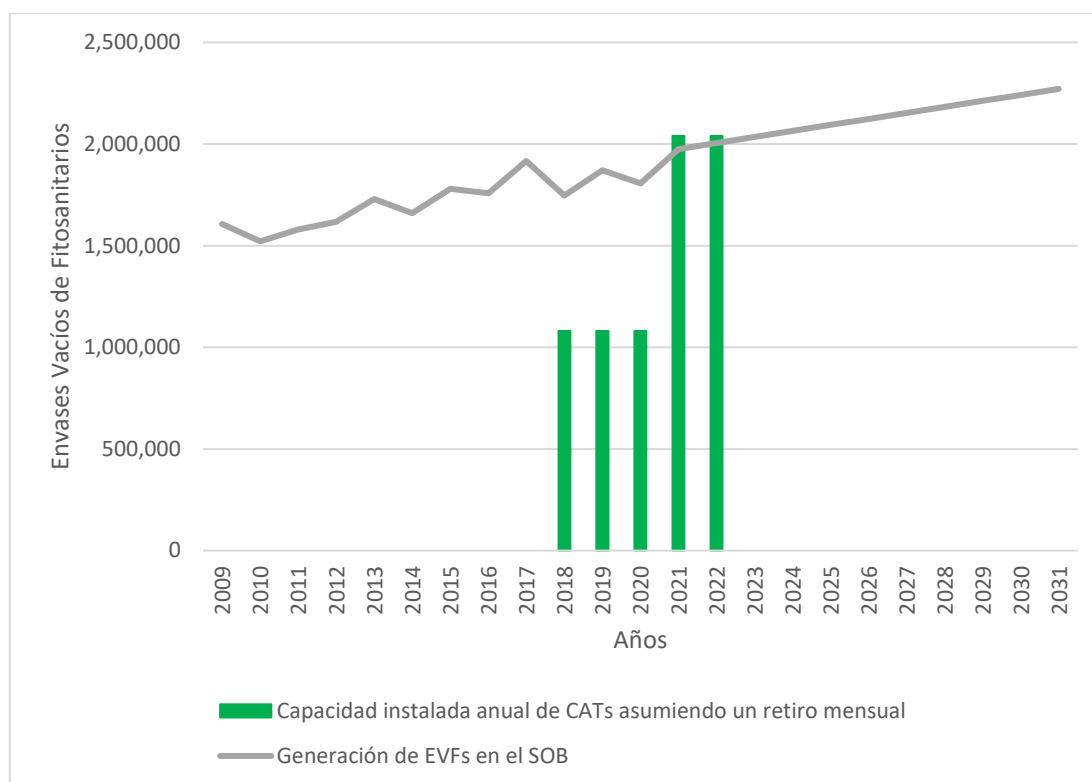


Figura 42. Generación de EVFs en el SOB y capacidad instalada anual de CATs asumiendo un retiro mensual.

Por todos estos motivos el SOB y su red de CATs constituye un problema de dimensiones importantes y de interés para esta tesis. Para abordar el problema de la gestión de EVFs en esta región, se desarrollarán una serie de estudios según se resume en la Tabla 18, donde para la denominación de cada caso se estableció la siguiente estructura:

Tipo de caso_Área de aplicación-Escenario

Donde, por ejemplo, en el caso de estudio *EL_SOB-E1*, *EL* representa el tipo de caso (Estudio de Localización), *SOB* el área de aplicación y *E1* el escenario particular.

Los estudios realizados contemplan los siguientes casos:

- EL_SOB-E1 a E3. Optimizan la operación de la red actual.
- EL_SOB-E4. Diseña la ampliación óptima de dicha red considerando la localización y tamaño de las unidades existentes en la actualidad.
- EL_SOB-E5. Rediseña la red sin considerar las unidades existentes.
- EL_SOB-E6 a E18. Estudian la influencia de las CRIs en la red actual.
- EL_SOB-E19. Estudia el efecto de compactar los EVFs en los CATs.

Para todos estos casos de estudio el coeficiente de descuento para el cálculo de la función objetivo se basó en la tasa de interés del 10%.

Tabla 18. Descripción de los casos de estudio del SOB.

Nombre del caso	Descripción del caso				
	Modelo	Estado del envase	Parámetro <i>MCRI</i> (%)	Parámetro <i>dMa</i> (km)	Parámetro <i>dmCRI</i> (km)
EL_SOB-E1	Operación	Sin compactar	25	50	50
EL_SOB-E2	Operación	Sin compactar	25	Sin límite	Sin límite
EL_SOB-E3	Operación	Sin compactar	52 (Min. Factible)	50	50
EL_SOB-E4	Ampliación	Compactado	25	50	50
EL_SOB-E5	Rediseño	Compactado	25	50	50
EL_SOB-E6	Ampliación	Compactado	0	50	50
EL_SOB-E7	Ampliación	Compactado	1	50	50
EL_SOB-E8	Ampliación	Compactado	5	50	50
EL_SOB-E9	Ampliación	Compactado	10	50	50
EL_SOB-E10	Ampliación	Compactado	20	50	50
EL_SOB-E11	Ampliación	Compactado	30	50	50
EL_SOB-E12	Ampliación	Compactado	40	50	50
EL_SOB-E13	Ampliación	Compactado	50	50	50
EL_SOB-E14	Ampliación	Compactado	60	50	50
EL_SOB-E15	Ampliación	Compactado	70	50	50
EL_SOB-E16	Ampliación	Compactado	80	50	50
EL_SOB-E17	Ampliación	Compactado	90	50	50
EL_SOB-E18	Ampliación	Compactado	100	50	50
EL_SOB-E19	Ampliación	Sin compactar	25	50	50

**MCRI*: porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs. *dMa*: distancia máxima deseable que debiera recorrer el productor agropecuario.

5.4.1 EL_SOB-E1 a E3. Optimización de la operación de la red actual de CATs y PRPs

En esta sección se estudia la red actual de CATs y PRPs en el SOB, en tres escenarios diferentes. Para definir estos casos de estudio y lograr que se asemejen lo más posible a la situación actual, se deben adoptar los siguientes conjuntos:

- Partidos (I): 22
- CATs existentes (Jf): 11
- CATs nuevos posibles (Jn): 0
- CATs totales (J): 11
- PRPs existentes (Lf): 2
- PRPs nuevas posibles (Ln): 0
- PRPs totales (L): 2
- VEHs totales (V): 2
- Tamaños de los CATs (M): 4
- Tamaños de las PRPs (N): 3
- Períodos (T): 10

La definición de estos casos de estudio implica establecer algunos aspectos del problema, a saber:

- ✓ Posibles localizaciones de CATs y PRPs. Ambos conjuntos se definen como vacíos ya que en este escenario se desea optimizar la operación en la situación actual con los CATs existentes.
- ✓ Compactación. Se considera que no hay compactación de EVFs en CATs, ya que es lo que sucede en la actualidad. Si bien es una tecnología que se prevé instalar, no existen aún casos establecidos al momento de escribir esta tesis. En el modelo matemático esto implica asignar una inversión de la enfardadora de USD 0 y que la capacidad del vehículo tipo v_2 sea de 3.600 envases enteros en todos los tramos, en lugar de 18.400 envases compactados. Ambos datos fueron obtenidos mediante comunicación personal con las empresas que se ocupan del transporte de este tipo de envases.
- ✓ Distancia máxima recorrida por los agricultores. Para 2 de los 3 casos de estudio se establece un límite a la distancia máxima deseable que debieran recorrer los agricultores de 50 km, que es lo que actualmente es considerado como razonable por las autoridades competentes. Esto tiene consecuencia en otro parámetro del modelo, como lo es la distancia mínima que deben recorrer los camiones para hacer una CRI, la que se fijó entonces en 50 km. Para el caso de estudio restante se eliminaron las restricciones en distancia tanto para los productores agropecuarios como para las CRIs.
- ✓ Número de retiros de los CATs. En el modelo debe fijarse el número de retiros anuales previstos para cada CAT. De acuerdo a información recogida en el marco del trabajo de tesis, un valor que representa la situación actual es de entre 1 y 2 retiros mensuales para vaciar los CATs, dependiendo de la época del año. Se optó por el valor de un retiro mensual ya que es el caso más usual.
- ✓ Todos los demás conjuntos y parámetros listados en la sección 4.4.2 se mantienen igual en todos los escenarios que se estudiarán.

- *EL_SOB-E1*

Corriendo el modelo para este caso de estudio resulta que el mismo arroja como resultado que no existe solución factible tal como está planteado el problema. Es decir, la red actual de CATs no es suficiente para acopiar los EVFs del SOB, si se establecen las restricciones en distancia

descriptas anteriormente y si solo se gestiona el 25% de los envases por CRIs. Por lo cual, se originan dos alternativas para optimizar la operación de la red actual: (i) o bien se elimina la restricción en distancia para los productores agropecuarios y para las CRIs, (ii) o se aumenta el porcentaje de EVFs que se admite gestionar por CRIs. Ambas alternativas, en ese orden, se estudian a continuación.

- *EL_SOB-E2*

El segundo caso de estudio es similar al anterior con la única diferencia que no se consideran restricciones en distancia para los productores agropecuarios ni para las CRIs. En este escenario, si se utiliza el modelo para optimizar la operación de la red existente, la distancia que deberían recorrer los productores agropecuarios para devolver sus envases a un CAT del SOB se muestra en la Figura 43. De los 215 viajes que realizarían los productores agropecuarios con su propio vehículo hacia un CAT, a lo largo de los 10 años del período de planificación, 86 son de más de 50 km, esto es el 40% de los viajes.

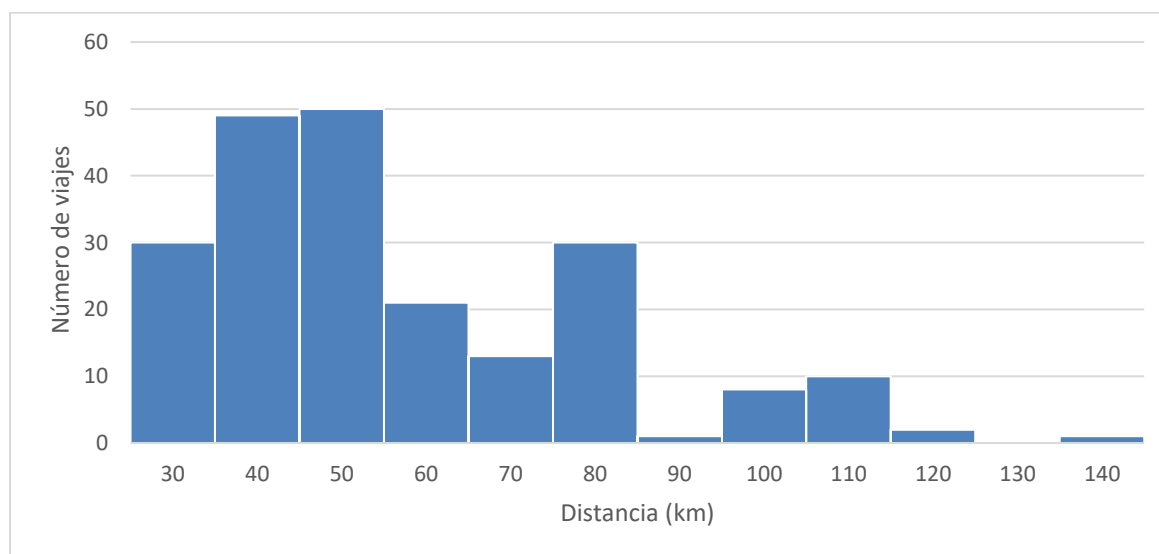


Figura 43. Distancia en kilómetros que deberían recorrer los productores agropecuarios de los partidos del SOB para llevar sus EVFs a un CAT a lo largo del horizonte de planificación en el caso de estudio EL_SOB-E2.

- *EL_SOB-E3*

El tercer y último caso de estudio de esta sección consiste en volver a establecer las restricciones de distancia en 50 km tal como en el primer caso, pero ahora el *MCRI* es considerado una variable más del modelo en lugar de un parámetro. De esta manera, los resultados de la optimización de la operación indican que actualmente en el SOB se necesitaría gestionar más de la mitad de los EVFs generados a través de CRIs (52%). Para operar de esta forma, se requiere de 8 vehículos de

tipo v_2 . La distancia total recorrida por los vehículos en toda la red ascendería a más de 25 millones de kilómetros. De aquí se puede notar que la restricción sobre la distancia que recorren los productores tiene fuerte impacto en la cantidad de kilómetros totales requeridos para operar la red.

Los resultados de esta sección indican que, aun optimizando la operación de la red existente en el SOB, no es posible al mismo tiempo que los productores realicen viajes de menos de 50 km para devolver los envases y que como máximo el 25% de los EVFs generados se gestione por CRIs. Por este motivo, a continuación, se optimizará la ampliación de la red de recolección.

5.4.2 *EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5. Ampliación de la red actual y rediseño optimizado*

Es muy complejo comparar exactamente la situación actual real con un escenario resultante del modelo, ya que no se conoce con exactitud el valor en la realidad de muchos parámetros, que incluso pueden variar a lo largo de una campaña agrícola. Por estos motivos se asumen los valores de dichos parámetros para establecer dos casos de estudio de ampliación/rediseño de la red actual. El primer caso denominado "EL_SOB-E4", consiste en optimizar la ampliación de la red respetando la localización y tamaños de los 11 CATs habilitados actualmente (ver Figura 40). En cuanto a los posibles tamaños de los CATs a instalar, se tuvieron en cuenta las capacidades reales que existen para estas instalaciones, y se los agrupó en los tamaños m_1 a m_4 . Con respecto a las PRPs, se fijaron las dos plantas existentes en el noreste de la pBA y se les asignó el tamaño n_1 y n_2 . Los parámetros dMa (distancia de viaje máxima deseable para los agricultores) y $dmCRI$ (distancia de viaje mínima establecida para las CRIs) se fijaron ambas en 50 km y el parámetro $MCRI$ (máximo porcentaje de EVFs gestionados por CRIs) en 25%. También se consideró que se compactan los EVFs en los CATs. Esto en la práctica significa un aumento considerable en la capacidad de almacenamiento de los centros, aunque no se modifiquen sus tamaños.

Por otra parte, en un segundo caso se optimiza el rediseño desde cero de la red de LI de EVFs (EL_SOB-E5), es decir, no se tienen en cuenta los CATs ya instalados en el SOB. Solo se consideran las 2 PRPs que funcionan actualmente en el noreste de la pBA. Los parámetros dMa y $dmCRI$ se fijan ambos en 50 km y el parámetro $MCRI$ en 25%. También se considera que los EVFs se compactan en los CATs. Ambos casos de estudio se modelan con los conjuntos listados en la Tabla 19. Las dimensiones de los modelos resultantes y los rendimientos computacionales se presentan en la Tabla 20.

Tabla 19. Conjuntos de los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

Nodos del modelo	EL_SOB-E4	EL_SOB-E5
Partidos (I)	22	22
CATs existentes (Jf)	11	0
CATs nuevos posibles (Jn)	22 (11 nuevos + 11 ampliaciones)	22
CATs totales (J)	33	22
PRPs existentes (Lf)	2	2
PRPs nuevas posibles (Ln)	0	0
PRPs totales (L)	2	2
VEHs totales (V)	2	2
Tamaños de los CATs (M)	4	4
Tamaños de las PRPs (N)	3	3
Períodos (T)	10	10

Tabla 20. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E5
Función objetivo (USD)	5.297.681	5.259.488
Estadísticas del modelo		
Variables totales	28.108	19.198
Variables binarias	1.326	886
Variables enteras	30	30
Variables binarias fijas	13	2
Restricciones totales	18.850	12.954
GAP Relativo de GAMS (%)	0	0
CPU (s)	1,172	5,781

Como se observa en la Tabla 20, los modelos MILP de ampliación y rediseño de la red, son de tamaño medio (Ramos y colab., 2010) lo que conduce a que el tiempo de cómputo para alcanzar la solución óptima global sea de unos pocos segundos en ambos casos. Por otra parte, para el caso de ampliación de la red en que se fijan 13 variables binarias (CATs existentes actualmente en el SOB y PRPs en el noreste de la pBA), resulta un modelo con mayor número de restricciones (ecuaciones de stock en los CATs y PRPs, por ejemplo) y más variables que en el caso del modelo del diseño de la red desde cero. Al mismo tiempo, el hecho de que algunas variables binarias estén fijas, de algún modo favorece el proceso de búsqueda en el árbol de alternativas por lo que el tiempo de cómputo resulta menor que en el caso del rediseño.

A continuación, se presentan los resultados de ambos casos de estudio en relación a infraestructura, diseño de CRIs, transporte y función objetivo.

- **Infraestructura:**

La distribución geográfica y tamaños de todas las unidades de CATs y PRPs necesarias para la ampliación de la red y su rediseño, se muestran en la Figura 44. En particular, la solución del escenario EL_SOB-E4 resulta que, si se permite que el 25% de los EVFs se gestionen a través de CRIs, se requieren 5 CATs adicionales, 3 de tamaño chico y 2 medianos, todos instalados desde el primer período y localizados en partidos que no contaban con un CAT (no se realizan ampliaciones), distribuidos geográficamente como se muestra en la Figura 44 (izquierda). Los nuevos CATs se ubican principalmente en aquellas zonas con ausencia de instalaciones de acopio, independientemente de si el partido es un gran generador de envases o no. La instalación de las 5 unidades se realiza al inicio del horizonte de tiempo. Una vez que los EVFs llegan a los CATs, la gran mayoría los envía ya compactados a la PRP de Coronel Brandsen, que es la más cercana al SOB, excepto los CATs de Pellegrini y Tres Lomas que por ubicarse más al norte del SOB, les resulta más cercana la PRP de Lanús. Cabe aclarar que en ambos modelos de optimización no se realizan viajes desde los partidos directamente a las PRPs, por la gran distancia que existe entre el SOB y el noreste de la pBA donde se localizan las PRPs, lo que implica que el 100% de los EVFs se acopien en los CATs antes de enviarse a las plantas para su posterior procesamiento.

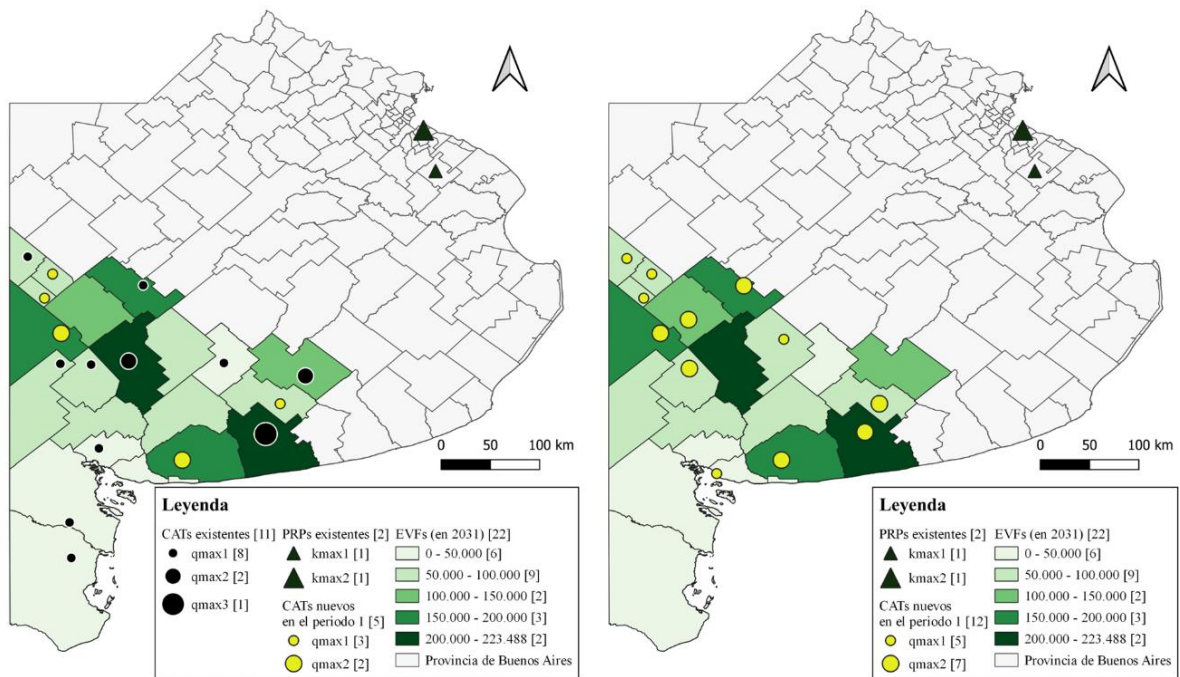


Figura 44. Estructura de la red de LI de los casos de estudio EL_SOB-E4 (izquierda) y EL_SOB-E5 (derecha).

Por otro lado, la solución óptima del escenario EL_SOB-E5 indica que el número óptimo de unidades de CATs resulta ser 12, en lugar de las 16 de la red ampliada, siendo 5 de tamaño chico y 7 medianos. En el rediseño, los CATs se ubican en las áreas de mayor tasa de generación de EVFs (noroeste y noreste del SOB). Si se compara el diseño de la red ampliada con el rediseño, se

pueden encontrar 4 coincidencias en las ubicaciones de los CATs, en los partidos de Pellegrini, Daireaux, Saavedra y Tres Arroyos, como se observa en la Figura 44.

Otro aspecto a señalar es que, en el rediseño, la gran mayoría de los CATs (9 de 12) tienen un porcentaje de ocupación mayor al 75%, mientras que en la ampliación de la red solo 10 CATs de los 16 totales tienen una ocupación superior al 75%, como se observa en la Figura 45. Es decir, que el rediseño de la red permite hacer un uso más eficiente de los CATs que se instalan. Los resultados de los escenarios estudiados, en relación a la infraestructura, se muestran en la Tabla 21.

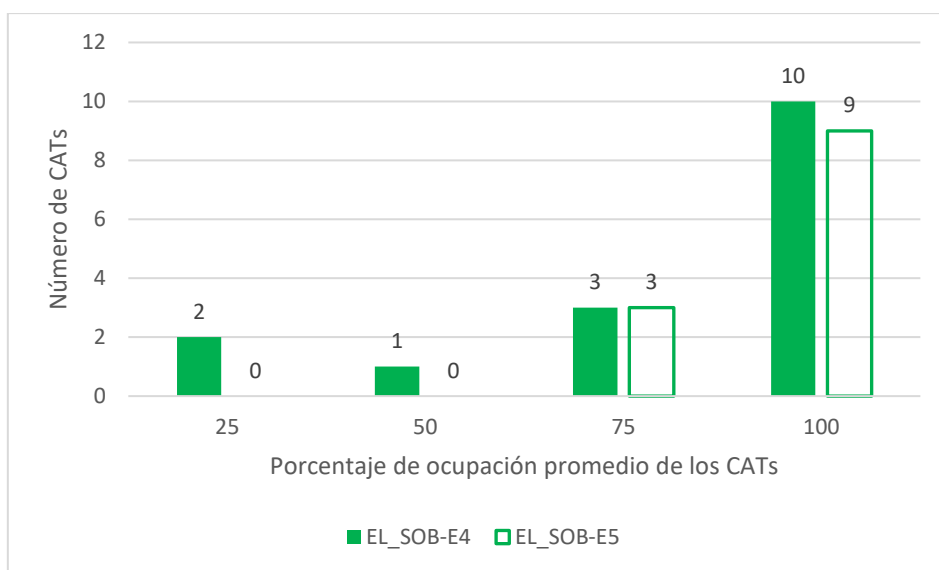


Figura 45. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

Tabla 21. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E5
Infraestructura		
Cantidad y tamaño de CATs existentes	11 (8 m_1 , 2 m_2 , 1 m_3)	0
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	5 (3 m_1 , 2 m_2)	12 (5 m_1 , 7 m_2)
Cantidad total de CATs	16	12
Período de instalación de los CATs y cantidad	t_1 (5)	t_1 (12)
Porcentaje de EVFs acopiados en CATs **	100%	100%
Cantidad de PRPs existentes	2	2
Cantidad de PRPs nuevas	0	0

** : promedio en el horizonte de planificación.

- **Diseño de las CRIs:**

En el escenario de ampliación de la red, si bien solo 6 partidos de los 22 del SOB no tienen un CAT, 9 utilizan las CRIs para gestionar todos o parte de sus envases, requiriendo en total 2 vehículos de tipo v_2 para todo el horizonte de planeamiento. Es decir, que hay municipios que a pesar de tener un CAT, hacen uso también de las CRIs para transportar parte de sus envases hacia otros CATs. Por ejemplo, Coronel Dorrego utiliza las CRIs solo en los últimos 3 períodos porque su CAT no tiene el tamaño suficiente para acopiar todos los envases que se generarán en el partido a partir del período 8. En el caso de Daireaux se utilizan CRIs en todos los períodos porque su CATs ya se encuentra completamente lleno, y en lugar de instalar uno de tamaño mediano, resulta más económico llevar el exceso de envases mediante CRIs a otros CATs que tienen espacio disponible. En cambio, Coronel Pringles, Gral. La Madrid, Guaminí y Tornquist no tienen CAT propio y deben utilizar las CRIs para transportar la totalidad de sus envases a los CATs de otros municipios que se encuentran a más de 50 km.

El caso particular es el de Villarino, ya que si bien cuenta con un CAT propio en la actualidad, de acuerdo al modelo matemático resulta más económico transportar los envases al CAT de Bahía Blanca mediante unas 9 CRIs al año, en lugar de que cada productor lleve sus envases al CAT de Villarino recorriendo 49 km y luego mediante un vehículo de tipo v_2 se transporten desde el CAT a una PRP. A partir de ello se puede concluir que para aquellos partidos con gran extensión territorial, no es suficiente considerar un único punto de generación de envases. Para trabajos futuros se pueden pensar alternativas como proponer 3 o 4 puntos de generación de envases, y/o 3 o 4 ubicaciones posibles de CATs por partido; aunque aumentar la granularidad del problema tenga como consecuencia un incremento de variables binarias y, por lo tanto se necesite un mayor tiempo para la resolución.

En el rediseño de la red, son 10 los partidos que no disponen de un CAT, por lo que 7 de ellos gestionan sus envases mediante CRIs a otros partidos cercanos que tienen espacio disponible en sus CATs. Los otros dos partidos que utilizan las CRIs son Coronel Dorrego y Tres Arroyos. Ellos cuentan con un CAT mediano, pero al 100% de capacidad a lo largo de todo el horizonte de planificación, por lo que el excedente de EVFs, se gestionan mediante CRIs a otros CAT con capacidad ociosa.

Con este diseño, partidos como Bahía Blanca, Puan, Monte Hermoso y Cnel. Suárez tienen CATs cercanos a menos de 50 km, con lo cual los propios agricultores pueden acercar sus envases a los CATs de los partidos vecinos. En ambos casos de estudio se realizan 149 viajes por CRIs desde los partidos a los CATs, en promedio en todo el horizonte de planificación. El valor es el mismo porque el número de viajes con el vehículo tipo v_2 en el tramo PAR-CAT está directamente

relacionado con el parámetro *MCRI*, es decir, con la cantidad de envases que se puede gestionar por CRI. El resumen de los resultados sobre las CRIs se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E5
Diseño de las CRIs		
Porcentaje de EVFs transportados por CRIs **	25	25
Número de viajes de CRIs tramo PAR-CAT**	149	149
Número de viajes de CRIs tramo PAR-PRP**	0	0
Número de nodos que requieren CRIs	9	9

** : promedio en el horizonte de planificación.

▪ **Transporte:**

En esta sección se analizan los resultados en cuanto a los kilómetros que son necesarios recorrer para la gestión de todos los EVFs del SOB. Cabe aclarar que las distancias cuantificadas en el modelo matemático son de ida y vuelta por ruta entre cada punto geográfico, ya sea el centroide de los partidos, un CAT o una PRP. Las distancias recorridas se sobreestiman por un factor de carga, asociado a considerar que no todos los viajes se realizan con camiones al 100% de su capacidad. El ruteo periódico entre dichos puntos se estudiará en el capítulo siguiente, optimizando así las distancias recorridas y los vehículos necesarios para la red de LI de EVFs.

El total de kilómetros que deben recorrer los dos tipos de vehículos considerados en el modelo para transportar los EVFs, es similar en ambos casos ya que esta variable está relacionada con los siguientes factores: cantidad de EVFs que debe gestionarse en cada período, capacidad de los vehículos, porcentaje de EVFs que se pueden gestionar por CRIs y distancia máxima permitida de viaje de los agricultores (kilómetros recorridos en camioneta). Sin embargo, en el rediseño de la red se recorren 500.000 km menos como se puede ver en la Tabla 23. Esta reducción de kilómetros es por parte de los vehículos de los productores agropecuarios, ya que, por la distribución óptima de los CATs en el rediseño, pueden llevar sus envases recorriendo menos kilómetros.

Tanto en la ampliación de la red como en el rediseño, una vez que los EVFs llegan a los CATs la gran mayoría se envía ya compactados a la PRP de Coronel Brandsen, que es la más cercana al SOB, excepto los CATs de Pellegrini y Tres Lomas, que por ubicarse más al norte del SOB, les resulta más cercana la PRP de Lanús. Cabe aclarar que en ambos casos de estudio no se realizan viajes desde los partidos directamente a las PRPs, por la gran distancia que existe entre el SOB y el noreste de la pBA donde se localizan las PRPs, lo que implica que el 100% de los EVFs se acopien en los CATs antes de enviarse a las plantas para su posterior procesamiento.

Tabla 23. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E5
Transporte		
Distancia total (km)	30.163.470	29.661.770
Distancia recorrida por camiones (km)	1.446.736	1.492.235
Distancia recorrida por camionetas (km)	28.716.734	28.169.535
Vehículos de tipo v ₂ requeridos	2	2

▪ **Función objetivo:**

El último aspecto a analizar sobre los dos casos estudiados en esta sección es la función objetivo, mediante la cual se minimiza el costo total descontado incurrido tanto en el diseño como en la operación de la red de LI a lo largo del horizonte de planificación. La Figura 46, muestra que la función objetivo tiene valores muy similares para el rediseño y la ampliación de la red de LI, a pesar de que el primero incluye el costo de inversión de todas las unidades de CATs. Sin embargo, en el rediseño este costo es solo de USD 38.000 más que en la ampliación, debido a que se compensa el mayor número de CATs instalados (12 contra 5) con el menor número de enfardadoras requeridas (12 contra 16). Cabe destacar que el costo de una enfardadora equivale al de un CAT mediano.

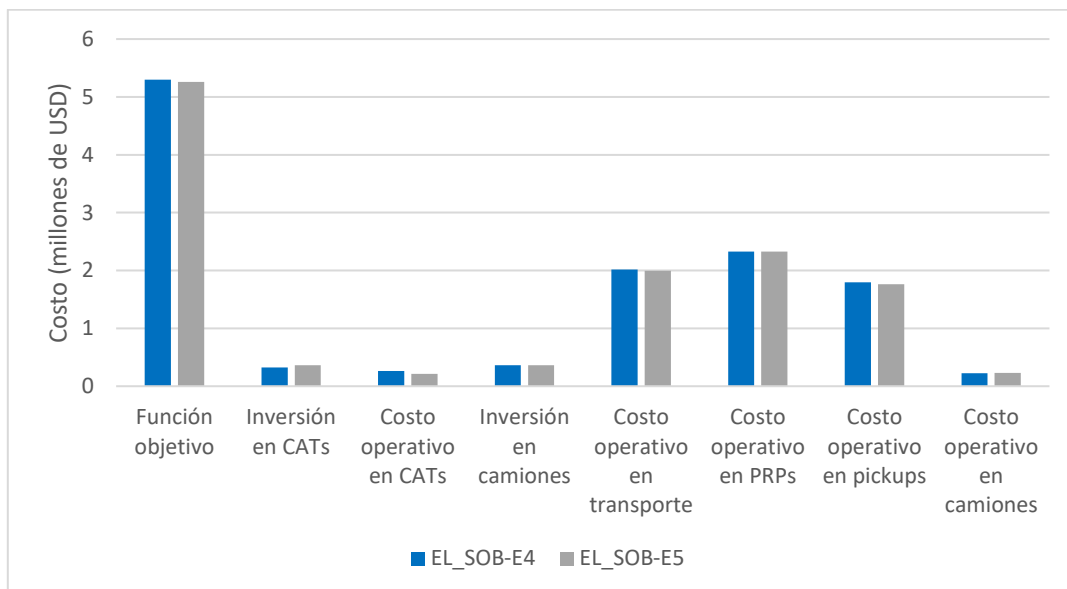


Figura 46. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E5.

Por otro lado, el costo que más incide en la función objetivo es el costo operativo del tratamiento de los EVFs en las PRPs, que representa casi la mitad del mismo en ambos casos, ya que la cantidad de EVFs a tratar no varía. El costo operativo de los CATs es bajo (entre 4% y 5% de la función objetivo) y depende del número de CATs instalados. El costo de transporte es similar en ambos

casos, ya que las distancias a recorrer son muy parecidas. Este resultado indica que, si bien la red de LI existente en el SOB no es la óptima, ampliar la red actual de CATs considerando los próximos 10 períodos tiene un costo similar al que tendría un diseño desde cero.

5.4.3 *EL_SOB-E6 a E18. Influencia de las CRIs en el diseño de la red*

Un aspecto interesante de estudiar es el efecto que provoca en el diseño de la red la cantidad máxima de EVFs que se admite gestionar mediante CRIs, lo que en el modelo matemático se indica a través del valor del parámetro *MCRI* (porcentaje máximo de EVFs que se gestionan por CRIs). La variación de este parámetro afectará indudablemente la cantidad de CATs que resulte necesario instalar. A menor cantidad de EVFs que se decida gestionar mediante CRIs, se necesitarán más CATs para acopiarlos, compactarlos, enfardarlos y enviarlos a las PRPs con vehículos autorizados para su transporte. Para realizar este análisis, partiendo del caso ya estudiado “EL_SOB-E4” (ver Tabla 19), se modelarán trece casos adicionales variando el parámetro *MCRI* desde 0 a 100 de forma gradual.

El primer resultado se muestra en la Figura 47. Como se puede observar, si se admite que solo el 1% o incluso el 0% de los EVFs sea gestionado mediante CRIs, la red necesitaría 9 CATs adicionales a los 11 que ya se encuentran instalados y operando en el SOB, y además que se amplíe un CAT preexistente, que es el del partido de Daireaux. Si se recuerda que el SOB está constituido por 22 partidos, esto implicaría que solo 2 municipios no necesitarían un CAT propio. Estos dos municipios son Coronel Rosales y Monte Hermoso. Solo en esos casos no se necesitaría un CAT ya que sus partidos vecinos, Bahía Blanca y Coronel Dorrego respectivamente, tendrían un CAT instalado y los agricultores podrían acercar sus envases hasta allí recorriendo menos de 50 km. De hecho, la distancia por ruta entre Coronel Rosales y Bahía Blanca es de 30 km, mientras que entre Monte Hermoso y Coronel Dorrego hay 38 km. Luego, si se decidiera permitir que más envases se gestionen mediante CRIs, la cantidad de CATs adicionales disminuye progresivamente.

Un punto de inflexión se observa entre el 40% y el 50% del parámetro *MCRI* ya que hasta el 40%, los CATs adicionales se necesitan desde el primer período del horizonte de estudio, mientras que a partir del 50% de *MCRI* la instalación de los CATs empieza a ser progresiva en el tiempo como se observa en la Figura 48. Si el 40% de los EVFs se gestionaran mediante CRIs, solo se necesitarían 4 CATs adicionales a los existentes y todos desde el primer período. En cambio, si ese porcentaje se aumenta a 50, se requerirían solo 3 CATs adicionales desde el primer período y la ampliación del CAT de Daireaux recién en el período 7.

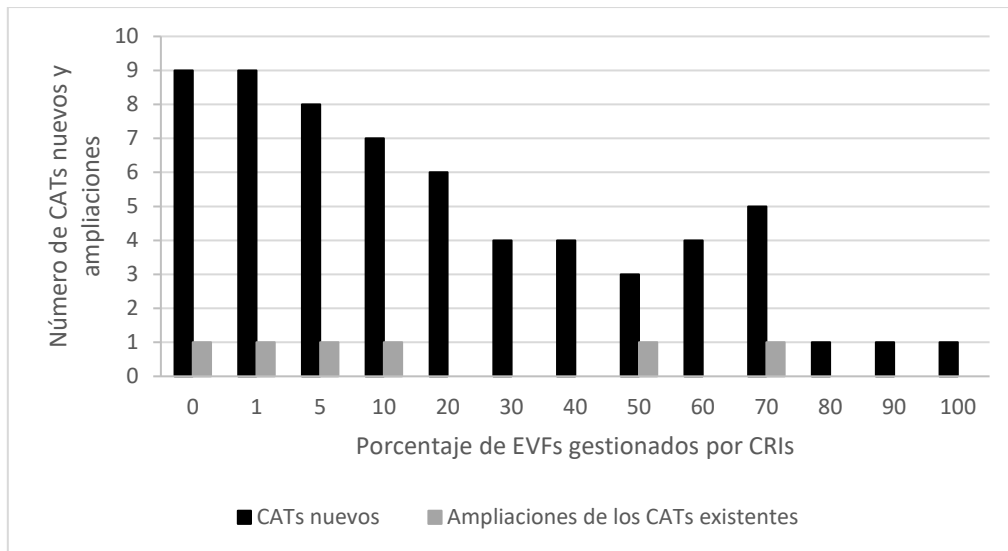


Figura 47. Cantidad de CATs nuevos y ampliaciones requeridas en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.

Algo similar ocurre si el parámetro *MCRI* se establece en 60. Se necesitarían 4 CATs adicionales, es decir, la misma cantidad que en el caso anterior si la ampliación se toma como un CAT adicional, pero la apertura de dichas unidades es gradual a lo largo del horizonte de planificación. Solo se necesitarían 2 CATs adicionales en el período 1, uno más en el período 2 y un tercero en el período 7. Si el parámetro *MCRI* se establece en 70, en ese caso lo óptimo es instalar al principio del horizonte de tiempo 3 CATs, luego en los períodos 2 y 4 instalar un CATs más en cada uno. Finalmente, en el período 7 se amplía el CAT de Daireaux. Los diferentes períodos de apertura de los CATs para cada valor del parámetro *MCRI* se ilustra en la Figura 48.

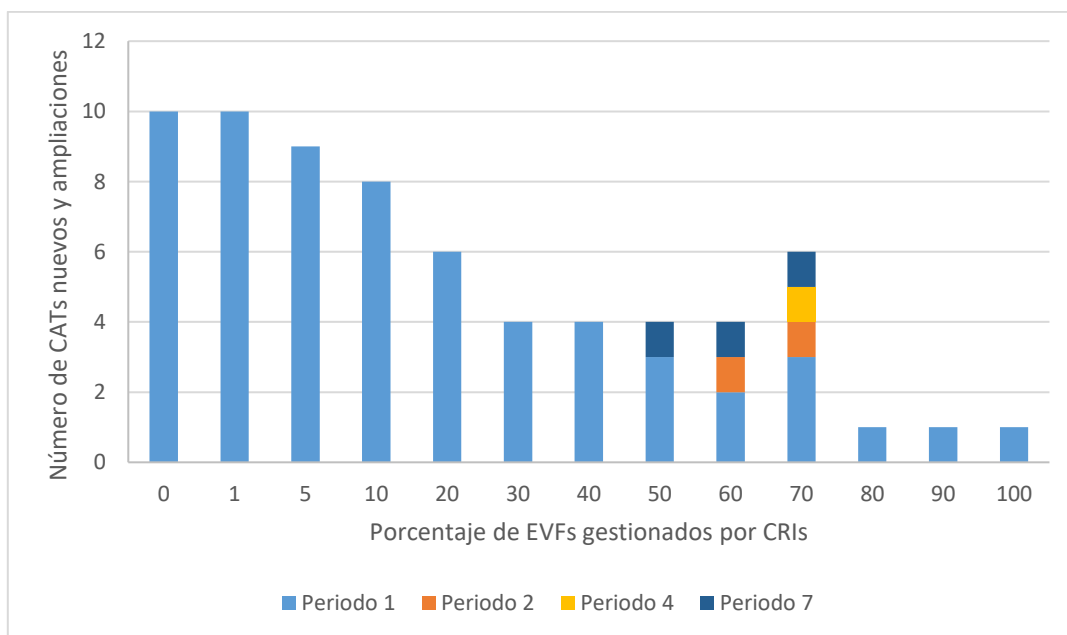


Figura 48. Períodos en los que se instalan los CATs y/o ampliaciones en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.

A medida que se incrementa el parámetro *MCRI* no solo disminuye la cantidad de CATs que se necesitan para la gestión de todos los EVFs del SOB, sino que también varía el tamaño de los mismos. En la Figura 49 se puede observar que, si el parámetro *MCRI* es menor a 20, la mayoría de los CATs son de tamaño chico. A partir del 30%, se requieren igual cantidad de CATs chicos y medianos. Con 80% de *MCRI* solo se necesitaría un CAT adicional mediano y en el caso extremo de que todos los EVFs se gestionen con CRIs, solo se necesitaría un CAT grande localizado en Guanín. La cantidad de CATs adicionales que se necesitarían en cada escenario y su tamaño correspondiente se graficaron en la Figura 49. Para una mejor visualización de como varía la cantidad de unidades de CATs, su localización y tamaño, en la Figura 50 se muestra el mapa completo de la red de CATs y PRPs con 5 de los 13 casos modelados: los de 0%, 10%, 50%, 70% y 100% de *MCRI*. A partir del estudio de este parámetro, se puede concluir que a medida que se incrementa el porcentaje de envases que se gestionan por CRIs, se requieren menos CATs, pero de mayor tamaño. Además, su apertura se realiza de forma progresiva a lo largo del horizonte de planeamiento.

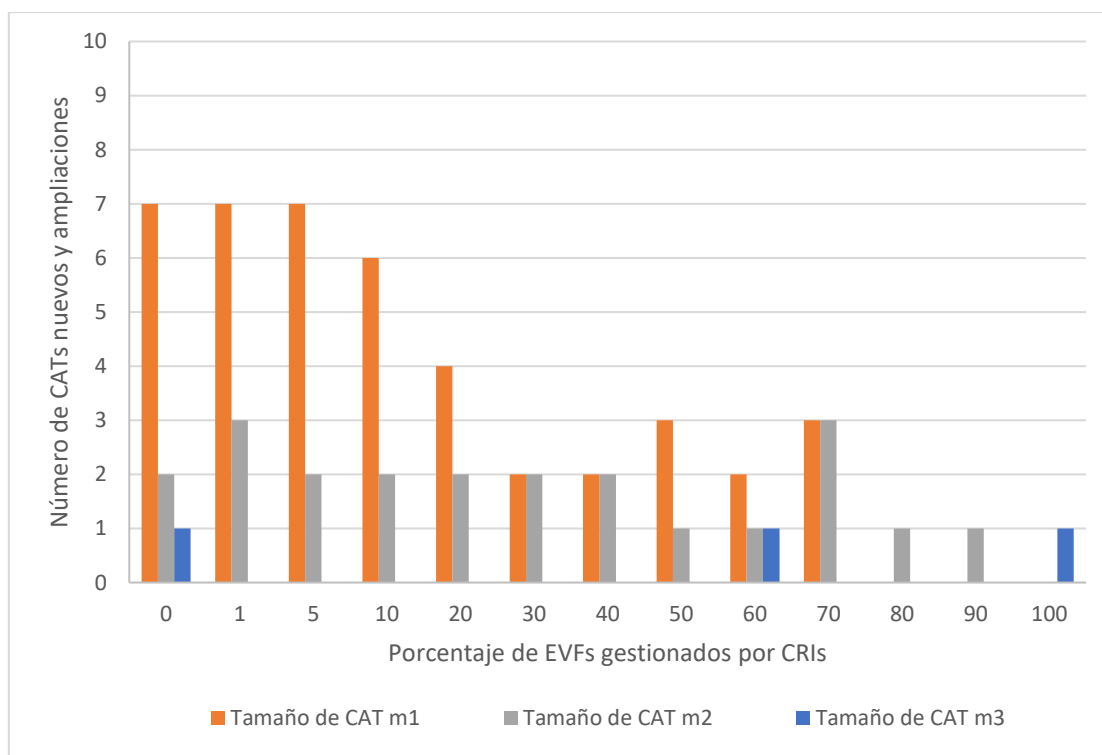


Figura 49. Cantidad y tamaños de los nuevos CATs y/o ampliaciones que se requieren en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en el SOB.

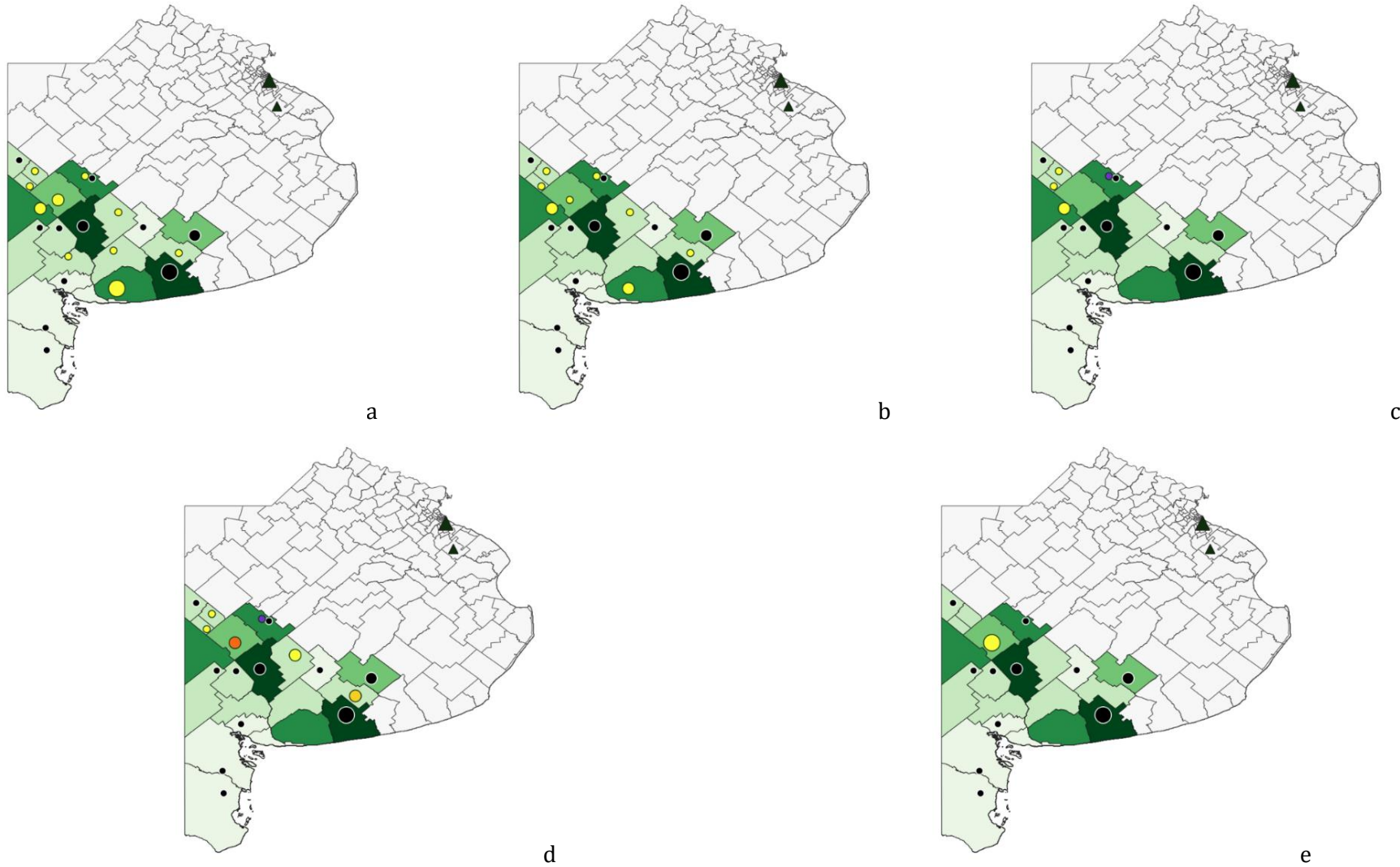


Figura 50. Estructura de la red de LI del SOB en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs: a) 0%, b) 10%, c) 50%, d) 70%, e) 100%. Símbolos: (●) CATs; (▲) PRPs. El código de color de los CATs indica sus períodos de instalación: (i) amarillo: primer período, ii) amarillo-anaranjado: segundo período, iii) naranja: tercer período, iv) violeta: séptimo período. El tamaño de los símbolos de los CATs es representativo de su capacidad de almacenamiento. El código de colores de los partidos del SOB indica su grado de generación de envases: verde claro indica menor generación, verde oscuro, mayor generación.

5.4.4 EL_SOB-E19. Influencia de la compactación de envases en el diseño de la red

Otra decisión importante en el diseño de la red de CATs y PRPs es si se considera o no la instalación de compactadoras de envases en los CATs, para aprovechar la capacidad total del camión transportando los envases compactados en cada viaje. Para ello, se compararán los resultados del caso de estudio EL_SOB-E4 con los resultados del caso EL_SOB-E19, es decir, con y sin considerar que los EVFs se compactan en los CATs. La diferencia entre ambos es que no se incluye la inversión en enfardadoras en cada uno de los CATs y que la capacidad del camión de tipo v_2 para los tramos CAT-PRP es de 3.600 envases, al igual que en los tramos PAR-CAT o PAR-PRP. A continuación, se presentan los resultados de ambos escenarios en los temas: infraestructura, diseño de CRIs, transporte y función objetivo.

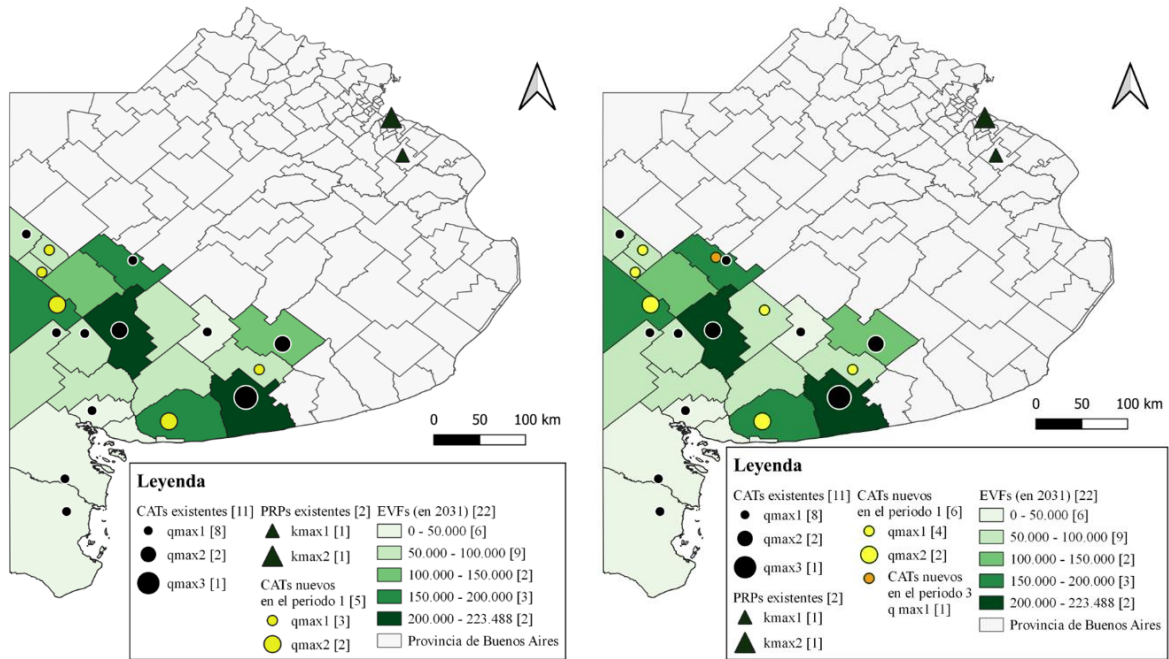
- **Infraestructura:**

Como se puede observar en la Tabla 24, en lugar de los 5 CATs adicionales que se necesitan en el escenario con compactación, en el caso sin compactar se requerirían instalar 7 CATs. La diferencia en infraestructura de los dos casos son dos CATs de tamaño chico ubicados sobre el límite norte de la región del SOB (ver Figura 51). El segundo CAT, que corresponde a una ampliación de uno existente, se realiza en el tercer período del horizonte de planeamiento. Otro aspecto interesante además de la necesidad de instalar más CATs, es que ya no se acopian el 100% de los EVFs en dichas unidades, lo que está relacionado a cómo funcionan las CRIs en un escenario sin compactación.

Tabla 24. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E19
Infraestructura		
Cantidad y tamaño de CATs existentes	11 (8 m_1 , 2 m_2 , 1 m_3)	11 (8 m_1 , 2 m_2 , 1 m_3)
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	5 (3 m_1 , 2 m_2)	7 (5 m_1 , 2 m_2)
Cantidad total de CATs	16	18
Período de instalación de los CATs y cantidad	t_1 (5)	t_1 (6), t_3 (1)
Porcentaje de EVFs almacenados en CATs **	100%	75%
Cantidad de PRPs existentes	2	2
Cantidad de PRPs nuevas	0	0

** : promedio en el horizonte de planificación.



▪ **Diseño de las CRIs:**

En el escenario sin compactación, el 25% de los EVFs se transportan directamente desde los partidos a las PRPs sin pasar por CATs, ya que como no cuentan con una compactadora-enfardadora, en este escenario solo cumplen la función de acopio. Esto ocurre en los partidos de Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Daireaux, Guaminí, Patagones, Tornquist, Tres Arroyos y Villarino. En todos ellos resulta más económico transportar los EVFs mediante CRIs directamente a las PRPs que instalar un CAT. En cambio, en el escenario donde se amplía la red, pero considerando compactación en los CATs, el 25% de los EVFs se transportan desde los partidos a los CATs con el objetivo de compactarlos y que así ocupen menos espacio en el transporte final hacia las PRPs. Nótese en la Tabla 25 que la cantidad de viajes por CRIs son exactamente los mismos, pero en diferentes tramos, lo que está asociado a la función solo de acopio que tienen los CATs en el escenario sin compactación.

Tabla 25. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E19
Diseño de las CRIs		
Porcentaje de EVFs transportados por CRIs **	25	25
Número de viajes de CRIs tramo PAR-CAT**	149	0
Número de viajes de CRIs tramo PAR-PRP**	0	149
Número de nodos que requieren CRIs	9	8

** : promedio en el horizonte de planificación.

- **Transporte:**

En la Tabla 26 se muestran los resultados de los casos estudiados en lo referido al transporte de los EVFs. En el escenario sin compactación se requieren 6 vehículos más de tipo v_2 . Este aumento significativo en la cantidad de vehículos se debe al valor del parámetro de la capacidad, el cual es mucho menor al transportar envases enteros (3.600 envases en lugar de 18.400 envases). Otra consecuencia de que en los CATs no se compacten los envases, es que la distancia que se debe recorrer en total es 3,5 millones de kilómetros mayor, y dicho aumento debe realizarse además con vehículos autorizados por la autoridad competente.

Desde el punto de vista de los productores agropecuarios, recorren menos kilómetros en total transportando la misma cantidad de envases, por lo tanto, haciendo el mismo número de viajes. Sin embargo, como la distancia promedio por viaje en el caso del escenario con compactación es levemente superior (35,3 km/viaje en lugar de 35 km/viaje), los productores recorren 800.000 kilómetros más a la largo del horizonte de planeamiento en este escenario.

Tabla 26. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19.

	EL_SOB-E4	EL_SOB-E19
Transporte		
Distancia total (km)	30.163.470	33.797.715
Distancia recorrida por camiones (km)	1.446.736	5.903.496
Distancia recorrida por camionetas (km)	28.716.734	27.894.219
Vehículos de tipo v_2 requeridos	2	8
Distancia máx. recorrida por agricultores (km)	49	45

- **Función objetivo:**

El último aspecto a analizar sobre los dos casos estudiados en esta sección es la función objetivo, mediante la cual se minimiza el costo total descontado incurrido tanto en el diseño como en la operación de la red de LI a lo largo del horizonte de planificación. Como se muestra en la Figura 52, la función objetivo del escenario sin compactación es más costosa en USD 1.400.000, debido a la inversión en camiones y CATs, además del costo operacional extra por el transporte en camiones de menor capacidad aprovechada.

Si se analizan cada uno de los costos que componen la función objetivo se notan ciertas diferencias. En el caso sin compactación, los costos asociados a las inversiones constituyen más de la quinta parte de la función objetivo, mientras que en el otro caso es solo el 13%. El costo operativo

de los CATs ronda entre el 4% y 5% de la función objetivo, dependiendo del número de CATs instalados. El costo de transporte también es superior en el caso sin compactación, debido a que las distancias a recorrer son mayores. El costo de operación de las PRPs es idéntico porque en ambos casos se trata la misma cantidad de envases. Estos resultados indican que incorporar equipos de compactación y enfardado en los CATs disminuye significativamente los costos vinculados al transporte, en inversión de vehículos y los costos variables de transporte, disminuyendo en consecuencia los costos de toda la red.

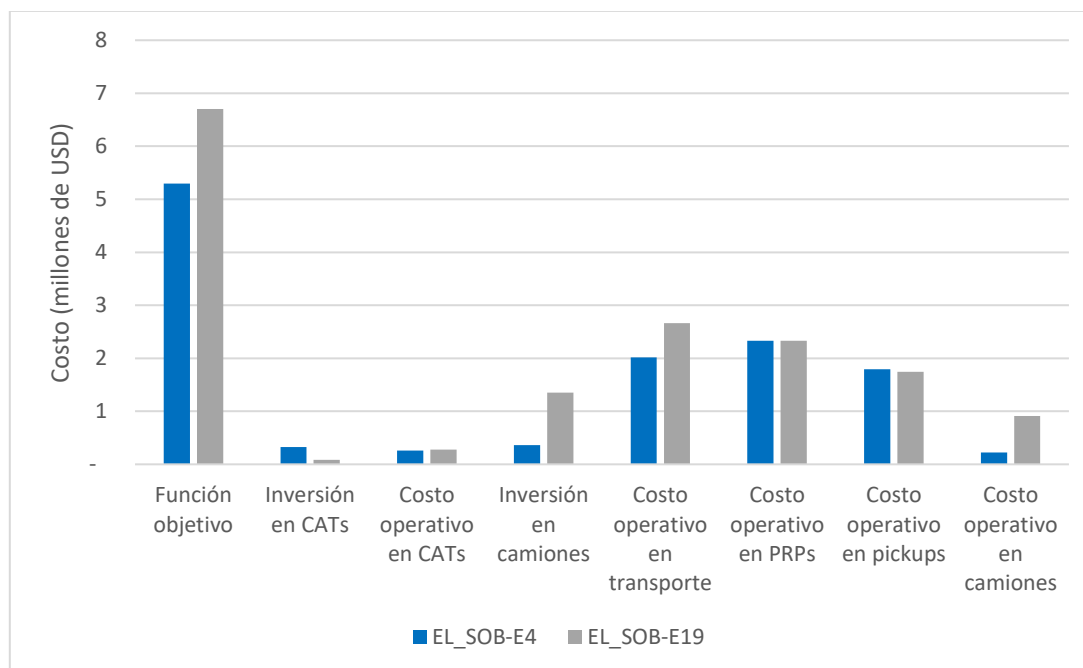


Figura 52. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_SOB-E19.

5.5 EL_PBA. Casos de estudio del modelo de localización OptiLOC en la pBA

Según lo discutido en el capítulo 4, los 135 partidos de la pBA generaron en conjunto aproximadamente 7.557.689 de EVFs en la campaña agrícola 2020/21, y generarán 79.639.009 de EVFs en un horizonte de 10 años (2022-2031) (ver Tabla A.8 del Apéndice). Estos envases estarán distribuidos en una gran extensión de territorio como lo es la pBA, que tiene una superficie de 308.000 km² con 890 km de distancia por ruta entre los centros geográficos de los partidos más distantes. La red actual de CATs en la pBA cuenta con 38 unidades de distintos tamaños como se explicó en el capítulo 3. Sin embargo, para los casos de aplicación, los partidos que cuentan con dos CATs (como son Alnte. Brown y Necochea), se los identificó como una única instalación con sus capacidades sumadas. Debido a que Cnel. Brandsen tiene CAT y PRP, en el modelo matemático solo se consideró la PRP ya que puede recibir envases como si fuera un CAT. De esta manera, los 35 CATs considerados en el modelo matemático se distribuyen geográficamente como se muestra en la

Figura 53. En la Tabla 27 se muestra la capacidad física de cada CAT, la capacidad usada en el modelo matemático (asumiendo un retiro de envases por mes) y su categorización respecto a los 4 tamaños de CATs utilizados.

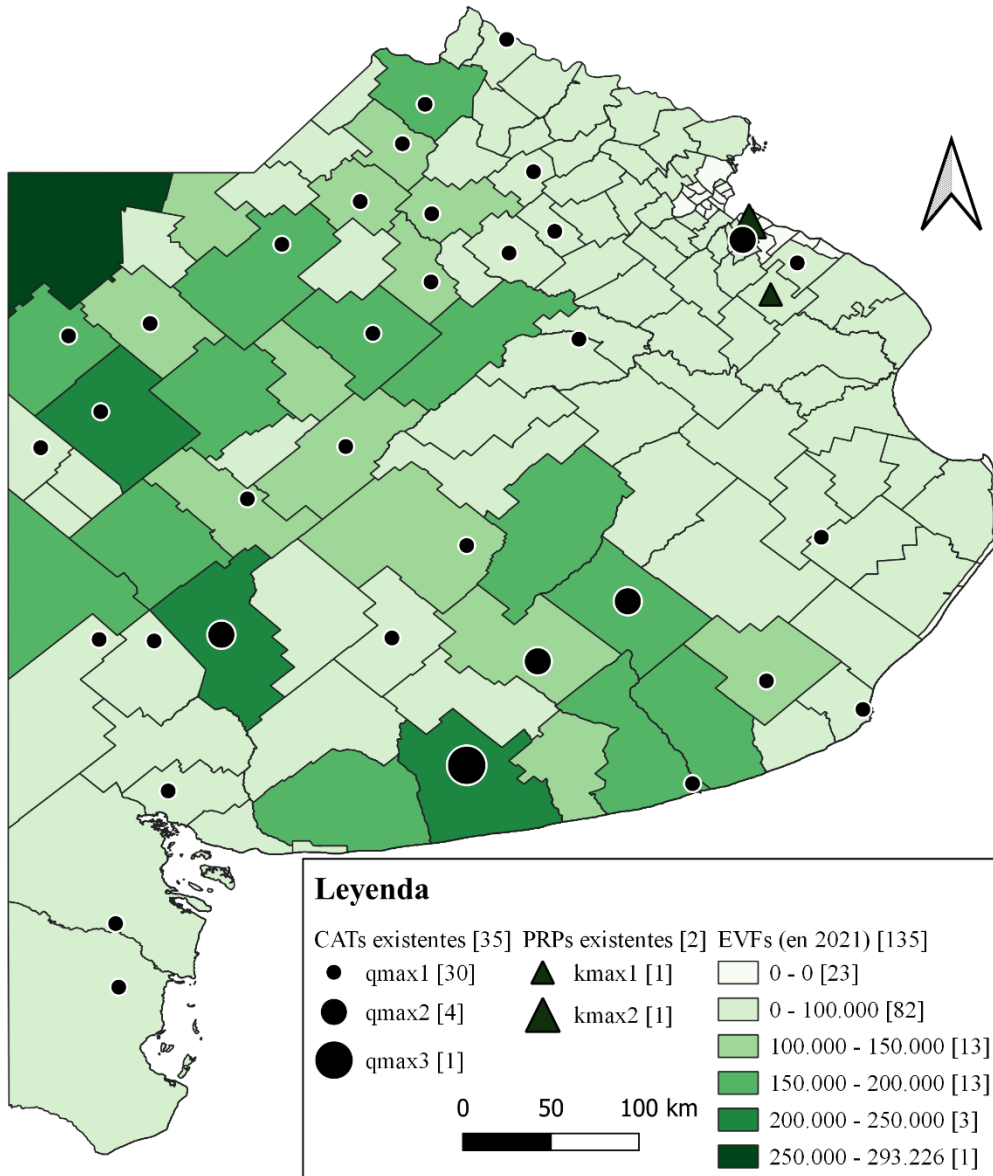


Figura 53. Red actual del sistema de gestión de EVFs en la pBA.

Tabla 27. CATs considerados en los casos de estudio de la pBA.

Partidos de la pBA	Capacidad física (envases enteros)	Año de Inauguración*	Capacidad en OptiLOC** ($q_{max,m}$) (envases enteros)	Categorización según tamaño en OptiLOC**
9 de julio	10.000	2021	10.000	m_1
Almte. Brown	5.000	Antes del 2019	20.000	m_2
Almte. Brown	10.000	2020	10.000	m_1
Bahía Blanca	10.000	2021	10.000	m_1
Balcarce	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Benito Juárez	15.000	Antes del 2019	20.000	m_2
Bragado	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Carlos Tejedor	3.000	2019	10.000	m_1
Carmen de Areco	5.000	2019	10.000	m_1
Chacabuco	5.000	2019	10.000	m_1
Chivilcoy	5.000	2019	10.000	m_1
Cnel. Suárez	20.000	2021	20.000	m_2
Daireaux	10.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Gral. Pueyrredón	10.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Junín	10.000	2021	10.000	m_1
La Plata	10.000	2021	10.000	m_1
Laprida	3.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Lincoln	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Maipú	5.000	2019	10.000	m_1
Necochea	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Necochea	5.000	2019	10.000	m_1
Olavarría	3.000	2019	10.000	m_1
Patagones	3.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Pellegrini	4.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Pergamino	10.000	2019	10.000	m_1
Puan	10.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Ramallo	10.000	2021	10.000	m_1
Rivadavia	10.000	2020	10.000	m_1
Rojas	10.000	2020	10.000	m_1
Saavedra	2.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Saladillo	3.000	2020	10.000	m_1
San C. de Bolívar	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Suipacha	10.000	2021	10.000	m_1
Tandil	20.000	2021	20.000	m_2
T. Lauquen	9.000	Antes del 2019	10.000	m_1
Tres Arroyos	50.000	2021	50.000	m_3
Villarino	5.000	Antes del 2019	10.000	m_1

* El registro sobre la disponibilidad de CATs y sus capacidades se inició en el año 2018.

** Modelo matemático descrito en el capítulo 4.

Si se analiza la matriz de distancias por ruta entre el centroide geográfico de cada partido y la localización del CAT más cercano a este punto que estaría disponible para llevar los EVFs, se obtiene el histograma presentado en la Figura 54. En el mismo se puede observar que con la red actual de CATs, las distancias de 49 partidos de la pBA (y por ende la de los productores del mismo como consecuencia de la asunción que éstos se localizan en su centroide) son mayores a 50 km. Al igual que en el caso del SOB, esta distancia es muy importante para el buen funcionamiento del sistema de gestión, su valor debe ser similar a la distancia que los productores emplean para adquirir los fitosanitarios, y en esta tesis este valor se considera 50 km.

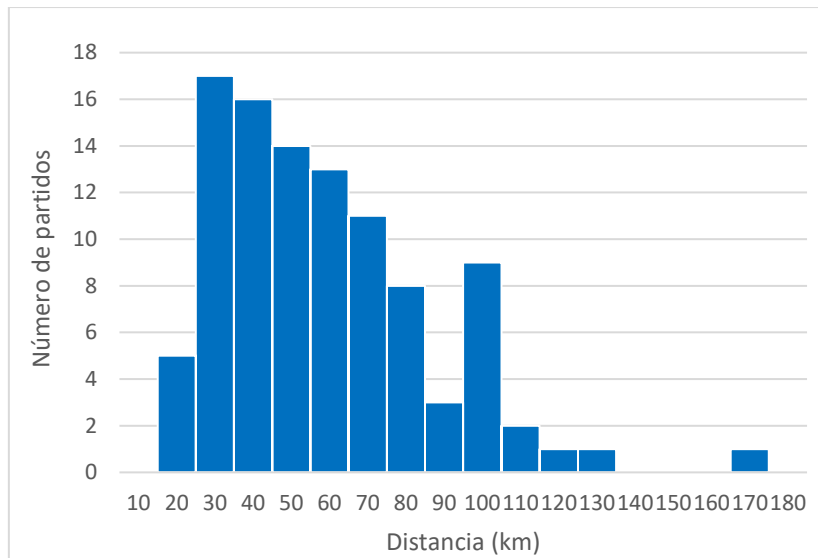


Figura 54. Distancias mínimas que tendrían que recorrer los productores agropecuarios de los partidos de la pBA para devolver los EVFs a un CAT, a diciembre de 2022.

Considerando la tendencia de crecimiento en la generación de envases asumida en la tesis, el año de inauguración y las capacidades de los CATs usadas en el modelo, y que se asume también un único vaciado (retiro) mensual de los mismos, la Figura 55 muestra que la capacidad total de los CATs de la pBA no sería suficiente para almacenar todos los EVFs generados. Para que la capacidad instalada actual sea suficiente se requerirían entre 2 y 3 vaciados por mes. Teniendo en cuenta que para el CAT más chico serían necesarios 3 camiones para vaciarlo si los envases se acopian enteros, dos vaciados mensuales consistirían en 6 visitas de camiones al CAT por mes, es decir, más de un viaje por semana.

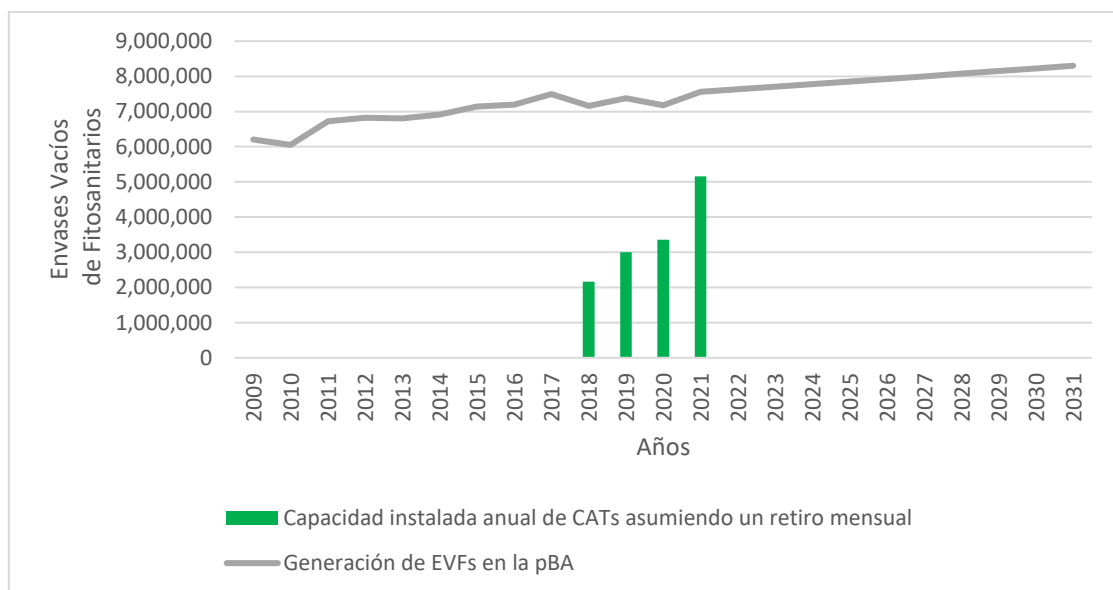


Figura 55. Generación de EVFs en la pBA y capacidad instalada anual de CATs asumiendo un retiro mensual.

Del análisis de la situación actual de la pBA en torno a los EVFs se desprende que la red de recolección de envases existente no es suficiente para gestionar de forma eficiente los EVFs generados. Por este motivo, se aplica el modelo matemático desarrollado en esta tesis para estudiar las mejores alternativas para contribuir a la resolución de la problemática ambiental a través de diferentes casos de estudio como se muestra en la Tabla 28. Para la denominación de cada uno de ellos se estableció la misma estructura que para los casos del SOB:

Tipo de caso_Área de aplicación-Escenario

Donde, por ejemplo, en el caso de estudio *EL_PBA-E1*, *EL* representa el tipo de caso (Estudio de Localización), *PBA* el área de aplicación y *E1* el escenario particular.

Estos estudios contemplan los siguientes casos:

- EL_PBA-E1 a E3. Optimizan la operación de la red actual.
- EL_PBA-E4. Diseña la ampliación óptima de dicha red considerando la localización y tamaño de las unidades existentes en la actualidad.
- EL_PBA-E5. Rediseña la red sin considerar las unidades existentes.
- EL_PBA-E6 a E11. Estudian la influencia de las CRIs en la red actual.
- EL_PBA-E12. Estudia el efecto de compactar los EVFs en los CATs.
- EL_PBA-E13. Estudia el efecto del número de retiros mensuales de envases en los CATs.

Para todos estos casos de estudio el coeficiente de descuento para el cálculo de la función objetivo se basó en la tasa de interés del 10%.

Tabla 28. Descripción de los casos de estudio de la pBA.

Nombre del caso	Descripción del caso					
	Modelo	Estado del envase	Parámetro <i>MCRI</i> (%)	Parámetro <i>dMa</i> (km)	Parámetro <i>dmCRI</i> (km)	Parámetro <i>Nret</i>
EL_PBA-E1	Operación	Sin compactar	25	50	50	1
EL_PBA-E2	Operación	Sin compactar	25	Sin límite	Sin límite	1
EL_PBA-E3	Operación	Sin compactar	58 (Min. Factible)	50	50	1
EL_PBA-E4	Ampliación	Compactado	25	50	50	1
EL_PBA-E5	Rediseño	Compactado	25	50	50	1
EL_PBA-E6	Ampliación	Compactado	1	50	50	1
EL_PBA-E7	Ampliación	Compactado	5	50	50	1
EL_PBA-E8	Ampliación	Compactado	10	50	50	1
EL_PBA-E9	Ampliación	Compactado	50	50	50	1
EL_PBA-E10	Ampliación	Compactado	75	50	50	1
EL_PBA-E11	Ampliación	Compactado	100	50	50	1
EL_PBA-E12	Ampliación	Sin compactar	25	50	50	1
EL_PBA-E13	Ampliación	Compactado	25	50	50	2

**MCRI*: porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs. *dMa*: distancia máxima deseable que debiera recorrer el productor agropecuario. *Nret*: número de retiros mensuales de envases en los CATs.

5.5.1 *EL_PBA-E1 a E3. Optimización de la operación de la red actual de CATs y PRPs*

En esta sección se utilizará el modelo matemático OptiLOC para optimizar la operación de la red actual de CATs y PRPs en la pBA, en tres casos de estudio diferentes. Para definir estos casos de estudio y lograr que se asemejen lo más posible a la situación actual, se determinan los siguientes conjuntos:

- Partidos (I): 135
- CATs existentes (Jf): 35
- CATs nuevos posibles (Jn): 0
- CATs totales (J): 35
- PRPs existentes (Lf): 2
- PRPs nuevas posibles (Ln): 0
- PRPs totales (L): 2
- VEHs totales (V): 2
- Tamaños de los CATs (M): 4
- Tamaños de las PRPs (N): 3
- Períodos (T): 10

- *EL_PBA-E1*

El primer caso de estudio consiste en optimizar la operación de los 35 CATs instalados en la actualidad, y las 2 PRPs localizadas en el noreste de la pBA. Dicha optimización se hará considerando que los EVFs no se compactan en los CATs y que el porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs será del 25%. También se establece el límite a las distancias de 50 km, como máximo para los productores agropecuarios y como mínimo para la realización de las CRIs.

Como era de esperar, al correr el modelo se verifica que el mismo resulta no factible tal como está planteado. Es decir, la red actual de CATs no es suficiente para acopiar los EVFs de la pBA si se establecen las restricciones en distancia descritas anteriormente y si solo se gestiona el 25% de los envases por CRIs. De modo que para obtener una red factible existen dos posibles alternativas: (i) se eliminan las restricciones en distancia para los productores agropecuarios y para las CRIs, (ii) se aumenta el porcentaje de EVFs que se admite gestionar por CRIs. Ambas alternativas, en ese orden, se estudian a continuación.

- *EL_PBA-E2*

El segundo caso de estudio es similar al anterior con la única diferencia que no se consideran restricciones en distancia para los productores agropecuarios ni para las CRIs. Para este escenario, en la Figura 56 se muestra el resultado de la optimización de la red existente en cuanto a las distancias que deberían recorrer los productores para devolver los envases a un CAT o a una PRP en la pBA. De los 1190 viajes que realizarían los productores agropecuarios con su propio vehículo hacia un CAT o una PRP a lo largo de los 10 años del período de planificación, 778 son de más de 50 km, esto es el 65% de los viajes. La distancia promedio por viaje que realiza un productor agropecuario es de 84 km. Este incremento en la distancia media recorrida tiene a su vez su correlato en la cantidad de kilómetros totales que se recorren para la operación de la red a lo largo del horizonte de planeamiento, valor que alcanza los 237 millones de kilómetros.

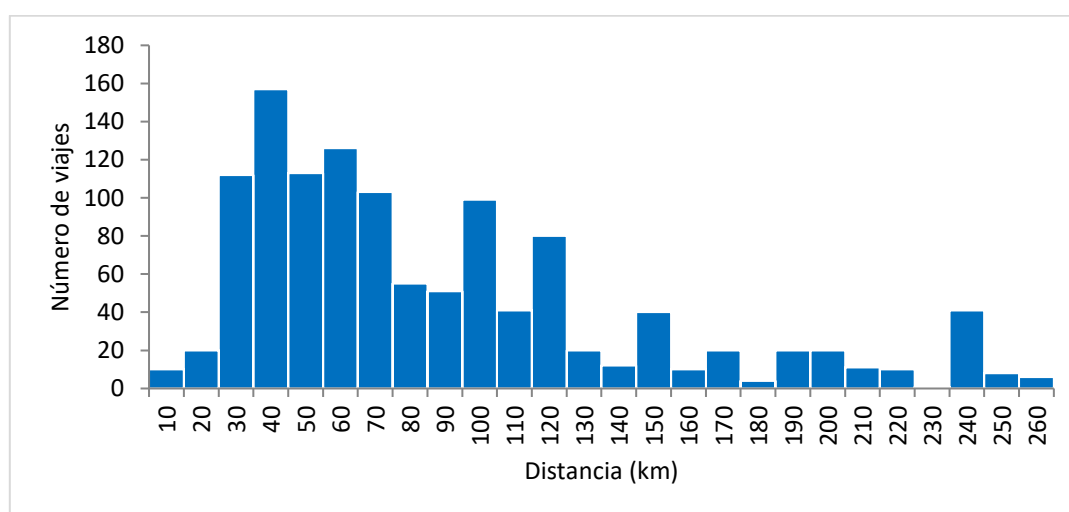


Figura 56. Distancia en kilómetros que deberían recorrer los productores agropecuarios de los partidos de la pBA para llevar sus EVFs a un CAT o PRP a lo largo del horizonte de planificación en el caso de estudio EL_PBA-E2.

- EL_PBA-E3

El tercer y último caso de estudio de esta sección consiste en volver a establecer las restricciones de distancia en 50 km tal como en el primer caso, pero ahora el parámetro *MCRI* es considerado una variable más del modelo en lugar de un parámetro. De esta manera, los resultados de la optimización de la operación indican que actualmente en la pBA se necesitaría gestionar más de la mitad de los EVFs generados a través de CRIs (58%). Para operar de esta forma, se requiere de 19 vehículos de tipo v_2 . La distancia total recorrida en toda la red por los dos tipos de vehículos ascendería a más de 71 millones de kilómetros. La reducción de 237 millones de kilómetros (EL_PBA-E2) a 71, se debe fundamentalmente a que los productores agropecuarios ya no deben desplazarse tantos kilómetros para llevar los envases a un CAT, sino que hacen uso de las CRIs. En este punto también se aprecia el fuerte impacto que tiene la restricción sobre la distancia que recorren los productores en la distancia total que se recorre para operar la red.

Los resultados de esta sección indican que aun optimizando la operación de la red existente en la pBA, no es posible al mismo tiempo que los productores realicen viajes de menos de 50 km para devolver los envases y que como máximo el 25% de los EVFs generados se gestione por CRIs. Por este motivo, a continuación, se optimizará la ampliación de la red de recolección.

5.5.2 EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5. Ampliación de la red actual y rediseño optimizado

De la misma forma que se hizo para los casos de estudio del SOB (sección 5.4.2), se analizan los casos denominados EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5. Ambos se modelan con los conjuntos que se listan en la Tabla 29. A su vez las dimensiones de los modelos y los tiempos de cómputo de cada caso se presentan en la Tabla 30. Es necesario aclarar que las posibles localizaciones para los nuevos CATs en el escenario donde se amplía la red son 134, constituidos por los 100 partidos de la pBA que no cuentan aún con un CAT, y por los 34 partidos que sí cuentan con un CAT, pero pueden requerir una ampliación. No se considera para este último caso al partido de Alnte. Brown ya que tiene dos CATs y no genera EVFs, por lo tanto se asume que no requerirá ampliación.

Tabla 29. Conjuntos de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5.

Nodos del modelo	EL_PBA-E4	EL_PBA-E5
Partidos (I)	135	135
CATs existentes (Jf)	35	0
CATs nuevos posibles (Jn)	134 (100 nuevos + 34 ampliaciones)	135
CATs totales (J)	169	135
PRPs existentes (Lf)	2	0
PRPs nuevas posibles (Ln)	8	10
PRPs totales (L)	10	10
VEHs totales (V)	2	2
Tamaños de los CATs (M)	4	4
Tamaños de las PRPs (N)	3	3
Períodos (T)	10	10

Según los resultados de la Tabla 30, ambos modelos (EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5) se pueden considerar como de mediano a gran tamaño, dado que tanto el número de restricciones como de variables totales superan los 100.000 (Ramos y colab., 2010), aunque el número de variables binarias del orden de 7.000 no es tan grande. Esto implica que se deben esperar tiempos de cómputo del orden de los minutos como mínimo, como sucede en el caso donde se fijan las 37 variables binarias de los CATs y PRPs existentes, que resulta en un tiempo de CPU de 12 minutos.

Tabla 30. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E5.

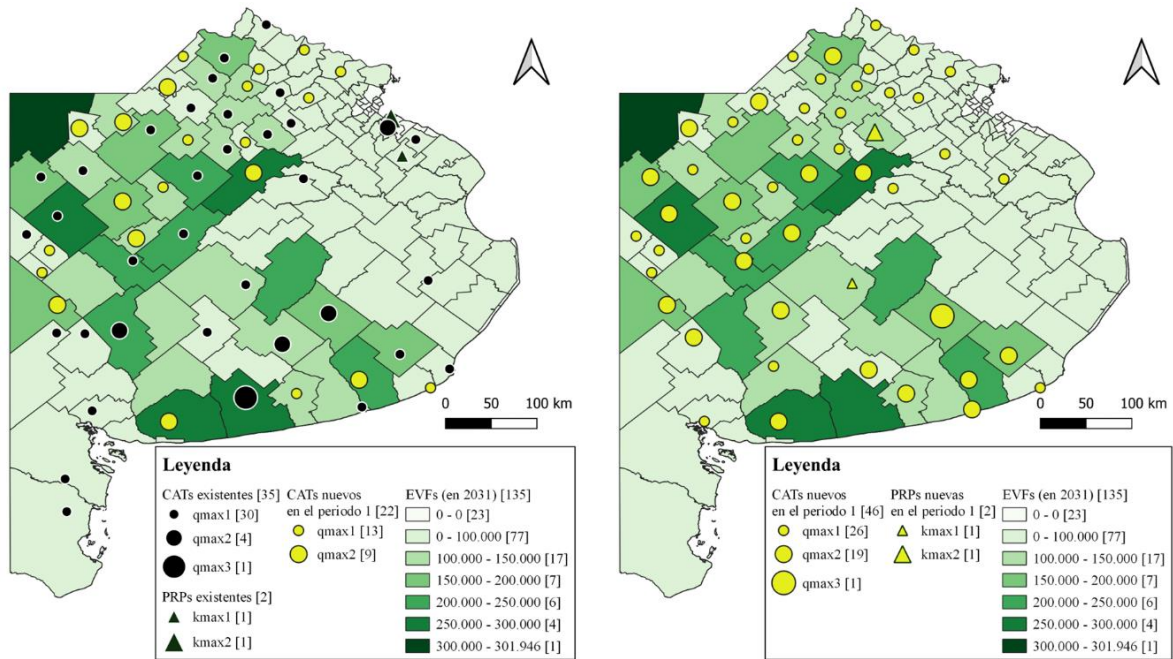
	EL_PBA-E4	EL_PBA-E5
Función objetivo (USD)	15.903.326	16.950.078
Estadísticas del modelo		
VARIABLES TOTALES	791.022	640.062
VARIABLES BINARIAS	6.790	5.430
VARIABLES ENTERAS	30	30
VARIABLES BINARIAS FIJAS	37	0
Restricciones totales	541.252	427.640
GAP Relativo de GAMS (%)	0	4,3
CPU (s) / (min)	739,47 (12,3)	3.115 (52,92)

La gran dimensión de estos modelos proviene de las ecuaciones y variables involucradas en el modelado de los stocks en CATs y PRPs, originando que resulten de mayor tamaño que el modelo de diseño desde cero de la red. Por otra parte, el hecho de fijar la existencia de ciertas unidades de CATs y PRPs, acota algo el árbol de alternativas en términos de las variables binarias, lo que permite acotar algo el tiempo de CPU. Así es que se puede observar que en el caso que todas las variables binarias se dejan libres, el tiempo de cómputo de la corrida crece exponencialmente, requiriendo mucho tiempo de cómputo para ajustar la solución en tan solo un 5% del GAP. Por este motivo, para el caso de rediseño se reportan resultados con un 4,4% de GAP final.

A continuación, se presentan los resultados de ambos casos de estudio en relación a infraestructura, diseño de CRIs, transporte y función objetivo.

- **Infraestructura:**

La distribución geográfica y tamaños de todas las unidades de CATs y PRPs necesarias para la ampliación de la red y su rediseño, se muestran en la Figura 57. En la imagen de la izquierda se observa que la solución del escenario donde se amplía la red determina que (si solo el 25% de los EVFs se gestionan a través de CRIs) se requiere instalar 22 CATs adicionales, 13 de tamaño chico y 9 de tamaño mediano, todos desde el primer período y localizados en partidos que no contaban con un CAT (no se realizan ampliaciones). Se observa que los CATs se ubican principalmente en las regiones con mayor tasa de generación de EVFs o en las zonas cercanas a ellas. No se requieren otras PRPs ya que las dos instaladas al inicio del horizonte de planificación tienen capacidad suficiente para procesar todos los envases generados. Así, el número total de CATs en la red asciende a 57.



Por otro lado, si la optimización de la red de LI de EVFs se realiza desde cero (sin tener en cuenta los CATs existentes y las PRPs ya instaladas), el número óptimo de unidades de CATs resulta ser 46, en lugar de las 57 del escenario anterior. Comparando el porcentaje de EVFs almacenados en CATs, se observa que en el escenario de ampliación es mayor que en el de rediseño, lo que es atribuible a que las PRPs son localizadas en partidos con mayor tasa de generación de envases, y que a su vez pueden recibir envases como si fueran CATs, disminuyendo la cantidad de éstos que son requeridos. Cuando se rediseña la red, se requiere instalar 2 PRPs, una de tamaño chico y otra de tamaño mediano, en Olavarría y Chivilcoy respectivamente.

En ambos casos de estudio, los CATs se ubican en las áreas de mayor tasa de generación de EVFs (noroeste y sureste de la provincia) y además se instalan en los mismos períodos, es decir, todas las unidades de infraestructura se adquieren en el primer período. La distribución de tamaños de los CATs en ambos escenarios se muestra en la Figura 58. En el escenario donde se amplía la red existente, el 75% de los CATs son de tamaño chico, mientras que en el rediseño de la red, dicho porcentaje se reduce a 57%, ya que se requieren más CATs de tamaño mediano. Sin embargo, en ambos casos el porcentaje de ocupación de los CATs en promedio a lo largo del horizonte de planificación es del 87 - 88%. Los resultados de los casos estudiados, acerca de la infraestructura, se muestran en la Tabla 31.

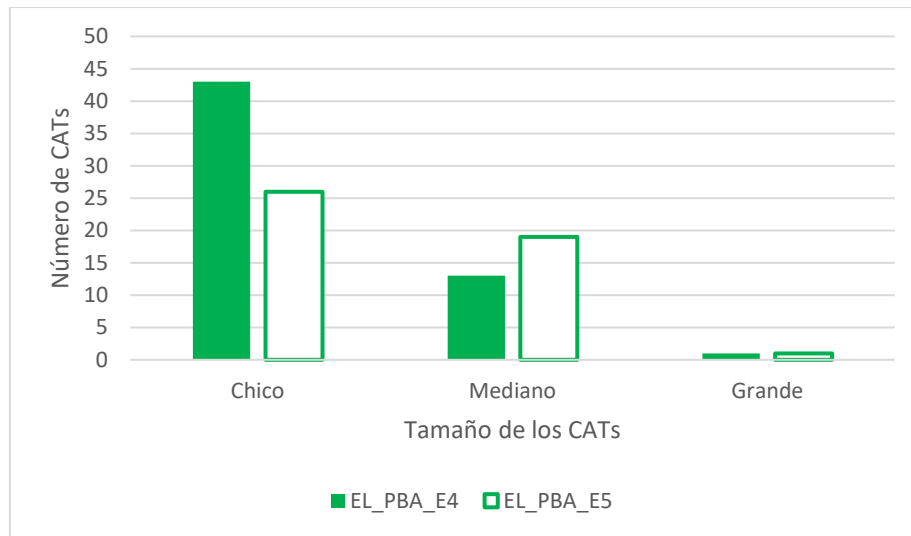


Figura 58. Número de CATs necesarios en función de su tamaño para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.

Tabla 31. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.

	EL_PBA_E4	EL_PBA_E5
Infraestructura		
Cantidad y tamaño de CATs existentes	35 (30 m_1 , 4 m_2 , 1 m_3)	0
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	22 (13 m_1 , 9 m_2)	46 (26 m_1 , 19 m_2 , 1 m_3)
Cantidad total de CATs	57	46
Período de instalación de los CATs y cantidad	t_1 (22)	t_1 (46)
Porcentaje de EVFs almacenados en CATs **	97%	91%
Porcentaje de ocupación promedio de los CATs **	87%	88%
Cantidad y tamaño de PRPs existentes	2 (1 n_1 , 1 n_2)	0
Cantidad y tamaño de PRPs nuevas	0	2 (1 n_1 , 1 n_2)

** : promedio en el horizonte de planificación.

▪ Diseño de las CRIs:

En el escenario de ampliación de la red, 45 partidos de la pBA utilizan las CRIs para gestionar todos o parte de sus envases. De los 45, 12 tienen un CAT, pero hacen uso también de las CRIs para transportar parte de sus envases hacia otros CATs. Al igual que sucedía en el SOB, Coronel Dorrego utiliza las CRIs solo en los últimos 3 períodos porque su CAT no tiene el tamaño suficiente para acopiar todos los envases que se generarán en el partido a partir del período 8. En los casos de 9 de Julio, Balcarce, Bolívar, Necochea, Pergamino, Rivadavia y Trenque Lauquen, se utilizan CRIs en todos los períodos porque sus CATs ya se encuentran completamente llenos y en lugar de ampliar el existente, resulta más económico llevar el exceso de envases mediante CRIs a otros CATs que tienen espacio disponible. Por otra parte, 33 partidos de la pBA no tienen CAT propio y deben utilizar las CRIs para transportar la totalidad de sus envases a los CATs de otros municipios que se encuentran a más de 50 km.

En el rediseño de la red, si bien son más los partidos que utilizan las CRIs (52), solo 6 tienen un CAT, incluso 5 de ellos las utilizan solamente para los últimos períodos del horizonte de planeamiento cuando los CATs se encuentran al 100% de su capacidad. El único partido que teniendo un CAT usa las CRIs en los 10 períodos es Tranque Lauquen, ya que en el balance económico resulta más favorable que tenga un CAT mediano y el resto de sus envases los gestione por CRIs a Tres Lomas que cuenta con un CAT con espacio disponible, en lugar de construir un CAT de tamaño grande. Los 46 partidos restantes no cuentan con un CAT, pero generan EVFs por lo que deben gestionarlos mediante CRIs a otros CATs con espacio disponible. En la Tabla 32 puede notarse que, en el rediseño de la red, el número de viajes por CRIs de PAR a PRP es mayor que en la ampliación, esto se debe a que la localización más central de las PRPs favorece que la mayoría de las CRIs se realicen en ese tramo. Sin embargo, el número de viajes totales por CRIs se mantiene igual en ambos casos debido a que el porcentaje de EVFs transportados por CRIs es el mismo.

Tabla 32. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.

	EL_PBA_E4	EL_PBA_E5
Diseño de las CRIs		
Porcentaje de EVFs transportados por CRIs **	25	25
Número de viajes de CRIs tramo (PAR-CAT) **	481	441
Número de viajes de CRIs tramo (PAR-PRP) **	72	112
Número de nodos que requieren CRIs	45	52

** : promedio en el horizonte de planificación.

▪ Transporte:

En cuanto al transporte, en la Tabla 33 se puede observar una disminución de más de 4 millones de kilómetros en la distancia total recorrida en el escenario de rediseño de la red, en comparación al de la ampliación de la misma. Esto equivale a operar la red con 2 vehículos menos. Otro punto para observar es que la disminución en los kilómetros recorridos beneficia tanto a las CRIs como a los productores agropecuarios, ya que en una red diseñada haciendo uso del modelo de optimización recorren 2.300.000 kilómetros menos.

Tabla 33. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.

	EL_PBA_E4	EL_PBA_E5
Transporte		
Distancia total (km)	99.083.431	95.286.970
Distancia recorrida por camiones (km)	4.031.731	2.502.387
Distancia recorrida por camionetas (km)	95.051.701	92.784.583
Vehículos de tipo v ₂ requeridos	5	3

- **Función objetivo:**

Finalmente, es interesante resaltar que los valores de la función objetivo en ambos casos (ver Figura 59) son similares, siendo la diferencia de 1.000.000 de dólares entre un caso y otro, a pesar de que el rediseño considera el costo de inversión de las 2 PRPs y de todas las unidades de CATs, además del costo operacional de instalaciones y transporte. En el rediseño de la red, el 22% del costo total descontado de la red corresponde a inversiones en instalaciones, mientras que este elemento representa el 13% en el caso donde se amplía la red. El costo operativo de las PRPs es exactamente el mismo en ambos casos ya que la cantidad de envases a tratar es la misma. En el resto de los costos se observa una leve reducción si la red se rediseña óptimamente. Este resultado indica que si bien la red de LI existente en la pBA no es la óptima, ampliar la red para los próximos 10 años tiene un costo similar a diseñarla desde cero.

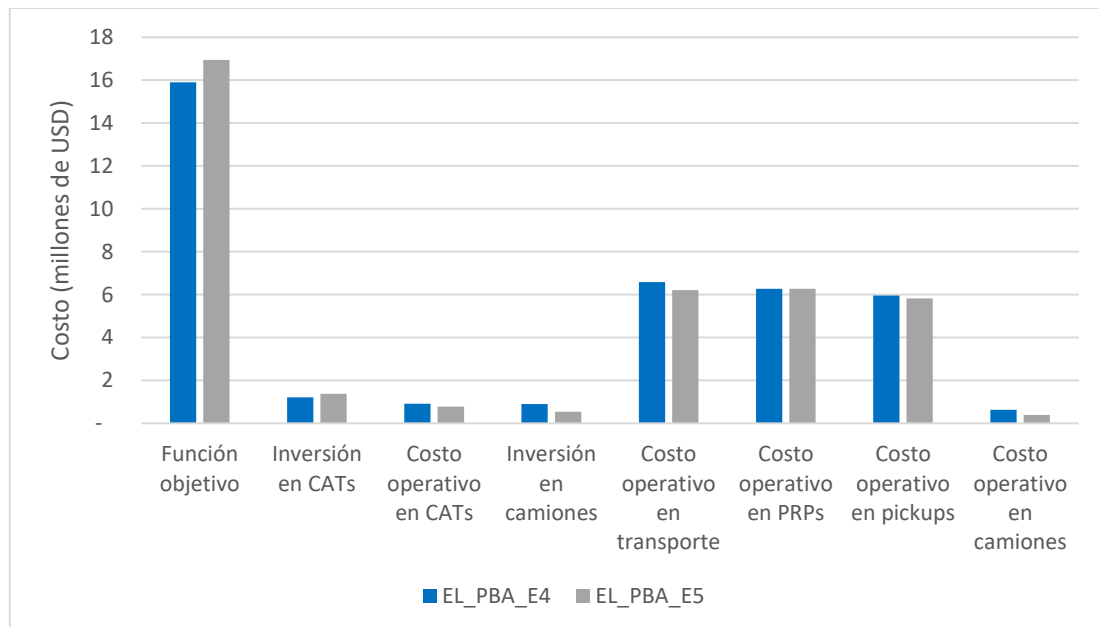


Figura 59. Valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA_E4 y EL_PBA_E5.

5.5.3 EL_PBA-E6 a E11. Influencia de las CRIs en el diseño de la red

En forma similar a lo analizado para el SOB, en esta sección se estudiará el efecto que provoca en el diseño de la red la cantidad máxima o tolerable de EVFs que se admita gestionar mediante CRIs en toda la pBA. Para realizar este análisis, partiendo del escenario EL_PBA-E4 (ver Tabla 29), se definen 6 casos de estudio adicionales variando el parámetro *MCRI* desde 1 a 100, de forma gradual. La red de CATs y PRPs óptima para toda la provincia, para cada uno de los casos, se ilustra en la Figura 60.

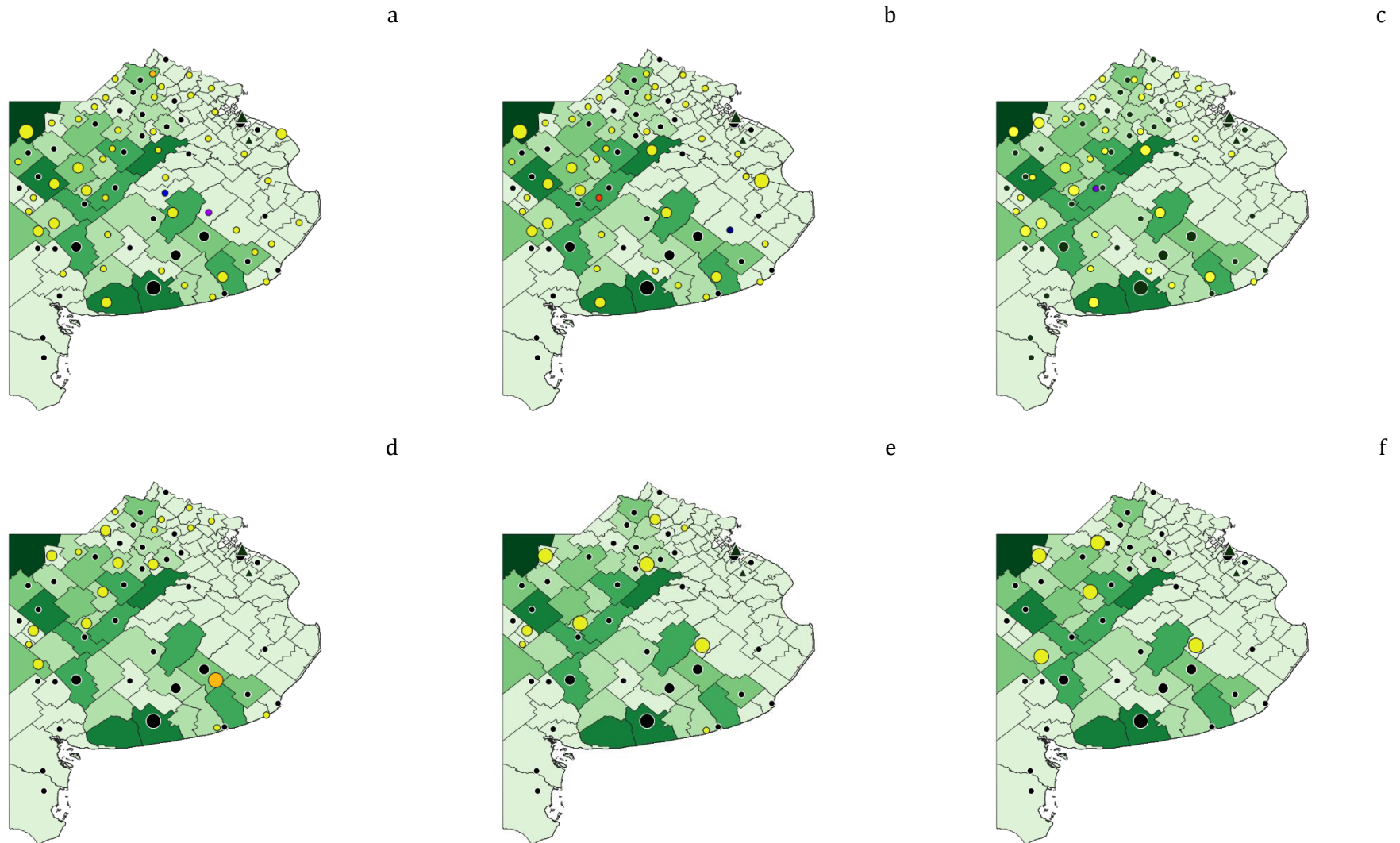


Figura 60. Estructura de la red de LI de la pBA en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs: a) 1%, b) 5%, c) 10%, d) 50%, e) 75%, f) 100%. Símbolos: (●) CATs; (▲) PRPs. El código de color de los CATs indica sus períodos de instalación: (i) amarillo: primer período, ii) naranja: segundo período, iii) rojo: cuarto período, iv) violeta: séptimo período, v) azul violáceo: octavo período, vi) azul: noveno período, vii) azul oscuro: décimo período. El tamaño de los símbolos de los CATs es representativo de su capacidad de almacenamiento. El código de colores de los partidos indica su grado de generación de envases: verde claro indica menor generación, verde oscuro, mayor generación.

A continuación, se presentan los resultados de todos los casos de estudio en relación a infraestructura, diseño de CRIs, transporte y función objetivo.

- **Infraestructura:**

En la Figura 60 se muestra la distribución geográfica y los tamaños de todas las unidades de CATs y PRPs necesarias para la ampliación de la red, de acuerdo al porcentaje de EVFs que se admita gestionar por CRIs y en la Tabla 34 se presentan los resultados en cuanto a infraestructura para todos los casos de estudio

En los mapas de la Figura 60 se observa que a medida que aumenta el parámetro *MCRI* de 1 a 100, se necesitan menos CATs, pero de mayor tamaño. Esto también se ilustra en la Figura 61 junto a la distribución del tamaño de los CATs en cada escenario, la capacidad instalada anual resultante y los EVFs generados en el último período del horizonte de planificación. A valores pequeños del parámetro *MCRI*, la capacidad instalada anual necesaria para la gestión de todos los envases sobrepasa la generación máxima de EVFs (último período del horizonte de planeamiento), sin embargo, a partir del 75% de *MCRI* ambos valores se aproximan.

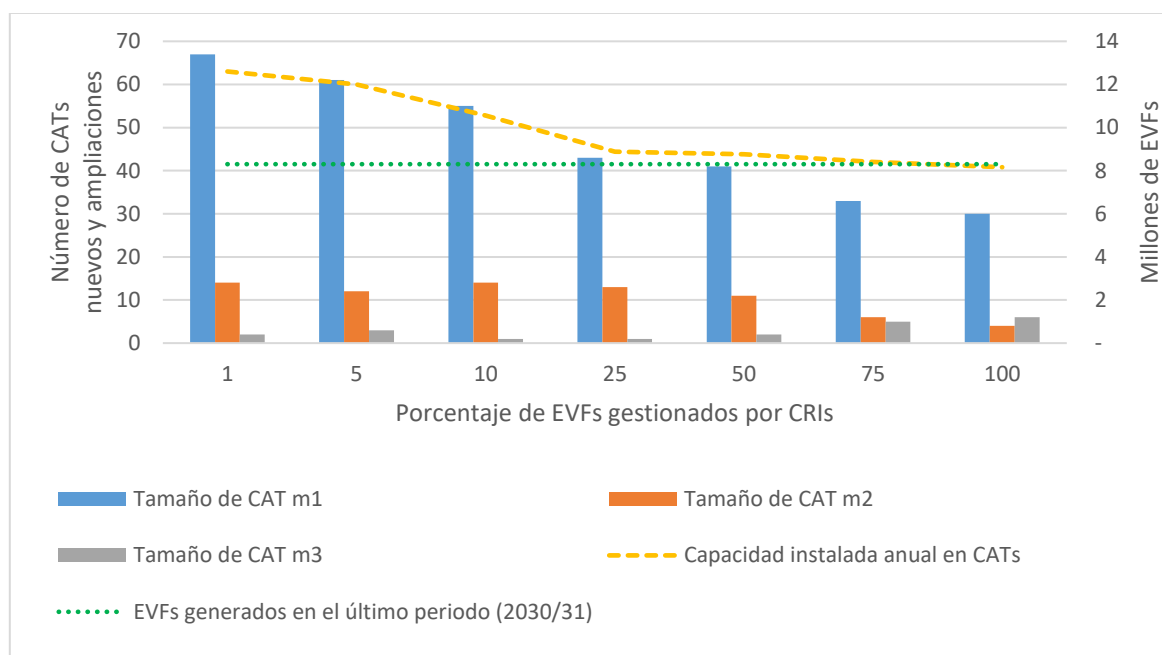


Figura 61. Cantidad y tamaños de los nuevos CATs y/o ampliaciones requeridas en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la red de CATs tendría que tener entre 42 y 83 CATs de acuerdo a la cantidad de EVFs que se admita gestionar por CRIs. En la Tabla 34 se puede notar que a pequeños valores del parámetro *MCRI*, se evidencia la utilidad de abrir CATs de forma

progresiva a lo largo del horizonte de planeamiento y no todos juntos desde el inicio como cuando el valor es alto. Si bien la cantidad de CATs disminuye a medida que el parámetro *MCRI* aumenta, el porcentaje de EVFs almacenados en CATs respecto del total generado, siempre es superior al 91%. Sin embargo, en el escenario con 1% de *MCRI*, los CATs operan con un porcentaje promedio menor de llenado (67%) mientras que con un 100% de *MCRI* trabajan a un 90% de su capacidad (en promedio). Es decir que, a medida que se reduce la cantidad de envases que pueden gestionar por CRIs, muchos CATs tendrán capacidad ociosa con los tamaños que se han considerado en este caso de aplicación. Por otra parte, en ningún caso se necesitan nuevas PRPs, al igual que en la sección anterior, con las dos plantas existentes en el noreste de la pBA es suficiente para procesar todos los envases de la provincia.

Tabla 34. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11.

Nombre del modelo	EL_PBA-E6	EL_PBA-E7	EL_PBA-E8	EL_PBA-E4	EL_PBA-E9	EL_PBA-E10	EL_PBA-E11
Parámetro <i>MCRI</i> (%)	1	5	10	25	50	75	100
Infraestructura							
Cantidad y tamaño de CATs existentes	35 (30 m_1 , 4 m_2 , 1 m_3)						
Ampliaciones de los CATs existentes	7 (6 m_1 , 1 m_2)	6 (m_1)	4 (m_1)	0	2 (1 m_1 , 1 m_3)	1 (m_1)	1 (m_3)
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	41 (31 m_1 , 9 m_2 , 1 m_3)	35 (25 m_1 , 8 m_2 , 2 m_3)	31 (21 m_1 , 10 m_2)	22 (13 m_1 , 9 m_2)	17 (10 m_1 , 7 m_2)	8 (2 m_1 , 2 m_2 , 4 m_3)	4 (m_3)
Cantidad total de CATs (nuevos + ampliaciones)	83	76	70	57	54	44	40
Período de instalación de los CATs/ampliaciones y cantidad	$t_1(45)$, $t_2(1)$, $t_7(1)$, $t_9(1)$	$t_1(39)$, $t_4(1)$, $t_{10}(1)$	$t_1(34)$, $t_8(1)$	$t_1(22)$	$t_1(18)$, $t_2(1)$	$t_1(9)$	$t_1(5)$
Porcentaje de EVFs almacenados en todos los CATs **	100	100	99	97	97	95	91
Porcentaje de llenado CATs en promedio en el último período	67	73	80	90	91	92	90
Cantidad de PRPs existentes	2	2	2	2	2	2	2
Cantidad de PRPs nuevas	0	0	0	0	0	0	0

** : promedio en el horizonte de planificación.

- **Diseño de las CRIs:**

En la Tabla 35 se muestran los resultados sobre el diseño de las CRIs en cada caso de estudio. Lo primero que puede notarse es que en todos los casos, la mayoría de las CRIs se dan en el tramo PAR-CAT, es decir, se utilizan para gestionar los EVFs de los partidos que no tienen CAT o lo tienen lleno, para llevarlos a otros CATs con capacidad disponible y así poder compactarlos. Por otra parte, cuantos más envases se gestionen por CRIs, más partidos contarán con dicho mecanismo para gestionar sus EVFs. El número de viajes totales de CRIs está expresado anualmente, pero si se los divide por las 52 semanas de un año resulta que para los escenarios de más de 25% de *MCRI* se requiere realizar más de 10 viajes por semana, un valor que resulta muy difícil de poner en práctica. Esto da un indicio más de que 25% de *MCRI* es un valor límite adecuado.

Tabla 35. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11.

Nombre del modelo	EL_PBA- E6	EL_PBA- E7	EL_PBA- E8	EL_PBA- E4	EL_PBA- E9	EL_PBA- E10	EL_PBA- E11
Parámetro <i>MCRI</i> (%)	1	5	10	25	50	75	100
Diseño de las CRIs							
Número de viajes totales de CRIs	22	111	221	553	1106	1660	2211
Porcentaje de viajes de CRIs tramo PAR-CAT **	100%	94%	92%	87%	93%	94%	91%
Porcentaje de viajes de CRIs tramo PAR-PRP **	0%	6%	8%	13%	7%	6%	9%
Número de nodos que requieren CRIs	12	22	34	45	60	80	112

** : promedio en el horizonte de planificación.

- **Transporte:**

En la Figura 62 y en la Tabla 36 se muestran los resultados de los casos estudiados en lo referido al transporte de los EVFs. Al igual que se comentó en el caso de estudio del SOB, cuanto menor es el valor del parámetro *MCRI*, más CATs se requieren y más kilómetros se recorren en toda la red. Sin embargo, la mayor parte de esos kilómetros los recorren los productores al transportar los EVFs en sus camionetas al CAT más cercano. A medida que el parámetro se incrementa, se necesitan menos unidades de CATs, los productores recorren cada vez menos kilómetros porque empiezan a circular más CRIs, lo que conlleva a que se necesiten más vehículos de tipo v_2 , entre 4 (1% y 5% de *MCRI*) y 8 (100% de *MCRI*) dependiendo el escenario.

En este punto es importante resaltar los resultados en cuanto al indicador presentado en el capítulo 4: impacto medioambiental asociado al transporte (kg CO₂ equivalente/ km). Como la emisión de CO₂ (y otros contaminantes atmosféricos) es proporcional a la distancia recorrida, si bien las camionetas emiten menos que los camiones, al ser tan grande la distancia total recorrida por las camionetas al transportar EVFs hacia un PRI, CAT o PRP, resulta que la menor emisión total se da cuando el 100% de los EVFs se gestiona mediante CRIs.

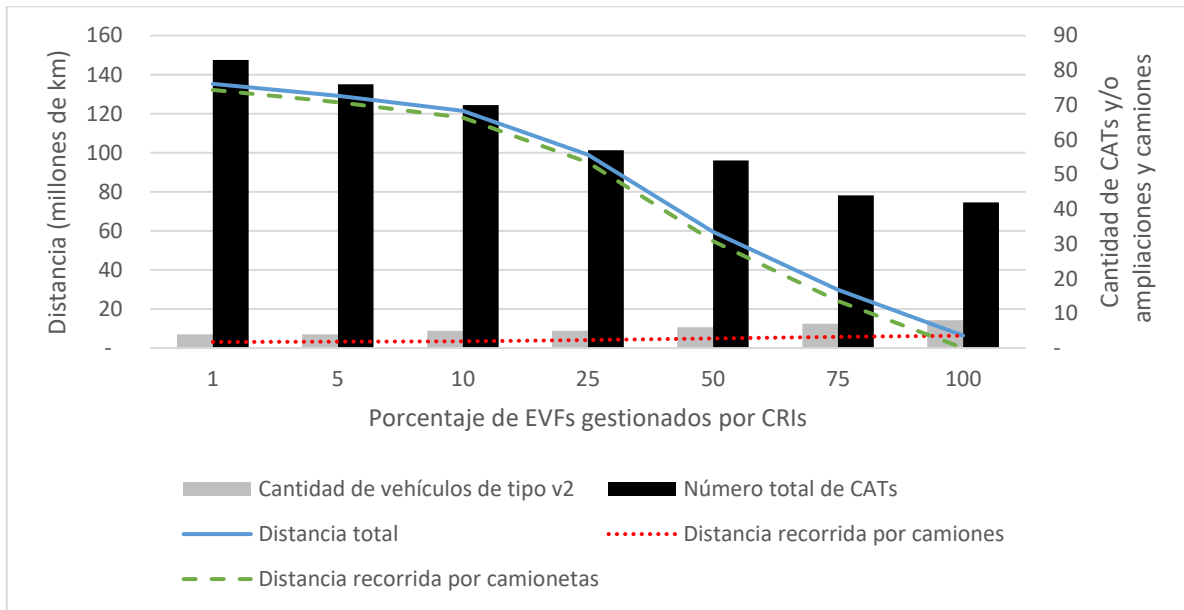


Figura 62. Distancias recorridas, cantidad total de CATs y/o ampliaciones y camiones requeridos en función del porcentaje máximo de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.

▪ **Función objetivo:**

El último aspecto a analizar en esta sección es el valor de la función objetivo y sus componentes. En la Figura 63 y en la Tabla 37 se muestran los resultados de cada caso. Como se puede observar, los aportes más significativos a la función objetivo son el costo operativo en vehículos y en PRPs. A su vez, cuando el parámetro *MCRI* es superior a 50, el mayor aporte es por el costo operativo de las PRPs, mientras que cuando es inferior a 50, el mayor aporte es por el costo operativo de los vehículos debido a la gran cantidad de kilómetros recorridos. Cuántos más envases se gestionen por CRIs menor es el costo de diseño y operación de la red, y esta reducción se debe principalmente al menor costo en el transporte, particularmente a la reducción de kilómetros que recorren los productores. Al mismo tiempo, en el caso de los CATs, el costo de inversión y de operación disminuye a medida que aumenta el valor de *MCRI*.

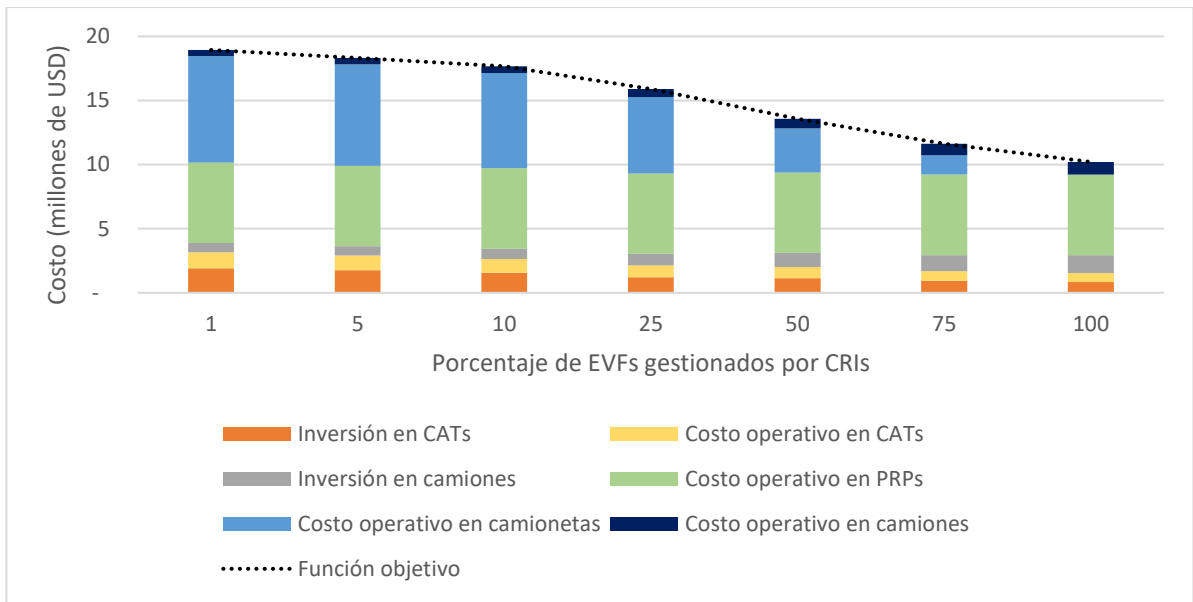


Figura 63. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes de acuerdo a la variación del porcentaje de EVFs gestionados por CRIs en la pBA.

Tabla 36. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11.

Nombre del modelo	EL_PBA-E6	EL_PBA-E7	EL_PBA-E8	EL_PBA-E4	EL_PBA-E9	EL_PBA-E10	EL_PBA-E11
Parámetro MCRI (%)	1	5	10	25	50	75	100
Transporte							
Distancia total (km)	135.307.289	129.215.138	121.478.415	99.083.431	59.591.523	29.778.679	6.414.058
Distancia recorrida por camiones (km)	3.113.578	3.246.973	3.386.792	4.031.731	4.895.859	5.685.195	6.357.514
Distancia recorrida por camionetas (km)	132.193.712	125.968.165	118.091.623	95.051.701	54.695.664	24.093.484	56.544
Vehículos de tipo v_2 requeridos y período de compra	4 (t_1)	4 (t_1)	5 (4 t_1 , 1 t_9)	5 (t_1)	6(t_1)	7(t_1)	8 (7 t_1 , 1 t_3)
CO ₂ equivalente emitido por camiones (kg)	1.136.456	1.185.145	1.236.179	1.471.582	1.786.989	2.075.096	2.320.493
CO ₂ equivalente emitido por camionetas (kg)	37.410.820	35.648.991	33.419.929	26.899.631	15.478.873	6.818.456	16.002

** : promedio en el horizonte de planificación

Tabla 37. Función objetivo. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4, EL_PBA-E6 a E11.

Nombre del modelo	EL_PBA-E6	EL_PBA-E7	EL_PBA-E8	EL_PBA-E4	EL_PBA-E9	EL_PBA-E10	EL_PBA-E11
Parámetro MCRI (%)	1	5	10	25	50	75	100
Función objetivo (USD)	18.941.218	18.323.659	17.660.440	15.903.326	13.572.266	11.614.788	10.208.072
Porcentaje del costo total							
Inversiones	14%	13,5%	13%	13%	16,5%	19%	22%
Costo de operación de transporte	46%	46%	45%	41%	31%	20,5%	10%
Costo de operación de los CATs	7%	6,5%	6%	6%	6,5%	6,5%	7%
Costo de operación de las PRPs	33%	34%	36%	40%	46%	54%	61%

** : promedio en el horizonte de planificación.

5.5.4 EL_PBA-E12. Influencia de la compactación de envases en el diseño de la red

Siguiendo la línea de análisis del SOB, en esta sección se analiza para toda la provincia la importancia de que los EVFs se compacten y enfarden en los CATs previo a su transporte a las PRPs. Para ello, se comparan los resultados del escenario EL_PBA-E4 con los resultados del escenario EL_PBA-E12, es decir, sin considerar que los EVFs se compactan en los CATs. Las dimensiones de los modelos resultantes y los rendimientos computacionales se presentan en la Tabla 38. Como se puede observar, ambos casos de estudio tienen la misma cantidad de variables totales (continuas y enteras), así como también la misma cantidad de restricciones. Sin embargo, en el caso sin compactación el tiempo de cómputo aumenta considerablemente para alcanzar la solución óptima global. Esto se debe a que, en ese caso los CATs solo actúan acopiando envases y no existe el beneficio de disminución de volumen, por lo que la capacidad de los vehículos tipo v_2 son iguales en todos los tramos y la simetría del problema aumenta considerablemente.

Tabla 38. Dimensión del modelo y desempeño de resolución de los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.

	EL_PBA-E4	EL_PBA-E12
Función objetivo (USD)	15.903.326	18,417,840
Estadísticas del modelo		
VARIABLES TOTALES	791.022	791.022
VARIABLES BINARIAS	6.790	6.790
VARIABLES ENTERAS	30	30
VARIABLES BINARIAS FIJAS	37	37
RESTRICCIONES TOTALES	541.252	541.252
GAP Relativo de GAMS (%)	0	0
CPU (s) /(min)	739,47 (12,3)	7247,77 (121)

A continuación, se presentan los resultados de ambos casos de estudio en relación a infraestructura, diseño de CRIs, transporte y función objetivo.

- **Infraestructura:**

Como se puede observar en la Tabla 39, en el escenario donde los EVFs no se compactan y enfardan en los CATs, se requieren 7 instalaciones más que en el escenario donde sí se compactan. Estas unidades consisten en 3 ampliaciones de CATs existentes, 3 CATs nuevos y 1 PRP de tamaño chico adicional a las 2 existentes. En ambos casos, todas las unidades de infraestructura se requieren desde el primer período del horizonte de planeamiento. Si no se compactan los envases, el porcentaje de ocupación promedio de los CATs es del 69%, en comparación al 87% del escenario con compactación. Es decir que, si bien hay más unidades, muchas de ellas quedan con mayor

capacidad ociosa. En el caso del escenario con compactación, el 93% de los CATs tienen una ocupación superior al 50% mientras que en el escenario sin compactación el 80% de los CATs instalados tiene una ocupación superior al 50%. Esto puede observarse en la Figura 64 y está relacionado a cómo funcionan las CRIs en este escenario, lo que se detallará más adelante.

Por otra parte, el porcentaje de EVFs almacenados en CATs también es menor (74% en contraposición con 97%), pero esto se debe a la instalación de una nueva PRP en Cnel. Casares, a la cual llegan los EVFs sin pasar antes por un CAT. Nótese que resulta menos costoso construir y operar una nueva PRP chica que transportar envases enteros hasta las dos PRP existentes en el noreste de la pBA. Esta nueva PRP opera al 100% de capacidad a lo largo de todo el horizonte de planeamiento, mientras que las preinstaladas procesan un 40% y 79% de su capacidad total. La comparación de la localización geográfica de las unidades de CATs y PRPs entre ambos escenarios se ilustra en la Figura 65.

Tabla 39. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.

	EL_PBA-E4	EL_PBA-E12
Infraestructura		
Cantidad y tamaño de CATs existentes	35 (30 m_1 , 4 m_2 , 1 m_3)	
Ampliaciones de CATs existentes	0	3 (m_1)
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	22 (13 m_1 , 9 m_2)	25 (20 m_1 , 3 m_2)
Cantidad total de CATs	57	63
Período de instalación de los CATs/ampliaciones y cantidad	t_1 (22)	t_1 (28)
Porcentaje de EVFs almacenados en CATs **	97%	74%
Porcentaje de ocupación promedio de los CATs**	87%	69%
Cantidad de PRPs existentes	2 (1 n_1 , 1 n_2)	
Cantidad de PRPs nuevas	0	1 (n_1)

** : promedio en el horizonte de planificación.

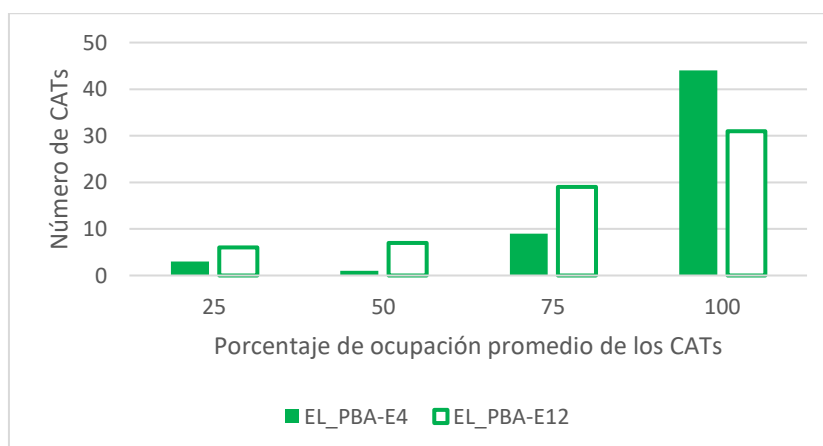
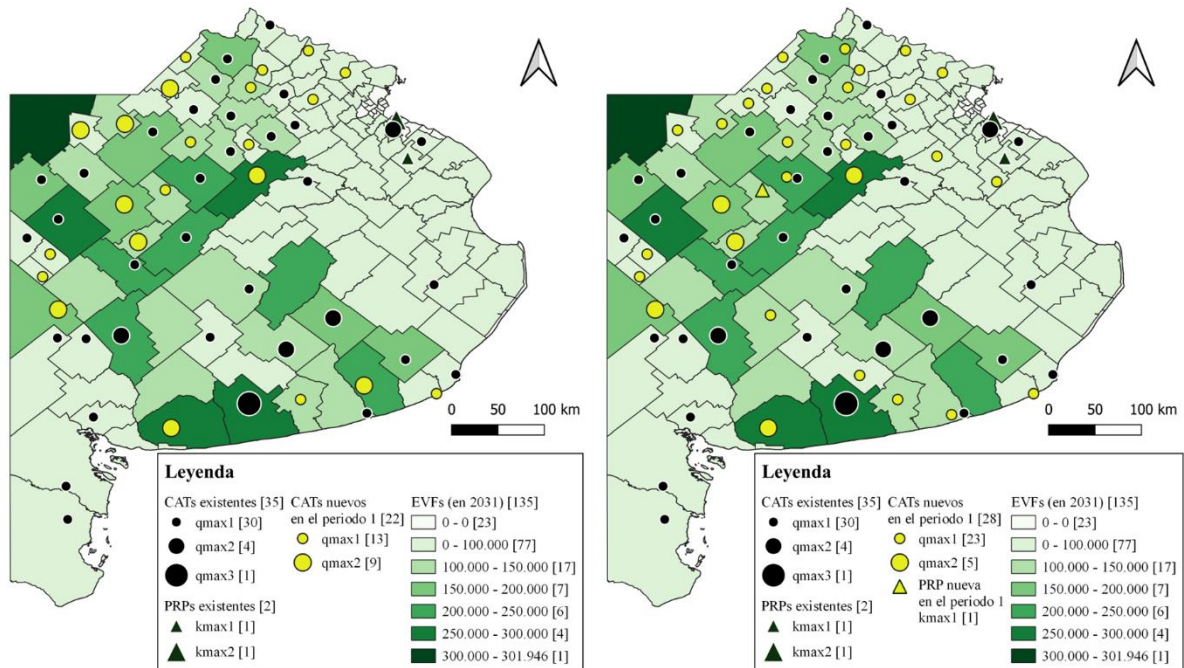


Figura 64. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.



▪ Diseño de CRIs:

Una vez definido el parámetro *MCRI*, queda definido el número de viajes de CRIs, ya que los envases se transportan enteros. En estos escenarios, el máximo es 553 viajes y ambos los realizan en sus soluciones óptimas, lo que difiere es el destino de los mismos, como se muestra en la Tabla 40. En el caso sin compactación, los viajes de CRIs son desde los partidos a las PRP, mientras que en el escenario con compactación la mayoría son de los partidos a los CATs. Este cambio notable se debe a que, si los EVFs no se compactan en los CATs, ya no resulta económicamente conveniente transportarlos mediante CRIs hasta un CAT para luego volver a transportarlos enteros hasta una PRP. En este escenario todas las CRIs se utilizan para transportar los envases enteros desde los 42 partidos que las requieren, hasta alguna de las 3 PRPs disponibles. Es por ello también, que muchos CATs quedan con capacidad ociosa. En cambio, en el escenario con compactación se utilizan las CRIs para compactar los envases en los CATs.

Tabla 40. Diseño de las CRIs. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.

	EL_PBA-E4	EL_PBA-E12
Diseño de las CRIs		
Porcentaje de EVFs transportados por CRIs **	25	25
Número de viajes de CRIs tramo PAR-CAT **	481	0
Número de viajes de CRIs tramo PAR-PRP **	72	553
Número de nodos que requieren CRIs	45	42

** : promedio en el horizonte de planificación.

- **Transporte:**

Uno de los aspectos donde más se evidencia la importancia de la compactación es en el transporte de los EVFs. Como se puede observar en la Tabla 41, en lugar de los 5 camiones que se necesitan en el escenario con compactación, en el caso sin compactar se requieren 13. La cantidad de kilómetros que se deben recorrer para gestionar todos los envases también es mayor en 3.500.000 km. El punto más relevante es que si bien la cantidad de EVFs que se admite gestionar por CRIs es exactamente la misma, los vehículos tipo v_2 deben recorrer más del doble de kilómetros que en el caso con compactación, para recolectar todos los envases.

Tabla 41. Transporte. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.

	EL_PBA-E4	EL_PBA-E12
Transporte		
Distancia total (km)	99.083.431	102.675.152
Distancia recorrida por camiones (km)	4.031.731	10.615.803
Distancia recorrida por camionetas (km)	95.051.701	92.059.349
Vehículos de tipo v_2 requeridos	5	13

- **Función objetivo:**

Como se muestra en la Figura 66, la función objetivo del escenario sin compactación es superior por USD 2.500.000, debido a la inversión en 8 camiones adicionales y en la nueva PRP, además del costo operacional extra por el transporte en camiones de menor capacidad. Si se analizan cada uno de los costos sobre la función objetivo, se notan ciertas diferencias. La diferencia en kilómetros entre ambos escenarios es de 3.500.000 km, y se refleja en un incremento de 800.000 USD en el costo operativo de transporte. Sin embargo, la inversión en los camiones adicionales requeridos es de 1.300.000 USD y constituye uno de los factores que hace a la diferencia en la función objetivo de ambos escenarios. Por otro lado, el costo de inversión de las enfardadoras en los CATs del escenario con compactación equivale prácticamente a la inversión en la PRP del escenario sin compactación. Estos resultados indican que incorporar equipos de compactación y enfardado en los CATs disminuye significativamente los costos vinculados al transporte, en inversión de vehículos y los costos variables de transporte, disminuyendo en consecuencia los costos de toda la red.

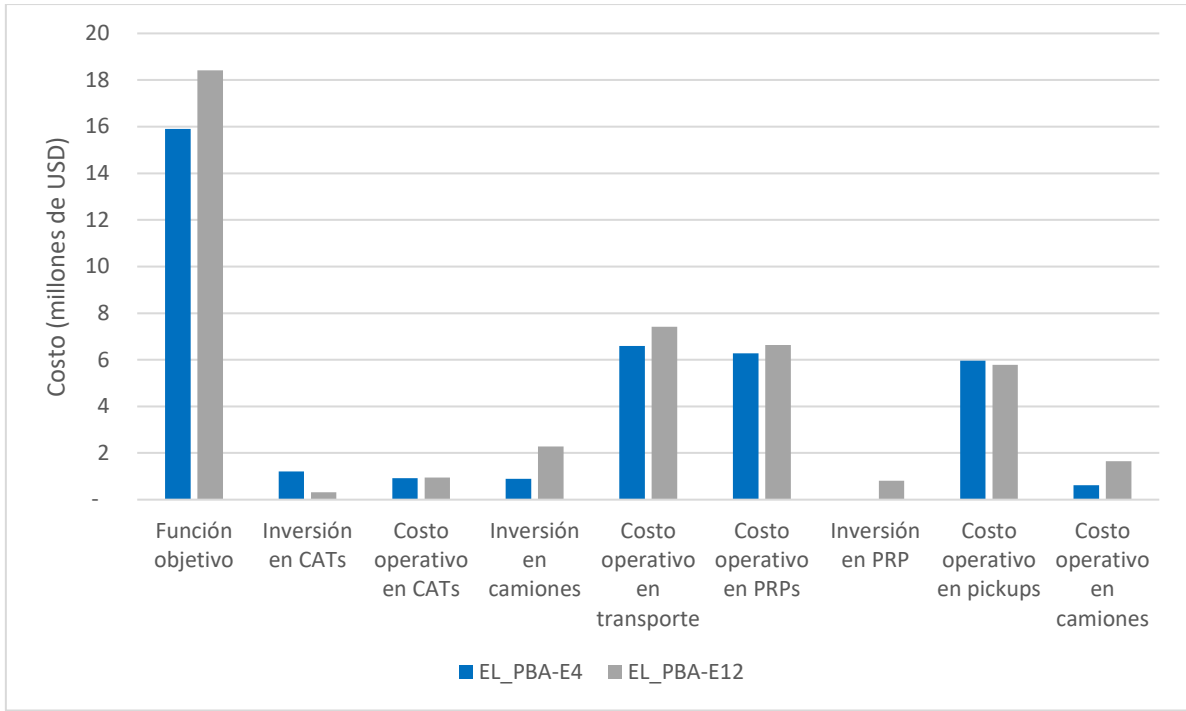


Figura 66. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E12.

5.5.5 EL_PBA-E13. Influencia del número de retiros mensuales en los CATs

El último aspecto a analizar en este capítulo es cómo influye el parámetro número de retiros ($Nret$) en los resultados del modelo. Este parámetro está involucrado en las Ecs. (18) y (19) del modelo matemático OptiLOC, y las mismas aseguran que el número de envases que recibe un dado CAT en un período t , esté dentro de sus límites de capacidad. De modo que el número de retiros en los CATs determina indirectamente la capacidad anual de los mismos. Por ejemplo, el CAT más chico del modelo denominado m_1 cuenta con una capacidad máxima ($qmax_m$) de 10.000 envases por mes. Esto equivale a 120.000 envases por año considerando que $Nret$ es 12, es decir, un retiro por mes. Para mayor claridad, se indican las expresiones de la Ecs. (18) y (19) (ya introducidas en el capítulo 4).

$$SCAT_{jt} \geq \sum_{m \in M} Nret \cdot qmin_m \cdot x_{jmt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (18)$$

$$SCAT_{jt} \leq \sum_{m \in M} Nret \cdot qmax_m \cdot x_{jmt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (19)$$

A continuación, se analiza el caso EL_PBA-E13 con el parámetro $Nret$ fijado en 24, para evaluar el impacto que esto tiene en la red de CATs y PRPs. Solo se analiza la opción de 2 retiros mensuales, ya que 3 o 4 retiros equivaldría a vaciar los CATs prácticamente en forma semanal, lo cual se

considera que es difícil de llevar a cabo en la práctica. Si se establece que los CATs se vacíen dos veces al mes, se necesitaría de todas formas que se instalen CATs adicionales a los 35 existentes, pero solo 19 y todos de tamaño chico. Las diferencias con respecto al caso con un retiro mensual (EL_PBA_E4) es que los CATs de Alberti, Lobería y Salto ya no son necesarios. Además, los CATs de 25 de Mayo, Adolfo Alsina, Cnel. Dorrego, Florentino Ameghino, Gral. Arenales, Gral. Pinto, Hipólito Yrigoyen y Pehuajó pueden ser de tamaño chico. La distribución geográfica y tamaños de todas las unidades de CATs y PRPs necesarias para la ampliación de la red con 1 y 2 retiros mensuales en CATs, se muestran en la Figura 67. Por otra parte, si se analiza el porcentaje de ocupación de los CATs, se puede concluir que 26 de los 54 se ocupan en menos de la mitad, como se ilustra en la Figura 68, siendo el porcentaje de ocupación promedio del 56%.

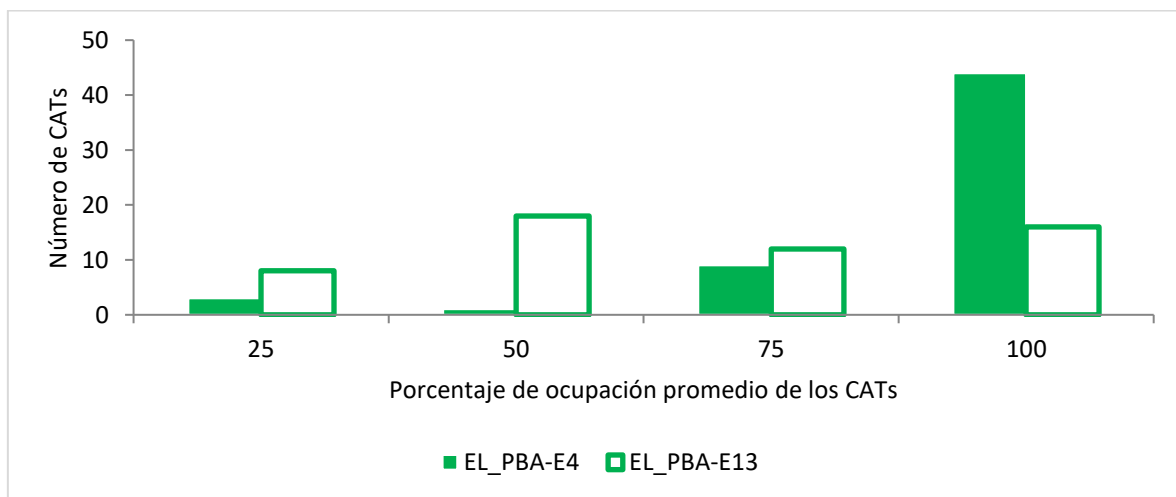
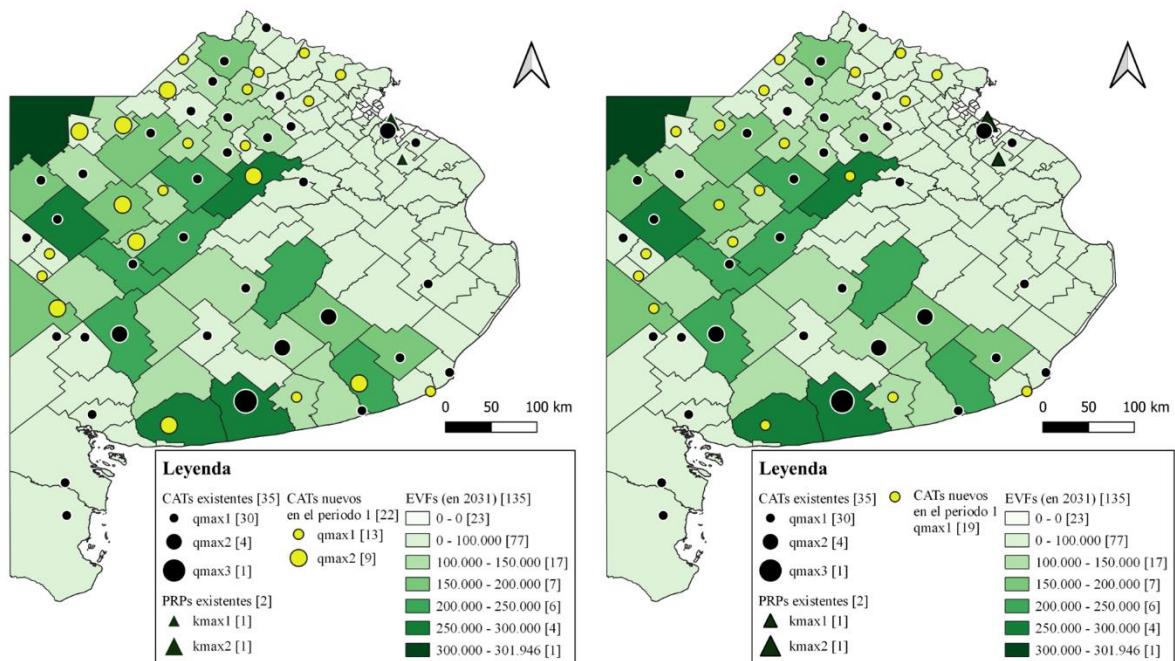


Figura 68. Porcentaje de ocupación promedio de los CATs para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13.

Los resultados sobre la infraestructura para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13 se muestran en la Tabla 42. A pesar de que se necesitan 3 CATs menos y que los que se instalan son todos de tamaño chico, al hacer un mayor número de retiros mensuales solo se consigue una reducción de USD 300.000 en el costo total descontado del diseño y operación de la red a lo largo del horizonte de estudio. En la Figura 69 se puede observar que la capacidad instalada supera la generación de EVFs, siendo suficiente para el sistema de gestión integral de EVFs.

Tabla 42. Infraestructura. Solución óptima para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13.

	EL_PBA-E4	EL_PBA-E13
Función objetivo (USD)	15.903.326	15.617.314
Infraestructura		
Cantidad y tamaño de CATs existentes	35 (30 m_1 , 4 m_2 , 1 m_3)	
Cantidad y tamaño de CATs nuevos	22 (13 m_1 , 9 m_2)	19 (m_1)
Cantidad total de CATs	57	54
Período de instalación de los CATs y cantidad	t_1 (22)	t_1 (19)
Porcentaje de EVFs almacenados en CATs **	97%	97%
Porcentaje de ocupación promedio de los CATs**	87%	56%
Cantidad y tamaño de PRPs existentes	2 (1 n_1 , 1 n_2)	
	0	
Cantidad y tamaño de PRPs nuevas	0	0

** : promedio en el horizonte de planificación.

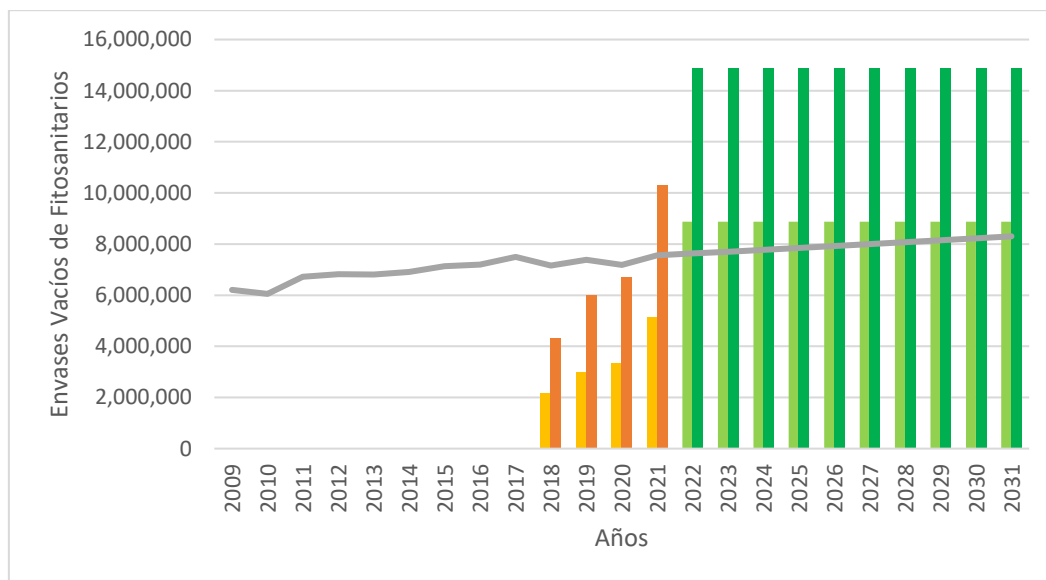


Figura 69. Generación de EVFs en la pBA (línea llena) y capacidad instalada anual de CATs: (■) a la actualidad con 1 retiro mensual; (■) a la actualidad con 2 retiros mensuales; (■) en el caso de estudio EL_PBA-E4; (■) en el caso de estudio EL_PBA-E13.

Realizar dos retiros mensuales, además de reducir el número de CATs y su tamaño, permite reducir 1 millón de kilómetros la distancia recorrida durante la recolección de envases a lo largo de los 10 años de planificación, es decir, una reducción de 100.000 km por año. Estos kilómetros se

los ahorra el productor agropecuario ya que a medida que aumenta la capacidad de los CATs, aumenta la posibilidad de que transporten sus EVFs a los CATs más cercanos con espacio disponible. Además, como se puede observar en la Figura 70, es una de las razones por las cuales la función objetivo es menor. La otra razón es el menor costo de inversión en CATs.

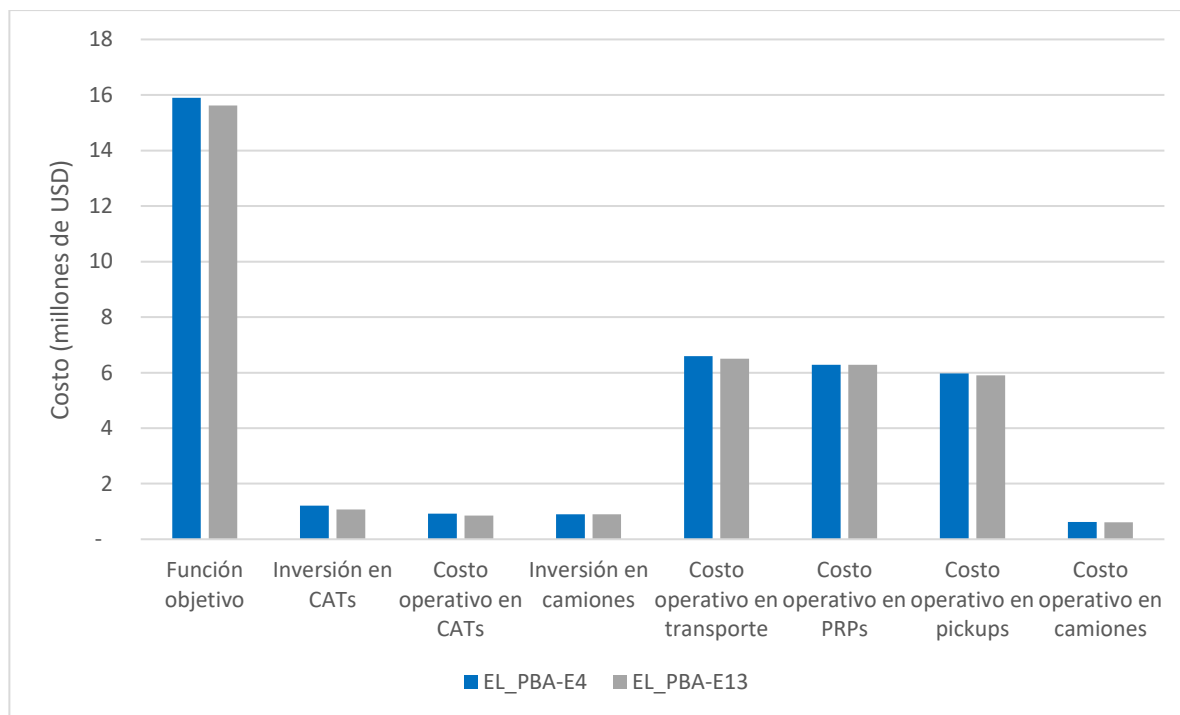


Figura 70. Variación del valor de la función objetivo y cada uno de sus componentes para los casos de estudio EL_PBA-E4 y EL_PBA-E13.

5.6 Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de aplicar el modelo desarrollado en el capítulo 4 a dos casos de estudio, el primero al SOB y el segundo a toda la pBA. Para realizar estos estudios se evaluaron diferentes proyecciones a 10 años de la generación de EVFs, usando regresión lineal a partir de datos disponibles de igual período anterior, definiendo una tasa de crecimiento del 9,5% en 10 períodos. Esta predicción solo pudo validarse con datos disponibles de las declaraciones juradas presentadas por lo registrantes en el año 2020, dando como resultado una diferencia de 6%, por lo que se asumió que la extrapolación resulta adecuada para los estudios a realizar.

Los resultados del caso de estudio del SOB indican que, a partir del año 2022, la capacidad de los CATs no sería suficiente para almacenar todos los EVFs generados de acuerdo a la proyección de crecimiento usada. Por otra parte, con la localización y tamaño de los CATs construidos hasta la actualidad, si se optimiza la operación de la red con un máximo del 25% de los envases gestionados a través de CRIs, el 40% de los viajes que realizarían los productores agropecuarios en los

próximos 10 años hacia un CAT para devolver sus EVFs serían de más de 50 km. Si se corre el modelo restringiendo esa distancia para que no exceda 50 km, resulta que más de la mitad de los EVFs del SOB deberían ser gestionados por CRIs, valor que es el doble del deseado por la autoridad competente en la pBA. Estos estudios permiten concluir que, aun optimizando su operación, la red existente no es suficiente para gestionar los envases de forma sostenible, sino que se requeriría la instalación de 5 CATs adicionales, 3 de tamaño chico y 2 medianos.

Para el caso de estudio de la pBA se concluye que la capacidad de los CATs no sería suficiente para almacenar todos los EVFs generados, si se asume un único retiro mensual. Por otra parte, optimizando la operación de la red con los CATs existentes en la actualidad, para un 25% envases recolectados por CRIs, el 65% de los viajes que realizarían los productores agropecuarios en los próximos 10 años hacia un CAT, serían de más de 50 km. Por otra parte, restringiendo esta distancia a 50 km, la optimización de la red da como resultado que el 58% de los EVFs deberían ser gestionados por CRIs, lo cual es más del doble del deseado por la autoridad competente en la pBA. O sea que, optimizando la operación, la red existente no es suficiente para gestionar los envases de forma sostenible. Para lograrlo, se requeriría la instalación de 22 CATs adicionales, 13 de tamaño chico y 9 medianos. Un análisis del número de veces que se vacían los CATs por mes, permite concluir que, para cubrir la generación de envases de toda la pBA, se necesitarían 3 CATs menos que en el caso de 1 retiro por mes, y a su vez, esos CATs adicionales podrían ser de tamaño chico.

El modelo propuesto permitió estudiar el efecto de distintos parámetros de operación sobre la estructura de la red de recolección. En cuanto al porcentaje de envases gestionados por CRIs, se pudo observar que en ambos casos de estudio (SOB y pBA), al aumentar dicho porcentaje la red requiere de menos CATs, pero de mayor tamaño. Por otra parte, el número de kilómetros requeridos para gestionar los envases disminuye, reduciendo al mismo tiempo los costos de diseño y operación de la red. En cuanto a la importancia de la compactación y enfardado de EVFs en los CATs se concluye que, disponiendo de esta maquinaria en los CATs de ambas regiones de estudio, se necesitarían menos instalaciones y por supuesto, menos vehículos para transportar los EVFs a las PRPs. El transporte de envases compactados conduce a optimizar el uso de la capacidad de los vehículos autorizados a tal fin, disminuir los kilómetros recorridos y, en consecuencia, a disminuir la huella de carbono asociada a la distancia recorrida por envase gestionado. Además, con la incorporación de las compactadoras/enfardadoras, el costo de diseño y operación de la red descontado a lo largo del horizonte de planeamiento disminuye en un 13% aproximadamente.

Por último, comparando las soluciones de los casos de estudio EL_SOB-E4 y EL_PBA-E4, se puede observar que la incorporación de 5 CATs adicionales es idéntica en el SOB y la pBA, excepto por

el CAT de tamaño chico que se instala en el distrito de Adolfo Gonzales Chaves. Esto se debe a que se trata de un distrito ubicado en el límite del SOB, por lo que instalar allí un CAT no es necesario cuando se considera toda la pBA, ya que el mismo está rodeado por partidos que disponen de CATs, como, por ejemplo, San Cayetano que no pertenece al SOB.

Capítulo 6

Modelo Matemático del Ruteo de Vehículos para la Recolección de EVFs (OptiRUT)

6.1 Introducción

En el presente capítulo se aborda un problema complementario del desarrollado en los capítulos anteriores, consistente en el diseño y optimización operativa de los recorridos que deben realizarse para recolectar los EVFs en los PRIs (Puntos de Recolección Itinerante: localizaciones para la recolección de envases de las CRIs) y CATs, para luego ser transportados a las PRPs. Esto se inscribe en el problema de ruteo de vehículos o VRP (por sus siglas en inglés *Vehicle Routing Problem*), tema que ha sido extensamente estudiado en Investigación Operativa. El objetivo del capítulo no es discutir la extensa literatura sobre el tema ni abordar nuevos desarrollos matemáticos, sino lograr una implementación en la plataforma GAMS usada en la tesis, que pueda utilizarse como base para complementar el modelo matemático OptiLOC. Es decir, a partir de los resultados óptimos de los partidos que requieren de CRIs (y por ende de las ubicaciones de los PRIs), las localizaciones de los CATs y PRPs, y de las variables continuas $CPARCAT$, $CPARPRP$ y $CCATPRP$ (que indican los EVFs disponibles en cada nodo y hacia donde se deben transportar), el modelo matemático que se desarrolla en este capítulo define la cantidad de vehículos tipo v_2 requeridos y diseña los circuitos óptimos que los mismos deben recorrer.

En primer lugar, se presenta una somera revisión de modelos de diferentes tipos de problemas VRP presentados en la literatura. El objetivo es seleccionar uno que sea lo suficientemente general como para adaptarlo al problema concreto de recolección de EVFs y que pueda ser implementado para desarrollar los casos de estudio. Siguiendo con el enfoque de trabajo usado en el capítulo anterior, una vez adaptado e implementado en GAMS el modelo seleccionado, dado que el problema de la pBA resulta de grandes dimensiones, en primer lugar, se desarrollan varios ejemplos sencillos que permitan visualizar e interpretar los resultados del ruteo.

Luego se aborda el problema de ruteo en toda la pBA, el cual resulta de grandes dimensiones y complejidad por el nivel combinatorio. Debido a estas características, en algunos escenarios de estudio no es posible obtener soluciones con GAMS que tengan GAP cero, sino que se lo hace con

niveles de GAP superiores al 10%. Esta situación plantea la necesidad de abordar en futuros trabajos algún esquema de partición o descomposición del problema para mejorar la eficiencia computacional, aspectos que están más allá del alcance original planteado para la tesis. El interés concreto de la tesis en relación a este problema, es realizar una primera aproximación al diseño y operación de las rutas de recolección de EVFs en los diferentes tramos de la red de LI.

6.2 El Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)

El problema de generar rutas óptimas para las redes de logística es uno de los desafíos más difíciles que las empresas de logística enfrentan hoy en día. Múltiples autores han estudiado el problema de ruteo de vehículos y el modelado matemático de entregas de bienes y productos. Los primeros fueron Dantzig y Ramser (1959) que introdujeron el problema de despacho de camiones. Desde entonces, se han incorporado diversos aspectos que influyen en el problema, como la variación en las capacidades de los vehículos, restricciones relacionadas con el tiempo (ventanas operativas para los clientes) y la existencia de múltiples depósitos involucrados en la distribución. Estas, como otras características y requisitos, conforman las restricciones y variables que definen el problema (Konstantakopoulos y colab., 2020).

La capacidad de los vehículos constituye un factor clave en la determinación de sus rutas óptimas. La capacidad forma dos variantes del VRP: (i) el VRP con restricciones de capacidad (CVRP, *capacitated VRP* por sus siglas en inglés) en el que todos los vehículos son idénticos y tienen la misma capacidad y (ii) el VRP con flota heterogénea (HFVRP, *Heterogeneous Fleet VRP*), donde coexisten múltiples tipos de vehículos, caracterizados por capacidades y costos (fijos y variables) diferentes. Esto último define una situación bastante frecuente en las empresas de logística, ya que, en la actividad operativa real, pocas empresas tienen una flota de vehículos idénticos. Con el fin de atender a los clientes con la mayor rentabilidad posible, las empresas utilizan diferentes tipos de vehículos. Los vehículos pequeños sirven principalmente para lo que se conoce como distribución de última milla (clientes dentro de una ciudad o zona céntrica de las mismas), mientras que los vehículos de mayor tamaño sirven principalmente a consumidores y minoristas que están separados por distancias mayores y que requieren mayores volúmenes de bienes.

En los dos casos anteriores, al definir el problema, se supone que los vehículos, una vez completada su ruta, regresan al depósito central. Sin embargo, es común que las empresas de logística contraten vehículos de terceras empresas para el transporte. En tales casos, estos vehículos contratados, no necesariamente regresan al almacén de la empresa de logística una vez finalizada la ruta. Este caso es conocido como VRP Abierto (OVRP, *Open VRP*) (Zachariadis y Kiranoudis, 2010).

En otros casos, la congestión del tránsito, las restricciones de acceso a avenidas y calles principales, y la regulación ambiental en algunas ciudades, obligan a las empresas a utilizar vehículos de menor capacidad (Quak y deKoster, 2009; Sitek, 2014; Perboli y Rosano, 2019). En este contexto, los vehículos pueden visitar solo a unos pocos clientes durante el viaje, pero pueden ejecutar más de un viaje durante la jornada laboral, lo que lleva al VRP de múltiples viajes (MTVRP) (Brandão y Mercer, 1998).

La polución ambiental provocada por las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles, como el CO, NO_x, material particulado y CO₂ (considerado contaminante por su contribución al cambio climático), ha obligado a los gobiernos a establecer regulaciones ambientales para reducir el ruido, el tránsito, las emisiones y, en consecuencia, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. El hecho de que una gran parte de estas emisiones se origine por el transporte de bienes por ruta, no puede ser ignorado por las empresas de logística. Por lo tanto, además de minimizar los costos de transporte, las empresas se enfrentan a la necesidad de minimizar las emisiones de CO₂ equivalente, problema que en la literatura se identifica como el VRP Verde (GVRP, *Green VRP*) (Lin y colab., 2014). El GVRP es más difícil de resolver ya que las emisiones dependen no solo del tipo de vehículo y de su velocidad, sino también del peso de la carga del mismo en cada tramo de la distribución. Bektas y Laporte (2011) fueron los primeros que estudiaron esta variante específica del VRP. Además, debe tenerse en cuenta a los vehículos eléctricos e híbridos, que pueden funcionar tanto eléctricamente como con combustible tradicional, por lo cual, contribuyen a la minimización de la contaminación atmosférica y emiten menos CO₂. Estas versiones del problema se conocen como VRP Eléctrico (EVRP, *Electrical VRP*) y VRP Híbrido (HVRP, *Hybrid VRP*), respectivamente (Mancini, 2017).

Otra variable de la que depende en gran medida la eficiencia de las redes de LI, es el número de centros de distribución disponibles para el reparto de mercancías. A raíz de ello se formuló el VRP con Múltiples Depósitos (MDVRP, *Multiple Depot VRP*). En los casos en que una sola empresa gestiona varios centros de distribución, los clientes se asignan comúnmente al almacén más cercano que contiene las mercancías que solicitó cada cliente (Renaud y colab., 1996). Finalmente, dos variantes del VRP que son menos comunes entre las empresas de transporte son: (i) el VRP de Entrega Dividida (SDVRP, *Split Delivery VRP*) y (ii) el VRP Periódico (PVRP, *Periodic VRP*). En el primer caso, se relaja la restricción de que el vehículo debe visitar exactamente una vez cada cliente, y se permite dividir la demanda de los clientes entre los vehículos disponibles (Silva y colab., 2015). Esta relajación puede resultar ventajosa en algunos entornos de distribución, como cuando la demanda media del cliente es un poco mayor que la capacidad del vehículo (Archetti y colab., 2008). En el segundo caso, existe una frecuencia con la que se debe visitar a cada cliente

(por ejemplo, martes y jueves), por lo que las rutas se construyen sobre un horizonte de planificación, que puede ser de días o incluso semanas (Coene y colab., 2010).

Ante esta diversidad de variaciones del problema VRP, a los efectos de esta tesis resulta relevante el trabajo de Günes Erdoğan (2017), quien presenta un modelo integrado del problema VRP. Además, el aspecto de este trabajo que lo hace de gran interés práctico es que se acompaña con una implementación del modelo de código abierto en Excel, que puede resolver más de 64 variantes del VRP, basándose en características relacionadas con visitas selectivas a clientes, recolección y entrega simultáneas, ventanas de tiempo, composición de la flota, restricción de distancia y destino final de los vehículos. El solucionador es capaz de resolver casos de VRP capacitado y VRP con restricciones de distancia con hasta 200 clientes en 1 hora de tiempo de CPU.

6.3 El Problema VRP para la Recolección de EVFs

En la Figura 71 se muestran las rutas que sigue un EVF, desde la fabricación del producto hasta el destino final del envase que lo contuvo. Las rutas de distribución del producto, desde las industrias fabricantes hacia los distribuidores, cooperativas, productores agropecuarios y otros consumidores, es lo que se denomina logística directa. El camino que sigue el EVF desde el productor agropecuario hasta las PRPs y plantas incineradoras comprende la LI.

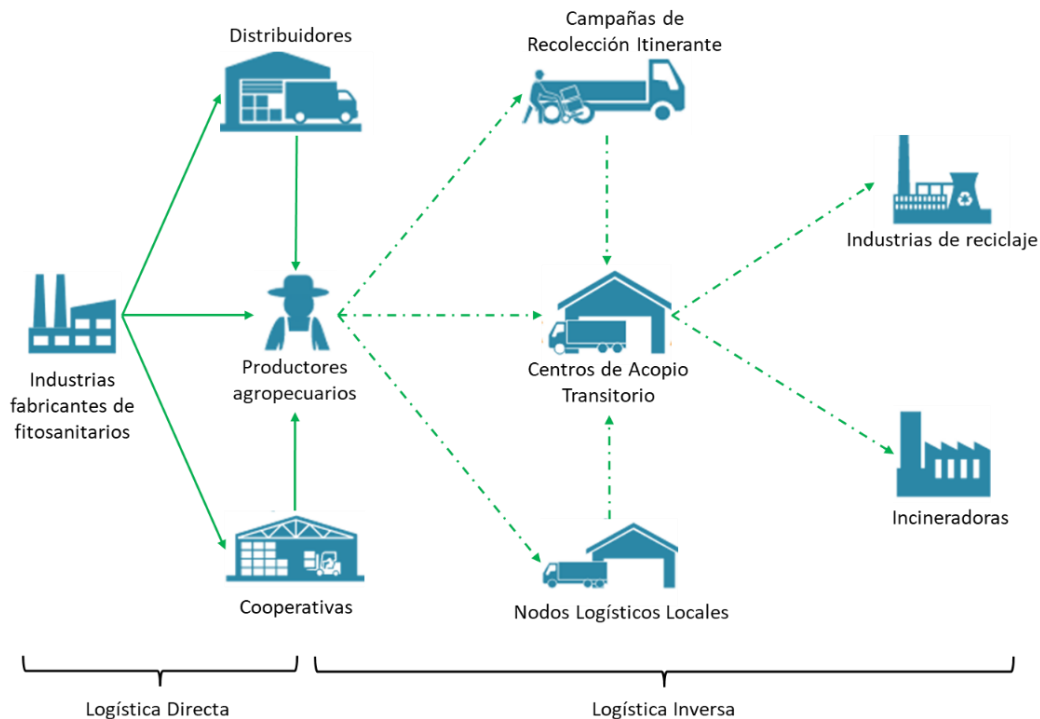


Figura 71. Diagrama de flujo de la logística directa e inversa de los fitosanitarios.

Al pensar en el diseño de un VRP aplicado a los EVFs para su LI, se deben tener en cuenta ciertas particularidades. Una de ellas es que el servicio que se requiere es solo el de recolección de los envases, en los PRIs o en los CATs según corresponda, es decir, no hay servicio de *delivery* que es la implementación más usual en los VRP. En cuanto a la flota de vehículos apropiada para este caso, los mismos deben ser camiones autorizados por la autoridad competente para el transporte de residuos peligrosos, de los cuales se conoce su capacidad, tanto en envases enteros como compactados, aunque no la cantidad de vehículos que se requieren. Los EVFs también pueden transportarse desde los campos hacia los PRIs o CATs en las camionetas de los productores agropecuarios, aunque estos circuitos no se asumen parte del problema cuyo modelo matemático se propone en este capítulo. De modo que solo se diseña el ruteo óptimo de los vehículos tipo v_2 en los 3 tipos de circuitos en los cuales se puede dividir el problema: PAR-CAT, PAR-PRP y CAT-PRP.

En sí la logística de recolección representa un costo significativo en cualquier plan de gestión de residuos, particularmente en las regiones en las que hay mucha distancia entre las áreas agrícolas y las zonas de reciclaje y eliminación (FAO y OMS, 2008). Esta es precisamente una particularidad de la recolección de EVFs en la pBA, ya que las distancias a recorrer son muy grandes. En la Figura 72 se muestra el histograma obtenido a partir de la matriz de distancias entre los 135 partidos de la pBA. Como se puede observar, las distancias entre distritos pueden llegar a casi 900 km, mientras que las distancias más frecuentes se encuentran entre los 325 y 350 km, con solo 300 casos donde las distancias entre los partidos son inferiores a 50 km.

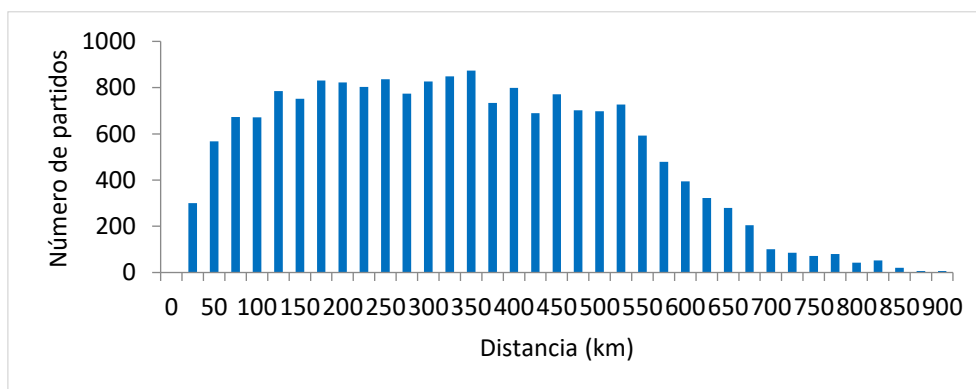


Figura 72. Histograma de la matriz de distancias por ruta entre los 135 partidos de la pBA.

Por otra parte, el costo de distribución de un producto, el cual tiene una componente fija y una variable, constituye un gran porcentaje del precio de venta final del mismo. La parte fija se origina principalmente por los gastos de personal y por la inversión en la flota de vehículos, y constituyen una carga para la empresa distribuidora del producto, que es independiente de la ruta y del número de clientes que se atienden. En cambio, los costos variables se originan mayoritariamente por los gastos en combustible, lo que se relaciona con el tiempo de viaje por cada ruta. Como

resultado, los costos variables se ven afectados por la extensión y la duración de la ruta (Konsantakopoulos y colab., 2020). De lo anterior se infiere que siendo la pBA una región de gran extensión territorial, estos costos son muy altos y por ende la logística de recolección de EVFs puede ser muy onerosa. Una situación similar ocurre en Brasil, donde el mayor obstáculo a superar para un sistema de LI es precisamente el alto costo del transporte debido a las grandes distancias (Rebehy y colab., 2019), con el agregado de una precaria infraestructura logística (Arkader y Ferreira, 2004) y el predominio del modo vial (Oliveira y colab., 2021).

Tal como se indica en el código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas (FAO y OMS, 2008), transportar envases vacíos es ineficiente debido a la alta relación entre el volumen y el peso de los mismos. Transportar bidones enteros consigue movilizar apenas un 20% de los kilos de plástico que pueden transportarse con los envases compactados. Los pre-tratamientos más utilizados para la disminución del volumen de los EVFs son la compactación y/o el triturado. A diferencia del triturado de los envases, su compactado no afecta el proceso de reciclado que se lleva a cabo posteriormente en las plantas de reciclaje de plásticos. Es por ello que en esta tesis se asume que se realiza compactación, pero solo en los CATs, donde se instalan equipos de prensado (enfardadoras). De modo que los bidones se transportan compactados en el tramo CAT-PRP y enteros desde los PRIs hasta los CATs o desde los PRIs hasta las PRPs.

6.4 Formulación de un modelo matemático VRP para recolección de EVFs

6.4.1 Modelo OptiRUT

A partir del análisis de las diferentes variantes de problemas y modelos de VRP publicadas en la literatura revisada, se concluye que el modelo presentado por Erdoğan (2017) es de carácter muy general, en cuanto a que incluye muchas de las alternativas de problemas VRP. Sin embargo, dado que como luego se explicará, ese modelo no se adapta exactamente a las necesidades del problema de recolección de EVFs, la implementación en Excel que acompaña al artículo no es directamente aplicable al problema de interés de esta tesis. De modo que, para poder realizar las modificaciones necesarias, y para disponer en forma unificada las herramientas computacionales utilizadas en este trabajo de investigación, se decidió realizar una implementación propia del modelo publicado por Erdoğan (Erdoğan, 2017) en la plataforma GAMS.

El modelo propuesto por Erdoğan considera un problema VRP con múltiples depósitos y clientes, múltiples tipos y cantidades de vehículos, contempla ventanas de tiempo para cada cliente, incorpora límites diarios (en horas trabajadas y de conducción, en distancias máximas a recorrer) y la

posibilidad de realizar circuitos abiertos o cerrados. Optimiza una función objetivo que es maximizar ganancias, calculadas como los ingresos por cada cliente atendido menos los costos fijos y operativos de la flota de vehículos y costos por penalización en caso de incumplimiento a clientes. El modelo de Erdoğan se basa en el concepto de que, a partir de un número disponible de vehículos, se optimizan las rutas para satisfacer la demanda de un conjunto de clientes, maximizando los beneficios, lo que implica usar la menor cantidad posible de vehículos. En caso de que la cantidad prevista de vehículos disponibles no sea suficiente, el modelo resultará infactible, mientras que, si la cantidad de vehículos es suficiente, usará la menor cantidad posible.

El software en Excel aportado por Erdoğan usa como algoritmo de resolución un método de tipo estocástico, implementado en la misma planilla de cálculo. Un aspecto negativo de esta implementación es que el usuario solamente puede interactuar con el modelo como si este fuera una “caja negra”, sin posibilidad de introducir alguna variación en la formulación matemática del mismo si fuera necesario. Por otra parte, se han observado discrepancias entre el modelo matemático presentado en el artículo publicado y la implementación en la planilla Excel. Una de ellas es que, tal como está formulada en el modelo la Ec. (7), no se permite la posibilidad de que un mismo vehículo pueda realizar múltiples viajes, como sí se permite en la herramienta implementada en Excel. Además, la ventana operativa, por el propio formato de horas de Excel se restringe a 24 horas, mientras que en el modelo se podría considerar cualquier período de tiempo de trabajo. Esto implica que si bien el modelo permite planificar el ruteo a lo largo de varios días (como se requiere en el caso de los EVFs), la planilla Excel solo da resultados para un único día.

El modelo matemático OptiRUT que se explicará a continuación, difiere del presentado por Erdoğan en los siguientes aspectos específicos:

1. En todos los casos de estudio se tiene un solo depósito.
2. No se obtienen ingresos por la recolección de EVFs.
3. No se conoce a priori la cantidad de vehículos disponibles en cada depósito.
4. Se requiere planificar el ruteo de vehículos en períodos de varios días, con una cantidad fija de horas de trabajo diarias (8 horas).

Para resolver el punto 1 basta con fijar en 1 el número de depósitos, mientras que para el 2 se puede, o bien, fijar en 0 los ingresos por recolectar envases, o eliminar el término correspondiente en la función objetivo del modelo. Para los puntos 3 y 4, si bien se conoce a priori el tipo de vehículos a usar (por lo tanto, su capacidad) no se dispone de la cantidad que se requieren. De modo que se decidió utilizar el resultado del número de vehículos del modelo OptiRUT (basado en el modelo de Erdoğan) que se calcula sobre la base de una ventana de horas continuas trabajadas, como un

dato para luego en un cálculo posterior de OptiRUT, determinar el número real de vehículos que se requerirán considerando la restricción operativa de que los mismos tienen que trabajar como máximo una cierta cantidad de horas por mes.

Además, al implementar el modelo en GAMS para la aplicación de EVFs, siguiendo estrictamente las ecuaciones tal como se presentaron en el trabajo de Erdoğan, no se logró resolver exitosamente el mismo en distintos casos de prueba, por lo que se debieron incorporar 3 ecuaciones que conducen a:

5. Forzar que cada nodo cliente tenga un solo arco de entrada, ya sea desde otro cliente o desde un depósito (Ec. (27)).
6. Asegurar que de cada nodo cliente pueda salir un solo arco o ninguno (Ec. (28)).
7. Asegura que si existe el arco $i-j-k$ donde i es un cliente, la variable binaria $y_{i,k}$ debe tomar el valor 1 (Ec. (29)).

Con estas modificaciones se logró que la implementación en GAMS brinde los mismos resultados que el Excel proporcionado por Erdoğan. Además, dependiendo del problema, en general los métodos determinísticos de optimización brindan soluciones de igual o mayor exactitud que los estocásticos, por lo que GAMS usando solvers determinísticos, resulta más adecuado que lo propuesto por el autor.

Nomenclatura

Índices y Conjuntos

$i \in V_D$	Vértices que contiene el/los depósito/s (CAT o PRP, según corresponda)
$i \in V_C$	Cientes, $V = V_D \cup V_C$, (PRI o CAT, según corresponda)
$i \in V_M$	Cientes que se deben visitar, $V_M \subseteq V_C$
$i, j \in A$	Arcos que representan las rutas directas entre un nodo i y un nodo j
$i, j \in G$	Red dirigida completa en la que resuelve el VRP, $G = (V, A)$
$k \in K$	Vehículos disponibles
$i \in o^k$	Depósito de origen del vehículo k
$i \in r^k$	Depósito de llegada del vehículo k

Parámetros

q_i	Cantidad de envases a recolectar del cliente i [env]
q_i^{\wedge}	Cantidad de envases a entregar al cliente i [env]
s_i	Tiempo de servicio requerido por el cliente i [h]
$[a_i, b_i]$	Intervalo de tiempo para atender al cliente i [h]
τ^k	Hora de inicio de trabajo del vehículo k [h]
f^k	Costo fijo por utilizar el vehículo k [USD]
Q^k	Capacidad del vehículo k [envases enteros o compactados]
D^k	Distancia límite a recorrer por el vehículo k [km]
D^{*k}	Tiempo límite de manejo del conductor del vehículo k [h]
W^k	Tiempo límite de trabajo del conductor del vehículo k [h]

d_{ij}	Distancia de cada arco $(i,j) \in A$
\hat{d}_{ij}	Duración del viaje de cada arco $(i,j) \in A$
c_{ij}^k	Costo de viaje del arco (i,j) para el vehículo k [USD]
Ω	Vale 1 si los vehículos regresan a sus depósitos especificados
β	Vale 1 si hay una restricción de retorno (backhaul)
θ	Vale 1 si las ventanas de tiempo pueden violarse a costo π
π	Costo de penalización por violación de tiempo [USD/h]

VARIABLES DE DECISIÓN

VARIABLES BINARIAS

x_{ij}^k	Vale 1 si el vehículo k recorre el arco (i,j)
y_i^k	Vale 1 si el vehículo k se visita y atiende al cliente i

VARIABLES POSITIVAS

w_{ij}^k	Cantidad de envases recolectados por el vehículo k en el arco (i,j) [env]
z_{ij}^k	Cantidad de envases entregados por el vehículo k en el arco (i,j) [env]
t_i^k	Tiempo en que el vehículo k llega al vértice i [h]
v_i	Tiempo en que se excede la ventana de tiempo del vértice i [h]

Modelo matemático

Las ecuaciones del modelo son:

$$\text{Minimizar } \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k \in K} c_{i,j}^k x_{i,j}^k + \sum_{j \in V_C} \sum_{k \in K} f_k x_{o^k,j}^k + \Pi \sum_{i \in V} v_i \quad (1)$$

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1 \quad \forall i \in V_M \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} y_i^k \leq 1 \quad \forall i \in V_C \setminus V_M \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{i,j}^k \leq \sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{j,i}^k \quad \forall i \in V_C, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{p \in S, q \in V \setminus S} x_{p,q}^k \geq y_i^k \quad \forall i \in V_C, k \in K, S \subset V: o^k \in S, i \in V \setminus S \quad (5)$$

$$\sum_{p \in S, q \in V \setminus S} x_{p,q}^k \geq \Omega y_i^k \quad \forall i \in V_C, k \in K, S \subset V: i \in S, r^k \in V \setminus S \quad (6)$$

$$\sum_{j \in V_C} x_{o^k,j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} x_{i,j}^k \leq 1 - \beta \quad \forall (i,j) \in A: q_i > 0 \text{ y } \hat{q}_j > 0 \quad (8)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} w_{i,j}^k - \sum_{j \in V \setminus \{i\}} w_{j,i}^k = q_i y_i^k \quad \forall i \in V_C, k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{i \in V_C} w_{i,r^k}^k = \sum_{j \in V_C} q_j y_j^k \quad \forall k \in K \quad (10)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} z_{j,i}^k - \sum_{j \in V \setminus \{i\}} z_{i,j}^k = \hat{q}_i y_i^k \quad \forall i \in V_C, k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{j \in V_c} z_{o^k, j}^k = \sum_{i \in V_c} \hat{q}_i y_i^k \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$t_i^k + (\hat{d}_{i, j} + s_i) x_{i, j}^k - W^k (1 - x_{i, j}^k) \leq t_j^k \quad \forall (i, j) \in A: j \in V_c, k \in K \quad (13)$$

$$a_i \leq t_i^k \leq b_i - s_i + v_i \quad \forall i \in V_c, k \in K \quad (14)$$

$$v_i \leq M\theta \quad \forall i \in V_c \quad (15)$$

$$t_{o^k}^k = \tau^k \quad \forall k \in K \quad (16)$$

$$t_i^k \leq (s_i + \hat{d}_{i, j}) x_{i, r^k}^k \leq b_{r^k} + v_{r^k} + M(1 - \Omega) \quad \forall (i, j) \in A: i \in V_c, k \in K \quad (17)$$

$$w_{i, j}^k + z_{i, j}^k \leq Q^k x_{i, j}^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (18)$$

$$\sum_{(i, j) \in A} d_{i, j} x_{i, j}^k \leq D^k \quad \forall k \in K \quad (19)$$

$$\sum_{(i, j) \in A} \hat{d}_{i, j} x_{i, j}^k \leq \hat{D}^k \quad \forall k \in K \quad (20)$$

$$\sum_{i \in V_c} s_i y_i^k + \sum_{(i, j) \in A} \hat{d}_{i, j} x_{i, j}^k \leq W^k \quad \forall k \in K \quad (21)$$

$$x_{i, j}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (22)$$

$$y_i^k \in \{0, 1\} \quad \forall i \in V_c, k \in K \quad (23)$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i \in V_c \quad (24)$$

$$w_{i, j}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (25)$$

$$z_{i, j}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (26)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{k \in K} x_{i, j}^k = 1 \quad \forall j \in V_m \quad (27)$$

$$\sum_{j \in V} \sum_{k \in K} x_{i, j}^k \leq 1 \quad \forall i \in V_m \quad (28)$$

$$x_{i, j}^k \leq y_i^k \quad \forall i \in V_m, j \in V_c, k \in K \quad (29)$$

La función objetivo expresada en la Ec. (1) es de carácter económico, donde se minimiza el costo de la operación de la red de clientes. Incluye 3 términos, el primero y el segundo contabilizan los costos de los vehículos (variable y fijo, respectivamente) y el tercero es la penalización económica si se incurriera en la violación de la ventana operativa de atención a los clientes.

Las Ecs. (2) a (8) definen las reglas de visita de los clientes. La Ec. (2) asegura que cada cliente que deba ser atendido, se lo haga una vez y por un único vehículo. La Ec. (3) es una forma relajada de la Ec. (2) para aquellos clientes que, si bien pueden visitarse, no hay obligación de hacerlo. La Ec. (4) es una forma débil de las restricciones de conservación de flujo en los nodos de una red, que requieren que exista un flujo de entrada si existe uno de salida, y se adapta a las variantes de VRP en las que el vehículo no tiene que regresar a su depósito. La Ec. (5) proporciona la conectividad entre el depósito de origen del vehículo k y los clientes visitados por este vehículo. La Ec.

(6) dicta que el vehículo k regrese a su depósito si es necesario, lo que se establece mediante el valor del parámetro Ω , que si se fija en 1 implica que los circuitos son cerrados, es decir, los vehículos deben retornar a sus depósitos; si en cambio Ω se fija en 0, el modelo se transforma en un VRP Abierto. La Ec. (7) establece que cada vehículo puede salir desde su depósito hacia algún cliente una única vez, es decir, realizar un único circuito.

La restricción de retorno desde cada cliente se describe mediante la Ec. (8) (ver Figura 73), la que incorpora lo que se conoce en inglés como una restricción de tipo “Backhaul” (red de retorno); la misma se controla con el parámetro β , el cual, si se fija en 1, implica que primero se deben realizar todas las entregas (*delivery*) y luego todas las recolecciones (*pick up*); en cambio, si se fija en 0, las recolecciones se pueden realizar en simultáneo a las entregas.

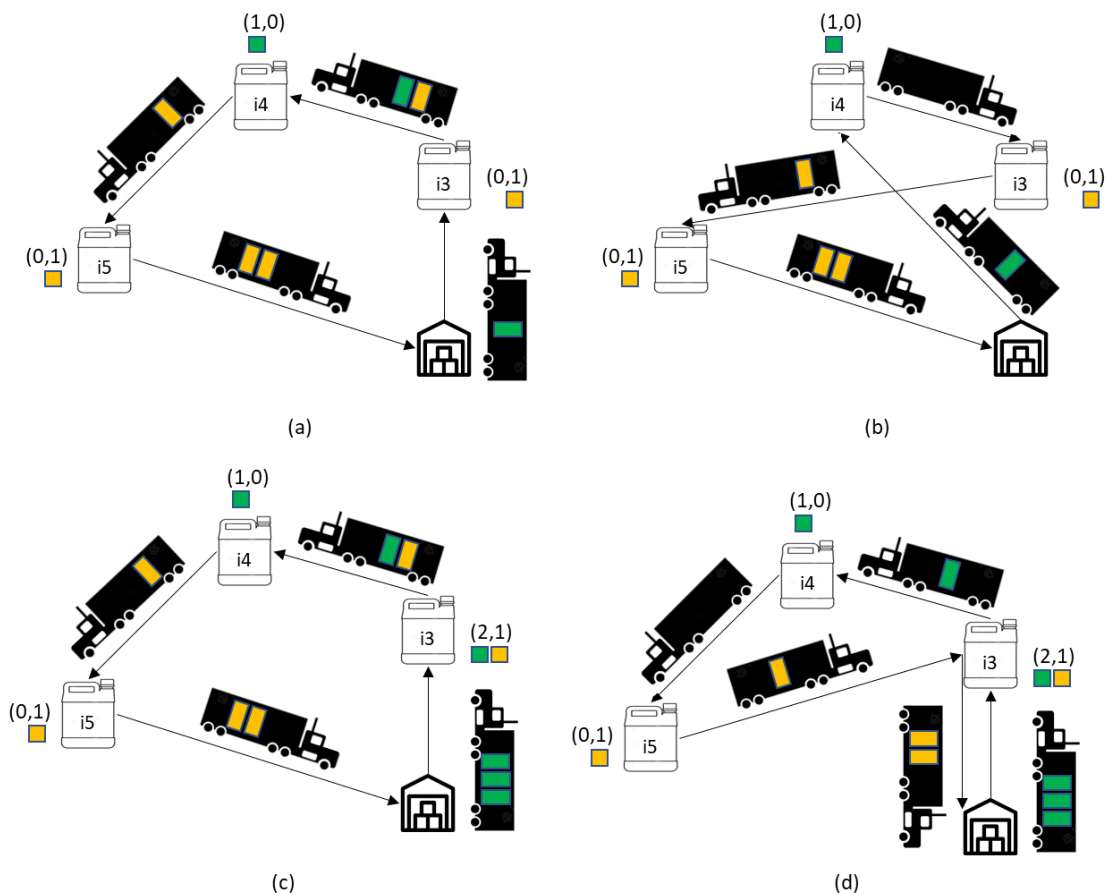


Figura 73. Representación del concepto de *backhaul*: (a) solución sin *backhaul*, clientes con demanda única (entrega o recolección); (b) solución con *backhaul*, clientes con demanda única (entrega o recolección); (c) solución sin *backhaul*, clientes con demanda simultánea (entrega y recolección); (d) solución con *backhaul*, clientes con demanda simultánea (entrega y recolección). Los números entre paréntesis ejemplifican la demanda de cada cliente para entrega (izquierda) y recolección (derecha).

Las restricciones que siguen establecen los requisitos de los clientes. La conservación del flujo para el producto de recolección está garantizada por las Ecs. (9) y (10). La Ec. (9) verifica que la

carga del vehículo k al salir del cliente i hacia los otros clientes j , menos la carga del vehículo k al entrar al cliente i desde los otros clientes j , sea igual a la cantidad a recolectar en el cliente i . La Ec. (10) establece que la carga final del vehículo k debe ser igual a la suma de las cargas de todos los clientes que visitó. De manera similar, la conservación del flujo para los productos a entregar es establecida por las Ecs. (11) y (12), con la Ec. (11) estableciendo que la carga del vehículo k al visitar al cliente i desde los otros clientes j , menos la carga del vehículo k al salir del cliente i hacia otros clientes j , sea igual a la cantidad a entregar en dicho cliente. Por su parte la Ec. (12) establece que la carga inicial del vehículo sea igual a la suma de todas las entregas que debe realizar a los clientes que visitará. La Ec. (13) corresponde a las restricciones de eliminación de *subtours* de Miller-Tucker-Zemlin (Miller y colab., 1960) y proporciona el marco para las ventanas de tiempo en cada arco. Es decir, si por ejemplo, la variable binaria x_{i_3,j_4,k_1} vale 1, la restricción se desarrolla como $t_{i_3,k_1} + (d_{i_3,j_4} + s_{i_3}) \leq t_{j_4,k_1}$ y así se asegura que el tiempo de entrada al nodo i_3 sea anterior al tiempo de entrada al nodo i_4 . En cambio si la variable binaria vale 0, la restricción será $t_{i_3,k_1} - W_{k_1} \leq t_{j_4,k_1}$ quedando “desactivada”. W_{k_1} es el límite del tiempo de trabajo del conductor del vehículo k (ej. 8 horas), que actúa como un *BigM* en esta restricción. Los límites inferior y superior de la ventana de tiempo para cada cliente y la variable para dar cuenta de la penalización se establecen en las Ecs. (14) y (15).

El conjunto final de restricciones son las relacionadas a los vehículos. Las Ecs. (16) y (17) establecen el inicio del tiempo de trabajo del vehículo k , y aseguran que el mismo regrese a su depósito a tiempo, si es necesario, controlando la opción de circuito abierto o cerrado con el parámetro Ω . La Ec. (18) prohíbe que se excedan las capacidades del vehículo k . Las Ecs. (19) a (21) establecen los límites de distancia, tiempo de conducción y tiempo de trabajo para cada vehículo k , respectivamente. Las Ecs. (22) a (26) son restricciones de integralidad y no negatividad.

Para la implementación en GAMS se debieron incorporar las Ecs. (27) a (30). La Ec. (27) fuerza que, a cada cliente entre un solo arco, ya sea desde otro cliente o desde un depósito. La Ec. (28) asegura que de cada cliente pueda salir un solo arco o ninguno. La Ec. (29) asegura que si existe el arco (i,j,k) donde i es un cliente, la variable binaria $y_{i,k}$ debe tomar el valor 1.

Modelo postsolve

Parámetro

hm Cantidad de horas que el vehículo k puede trabajar por mes [h]

Variables

tt^k	Tiempo total del circuito realizado por el vehículo k [h]
$nVEH$	Cantidad mínima de vehículos requeridos [veh]

Ecuaciones

$$tt^k = \sum_{i \in V_c} s_i y_i^k + \sum_{(i,j) \in A} \hat{d}_{i,j} x_{i,j}^k \quad \forall k \in K \quad (30)$$

$$nVEH = \sum_{k \in K} \frac{tt^k}{hm} \quad (31)$$

Para poder calcular el número real de vehículos que se requerirán por mes para efectuar la recolección de EVFs se necesita del parámetro hm , el cual se refiere a la cantidad máxima de horas que un vehículo habilitado para el transporte de residuos peligrosos podría trabajar por mes. Visto el Convenio Colectivo de Trabajo de Camioneros (CCT 40/89), apartado 4.1.1. Jornada de Trabajo: “La jornada de trabajo será de ocho (8) horas diarias, de lunes a viernes, y de cuatro (4) horas los días sábados”, lo que implica que el total de horas de trabajo por mes no podrá exceder las 176 horas (calculado en forma simple, sin considerar horas extras ni otras consideraciones). Mediante la Ec. (30) se calcula el parámetro tt^k , como la suma en cada vehículo k de la cantidad de horas de viaje por atender a cada cliente, más las horas de servicio en cada uno. Finalmente, con la Ec. (31) se calcula el número mínimo de vehículos requeridos dividiendo la sumatoria en k de la variable tt^k por el parámetro hm .

6.4.2 Ejemplos de prueba del modelo de ruteo OptiRUT (PR)

Con la finalidad de mostrar el desempeño del modelo de ruteo implementado en GAMS, se estudiaron seis ejemplos de prueba simples para facilitar la visualización de los resultados. En primer lugar, se define un caso de Prueba del modelo de Ruteo Base denominado PR_B, que corresponde al modelo de dimensiones más pequeñas que puede capturar las diferentes opciones del problema real, esto es 3 clientes, 1 depósito y 1 vehículo. Luego, para realizar un análisis del comportamiento del modelo, se definen varios escenarios adicionales incorporando más nodos y variando diferentes parámetros del ejemplo PR_B, que se denominan PR_B-Ei, donde i varía de 1 a 5. En la Tabla 43 se presenta una breve descripción de los 6 ejemplos de prueba del modelo OptiRUT.

Tabla 43. Descripción de los ejemplos de prueba del modelo OptiRUT.

Nombre	Descripción	Conjuntos/dimensión					
		V_D	V_C	V_M	K	σ^k	r^k
PR_B	Caso base	1	3	3	1	i_1	i_1
PR_B-E1	Diferente ventana de tiempo del cliente del i_3	1	3	3	1	i_1	i_1
PR_B-E2	Ruteo con circuito abierto	1	3	3	1	i_1	i_1
PR_B-E3	Incorporación de un nuevo nodo cliente	1	4	4	1	i_1	i_1
PR_B-E4	Flota de vehículos heterogénea	1	4	4	2	i_1	i_1
PR_B-E5	Incorporación de un nuevo nodo depósito	2	4	4	2	$i_1; i_6$	$i_1; i_6$

Los parámetros de los ejemplos de prueba se muestran en la Tabla 44. Particularmente, los valores de los parámetros p , q , q^{\wedge} y s de cada nodo cliente se muestran en la figura de cada ejemplo, así como las distancias (d_{ij}) y la duración del viaje entre cada arco (d^{\wedge}_{ij}).

Tabla 44. Parámetros de los ejemplos de prueba del modelo OptiRUT.

Parámetros	PR_B	PR_B-E1	PR_B-E2	PR_B-E3	PR_B-E4	PR_B-E5
τ^k	8	8	8	8	8	8
f^k	10	10	10	10	[10; 5]	[10; 5]
Q^k	1000	1000	1000	1000	[800; 500]	[1000; 500]
D^k	1000	1000	1000	1000	[1000;1000]	[1000, 1000]
$D^{\wedge k}$	12	12	12	12	[12; 12]	[12; 12]
W^k	12	12	12	12	[12; 12]	[12; 12]
c_{ij}^k	1,5	1,5	1,5	1,5	[1,5; 1,5]	[1,5; 1,5]
Ω	1	1	0	1	1	1
β	0	0	0	0	0	0
θ	0	0	0	0	0	0
π	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

La estructura de la red del ejemplo de prueba PR_B y los parámetros asociados a cada nodo se ilustran en la Figura 74.

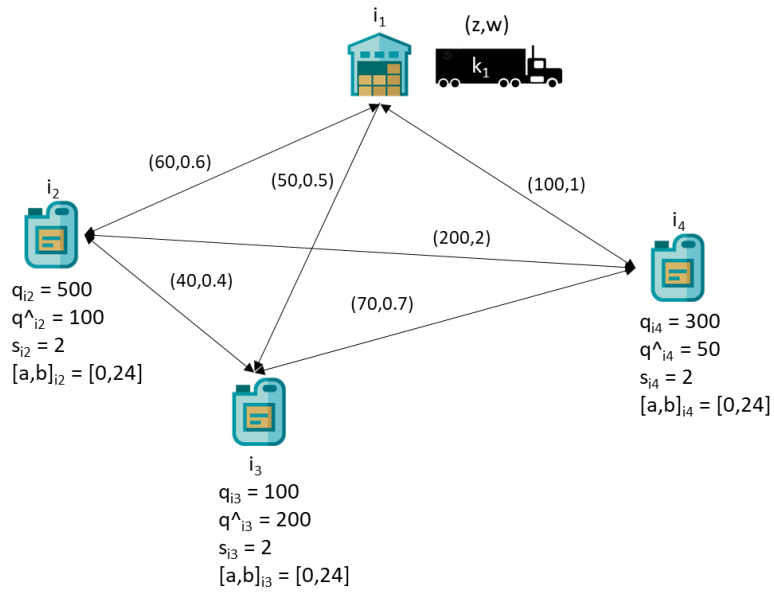


Figura 74. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B.

La solución del ejemplo PR_B se muestra en la Figura 75. Como se puede observar, el problema se resuelve correctamente tanto respecto a los tiempos del ruteo como a la suma de las cargas a entregar y a recolectar, resultando el circuito óptimo con un costo de USD 415.

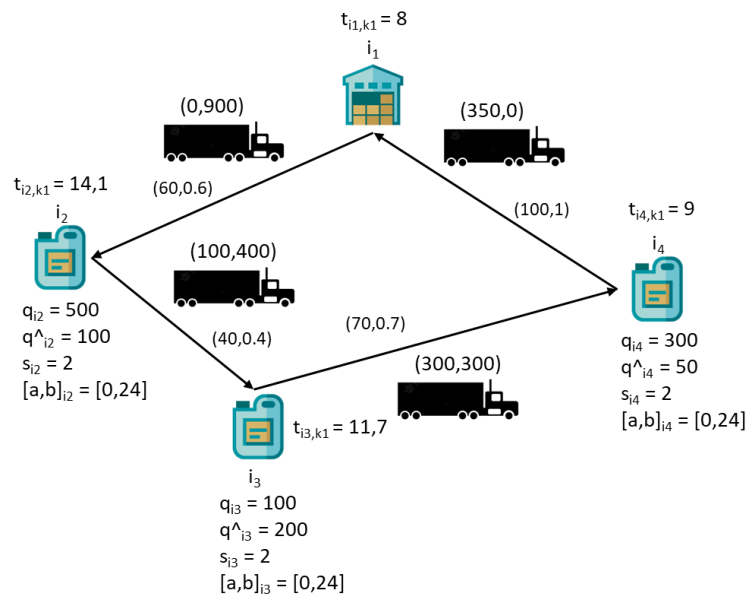


Figura 75. Solución del ejemplo PR_B.

El ejemplo PR_B-E1 consiste en el mismo problema que el PR_B excepto por la ventana de tiempo del cliente i_3 , que se restringe al período de 8 a 11 h. Por lo tanto, se espera un resultado distinto al del PR_B, ya que en ese caso fue atendido a las 11,7 h, por fuera de la ventana operativa

impuesta en el ejemplo base. La representación de la estructura del modelo PR_B-E1 se muestra en la Figura 76.

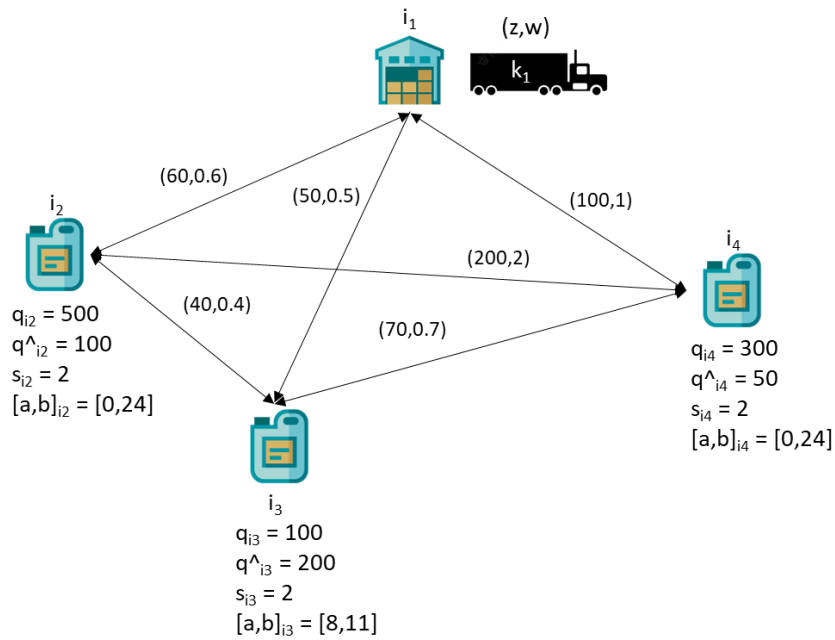


Figura 76. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E1.

Como se ilustra en la Figura 77, la solución cambió como consecuencia de la restricción en la ventana operativa del cliente i_3 . La función objetivo resulta de USD 530, es decir, es más costosa porque este no es el recorrido más económico, pero sí es el que satisface todas las restricciones al menor costo posible.

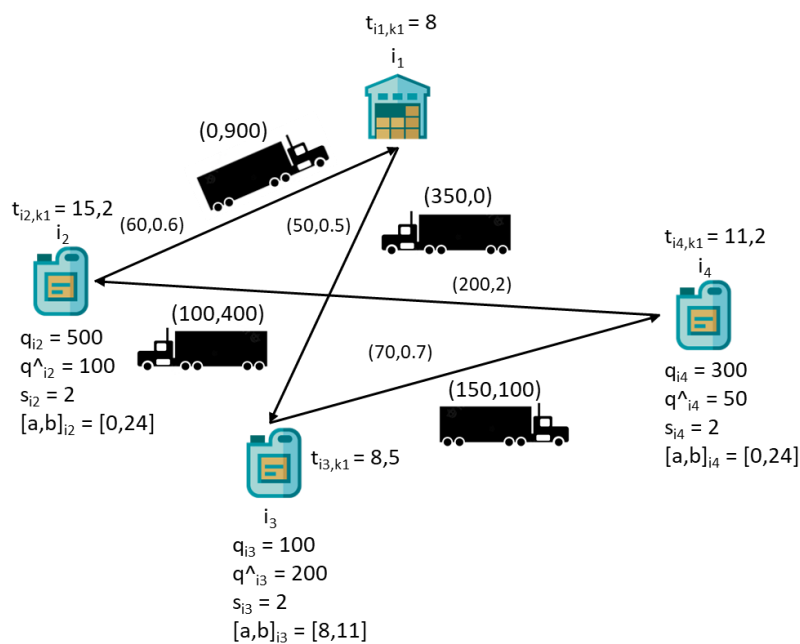


Figura 77. Solución del ejemplo PR_B-E1.

El tercer ejemplo (PR_B-E2) consiste en modelar el ruteo con circuito abierto. Esto se implementa fijado el parámetro *omega* en 0. La solución se muestra en la Figura 78 donde se observa que se cumple con realizar el recorrido entregando y recolectando los productos de cada cliente, pero sin volver al depósito de origen.

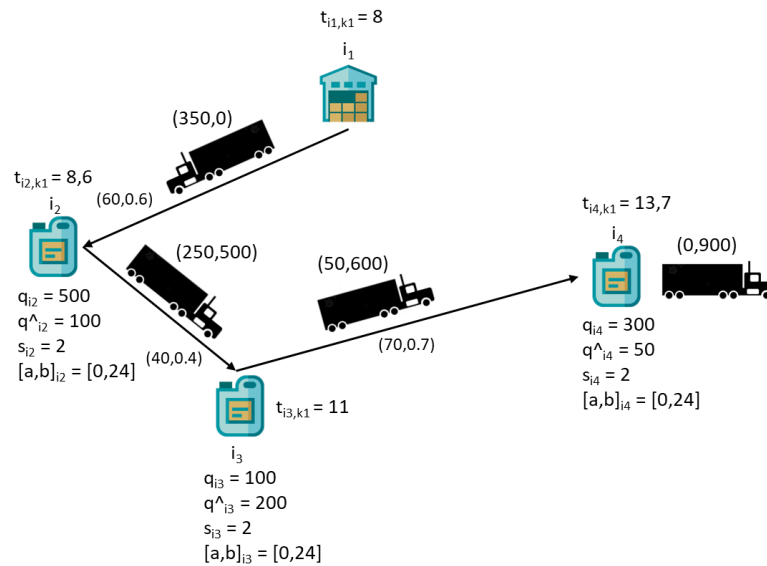


Figura 78. Solución del ejemplo PR_B-E2.

En el cuarto ejemplo (PR_B-E3) se incorpora un nuevo cliente (i_5) que se localiza geográficamente en el mismo punto que el depósito (ver Figura 79). La solución del PR_B-E3 se muestra en la Figura 80. Cuando existe un cliente en el mismo punto geográfico que el depósito, no se acumulan kilómetros recorridos ni tiempos de viaje ya que ambos son 0, pero sí se ocupa un espacio en el vehículo con la carga de dicho cliente y se tiene en cuenta el tiempo de servicio.

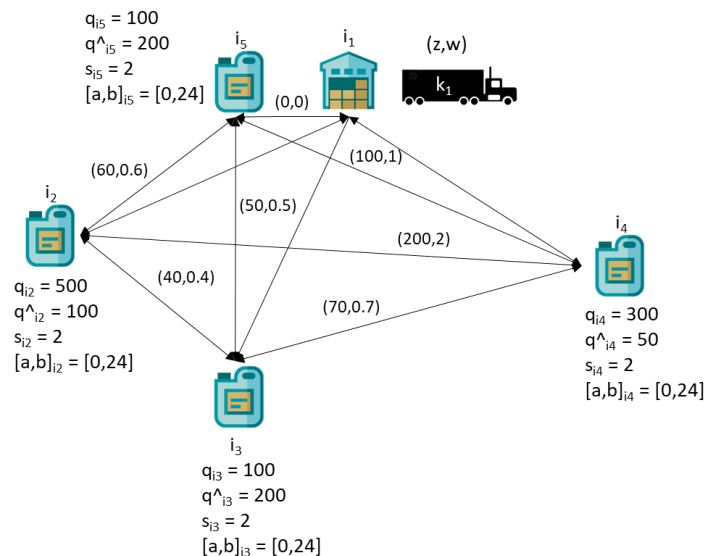


Figura 79. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E3.

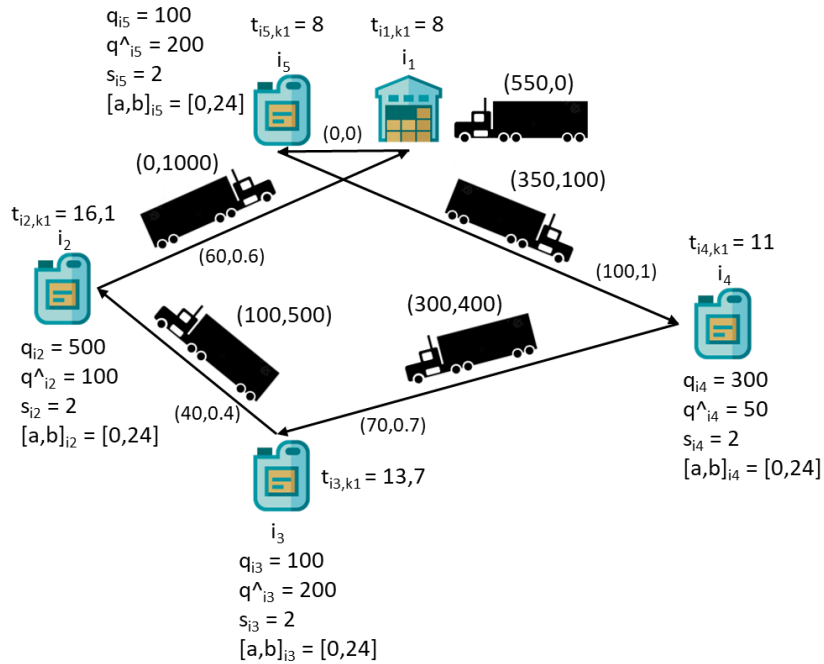


Figura 80. Solución del ejemplo PR_B-E3.

El PR_B-E4 consiste en resolver el mismo problema de ruteo del PR_B-E3, pero con dos tipos de vehículos distintos, cuyas capacidades individuales no alcanzan para recolectar los bienes de todos los clientes. El vehículo más grande es k_1 y el más pequeño k_2 . Ambos tienen como punto de origen y destino el depósito i_1 , como se ilustra en la Figura 81. La solución es la esperada como se observa en la Figura 82, se deben utilizar los dos vehículos para cubrir las necesidades de cada cliente, al menor costo posible.

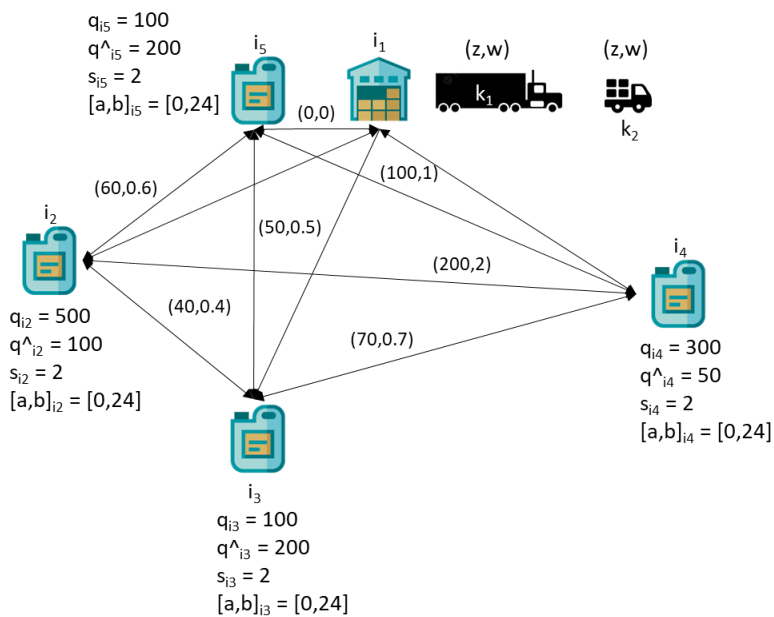


Figura 81. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E4.

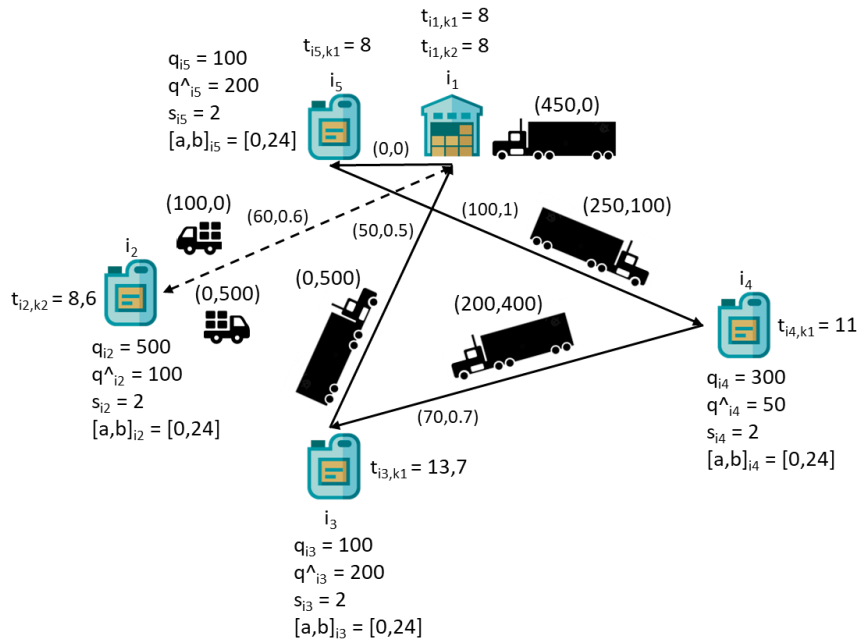


Figura 82. Solución del ejemplo PR_B-E4.

Para finalizar esta sección se presenta en la Figura 83 el ejemplo PR_B-E5, que representa la mínima estructura de los problemas que podrían resolverse con el modelo, considerando todo su potencial, es decir, múltiples clientes, múltiples depósitos y múltiples vehículos de flota heterogénea. El mismo consiste de 4 clientes y 2 depósitos, es decir 6 nodos en total, y cuatro vehículos distintos (2 de cada tipo), donde cada uno tiene un depósito de origen y uno de destino. A su vez, cada depósito tiene un cliente en la misma ubicación geográfica. Esto último representaría el caso de un partido que genera EVFs y a la vez posee CAT.

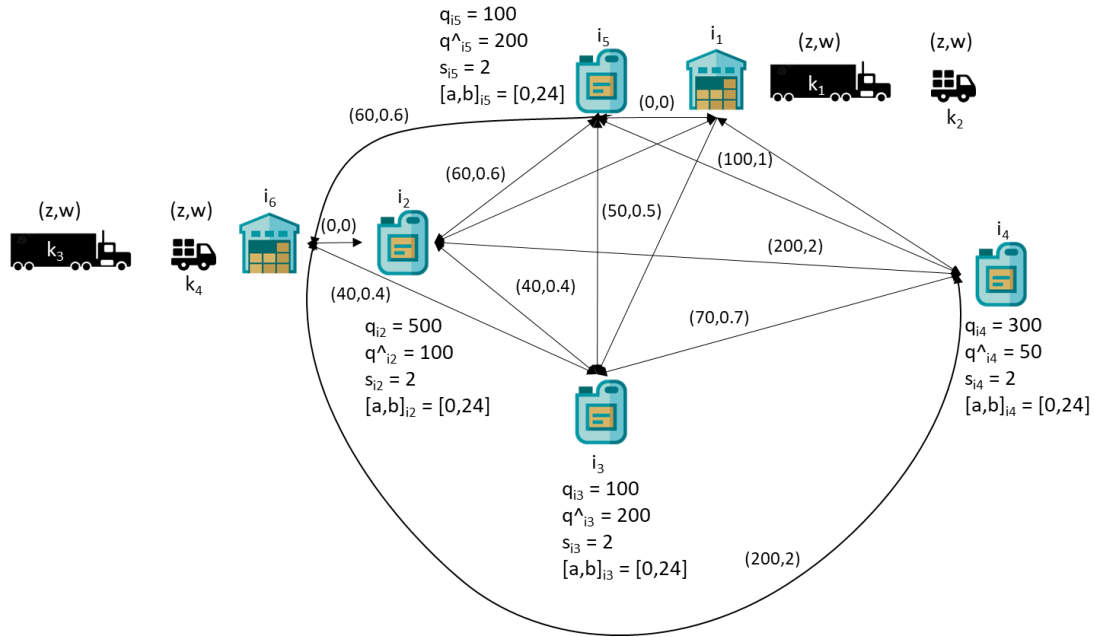


Figura 83. Esquema completo del ejemplo de prueba PR_B-E5.

La solución del PR_B-E5 se muestra en la Figura 84. Como se puede apreciar, si bien había 4 vehículos disponibles (2 en cada depósito, 1 de cada tamaño), solo se utilizan 2. El depósito i_6 , con su vehículo más pequeño k_4 , atiende al cliente i_2 (localizado geográficamente en el mismo punto) y el depósito i_1 atiende a los clientes i_3 , i_4 e i_5 con el vehículo k_1 , cuya capacidad de carga es mayor y suficiente para transportar los productos a entregar y recolectar sin sobrepasar su capacidad de 1000 unidades en ningún tramo. Ambos retornan a sus respectivos depósitos y las cargas y tiempos se cuantifican correctamente.

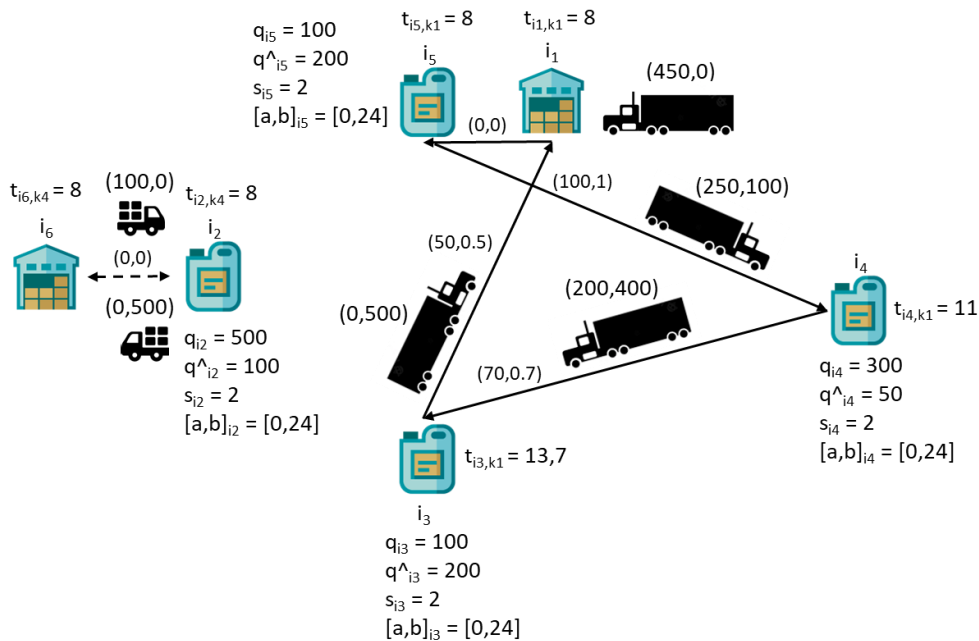


Figura 84. Solución del ejemplo PR_B-E5.

6.4.3 Comparación de soluciones entre el modelo OptiLOC y la implementación en Excel de Erdoğan (ER_SOB)

El propósito de esta sección es simplemente comprobar que la implementación en GAMS es fiel a la que incluye el modelo de Erdoğan implementado en Excel. Para ello se reproducen resultados con ambas herramientas sobre dos problemas de pequeñas dimensiones cuya denominación sigue la estructura utilizada en el capítulo 5, es decir, *Tipo de caso_Área de aplicación-Escenario*.

El modelo de Erdoğan admite como el problema más pequeño a resolver, a uno de 5 clientes y 1 depósito. Para comparar el modelo en GAMS con el implementado en Excel se tomó como caso de estudio (ER_SOB-E1) una pequeña región del SOB compuesta por los partidos de Pellegrini, Salliqueló, Tres Lomas, Guaminí y Adolfo Alsina. Actualmente, del conjunto de esos partidos, solo Pellegrini posee CAT. Por lo cual, el escenario que se modela es aquel donde Pellegrini es “depósito”, para nuestro caso de aplicación es el CAT y a la vez es “cliente” (ya que genera EVFs) junto a los otros 4 partidos. Los conjuntos y valores de los parámetros del caso ER_SOB-E1 se muestran en las Tablas 45 y 46.

Tabla 45. Conjuntos y parámetros del caso ER_SOB-E1.

Conjuntos	Parámetros de los vehículos [k_1, k_2, k_3]		Parámetros de los nodos i						Otros parámetros	
			q_i	q^*_i	s_i	a_i	b_i			
V_D i_1	τ^k	[8,8]	i_1 (Pellegrini (dep))	0	0	2	0	23,983	Ω	1
V_C i_2 a i_6	f^k	[10,10,10]	i_2 (Pellegrini)	1.568	0	2	0	23,983	β	0
V_M i_2 a i_6	Q^k	[4.000, 4.000, 4.000]	i_3 (Salliqueló)	1.111	0	2	0	23,983	θ	0
K k_1 a k_3	D^k	[560, 560, 560]	i_4 (Tres Lomas)	1.213	0	2	0	23,983	π	1,2
o^k i_1	D^k	[9,9,9]	i_5 (Guaminí)	2.899	0	2	0	23,983		
r^k i_1	W^k	[10,10,10]	i_6 (A. Alsina)	3.452	0	2	0	23,983		
	c_{ij}^k	[1,1,1]								

Tabla 46. Distancia (km) y duración del viaje (h) entre los nodos del caso ER_SOB-E1.

d_{ij}/d^{\wedge}_{ij}	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6
i_1	0/0	0/0	74,2/0,9	85,4/1,0	142,0/1,5	186,8/2,0
i_2	0/0	0/0	74,2/0,9	85,4/1,0	142,0/1,5	186,8/2,0
i_3	74,2/0,9	74,2/0,9	0/0	40,5/0,6	79,8/0,9	124,5/1,4
i_4	85,4/1,0	85,4/1,0	40,5/0,6	0/0	112,6/1,2	157,3/1,7
i_5	142,5/1,6	142,5/1,6	80,3/0,9	113,1/1,3	0/0	53,2/0,7
i_6	186,9/2,0	186,9/2,0	124,7/1,4	157,5/1,8	53,3/0,7	0/0

En la Figura 85 se puede observar gráficamente cómo ambos modelos arrojan exactamente el mismo resultado. Los detalles de cada recorrido se reportan en la Tabla 47. En cuanto a tiempos de CPU, la ventaja de la implementación en GAMS en este caso particular (de pequeñas

dimensiones) es que se alcanzó 0% de GAP en menos de 1 segundo; mientras que, en el algoritmo estocástico de resolución, si bien se recomienda que el tiempo de cálculo sea como mínimo 60 segundos, permite fijar un valor a partir de los 10 segundos. Por lo tanto, la solución del algoritmo estocástico reportada en la Tabla 47 corresponde a 10 segundos de CPU, lo cual indica una clara ventaja a favor de GAMS en este caso en particular. Sin embargo, esta misma conclusión no puede generalizarse para casos de mayores dimensiones.



Figura 85. Solución del caso ER_SOB-E1 brindada por Excel (izquierda) y la obtenida en GAMS (derecha).

Tabla 47. Resultados del caso ER_SOB-E1.

Vehículo	Recorrido	Distancia recorrida (km)	Tiempo total de viaje (h)	Tiempo total de trabajo (h)	Carga final (env)
k_1	$i_1 - i_6 - i_1$	373,6	4,0	6,0	3.452
k_2	$i_1 - i_5 - i_1$	284,5	3,1	5,1	2.899
k_3	$i_1 - i_2 - i_4 - i_3 - i_1$	200,1	2,5	8,5	3.892

Para probar el desempeño del modelo en un caso un poco más complejo se modelará un segundo caso de estudio (ER_SOB-E2) de 8 partidos del SOB, con 2 CATs y una flota de vehículos heterogénea de 2 tipos, ambos disponibles en los dos CATs (4 vehículos en total). Los conjuntos y valores de los parámetros se muestran en las Tablas 48, 49 y 50. En la Figura 86 se puede observar cómo nuevamente ambos modelos arrojan exactamente el mismo resultado, comprobando que la implementación del modelo matemático de Erdoğan en GAMS fue exitosa, además, nuevamente se llegó al 0% de GAP en menos de 1 segundo. En la Tabla 51 se detallan los resultados de cada recorrido.

Tabla 48. Conjuntos y parámetros del caso ER_SOB-E2.

Conjuntos	Parámetros de los vehículos [k_1, k_2, k_3, k_4]	Parámetros de los nodos i						Otros parámetros	
		q_i	q^i	s_i	a_i	b_i			
V_D $i_1; i_2$	τ^k [8,8,8,8]	i_1 (Pellegrini (dep))	0	0	2	0	23,983	Ω	1
V_C i_3 a i_{10}	f^k [5,10,5,10]	i_2 (C. Suárez (dep))	0	0	2	0	23,983	β	0
V_M i_3 a i_{10}	Q^k [3500, 6500, 3500, 6500]	i_3 (Pellegrini)	1.567	0	2	0	23,983	θ	0
K k_1 a k_4	D^k [500, 1000, 500, 1000]	i_4 (C. Suárez)	3.935	0	2	0	23,983	π	1,2
o^k $i_1; i_2$	D^{*k} [9,9,9,9]	i_5 (Salliqueló)	1.120	0	2	0	23,983		
r^k $i_1; i_2$	W^k [10,10,10,10]	i_6 (Tres Lomas)	1.232	0	2	0	23,983		
		i_7 (A. Alsina)	3.435	0	2	0	23,983		
		i_8 (Guaminí)	2.881	0	2	0	23,983		
		i_9 (Daireaux)	2.975	0	2	0	23,983		
		i_{10} (Saavedra)	1.232	0	2	0	23,983		
	c_{ij}^k [1,1,1,1]								

Tabla 49. Distancia (km) entre los nodos del caso ER_SOB-E2.

d_{ij}	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}
i_1	0,0	202,3	0,0	202,3	74,2	85,4	186,8	142,1	222,7	204,2
i_2	201,5	0,0	201,5	0,0	139,3	172,1	95,0	67,9	148,5	49,5
i_3	0,0	202,3	0,0	202,3	74,2	85,4	186,8	142,1	222,7	204,2
i_4	201,5	0,0	201,5	0,0	139,3	172,1	95,0	67,9	148,5	49,5
i_5	74,2	140,0	74,2	140,0	0,0	40,5	124,5	79,8	160,8	142,0
i_6	85,4	172,8	85,4	172,8	40,5	0,0	157,3	112,6	193,6	174,7
i_7	186,9	95,6	186,9	95,6	124,7	157,5	0,0	53,3	133,8	66,2
i_8	142,5	68,7	142,5	68,7	80,3	113,1	53,2	0,0	89,5	70,6
i_9	217,9	149,4	217,9	149,4	155,6	188,5	133,9	89,2	0,0	151,4
i_{10}	203,8	48,7	203,8	48,7	141,6	174,5	65,8	70,2	150,8	0,0

Tabla 50. Duración del viaje (h) entre los nodos del caso ER_SOB-E2.

d^{\wedge}_{ij}	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}
i_1	0,0	2,2	0,0	2,2	0,9	1,0	2,0	1,5	2,4	2,2
i_2	2,2	0,0	2,2	0,0	1,6	1,9	1,1	0,9	1,6	0,7
i_3	0,0	2,2	0,0	2,2	0,9	1,0	2,0	1,5	2,4	2,2
i_4	2,2	0,0	2,2	0,0	1,6	1,9	1,1	0,9	1,6	0,7
i_5	0,9	1,6	0,9	1,6	0,0	0,6	1,4	0,9	1,7	1,6
i_6	1,0	1,9	1,0	1,9	0,6	0,0	1,7	1,2	2,0	1,9
i_7	2,0	1,1	2,0	1,1	1,4	1,8	0,0	0,7	1,5	0,9
i_8	1,6	0,9	1,6	0,9	0,9	1,3	0,7	0,0	1,0	0,8
i_9	2,3	1,6	2,3	1,6	1,7	2,1	1,5	1,0	0,0	1,6
i_{10}	2,2	0,6	2,2	0,6	1,5	1,9	0,8	0,8	1,6	0,0

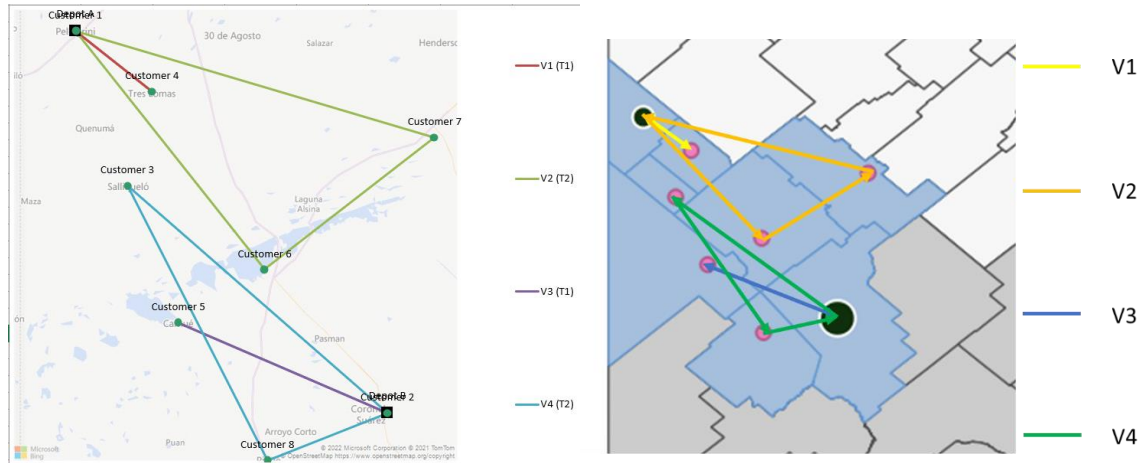


Figura 86. Solución del caso ER_SOB-E2 brindada por Excel (izquierda) y la obtenida en GAMS (derecha).

Tabla 51. Resultados del caso ER_SOB-E2.

Vehículo	Recorrido	Distancia recorrida (km)	Tiempo total de viaje (h)	Tiempo total de trabajo (h)	Carga final (env)
k_1	$i_1 - i_3 - i_6 - i_1$	170,9	2,1	6,1	2.799
k_2	$i_1 - i_8 - i_9 - i_1$	449,4	4,8	8,8	5.856
k_3	$i_2 - i_7 - i_2$	190,6	2,3	4,3	3.435
k_4	$i_2 - i_5 - i_{10} - i_4 - i_2$	329,9	3,8	9,8	6.287

6.5 ER_PBA. Casos de estudio del modelo de ruteo OptiRUT en la pBA

Las escalas temporales de aplicación de los modelos de localización y de ruteo son muy disímiles. En el primer caso OptiLOC tiene un horizonte de planeación de 10 años, con períodos de 1 año. Mientras que OptiRUT se aplica a la planificación del ruteo en 1 mes. De allí que resulte complejo desarrollar un modelo monolítico que abarque en forma simultánea ambos problemas. Por este motivo se decidió usar un enfoque de trabajo de desarrollo de dos modelos, donde en primer lugar OptiLOC se concentra en el diseño óptimo de la red de PRIs, CATs y PRPs a lo largo de 10 años de horizonte de planeación, y luego OptiRUT optimiza la operación de los vehículos de recolección de los envases vacíos en un horizonte de trabajo mensual. Además, si bien la integración de los modelos de localización y ruteo puede brindar algunos beneficios como aumentar la eficiencia de la solución, formularlos de manera independiente proporciona más flexibilidad, escalabilidad, facilita su reutilización, y contribuye a que el sistema sea más fácil de desarrollar y mantener.

De modo que el objetivo de esta sección es obtener los recorridos óptimos que deben realizar los camiones en cada tramo de la red (PAR-CAT, PAR-PRP, CAT-PRP) (ver la Figura 30), durante un mes de trabajo. Dado que el modelo se debería correr mes a mes, para discutir los resultados se

eligió el primer mes del primer año del horizonte de planificación del modelo OptiLOC. Se desarrollan una serie de casos de estudio, cuya denominación sigue la estructura usada para denominar casos de estudio anteriores, es decir: *Tipo de caso_Área de aplicación-Escenario*.

Los casos desarrollados son los siguientes:

- ER_PBA-E1 a E33. Optimizan las rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-CAT.
- ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35. Diseñan el itinerario óptimo para la realización de las CRIs del tramo PAR-CAT.
- ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37. Optimizan las rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-PRP.
- ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39. Optimizan las rutas de recolección de EVFs en el tramo CAT-PRP.

Como datos para estos casos de estudio se usan parte de los resultados del caso de estudio EL_PBA-E4 del modelo OptiLOC. Esto es:

- Las localizaciones de los PRIs, CATs y PRPs.
- Los valores de las variables *CPARCAT*, *CPARPRP* y *CCATPRP*.

En este punto vale recordar que la variable *CPARCAT* corresponde a los EVFs transportados desde el PAR i al CAT j con el VEH v en el período t , es decir que, indica cuales CATs serán “depósitos” y cuáles son sus partidos “clientes” en el tramo PAR-CAT. La variable *CPARPRP* corresponde a los EVFs transportados desde el PAR i a la PRP l con el VEH v en el período t , por lo cual indica cuales PRPs serán “depósitos” y cuáles son sus partidos “clientes” en el tramo PAR-PRP. De ahora en adelante, los partidos “clientes” donde se deben recolectar EVFs con el vehículo de tipo v_2 se nombrarán como Punto de Recolección Itinerante (PRI). Por último, la variable *CCATPRP* corresponde a los EVFs transportados desde el CAT j a la PRP l con el VEH v en el período t . Esta variable indica cuales PRPs serán “depósitos” y cuales sus CATs “clientes” en el tramo CAT-PRP. Dado que los valores de estas variables son anuales, mientras que el diseño del ruteo de vehículos es una operación mensual, se dividió por 12 al valor de cada una para obtener una frecuencia de ruteo por mes.

En cuanto a las localizaciones de los PRIs, CATs y PRPs del caso de estudio EL_PBA-E4, en el capítulo anterior (sección 5.5.2) se analizó que se requerían 57 CATs y 2 PRPs. Para conocer cuáles partidos son PRIs durante el período 1, deben analizarse las variables *CPARCAT* y *CPARPRP* en t_1 . De allí surge que, 42 partidos requieren de PRIs para la gestión de sus EVFs, durante el primer período del horizonte de planificación. En particular, 25 de ellos son PRIs que enviarán sus

envases a un CAT, y 17 a una PRP, como se muestra en la Figura 87 con asteriscos y cruces, respectivamente. Nótese que los PRIs que gestionan sus envases gracias a la capacidad disponible en los CATs cercanos, se localizan más sobre el centro y oeste de la pBA, mientras que los que envían sus envases directamente a una PRP se localizan sobre el este de la pBA, cerca de las plantas de tratamiento. Solo 22 partidos que generan EVFs no requieren de un CAT o un PRI, es decir que, todo el transporte de envases lo realizan los productores agropecuarios con sus vehículos a CATs de otros partidos situados a menos de 50 km. Por otra parte, hay 9 partidos que, teniendo un CAT, necesitan gestionar parte de sus EVFs por CRIs. Como se mencionó en el capítulo 5, esto sucede porque es más económico realizar las CRIs de esos envases que ampliar los CATs existentes.

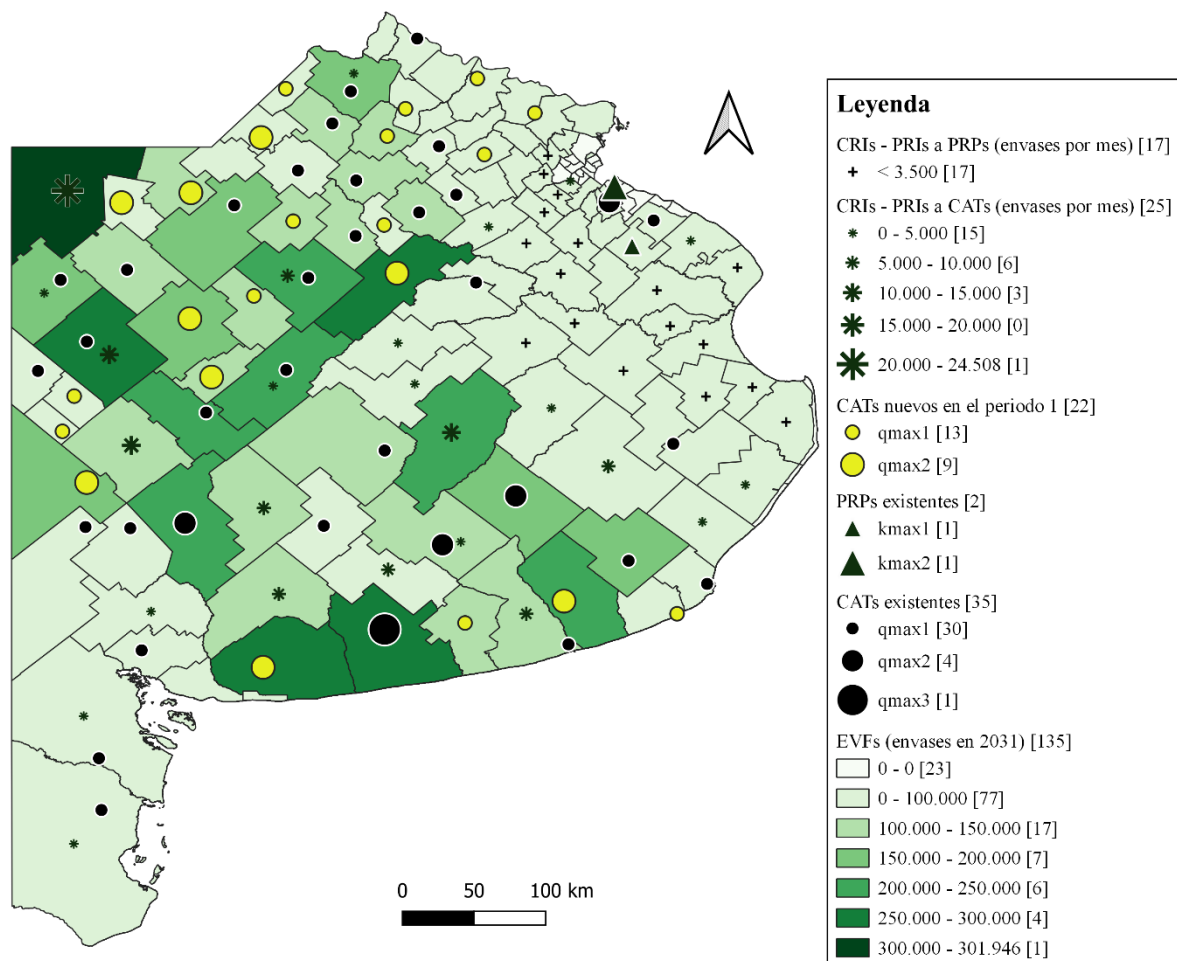


Figura 87. PRIs, CATs y PRPs del caso de estudio EL_PBA-E4.

Los parámetros más importantes de los casos de estudio modelados en este capítulo, consisten básicamente en la cantidad de EVFs a recolectar por mes (q_i) en cada nodo cliente (PRI/CAT), el tiempo de servicio en cada PRI/CAT (s_i , proporcional a la cantidad de envases), la distancia por ruta entre los nodos (d_{ij}) y la duración del tiempo de viaje entre los mismos (d^{\wedge}_{ij}). En todos los casos, la cantidad de EVFs a entregar por mes es 0 (q^{\wedge}_i), ya que en el problema estudiado no se

requiere del servicio de *delivery*. En cuanto a los vehículos, el parámetro más importante es su capacidad (Q_k), tanto en envases enteros como compactados.

Con el fin de diseñar rutas mensuales, tanto la ventana de tiempo de los PRIs/CATs, como los límites en horas al tiempo de manejo y de trabajo de los conductores del vehículos y la distancias máxima de cada ruta, se establecieron en valores lo suficientemente grandes de tal forma que no constituyan una restricción del problema. La única restricción real que tienen los casos estudiados es la capacidad de los vehículos ya que, en muchos casos es menor que la cantidad de EVFs a recolectar en los nodos. En los casos en que esto suceda, se optó por dividir la cantidad de EVFs en el nodo en fracciones enteras de la capacidad del vehículo. Por ejemplo, si la cantidad de envases enteros a recolectar por mes en el nodo 11 es 6.500 y la capacidad del vehículo para el transporte de EVFs enteros es de 3.600, se procedió a duplicar el nodo 11 de tal forma que q_{11} sea 3.600 y $q_{11'}$ 2.900. El detalle de todos los parámetros utilizados para los 39 casos de estudio de esta sección se presentan en tablas en el Apéndice de esta tesis. A continuación, se presenta el desarrollo de cada caso de estudio.

6.5.1 ER_PBA-E1 a E33. Rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-CAT

De los 57 CATs que se requieren en el caso de estudio EL_PBA-E4 (ver Figura 87), 33 requieren del servicio de las CRIs para recolectar EVFs en los PRIs determinados por el modelo OptiLOC. En este tipo de CRIs (tramo PAR-CAT) se pueden identificar 3 tipos de estructuras de circuitos como se muestra en la Figura 88: (i) 1 CAT - 1 PRI, (ii) 1 CAT - 2 PRIs, (iii) 1 CAT - 3 PRIs. Es decir, en ningún caso, un CAT recibe EVFs de más de 3 partidos distintos. A continuación, se describen los casos de estudio realizados para obtener las rutas óptimas de recolección de EVFs en el tramo PAR-CAT.

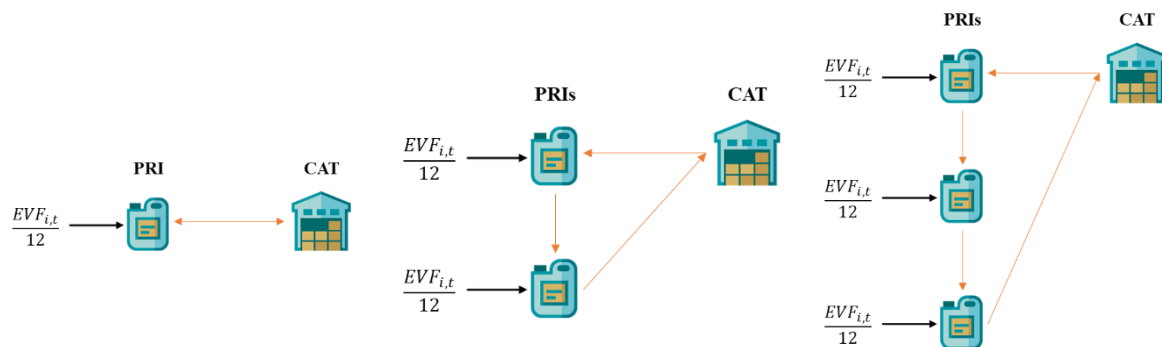


Figura 88. Tipos de estructuras de las CRIs en los tramos PAR-CAT.

Descripción de los casos de estudio

Para configurar los 33 casos de estudio de los tramos PAR-CAT, se define como “depósito” a cada uno de los CATs y como “clientes” a los PRIs asociados a cada uno de ellos, como se muestra en la Tabla 52. Los parámetros de entrada de cada uno de los 33 casos se detallan en las Tablas A.12 a A.44 del Apéndice. Los parámetros d_{ij} de cada escenario se obtienen de la Tabla A.10 del Apéndice y el parámetro d^{ij} se obtiene dividiendo d_{ij} por la velocidad promedio de los vehículos, la cual se consideró de 80 km/h.

Tabla 52. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E1 a E33.

Nombre del caso	Nodo depósito	Nodos clientes	Nombre del caso	Nodo depósito	Nodos clientes
ER_PBA-E1	25 de Mayo	G. Alvear - Tapalqué	ER_PBA-E18	Saavedra	Guaminí - Tornquist
ER_PBA-E2	B. Blanca	Patagones - Villarino	ER_PBA-E19	Saladillo	Tapalqué
ER_PBA-E3	Salliqueló	Guaminí	ER_PBA-E20	Suipacha	Navarro
ER_PBA-E4	San Cayetano	Necochea	ER_PBA-E21	Tres Lomas	T. Lauquen
ER_PBA-E5	Tandil	Ayacucho - Rauch - Azul	ER_PBA-E22	Bragado	9 de Julio
ER_PBA-E6	Tres Arroyos	A. G. Chaves - C. Pringles	ER_PBA-E23	C. Casares	T. Lauquen
ER_PBA-E7	B. Juárez	A. G. Chaves - Azul	ER_PBA-E24	C. Tejedor	Rivadavia
ER_PBA-E8	A. Alsina	Guaminí	ER_PBA-E25	F. Ameghino	G. Villegas
ER_PBA-E9	C. Suárez	Guaminí	ER_PBA-E26	Alberti	9 de Julio
ER_PBA-E10	G. Alvarado	Necochea	ER_PBA-E27	G. Pinto	G. Villegas
ER_PBA-E11	G. Pueyrredón	Balcarce - Mar Chiquita	ER_PBA-E28	G. Viamonte	9 de Julio
ER_PBA-E12	H. Irigoyen	Bolívar - Rivadavia - T. Lauquen	ER_PBA-E29	A. Brown	Merlo
ER_PBA-E13	La Plata	Magdalena	ER_PBA-E30	Junín	G. Villegas
ER_PBA-E14	Laprida	C. Pringles - G. La Madrid	ER_PBA-E31	Arrecifes	Pergamino
ER_PBA-E15	Lobería	Necochea	ER_PBA-E32	Pehuajó	G. Villegas - Rivadavia
ER_PBA-E16	Maipú	G. J. Madariaga - Navarro	ER_PBA-E33	Pellegrini	C. Pringles
ER_PBA-E17	Olavarría	Azul			

Los resultados de los recorridos óptimos en el tramo PAR-CAT para los CATs correspondientes a la PRP de Cnel. Brandsen se muestran en la Tabla 53 y los de la PRP de Lanús en la Tabla 54. En todas las tablas que se mostrarán a partir de esta sección, se detalla el recorrido de las rutas óptimas, la distancia total recorrida en kilómetros, el tiempo total en horas reloj que demanda el recorrido (tanto por el tiempo de viaje como por el tiempo de carga de los envases), la cantidad de EVFs recolectados, el GAP relativo de GAMS en porcentaje y el tiempo de CPU en segundos u horas. Para mostrar de forma condensada los resultados de cada uno de los casos de estudio, los 135 partidos de la provincia se numeraron alfabéticamente como en el capítulo 5, cuyo detalle se muestra en la Tabla A.9 del Apéndice.

Tabla 53. Circuitos óptimos del tramo PAR-CAT para los CATs asignados a la PRP 19 (Cnel. Brandsen). Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color rojo los nodos de salida y llegada de cada uno.

Nombre del caso	CAT	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	EVFs	GAP (%)	CPU (segundos)
ER_PBA-E1	1	1-45-124-1	281,7	5,3	3.296	0	< 1
ER_PBA-E2	11	11-93-11 11-134-11	568,2	9,6	4.444	0	< 1
ER_PBA-E3	111	111-60-111 111-60-111	321,2	6,3	4.161	0	< 1
ER_PBA-E4	115	115-91-115 123-9-105-	179,9	2,4	379	0	< 1
ER_PBA-E5	123	123 123-10-123 129-4-129	406,0	8,3	5.859	0	< 1
ER_PBA-E6	129	129-4-33-129 129-33-129 129-33-129 14-4-14	885,0	18,1	12.692	0	< 1
ER_PBA-E7	14	14-10-14 14-10-14 14-10-14	798,7	16,3	11.433	0	< 1
ER_PBA-E8	3	3-60-3 3-60-3	235,8	5,7	5.114	0	< 1
ER_PBA-E9	34	34-60-34	137,3	3,3	2.948	0	< 1
ER_PBA-E10	44	44-91-44	208,2	2,9	467	0	< 1
ER_PBA-E11	55	55-82-55 55-12-55 61-17-61	285,7	6,2	4.731	0	< 1
ER_PBA-E12	61	61-106-128- 61	539,8	9,9	5.635	0	< 1
ER_PBA-E13	68	68-79-68 70-50-70	101,2	1,6	492	0	< 1
ER_PBA-E14	70	70-50-70 70-33-70	454,9	10,0	7.743	0	< 1
ER_PBA-E15	75	75-91-75 75-91-75 80-90-80	205,0	5,5	5.249	0	< 1
ER_PBA-E16	80	80-90-80 80-49-80	552,0	11,3	7.957	0	< 1
ER_PBA-E17	92	92-10-92	101,0	2,1	1.405	0	< 1
TOTAL			6.261,6	124,8	84.005		
NÚMERO TOTAL DE CIRCUITOS					34		

Tabla 54. Circuitos óptimos del tramo PAR-CAT para los CATs asignados a la PRP 69 (Lanús). Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color verde los nodos de salida y llegada de cada uno.

Nombre del caso	CAT	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	EVFs	GAP (%)	CPU (segundos)
ER_PBA-E18	109	109-60-127-109 109-127-109	435,4	8,0	4.662	0	< 1
ER_PBA-E19	110	110-124-110	252,6	3,8	1.127	0	< 1
ER_PBA-E20	122	122-90-122	154,1	3,3	2.507	0	< 1
ER_PBA-E21	131	131-128-131 131-128-131	245,5	5,7	4.661	0	< 1
ER_PBA-E22	18	18-2-18	123,7	1,8	571	0	< 1
ER_PBA-E23	23	23-128-23	280,0	4,1	1.167	0	< 1
ER_PBA-E24	24	24-106-24 43-59-43 43-59-43	136,9	2,0	493	0	< 1
ER_PBA-E25	43	43-59-43 43-59-43 43-59-43	580,5	15,5	14.729	0	< 1
ER_PBA-E26	5	5-2-5	163,6	3,8	3.199	0	< 1
ER_PBA-E27	54	54-59-54 54-59-54	450,0	9,1	6.217	0	< 1
ER_PBA-E28	58	58-2-58	118,3	2,4	1.616	0	< 1
ER_PBA-E29	6	6-85-6	104,1	1,3	5	0	< 1
ER_PBA-E30	65	65-59-65	413,0	5,8	1.102	0	< 1
ER_PBA-E31	7	7-96-7	108,3	3,3	3.390	0	< 1
ER_PBA-E32	94	94-59-94 94-106-94	552,5	10,0	5.492	0	< 1
ER_PBA-E33	95	95-33-95	103,7	3,1	3.210	0	< 1
TOTAL			4.222,2	83,0	54.148		
NÚMERO TOTAL DE CIRCUITOS					24		

De los resultados expuestos se concluye que se requieren 58 CRIs por mes solo en el tramo PAR-CAT, para dar servicio a los 25 PRIs que gestionan sus EVFs enviándolos a un CAT con capacidad disponible. Como se puede observar, la mayoría de los circuitos son de ida y vuelta a un solo PRI y esto se debe a que, como se anticipó al inicio de esta sección, la mayor restricción es la capacidad del vehículo. Las CRIs de Gral. Villegas (59) y Merlo (85) son dos casos extremos cuyas soluciones no son totalmente intuitivas, demostrando la importancia de disponer de herramientas de apoyo a la toma de decisiones como OptiLOC. En el caso de Gral. Villegas se requieren 9 CRIs al mes, mientras que en el partido de Merlo se realiza una CRI para transportar solo 5 envases. Esto se debe a que económicamente resulta beneficioso hacer estas CRIs de pocos kilómetros en lugar de instalar un CAT grande en Gral. Villegas y uno chico en Merlo, aunque desde el punto de vista práctico no parece ser muy coherente realizar estos circuitos. Para evitar estas situaciones, si se

considerara necesario, en futuros trabajos se podrían añadir restricciones de máximo y mínimo sobre la sumatoria en i , para v_2 de la variable $CPARCAT$, para restringir la cantidad de envases que pueden transportar, por ejemplo, 2 vehículos al mes como máximo y no menos de un cuarto de camión por mes como mínimo. Si bien esto encarecería el costo de la red, permitiría obtener resultados que en principio podrían considerarse más realistas, como podría ser que se decida instalar un CAT en Gral. Villegas que es el partido que genera más EVFs en toda la pBA.

- *ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35. Itinerario óptimo para la realización de las CRIs del tramo PAR-CAT*

Una vez obtenidas cada una de las rutas de las CRIs en el tramo PAR-CAT, se debe realizar el ruteo desde cada PRP a los CATs listados en las Tablas 53 y 54 (segunda columna), para obtener el itinerario que brinde el orden en el que se deben realizar las CRIs. Es decir, un dado vehículo parte de una PRP, viaja al CAT que indique su itinerario óptimo, y allí realiza las CRIs por los PRIs de la zona de influencia del mismo (determinado por los resultados anteriores). Cumplimentadas las CRIs, procede a viajar el segundo CAT de su itinerario óptimo y se repite el procedimiento hasta completar su circuito y regresar a la PRP de salida.

Descripción de los casos de estudio

Para configurar los 2 casos de estudio se define como “depósito” a cada una de las PRPs y como “clientes” a los CATs asociados a cada una de ellas para la realización de CRIs, que son 17 para la PRP de Cnel. Brandsen y 16 para la PRP de Lanús, como se muestra en la Tabla 55. Los parámetros de entrada de los 2 casos se detallan en las Tablas A.45 y A.46 del Apéndice. Los resultados se muestran en la Tabla 56. En la segunda columna se muestra el itinerario de cada PRP y entre paréntesis el circuito de PRIs obtenido en las Tablas 53 y 54.

Tabla 55. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35.

Nombre del caso	Nodo depósito	Nodos clientes
ER_PBA-E34	C. Brandsen	25 de Mayo - B. Blanca - Salliqueló - San Cayetano - Tandil - Tres Arroyos - B. Juárez - A. Alsina - C. Suárez - G. Alvarado - G. Pueyrredón - H. Irigoyen - La Plata - Laprida - Lobería- Maipú - Olavarría - Saavedra - Saladillo - Suipacha - Tres Lomas - Bragado - C. Casares - C. Tejedor - F.
ER_PBA-E35	Lanús	Ameghino - Alberti - G. Pinto - G. Viamonte - A. Brown - Junín - Arrecifes - Pehuajó - Pellegrini

Tabla 56. Itinerario para la realización de las CRIs del tramo PAR-CAT (ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35). Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color (rojo o verde) los nodos de salida y llegada de cada uno.

Nombre del caso	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	GAP (%)	CPU (segundos)
ER_PBA-E34	19-68(79)-1(45-124)-61(17-106-128)- 111(60-60)-3(60-60)-34(60)-11(93-134)- 129(4-4-33-33-33)-115(91)-14(4-10-10-10)- 70(50-50-33)-92(10)-123(9-105-10)-75(91- 91)-44(91)-55(82-12)-80(90-90-49)-19	8.769,9	156,2	0	0,141
ER_PBA-E35	69-122(90)-7(96)-65(59)-58(2)-54(59-59)- 43(59-59-59-59-59)-24(106)-95(33)- 131(128-128)-109(60-127-127)-94(59-106)- 23(128)-18(2)-5(2)-110(124)-6(85)-69	6.148,6	107,1	0	0,204

6.5.2 ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37. Rutas de recolección de EVFs en el tramo PAR-PPR

Si bien este tipo de rutas también son CRIs, se diferencian de las anteriores ya que el punto de origen y llegada de estos circuitos es la PRP (destino final de todos los EVFs). Los 2 casos de estudio de esta sección (uno para cada PRP) se describen a continuación.

Descripción de los casos de estudio

En este tipo de CRIs, donde un vehículo sale de una PRP para recolectar EVFs por los distintos PRIs, resultan 2 estructuras de circuitos: (i) 1 PRP - 14 PRIs, (ii) 1 PRP - 3 PRIs. Para configurar estos casos de estudio se define como “depósito” a cada una de las PRPs y como “clientes” a los PRIs asociados a cada una de ellas, que son 14 para la PRP de Cnel. Brandsen y 3 para la PRP de Lanús, como se muestra en la Tabla 57. Los parámetros de entrada de los 2 casos se detallan en las Tablas A.47 y A.48 del Apéndice. Los resultados del ruteo en el tramo PAR-PPR se muestran en la Tabla 58.

Tabla 57. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37.

Nombre del caso	Nodo depósito	Nodos clientes
ER_PBA-E36	C. Brandsen	25 de Mayo - Daireaux - B. Juárez - H. Irigoyen - B. Blanca - G. Pueyrredón - C. Dorrrego - Laprida - Lobería - C. Suárez - Balcarce - A. Alsina - La Plata - G. Alvarado
ER_PBA-E37	Lanús	Marcos Paz - G. Rodríguez - Pilar

Tabla 58. Circuitos óptimos del tramo PAR-PRP. Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color (rojo o verde) los nodos de salida y llegada de cada uno.

Nombre del caso	PRP	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	EVFs	GAP (%)	CPU (segundos)
ER_PBA-E36	19	19-1-35-19	341,6	6,0	3.121	0	6,9
		19-14-19	144,4	3,5	3.068		
		19-61-19	136,9	3,6	3.382		
		19-11-19	108,9	3,3	3.288		
		19-55-32-19	271,0	5,3	3.355		
ER_PBA-E37	69	19-70-75-34-12-3-68-44-19	585,5	9,3	3.352	0	< 1
		69-83-56-98-69	201,1	3,2	1.241		
TOTAL			1.789,4	34,2	20.807		
NÚMERO TOTAL DE CIRCUITOS					7		

Las CRIs en este tramo son 7 en total entre las 2 PRPs, muchas menos que en el tramo PAR-CAT. Los partidos que utilizan estas CRIs se caracterizan por no ser grandes generadores de envases y/o por estar cerca de las PRPs, como se observa en la Figura 87. Si bien las CRIs pueden hacerse de PAR a CAT o de PAR a PRP, las CRIs que se realizan de PAR a PRP mueven un 13% de los envases totales que se gestionan a través de CRIs. Gracias a esta aplicación del modelo, se puede concluir que se requieren 65 CRIs por mes, para los 42 PRIs que gestionan sus EVFs enviándolos a un CAT/PRP con capacidad disponible. Mediante estas CRIs se logran recolectar 138.122 envases, recorriendo 14.918 kilómetros, es decir 0,11 km/EVF. Además, es interesante remarcar que del total de los kilómetros que se recorren para realizar las CRIs, 4.434,7 km se deben al itinerario que recorren los vehículos entre cada CAT (ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35), lo que representa el 30% de la distancia. Este resultado sugiere que quizás sea conveniente que algunos CATs, sobre todo los de mayor recepción de envases, tengan su propio vehículo a disposición para la realización de sus CRIs.

6.5.3 ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39. Rutas de recolección de EVFs en el tramo CAT-PRP

Finalmente, una vez que los CATs recibieron los EVFs llevados por los productores agropecuarios en sus propios vehículos y por las CRIs diagramadas en las secciones anteriores, debe realizarse el ruteo desde las PRPs a los CATs y de regreso a las PRPs, para proceder al tratamiento de los EVFs antes de su inserción a la industria del plástico. Para el caso de la PRP de Cnel. Brandsen se obtuvo la estructura 1 PRP – 22 CATs y para la PRP de Lanús, se obtuvo 1 PRP – 35 CATs (de acuerdo a los resultados de la variable *CCATPRP* del modelo OptiLOC implementado en el caso de estudio EL_PBA-E4). Ambos casos de estudio se describen a continuación.

Descripción de los casos de estudio

Para configurar estos escenarios se define como “depósito” a cada una de las PRPs y como “clientes” a los CATs asociados a cada una de ellas, como se muestra en la Tabla 59. Puede notarse que en estos escenarios se incluyen más CATs que en la sección 6.5.1, esto se debe a que hay CATs que no se abastecen mediante CRIs, sino que se llenan solamente con los EVFs que llevan los productores agropecuarios, pero que deben ser incluidos en este tramo del ruteo. Los parámetros de entrada de los 2 casos estudiados en esta sección se detallan en las Tablas A.49 y A.50 del Apéndice. En estos circuitos los EVFs se transportan compactados. De acuerdo a los cálculos realizados cada camión tiene una capacidad de 90 fardos y cada fardo contiene 204 envases de 20 L.

Tabla 59. Descripción de los casos de estudio ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39.

Nombre del caso	Nodo depósito	Nodos clientes
ER_PBA-E38	C. Brandsen	25 de Mayo - A. Alsina - B. Blanca - Balcarce - B. Juárez - C. Dorrego - C. Suárez - Daireaux - G. Alvarado - G. Pueyrredón - H. Yrigoyen - La Plata - Laprida - Lobería - Maipú - Necochea - Olavarría - Patagones - Salliqueló - San Cayetano - Tandil - Tres Arroyos
ER_PBA-E39	Lanús	9 de Julio - Alberti - A. Brown - Arrecifes - Baradero - Bolívar - Bragado - C. Casares - C. Tejedor - C. de Areco - Chacabuco - Chivilcoy - Colón - F. Ameghino - G. Arenales - G. Pinto - G. Viamonte - H. Irigoyen - Junín - Lincoln - Pehuajó - Pellegrini - Pergamino - Puan - Ramallo - Rivadavia - Rojas - Saavedra - Saladillo - Salto - San Andrés de Giles - Suipacha - T. Lauquen - Tres Lomas - Zárate

Desde el punto de vista computacional, estos fueron los casos más complejos de resolver, debido a que son los que tienen más cantidad nodos y, en consecuencia, más variables y ecuaciones, por lo que en tiempos de CPU razonables solo se alcanzaron resultados con 12% y 20,5% de GAP. Los resultados del ruteo en el tramo CAT-PRP para la PRP de Cnel. Brandsen se muestran en la Tabla 60 y para la PRP de Lanús en la Tabla 61.

Tabla 60. Circuitos óptimos del tramo CAT-PRP para la PRP 19 (Cnel. Brandsen). Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color rojo los nodos de salida y llegada de cada uno.

Circuito	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	Fardos	GAP	CPU
				EVFs	(%)	(horas)
1	19-3-19	1.074,7	17,4	90		
2	19-14-19	745,4	13,4	90		
3	19-75-115-19	1.001,3	15,0	57		
4	19-68-34-3-111-19	1.347,8	19,5	63		
5	19-1-19	466,7	9,8	90		
6	19-80-19	416,9	7,4	49		
7	19-1-61-19	877,5	13,8	63		
8	19-93-32-19	1.571,2	23,5	87		
9	19-129-19	916,8	15,4	90	11,97	6,75
10	19-34-19	1.018,0	16,8	90		
11	19-129-14-123-19	929,9	14,9	79		
12	19-11-70-19	1.243,2	19,5	87		
13	19-75-19	788,0	13,8	90		
14	19-92-19	612,2	9,8	49		
15	19-123-19	566,9	11,0	90		
17	19-35-19	805,5	12,2	49		
17	19-91-44-19	924,6	15,3	83		
18	19-55-12-19	740,8	13,0	85		
TOTAL		16.047,4	261,5	1.381		

Tabla 61. Circuitos óptimos del tramo CAT-PRP para la PRP 69 (Lanús). Para remarcar el hecho de que las soluciones representan circuitos, se denota en color verde los nodos de salida y llegada de cada uno.

Circuito	Solución	Distancia (km)	Tiempo (h)	Fardos EVFs	GAP (%)	CPU (horas)
1	69-13-7-69	448,5	9,5	85		
2	69-46-30-69	682,0	12,4	88		
3	69-23-69	654,4	10,4	49		
4	69-128-69	927,1	13,8	49		
5	69-29-58-69	597,5	11,4	87		
6	69-96-104-69	566,6	10,7	80		
7	69-43-69	847,5	14,6	90		
8	69-112-107-69	493,2	10,2	89		
9	69-27-25-69	472,7	9,4	79		
10	69-5-18-69	468,8	9,9	90		
11	69-94-69	764,4	13,6	90		
12	69-61-106-43-69	1.126,0	17,5	75	20,43	4,5
13	69-131-69	1.044,5	15,2	49		
14	69-110-6-69	343,3	6,5	50		
15	69-17-69	680,0	10,7	49		
16	69-95-69	1.025,3	15,0	49		
17	69-94-24-69	902,9	13,8	57		
18	69-101-109-69	1.182,8	18,2	75		
19	69-54-69	745,3	13,3	90		
20	69-122-2-69	564,4	10,5	77		
21	69-65-69	554,3	9,2	49		
22	69-135-113-69	284,1	6,7	71		
23	69-54-74-69	751,8	11,9	57		
TOTAL		16.127,4	274,4	1.624		

6.5.4 Análisis de resultados

Una vez obtenidos todos los circuitos, se deben sumar las horas necesarias para recorrerlos, a fin de obtener cuantos vehículos se necesitarán a lo largo de un mes para llevar a cabo la recolección de los EVFs en la pBA. Así resulta que, realizar todo el ruteo de la PRP Cnel. Brandsen (19) demandará 448,7 horas y el de la PRP de Lanús (69), 384,7 horas. Teniendo en cuenta que el total de horas de trabajo por mes no podrá exceder las 176 horas por vehículo, para cumplir con los recorridos de cada PRP, cada una deberá disponer de 2,55 y 2,19 vehículos, respectivamente, o en números enteros, 3 vehículos tipo v_2 cada una, como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62. Resumen de las distancias y tiempos necesarios para la recolección de EVFs en toda la pBA.

PRP 19	Itinerario de CRIs (PAR-CAT)	PAR-PRP	CAT-PRP	Total	Vehículos necesarios
Tiempo (h)	156,2	31,0	261,5	448,7	3
Distancia (km)	8.769,9	1.588,3	16.047,4	26.405,6	
PRP 69	Itinerario de CRIs (PAR-CAT)	PAR-PRP	CAT-PRP	Total	Vehículos necesarios
Tiempo (h)	107,1	3,2	274,4	384,7	3
Distancia (km)	6.148,6	201,1	16.127,4	22.477,1	

En el capítulo 5, con el modelo OptiLOC, se había determinado que se requerían 5 vehículos, lo cual resulta ser el mismo valor que arroja OptiRUT si se redondea al entero mayor más cercano que resulta de sumar 2,55 y 2,19, o sea 4,75 vehículos. Esto se debe a que en el modelo OptiLOC, la contabilización de la cantidad de vehículos de tipo v_2 requeridos, surge de multiplicar la cantidad de viajes realizados por la distancia recorrida en cada tramo, dividido al parámetro $kmPER$ establecido es 86.400 km/periodo, es decir, recorrer a 80 km/h, 4 horas durante 240 días al año. Este resultado arroja la cantidad mínima de vehículos requeridos ya que los viajes no eran números enteros, sino continuos. Además, tampoco se contabilizaba el itinerario de los vehículos para realizar las CRIs, porque el modelo OptiLOC no brinda el ruteo de los viajes. En el modelo OptiLOC la distancia total recorrida en el mes 1 del período 1 por el vehículo tipo v_2 resultó de 31.804 km. Con el modelo OptiRUT esta distancia aumenta a 48.883 km. Es decir que, con el modelo OptiLOC se subestimó la cantidad de kilómetros en un 35%.

Así, al realizar el ruteo con OptiRUT entre todos los nodos que tendrán EVFs para recolectar, y teniendo en cuenta no solo el tiempo de manejo sino también el tiempo de carga y asumiendo que el límite mensual para realizar ambas tareas es de 176 horas, resulta que se necesitarían 6 vehículos. Cabe aclarar, que esta estimación no considera que los descansos de los choferes de los vehículos deben hacerse en las ciudades, se asume que los descansos se realizan cuando finalizan las 8 horas de trabajo.

6.6 Conclusiones

En este capítulo se presentó un modelo matemático de optimización para el diseño y operación de los recorridos que deben realizarse para recolectar los EVFs en los PRIs y CATs (definidos previamente por el modelo OptiLOC), para luego ser transportados a las PRPs. Previamente se realiza un breve resumen de los diferentes tipos de problemas VRP y luego se presenta la implementación del modelo seleccionado, que resulta lo suficientemente general para aplicarlo al problema concreto de recolección de EVFs.

El modelo presentado consta de un conjunto de ecuaciones algebraicas y lógicas que determinan los recorridos óptimos que deben realizarse a lo largo de toda la red, mediante las reglas de visita a los clientes, las restricciones que establecen los requisitos de los clientes y las restricciones relacionadas a las rutas, implementado a lo largo de un mes. Luego de la explicación del modelo matemático OptiRUT, se presentaron los resultados de aplicarlo a toda la pBA. Los resultados indican que, de los 57 CATs de la pBA, más de la mitad (33) utilizan las CRIs para acopiar envases. Además, se requirieron 65 CRIs por mes, para los 42 PRIs que gestionan sus EVFs enviándolos a un CAT/PRP con capacidad disponible. Mediante estas CRIs se logran recolectar 138.122 envases, recorriendo 14.918 kilómetros, es decir 0,11 km/EVF. En la última etapa de la recolección (tramo CAT-PRP) se requirieron de 41 circuitos para recolectar 614.522 EVFs para lo cual se recorren 32.175 kilómetros. Nuevamente se evidencia la eficiencia de la compactación ya que en este caso se recorren 0,05 km/EVF. A partir de las horas necesarias para poder realizar todos los circuitos y considerando que cada chofer tiene a cargo un vehículo con el cual no debe trabajar más de 176 horas al mes, se estimó que se necesitarían 3 vehículos tipo v_2 en cada PRP.

Del análisis de resultados de este capítulo surge que hay cuestiones prácticas que se podrían incorporar al modelo OptiLOC para que no existan reiteradas CRIs en un mismo partido o, en el otro extremo, una sola CRI con el vehículo prácticamente vacío, aunque se recorran pocos kilómetros. Sin embargo, no es el objetivo de la tesis encontrar soluciones perfectas sino desarrollar una metodología basada en modelos matemáticos que resulte razonable para optimizar el problema de ruteo de vehículos, que sirva como basa para eventuales aplicaciones reales en el marco de la pBA. Como trabajo a futuro se pretende que, si se alcanza un mayor conocimiento del número de envases real disponible por semana, se pueda aplicar el modelo OptiRUT a las zonas de mayor generación, incorporando fácilmente las restricciones respecto a tiempos y distancias necesarias. Por otra parte, el modelo matemático desarrollado es flexible como para ser aplicado a los distintos partidos de la pBA a pesar de la diferencia en la tasa de generación de envases que existe entre ellos.

Capítulo 7

Conclusiones

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral fue desarrollar estrategias de optimización para gestionar redes de recolección de EVFs. Los objetivos particulares se pueden resumir en:

- Estudiar y caracterizar el problema: se recopiló información sobre la cantidad de EVFs generados en la pBA por año, se estimaron los costos de inversión y operación de los CATs y las PRPs, y se identificaron las incertidumbres del problema (como la cantidad y el perfil de uso de los envases).

- Desarrollar herramientas computacionales basadas en modelos matemáticos de optimización: se diseñaron y aplicaron modelos para apoyar la toma de decisiones en el diseño y la operación de la red de recolección y disposición de los envases. Se definieron los criterios de optimización, las variables de decisión, las restricciones de capacidad y los niveles de las variables operativas.

Cumpliendo ambos objetivos particulares, en la Parte A de la tesis denominada “Fitosanitarios y la Legislación”, se revisa y discute la problemática medioambiental vinculada a una inadecuada disposición final de los EVFs, el consumo de fitosanitarios en el mundo y en Argentina en particular, así como el contexto ecológico, social y económico relacionado a la incorrecta disposición final de los EVFs. Se aborda la legislación más importante referida al tema y se describe cómo se encuentra el Sistema de Gestión actual en la pBA. Posteriormente, en la segunda parte de la tesis denominada “Modelos y Aplicaciones”, se presenta el desarrollo y aplicación de dos modelos matemáticos de optimización para abordar el problema, uno para la localización y dimensionamiento de la red de CATs y PRPs (modelo OptiLOC) y otro para el ruteo de los vehículos autorizados para el transporte de residuos peligrosos (modelo OptiRUT), y la aplicación de los mismos en la totalidad de la pBA.

En la Parte A se obtuvieron los siguientes resultados principales: en primer lugar, se esclarecieron los términos agroquímico, fitosanitario y agrotóxico. Se observó además que el uso de fitosanitarios en el mundo se ha mantenido constante desde el año 2012. En particular, en el año 2019 Argentina aplicó 6,07 kg/ha, lo cual es más del doble del promedio mundial. Además, considerando los 10 países con mayor superficie agrícola del mundo, Argentina es el segundo que más aplica fitosanitarios en kg/ha, solo superado por China. Posteriormente se identificó que la

mayoría de los fitosanitarios comercializados en Argentina son herbicidas, siendo el glifosato el principal. Se analizó que, en la pBA, el material plástico es el más común en los envases de fitosanitarios, y que dentro de esta categoría los bidones son los más vendidos (7.000.000), seguidos por las botellas. Entre los bidones de plástico, los de 20 L son los más frecuentes. Se revisó la problemática medioambiental generada por la disposición final inadecuada de los envases de fitosanitarios antes de la existencia de una legislación al respecto, que incluía la acumulación, el arrojado a basurales, la incineración a cielo abierto, la comercialización y reutilización informal y la disposición en rellenos sanitarios no aptos. Se describió la Ley Nacional Nº 27.279 de Productos Fitosanitarios, que establece la responsabilidad extendida y compartida para gestionar integralmente estos envases. Se explicó que el sistema se articula en 3 etapas: del usuario al CAT, del CAT al Operador, del Operador a la industria. Finalmente, del relevamiento realizado se conoce que se han habilitado 38 CATs en la pBA desde la reglamentación de la ley hasta diciembre de 2022, se han realizado cerca de 100 CRIs a lo largo del año 2020 en toda la pBA, y existen cuatro empresas operadoras en funcionamiento, dos para el tratamiento de los envases tipo A y dos para los envases tipo B. De la declaración jurada del año 2020 presentada por los registrantes ante la autoridad competente en la pBA, se conoce que se han puesto en el mercado durante el año 2019 la cantidad de 13.151.873 de envases, de los cuales sólo se ha recolectado el 8,22% durante el año 2020.

En la Parte B se obtuvieron los siguientes resultados principales: en primer lugar, se concluyó que la soja y el maíz son los cultivos agrícolas para los que se utilizan mayores cantidades de fitosanitarios. Mediante el cálculo de la cantidad de EVFs equivalentes de 20 L, se estimó que su cantidad aumenta de 6.200.000 durante la campaña agrícola 2008/09 a 7.500.000 durante la campaña 2020/21 en toda la pBA. En particular, comparando la estimación realizada a partir de la propuesta presentada en la tesis para la campaña 2018/19, con los resultados obtenidos a partir de los datos de la declaración jurada del mismo período, se nota una sobreestimación de solo un 6%. En tercer lugar, en cuanto al porcentaje de envases gestionados por CRIs, se pudo observar que en ambos casos de estudio (SOB y pBA), al aumentar dicho porcentaje la red requiere de menos CATs, pero de mayor tamaño. Por otra parte, la distancia recorrida para gestionar los envases disminuye, reduciendo al mismo tiempo los costos de diseño y operación de la red. En quinto lugar, en cuanto a la importancia de la compactación y enfardado de EVFs en los CATs se concluye que, disponiendo de esta maquinaria en los CATs de ambas regiones de estudio, se necesitarían menos instalaciones y por supuesto, menos vehículos para transportar los EVFs a las PRPs. El transporte de envases compactados conduce a optimizar el uso de la capacidad de los vehículos autorizados a tal fin, disminuir los kilómetros recorridos y, en consecuencia, a disminuir la huella de carbono asociada a la distancia recorrida por envase gestionado. Además, con la incorporación

de las compactadoras/enfardadoras, el costo de diseño y operación de la red descontado a lo largo del horizonte de planeamiento disminuye en un 13% aproximadamente.

En términos generales se puede concluir que el 83,7% de los partidos de la provincia generan EVFs. Del total de estas jurisdicciones, la mitad requiere de un CAT si se establece como meta que solo un cuarto de los EVFs que genera la provincia se gestionen por CRIs. De los partidos restantes, el 29% usaría las CRIs como mecanismo de recolección de envases, mientras que en solo el 19% de los partidos que generan EVFs podrían gestionarlos los propios productores acercándolos a CATs cercanos. El 2% restante corresponde a los partidos que tienen una PRP. Desde el punto de vista del volumen de EVFs que se generan, no sería necesario en ningún caso abrir una nueva PRP. Desde el punto de vista de la distribución geográfica donde se generan los EVFs, la ubicación óptima de una nueva PRP sería en la región central de la provincia como podría ser Chivilcoy u Olavarría. Para llevar a cabo la recolección de todos los envases que ingresan al sistema en un año, ya sea los que se acopian en CATs o los que llegan a los PRIs, se requerirían de 6 camiones.

En cuanto a las limitaciones o problemas que surgieron durante el trabajo, se puede señalar la gran variabilidad en relación a las dosis de fitosanitarios usadas por cultivo y por región. Este problema se abordó dividiendo a la provincia en regiones. Otra limitación es la temporalidad de aplicación de fitosanitarios, ya que estos productos se usan durante las distintas etapas del cultivo (barbecho, siembra, mantenimiento, etc.), en distintos meses del año y varían de acuerdo a la región y al cultivo. Por ejemplo, para partidos de la región noroeste de la pBA, la aplicación de fitosanitarios para el cultivo de soja en siembra directa durante el barbecho químico se produce típicamente entre agosto y octubre. Esto implica que probablemente el productor agropecuario lleve los EVFs después de la aplicación o incluso unos meses después. Es decir, que la generación de EVFs en cada partido no será constante durante todos los meses de un período, como se asumió en esta tesis. En esta etapa de la investigación se decidió simplificar el abordaje de la temporalidad, y no considerar rigurosamente la estacionalidad, dejando su tratamiento como trabajo futuro.

Por otra parte, durante el período en que se llevó a cabo la beca doctoral, el estado aprobó nuevas leyes y reglamentos que afectaron el funcionamiento de los CATs. Esto dificultó el uso de datos estables para los modelos matemáticos, ya que de forma permanente quedaban obsoletos por la incorporación de nuevos CATs. Por este motivo, se decidió usar los datos disponibles hasta diciembre de 2022. Otro aspecto a incorporar a futuro para perfeccionar las herramientas, es la frecuencia de ingreso de EVFs al sistema de gestión. En esta tesis se asumió que el 100% de los

EVFs que se generan en la pBA van a ingresar al sistema de gestión para su correcta disposición final. Sin embargo, de lo expuesto en la Parte A, se conoce que no es estrictamente así, sino que se trata de un proceso gradual a lo largo del tiempo, que podría alcanzar los 20 años para lograr gestionar más del 90% de los envases volcados al mercado, tal como demuestra la experiencia del Sistema CampoLimpio en Brasil.

Otra limitación o problema a considerar es la diversidad de tipos de presentaciones y envases de fitosanitarios. En esta tesis se realizó un cálculo de EVFs equivalentes de 20 L, es decir, se consideró una cantidad de envases generada asumiendo que el total del volumen utilizado se comercializa en recipientes de 20 L. Si se tuviera en cuenta cada tipo de presentación de envase de PEAD, debería agregarse un nuevo índice a cada variable que corresponda al tipo de presentación, los cuales serían al menos cinco: 25, 20, 15, 10 y 1 L, incrementando exponencialmente el número de variables del modelo. Por otra parte, los fitosanitarios también se comercializan en estado sólido en bolsas de PEBD y otros materiales que no han sido tenidos en cuenta en esta tesis ya que son una parte minoritaria de los envases. Estos aspectos se incorporarán en las mejoras futuras del modelo.

La temporalidad de aplicación de fitosanitarios, la frecuencia de ingreso de los EVFs al sistema de gestión y la gran diversidad de tipos de envases en que se presentan, son variables del problema en estudio que implican incertidumbre respecto de la cantidad exacta de envases que llegan a los PRIs, los CATs y las PRPs. De este modo los resultados de esta tesis constituyen una primera etapa en el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones que son susceptibles de ser perfeccionadas en trabajos futuros para modelar cuestiones específicas de la realidad del problema. Por otra parte, en el desarrollo del modelo no se han incorporado restricciones respecto de la disponibilidad del capital necesario para nuevas instalaciones (CATs o PRPs), variable que podría modificar de forma sustancial los resultados obtenidos. De todas formas, son cuestiones que se pueden incorporar fácilmente en las dos herramientas ya desarrolladas.

El uso efectivo de las mismas, con sus eventuales mejoras, permitiría tener un importante impacto en la pBA para solucionar el grave problema ambiental actual, permitiendo establecer las prioridades en relación a la necesidad de instalar nuevos CATs y su complementación con el uso de las CRIs. La investigación llevada a cabo en el marco de esta tesis permitió comprobar que el uso de enfoques de PSE y herramientas de optimización son de gran valor para obtener soluciones posibles a problemas reales, que finalmente permitan mejorar la calidad de vida de la gente. A futuro estos modelos podrían ser adaptados para modelar el problema de localización y ruteo para la gestión de otros residuos provenientes del sector agropecuario o incluso para otros residuos cuya

disposición final requiere de una atención especial, como es el caso de los neumáticos o los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Referencias bibliográficas

- AAPRESID (2018). Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. *Evolución de Siembra Directa en Argentina campaña 2018/19*.
<https://aapresid.org.ar/blog/evolucion-de-siembra-directa-en-argentina-campana-2018-19/>
- Afxentiou, N., Georgali, P.-Z.M., Kylili, A. y Fokaidis, P.A. (2021). *Greenhouse agricultural plastic waste mapping database*. Data in Brief 34, 106622.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106622>
- Agrawal, S., Singh, R. K. y Murtaza, Q. (2015). *A literature review and perspectives in reverse logistics*. Resources, Conservation and Recycling, Volume 97, pp. 76-92, ISSN 0921-3449.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.009>
- Allevato, H. y Pórfido, D. (2002). *Manejo Ambiental de Envases Residuales de Agroquímicos*. Red Argentina de Manejo Ambiental de Residuos, pp. 1-66.
- Andrade, F. (2020). *Los desafíos de la agricultura global*. 1ª ed. ampliada. Ediciones INTA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_los_desafios_de_la_agricultura_fandrade.pdf
- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Maceira, N., Echeverría, H. y colab. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. 1ª ed. Ediciones INTA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/lib_desafiosagricultura_2017_online_b.pdf
- Archetti, C., Savelsbergh, M. W. P. y Speranza, M. G. (2008). *To split or not to split: that is the question*. Transp Res Part E Logist Transp Rev 44: pp. 114-123.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.04.003>
- Argentina (1991). *Ley de Residuos peligrosos de la Nación 24.051/1991*. Publicada en el Boletín Oficial del 17/1/1992, número: 27307, pp. 1-4.
- Argentina (2016). *Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios 27.279/2016*. Publicada en el boletín oficial del 11/10/2016, número: 33479, pp. 1-4.
- Arkader, R. y Ferreira, C. F. (2004). *Category Management Initiatives from the Retailer Perspective: A Study in the Brazilian Grocery Retail Industry*. Journal of Purchasing & Supply Management 10 (1): 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2003.11.002>
- Autoweb (2021). *El ranking de venta todas las pick-ups en 2020*.
<https://www.autoweb.com.ar/2021/01/05/el-ranking-de-venta-todas-las-pick-ups-en-2020/>
-

-
- Banguera, L. A., Sepúlveda, J. M., Ternero, R., Vargas, M. y Vásquez, O. C. (2018). *Reverse logistics network design under extended producer responsibility: The case of out-of-use tires in the Gran Santiago city of Chile*. *International Journal of Production Economics* 205, pp. 193–200.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.006>
- Bauman, H. C. (1964). *Fundamentals of cost engineering in the chemical industry*. New York: Reinhold Pub. Corp.
- Bedmar, F. (2011). *Informe especial sobre los plaguicidas. ¿Qué son los plaguicidas?*. *Ciencia Hoy*, 21(122), pp. 9-16. <https://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy122/Plaguicidas - Bedmar.pdf>
- Bektas, T. y Laporte, G. (2011). *The pollution-routing problem*. *Transp Res Part B Methodol* 45: pp. 1232–1250. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.004>
- Blanco, I., Loisi, R. V., Sica, C., Schettini, E. y Vox, G. (2018). *Agricultural plastic waste mapping using GIS. A case study in Italy*. *Resources, Conservation and Recycling* 137, pp. 229–242.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.008>
- Braga Marsola, K., Leda Ramos de Oliveira, A., Filassi, M., Elias, A. A. y Andrade Rodrigues, F. (2021). *Reverse logistics of empty pesticide containers: solution or a problem?* *International Journal of Sustainable Engineering* 14, pp. 1451–1462.
<https://doi.org/10.1080/19397038.2021.2001605>
- Brandão, J. C. S. y Mercer, A. (1998). *The multi-trip vehicle routing problem*. *J Oper Res Soc* 49: pp. 799–805. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600595>
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., Karasali, H. y Briassoulis, C. (2014). *Design of a European agrochemical plastic packaging waste management scheme—Pilot implementation in Greece*. *Resources, Conservation and Recycling*, 87, pp. 72–88.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.013>
- CampoLimpio (2021a). *Material de Difusión*. <https://www.campolimpio.org.ar/que-hacemos/>
- CampoLimpio (2021b). *Nuestros CAT*. <https://www.campolimpio.org.ar/nuestros-cat/>
- CampoLimpio (2021c). *Campanas Itinerantes*.
<https://www.campolimpio.org.ar/campanas-itinerantes/>
- CampoLimpio (2021d). *Resumen Ejecutivo del Estudio De Impacto Ambiental Instalación de un Centro Transitorio De Almacenamiento (CAT) de Envases Vacíos De Fitosanitarios En el municipio de Dos de Mayo (provincia de Misiones) - Julio 2021*. pp. 1–6. <https://www.campolimpio.org.ar/archivos-descarga/NOTAS-2021/Resumen-Ejecutivo-EsIA-2-de-Mayo.pdf>
- CampoLimpio. Programa de Manejo de Envases Vacíos. <https://www.campolimpio.org.ar/>
- Cardoso, S.R., Barbosa-póvoa, A.P.F.D. and Relvas, S. (2013). *Design and Planning of Supply Chains with Integration of Reverse Logistics Activities under Demand Uncertainty*. *European Journal of Operational Research*, 226, pp. 436-451. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.035>
- CASAFE (1993). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. *Guía de productos fitosanitarios*
-

para la República Argentina. República Argentina.

CASAFE (2012). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. *Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012*. pp. 9.

<https://www.casafe.org/pdf/2015/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitario-2012.pdf>.

CASAFE (2021a). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. *Actividades*.

<https://www.casafe.org/institucional/actividades/>

CASAFE (2021b). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. *Industria de Fitosanitarios en Argentina*.

<https://www.casafe.org/archivos-descarga/Informe-Casafe-Industria-de-Fitosanitarios-en-Argentina.pdf>

CASAFE. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. <https://www.casafe.org/>

CATAC (2021). Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas. *Costos del transporte de larga distancia diciembre 2021*. http://catac.org.ar/indice_costos/costos-del-transporte-de-larga-distancia-diciembre-2021/

CIAFA. Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos.

<https://www.ciafa.org.ar/>

Coene, S., Arnout, A. y Spieksma, F. C. R. (2010). *On a periodic vehicle routing problem*. J Oper Res Soc 61: pp. 1719–1728. <https://doi.org/10.1057/jors.2009.154>

Contreras Castañeda, E. D., Fraile Benítez, A. M. y Silva Rodríguez, J. D. (2013). *Diseño de un sistema de logística inversa para la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas*. Ingeniería Industrial 12, pp. 29–42.

Correia, I. y Captivo, M. E. (2003). *A Lagrangean Heuristic for a Modular Capacitated Location Problem*. Annals of Operations Research, 122, pp. 141–161.

<https://doi.org/10.1023/A:1026146507143>

Damalas, C. A., Telidis, G. K. y Thanos, S. D. (2008). *Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use*. Science of The Total Environment 390, pp. 341–345.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.028>

Dantzig, G. B. y Ramser, J. H. (1959). *The Truck Dispatching Problem*. Management Science, 6(1), pp. 80–91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>

De Lucia, C. y Paziienza, P. (2019). *Market-based tools for a plastic waste reduction policy in agriculture: A case study in the south of Italy*. Journal of Environmental Management 250, 109468.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109468>

De, A., Bose, R., Kumar, A. y Mozumdar, S. (2014). *Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles*. New Delhi. Springer India (SpringerBriefs in Molecular Science). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-81-322-1689-6>

-
- DPBA y UNLP (2013). Defensoria del Pueblo de Provincia de Buenos Aires y Universidad Nacional de La Plata. *Relevamiento de la Utilización de Agroquímicos en la Prov. de Bs.As. Mapa de situación e incidencia sobre la salud*.
https://www.agro.unlp.edu.ar/sites/default/files/paginas/informe_agroquimicos_comprimido.pdf
- Erdoğan, G. (2017). *An open-source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems*. Computers & Operations Research, 84, pp. 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.022>
- Erdoğan, G., Stylianou, N. y Vasilakis, C. (2019). *An open source decision support system for facility location analysis*. Decis. Support Syst. 125 113116.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113116>
- FAO (2002). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido*. pp. 106. ISBN: 9253047615.
- FAO (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Statistical Database*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/EP>
- FAO y OMS (2008). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud. *Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas. Directrices sobre opciones de manejo de envases vacíos de plaguicidas*.
https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/Containers08SP.pdf
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., van der Laan, E., van Nunen, J. A. E. E. y Van Wassenhove, L. N. (1997). *Quantitative models for reverse logistics: A review*. European Journal of Operational Research, 103(1), pp. 1–17.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0)
- Flórez Calderón, L. A., Toro Ocampo, E. M. y Granada Echeverry, M. (2012). *Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica*. Cienc. e Ing. Neogranadina. 22, pp.153–177.
- Ge, H., Goetz, S., Canning, P. y Perez, A. (2018). *Optimal locations of fresh produce aggregation facilities in the United States with scale economies*. International Journal of Production Economics, 197, pp. 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.007>
- Giraldes, J., Poma, J. y Merlo, A. (2021). *Implementación de la Ley Nacional 27.279 de envases vacíos de fitosanitarios en la provincia de Buenos Aires*. Ambiente en Diálogo. 1ª ed. Número 2. ISSN 2796- 729, pp. 131-152.
- GlobalPetrolPrices (2021). *Argentina Precios del diesel, 20-dic-2021*. https://es.globalpetrolprices.com/Argentina/diesel_prices/. Accedido: enero 2022.
-

-
- Gomes Salema, M. I., Barbosa-Povo, A. P. y Novais, A. Q. (2007). *An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty*. European Journal of Operational Research, 179, pp. 1063–1077.
- Hu, T. L., Sheu, J. B. y Huang, K. H. (2002). *A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes*. Transp. Res. Part E. 38 pp. 457–473.
- INDEC (2020). Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados preliminares : agricultura : enero de 2020*. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ISBN 978-950-896-571-4
- INTAGRI (2017). Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. *Técnica del Triple Lavado de Envases de Plaguicidas*. Serie Fitosanidad. Número. 76. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- IRAM (2016). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. *IRAM 12069: Fitosanitarios. Procedimiento para el lavado de envases rígidos vacíos de productos formulados miscibles o dispersables en agua*. Edición 2. <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/9096>
- Isern, M. D. (2002). *La química de los pesticidas y su metodología analítica*. Colección Cuadernillos Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Rosario. Centro Regional de Investigación y Desarrollo de Rosario.
- Iturralde, R. S. (2014). *La construcción social del riesgo y el conocimiento científico: un estudio de caso sobre un conflicto socioambiental en 30 de agosto, provincia de Buenos Aires*. Cuadernos de Antropología, 12(12-2014), pp. 175-189.
<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuan/article/view/4901>
- Jones, K. A. (2014). *The Recycling of Empty Pesticide Containers: An Industry Example of Responsible Waste Management*. Outlooks on Pest Management. 25(2), pp. 183-186.
https://doi.org/10.1564/v25_apr_08
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P. y Kechagias, E. P. (2020). *Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: a literature review and classification*. Operational Research, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s12351-020-00600-7>
- Kooen (2021a). Kooen Machinery co., Ltd. *HDPE PP Hard Plastic Washing Line (Output capacity: 500 kg/hr)*. <https://www.kooenmachine.com/>. Accedido: mayo 2021.
- Kooen (2021b). Kooen Machinery co., Ltd. *HDPE PP Hard Plastic Washing Line (Output capacity: 2000 kg/hr)*. <https://www.kooenmachine.com/>. Accedido: mayo 2021.
- Kooen (2021c). Kooen Machinery co., Ltd. *Water treatment system*. <https://www.kooenmachine.com/>. Accedido: mayo 2021.
- Lagarda-Leyva, E. A., Morales-Mendoza, L. F., Ríos-Vázquez, N. J., Ayala-Espinoza, A. y Nieblas-Armenta, C. K. (2019). *Managing plastic waste from agriculture through reverse logistics and dynamic modeling*. Clean Technologies and Environmental Policy, 21(7), pp. 1415–1432.
-

-
- <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01700-5>
- Li, Z. y Huang, J. (2018). *How to Effectively Improve Pesticide Waste Governance: A Perspective of Reverse Logistics*. Sustainability 10, 3622. <https://doi.org/10.3390/su10103622>
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S.H. y Lam, H. Y. (2014). *Survey of green vehicle routing problem: past and future trends*. Expert Syst Appl 41: pp. 1118–1138
- Lindhqvist, T. (2000). *Extended producer responsibility in cleaner production: Policy principle to promote environmental improvements of product systems*. Lund University.
- MA (2022). *Centros de Almacenamiento Transitorio (CAT) para Envases Vacíos de Fitosanitarios*. <https://www.ambiente.gba.gob.ar/fitosanitarios/CAT>
- Magnasco, E. y Di Paola, M. M. (2015). *Agroquímicos en argentina ¿Dónde estamos? ¿A dónde vamos?*. Fundación Ambiente y Recursos Naturales. Informe Ambiental Anual 2015. 1ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. pp. 147-164. <https://docplayer.es/69722583-Agroquimicos-en-argentina-donde-estamos-a-donde-vamos.html>
- MAGyP (2010). Plan Estratégico Agroalimentario, Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_000001-libro_pea_argentina_lider_agroalimentario.pdf
- MAGyP (2021). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Agricultura, Dirección de Estimaciones Agrícolas. *Estimaciones Agrícolas*. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Mancini, S. (2017). *The hybrid vehicle routing problem*. Transp Res Part C Emerg Technol 78: pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.02.004>
- Marnasidis, S., Stamatelatou, K., Verikouki, E. y Kazantzis, K. (2018). *Assessment of the generation of empty pesticide containers in agricultural areas*. Journal of Environmental Management, 224 (January), pp. 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.012>
- Martens, F. y Lazzaro, N. (2020). *Caracterización de la agroaplicación en el partido de Tandil*. Ediciones INTA, pp. 8. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9026>
- Martens, S. F. (2016). *¿Son los envases vacíos de fitosanitarios un problema ambiental?* Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/2134>
- Mayanti, B. y Helo, P. (2022). *Closed-loop supply chain potential of agricultural plastic waste: Economic and environmental assessment of bale wrap waste recycling in Finland*. International Journal of Production Economics, Volume 244, 2022, 108347, ISSN 0925-5273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108347>
- Melo, M.T., Nickel, S. y Saldanha da Gama, F. (2007). *Facility Location and Supply Chain Management - A comprehensive review*. Eur. J. Oper. Res. 196 pp. 401–412.
-

-
- <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.07>
- Miandad, R., Barakat, M. A., Aburizaiza, A. S., Rehan, M. y Nizami, A. S. (2016). *Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review*. *Process Safety and Environmental Protection*, 102, pp. 822–838. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
- Miglioranza, K. S. B. (2021). *Informes de revisión. Área: Disponibilidad y contaminación del agua, suelos y aire: Agroquímicos*. 1ª ed. Mar del Plata, Argentina. <https://mardelplata-conicet.gob.ar/wp-content/uploads/2021/02/Informe-de-revision-Agroquimicos-1.pdf>
- Miller, C. E., Tucker, A. W. y Zemlin, R. A. (1960). *Integer programming formulation of traveling salesman problems*. *J. ACM* 7 (4), pp. 326–329.
- Mota, B., Gomes, M. I., Carvalho, A. y Barbosa-Povoa, A. P. (2015). *Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning*. *J. Clean. Prod.* 105 pp. 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.052>
- Oerke, E. C. (2006). *Crop losses to pests*. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), pp. 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Oliveira, A. L. R., Filassi, M., Lopes, B. F. R. y Marsola, K. B. (2021). *Logistical Transportation Routes Optimization for Brazilian Soybean: An Application of the Origin-destination Matrix*. *Ciência Rural* 51(2): 2. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190786>
- OMS (1992). Organización Mundial de la Salud . *Consecuencias sanitarias del empleo de Plaguicidas en la Agricultura*. Ginebra. Suiza – 128 pp.
- OMS (2021). Organización Mundial de la Salud. *Desafíos Globales. Población*. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- OPDS (2019). Provincia de Buenos Aires. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. *Resolución OPDS 505/2019*. Publicada en el Boletín Oficial del 08/08/2019, pp: 20-24.
- OPDS (2021a). Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. *Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios*. <http://www.opds.gba.gov.ar/fitosanitarios>
- OPDS (2021b). Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. *Mapa Envases*. <http://sistemas.opds.gba.gov.ar/Establecimientos/Envases/MapaEnvases.php>
- OPDS (2021c). Comunicación personal. Ing. José Giraldes.
- OPDS (2021d). Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. *Fiscalización de envases vacíos de fitosanitarios en Lincoln*. [https://www.opds.gba.gov.ar/noticias/fiscalizaci%C3%B3n de envases vac%C3%ADos de e fitosanitarios en lincoln](https://www.opds.gba.gov.ar/noticias/fiscalizaci%C3%B3n%20de%20envases%20vac%C3%ADos%20de%20fitosanitarios%20en%20lincoln). Accedido: diciembre 2021.
- OPDS (2021e). Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. *OPDS fiscalizó la recolección de envases vacíos de agroquímicos en el Municipio de Laprida*. [https://www.opds.gba.gov.ar/noticias/opds fiscaliz%C3%B3 la recolecci%C3%B3n de e](https://www.opds.gba.gov.ar/noticias/opds%20fiscaliz%C3%B3%20la%20recolecti%C3%B3n%20de)
-

-
- nvases vacios de agroquímicos en el municipio de laprida. Accedido: diciembre 2021.
- Pacheco, R. M. y Barbona, E. I. (2017). *Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas*. 1ª ed. Ediciones INTA. Bella Vista, Corrientes, Argentina. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual-uso-agroquimicos-frutihorticola.pdf>
- Panda, A. K., Singh, R. K. y Mishra, D. K. (2010). *Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), pp. 233-248. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.005>
- Patarasiriwong, V., Wongpan, P., Korpraditskul, R. y Jeerapong, L. (2013). *Pesticide Packaging Waste Management Model for Thailand*. *Journal of Environmental Science and Engineering B*. 2. pp. 1-6.
- Pazienza, P. y De Lucia, C. (2020). *For a new plastics economy in agriculture: Policy reflections on the EU strategy from a local perspective*. *Journal of Cleaner Production* 253, 119844. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119844>
- Perboli, G. y Rosano, M. (2019). *Parcel delivery in urban areas: opportunities and threats for the mix of traditional and green business models*. *Transp Res Part C Emerg Technol* 99: pp. 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.006>
- Pfitzer, C., Dahmen, N., Tröger, N., Weirich, F., Sauer, J., Günther, A. y Müller-Hagedorn, M. (2016). *Fast Pyrolysis of Wheat Straw in the Bioliq Pilot Plant*. *Energy & Fuels*, 30(10), pp. 8047-8054. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b01412>
- Plásticos Romano (2023). *Romano Packaging. Productos*. <https://www.plasticosromano.com.ar/productos/bidones-20-lts-5>
- Plianbangchang, Pinyupa Jetiyanon, K. y Wittaya-areekul, S. (2009). *Pesticide use patterns among small-scale farmers: a case study from Phitsanulok, Thailand*. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 40, pp. 401–410
- Poletta, G. L., Larriera, A., Kleinsorge, E. y Mudry, M. D. (2009). *Genotoxicity of the herbicide formulation Roundup® (glyphosate) in broad-snouted caiman (Caiman latirostris) evidenced by the Comet assay and the Micronucleus test*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 672(2), pp. 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2008.10.007>
- Polzer, V. R., Justí Pisani, M. A. y Persson, K. M. (2016). *The importance of Extended Producer Responsibility and the National Policy of Solid Waste in Brazil*. *Int. J. Environment and Waste Management*, 18(2), pp. 101–119
- Quak, H. J. y de Koster, M. B. M. (2009). *Delivering goods in urban areas: how to deal with urban policy restrictions and the environment*. *Transp Sci* 43: pp. 211–227.
-

<https://doi.org/10.1287/trsc.1080.0235>

- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J. y Linares, P. (2010). *Modelos matemáticos de optimización*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Organización Industrial. Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Rebehy, P.C.P.W., Andrade dos Santos Lima, S., Novi, J.C. y Salgado, A.P. (2019). *Reverse logistics systems in Brazil: comparative study and interest of multistakeholders*. J. Environ. Manag., 250, Article 109223, ISSN 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.124>
- Renaud, J., Laporte, G. y Boctor, F. F. (1996). *A tabu search heuristic for the multi-depot vehicle routing problem*. Comput Oper Res 23: pp. 229–235.
[https://doi.org/10.1016/0305-0548\(95\)00026-P](https://doi.org/10.1016/0305-0548(95)00026-P)
- Rentizelas, A., Shpakova, A. y Mašek, O. (2018). *Designing an optimised supply network for sustainable conversion of waste agricultural plastics into higher value products*. Journal of Cleaner Production, 189, pp. 683–700. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.104>
- Risso, N. (2021). *Multas confirmadas por no tratar envases*.
<https://www.pagina12.com.ar/383600-multas-confirmadas-por-no-tratar-envases>. Accedido: diciembre 2021.
- Rosegrant, M. W., Koo, J., Cenacchi, N., Ringler, C. Robertson, R. D. y colab. (2014). *Food security in a world of natural resource scarcity The role of agricultural technologies*.
<https://doi.org/10.2499/9780896298477>
- SAGyP (2021). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno Nacional. Argentina. *Envases*. <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/envases>
- SAGyP y SCyMA (2019). Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca y Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental. *Resolución Conjunta 2/2019*. Publicada en el Boletín Oficial del 27/11/2019. Número: 91331, pp: 71.
- Sanz Tejedor, A. (2021). *La industria agroquímica. Química Orgánica Industrial*.
<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-12.php>
- Sato, G. S., Carbone, G. T. y Moori, R. G. (2006). *Reverse Logistics of Agrochemical Packaging in Brazil : Operational Practices*. InterfacEHS, 1(1), pp. 1–21.
<http://www.interfacehs.sp.senac.br/>
- Savoretti, A. A., Bruno, M., Cincunegui, C., Distel, A., Leguizamón Schoos, D., Sorichetti, A. S. y Mangiapane, M. P. (2016). Proyecto de Grupo de Investigación. *Diseño de un sistema de gestión integral de envases de agroquímicos para el Sudoeste Bonaerense*. (24/MA15). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- Scarascia-Mugnozza, G., Sica, C. y Picuno, P. (2008). *The optimisation of the management of agricultural plastic waste in Italy using a geographical information system*. Acta Horticulturae, (801), pp. 219-226. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.801.20>
-

-
- SENASA (2021). Argentina. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. *Resolución 369/2021*. Publicada en el boletín oficial del 12/07/2021, número: 47883, pp: 1.
- Silva Rodríguez, J. D. (2017). *Diseño de una red de logística inversa: caso de estudio Usochica-mocha - Boyacá*. Ingeniería y Ciencia 13, pp. 91–113.
- Silva, M. M., Subramanian, A. y Ochi, L. S. (2015). *An iterated local search heuristic for the split delivery vehicle routing problem*. Comput Oper Res 53: pp. 234–249.
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.08.005>
- Sitek, P. (2014). *A hybrid approach to the two-echelon capacitated vehicle routing problem (2E-CVRP)*. En: Szewczyk R, Zieliński C, Kaliczyńska M (eds) Recent advances in automation, robotics and measuring techniques. Springer, Cham, pp. 251–263.
- SPM (2021a). Silver Python Machinery Co. Ltd. *500 kg/h HDPE Crushing Hot Washing Line*. <http://www.silverpython.net/>. Accedido: mayo 2021
- SPM (2021b). Silver Python Machinery Co. Ltd. *SP-HDPE2000 Washing Line*. <http://www.silverpython.net/>. Accedido: mayo 2021
- SPM (2021c). Silver Python Machinery Co. Ltd. *Project Plan for HDPE Recycling Line*. <http://www.silverpython.net/>. Accedido: mayo 2021
- Stadlinger, N., Mmochi, A.J., Dobo, S., Gyllbäck, E. y Kumblad, L. (2011). *Pesticide use among smallholder rice farmers in Tanzania*. Environment, Development and Sustainability 13, pp. 641–656. <https://doi.org/10.1007/s10668-010-9281-5>
- SYNGENTA (2021). *¿Por qué es importante gestionar los envases vacíos?*
<https://www.syngenta.com.ar/campolimpio>
- Tari, I. y Alumur, S. A. (2014). *Collection Center Location with Equity Considerations in Reverse Logistics Networks*. INFOR Inf. Syst. Oper. Res. 52 pp. 157–173.
<https://doi.org/10.3138/infor.52.4.157>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. y Polasky, S. (2002). *Agricultural sustainability and intensive production practices*. Nature, 418(6898), pp. 671–677.
<https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Tobaldo, G. (2021). Comunicación personal con Gustavo Tobaldo, dueño de la empresa ECOABASTO.
- Tonón, I. (2019). *Programa de recolección de envases de agroquímicos para la ciudad de Larroque*. Especialización en Ingeniería Ambiental. Trabajo Final Integrador. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concepción del Uruguay.
<https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/4112/NACHO.%20Trabajo%20final%20EIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNEP (2013). United Nations Environment Programme. *Global Chemicals Outlook. Towards Sound Management of Chemicals*. Elizabeth Kemf. ISBN: 978-92-807-3320-4.
-

-
- US EPA (1992). United States Environmental Protection Agency. *Pesticide Containers. A Report to Congress*. EPA 540/09-91-116, PB-91-110411.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91012MK2.PDF?Dockey=%2091012MK2.PDF>
- US EPA (2023). United States Environmental Protection Agency. *Glyphosate*.
<https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/glyphosate>
- Vidal, E. (2014). *Gestión de envases de agroquímicos. Descontaminación de efluentes provenientes de plantas de reciclado de envases que contienen glifosato con la tecnología avanzada de oxidación que emplea UV/H2O2*. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Litoral.
- Vox, G., Loisi, R. V., Blanco, I., Scarascia Mugnozza, G. y Schettini, E. (2016). *Mapping of Agriculture Plastic Waste*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, pp. 583–591.
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.080>
- Wips digital (2020). *Se recolectaron en Bahía más de 6500 envases vacíos de agroquímicos*.
<https://wips.digital/2020/08/26/tiempo-libre/medio-ambiente/se-recolectaron-en-bahia-mas-de-6500-envases-vacios-de-agroquimicos/>. Accedido: diciembre 2020.
- Yossen, G. N. y Henning, G. P. (2021). *Optimal Design of the Reverse Logistics Network of Empty Agrochemical Containers*. Editor(s): Metin Türkay, Rafiqul Gani, *Computer Aided Chemical Engineering*, Elsevier, Volume 50, 2021, pp. 1781-1786, ISSN 1570-7946, ISBN 9780323885065, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50276-X>
- Zachariadis, E. y Kiranoudis, C. (2010). *A strategy for reducing the computational complexity of local search-based methods for the vehicle routing problem*. *Computers & Operations Research*. 37. 2089-2105. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.02.009>
- Zarbakshshnia, N., Kannan, D., Kiani Mavi, R. y Soleimani, H. (2020). *A novel sustainable multi-objective optimization model for forward and reverse logistics system under demand uncertainty*. *Ann. Oper. Res.* 295 pp. 843–880. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03744-z>
-

Apéndice

En el presente Apéndice se presenta el complemento de los datos presentados en los capítulos 4, 5 y 6, que son necesarios para resolver los respectivos modelos.

En las Tablas A.1 a A.4 se detallan las dosis de fitosanitarios, en litros por hectárea de cultivo sembrado, brindadas por las distintas agencias de INTA y con las cuales se calcularon los EVFs generados a partir de la producción de cultivos agrícolas. Solo se presentan los principios activos de los fitosanitarios que se comercializan mayoritariamente en estado líquido. No se incorporaron en las tablas las dosis de atrazina o diclosulam, por ejemplo, ya que se comercializan en estado sólido y no fueron utilizadas para el cálculo de envases de PEAD.

Tabla A.1. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural Bahía Blanca.

Principio Activo	Dosis (l/ha)						
	Trigo SD	Trigo LC	Cebada SD	Cebada LC	Maíz	Soja	Girasol
Glifosato	3	0	4,5	0	6	5	3
2,4 D	1	0,3	1,35	0,3	1,4	0,35	0,7
Picloram	0,16	0,09	0,16	0,09	0,16	0	0
Carbendazim + Tiram	0,16	0,16	0,16	0,16	0,625	0	0
Hussar OD y/o Axial	0,0975	0,0975	0,05	0,0975	0	0	0
Clorpirifos	0	0	0,4	0	0	0	0,5
Cletodim	0	0	0	0	0,7	0,7	1,4
Gramoxone	0	0	0	0	2	2	2
Inoculante	0	0	0	0	0	0,75	0
Diflufenican	0	0	0	0	0	0	0,2
Sulfentrazone	0	0	0	0	0	0	0,2
Piretroide	0	0	0	0	0	0	0,05
TOTAL	4,4175	0,6475	6,62	0,6475	10,885	8,8	8,05

Tabla A.2. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Chacra Experimental Integrada Barrow.

Principio Activo	Dosis (l/ha)			
	Cebada + Trigo	Maíz	Soja	Girasol
Glifosato	4	7	8	5
2,4 D	1,2	0,7	0,8	0,7
Cletodim	0,5	0	0,6	0
Dicamba	0,15	0	0	0
Aceite mineral	1	0,5	0	0
Azoxistrobina + Ciproconazole	0,5	0	0	0
Diflufenicam	0	0	0	0,25
Acetoclor + Protector	0	2	0	0
Diclosulam	0	0	0,03	0
Flubendiamida	0	0	0,03	0,035
Clearsol	0	0	0	0,17
Fluorocloridona	0	0	0	1
TOTAL	7,35	10,2	9,46	7,155

En la Tabla A.5 se muestran las hectáreas sembradas por partido, desde la campaña agrícola 2010/11 a la 2020/21, de los cultivos alpiste, avena, cebada total, centeno, colza, girasol, maíz, mijo, soja total, sorgo y trigo total, obtenidas de la base de datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Agricultura, Dirección de

Estimaciones Agrícolas. En la Tabla A.6 se muestran las hectáreas sembradas de cultivos forrajeros por partido, obtenidas del CNA 2018. En la Tabla A.7 se muestra el resultado del cálculo de EVFs equivalentes de 20 L, generados desde el 2011 al 2021 a partir de la producción de cultivos agrícolas y el resultado del año 2018 del cálculo de EVFs equivalentes de 20 L generados a partir de la producción de cultivos forrajeros.

Tabla A.3. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez.

Principio Activo	Dosis (l/ha)			
	Cebada + Trigo	Maíz	Soja	Girasol
Glifosato	2,5	9	9	7
2,4 D	0,5	1,2	1,7	0,65
Picloram	0,13	0	0	0
Cletodim	0,4	0	0,7	0,7
Dicamba	0,16	0,2	0,2	0,2
Fenoxaprop-P-Etil	1	0	0	0
Aceite mineral	1	0,5	1	1
Azoxistrobina + Ciproconazole	0,45	0	0	0
Diflufenicam	0	0,25	0,25	0,25
S-metolaclor	0	0,9	0,9	0
Biciclopirona	0	1	0	0
Flumioxazin	0	0	0,15	0
Flubendiamida	0	0	0,03	0,035
Acetoclor	0	0	0	1
Fluorocloridona	0	0	0	1
TOTAL	6,14	13,05	13,93	11,835

Tabla A.4. Dosis de fitosanitarios brindadas por el INTA Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco.

Principio Activo	Dosis (l/ha)			
	Cebada + Trigo	Maíz	Soja	Girasol
Glifosato	2,5	9	9	7
2,4 D	0,5	1,2	1,7	0,65
Picloram	0,13	0	0	0
Cletodim	0,4	0	0,7	0,7
Dicamba	0,16	0,2	0,2	0,2
Aceite mineral	1	0,5	1	1
Azoxistrobina + Ciproconazole	0,45	0	0	0
Diflufenicam	0	0	0,25	0,25
S-metolaclor	0	0,9	0,9	0
Biciclopirona	0	1	0	0
Flubendiamida	0	0	0,03	0,035
Acetoclor	0	0	0	1
Fluorocloridona	0	0	0	1
Sulfentrazone	0	0	0,25	0
TOTAL	5,14	12,8	14,03	11,835

En la Tabla A.8 se muestra el resultado de la estimación de la generación de EVFs equivalentes de 20 L, para el horizonte de planificación comprendido entre el 2022 y 2031, obtenido a partir de realizar regresiones lineales utilizando el cálculo de EVFs de la Tabla A.7. En la Tabla A.9 se muestra la numeración utilizada para hacer referencia a cada uno de los nodos de los escenarios estudiados en los capítulos 5 y 6. En la Tabla A.10 se muestra la matriz de distancias por ruta entre los 135 partidos de la pBA, a la cual se le agregó las distancias entre los nodos ampliación (136 a 169).

Partido	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
E. de la Cruz	15,100	15,080	15,400	15,690	33,950	34,600	34,700	34,450	26,450	28,425
Ezeiza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F. Varela	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F. Ameghino	108,060	93,385	93,300	99,380	96,244	99,574	98,175	102,817	103,700	109,500
G. Alvarado	90,700	110,050	112,300	130,250	107,970	126,891	124,382	137,140	120,250	137,047
G. Alvear	76,000	40,190	55,000	54,500	54,800	63,000	53,000	64,900	57,750	62,545
G. Arenales	151,300	149,700	156,100	139,200	123,711	134,078	131,740	140,300	142,600	152,300
G. Belgrano	47,600	52,850	44,550	25,600	19,000	32,500	50,704	49,521	45,788	62,231
G. Guido	4,570	7,900	8,150	9,100	18,966	14,900	16,920	15,900	13,740	13,265
G. J. Madariaga	28,550	29,118	49,250	46,000	57,185	72,586	59,470	54,950	51,500	46,250
G. La Madrid	117,600	132,950	125,800	153,450	151,876	193,127	145,090	174,282	172,200	165,400
G. Las Heras	5,600	5,445	5,800	6,537	7,297	7,984	8,590	7,362	10,274	10,280
G. Lavalle	3,400	24,500	5,620	15,900	5,500	4,600	3,900	3,000	3,000	2,200
G. Paz	3,900	3,900	5,650	6,736	6,920	7,725	7,490	6,530	13,978	14,110
G. Pinto	167,550	137,616	131,650	153,450	160,520	164,483	157,985	174,625	176,600	190,400
G. Pueyrredón	51,400	68,590	51,700	66,650	52,440	67,477	57,593	59,745	55,150	64,412
G. Rodríguez	3,300	3,330	3,200	3,255	3,578	4,589	3,990	3,058	7,580	7,550
G. S. Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G. Viamonte	127,530	121,610	117,420	125,830	130,650	145,417	153,543	150,957	160,400	167,600
G. Villegas	465,220	422,780	401,750	446,050	480,050	402,975	394,626	504,404	489,400	492,700
Guaminí	272,000	266,650	265,700	271,600	270,200	300,500	172,900	214,800	259,910	277,080
H. Yrigoyen	95,300	33,500	84,800	85,600	86,900	94,500	116,320	152,470	129,410	148,990
Hurlingham	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ituzaingó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
José C. Paz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	202,700	193,850	198,600	174,998	174,562	168,859	173,949	178,600	181,200	187,700
La Costa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Matanza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Plata	1,700	1,700	-	600	1,444	1,550	1,617	1,535	1,587	1,580
Lanús	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laprida	34,300	42,500	45,500	44,770	49,300	50,484	62,904	51,537	66,800	57,810
Las Flores	64,820	81,579	81,820	70,120	74,180	84,100	73,744	54,863	50,098	56,493
L. N. Alem	183,210	116,500	120,850	125,660	113,760	123,535	128,445	137,533	131,000	141,400
Lezama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lincoln	267,830	305,620	297,550	297,230	290,902	331,937	308,973	337,853	298,200	296,300
Lobería	236,400	308,250	287,200	314,590	276,600	372,668	355,267	365,272	350,200	362,356
Lobos	92,200	80,400	87,375	82,800	79,900	92,400	75,450	58,191	59,085	64,650
L. de Zamora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luján	17,700	18,150	18,600	18,580	19,268	20,121	21,400	21,698	29,195	28,010
Magdalena	6,400	6,400	9,000	10,305	11,383	11,486	13,434	9,738	7,957	8,230

Partido	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Maipú	36,150	27,807	33,430	33,550	30,935	36,338	31,282	29,300	27,560	26,550
M. Argentinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar Chiquita	23,500	42,206	49,450	74,500	63,254	66,098	52,293	54,900	57,600	54,200
Marcos Paz	9,500	10,120	11,300	11,250	11,896	12,447	12,326	9,588	12,697	12,940
Mercedes	30,800	30,200	31,450	28,080	29,420	31,800	40,907	37,468	35,013	35,714
Merlo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monte	69,920	61,860	69,500	58,800	54,600	64,600	48,340	45,883	44,739	72,429
M. Hermoso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Navarro	88,400	81,140	84,700	74,100	70,600	85,900	68,350	56,504	56,912	53,388
Necochea	394,637	364,800	344,170	378,340	292,480	398,213	366,000	333,400	328,640	410,500
Olavarría	136,200	141,200	141,700	176,490	184,929	166,153	155,660	227,900	179,400	182,000
Patagones	115,050	80,266	83,550	60,500	84,890	83,451	98,715	119,904	143,529	112,554
Pehuajó	286,400	203,250	265,638	301,950	286,648	303,825	274,332	286,954	265,516	309,182
Pellegrini	138,400	135,300	133,000	136,900	136,700	148,300	80,000	112,000	127,581	144,300
Pergamino	218,980	217,240	219,700	235,070	259,536	272,051	275,224	264,193	271,468	267,729
Pila	2,700	21,614	23,250	23,100	29,571	26,400	23,245	25,200	26,100	30,115
Pilar	3,200	3,030	3,100	3,490	4,274	4,182	4,277	3,668	3,837	3,770
Pinamar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. Perón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puan	138,100	126,550	157,200	186,200	135,067	177,423	149,000	193,861	169,731	172,100
Punta Indio	-	-	2,950	3,764	5,458	4,684	3,880	3,316	2,820	3,100
Quilmes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramallo	73,900	73,220	74,350	74,740	74,093	87,184	86,835	88,937	88,679	85,360
Rauch	28,000	40,309	42,150	45,450	43,224	43,988	32,645	36,550	44,850	35,250
Rivadavia	340,858	276,600	298,345	301,615	286,719	296,147	247,506	283,825	309,354	307,646
Rojas	159,900	155,350	167,800	150,948	181,694	192,081	183,440	191,500	188,900	201,800
Roque Pérez	102,660	87,400	90,800	74,200	57,850	66,600	73,070	59,484	59,334	70,962
Saavedra	178,500	159,030	175,800	180,900	122,480	164,965	141,350	150,478	140,600	151,900
Saladillo	128,800	105,370	123,950	145,500	136,650	142,131	108,661	122,197	125,558	121,842
Salliqueló	79,200	79,520	76,200	78,700	79,800	83,000	43,700	64,400	56,800	96,600
Salto	129,600	127,850	129,900	137,440	149,626	159,797	166,019	162,690	170,999	167,073
S. A. de Giles	76,200	71,900	75,600	71,600	84,120	78,680	82,540	90,200	85,450	87,700
S. A. de Areco	61,700	60,820	61,850	56,640	60,154	72,650	68,333	62,244	72,189	69,377
S. Cayetano	225,900	205,823	189,180	223,934	199,674	242,386	256,498	236,124	221,400	237,200
S. Fernando	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Isidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Nicolás	48,870	49,020	50,100	50,950	47,469	51,000	49,239	54,382	51,047	51,341

Partido	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
S. Pedro	68,400	67,650	68,900	58,810	66,185	69,550	71,193	69,810	75,266	73,232
S. Vicente	1,440	1,450	3,350	4,000	4,814	5,190	4,778	4,307	3,315	3,960
Suipacha	34,100	34,860	32,950	26,900	31,360	39,290	43,379	45,428	43,999	43,470
Tandil	284,500	293,230	258,490	289,790	248,950	332,590	330,901	336,786	325,300	332,505
Tapalqué	4,650	3,120	6,100	9,850	8,750	9,100	9,900	14,400	14,400	23,650
Tigre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tordillo	1,700	2,900	3,850	3,850	3,250	3,000	2,000	4,300	1,800	1,880
Tornquist	121,900	100,540	145,500	150,700	87,756	131,149	118,600	146,058	124,853	131,200
T. Lauquen	403,830	288,200	328,077	378,080	358,191	415,481	367,927	402,694	408,462	420,980
Tres Arroyos	388,100	439,690	414,090	453,800	421,620	438,382	524,615	488,506	480,900	505,830
Tres de Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tres Lomas	90,500	97,490	97,100	105,100	106,400	119,800	68,100	98,600	84,700	111,180
Vicente López	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa Gesell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villarino	76,590	63,800	50,800	85,200	47,420	56,834	55,450	73,042	80,469	73,643
Zárate	31,200	31,120	31,500	31,750	33,350	36,450	36,200	36,800	27,450	31,113

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Agricultura, Dirección de Estimaciones Agrícolas.

Tabla A.6. Hectáreas sembradas de cultivos forrajeros en el año 2018.

Partido	Has. de cultivos forrajeros		Has. totales	Partido	Has. de cultivos forrajeros		Has. totales
	Anuales	Perennes			Anuales	Perennes	
25 de Mayo	18.663,9	25.831,5	44.495,4	E. de la Cruz	2.245,0	3.365,5	5.610,5
9 de Julio	14.565,5	19.645,0	34.210,5	Ezeiza	60,0	-	60,0
A. Alsina	74.792,0	24.239,5	99.031,5	F. Varela	-	0,5	0,5
A. G. Chaves	18.797,0	10.999,0	29.796,0	F. Ameghino	8.213,8	8.388,0	16.601,8
Alberti	1.604,0	2.014,0	3.618,0	G. Alvarado	2.421,4	7.117,5	9.538,9
A. Brown	4,0	-	4,0	G. Alvear	15.555,0	14.323,0	29.878,0
Arrecifes	1.144,0	2.552,5	3.696,5	G. Arenales	287,0	1.802,5	2.089,5
Avellaneda	-	-	-	G. Belgrano	2.950,0	5.921,0	8.871,0
Ayacucho	33.941,8	26.050,0	59.991,8	G. Guido	5.217,5	618,0	5.835,5
Azul	30.663,7	30.700,8	61.364,5	G. J. Madariaga	6.606,0	12.072,0	18.678,0
B. Blanca	30.677,5	4.196,0	34.873,5	G. La Madrid	39.966,0	43.523,3	83.489,3
Balcarce	15.696,6	30.338,4	46.035,0	G. Las Heras	4.181,5	2.350,0	6.531,5
Baradero	1.387,5	2.792,0	4.179,5	G. Lavalle	3.293,0	2.735,9	6.028,9
B. Juárez	23.685,3	14.879,9	38.565,2	G. Paz	7.586,0	4.120,0	11.706,0
Berazategui	-	-	-	G. Pinto	10.153,5	5.991,5	16.145,0
Berisso	1,2	-	1,2	G. Pueyrredón	3.616,0	3.876,5	7.492,5
Bolívar	21.681,2	16.723,1	38.404,3	G. Rodríguez	204,5	1.385,9	1.590,4
Bragado	2.695,5	5.541,7	8.237,2	G. S. Martín	-	-	-
Brandsen	3.443,0	1.839,0	5.282,0	G. Viamonte	5.227,0	3.334,0	8.561,0
Campana	153,0	638,5	791,5	G. Villegas	16.411,6	28.463,5	44.875,1
Cañuelas	3.621,9	3.348,6	6.970,5	Guaminí	51.234,0	46.973,0	98.207,0
C. Sarmiento	1.722,0	3.436,0	5.158,0	H. Yrigoyen	6.631,0	2.808,0	9.439,0
C. Casares	9.973,0	11.807,0	21.780,0	Hurlingham	-	-	-
C. Tejedor	10.355,0	16.013,5	26.368,5	Ituzaingó	-	-	-
C. de Areco	2.157,5	3.167,4	5.324,9	José C. Paz	-	-	-
Castelli	7.334,5	6.231,9	13.566,4	Junín	3.995,0	4.394,0	8.389,0
Chacabuco	3.423,1	5.479,5	8.902,6	La Costa	-	-	-
Chascomús	7.730,0	8.814,5	16.544,5	La Matanza	70,0	270,0	340,0
Chivilcoy	1.937,2	3.191,8	5.129,0	La Plata	1.747,5	949,6	2.697,1
Colón	539,0	2.203,0	2.742,0	Lanús	-	-	-
C. de M. L. Rosales	13.290,0	8.046,0	21.336,0	Laprida	19.072,3	10.846,5	29.918,8
C. Dorrego	58.521,3	7.471,0	65.992,3	Las Flores	10.147,5	6.870,9	17.018,4
C. Pringles	53.505,3	7.308,0	60.813,3	L. N. Alem	2.997,0	1.166,5	4.163,5
C. Suárez	51.658,5	32.686,7	84.345,2	Lezama	3.313,0	4.305,0	7.618,0
Daireaux	19.495,0	26.262,4	45.757,4	Lincoln	17.040,8	16.545,0	33.585,8
Dolores	3.665,0	1.355,0	5.020,0	Lobería	14.222,0	23.797,0	38.019,0
Ensenada	-	-	-	Lobos	7.927,0	2.896,0	10.823,0
Escobar	99,0	984,7	1.083,7	L. de Zamora	87,5	40,5	128,0
E. Echeverría	-	77,0	77,0	Luján	1.607,0	1.608,0	3.215,0

Partido	Has. de cultivos forrajeros		Has. totales	Partido	Has. de cultivos forrajeros		Has. totales
	Anuales	Perennes			Anuales	Perennes	
Magdalena	6.865,2	2.560,0	9.425,2	Roque Pérez	1.810,2	3.178,4	4.988,6
Maipú	6.696,5	1.947,0	8.643,5	Saavedra	61.643,8	12.379,0	74.022,8
M. Argentinas	-	-	-	Saladillo	8.240,5	5.957,0	14.197,5
Mar Chiquita	13.592,0	33.823,6	47.415,6	Salliqueló	11.926,0	6.754,0	18.680,0
Marcos Paz	2.696,0	1.248,9	3.944,9	Salto	2.052,0	1.459,0	3.511,0
Mercedes	3.452,0	6.491,9	9.943,9	S. A. de Giles	982,5	5.632,6	6.615,1
Merlo	120,0	168,0	288,0	S. A. de Areco	1.544,0	4.299,0	5.843,0
Monte	7.778,9	5.262,6	13.041,5	S. Cayetano	12.041,0	14.337,1	26.378,1
M. Hermoso	816,0	20,0	836,0	S. Fernando	140,0	-	140,0
Moreno	-	6,0	6,0	S. Isidro	-	-	-
Morón	-	-	-	S. Miguel	-	-	-
Navarro	10.004,0	9.195,3	19.199,3	S. Nicolás	141,0	658,0	799,0
Necochea	19.157,1	25.635,9	44.793,0	S. Pedro	1.121,5	236,8	1.358,3
Olavarría	40.641,0	32.552,4	73.193,4	S. Vicillo	1.163,7	634,0	1.797,7
Patagones	125.866,0	15.429,0	141.295,0	Suipacha	4.914,0	4.730,0	9.644,0
Pehuajó	11.748,0	8.546,7	20.294,7	Tandil	31.802,7	19.124,6	50.927,3
Pellegrini	11.841,0	11.310,0	23.151,0	Tapalqué	10.912,5	12.620,0	23.532,5
Pergamino	3.431,6	8.849,6	12.281,2	Tigre	-	-	-
Pila	4.253,5	2.102,4	6.355,9	Tordillo	860,0	381,0	1.241,0
Pilar	-	37,0	37,0	Tornquist	75.150,5	13.889,0	89.039,5
Pinamar	-	-	-	T. Lauquen	46.680,0	39.718,5	86.398,5
P. Perón	30,0	35,0	65,0	Tres Arroyos	34.230,5	29.869,1	64.099,6
Puan	83.957,7	12.668,5	96.626,2	Tres de Febrero	-	-	-
Punta Indio	2.413,0	933,0	3.346,0	Tres Lomas	6.745,0	2.735,0	9.480,0
Quilmes	-	-	-	Vicente López	-	-	-
Ramallo	324,0	876,0	1.200,0	Villa Gesell	-	-	-
Rauch	19.013,5	4.387,0	23.400,5	Villarino	76.529,0	36.508,0	113.037,0
Rivadavia	17.978,0	14.153,0	32.131,0	Zárate	352,0	1.085,0	1.437,0
Rojas	4.307,0	6.242,5	10.549,5				

Fuente: CNA 2018 Cuadro 4.2.1 Provincia de Buenos Aires.

Tabla A.7. Cálculo de la generación de EVFs en la pBA.

Partido	EVFs AGRICULTURA										GANADERÍA
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2018
25 de Mayo	90.014	77.483	101.659	172.649	166.794	174.901	133.070	167.286	161.542	170.843	9.288
9 de Julio	151.616	131.910	161.666	155.216	177.863	191.834	167.774	184.662	161.800	175.960	5.063
A. Alsina	155.232	149.729	143.273	152.595	148.447	165.971	113.655	140.308	132.950	164.780	14.731
A. G. Chaves	74.551	79.001	77.644	80.285	68.096	84.790	81.188	86.919	71.082	80.405	9.746
Alberti	45.356	49.968	55.825	51.143	61.743	62.966	65.231	63.822	59.557	59.148	701
A. Brown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Arrecifes	56.809	56.275	56.955	53.260	67.828	72.266	71.949	63.469	73.943	69.288	716
Avellaneda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ayacucho	9.343	27.349	41.318	56.464	50.598	42.050	39.498	47.609	42.858	55.249	12.523
Azul	73.161	141.296	109.252	99.085	120.271	152.716	141.954	130.789	127.779	150.472	12.810
B. Blanca	7.810	2.672	5.203	5.650	3.734	8.942	6.609	7.383	7.107	9.431	11.407
Balcarce	61.857	107.026	107.066	109.196	88.469	110.979	117.774	114.825	110.852	117.532	15.057
Baradero	43.492	43.395	44.119	57.379	53.564	54.626	58.134	56.656	56.299	54.430	810
B. Juárez	71.223	92.463	78.397	76.742	77.273	78.619	78.079	78.560	75.216	89.872	12.614
Berazategui	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berisso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolívar	122.263	34.190	103.298	84.914	90.494	96.476	88.965	130.138	144.562	141.874	8.017
Bragado	97.188	99.856	98.096	87.723	101.830	109.164	111.510	113.545	102.080	109.820	1.596
Brandsen	998	1.024	6.612	6.974	6.683	7.227	6.300	4.379	2.064	1.699	1.023
Campana	5.138	5.157	5.394	5.339	13.790	13.771	13.829	13.523	10.408	13.462	153
Cañuelas	22.732	18.901	19.532	19.899	19.863	20.843	20.251	15.304	5.524	5.562	1.351
C. Sarmiento	30.454	30.059	30.578	27.384	30.584	27.266	27.760	28.021	27.269	26.098	999
C. Casares	109.262	99.330	91.581	97.391	97.159	102.842	96.239	97.251	108.468	102.565	3.223
C. Tejedor	119.220	87.084	94.146	96.086	92.515	103.924	94.671	99.155	105.626	109.716	3.903
C. de Areco	33.507	32.750	35.165	35.498	41.967	37.492	42.370	45.041	44.307	44.478	1.742
Castelli	15.301	14.889	14.502	16.936	16.471	16.342	13.744	13.569	13.943	11.830	2.832
Chacabuco	120.650	119.121	123.600	96.262	111.284	111.287	96.160	110.433	116.647	118.402	1.725
Chascomús	26.678	35.079	32.341	27.264	34.913	30.101	30.147	30.786	33.309	35.610	3.454
Chivilcoy	90.078	82.114	86.445	77.649	98.117	95.651	114.659	98.652	93.548	91.067	994
Colón	50.037	49.883	50.554	49.315	53.344	51.115	50.961	48.904	51.615	49.898	531
C. de M. L. Rosales	6.828	2.510	3.939	6.189	4.520	13.796	8.843	10.403	10.126	11.825	6.979
C. Dorrego	84.458	85.612	95.611	111.149	105.439	135.018	151.847	161.665	130.073	154.472	21.585
C. Pringles	58.640	59.219	62.171	58.789	58.633	63.338	75.828	73.488	65.779	75.997	19.891
C. Suárez	131.247	193.018	143.656	158.904	174.075	189.397	179.266	156.898	166.989	174.898	27.588
Daireaux	88.542	87.875	88.207	127.474	133.355	136.181	110.067	131.753	132.323	142.081	6.772
Dolores	7.789	8.015	5.029	4.529	3.415	3.336	3.458	2.967	2.519	764	1.048

Partido	EVFs AGRICULTURA										GANADERÍA 2018
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Lincoln	161.310	195.005	186.780	186.188	184.323	191.354	182.858	196.806	171.820	171.566	4.971
Lobería	100.057	175.611	157.688	166.871	143.482	176.045	171.390	168.275	161.711	161.230	12.435
Lobos	55.404	47.050	51.907	51.885	47.888	54.175	44.017	31.666	32.593	34.029	2.097
L. de Zamora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Luján	10.839	10.986	11.785	11.924	12.135	12.241	12.918	13.085	15.816	15.021	623
Magdalena	4.096	4.096	5.542	5.858	6.390	6.079	7.541	4.924	3.840	3.946	1.968
Maipú	20.620	16.775	18.970	19.383	16.968	19.493	17.219	16.962	16.000	14.304	1.804
M. Argentinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar Chiquita	13.150	25.842	28.430	43.831	37.408	35.381	29.640	30.932	33.067	29.548	9.898
Marcos Paz	5.599	5.839	6.774	6.795	6.903	6.966	6.988	5.012	7.090	7.106	764
Mercedes	17.463	17.028	18.079	16.314	17.461	18.383	23.779	21.863	20.754	20.216	1.927
Merlo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56
Monte	41.578	35.790	40.682	36.258	32.750	37.902	27.382	25.829	25.399	39.025	2.722
M. Hermoso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	273
Moreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Morón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Navarro	52.613	47.502	49.826	46.169	43.494	52.078	40.805	33.071	33.701	28.798	3.720
Necochea	194.537	206.745	179.756	194.847	163.101	183.281	166.604	142.566	136.536	183.583	14.651
Olavarría	72.945	75.642	71.942	82.782	90.573	76.619	72.580	92.764	79.133	86.612	15.279
Patagones	26.045	17.499	18.247	13.294	17.464	16.543	21.382	21.971	22.833	19.569	28.259
Pehuajó	174.807	124.461	170.630	181.315	171.091	176.212	158.612	166.716	148.856	170.780	3.004
Pellegrini	70.243	68.657	67.665	70.905	72.323	77.581	41.966	63.127	71.838	78.100	3.444
Pergamino	146.072	145.711	147.005	156.079	166.562	162.417	169.053	155.775	161.771	157.241	2.379
Pila	1.099	12.539	14.165	13.986	18.645	15.435	12.757	15.276	15.789	16.250	1.327
Pilar	1.816	1.779	1.961	1.958	1.989	2.064	2.009	1.488	1.585	1.428	7
Pinamar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. Perón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Puan	25.518	26.062	29.400	36.387	30.260	38.947	39.923	51.002	41.261	42.030	19.325
Punta Indio	-	-	1.673	1.776	2.151	1.845	1.403	903	649	675	698
Quilmes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramallo	49.393	49.059	49.636	49.791	49.518	51.224	52.191	49.599	52.323	49.420	233
Rauch	14.393	24.505	24.741	27.220	25.731	23.856	17.425	21.157	24.186	18.439	4.885
Rivadavia	204.485	172.354	193.664	187.076	185.857	179.653	154.731	171.584	177.599	177.152	4.755
Rojas	100.110	98.977	108.957	95.272	114.298	113.083	111.181	112.443	111.365	115.500	2.044
Roque Pérez	60.901	50.987	52.979	45.605	33.792	37.226	42.890	34.092	34.390	39.480	1.041
Saavedra	44.994	42.473	41.861	36.569	31.791	38.518	41.262	41.862	36.211	40.250	24.212
Saladillo	76.386	62.401	74.831	93.561	83.356	88.989	66.662	67.418	71.732	66.303	2.964

Partido	EVFs AGRICULTURA										GANADERÍA
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2018
Salliqueló	35.839	38.032	35.591	38.942	40.878	42.488	22.525	36.009	31.065	55.004	2.779
Salto	84.742	84.364	85.523	90.244	95.332	97.176	99.651	96.702	100.538	96.255	680
S. A. de Giles	44.775	43.547	46.295	44.059	51.213	47.300	48.644	51.461	49.835	50.298	1.282
S. A. de Areco	39.948	39.725	40.265	36.363	38.102	40.745	39.048	37.441	41.118	38.220	1.132
S. Cayetano	118.373	127.719	104.458	130.483	118.581	118.780	128.702	116.547	96.951	108.337	8.628
S. Fernando	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
S. Isidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Nicolás	32.505	32.311	32.823	33.071	30.477	30.199	29.809	31.699	30.958	26.850	155
S. Pedro	44.837	44.669	45.367	38.289	41.508	41.774	41.921	40.622	43.013	39.440	263
S. Vicente	922	928	2.061	2.205	2.196	2.352	2.109	1.748	1.068	1.181	348
Suipacha	19.037	19.458	19.467	17.099	19.705	23.821	25.616	25.764	26.034	24.566	1.869
Tandil	145.532	166.683	141.116	153.008	138.965	158.739	164.969	156.311	152.170	152.469	16.657
Tapalqué	1.629	654	1.552	3.374	2.663	2.988	3.308	6.243	6.172	10.750	4.912
Tigre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tordillo	596	1.463	1.779	1.957	1.665	1.490	665	723	660	875	259
Tornquist	22.049	17.884	25.228	23.161	14.356	24.443	30.252	28.744	21.502	23.154	29.123
T. Lauquen	240.049	181.711	208.923	225.459	215.192	236.241	205.385	220.097	224.576	228.383	12.787
Tres Arroyos	154.774	188.048	174.886	184.767	176.050	169.689	213.010	198.459	191.445	198.788	20.966
Tres de Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tres Lomas	40.174	48.087	47.479	53.321	54.667	60.001	34.973	54.396	46.511	61.643	1.410
Vicente López	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa Gesell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villarino	16.198	12.563	9.888	18.519	9.678	9.561	11.423	12.477	10.601	11.768	22.607
Zárate	20.753	20.715	20.947	21.033	22.175	23.219	23.098	23.164	16.841	19.267	278

Partido	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Escobar	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
E. Echeverría	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
E. de la Cruz	20.326	21.675	23.023	24.372	25.720	27.069	28.417	29.766	31.114	32.463
Ezeiza	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
F. Varela	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F. Ameghino	63.254	62.585	61.917	61.248	60.580	59.911	59.243	58.574	57.906	57.237
G. Alvarado	77.923	79.886	81.848	83.811	85.773	87.736	89.698	91.660	93.623	95.585
G. Alvear	36.541	36.323	36.106	35.888	35.671	35.453	35.236	35.018	34.801	34.583
G. Arenales	85.663	83.670	81.676	79.682	77.689	75.695	73.701	71.707	69.714	67.720
G. Belgrano	36.815	37.345	37.876	38.406	38.937	39.467	39.997	40.528	41.058	41.589
G. Guido	8.873	9.509	10.146	10.782	11.419	12.055	12.691	13.328	13.964	14.601
G. J. Madariaga	30.481	31.793	33.105	34.418	35.730	37.042	38.355	39.667	40.979	42.291
G. La Madrid	83.690	86.428	89.167	91.905	94.644	97.383	100.121	102.860	105.598	108.337
G. Las Heras	6.632	6.810	6.988	7.165	7.343	7.521	7.699	7.876	8.054	8.232
G. Lavalle	1.280	519	519	519	519	519	519	519	519	519
G. Paz	11.084	11.625	12.165	12.706	13.246	13.787	14.327	14.868	15.409	15.949
G. Pinto	109.004	109.891	110.778	111.665	112.551	113.438	114.325	115.212	116.099	116.985
G. Pueyrredón	32.932	32.892	32.852	32.811	32.771	32.731	32.690	32.650	32.610	32.569
G. Rodríguez	5.546	5.818	6.091	6.363	6.635	6.907	7.180	7.452	7.724	7.997
G. S. Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G. Viamonte	100.610	102.767	104.923	107.080	109.236	111.392	113.549	115.705	117.862	120.018
G. Villegas	294.098	294.970	295.842	296.714	297.586	298.458	299.330	300.202	301.074	301.946
Guaminí	149.832	148.897	147.962	147.028	146.093	145.159	144.224	143.289	142.355	141.420
H. Yrigoyen	89.558	94.344	99.130	103.916	108.703	113.489	118.275	123.061	127.848	132.634
Hurlingham	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ituzaingó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
José C. Paz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	106.779	104.037	101.295	98.552	95.810	93.068	90.326	87.583	84.841	82.099
La Costa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Matanza	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
La Plata	1.177	1.164	1.151	1.138	1.125	1.112	1.099	1.086	1.073	1.060
Lanús	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laprida	27.084	27.918	28.751	29.584	30.418	31.251	32.084	32.918	33.751	34.584
Las Flores	32.165	30.152	28.140	26.127	24.114	22.101	20.088	18.076	16.063	14.050
L. N. Alem	78.080	76.160	74.240	72.321	70.401	68.481	66.561	64.641	62.722	60.802
Lezama	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492
Lincoln	176.398	176.260	176.122	175.983	175.845	175.707	175.569	175.430	175.292	175.154
Lobería	177.013	180.361	183.708	187.055	190.403	193.750	197.098	200.445	203.792	207.140

Partido	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Lobos	33.629	31.131	28.634	26.136	23.639	21.141	18.644	16.146	13.649	11.151
L. de Zamora	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Luján	16.135	16.626	17.117	17.608	18.099	18.590	19.082	19.573	20.064	20.555
Magdalena	5.904	5.895	5.886	5.877	5.868	5.859	5.850	5.841	5.832	5.822
Maipú	15.646	15.183	14.721	14.259	13.796	13.334	12.872	12.409	11.947	11.485
M. Argentinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar Chiquita	40.453	41.459	42.466	43.472	44.479	45.485	46.492	47.498	48.505	49.511
Marcos Paz	7.956	8.042	8.128	8.214	8.299	8.385	8.471	8.557	8.643	8.728
Mercedes	22.706	23.271	23.835	24.399	24.963	25.527	26.091	26.656	27.220	27.784
Merlo	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
M. Hermoso	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
Moreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Navarro	30.080	27.643	25.205	22.767	20.329	17.892	15.454	13.016	10.578	8.141
Necochea	193.140	188.046	182.951	177.857	172.763	167.669	162.575	157.480	152.386	147.292
Olavarría	103.146	104.400	105.655	106.909	108.164	109.418	110.673	111.927	113.182	114.436
Patagones	47.955	48.082	48.210	48.337	48.464	48.592	48.719	48.846	48.974	49.101
Pehuajó	174.099	174.414	174.729	175.044	175.358	175.673	175.988	176.303	176.618	176.933
Pellegrini	81.476	81.408	81.339	81.271	81.203	81.135	81.066	80.998	80.930	80.862
Pergamino	161.388	163.155	164.922	166.689	168.456	170.223	171.990	173.758	175.525	177.292
Pila	18.533	19.489	20.446	21.402	22.358	23.314	24.270	25.227	26.183	27.139
Pilar	1.393	1.351	1.309	1.266	1.224	1.182	1.139	1.097	1.055	1.012
Pinamar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. Perón	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Puan	63.672	65.989	68.307	70.624	72.941	75.258	77.575	79.892	82.209	84.526
Punta Indio	1.405	1.438	1.470	1.503	1.535	1.567	1.600	1.632	1.664	1.697
Quilmes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramallo	49.845	50.038	50.231	50.423	50.616	50.809	51.002	51.195	51.387	51.580
Rauch	23.233	23.142	23.051	22.960	22.869	22.778	22.687	22.596	22.505	22.414
Rivadavia	179.344	176.781	174.218	171.655	169.092	166.529	163.966	161.403	158.839	156.276
Rojas	119.297	121.049	122.802	124.554	126.307	128.059	129.812	131.565	133.317	135.070
Roque Pérez	38.048	35.575	33.101	30.628	28.155	25.681	23.208	20.734	18.261	15.788
Saavedra	64.063	63.665	63.266	62.868	62.470	62.071	61.673	61.275	60.876	60.478
Saladillo	68.433	67.599	66.766	65.932	65.098	64.265	63.431	62.597	61.763	60.930
Salliqueló	58.256	58.730	59.204	59.678	60.151	60.625	61.099	61.572	62.046	62.520
Salto	98.771	100.606	102.441	104.276	106.111	107.946	109.781	111.617	113.452	115.287
S. A. de Giles	52.364	53.148	53.933	54.717	55.501	56.285	57.069	57.854	58.638	59.422
S. A. de Areco	39.296	39.240	39.185	39.129	39.073	39.017	38.961	38.905	38.849	38.793

Partido	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
S. Cayetano	115.448	113.930	112.413	110.895	109.378	107.860	106.343	104.825	103.307	101.790
S. Fernando	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
S. Isidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Nicolás	26.544	26.083	25.622	25.161	24.700	24.240	23.779	23.318	22.857	22.396
S. Pedro	39.262	38.822	38.381	37.940	37.499	37.058	36.618	36.177	35.736	35.295
S. Vicente	1.539	1.548	1.558	1.568	1.578	1.587	1.597	1.607	1.616	1.626
Suipacha	27.386	28.337	29.288	30.239	31.191	32.142	33.093	34.044	34.995	35.946
Tandil	169.687	170.248	170.808	171.368	171.929	172.489	173.050	173.610	174.171	174.731
Tapalqué	16.536	17.411	18.286	19.160	20.035	20.909	21.784	22.658	23.533	24.407
Tigre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tordillo	1.058	983	907	832	757	681	606	530	455	379
Tornquist	52.787	53.298	53.808	54.318	54.829	55.339	55.849	56.360	56.870	57.380
T. Lauquen	242.453	243.737	245.020	246.303	247.587	248.870	250.154	251.437	252.720	254.004
Tres Arroyos	223.488	227.222	230.956	234.690	238.425	242.159	245.893	249.627	253.361	257.096
Tres de Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tres Lomas	64.066	65.078	66.091	67.103	68.116	69.128	70.141	71.153	72.166	73.178
Vicente López	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa Gesell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villarino	33.999	33.623	33.247	32.871	32.495	32.119	31.743	31.366	30.990	30.614
Zárate	19.411	19.277	19.142	19.008	18.874	18.739	18.605	18.471	18.336	18.202

Tabla A.9. Numeración de los nodos para los casos estudiados en los capítulos 5 y 6.

Nº	Partido	Nº	Partido	Nº	Partido	Nº	Partido
1	25 de Mayo	44	G. Alvarado	87	M. Hermoso	130	Tres de Febrero
2	9 de Julio	45	G. Alvear	88	Moreno	131	Tres Lomas
3	A. Alsina	46	G. Arenales	89	Morón	132	Vicente López
4	A. G. Chaves	47	G. Belgrano	90	Navarro	133	Villa Gesell
5	Alberti	48	G. Guido	91	Necochea	134	Villarino
6	A. Brown	49	G. J. Madariaga	92	Olavarría	135	Zárate
7	Arrecifes	50	G. La Madrid	93	Patagones	136	9 de Julio (Ampliación)
8	Avellaneda	51	G. Las Heras	94	Pehuajó	137	B. Blanca (Ampliación)
9	Ayacucho	52	G. Lavalle	95	Pellegrini	138	Balcarce (Ampliación)
10	Azul	53	G. Paz	96	Pergamino	139	B. Juárez (Ampliación)
11	B. Blanca	54	G. Pinto	97	Pila	140	Bolívar (Ampliación)
12	Balcarce	55	G. Pueyrredón	98	Pilar	141	Bragado (Ampliación)
13	Baradero	56	G. Rodríguez	99	Pinamar	142	C. Tejedor (Ampliación)
14	B. Juárez	57	G. San Martín	100	P. Perón	143	C. de Areco (Ampliación)
15	Berazategui	58	G. Viamonte	101	Puan	144	Chacabuco (Ampliación)
16	Berisso	59	G. Villegas	102	Punta Indio	145	Chivilcoy (Ampliación)
17	Bolívar	60	Guaminí	103	Quilmes	146	C. Suárez (Ampliación)
18	Bragado	61	H. Yrigoyen	104	Ramallo	147	Daireaux (Ampliación)
19	Brandsen	62	Hurlingham	105	Rauch	148	G. Pueyrredón (Ampliación)
20	Campana	63	Ituzaingó	106	Rivadavia	149	Junín (Ampliación)
21	Cañuelas	64	José C. Paz	107	Rojas	150	La Plata (Ampliación)
22	C. Sarmiento	65	Junín	108	Roque Pérez	151	Laprida (Ampliación)
23	C. Casares	66	La Costa	109	Saavedra	152	Lincoln (Ampliación)
24	C. Tejedor	67	La Matanza	110	Saladillo	153	Maipú (Ampliación)
25	C. de Areco	68	La Plata	111	Salliqueló	154	Necochea (Ampliación)
26	Castelli	69	Lanús	112	Salto	155	Olavarría (Ampliación)
27	Chacabuco	70	Laprida	113	S. A. de Giles	156	Patagones (Ampliación)
28	Chascomús	71	Las Flores	114	S. A. de Areco	157	Pellegrini (Ampliación)
29	Chivilcoy	72	L.N. Alem	115	San Cayetano	158	Pergamino (Ampliación)
30	Colón	73	Lezama	116	San Fernando	159	Puan (Ampliación)
31	C. de M. L. Rosales	74	Lincoln	117	San Isidro	160	Ramallo (Ampliación)
32	C. Dorrego	75	Lobería	118	San Miguel	161	Rivadavia (Ampliación)
33	C. Pringles	76	Lobos	119	San Nicolás	162	Rojas (Ampliación)
34	C. Suárez	77	L. de Zamora	120	San Pedro	163	Saavedra (Ampliación)
35	Daireaux	78	Luján	121	San Vicente	164	Saladillo (Ampliación)
36	Dolores	79	Magdalena	122	Suipacha	165	Suipacha (Ampliación)
37	Ensenada	80	Maipú	123	Tandil	166	Tandil (Ampliación)
38	Escobar	81	M. Argentinas	124	Tapalqué	167	T. Lauquen (Ampliación)
39	E. Echeverría	82	Mar Chiquita	125	Tigre	168	Tres Arroyos (Ampliación)
40	E. de la Cruz	83	Marcos Paz	126	Tordillo	169	Villarino (Ampliación)
41	Ezeiza	84	Mercedes	127	Tornquist		
42	F. Varela	85	Merlo	128	T. Lauquen		
43	F. Ameghino	86	Monte	129	Tres Arroyos		

Tabla A.10. Matriz de distancias por ruta en kilómetros entre los 169 nodos de los casos de estudio del capítulo 5.

d_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	38,0	104,4	388,7	336,0	66,5	214,3	175,0	235,4	278,5	180,2	506,3	364,2	234,4	293,5	256,5	290,6
2	103,7	34,0	308,4	397,4	81,8	283,1	214,2	274,4	378,3	259,0	450,1	444,0	273,4	354,9	295,5	329,6
3	389,0	308,5	37,0	340,9	382,3	518,3	514,7	539,1	441,5	311,2	219,3	471,2	573,9	300,8	560,3	565,9
4	336,0	397,4	341,4	34,0	395,0	436,8	496,7	457,5	199,7	156,3	240,5	229,5	556,0	59,1	478,7	454,1
5	66,5	81,7	382,2	393,8	19,0	208,4	139,4	199,6	336,3	238,0	523,9	422,1	198,6	351,3	220,7	254,8
6	213,8	283,6	518,2	436,6	208,5	7,0	206,9	40,8	305,5	285,4	618,4	391,3	176,1	394,1	24,3	67,5
7	174,9	214,4	514,9	496,7	139,4	207,2	18,0	198,4	431,2	340,8	656,6	516,9	79,3	454,2	219,6	253,7
8	235,4	274,8	539,6	458,0	199,8	24,9	198,2	3,0	326,8	306,7	639,8	412,6	158,2	415,5	22,2	56,3
9	278,3	379,2	442,2	200,5	337,3	284,7	431,5	316,4	49,0	143,8	436,2	93,3	422,6	144,2	299,1	286,5
10	176,6	262,4	314,6	155,9	235,5	285,3	337,2	306,0	143,4	46,0	337,7	202,5	396,6	113,4	327,2	302,6
11	506,4	450,0	219,2	238,0	523,8	618,5	656,2	639,2	433,2	334,0	23,0	433,0	715,4	292,6	660,4	635,8
12	364,1	443,8	471,4	229,7	423,1	370,5	517,4	402,2	92,4	202,7	434,8	34,0	508,5	173,5	384,9	372,4
13	242,6	282,1	582,6	564,4	207,1	176,6	79,5	158,9	422,7	408,6	724,3	508,5	21,0	521,9	180,1	214,2
14	293,1	354,6	300,8	59,1	352,1	393,9	453,8	414,7	143,5	113,4	294,9	173,3	513,2	42,0	436,0	423,5
15	257,2	296,6	561,4	466,1	221,6	24,9	220,0	22,8	298,7	314,8	647,9	384,5	180,0	435,4	7,0	38,9
16	290,7	330,1	594,9	454,7	255,1	67,7	253,5	56,4	287,3	303,5	636,5	373,1	213,5	424,0	39,1	4,0
17	183,4	102,9	213,5	290,5	176,7	312,7	309,1	333,5	294,8	152,2	355,2	337,2	368,3	248,0	354,7	360,3
18	54,2	62,2	362,7	386,4	32,5	233,8	141,6	225,0	328,8	230,5	504,4	414,6	224,1	343,9	246,2	280,3
19	233,2	332,1	537,7	411,3	257,0	50,2	255,4	81,9	235,9	260,0	593,1	321,6	239,1	372,5	64,6	52,1
20	215,4	254,8	555,4	499,3	179,8	105,8	123,8	88,1	368,2	348,1	681,1	454,0	74,8	456,8	109,3	143,4
21	165,9	266,8	470,3	388,1	196,2	50,9	194,7	71,7	256,9	236,8	569,9	342,7	184,1	345,6	92,9	95,1
22	161,7	201,2	501,8	483,5	126,2	174,0	35,0	156,3	403,5	327,7	643,4	489,3	84,0	441,0	177,5	211,6
23	150,4	54,7	283,8	433,2	128,5	329,9	261,0	321,1	425,1	294,8	425,4	479,8	320,1	390,6	342,3	376,4
24	274,0	178,2	295,0	444,4	252,0	461,7	384,5	444,6	448,6	306,0	436,6	491,0	443,6	401,8	465,8	499,9
25	133,9	173,4	473,9	455,7	98,4	159,3	46,2	150,5	383,3	299,8	615,6	469,0	119,5	413,2	171,7	205,8
26	275,5	376,4	579,9	369,6	329,5	174,2	345,4	181,3	183,9	258,8	605,4	229,5	338,5	313,4	164,1	151,6
27	102,7	146,1	446,8	451,0	93,7	235,1	84,7	226,3	393,5	295,1	588,5	479,2	163,9	408,5	247,5	281,6
28	268,2	396,9	572,6	431,0	321,9	116,1	320,3	123,2	245,3	251,4	584,5	290,9	280,3	374,8	105,9	93,4
29	69,7	109,1	409,6	391,5	34,1	175,4	115,7	166,6	334,0	235,7	551,3	419,8	165,6	349,0	187,8	221,9
30	226,6	211,2	511,9	548,5	191,1	299,6	104,3	290,8	490,9	392,6	653,6	576,7	182,0	505,9	312,0	346,1
31	520,8	478,3	247,5	224,2	552,1	632,9	681,4	653,6	419,5	348,4	29,7	419,2	740,8	278,8	674,8	650,2
32	480,1	477,2	283,2	148,6	539,1	580,9	640,8	601,6	343,8	300,4	95,0	343,6	700,1	203,1	622,8	598,2
33	381,2	374,1	187,3	158,5	440,2	493,3	541,9	514,1	339,2	208,9	130,5	368,9	601,2	198,5	535,3	510,6
34	397,7	317,2	100,8	243,6	391,0	527,0	523,5	547,8	380,3	250,0	180,9	410,0	582,6	239,6	569,0	551,7
35	254,4	173,9	136,4	283,6	247,7	383,7	380,2	404,5	370,6	228,1	278,0	411,5	439,3	241,1	425,7	431,3
36	305,4	406,3	585,0	343,3	359,5	204,1	375,3	211,2	157,6	299,0	579,1	203,2	368,4	287,1	194,0	181,5
37	286,5	325,9	590,7	453,9	250,9	63,5	249,3	52,2	286,5	302,6	635,7	372,3	209,3	423,2	34,9	4,8
38	227,9	267,3	577,3	495,7	192,3	79,2	148,5	61,5	364,6	344,5	677,5	450,3	99,6	453,2	82,7	116,8
39	204,8	285,1	509,2	427,6	210,0	9,0	208,4	42,3	296,5	276,4	609,4	382,2	177,6	385,1	63,5	97,6

d_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40	208,1	247,5	548,0	492,0	172,5	115,7	110,4	98,1	360,9	340,8	673,8	446,6	82,8	449,5	119,3	153,4
41	202,6	282,8	507,0	425,4	207,8	16,2	206,2	40,1	294,3	274,1	607,2	380,0	175,4	382,9	61,3	95,4
42	245,4	295,2	549,8	464,8	220,2	19,5	218,6	19,5	293,5	313,5	646,6	379,3	178,7	422,3	9,5	50,9
43	286,0	233,9	349,3	567,1	284,1	425,5	275,1	416,7	571,3	428,7	490,9	613,7	354,4	524,6	437,9	472,0
44	460,6	588,2	538,4	245,9	519,6	455,9	613,8	463,0	188,9	347,1	437,5	97,9	620,2	234,1	445,7	433,3
45	97,7	191,8	325,6	263,1	156,7	227,1	258,4	247,8	250,7	107,2	433,4	309,7	317,7	220,5	269,0	274,6
46	225,7	157,7	458,4	547,3	190,2	331,6	152,3	322,8	490,0	391,7	600,0	575,8	230,0	504,8	344,0	378,1
47	200,5	301,4	504,9	359,7	254,5	121,0	270,4	152,6	166,8	183,8	516,8	252,6	261,5	303,5	135,3	122,8
48	341,7	442,5	544,2	302,6	395,7	240,4	411,6	247,5	116,8	258,3	538,3	162,4	404,7	246,3	230,2	217,8
49	409,7	510,6	561,1	319,5	468,7	314,7	485,8	321,8	133,7	275,2	555,2	179,3	478,9	263,2	304,5	293,7
50	327,5	263,6	157,8	187,3	337,4	439,6	469,8	460,3	285,5	155,1	237,4	315,2	529,0	144,8	481,5	456,9
51	191,3	245,4	495,7	425,1	170,4	81,4	175,9	102,2	294,0	273,9	606,9	379,8	165,4	382,6	123,4	127,4
52	397,6	498,4	665,5	423,8	451,6	296,3	467,5	303,4	238,1	379,5	659,6	283,7	460,6	367,6	286,1	275,4
53	235,2	336,1	539,6	394,4	289,3	91,0	296,2	122,7	201,5	218,5	551,5	287,3	279,8	338,2	105,4	92,8
54	235,0	183,0	404,0	572,7	233,2	374,6	224,2	365,8	533,0	434,7	545,7	618,8	303,5	530,2	387,0	421,1
55	432,7	512,4	540,0	269,7	491,7	401,8	573,0	408,9	161,0	271,3	461,3	74,8	566,1	242,0	391,6	379,2
56	177,0	216,4	516,9	449,4	141,3	70,9	139,7	62,1	318,3	298,2	631,2	404,1	129,4	406,9	83,3	117,4
57	223,1	262,5	536,8	455,2	187,5	38,8	171,9	30,0	324,1	304,0	637,0	409,9	142,3	412,7	51,2	85,3
58	111,9	59,2	359,9	448,9	90,1	310,8	160,4	302,0	386,5	310,5	501,6	495,5	239,7	406,4	323,2	357,3
59	345,6	249,8	298,2	516,0	323,7	479,5	329,1	470,7	520,2	377,7	439,9	562,6	408,4	473,5	491,9	526,0
60	338,7	258,2	59,0	308,1	332,0	468,0	464,5	488,8	408,7	278,4	200,6	438,4	523,6	268,0	510,0	515,6
61	248,0	164,9	172,5	313,1	238,7	377,4	371,2	398,2	364,3	221,7	314,1	406,7	430,3	270,6	419,3	424,9
62	209,8	249,2	542,2	460,6	174,2	44,1	172,6	35,3	329,4	309,3	642,4	415,2	139,2	418,1	56,5	90,6
63	207,0	246,4	543,1	461,6	171,4	45,1	169,8	36,3	330,4	310,3	643,4	416,2	156,9	419,0	57,5	91,6
64	197,2	236,6	537,2	485,1	161,6	68,6	144,5	50,9	353,9	333,8	666,9	439,7	127,3	442,6	72,1	106,2
65	174,1	106,0	406,7	495,7	138,6	280,0	129,6	271,2	438,4	340,0	548,4	524,1	208,8	453,2	292,4	326,5
66	436,4	537,3	649,8	408,1	490,4	335,1	506,3	342,2	222,4	363,8	643,9	268,0	499,4	351,9	325,0	314,2
67	221,1	260,5	523,7	442,1	185,4	25,6	183,9	28,3	311,0	290,9	623,9	396,7	153,1	399,6	49,5	83,6
68	252,5	325,6	557,0	445,1	250,6	63,2	249,0	51,9	277,8	293,9	627,0	363,6	209,0	414,5	34,6	9,2
69	241,8	281,2	545,9	464,3	206,1	19,6	204,6	6,8	318,3	313,1	646,1	404,1	164,6	421,8	24,4	58,5
70	326,7	319,5	213,8	135,5	385,6	438,8	487,3	459,5	233,7	154,3	236,9	263,4	546,7	93,0	480,7	456,1
71	126,3	227,1	430,7	267,5	185,2	173,6	286,9	194,3	160,0	116,2	449,3	245,8	290,9	224,9	215,5	190,9
72	225,9	157,8	458,5	547,5	190,4	331,8	181,4	323,0	490,2	391,8	600,2	575,9	260,6	505,0	344,2	378,3
73	275,3	376,1	579,7	393,9	329,3	148,5	352,7	155,6	208,2	258,5	629,7	253,8	312,8	337,7	138,3	125,9
74	198,2	146,2	372,2	521,6	196,4	337,8	187,4	329,0	496,2	383,3	513,9	581,9	266,6	479,1	350,2	384,3
75	394,3	455,7	485,2	192,7	453,2	442,9	554,9	474,6	164,8	214,6	384,3	104,1	580,8	181,0	457,3	444,7
76	131,2	232,1	435,7	383,0	164,9	85,1	180,8	105,9	253,3	227,1	553,3	339,1	171,9	340,4	127,0	132,6
77	215,4	274,9	519,9	438,3	199,8	11,8	198,3	13,1	307,1	287,0	620,1	392,9	167,5	395,8	43,2	77,3
78	162,7	202,1	502,6	458,7	127,1	86,2	125,9	77,4	327,6	307,4	644,3	413,3	117,2	416,2	98,5	132,6
79	320,9	370,6	625,4	530,3	295,6	108,2	294,0	96,9	309,4	326,4	659,4	390,1	254,1	474,0	79,6	52,2

d_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
80	366,5	467,4	518,0	276,3	425,5	265,9	437,0	273,0	90,5	232,0	512,1	136,1	430,1	220,0	255,7	243,2
81	202,1	241,5	561,3	479,7	166,4	63,2	146,4	45,5	348,5	328,4	661,5	434,3	121,9	437,2	66,7	100,8
82	386,7	487,6	531,6	289,9	445,7	336,6	507,8	343,7	110,7	252,2	497,4	66,4	500,9	233,6	326,4	314,0
83	201,8	253,1	506,2	424,6	178,1	80,9	176,5	59,3	293,5	273,4	606,4	379,3	165,9	382,1	80,5	114,6
84	130,4	169,8	470,4	452,2	94,8	117,4	114,0	108,6	324,8	296,4	612,0	410,6	105,1	409,7	129,8	163,9
85	197,9	237,3	523,3	441,7	162,3	52,1	160,7	43,3	310,5	290,4	623,5	396,3	152,7	399,2	64,4	98,5
86	168,0	268,9	472,5	342,9	204,7	94,4	220,6	115,2	214,7	191,6	524,7	300,5	211,7	300,4	136,4	111,7
87	514,2	517,7	323,7	182,7	573,1	614,9	674,8	635,7	377,9	334,5	107,3	377,6	734,2	237,2	656,9	632,3
88	192,4	231,8	532,4	471,6	156,8	55,1	155,2	46,3	340,4	320,3	653,4	426,2	144,9	429,1	67,5	101,6
89	207,6	247,0	539,1	457,5	171,9	41,0	170,4	32,2	326,3	306,2	639,3	412,1	157,9	415,0	53,4	87,5
90	158,8	217,2	463,2	410,5	142,2	113,2	158,1	126,7	281,3	254,6	580,8	367,1	149,2	368,0	147,9	182,0
91	425,3	486,7	436,8	144,3	484,2	470,9	585,9	506,9	192,8	245,6	335,9	101,8	608,8	132,6	489,6	477,2
92	219,4	213,5	246,6	185,4	278,4	331,5	380,1	352,3	189,7	47,1	299,8	232,0	439,4	142,9	373,4	348,8
93	686,9	606,5	375,7	402,8	680,3	783,5	812,7	804,3	598,0	499,1	167,2	597,7	871,9	457,3	825,5	800,9
94	205,6	109,8	232,1	381,5	183,6	385,0	316,1	376,2	385,7	243,2	373,8	428,1	375,2	339,0	397,4	431,5
95	335,8	240,0	196,5	445,7	313,9	523,5	446,3	506,4	510,4	367,9	338,2	552,8	505,5	405,6	527,6	561,7
96	209,7	194,3	495,0	531,6	174,2	257,5	54,1	240,3	474,0	375,7	636,7	559,8	131,8	489,0	269,8	303,9
97	242,9	343,8	547,3	348,2	297,0	166,0	312,8	186,5	155,2	226,2	559,2	264,0	303,9	291,9	169,2	156,7
98	201,8	241,2	541,8	485,7	166,2	83,6	123,4	65,9	354,6	334,5	667,5	440,4	110,6	443,2	87,1	121,2
99	437,4	538,2	588,8	347,1	496,3	344,8	515,9	351,9	161,4	302,8	582,9	207,0	509,0	290,9	334,6	323,8
100	222,7	294,5	527,1	442,1	219,5	13,4	217,9	33,0	273,7	290,8	623,9	359,5	187,1	399,6	32,9	66,0
101	430,4	349,9	119,1	316,0	423,7	559,7	556,1	580,5	452,7	322,4	165,7	482,4	615,3	312,0	601,7	607,3
102	323,3	410,9	627,7	483,3	335,9	138,8	334,3	137,2	297,6	328,7	719,1	343,2	294,3	427,1	119,9	101,8
103	249,0	288,4	553,2	471,6	213,4	23,6	211,8	14,7	305,5	320,3	653,4	391,3	171,8	429,1	7,6	45,7
104	247,2	286,8	587,3	569,0	211,7	243,5	74,2	225,8	506,1	413,2	729,0	591,9	79,7	526,5	247,0	281,1
105	209,6	310,5	386,9	205,9	268,6	260,3	370,3	281,1	70,2	77,0	410,0	156,0	377,6	149,6	302,3	277,7
106	338,6	242,8	245,8	495,0	316,7	529,7	379,3	520,9	513,2	370,6	387,5	555,6	458,5	466,5	542,1	576,2
107	174,2	158,8	459,5	496,0	138,7	247,1	81,6	238,3	438,4	340,1	601,1	524,2	164,8	453,5	259,5	293,6
108	101,4	202,2	405,8	353,1	160,3	120,3	216,0	141,1	285,0	197,3	523,4	370,8	207,1	310,6	162,2	167,9
109	402,0	321,6	90,8	285,3	395,4	531,4	527,8	552,1	422,0	291,7	137,8	451,7	587,0	281,3	573,3	578,9
110	82,7	183,5	387,1	334,4	141,6	147,8	243,3	168,6	257,9	178,5	504,7	343,7	234,6	291,9	189,7	195,3
111	382,7	309,7	130,3	379,5	383,6	512,0	516,0	532,8	480,1	356,3	272,0	509,8	575,2	339,4	554,0	559,6
112	163,9	197,3	498,0	485,7	128,4	202,5	32,9	193,7	428,2	329,9	639,6	514,0	112,1	443,2	214,9	249,0
113	167,2	206,7	507,2	489,0	131,7	120,2	88,9	111,4	346,3	333,1	648,9	432,0	79,3	446,5	132,5	166,6
114	191,0	230,6	531,1	512,9	155,5	141,7	65,9	124,0	371,1	357,0	672,8	456,9	57,9	470,4	145,2	179,3
115	393,7	455,1	363,3	59,2	452,7	494,4	554,4	515,2	257,4	214,0	262,4	189,3	613,7	116,7	536,4	511,8
116	230,2	269,6	554,2	472,6	194,6	56,2	164,2	38,5	341,5	321,4	654,5	427,3	134,5	430,1	59,7	93,8
117	228,2	267,7	551,7	470,1	192,6	53,7	162,2	36,0	339,0	318,9	651,9	424,8	132,5	427,6	57,2	91,3
118	209,9	249,3	549,8	477,8	174,2	61,3	148,8	52,5	346,7	326,5	659,6	432,4	133,9	435,3	73,7	107,8
119	268,0	268,9	569,6	589,8	232,5	264,1	94,9	246,4	526,8	433,9	711,3	612,6	100,4	547,3	267,7	301,8

d_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
120	237,3	276,9	577,4	559,2	201,8	196,7	64,3	179,0	459,3	403,3	719,1	545,1	32,9	516,6	200,2	234,3
121	205,8	303,1	510,2	425,2	228,1	29,3	226,5	65,0	268,7	274,0	607,0	354,5	200,3	382,7	73,6	61,0
122	103,7	143,1	443,7	425,5	68,1	143,5	109,2	134,7	350,0	269,7	585,3	435,8	133,8	383,0	155,9	190,0
123	272,7	334,1	379,0	137,3	331,7	328,8	433,4	349,6	80,4	93,0	373,1	110,2	446,1	81,1	370,7	346,1
124	128,1	229,0	380,7	210,5	187,1	257,5	288,8	278,2	198,2	54,7	380,9	257,2	348,1	168,0	299,4	305,0
125	231,5	270,9	555,5	473,9	195,9	57,5	165,4	39,8	342,8	322,7	655,7	428,6	135,8	431,4	61,0	95,1
126	357,7	458,6	625,3	383,6	411,8	256,5	427,7	263,6	197,8	339,3	619,4	243,4	420,8	327,3	246,3	235,5
127	467,9	387,4	156,6	279,7	461,2	570,5	593,6	591,3	416,5	286,1	75,0	446,2	652,8	275,8	612,5	587,9
128	286,8	191,0	179,5	428,6	264,9	474,5	397,3	457,4	461,4	318,9	321,1	503,8	456,5	414,7	478,6	512,7
129	383,0	444,5	297,2	51,5	442,0	483,8	543,7	504,6	246,8	203,3	196,3	238,9	603,0	106,1	525,7	501,1
130	215,4	254,8	533,3	451,7	179,7	35,3	178,2	26,5	320,6	300,5	633,6	406,4	146,5	409,2	47,7	81,8
131	345,5	249,7	158,7	407,8	323,6	533,2	456,0	516,1	520,1	377,5	300,3	538,1	515,1	367,7	537,3	571,4
132	231,1	270,5	544,8	463,2	195,5	46,7	165,6	23,5	332,1	312,0	645,0	417,9	135,9	420,7	44,7	78,8
133	452,7	553,5	604,1	362,4	511,6	360,0	531,2	367,1	176,7	318,1	598,2	172,6	524,3	306,1	349,9	339,1
134	637,1	556,6	325,8	352,9	630,4	733,7	762,8	754,4	548,1	449,2	117,3	547,9	822,0	407,4	775,6	751,0
135	230,4	269,6	570,1	514,1	194,6	120,3	118,0	102,6	383,0	362,8	695,9	468,7	69,5	471,6	123,8	157,9
136	103,7	34,0	308,4	397,4	81,8	283,1	214,2	274,4	378,3	259,0	450,1	444,0	273,4	354,9	295,5	329,6
137	506,4	450,0	219,2	238,0	523,8	618,5	656,2	639,2	433,2	334,0	23,0	433,0	715,4	292,6	660,4	635,8
138	364,1	443,8	471,4	229,7	423,1	370,5	517,4	402,2	92,4	202,7	434,8	34,0	508,5	173,5	384,9	372,4
139	293,1	354,6	300,8	59,1	352,1	393,9	453,8	414,7	143,5	113,4	294,9	173,3	513,2	42,0	436,0	423,5
140	183,4	102,9	213,5	290,5	176,7	312,7	309,1	333,5	294,8	152,2	355,2	337,2	368,3	248,0	354,7	360,3
141	54,2	62,2	362,7	386,4	32,5	233,8	141,6	225,0	328,8	230,5	504,4	414,6	224,1	343,9	246,2	280,3
142	274,0	178,2	295,0	444,4	252,0	461,7	384,5	444,6	448,6	306,0	436,6	491,0	443,6	401,8	465,8	499,9
143	133,9	173,4	473,9	455,7	98,4	159,3	46,2	150,5	383,3	299,8	615,6	469,0	119,5	413,2	171,7	205,8
144	102,7	146,1	446,8	451,0	93,7	235,1	84,7	226,3	393,5	295,1	588,5	479,2	163,9	408,5	247,5	281,6
145	69,7	109,1	409,6	391,5	34,1	175,4	115,7	166,6	334,0	235,7	551,3	419,8	165,6	349,0	187,8	221,9
146	397,7	317,2	100,8	243,6	391,0	527,0	523,5	547,8	380,3	250,0	180,9	410,0	582,6	239,6	569,0	551,7
147	254,4	173,9	136,4	283,6	247,7	383,7	380,2	404,5	370,6	228,1	278,0	411,5	439,3	241,1	425,7	431,3
148	432,7	512,4	540,0	269,7	491,7	401,8	573,0	408,9	161,0	271,3	461,3	74,8	566,1	242,0	391,6	379,2
149	174,1	106,0	406,7	495,7	138,6	280,0	129,6	271,2	438,4	340,0	548,4	524,1	208,8	453,2	292,4	326,5
150	252,5	325,6	557,0	445,1	250,6	63,2	249,0	51,9	277,8	293,9	627,0	363,6	209,0	414,5	34,6	9,2
151	326,7	319,5	213,8	135,5	385,6	438,8	487,3	459,5	233,7	154,3	236,9	263,4	546,7	93,0	480,7	456,1
152	198,2	146,2	372,2	521,6	196,4	337,8	187,4	329,0	496,2	383,3	513,9	581,9	266,6	479,1	350,2	384,3
153	366,5	467,4	518,0	276,3	425,5	265,9	437,0	273,0	90,5	232,0	512,1	136,1	430,1	220,0	255,7	243,2
154	425,3	486,7	436,8	144,3	484,2	470,9	585,9	506,9	192,8	245,6	335,9	101,8	608,8	132,6	489,6	477,2
155	219,4	213,5	246,6	185,4	278,4	331,5	380,1	352,3	189,7	47,1	299,8	232,0	439,4	142,9	373,4	348,8
156	686,9	606,5	375,7	402,8	680,3	783,5	812,7	804,3	598,0	499,1	167,2	597,7	871,9	457,3	825,5	800,9
157	335,8	240,0	196,5	445,7	313,9	523,5	446,3	506,4	510,4	367,9	338,2	552,8	505,5	405,6	527,6	561,7
158	209,7	194,3	495,0	531,6	174,2	257,5	54,1	240,3	474,0	375,7	636,7	559,8	131,8	489,0	269,8	303,9
159	430,4	349,9	119,1	316,0	423,7	559,7	556,1	580,5	452,7	322,4	165,7	482,4	615,3	312,0	601,7	607,3

d_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
160	247,2	286,8	587,3	569,0	211,7	243,5	74,2	225,8	506,1	413,2	729,0	591,9	79,7	526,5	247,0	281,1
161	338,6	242,8	245,8	495,0	316,7	529,7	379,3	520,9	513,2	370,6	387,5	555,6	458,5	466,5	542,1	576,2
162	174,2	158,8	459,5	496,0	138,7	247,1	81,6	238,3	438,4	340,1	601,1	524,2	164,8	453,5	259,5	293,6
163	402,0	321,6	90,8	285,3	395,4	531,4	527,8	552,1	422,0	291,7	137,8	451,7	587,0	281,3	573,3	578,9
164	82,7	183,5	387,1	334,4	141,6	147,8	243,3	168,6	257,9	178,5	504,7	343,7	234,6	291,9	189,7	195,3
165	103,7	143,1	443,7	425,5	68,1	143,5	109,2	134,7	350,0	269,7	585,3	435,8	133,8	383,0	155,9	190,0
166	272,7	334,1	379,0	137,3	331,7	328,8	433,4	349,6	80,4	93,0	373,1	110,2	446,1	81,1	370,7	346,1
167	286,8	191,0	179,5	428,6	264,9	474,5	397,3	457,4	461,4	318,9	321,1	503,8	456,5	414,7	478,6	512,7
168	383,0	444,5	297,2	51,5	442,0	483,8	543,7	504,6	246,8	203,3	196,3	238,9	603,0	106,1	525,7	501,1
169	637,1	556,6	325,8	352,9	630,4	733,7	762,8	754,4	548,1	449,2	117,3	547,9	822,0	407,4	775,6	751,0

d_{ij}	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	183,3	54,1	233,3	215,5	166,1	163,4	150,6	274,2	134,1	275,8	102,5	268,7	69,8	226,8	520,9	479,9
2	103,0	61,9	333,2	254,5	265,9	202,6	54,4	178,0	173,2	375,7	135,6	395,8	108,8	211,2	478,5	477,0
3	213,4	362,4	537,3	555,1	470,1	503,1	283,7	295,2	473,8	579,8	436,4	572,7	409,3	512,0	247,7	283,0
4	290,6	386,5	411,4	499,8	388,7	485,0	424,6	436,0	455,7	368,7	451,3	431,4	391,4	548,5	224,0	148,7
5	176,8	31,6	256,3	179,7	194,9	127,8	127,9	251,5	98,4	328,9	94,0	321,0	34,0	191,2	552,4	537,8
6	312,8	233,5	50,4	105,3	50,6	174,0	329,7	461,5	158,8	173,7	235,0	115,1	175,5	299,1	633,0	580,6
7	309,5	164,3	255,1	122,3	193,7	34,1	260,5	384,2	46,2	345,2	84,7	319,8	115,8	103,9	681,6	640,6
8	334,2	224,7	81,5	87,4	72,0	156,0	321,0	444,6	150,1	181,2	226,3	122,6	166,7	290,4	654,4	601,9
9	294,6	328,9	235,8	368,4	257,3	403,7	425,3	448,4	383,4	183,0	393,6	245,6	333,7	490,8	419,7	344,4
10	155,5	227,1	259,9	348,3	237,2	325,6	297,9	309,3	296,3	258,6	291,8	251,5	232,0	389,0	352,3	299,8
11	354,9	503,9	593,1	681,5	570,4	644,6	425,2	436,6	615,3	602,2	577,9	584,7	550,8	653,5	29,2	92,9
12	337,0	414,7	321,6	454,2	343,1	489,5	479,3	490,8	469,2	228,6	479,4	291,2	419,6	576,6	418,3	343,0
13	377,2	232,0	239,4	74,5	184,3	84,0	328,3	451,9	116,2	339,1	164,0	280,5	165,1	181,5	749,3	708,3
14	247,7	343,7	372,7	456,9	345,8	442,1	381,7	393,2	412,8	312,5	408,4	375,2	348,5	505,6	278,4	203,1
15	355,9	246,5	64,2	109,2	93,8	177,8	342,8	466,4	171,8	163,9	248,1	105,2	188,5	312,2	662,5	610,0
16	389,5	280,0	52,8	142,7	96,1	211,4	376,3	499,9	205,4	152,9	281,6	94,3	222,1	345,7	651,1	598,6
17	38,0	156,8	331,7	349,5	264,4	297,5	145,3	156,8	268,2	374,2	230,8	367,1	203,7	306,4	383,6	382,9
18	157,3	24,0	283,7	205,2	216,4	153,2	108,4	232,0	123,9	326,2	56,9	346,4	59,5	176,5	532,8	530,3
19	332,2	282,0	19,0	168,2	68,8	225,9	378,2	480,9	207,3	117,0	283,6	54,5	224,0	347,6	607,7	555,2
20	350,0	204,8	168,7	10,0	113,3	92,0	301,0	424,6	109,8	268,4	186,1	209,8	146,8	225,7	695,7	643,3
21	264,9	216,5	68,2	113,5	19,0	165,1	312,9	413,6	146,5	171,0	222,8	132,9	163,2	286,8	584,5	532,0
22	296,4	151,1	225,7	91,2	164,3	14,0	247,4	371,0	33,0	317,6	111,5	278,0	102,6	136,9	668,4	627,4
23	145,6	108,6	380,0	301,3	312,7	249,3	27,0	127,0	220,0	422,4	182,9	442,5	155,5	258,4	453,9	452,4
24	156,8	232,1	480,7	424,8	413,4	372,8	127,2	35,0	343,5	523,2	319,1	516,1	279,0	338,0	465,1	463,6
25	268,5	123,3	207,2	109,6	145,8	34,5	219,6	343,2	19,0	297,3	83,7	271,9	74,8	147,8	640,6	599,6
26	374,5	326,0	116,8	267,7	171,2	317,5	422,5	523,2	297,3	24,0	373,5	63,5	296,5	437,6	588,9	513,6
27	241,4	56,9	283,0	185,4	221,6	118,7	192,7	320,5	83,6	373,1	26,0	347,7	70,1	119,6	616,9	594,9

d_{ij}	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
28	367,2	346,8	54,4	209,5	134,6	278,2	443,1	515,8	272,2	63,7	348,4	33,0	288,8	412,5	650,3	574,9
29	204,2	59,0	223,3	146,8	161,9	104,0	155,3	278,9	74,7	295,9	70,3	288,0	25,0	167,5	576,4	535,4
30	306,5	176,7	347,5	225,3	286,1	137,1	257,8	339,1	150,1	437,6	119,7	412,2	167,6	17,0	682,1	680,6
31	383,2	532,2	607,5	695,9	584,8	669,8	453,4	464,9	640,5	588,5	606,2	651,1	576,2	681,7	20,0	79,1
32	383,1	530,6	555,4	643,9	532,8	629,1	452,4	463,9	599,8	512,8	595,4	575,5	535,5	680,7	78,5	37,0
33	280,0	428,0	467,9	556,3	445,3	530,2	349,2	360,7	500,9	466,7	496,5	459,5	436,6	577,5	145,1	108,4
34	222,1	371,1	509,0	563,8	478,8	511,8	292,4	303,9	482,5	507,7	445,1	500,6	418,0	520,7	209,3	185,7
35	78,8	227,8	402,8	420,5	335,5	368,5	149,1	160,6	339,2	445,2	301,8	438,1	274,7	377,4	306,5	311,6
36	404,4	355,9	146,7	297,6	201,1	347,5	452,4	553,1	327,2	30,8	403,4	93,4	326,4	467,5	562,6	487,3
37	385,3	275,8	51,9	138,5	123,1	207,1	372,1	495,7	201,2	152,0	277,4	93,4	217,8	341,5	650,2	597,8
38	371,9	217,2	142,1	28,8	109,7	116,7	313,5	437,1	134,6	241,8	210,8	183,2	159,2	250,5	692,1	639,6
39	303,8	235,0	66,3	106,8	41,6	175,5	331,2	452,4	160,3	189,6	236,5	131,0	177,0	300,6	624,0	571,5
40	342,6	197,4	167,4	30,4	106,0	78,5	293,7	417,3	96,5	274,9	172,8	219,7	139,4	212,3	688,4	635,9
41	301,6	232,8	62,8	104,6	39,4	173,3	329,0	450,2	158,1	186,1	234,3	127,5	174,8	298,4	621,8	569,3
42	344,4	245,2	58,9	107,8	79,4	176,5	341,4	465,0	170,5	160,3	246,7	101,6	187,2	310,8	661,2	608,7
43	279,5	235,7	473,4	375,8	412,1	309,2	194,4	126,6	274,1	563,6	196,2	538,1	260,6	215,1	519,4	540,5
44	481,4	511,1	398,5	549,3	439,6	586,0	615,3	626,8	565,7	282,5	575,9	345,2	516,0	673,1	421,0	345,6
45	120,1	148,3	246,1	281,6	178,8	246,7	231,1	268,8	217,4	275,1	213,0	267,9	153,1	310,2	448,0	407,0
46	253,0	159,5	379,5	281,9	318,2	185,1	204,3	285,1	180,2	469,7	102,3	444,2	166,7	56,0	628,5	627,0
47	299,5	251,0	72,0	207,3	96,2	242,6	347,5	448,2	222,3	77,6	298,5	70,8	221,5	362,6	531,4	503,6
48	409,1	392,2	183,0	333,8	237,4	383,7	488,7	562,9	363,5	67,0	439,7	129,7	362,7	503,8	521,8	446,5
49	426,0	460,3	257,2	408,1	311,6	458,0	556,7	579,8	437,7	141,3	525,0	203,9	436,9	578,0	538,7	463,4
50	168,4	317,4	414,2	502,6	391,5	458,1	238,7	250,2	428,8	412,9	391,5	405,8	364,4	467,0	252,0	215,3
51	290,3	195,3	100,5	94,7	39,1	146,4	291,6	415,2	127,8	208,1	204,0	165,2	137,3	268,1	621,5	569,1
52	496,6	448,1	238,9	389,8	293,3	439,6	544,6	645,3	419,4	123,0	495,6	185,6	418,6	559,7	643,1	567,8
53	334,2	285,8	42,1	209,0	109,5	266,6	382,2	482,9	248,1	96,1	324,3	33,6	256,2	388,4	566,1	538,4
54	278,3	184,8	422,5	324,9	361,1	258,3	143,5	181,3	223,1	512,7	145,3	487,2	209,6	164,2	574,1	595,3
55	405,6	483,3	344,4	495,3	398,8	545,1	547,9	559,4	524,9	228,5	548,0	291,1	488,1	645,2	444,8	369,5
56	311,5	166,3	124,8	58,8	63,4	110,4	262,5	386,1	91,6	242,3	167,9	183,7	108,3	231,9	645,8	593,4
57	331,4	212,5	110,5	71,4	69,2	140,1	308,7	432,3	137,8	210,2	214,0	151,6	154,5	273,8	651,6	599,2
58	154,5	61,7	358,7	261,1	297,3	194,5	105,8	229,4	159,3	383,9	81,5	423,4	117,1	157,1	530,0	528,5
59	228,4	303,8	527,4	429,8	466,1	363,2	198,8	75,5	328,1	594,8	250,2	592,1	314,6	298,5	468,3	489,5
60	163,1	312,1	487,1	504,8	419,8	452,8	233,4	244,9	423,5	529,5	386,1	522,4	359,0	461,7	229,1	250,2
61	72,5	218,8	396,4	411,5	329,1	359,5	113,9	125,4	330,2	438,9	293,1	431,7	265,7	368,6	342,6	341,1
62	336,8	199,1	115,9	68,4	74,6	137,1	295,4	419,0	124,5	215,5	200,7	156,9	141,2	264,8	657,0	604,5
63	337,7	196,4	116,8	86,1	75,5	140,5	292,6	416,2	121,7	216,5	197,9	157,9	138,4	262,0	657,9	605,5
64	331,8	186,5	131,5	56,5	99,1	112,7	282,8	406,4	111,9	231,1	188,1	172,5	128,6	246,4	681,5	629,0
65	201,3	107,8	327,9	230,3	266,5	163,6	152,6	276,5	128,5	418,0	50,7	392,6	115,0	105,2	576,8	575,3
66	514,7	486,9	277,7	428,6	332,1	478,4	583,4	668,5	458,2	161,8	534,4	224,4	457,4	598,5	627,4	552,1
67	318,3	210,4	83,8	82,2	56,1	150,9	306,6	430,3	135,7	208,5	212,0	149,9	152,4	276,0	638,5	586,0

d_{ij}	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
68	351,5	275,5	43,2	138,2	86,6	206,9	371,8	495,4	200,9	143,3	277,1	84,7	217,5	341,2	641,5	589,1
69	340,5	231,1	83,8	93,8	78,3	162,4	327,3	451,0	156,4	183,5	232,7	124,8	173,1	296,7	660,7	608,3
70	225,4	373,4	413,4	501,8	390,7	475,7	294,7	306,2	446,4	402,7	442,0	405,0	382,1	523,0	251,5	214,8
71	225,3	176,8	148,1	236,6	125,5	275,3	273,3	373,9	246,0	146,9	241,6	139,8	181,7	338,7	463,8	411,4
72	253,1	159,6	379,7	282,1	318,3	215,4	145,8	235,1	180,3	469,8	102,5	444,4	166,8	87,5	628,6	627,1
73	374,3	325,8	91,1	241,9	167,0	310,6	422,3	522,9	304,6	26,7	380,8	37,8	296,3	444,9	613,2	537,9
74	234,1	148,0	385,7	288,1	324,3	221,4	100,7	217,3	186,3	475,8	108,5	450,4	172,8	127,3	542,4	540,9
75	348,9	444,8	394,0	526,6	415,5	561,9	491,2	502,7	514,0	333,8	509,6	396,5	449,7	606,7	367,8	292,5
76	230,3	181,8	107,6	139,6	36,8	152,9	278,3	378,9	132,6	167,3	208,9	170,5	131,8	272,9	567,9	526,9
77	314,5	224,8	58,0	96,6	52,3	165,3	321,0	444,6	150,1	202,2	226,4	143,6	166,8	290,4	634,7	582,2
78	297,2	152,0	134,1	57,5	72,7	98,2	248,2	371,9	77,7	241,6	154,0	198,8	94,0	218,0	655,1	602,6
79	420,0	320,6	111,6	183,2	155,0	251,9	416,8	540,4	245,9	145,4	322,1	86,8	262,6	386,2	749,5	674,2
80	382,9	417,1	208,5	359,3	262,8	409,2	513,6	536,7	388,9	92,5	465,2	155,2	388,1	529,2	495,5	420,2
81	355,8	191,4	126,1	51,1	93,7	114,5	287,6	411,2	116,7	225,8	192,9	167,1	133,4	248,3	676,1	623,6
82	397,2	437,3	279,2	430,0	333,5	479,9	533,7	551,0	459,6	163,2	502,0	225,9	442,1	600,0	480,9	405,6
83	300,8	203,0	100,0	95,3	38,6	146,9	299,3	422,9	128,4	207,6	204,6	164,7	145,0	268,7	621,0	568,6
84	264,9	119,7	165,3	88,8	103,9	86,1	216,0	339,6	65,8	238,9	142,1	230,0	61,7	206,1	637,2	596,2
85	317,9	187,3	123,8	81,9	55,7	131,4	283,5	407,1	112,6	223,5	188,8	164,8	129,3	252,9	638,1	585,6
86	267,1	218,6	69,0	157,4	46,4	192,7	315,1	415,7	172,5	128,8	248,7	121,7	171,7	312,8	539,3	486,8
87	423,6	564,7	589,5	678,0	566,9	663,2	492,8	504,3	633,9	546,9	629,5	609,6	569,6	726,6	90,8	37,5
88	327,0	181,8	126,9	83,8	85,6	125,9	278,0	401,6	107,1	226,5	183,3	167,9	123,8	247,4	668,0	615,5
89	333,6	196,9	112,7	87,1	71,5	141,1	293,1	416,8	122,2	212,4	198,5	153,8	138,9	262,5	653,9	601,4
90	257,8	167,2	135,6	106,9	68,4	130,2	263,4	387,0	110,0	195,4	186,2	197,0	109,2	250,3	595,4	554,4
91	379,9	475,8	422,0	554,6	443,5	574,3	513,8	525,3	545,0	326,4	540,6	389,1	480,7	637,7	319,4	244,1
92	106,7	267,4	306,1	394,5	283,5	368,4	249,0	260,5	339,1	304,9	334,7	297,7	274,8	416,9	314,4	277,7
93	511,4	660,4	758,1	853,0	735,5	801,0	581,6	593,1	771,7	767,0	734,4	749,8	707,3	809,9	193,9	257,6
94	93,9	163,7	417,9	356,4	350,6	304,4	58,8	70,1	275,1	460,3	238,0	453,2	210,6	313,6	402,2	400,7
95	218,6	294,0	542,6	486,6	475,3	434,7	189,0	200,5	405,3	585,0	368,2	577,9	340,9	433,2	366,6	387,8
96	289,6	159,8	305,4	175,2	244,0	86,9	240,9	360,4	100,0	395,5	102,8	370,1	150,7	54,9	665,1	663,7
97	341,9	293,4	117,1	249,7	138,6	285,0	389,9	490,6	264,7	36,9	340,9	68,6	263,9	405,0	567,4	492,1
98	336,4	191,1	146,5	40,2	99,7	91,6	287,4	411,0	106,1	246,2	182,3	187,6	133,2	225,3	682,1	629,7
99	453,7	487,9	287,4	438,2	341,7	488,1	584,4	607,5	467,8	171,4	552,7	234,1	467,0	608,1	566,4	491,0
100	321,7	244,5	39,2	116,3	56,7	185,0	340,7	470,3	169,8	162,5	246,0	103,9	186,5	310,1	638,5	586,0
101	254,8	403,8	578,7	596,4	511,4	544,5	325,1	336,5	515,2	580,1	477,8	573,0	450,7	553,3	194,1	229,9
102	422,3	360,8	114,0	223,5	157,3	292,1	457,1	571,0	286,2	164,4	362,4	89,1	302,8	426,5	702,6	627,2
103	347,7	238,3	71,0	101,0	85,6	169,6	334,6	458,2	163,6	170,6	239,9	112,0	180,3	304,0	668,0	615,5
104	381,9	236,7	306,3	141,4	251,2	105,3	332,9	456,5	118,6	406,0	158,6	347,4	188,2	139,3	754,0	713,0
105	227,8	260,2	234,9	323,4	212,3	358,7	356,7	381,6	329,3	172,9	324,9	226,6	265,1	422,1	425,1	349,8
106	221,4	296,7	545,3	480,0	478,0	413,3	191,8	68,4	378,2	587,8	300,4	580,7	343,7	319,2	415,9	437,1
107	254,1	124,3	295,0	197,4	233,6	119,9	205,4	324,8	95,6	385,2	67,3	359,7	115,1	52,6	629,6	628,1

d_{ij}	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
108	200,4	151,9	139,3	174,8	72,0	188,1	248,4	349,0	167,9	199,1	216,7	192,0	156,8	308,2	538,0	497,0
109	226,5	375,5	550,4	568,1	483,1	516,1	296,7	308,2	486,8	549,4	449,5	542,3	422,4	525,0	166,2	202,0
110	181,7	133,2	166,8	202,3	99,5	215,6	229,7	330,3	195,4	226,6	198,0	219,5	138,1	295,1	519,3	478,3
111	207,1	363,7	531,1	556,3	463,8	504,4	258,7	270,2	475,0	573,5	438,0	566,4	410,6	502,9	300,5	321,6
112	292,6	114,0	250,4	152,8	189,0	66,9	243,9	371,7	51,0	340,6	57,0	315,1	104,8	107,5	670,6	629,6
113	301,8	156,6	168,1	63,7	106,7	60,4	252,9	376,5	40,8	260,3	117,0	232,8	88,7	181,1	673,9	632,9
114	325,7	180,5	193,3	58,9	131,9	34,1	276,7	400,4	38,7	285,2	140,9	245,6	113,6	167,9	697,8	656,8
115	348,3	444,2	469,0	557,5	446,4	542,7	482,2	493,7	513,4	413,9	509,0	476,5	449,1	606,1	245,9	170,5
116	348,8	219,6	119,1	63,7	86,6	132,3	315,8	439,4	144,9	218,7	221,1	160,1	161,6	266,1	669,0	616,6
117	346,3	217,6	116,5	61,7	84,1	130,4	313,8	437,4	142,9	216,2	219,1	157,6	159,6	264,1	666,5	614,1
118	344,4	199,2	133,1	63,0	91,8	117,0	295,4	419,0	124,5	232,8	200,7	174,1	141,2	250,7	674,2	621,7
119	364,2	257,4	327,0	162,1	271,9	126,0	315,5	435,0	139,3	426,7	179,4	368,1	208,9	129,7	774,7	733,7
120	372,0	226,8	259,6	94,6	204,5	91,0	323,0	446,6	108,7	359,3	148,7	300,6	185,3	166,2	744,1	703,1
121	304,8	253,1	34,2	129,5	39,9	197,0	349,3	453,5	178,4	157,5	254,6	98,9	195,1	318,7	621,6	569,2
122	238,3	93,1	191,5	114,9	130,1	114,8	189,3	312,9	68,2	264,1	103,6	256,2	35,1	201,4	610,5	569,5
123	227,3	323,2	283,5	391,8	280,7	421,7	369,6	381,1	392,4	249,4	388,0	312,1	328,1	485,2	356,6	281,3
124	175,3	178,7	276,5	312,0	209,2	277,1	275,1	323,9	247,8	305,5	243,4	298,4	183,5	340,6	395,5	354,5
125	350,1	220,8	120,3	65,0	87,9	133,6	317,1	440,7	146,2	220,0	222,4	161,4	162,8	267,4	670,3	617,9
126	456,8	408,3	199,1	349,9	253,4	399,8	504,8	605,4	379,5	83,1	455,8	145,8	378,8	519,9	602,8	527,5
127	292,3	441,3	545,1	634,0	522,5	582,0	362,6	374,1	552,7	543,9	515,3	536,8	488,2	590,9	103,5	133,7
128	169,6	245,0	493,6	437,6	426,3	385,6	140,0	130,4	356,3	536,0	319,2	528,9	291,9	381,2	349,6	370,7
129	337,6	433,6	458,4	546,8	435,7	532,0	458,5	470,0	502,7	415,7	498,3	478,4	438,4	595,5	179,8	104,5
130	327,9	204,7	107,1	75,7	65,7	144,3	300,9	424,6	130,0	206,8	206,3	148,1	146,7	270,3	648,1	595,7
131	228,3	303,6	552,2	496,3	484,9	444,3	198,7	210,2	415,0	594,7	377,9	587,6	350,5	442,9	328,8	349,9
132	339,4	220,5	104,1	65,1	77,2	133,8	316,7	440,3	145,8	203,8	222,0	145,1	162,5	267,5	659,6	607,1
133	469,0	503,2	302,6	453,5	357,0	503,4	599,7	622,8	483,1	186,7	567,9	249,3	482,3	623,4	581,7	506,3
134	461,5	610,5	708,2	803,1	685,6	751,2	531,8	543,2	721,8	717,1	684,5	699,9	657,4	760,0	144,1	207,8
135	364,7	219,5	183,2	11,0	128,1	86,1	315,8	439,4	104,0	282,9	180,3	224,2	161,5	219,9	710,5	658,0
136	103,0	61,9	333,2	254,5	265,9	202,6	54,4	178,0	173,2	375,7	135,6	395,8	108,8	211,2	478,5	477,0
137	354,9	503,9	593,1	681,5	570,4	644,6	425,2	436,6	615,3	602,2	577,9	584,7	550,8	653,5	29,2	92,9
138	337,0	414,7	321,6	454,2	343,1	489,5	479,3	490,8	469,2	228,6	479,4	291,2	419,6	576,6	418,3	343,0
139	247,7	343,7	372,7	456,9	345,8	442,1	381,7	393,2	412,8	312,5	408,4	375,2	348,5	505,6	278,4	203,1
140	38,0	156,8	331,7	349,5	264,4	297,5	145,3	156,8	268,2	374,2	230,8	367,1	203,7	306,4	383,6	382,9
141	157,3	24,0	283,7	205,2	216,4	153,2	108,4	232,0	123,9	326,2	56,9	346,4	59,5	176,5	532,8	530,3
142	156,8	232,1	480,7	424,8	413,4	372,8	127,2	35,0	343,5	523,2	319,1	516,1	279,0	338,0	465,1	463,6
143	268,5	123,3	207,2	109,6	145,8	34,5	219,6	343,2	19,0	297,3	83,7	271,9	74,8	147,8	640,6	599,6
144	241,4	56,9	283,0	185,4	221,6	118,7	192,7	320,5	83,6	373,1	26,0	347,7	70,1	119,6	616,9	594,9
145	204,2	59,0	223,3	146,8	161,9	104,0	155,3	278,9	74,7	295,9	70,3	288,0	25,0	167,5	576,4	535,4
146	222,1	371,1	509,0	563,8	478,8	511,8	292,4	303,9	482,5	507,7	445,1	500,6	418,0	520,7	209,3	185,7
147	78,8	227,8	402,8	420,5	335,5	368,5	149,1	160,6	339,2	445,2	301,8	438,1	274,7	377,4	306,5	311,6

d_{ij}	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
148	405,6	483,3	344,4	495,3	398,8	545,1	547,9	559,4	524,9	228,5	548,0	291,1	488,1	645,2	444,8	369,5
149	201,3	107,8	327,9	230,3	266,5	163,6	152,6	276,5	128,5	418,0	50,7	392,6	115,0	105,2	576,8	575,3
150	351,5	275,5	43,2	138,2	86,6	206,9	371,8	495,4	200,9	143,3	277,1	84,7	217,5	341,2	641,5	589,1
151	225,4	373,4	413,4	501,8	390,7	475,7	294,7	306,2	446,4	402,7	442,0	405,0	382,1	523,0	251,5	214,8
152	234,1	148,0	385,7	288,1	324,3	221,4	100,7	217,3	186,3	475,8	108,5	450,4	172,8	127,3	542,4	540,9
153	382,9	417,1	208,5	359,3	262,8	409,2	513,6	536,7	388,9	92,5	465,2	155,2	388,1	529,2	495,5	420,2
154	379,9	475,8	422,0	554,6	443,5	574,3	513,8	525,3	545,0	326,4	540,6	389,1	480,7	637,7	319,4	244,1
155	106,7	267,4	306,1	394,5	283,5	368,4	249,0	260,5	339,1	304,9	334,7	297,7	274,8	416,9	314,4	277,7
156	511,4	660,4	758,1	853,0	735,5	801,0	581,6	593,1	771,7	767,0	734,4	749,8	707,3	809,9	193,9	257,6
157	218,6	294,0	542,6	486,6	475,3	434,7	189,0	200,5	405,3	585,0	368,2	577,9	340,9	433,2	366,6	387,8
158	289,6	159,8	305,4	175,2	244,0	86,9	240,9	360,4	100,0	395,5	102,8	370,1	150,7	54,9	665,1	663,7
159	254,8	403,8	578,7	596,4	511,4	544,5	325,1	336,5	515,2	580,1	477,8	573,0	450,7	553,3	194,1	229,9
160	381,9	236,7	306,3	141,4	251,2	105,3	332,9	456,5	118,6	406,0	158,6	347,4	188,2	139,3	754,0	713,0
161	221,4	296,7	545,3	480,0	478,0	413,3	191,8	68,4	378,2	587,8	300,4	580,7	343,7	319,2	415,9	437,1
162	254,1	124,3	295,0	197,4	233,6	119,9	205,4	324,8	95,6	385,2	67,3	359,7	115,1	52,6	629,6	628,1
163	226,5	375,5	550,4	568,1	483,1	516,1	296,7	308,2	486,8	549,4	449,5	542,3	422,4	525,0	166,2	202,0
164	181,7	133,2	166,8	202,3	99,5	215,6	229,7	330,3	195,4	226,6	198,0	219,5	138,1	295,1	519,3	478,3
165	238,3	93,1	191,5	114,9	130,1	114,8	189,3	312,9	68,2	264,1	103,6	256,2	35,1	201,4	610,5	569,5
166	227,3	323,2	283,5	391,8	280,7	421,7	369,6	381,1	392,4	249,4	388,0	312,1	328,1	485,2	356,6	281,3
167	169,6	245,0	493,6	437,6	426,3	385,6	140,0	130,4	356,3	536,0	319,2	528,9	291,9	381,2	349,6	370,7
168	337,6	433,6	458,4	546,8	435,7	532,0	458,5	470,0	502,7	415,7	498,3	478,4	438,4	595,5	179,8	104,5
169	461,5	610,5	708,2	803,1	685,6	751,2	531,8	543,2	721,8	717,1	684,5	699,9	657,4	760,0	144,1	207,8

d_{ij}	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	381,3	398,4	254,2	305,3	286,6	228,3	206,1	209,1	202,4	245,7	321,8	460,6	97,4	226,2	200,8	341,4
2	374,1	318,1	173,9	405,2	325,6	267,3	286,1	248,1	282,3	294,8	234,5	588,7	198,2	157,9	300,7	441,3
3	187,2	101,5	137,0	584,0	590,3	577,8	510,1	548,6	506,4	549,7	349,9	538,2	325,7	458,7	504,8	544,8
4	158,2	243,6	283,9	342,2	453,9	496,3	428,6	493,4	424,8	464,6	559,1	245,4	263,0	547,6	359,8	303,0
5	439,1	392,0	247,7	358,4	250,8	192,5	211,3	173,3	207,5	220,0	286,2	518,4	155,3	190,6	253,9	394,5
6	493,4	527,9	383,7	203,2	63,5	79,5	8,5	115,9	15,8	19,9	427,2	455,0	226,9	331,6	121,5	239,3
7	542,0	524,6	380,4	374,7	249,6	148,9	210,1	110,2	206,4	218,8	276,8	613,3	258,1	152,4	270,3	410,8
8	514,7	549,3	405,0	210,7	52,2	61,6	44,5	98,0	40,7	19,4	418,4	462,5	248,3	322,8	165,9	246,8
9	340,2	380,5	370,7	156,4	286,4	364,8	297,2	362,0	293,4	293,2	571,5	189,7	250,8	490,1	166,7	117,3
10	212,7	253,0	231,6	297,8	302,4	344,8	277,1	341,9	273,3	313,1	432,4	347,2	103,5	388,4	183,7	258,6
11	129,9	180,4	278,5	575,7	635,6	677,9	610,3	675,1	606,5	646,3	491,4	435,3	433,3	600,2	516,9	536,5
12	369,4	409,7	411,6	202,0	372,2	450,6	383,0	447,8	379,2	379,0	613,9	97,8	309,3	575,9	252,5	162,9
13	609,7	592,4	448,1	368,6	210,1	101,1	179,5	82,1	175,8	179,4	356,1	620,4	325,8	230,0	261,8	404,7
14	198,8	239,1	241,0	286,0	423,3	453,4	385,7	450,5	381,9	430,1	516,3	234,3	220,1	504,8	303,6	246,8
15	522,8	571,1	426,8	193,4	34,9	83,4	66,3	119,8	62,5	9,9	440,2	445,2	270,1	344,6	135,3	229,5

d_{ij}	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
16	511,4	551,8	460,4	182,4	5,3	116,9	99,8	153,3	96,0	50,6	473,7	434,2	303,6	378,1	123,9	218,5
17	279,9	223,3	79,0	403,7	384,7	372,2	304,5	343,0	300,8	344,0	279,9	481,8	120,1	253,1	299,2	409,9
18	428,4	372,4	228,2	355,7	276,2	218,0	236,8	198,8	233,0	245,5	236,2	511,0	147,8	159,6	251,2	391,8
19	468,0	508,4	403,1	146,5	51,9	142,4	66,4	167,8	62,6	58,7	475,7	398,3	246,4	380,1	72,4	182,6
20	556,1	565,1	420,8	297,9	139,4	30,4	108,8	31,5	105,0	108,6	378,2	549,7	281,5	274,2	207,3	334,0
21	444,8	480,1	335,8	200,5	122,9	110,4	42,7	107,0	39,0	78,9	414,9	439,1	179,1	319,3	96,1	236,6
22	528,8	511,5	367,2	347,1	207,6	117,8	177,0	79,1	173,2	176,8	303,7	585,6	244,9	185,5	242,6	383,2
23	349,4	293,5	149,2	451,9	372,3	314,1	332,9	294,9	329,1	341,6	195,0	624,4	237,3	205,2	347,5	488,0
24	360,6	304,7	160,4	552,7	495,8	437,6	453,5	418,4	449,7	465,1	126,9	635,6	269,1	285,1	448,2	563,7
25	501,0	483,7	339,4	326,8	201,7	136,2	162,3	97,7	158,5	170,9	275,8	565,4	217,1	180,2	222,4	362,9
26	466,8	507,1	445,4	31,9	154,3	241,9	190,4	275,9	186,6	159,5	565,6	283,7	275,0	470,0	77,6	68,0
27	496,3	456,5	312,3	402,6	277,5	212,0	238,1	173,5	234,3	246,7	197,9	575,6	212,4	102,3	298,2	438,7
28	459,4	499,8	438,1	93,3	96,2	183,7	132,2	220,1	128,4	101,3	540,5	345,1	267,7	444,9	71,0	129,4
29	436,8	419,4	275,1	325,4	217,8	159,6	178,4	140,4	174,6	187,0	262,4	516,1	152,9	166,8	221,0	361,5
30	577,6	521,7	377,4	467,1	342,0	251,9	302,6	213,2	298,8	311,2	216,5	673,1	309,9	57,2	362,7	503,2
31	144,3	208,6	306,8	561,9	650,0	692,3	624,7	689,5	620,9	660,7	519,7	421,5	447,7	628,5	531,3	522,8
32	107,8	185,4	311,7	486,3	598,0	640,3	572,7	637,5	568,9	608,7	541,1	345,8	407,1	627,4	503,9	447,1
33	40,0	89,5	208,6	481,7	510,5	552,8	485,1	549,9	481,3	521,2	445,1	355,7	308,2	524,3	391,7	442,5
34	89,9	43,0	145,7	522,8	551,6	586,5	518,9	557,4	515,1	558,4	358,6	440,8	334,4	467,4	432,8	483,6
35	208,6	146,1	31,0	474,7	455,7	443,2	375,6	414,1	371,8	415,1	283,7	474,9	191,1	324,1	370,3	485,0
36	483,0	523,3	475,3	27,0	184,2	271,8	220,3	305,8	216,5	189,4	595,6	257,4	304,9	499,9	107,5	41,7
37	510,6	550,9	456,1	181,5	4,5	112,7	95,6	149,1	91,8	46,4	469,5	433,3	299,4	373,9	123,0	217,6
38	552,4	587,0	442,8	271,3	112,8	10,0	82,2	56,3	78,4	82,0	403,0	523,1	286,0	299,0	203,7	307,4
39	484,4	518,9	374,7	219,1	93,5	81,0	6,0	117,4	7,2	25,3	428,7	470,9	217,9	333,1	135,6	255,2
40	548,8	557,8	413,5	304,4	149,3	57,0	118,7	15,0	114,9	118,5	364,9	543,0	274,1	260,8	200,0	340,5
41	482,1	516,7	372,5	215,6	91,3	78,8	7,9	115,2	7,0	32,5	426,5	467,4	215,7	330,9	133,4	251,7
42	521,5	559,5	415,3	189,8	46,8	82,0	25,2	118,4	32,5	8,0	438,9	441,6	258,5	343,3	130,0	225,9
43	444,8	359,0	283,2	593,1	467,9	402,4	428,5	363,9	424,7	437,2	22,0	758,4	391,8	162,3	488,6	629,2
44	355,1	440,5	474,7	256,0	436,0	523,5	472,0	544,3	468,3	441,2	749,9	24,0	453,8	672,4	359,3	216,8
45	308,3	335,3	191,0	304,6	299,0	286,5	218,9	275,2	215,1	258,4	391,9	454,3	31,0	309,5	200,1	340,7
46	524,0	468,1	323,8	499,2	374,0	308,5	334,6	270,0	330,8	343,3	162,5	672,1	308,9	22,0	394,7	535,3
47	391,8	432,1	370,4	107,1	122,6	203,7	136,1	200,9	132,3	129,4	490,7	358,9	200,0	395,0	24,0	143,2
48	442,2	482,6	484,5	40,5	220,5	308,0	256,5	342,0	252,8	225,7	631,8	216,6	341,2	536,2	143,8	26,0
49	459,2	499,5	501,4	114,4	295,8	382,3	330,8	416,3	327,0	299,9	702,9	174,7	382,2	621,5	218,0	120,5
50	112,4	66,5	98,1	428,0	456,7	499,0	431,4	496,2	427,6	467,4	373,3	378,6	254,4	413,7	338,0	388,8
51	481,9	505,5	361,2	237,6	153,4	107,5	73,3	88,3	69,5	111,1	396,2	476,1	204,5	300,5	133,1	273,7
52	563,5	603,8	567,5	96,1	277,5	363,9	312,5	397,9	308,7	281,6	687,7	276,6	397,1	592,1	199,7	140,2
53	426,5	466,8	405,1	125,6	92,7	183,2	107,1	208,6	103,4	99,4	516,4	377,4	234,7	420,8	38,1	161,7
54	499,5	413,7	280,5	542,2	417,0	351,5	377,6	313,0	373,8	386,3	58,7	715,1	351,9	111,3	437,7	578,3
55	379,0	464,4	480,2	201,9	381,9	469,4	418,0	503,4	414,2	387,1	682,5	59,2	377,9	644,5	305,2	162,8

d_{ij}	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
56	506,2	526,6	382,4	271,8	113,3	73,8	73,8	52,4	70,1	82,5	360,0	500,4	243,0	264,4	157,4	307,9
57	512,0	546,5	402,3	239,7	81,2	45,6	41,7	82,0	37,9	50,5	406,1	491,5	245,5	310,5	163,2	275,8
58	425,6	369,6	225,4	413,4	353,2	287,7	313,8	249,2	310,0	322,5	146,3	640,2	249,7	103,8	308,9	449,5
59	393,7	307,9	232,1	624,3	521,9	456,4	482,5	417,9	478,7	491,2	58,1	707,3	340,7	216,3	519,9	635,4
60	154,4	68,7	86,7	551,2	540,0	527,5	459,9	498,4	456,1	499,4	299,6	505,4	275,4	408,4	454,6	512,0
61	238,1	182,2	38,0	468,4	449,4	424,3	369,2	405,1	365,4	408,7	248,5	504,4	184,8	315,4	363,9	479,4
62	517,3	551,9	407,7	245,1	86,5	42,6	47,1	79,0	43,3	55,8	392,8	496,8	250,9	297,2	168,6	281,2
63	518,3	552,9	408,6	246,0	87,5	60,3	48,0	82,5	44,3	56,7	390,1	497,8	251,9	294,4	169,5	282,1
64	541,8	546,9	402,6	260,7	102,1	30,7	71,6	54,6	67,8	71,4	380,2	512,5	263,2	284,6	193,0	296,8
65	472,4	416,4	272,2	447,5	322,4	256,9	283,0	218,4	279,2	291,6	153,9	620,5	257,3	58,3	343,1	483,6
66	547,8	588,1	590,0	134,9	316,3	402,8	351,3	436,8	347,5	320,4	726,5	235,9	435,9	630,9	238,5	179,0
67	498,9	533,4	389,2	238,0	79,5	56,4	22,4	92,8	24,8	48,8	404,1	489,8	232,4	308,5	150,1	274,1
68	501,9	542,2	422,4	172,8	10,1	112,4	95,3	148,8	91,5	46,1	469,2	424,6	265,7	373,6	114,3	208,9
69	521,1	555,7	411,4	213,0	54,4	68,0	18,0	104,4	47,1	14,9	424,8	464,8	254,7	329,2	154,9	249,1
70	111,8	152,1	154,0	376,2	455,9	498,2	430,6	495,4	426,8	466,6	429,3	326,8	253,6	469,7	337,2	337,0
71	324,2	364,5	296,2	176,4	190,7	233,0	165,4	230,2	161,6	201,4	433,7	342,2	125,8	338,1	72,0	212,5
72	524,2	468,3	324,0	499,3	374,2	308,7	334,8	270,2	331,0	343,4	112,5	672,3	309,1	34,6	394,9	535,4
73	466,5	506,9	445,2	56,2	128,6	216,1	164,6	252,5	160,9	133,7	572,9	308,0	274,8	477,3	77,4	92,3
74	437,9	382,0	237,7	505,3	380,2	314,7	340,8	276,2	337,0	349,4	94,8	678,3	315,1	74,5	400,9	541,4
75	302,0	387,4	421,5	307,3	444,6	523,0	455,4	520,2	451,6	451,4	625,8	141,4	321,3	605,9	324,9	268,1
76	428,2	445,4	301,1	196,8	157,1	144,6	76,9	133,1	73,1	116,4	401,0	435,4	144,4	305,4	92,4	232,9
77	495,0	529,6	385,3	231,7	73,2	70,8	10,2	107,2	17,4	19,3	418,5	483,5	228,6	322,9	146,3	267,8
78	515,4	512,3	368,1	271,1	128,6	70,3	89,1	51,1	85,3	97,8	346,1	509,7	228,0	250,5	166,7	307,2
79	534,4	574,7	490,8	184,4	54,3	157,4	140,3	193,8	136,5	91,1	514,2	444,3	334,1	418,6	146,0	228,6
80	416,0	456,3	458,2	66,0	246,0	333,5	282,0	367,5	278,2	251,1	659,8	190,3	339,1	561,7	169,3	26,8
81	536,4	571,0	426,7	255,3	96,7	25,3	66,2	56,5	62,4	66,0	385,1	507,1	270,0	289,5	187,6	291,4
82	429,6	469,9	471,8	136,7	316,7	404,2	352,7	438,2	348,9	321,8	674,1	121,8	359,2	598,5	240,0	97,5
83	481,4	515,9	371,7	237,1	110,5	72,5	72,8	88,9	69,0	110,6	396,7	475,6	214,9	301,1	132,6	273,2
84	497,5	480,1	335,8	268,4	159,8	101,6	120,3	82,3	116,6	129,0	334,2	506,9	213,7	238,6	163,9	304,5
85	498,4	533,0	388,7	253,0	94,5	56,1	55,0	73,4	51,2	63,7	380,9	504,8	232,0	285,3	149,7	289,1
86	399,6	439,9	338,0	158,3	111,6	153,9	86,2	151,0	82,5	122,3	440,8	396,8	181,2	345,2	53,8	194,4
87	148,3	225,9	352,2	520,4	632,1	674,4	606,8	671,6	603,0	642,8	581,5	379,9	441,2	667,9	538,0	481,2
88	528,3	542,1	397,9	256,1	97,5	58,0	58,1	67,9	54,3	66,8	375,5	507,8	261,9	279,8	179,6	292,2
89	514,2	548,8	404,5	241,9	83,4	61,2	44,0	83,0	40,2	52,6	390,6	493,7	247,8	295,0	165,4	278,0
90	455,8	472,9	328,7	224,9	177,9	119,7	105,1	100,5	101,3	142,9	378,3	463,4	171,9	282,7	120,4	261,0
91	253,6	339,0	373,2	299,9	479,9	551,0	483,4	548,2	479,6	479,4	648,4	104,1	352,2	636,9	352,9	260,7
92	174,8	215,1	182,7	344,0	348,7	391,0	323,3	388,1	319,5	359,4	383,6	376,7	146,4	363,7	229,9	304,8
93	294,9	336,8	435,0	740,5	800,7	843,0	775,4	846,6	771,6	811,4	647,9	600,0	598,4	756,7	681,9	701,3
94	297,8	241,8	97,6	489,8	427,4	369,2	390,7	350,0	386,9	396,7	193,2	572,8	206,2	260,3	385,4	500,9
95	292,0	206,2	196,9	614,5	557,6	499,4	515,4	480,2	511,6	526,9	222,2	642,9	330,9	380,4	510,1	625,6

d_{ij}	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
96	560,7	504,8	360,5	425,0	299,9	201,8	260,4	163,1	256,6	269,1	237,8	656,1	293,0	103,4	320,5	461,1
97	434,2	474,5	412,8	66,4	159,4	246,1	178,5	243,3	174,7	164,6	533,1	318,2	242,4	437,4	45,0	102,5
98	542,5	551,5	407,2	275,7	117,2	27,9	86,6	33,5	82,8	86,4	374,4	527,5	267,8	278,8	193,7	311,8
99	486,8	527,1	529,0	144,5	325,9	412,4	360,9	446,4	357,1	330,0	730,6	174,9	409,9	649,2	248,1	148,2
100	498,8	536,8	392,6	192,0	65,8	90,5	19,5	126,9	26,8	18,0	438,2	443,8	235,8	342,5	110,3	228,1
101	162,3	80,3	178,4	595,2	631,7	619,2	551,5	590,0	547,7	591,0	391,3	513,2	367,1	500,1	505,2	556,0
102	536,7	577,0	493,2	137,5	103,9	197,7	154,9	234,1	151,2	115,3	554,5	397,4	336,4	458,9	148,3	181,7
103	528,3	562,9	418,6	200,2	41,6	75,2	23,3	111,6	54,3	12,1	432,0	452,0	261,9	336,4	142,1	236,3
104	614,3	597,0	452,8	435,5	277,0	168,0	246,4	149,0	242,6	246,2	322,1	687,3	330,5	187,9	345,2	471,6
105	284,9	325,3	303,9	224,6	277,5	319,8	252,1	316,9	248,4	288,2	504,7	252,4	184,0	421,4	158,7	185,4
106	341,3	255,5	225,0	617,3	572,1	506,6	518,1	468,1	514,3	541,3	108,2	692,3	333,7	266,4	512,8	628,4
107	525,1	469,2	324,9	414,7	289,5	224,0	250,1	185,5	246,3	258,8	202,2	620,6	257,4	64,8	310,2	450,8
108	398,4	415,5	271,3	228,6	192,3	179,8	112,1	168,4	108,3	151,6	408,8	467,2	114,5	313,2	124,2	264,7
109	131,6	49,6	150,1	564,5	603,3	590,9	523,2	561,7	519,4	562,7	363,0	482,5	338,8	471,8	474,5	525,3
110	379,7	396,8	252,6	256,1	219,8	207,3	139,6	195,9	135,8	179,1	390,1	440,0	95,8	294,5	151,6	292,2
111	225,8	140,1	130,7	603,0	584,0	569,1	503,9	549,9	500,1	543,4	291,9	576,8	319,4	450,1	498,6	583,4
112	531,0	507,7	363,5	370,1	244,9	179,4	205,5	140,9	201,7	214,2	249,1	610,3	247,1	113,4	265,6	406,2
113	534,3	516,9	372,7	289,8	162,6	90,3	123,1	51,8	119,3	131,8	309,1	528,4	250,4	213,5	185,4	325,9
114	558,2	540,8	396,6	314,7	175,2	85,5	144,6	46,7	140,9	144,5	333,0	553,3	274,3	216,4	210,3	350,8
115	180,1	265,5	341,6	387,3	511,6	553,9	486,3	551,1	482,5	522,3	616,8	191,6	320,7	605,3	417,5	348,2
116	529,4	564,0	419,7	248,2	89,7	37,9	59,1	74,3	55,4	59,0	413,2	500,0	263,0	317,6	180,6	284,3
117	526,9	561,4	417,2	245,7	87,2	35,9	56,6	72,3	52,8	56,4	411,3	497,5	260,4	315,7	178,1	281,8
118	534,5	559,5	415,3	262,3	103,7	37,2	64,3	58,9	60,5	73,0	392,9	514,1	268,1	297,3	185,8	298,4
119	635,1	579,3	435,1	456,2	297,7	188,7	267,1	169,7	263,3	266,9	312,4	708,0	351,2	178,2	365,9	492,3
120	604,5	587,1	442,9	388,8	230,2	121,2	199,7	102,2	195,9	199,5	340,9	640,6	320,6	214,8	298,5	424,9
121	482,0	520,0	375,7	187,0	60,8	103,7	32,8	138,9	29,0	44,8	446,8	438,8	219,0	351,1	105,3	223,1
122	470,8	453,4	309,1	293,6	185,9	127,7	146,5	108,5	142,7	155,2	295,7	532,1	187,0	200,1	189,1	329,7
123	277,0	317,3	303,3	222,9	346,0	388,3	320,6	385,4	316,8	356,6	504,2	206,5	199,7	484,3	214,4	183,7
124	255,8	296,1	246,1	335,0	329,4	316,9	249,3	305,6	245,5	288,8	447,0	401,8	55,1	339,9	230,5	313,4
125	530,7	565,2	421,0	249,5	91,0	39,2	60,4	75,6	56,6	60,3	414,5	501,3	264,2	318,9	181,9	285,6
126	523,3	563,6	527,6	56,2	237,6	324,1	272,6	358,1	268,8	241,7	647,9	260,7	357,2	552,3	159,9	100,4
127	126,1	117,8	215,9	558,9	587,7	630,0	562,4	627,5	558,6	598,4	428,8	477,0	385,4	537,6	468,9	519,8
128	275,0	189,2	173,3	565,5	508,6	450,4	466,4	431,2	462,6	477,9	170,2	625,9	281,9	328,4	461,1	576,6
129	114,0	199,4	317,9	389,2	500,9	543,3	475,6	540,4	471,8	511,6	555,0	241,2	310,0	594,7	406,8	350,0
130	508,5	543,1	398,8	236,3	77,7	49,8	38,2	86,2	34,5	47,0	398,4	488,1	242,1	302,8	159,7	272,4
131	254,2	168,4	159,1	624,2	567,3	509,1	525,0	489,9	521,3	536,6	231,9	605,1	340,6	390,1	519,7	635,3
132	520,0	554,5	410,3	233,3	74,8	39,3	49,7	75,7	45,9	44,0	414,1	485,1	253,5	318,5	171,2	269,4
133	502,1	542,4	544,3	159,8	341,2	427,7	376,2	461,7	372,4	345,3	745,9	154,7	425,2	664,5	263,4	163,5
134	245,0	286,9	385,1	690,6	750,8	793,1	725,5	796,7	721,7	761,5	598,0	550,1	548,5	706,8	632,1	651,4
135	570,8	579,9	435,6	312,4	153,9	44,9	123,3	25,7	119,5	123,1	372,4	564,2	296,2	268,4	222,1	348,5

d_{ij}	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
136	374,1	318,1	173,9	405,2	325,6	267,3	286,1	248,1	282,3	294,8	234,5	588,7	198,2	157,9	300,7	441,3
137	129,9	180,4	278,5	575,7	635,6	677,9	610,3	675,1	606,5	646,3	491,4	435,3	433,3	600,2	516,9	536,5
138	369,4	409,7	411,6	202,0	372,2	450,6	383,0	447,8	379,2	379,0	613,9	97,8	309,3	575,9	252,5	162,9
139	198,8	239,1	241,0	286,0	423,3	453,4	385,7	450,5	381,9	430,1	516,3	234,3	220,1	504,8	303,6	246,8
140	279,9	223,3	79,0	403,7	384,7	372,2	304,5	343,0	300,8	344,0	279,9	481,8	120,1	253,1	299,2	409,9
141	428,4	372,4	228,2	355,7	276,2	218,0	236,8	198,8	233,0	245,5	236,2	511,0	147,8	159,6	251,2	391,8
142	360,6	304,7	160,4	552,7	495,8	437,6	453,5	418,4	449,7	465,1	126,9	635,6	269,1	285,1	448,2	563,7
143	501,0	483,7	339,4	326,8	201,7	136,2	162,3	97,7	158,5	170,9	275,8	565,4	217,1	180,2	222,4	362,9
144	496,3	456,5	312,3	402,6	277,5	212,0	238,1	173,5	234,3	246,7	197,9	575,6	212,4	102,3	298,2	438,7
145	436,8	419,4	275,1	325,4	217,8	159,6	178,4	140,4	174,6	187,0	262,4	516,1	152,9	166,8	221,0	361,5
146	89,9	43,0	145,7	522,8	551,6	586,5	518,9	557,4	515,1	558,4	358,6	440,8	334,4	467,4	432,8	483,6
147	208,6	146,1	31,0	474,7	455,7	443,2	375,6	414,1	371,8	415,1	283,7	474,9	191,1	324,1	370,3	485,0
148	379,0	464,4	480,2	201,9	381,9	469,4	418,0	503,4	414,2	387,1	682,5	59,2	377,9	644,5	305,2	162,8
149	472,4	416,4	272,2	447,5	322,4	256,9	283,0	218,4	279,2	291,6	153,9	620,5	257,3	58,3	343,1	483,6
150	501,9	542,2	422,4	172,8	10,1	112,4	95,3	148,8	91,5	46,1	469,2	424,6	265,7	373,6	114,3	208,9
151	111,8	152,1	154,0	376,2	455,9	498,2	430,6	495,4	426,8	466,6	429,3	326,8	253,6	469,7	337,2	337,0
152	437,9	382,0	237,7	505,3	380,2	314,7	340,8	276,2	337,0	349,4	94,8	678,3	315,1	74,5	400,9	541,4
153	416,0	456,3	458,2	66,0	246,0	333,5	282,0	367,5	278,2	251,1	659,8	190,3	339,1	561,7	169,3	26,8
154	253,6	339,0	373,2	299,9	479,9	551,0	483,4	548,2	479,6	479,4	648,4	104,1	352,2	636,9	352,9	260,7
155	174,8	215,1	182,7	344,0	348,7	391,0	323,3	388,1	319,5	359,4	383,6	376,7	146,4	363,7	229,9	304,8
156	294,9	336,8	435,0	740,5	800,7	843,0	775,4	846,6	771,6	811,4	647,9	600,0	598,4	756,7	681,9	701,3
157	292,0	206,2	196,9	614,5	557,6	499,4	515,4	480,2	511,6	526,9	222,2	642,9	330,9	380,4	510,1	625,6
158	560,7	504,8	360,5	425,0	299,9	201,8	260,4	163,1	256,6	269,1	237,8	656,1	293,0	103,4	320,5	461,1
159	162,3	80,3	178,4	595,2	631,7	619,2	551,5	590,0	547,7	591,0	391,3	513,2	367,1	500,1	505,2	556,0
160	614,3	597,0	452,8	435,5	277,0	168,0	246,4	149,0	242,6	246,2	322,1	687,3	330,5	187,9	345,2	471,6
161	341,3	255,5	225,0	617,3	572,1	506,6	518,1	468,1	514,3	541,3	108,2	692,3	333,7	266,4	512,8	628,4
162	525,1	469,2	324,9	414,7	289,5	224,0	250,1	185,5	246,3	258,8	202,2	620,6	257,4	64,8	310,2	450,8
163	131,6	49,6	150,1	564,5	603,3	590,9	523,2	561,7	519,4	562,7	363,0	482,5	338,8	471,8	474,5	525,3
164	379,7	396,8	252,6	256,1	219,8	207,3	139,6	195,9	135,8	179,1	390,1	440,0	95,8	294,5	151,6	292,2
165	470,8	453,4	309,1	293,6	185,9	127,7	146,5	108,5	142,7	155,2	295,7	532,1	187,0	200,1	189,1	329,7
166	277,0	317,3	303,3	222,9	346,0	388,3	320,6	385,4	316,8	356,6	504,2	206,5	199,7	484,3	214,4	183,7
167	275,0	189,2	173,3	565,5	508,6	450,4	466,4	431,2	462,6	477,9	170,2	625,9	281,9	328,4	461,1	576,6
168	114,0	199,4	317,9	389,2	500,9	543,3	475,6	540,4	471,8	511,6	555,0	241,2	310,0	594,7	406,8	350,0
169	245,0	286,9	385,1	690,6	750,8	793,1	725,5	796,7	721,7	761,5	598,0	550,1	548,5	706,8	632,1	651,4

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
1	410,1	327,3	192,2	398,0	235,3	270,6	432,9	177,1	223,7	111,5	345,3	338,2	247,8	210,2	206,8	196,7
2	509,9	263,7	251,6	497,9	335,2	183,3	512,7	216,1	262,7	59,1	249,1	257,9	165,2	249,2	245,8	235,7
3	561,3	158,0	496,2	665,4	539,3	404,4	539,9	516,6	537,1	359,9	297,8	59,2	172,2	542,1	543,8	536,3

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
4	319,5	187,7	426,7	423,7	394,2	556,2	269,6	450,3	455,5	448,9	507,1	308,6	313,1	460,6	462,3	481,2
5	467,9	337,6	176,8	451,1	288,4	235,0	490,8	141,3	187,9	89,0	322,5	331,8	238,7	174,4	171,0	160,9
6	313,4	439,3	82,0	295,9	90,9	376,0	401,3	71,4	38,8	321,2	480,1	467,7	377,3	43,8	34,5	68,5
7	484,9	470,3	175,6	467,5	295,7	225,6	572,8	140,1	171,4	170,8	329,8	464,4	371,4	173,2	169,8	144,3
8	320,9	460,7	103,3	303,5	122,1	367,2	408,8	62,6	30,0	312,4	471,4	489,1	398,6	35,1	36,8	50,6
9	133,7	286,1	295,3	237,9	201,1	534,5	162,0	318,9	324,1	386,3	519,5	409,3	364,2	329,1	330,9	349,8
10	275,0	158,6	275,2	379,2	218,1	432,8	271,2	298,8	304,0	313,8	380,4	315,6	225,2	309,1	310,8	329,7
11	553,0	237,5	608,4	657,2	551,3	545,9	459,5	632,0	637,2	501,4	439,3	200,7	313,7	642,3	644,0	662,9
12	179,3	315,4	381,1	283,5	286,9	620,3	74,9	404,7	409,9	495,2	561,8	438,5	406,6	415,0	416,7	435,6
13	478,8	538,0	166,3	461,4	280,0	304,9	566,7	131,0	142,9	250,1	409,1	532,2	439,1	140,8	157,0	127,3
14	263,3	144,8	383,8	367,5	338,1	513,3	242,0	407,4	412,7	406,0	464,2	267,9	270,2	417,7	419,4	438,3
15	303,6	468,8	125,1	286,1	104,7	389,0	391,4	84,4	51,8	334,2	493,2	510,9	420,4	56,9	58,6	72,4
16	293,8	457,4	128,5	276,3	93,3	422,5	380,4	117,9	85,3	367,7	526,7	544,4	453,9	90,4	92,1	105,9
17	426,4	168,9	290,6	496,4	333,7	278,5	405,9	311,0	331,5	154,3	227,8	163,1	72,6	336,5	338,2	330,6
18	460,5	318,1	202,3	448,4	285,7	184,9	483,3	166,8	213,4	61,4	303,0	312,3	219,2	199,9	196,5	186,4
19	256,7	414,0	101,2	239,2	41,9	424,5	344,5	124,8	110,9	369,7	528,7	487,2	396,7	115,9	117,6	131,4
20	408,1	502,1	95,3	390,6	209,3	327,0	495,9	60,0	72,1	272,2	431,2	504,9	411,8	70,1	86,3	56,6
21	310,7	390,8	40,4	293,3	108,8	363,7	398,6	64,0	69,7	308,9	467,9	419,9	329,4	74,7	76,4	94,9
22	457,3	457,1	146,2	439,8	266,2	252,4	545,1	111,0	140,3	197,6	356,6	451,3	358,2	138,2	140,7	113,1
23	556,7	239,1	298,4	544,6	381,9	143,7	548,5	262,9	309,4	106,4	198,1	233,3	114,2	295,9	292,6	282,5
24	580,2	250,3	421,9	645,4	482,7	181,4	559,7	386,4	432,9	229,9	74,9	244,5	125,4	419,4	416,1	406,0
25	437,0	429,3	127,7	419,6	247,8	224,6	524,9	92,2	138,8	169,8	328,8	423,5	330,4	125,3	122,0	111,9
26	142,1	412,7	209,2	124,6	96,0	514,4	230,0	232,8	210,3	383,4	594,2	529,4	439,0	215,3	217,1	230,8
27	512,8	402,1	203,5	495,4	323,6	146,7	547,9	168,0	214,6	91,9	250,9	396,3	303,5	201,1	197,8	187,7
28	203,5	405,4	167,0	186,0	33,6	489,3	291,3	184,7	152,1	434,5	593,5	522,1	431,7	157,2	158,9	172,7
29	435,6	365,0	143,8	418,1	255,4	211,2	488,4	108,3	154,9	116,4	315,4	359,2	266,1	141,4	138,1	128,0
30	577,3	467,3	268,0	559,9	388,1	165,3	645,4	232,5	274,4	157,1	269,5	461,5	368,6	265,6	262,3	247,2
31	539,2	251,9	622,8	643,4	565,7	574,1	445,7	646,4	651,6	529,7	467,6	229,0	342,0	656,7	658,4	677,3
32	463,6	215,5	570,8	567,8	538,3	595,5	370,1	594,4	599,6	528,6	489,0	250,4	340,9	604,7	606,4	625,3
33	459,0	112,3	483,3	563,2	426,2	499,6	380,0	506,8	512,1	425,5	393,1	154,4	237,8	517,1	518,8	537,7
34	500,1	66,9	504,9	604,2	467,2	413,1	465,1	525,3	545,8	368,6	306,5	67,9	181,0	550,8	552,5	545,0
35	501,5	98,3	361,6	567,5	404,7	280,7	480,1	382,1	402,5	225,3	231,6	85,9	37,7	407,5	409,3	401,7
36	113,4	429,0	239,1	96,0	125,9	544,3	203,6	262,7	240,2	413,3	624,1	552,1	468,9	245,3	247,0	260,8
37	295,5	456,6	154,4	278,0	92,5	418,3	379,6	113,7	81,1	363,5	522,5	540,2	449,7	86,2	87,9	101,7
38	381,5	498,4	107,7	364,0	182,7	351,7	469,3	72,8	45,5	296,9	455,9	526,8	424,3	43,5	59,7	30,0
39	329,3	430,3	72,9	311,8	106,8	377,5	417,1	72,8	40,3	322,6	481,6	458,7	368,3	45,3	47,0	70,0
40	414,6	494,7	87,9	397,2	208,0	313,7	502,5	52,7	82,0	258,9	417,9	497,6	404,5	80,0	82,4	54,9
41	325,8	428,1	70,7	308,3	103,3	375,2	413,7	70,6	38,1	320,4	479,4	456,5	366,1	43,1	44,8	67,8
42	300,0	467,5	111,8	282,5	99,5	387,6	387,8	83,0	50,5	332,8	491,8	499,3	408,9	55,5	57,2	71,0
43	702,9	373,0	394,0	685,8	514,0	58,5	682,4	358,5	405,1	179,7	57,0	298,8	248,1	391,6	388,2	378,1

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
44	198,6	378,4	477,6	276,9	377,7	716,8	59,5	501,2	492,0	639,6	697,9	505,5	503,9	497,0	498,7	512,5
45	382,4	254,3	204,9	397,3	234,6	353,9	378,4	243,1	245,8	243,2	339,8	275,1	184,6	250,9	252,6	262,8
46	609,4	413,7	300,1	591,9	420,1	111,3	644,5	264,6	311,2	103,5	215,5	407,9	315,1	297,7	294,3	284,2
47	217,3	337,7	134,2	199,9	37,4	439,4	305,2	157,8	163,0	308,4	519,2	454,4	364,0	168,0	169,8	188,7
48	120,8	388,2	275,3	140,1	162,2	580,6	162,9	298,9	276,5	449,6	634,0	511,4	478,7	281,5	283,2	297,0
49	32,0	405,1	349,6	105,8	236,4	665,9	132,9	373,2	350,7	517,7	650,9	528,3	495,7	355,8	357,5	371,3
50	405,2	36,0	429,5	509,4	372,4	370,4	383,9	453,1	458,3	315,0	321,2	125,0	127,3	463,4	465,1	484,0
51	347,8	427,9	13,0	330,3	141,1	344,9	435,6	45,2	100,2	290,1	449,1	445,3	354,8	89,6	44,5	76,1
52	105,3	509,5	331,3	30,0	218,1	636,5	234,7	354,9	332,4	505,5	716,3	632,6	561,1	337,4	339,1	352,9
53	235,8	372,5	141,9	218,3	20,0	465,2	323,7	165,5	151,6	343,2	553,9	489,2	398,7	156,7	158,4	172,2
54	652,4	370,4	343,1	634,9	463,1	27,0	687,4	307,6	354,1	128,8	111,7	353,5	245,5	340,6	337,3	327,2
55	156,6	384,0	436,8	235,0	323,6	688,9	21,0	460,4	437,9	563,8	630,4	507,1	475,2	442,9	444,6	458,4
56	382,0	452,2	45,4	364,5	165,4	308,8	469,9	10,0	50,4	254,0	412,9	466,4	373,3	36,9	33,5	23,5
57	349,9	457,9	103,1	332,5	151,1	354,9	437,8	50,3	4,0	300,1	459,1	486,3	395,9	13,1	24,5	24,2
58	518,1	315,2	279,3	506,1	343,3	95,1	564,2	243,8	290,3	26,0	199,3	309,4	216,6	276,8	273,5	263,4
59	651,8	321,9	448,0	717,1	554,3	112,5	631,3	412,5	459,1	233,7	49,0	247,7	197,1	445,6	442,2	432,1
60	528,5	125,2	445,9	632,7	489,0	354,1	507,1	466,4	486,8	309,6	247,6	40,0	122,0	491,8	493,5	486,0
61	495,9	127,8	355,3	561,1	398,4	245,5	475,4	373,1	396,1	216,6	196,4	122,0	22,0	406,1	402,8	392,7
62	355,2	463,3	89,8	337,8	156,4	341,6	443,1	37,0	13,2	286,8	445,8	491,7	406,2	3,0	11,1	15,6
63	356,2	464,3	44,8	338,7	157,4	338,8	444,1	34,2	24,6	284,0	443,0	492,7	403,4	11,1	3,0	32,1
64	370,9	487,8	77,2	353,4	172,0	329,0	458,7	24,4	34,9	274,2	433,2	486,7	393,6	15,9	32,3	4,0
65	557,7	362,1	248,4	540,3	368,5	102,7	592,8	212,9	259,5	51,8	206,9	356,2	263,4	246,0	242,7	232,6
66	94,3	493,8	370,1	45,9	256,9	675,3	194,1	393,7	371,2	544,3	739,6	617,0	584,3	376,2	378,0	391,7
67	348,2	444,8	87,4	330,8	124,3	352,9	436,1	48,3	15,7	298,1	457,1	473,2	382,8	20,7	11,7	45,4
68	285,7	447,9	119,0	268,2	83,8	418,0	370,9	113,4	80,8	363,2	522,2	506,5	416,0	85,9	87,6	101,4
69	323,2	467,1	109,7	305,7	124,3	373,6	411,0	69,0	36,4	318,8	477,8	495,5	405,0	41,4	43,2	56,9
70	353,4	57,8	428,7	457,6	371,6	426,3	332,1	452,3	457,5	370,9	377,2	180,9	183,3	462,6	464,3	483,2
71	291,6	270,2	163,5	269,1	106,4	382,5	314,5	187,1	192,3	234,2	445,0	380,2	289,8	197,4	199,1	218,0
72	609,5	413,9	300,2	592,1	420,3	81,8	644,6	264,7	311,3	103,6	165,5	408,1	247,9	297,8	294,5	284,4
73	166,4	412,5	199,4	148,9	70,2	521,7	254,2	217,1	184,6	383,2	594,0	529,2	438,8	189,6	191,3	205,1
74	615,5	327,6	306,2	598,1	426,3	43,5	650,6	270,7	317,3	92,0	147,7	321,8	202,7	303,8	300,5	290,4
75	284,6	325,3	453,5	388,8	359,3	631,3	165,6	477,1	482,3	507,1	573,7	452,4	418,5	487,3	489,1	508,0
76	307,0	374,2	62,9	289,6	126,8	349,8	394,9	101,1	103,8	239,2	450,0	385,2	294,7	108,9	110,6	120,8
77	341,9	441,0	83,6	324,5	98,6	367,3	429,8	62,7	30,1	312,5	471,5	469,4	378,9	35,1	36,8	59,8
78	381,3	457,9	54,6	363,9	174,6	294,9	469,2	19,1	65,7	240,1	399,1	452,1	359,0	52,2	48,8	38,7
79	242,9	480,3	187,4	225,4	108,5	463,0	390,6	158,4	125,9	408,2	567,2	574,9	484,4	130,9	132,6	146,4
80	94,5	361,9	300,8	165,6	187,6	606,1	136,6	324,4	301,9	474,5	607,7	485,1	452,5	307,0	308,7	322,5
81	365,5	482,4	82,1	348,0	166,6	333,9	453,3	29,3	29,5	279,0	438,0	510,8	398,4	27,4	43,6	6,1
82	114,0	375,5	371,5	218,2	258,3	642,9	68,1	395,1	372,7	494,7	622,0	498,7	466,8	377,7	379,4	393,2
83	347,3	427,3	22,2	329,8	140,6	345,5	435,1	45,8	47,7	290,7	449,7	455,7	365,3	35,6	22,8	42,2

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
84	378,6	425,7	79,6	361,1	198,4	283,0	466,4	50,3	96,9	177,2	387,2	419,9	326,8	83,4	80,0	70,0
85	363,2	444,4	39,2	345,7	164,4	329,7	451,0	25,1	31,6	274,9	433,9	472,8	394,3	19,2	6,0	27,9
86	268,5	345,6	84,4	251,0	88,3	389,6	356,3	108,0	113,2	276,0	486,8	422,0	331,5	118,2	119,9	138,8
87	497,6	255,9	604,9	601,8	572,4	636,0	404,2	628,5	633,7	569,1	529,4	290,8	381,4	638,7	640,5	659,4
88	366,3	474,3	72,5	348,8	167,4	324,2	454,1	19,6	34,7	269,4	428,4	481,9	388,8	21,2	17,8	22,4
89	352,1	460,2	87,6	334,7	153,3	339,4	440,0	34,8	20,5	284,6	443,6	488,6	403,9	7,0	5,9	32,7
90	335,1	401,7	33,8	317,6	154,9	327,1	422,9	68,5	115,1	224,6	431,3	412,7	322,2	101,6	98,2	88,1
91	277,2	276,9	481,5	381,4	387,3	645,5	128,4	505,1	510,3	538,1	596,3	404,0	402,4	515,4	517,1	536,0
92	321,3	120,7	321,5	425,5	264,3	389,1	300,7	345,0	350,3	264,9	331,5	266,7	176,3	355,3	357,0	375,9
93	717,7	402,6	773,5	821,9	716,4	702,3	624,3	797,1	802,3	657,9	595,8	357,2	470,2	807,3	809,0	834,2
94	517,3	187,4	353,5	582,6	419,8	190,4	496,8	318,0	364,5	161,5	141,2	181,6	62,6	351,0	347,7	337,6
95	642,0	262,8	483,7	707,3	544,5	276,7	621,5	448,2	494,8	291,8	170,1	146,0	187,3	481,3	477,9	467,8
96	535,2	450,4	225,9	517,7	345,9	186,6	623,0	190,4	224,3	140,2	290,8	444,6	351,7	223,5	220,1	197,1
97	176,6	380,1	176,6	159,1	82,4	481,8	264,5	200,2	205,4	350,8	561,6	496,8	406,4	210,4	212,2	231,1
98	385,9	488,4	81,6	368,4	187,1	323,2	473,7	18,4	49,9	268,4	427,4	491,3	398,2	47,8	48,1	22,7
99	33,3	432,8	379,7	107,5	266,5	693,6	133,1	403,3	380,8	545,3	678,5	555,9	523,3	385,9	387,6	401,4
100	302,2	444,8	89,1	284,7	79,7	386,9	390,1	82,3	49,8	332,1	491,1	476,6	386,1	54,8	45,5	79,5
101	572,4	146,9	537,6	676,6	539,6	445,7	537,5	558,0	578,5	401,3	339,2	100,6	213,6	583,5	585,2	577,6
102	196,0	482,7	189,7	178,5	110,8	503,3	343,6	198,7	166,1	448,5	607,5	577,2	486,8	171,2	172,9	186,7
103	310,4	474,3	116,9	292,9	111,5	380,8	398,2	76,2	43,6	326,0	485,0	502,7	412,2	48,7	50,4	64,2
104	545,7	542,6	233,2	528,3	346,9	270,9	633,6	197,9	209,7	244,7	375,0	536,8	443,7	207,7	223,9	194,2
105	201,8	230,9	250,3	306,0	193,2	465,8	224,7	273,9	279,1	317,6	452,7	387,9	297,4	284,1	285,8	304,8
106	644,8	314,9	498,1	710,0	547,3	162,7	624,3	462,6	509,2	283,9	56,1	195,4	190,0	495,7	492,4	482,3
107	524,9	414,8	215,6	507,4	335,6	151,0	592,9	180,1	226,6	104,6	255,2	409,0	316,2	213,1	209,8	199,7
108	338,8	344,4	98,2	321,3	158,6	357,6	426,7	136,4	139,1	209,3	420,1	355,3	264,9	144,1	145,8	156,0
109	541,8	116,3	509,2	646,0	508,9	417,4	506,8	529,7	550,1	373,0	310,9	72,3	185,3	555,2	556,9	549,3
110	366,3	325,7	125,7	348,8	186,1	338,9	412,4	163,9	166,5	190,6	401,4	336,6	246,2	171,6	173,3	183,5
111	599,8	196,6	489,9	704,0	533,0	346,4	578,5	517,9	530,8	361,5	239,8	79,9	166,0	551,0	547,6	537,5
112	480,3	453,3	171,0	462,8	291,0	197,9	568,1	135,5	182,0	143,1	302,1	447,5	354,7	168,5	165,2	155,1
113	400,0	462,6	88,6	382,6	208,6	257,9	487,9	53,1	99,7	203,1	362,1	456,8	363,7	86,2	82,8	72,7
114	424,9	486,4	113,9	407,5	233,9	281,8	512,8	78,6	108,0	227,0	386,0	480,6	387,5	105,9	108,3	80,8
115	364,6	245,3	484,4	468,8	451,9	613,9	215,8	508,0	513,2	506,5	564,8	330,4	370,8	518,3	520,0	538,9
116	358,4	475,4	110,2	341,0	159,6	362,0	446,3	57,4	22,5	307,2	466,2	503,8	413,3	28,1	41,9	26,9
117	355,9	472,8	108,3	338,5	157,1	360,1	443,8	55,4	19,9	305,2	464,2	501,2	410,8	26,2	39,4	24,9
118	372,5	480,5	89,9	355,0	173,6	341,7	460,3	37,1	19,9	286,9	445,8	499,3	406,2	11,5	24,0	4,9
119	566,4	524,9	253,8	548,9	367,6	261,2	654,3	218,6	230,4	214,7	365,4	519,1	426,3	228,4	244,6	214,9
120	499,0	532,7	186,4	481,5	300,1	289,7	586,8	151,1	163,0	234,9	393,8	526,9	433,8	160,9	177,2	147,4
121	297,2	427,9	72,2	279,7	74,7	395,5	385,1	95,8	63,0	340,7	499,7	459,8	369,3	68,0	69,7	92,7
122	403,8	399,0	112,0	386,3	223,5	244,5	491,6	76,5	123,1	150,5	348,7	393,2	300,1	109,6	106,2	96,1
123	200,2	223,0	318,7	304,4	248,8	509,7	178,8	342,3	347,5	385,5	452,2	346,2	296,9	352,6	354,3	373,2

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
124	329,8	201,8	235,3	434,0	265,0	384,3	325,9	273,6	276,2	236,1	395,0	330,2	239,7	281,3	283,0	293,2
125	359,7	476,6	111,5	342,3	160,9	363,3	447,6	58,7	23,8	308,5	467,5	505,1	414,6	29,4	43,2	28,1
126	65,1	469,2	291,4	47,6	178,2	596,7	218,9	315,0	292,6	465,7	676,5	592,4	521,2	297,6	299,3	313,1
127	536,2	189,6	560,5	640,4	503,4	483,3	501,2	584,1	589,3	438,8	376,7	138,1	251,1	594,3	596,1	615,2
128	593,0	263,1	434,7	658,3	495,5	224,7	572,5	399,2	445,8	242,8	118,1	129,0	138,3	432,3	428,9	418,8
129	366,5	221,6	473,7	470,7	441,3	609,5	265,4	497,3	502,5	495,9	503,0	264,3	347,1	507,6	509,3	528,2
130	346,5	454,5	95,4	329,0	147,6	347,2	434,3	42,6	6,6	292,4	451,4	482,9	392,4	8,5	16,8	22,9
131	651,7	225,0	493,4	716,9	554,2	286,3	606,8	457,9	504,4	301,4	179,8	108,2	196,9	490,9	487,6	477,5
132	343,5	465,9	111,1	326,0	144,6	362,9	431,3	58,3	13,0	308,1	467,1	494,3	403,9	29,5	32,5	28,3
133	48,6	448,1	395,0	126,9	281,8	708,9	112,9	418,6	396,1	560,6	693,8	571,2	538,6	401,1	402,9	416,6
134	667,9	352,7	723,6	772,1	666,5	652,4	574,4	747,2	752,4	608,0	545,9	307,3	420,3	757,5	759,2	784,3
135	422,6	516,8	110,0	405,1	223,7	321,2	510,4	74,8	86,6	266,4	425,4	519,7	426,6	84,5	100,8	71,1
136	509,9	263,7	251,6	497,9	335,2	183,3	512,7	216,1	262,7	59,1	249,1	257,9	165,2	249,2	245,8	235,7
137	553,0	237,5	608,4	657,2	551,3	545,9	459,5	632,0	637,2	501,4	439,3	200,7	313,7	642,3	644,0	662,9
138	179,3	315,4	381,1	283,5	286,9	620,3	74,9	404,7	409,9	495,2	561,8	438,5	406,6	415,0	416,7	435,6
139	263,3	144,8	383,8	367,5	338,1	513,3	242,0	407,4	412,7	406,0	464,2	267,9	270,2	417,7	419,4	438,3
140	426,4	168,9	290,6	496,4	333,7	278,5	405,9	311,0	331,5	154,3	227,8	163,1	72,6	336,5	338,2	330,6
141	460,5	318,1	202,3	448,4	285,7	184,9	483,3	166,8	213,4	61,4	303,0	312,3	219,2	199,9	196,5	186,4
142	580,2	250,3	421,9	645,4	482,7	181,4	559,7	386,4	432,9	229,9	74,9	244,5	125,4	419,4	416,1	406,0
143	437,0	429,3	127,7	419,6	247,8	224,6	524,9	92,2	138,8	169,8	328,8	423,5	330,4	125,3	122,0	111,9
144	512,8	402,1	203,5	495,4	323,6	146,7	547,9	168,0	214,6	91,9	250,9	396,3	303,5	201,1	197,8	187,7
145	435,6	365,0	143,8	418,1	255,4	211,2	488,4	108,3	154,9	116,4	315,4	359,2	266,1	141,4	138,1	128,0
146	500,1	66,9	504,9	604,2	467,2	413,1	465,1	525,3	545,8	368,6	306,5	67,9	181,0	550,8	552,5	545,0
147	501,5	98,3	361,6	567,5	404,7	280,7	480,1	382,1	402,5	225,3	231,6	85,9	37,7	407,5	409,3	401,7
148	156,6	384,0	436,8	235,0	323,6	688,9	21,0	460,4	437,9	563,8	630,4	507,1	475,2	442,9	444,6	458,4
149	557,7	362,1	248,4	540,3	368,5	102,7	592,8	212,9	259,5	51,8	206,9	356,2	263,4	246,0	242,7	232,6
150	285,7	447,9	119,0	268,2	83,8	418,0	370,9	113,4	80,8	363,2	522,2	506,5	416,0	85,9	87,6	101,4
151	353,4	57,8	428,7	457,6	371,6	426,3	332,1	452,3	457,5	370,9	377,2	180,9	183,3	462,6	464,3	483,2
152	615,5	327,6	306,2	598,1	426,3	43,5	650,6	270,7	317,3	92,0	147,7	321,8	202,7	303,8	300,5	290,4
153	94,5	361,9	300,8	165,6	187,6	606,1	136,6	324,4	301,9	474,5	607,7	485,1	452,5	307,0	308,7	322,5
154	277,2	276,9	481,5	381,4	387,3	645,5	128,4	505,1	510,3	538,1	596,3	404,0	402,4	515,4	517,1	536,0
155	321,3	120,7	321,5	425,5	264,3	389,1	300,7	345,0	350,3	264,9	331,5	266,7	176,3	355,3	357,0	375,9
156	717,7	402,6	773,5	821,9	716,4	702,3	624,3	797,1	802,3	657,9	595,8	357,2	470,2	807,3	809,0	834,2
157	642,0	262,8	483,7	707,3	544,5	276,7	621,5	448,2	494,8	291,8	170,1	146,0	187,3	481,3	477,9	467,8
158	535,2	450,4	225,9	517,7	345,9	186,6	623,0	190,4	224,3	140,2	290,8	444,6	351,7	223,5	220,1	197,1
159	572,4	146,9	537,6	676,6	539,6	445,7	537,5	558,0	578,5	401,3	339,2	100,6	213,6	583,5	585,2	577,6
160	545,7	542,6	233,2	528,3	346,9	270,9	633,6	197,9	209,7	244,7	375,0	536,8	443,7	207,7	223,9	194,2
161	644,8	314,9	498,1	710,0	547,3	162,7	624,3	462,6	509,2	283,9	56,1	195,4	190,0	495,7	492,4	482,3
162	524,9	414,8	215,6	507,4	335,6	151,0	592,9	180,1	226,6	104,6	255,2	409,0	316,2	213,1	209,8	199,7
163	541,8	116,3	509,2	646,0	508,9	417,4	506,8	529,7	550,1	373,0	310,9	72,3	185,3	555,2	556,9	549,3

d_{ij}	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
164	366,3	325,7	125,7	348,8	186,1	338,9	412,4	163,9	166,5	190,6	401,4	336,6	246,2	171,6	173,3	183,5
165	403,8	399,0	112,0	386,3	223,5	244,5	491,6	76,5	123,1	150,5	348,7	393,2	300,1	109,6	106,2	96,1
166	200,2	223,0	318,7	304,4	248,8	509,7	178,8	342,3	347,5	385,5	452,2	346,2	296,9	352,6	354,3	373,2
167	593,0	263,1	434,7	658,3	495,5	224,7	572,5	399,2	445,8	242,8	118,1	129,0	138,3	432,3	428,9	418,8
168	366,5	221,6	473,7	470,7	441,3	609,5	265,4	497,3	502,5	495,9	503,0	264,3	347,1	507,6	509,3	528,2
169	667,9	352,7	723,6	772,1	666,5	652,4	574,4	747,2	752,4	608,0	545,9	307,3	420,3	757,5	759,2	784,3

d_{ij}	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1	174,2	436,6	221,0	252,6	241,3	326,9	126,5	226,4	275,9	233,8	394,6	131,8	215,5	162,5	321,6	367,4
2	105,9	536,5	260,0	324,0	280,3	319,6	226,3	158,1	375,8	146,6	455,9	231,6	274,5	201,5	370,6	467,3
3	406,7	649,4	523,9	556,6	545,0	213,9	430,5	458,9	579,9	372,2	485,3	435,8	519,5	502,1	625,6	518,6
4	495,6	407,6	442,3	444,9	463,5	135,9	267,8	547,9	394,3	513,1	192,5	382,8	437,9	461,2	530,3	276,8
5	138,5	489,7	185,2	249,2	205,5	384,7	184,3	190,8	353,4	198,2	452,4	164,9	199,8	126,7	295,8	425,2
6	279,6	334,5	24,8	61,9	20,1	438,9	173,2	331,8	147,5	339,2	462,8	84,5	12,1	87,2	108,5	264,8
7	129,2	506,1	184,0	248,1	204,3	487,5	287,1	181,5	352,2	188,9	555,2	181,3	198,6	125,7	294,7	436,3
8	270,8	342,1	27,9	50,7	7,1	460,3	194,5	323,0	155,0	330,5	484,1	105,9	14,5	78,4	97,3	272,3
9	438,1	221,8	310,9	277,3	318,5	234,4	160,0	490,3	208,6	497,8	164,9	253,4	306,5	329,8	309,7	91,0
10	336,4	363,1	290,8	293,4	312,0	158,2	116,3	388,6	258,7	386,4	214,5	223,3	286,4	309,7	326,7	232,4
11	548,2	641,1	624,0	626,6	645,2	236,8	449,5	600,4	627,8	513,7	382,4	553,1	619,6	643,5	659,9	510,3
12	523,9	267,4	396,7	363,1	404,3	263,6	245,9	576,2	254,2	583,6	104,2	339,2	392,3	415,6	390,2	136,6
13	208,5	500,0	153,4	208,6	164,8	555,3	290,4	260,7	312,9	268,2	580,0	172,8	168,0	117,4	255,2	430,2
14	452,8	351,4	399,4	414,2	420,6	93,0	224,9	505,0	338,1	470,2	185,2	339,9	395,0	418,4	474,1	220,6
15	292,6	324,7	49,7	33,3	25,0	468,4	202,7	344,8	137,7	352,2	456,1	127,7	44,3	100,2	79,9	254,9
16	326,1	314,9	83,2	10,1	58,5	457,0	191,3	378,3	126,7	385,8	444,7	161,2	77,8	133,7	52,9	243,9
17	201,1	514,5	318,3	351,0	339,4	225,5	224,9	253,3	374,3	233,9	349,1	230,2	313,8	296,4	420,0	383,7
18	107,6	487,0	210,6	274,7	231,0	374,0	176,9	159,8	326,3	148,2	445,0	182,2	225,2	152,2	321,3	417,8
19	328,1	277,8	83,4	42,8	84,0	413,6	147,9	380,3	90,8	387,7	393,2	107,6	57,5	135,7	111,8	208,0
20	230,6	429,2	82,7	137,8	94,1	501,6	235,9	282,8	242,2	290,2	525,5	147,2	97,2	58,4	184,5	359,4
21	267,3	331,9	56,5	85,8	77,6	390,4	124,7	319,5	165,4	326,9	414,3	36,7	52,1	74,9	154,8	262,1
22	156,0	478,4	150,9	206,0	162,3	474,4	274,0	208,3	310,4	215,7	560,8	153,6	165,4	98,3	252,6	408,6
23	153,2	583,2	306,7	370,8	327,0	295,0	273,1	145,8	422,5	100,6	491,7	278,4	321,3	248,3	417,4	514,0
24	275,4	668,3	430,2	494,3	450,6	306,2	373,8	235,3	523,3	217,1	502,9	379,1	444,8	371,8	540,9	537,5
25	128,2	458,2	136,1	200,2	156,4	446,5	246,2	180,4	304,3	187,9	514,3	133,4	150,7	77,8	246,8	388,4
26	418,0	163,2	208,1	142,4	183,5	403,5	146,6	470,3	26,5	477,7	334,0	167,3	175,9	243,7	145,1	93,4
27	50,3	534,0	211,9	276,0	232,2	441,8	241,5	102,5	380,1	110,0	509,6	209,2	226,5	153,6	322,6	464,2
28	392,9	224,6	150,0	84,2	125,3	405,0	139,3	445,1	37,6	452,6	395,4	171,3	117,8	200,5	86,9	154,8
29	114,8	456,7	152,2	216,3	172,5	382,4	182,0	167,1	320,4	174,5	450,1	132,0	166,8	93,8	262,9	387,0
30	106,9	598,5	276,4	340,5	296,7	523,2	338,9	88,4	444,6	128,5	607,0	273,7	291,0	218,1	387,1	528,7
31	576,5	627,3	638,4	641,0	659,6	251,2	463,9	628,7	614,1	542,0	368,6	567,5	634,0	657,3	674,3	496,5

d_{ij}	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
32	575,4	551,7	586,4	588,9	607,6	214,8	411,9	627,6	538,4	540,9	293,0	526,9	582,0	605,3	674,4	420,9
33	472,3	547,1	498,9	501,4	520,0	111,7	324,3	524,5	466,8	437,8	302,8	428,0	494,4	517,8	534,7	416,3
34	415,4	588,2	532,6	542,5	553,7	152,7	365,4	467,6	507,8	380,9	388,0	444,5	528,2	510,8	575,8	457,4
35	272,1	589,6	389,3	422,1	410,5	154,2	295,9	324,4	445,3	237,6	423,4	301,2	384,9	367,5	491,0	458,8
36	447,9	134,6	238,1	172,3	213,4	377,2	176,5	500,2	56,4	507,6	307,7	197,2	205,9	273,6	184,5	67,1
37	321,9	316,6	79,0	9,6	54,3	456,2	190,4	374,1	125,8	381,6	443,8	157,0	73,6	129,5	54,6	243,1
38	255,3	402,6	56,1	111,2	67,5	498,0	232,3	307,6	215,6	315,0	521,9	143,6	70,6	70,9	157,9	332,8
39	281,0	350,4	27,1	92,0	18,2	429,9	164,2	333,3	163,4	340,7	453,8	75,5	10,2	88,7	138,6	280,6
40	217,3	435,8	92,6	147,8	104,0	494,3	228,6	269,5	252,1	276,9	518,2	139,9	107,1	51,1	194,4	366,0
41	278,8	346,9	24,9	89,8	46,0	427,7	162,0	331,1	159,9	338,5	451,6	73,3	17,3	86,5	136,4	277,2
42	291,2	321,1	48,3	45,3	14,9	467,1	201,4	343,5	134,1	350,9	450,8	116,1	19,3	98,9	91,9	251,3
43	152,5	724,4	402,3	466,4	422,7	428,9	431,9	112,4	570,6	94,2	625,6	399,6	416,9	344,0	513,0	660,2
44	620,4	235,9	489,8	424,0	465,1	326,6	342,3	672,6	308,1	680,1	141,3	435,7	457,6	512,1	444,1	190,6
45	257,5	435,9	232,6	265,4	253,8	253,9	125,7	309,7	275,2	317,2	321,6	144,5	228,2	228,4	334,3	339,7
46	57,4	630,5	308,4	372,5	328,8	469,6	338,0	34,5	476,7	74,6	605,9	305,7	323,0	250,1	419,1	560,7
47	343,0	238,5	149,8	113,5	154,8	337,3	71,6	395,3	77,7	402,7	324,1	92,3	145,4	168,7	145,9	168,7
48	484,2	178,7	274,3	208,5	249,6	336,4	212,8	536,4	92,6	543,9	266,9	233,4	242,1	309,9	228,6	26,4
49	569,5	94,5	348,6	285,7	323,9	353,3	291,4	621,8	166,9	629,2	283,8	307,7	316,4	384,1	243,5	94,3
50	361,7	493,3	445,1	447,7	466,3	57,9	270,6	414,0	413,0	327,3	327,2	374,3	440,7	457,1	481,0	362,6
51	248,5	368,9	87,0	118,1	108,2	427,4	161,7	300,8	197,6	308,2	451,3	64,0	82,6	56,2	187,1	299,1
52	540,1	45,9	330,2	267,4	305,6	457,7	268,7	592,4	148,6	599,8	388,2	289,3	298,0	365,8	225,2	165,7
53	368,8	256,9	124,1	83,6	124,8	372,0	106,3	421,0	69,9	428,5	358,8	127,0	98,3	176,4	108,8	187,2
54	101,6	673,5	351,4	415,5	371,8	426,3	381,0	82,0	519,7	43,3	631,2	348,7	366,0	293,1	462,1	603,7
55	592,5	193,9	435,7	370,0	411,1	332,2	314,5	644,8	254,1	652,2	165,2	394,8	403,5	471,3	390,1	136,5
56	212,4	403,1	47,7	111,8	68,0	451,8	186,0	264,6	216,1	272,0	475,6	97,4	62,3	20,0	158,4	333,4
57	258,5	371,1	15,6	79,7	36,0	457,5	191,8	310,7	184,0	318,2	481,4	103,1	30,1	66,1	126,3	301,3
58	51,8	544,7	287,6	351,7	308,0	371,1	234,5	104,0	384,0	49,9	507,5	239,8	302,2	229,3	398,3	475,4
59	206,5	740,0	456,4	520,4	476,7	377,8	445,5	166,4	594,9	148,2	574,6	450,8	470,9	398,0	567,0	609,2
60	356,4	616,6	473,6	506,4	494,8	181,1	380,2	408,7	529,6	321,9	452,5	385,5	469,2	451,8	575,3	485,8
61	263,4	584,0	382,9	415,7	404,1	183,7	289,5	247,6	439,0	202,4	418,6	294,8	378,5	358,5	484,7	453,2
62	245,2	376,4	20,9	85,0	41,3	462,9	197,2	297,4	189,3	304,9	486,8	108,5	35,5	52,8	131,6	306,6
63	242,4	377,3	12,0	86,0	42,2	463,9	198,1	294,7	190,3	302,1	487,7	109,5	36,5	50,0	132,6	307,6
64	232,6	392,0	45,4	100,6	56,8	487,4	221,6	284,8	205,0	292,3	511,2	133,0	60,0	40,2	147,2	322,2
65	26,0	578,9	256,8	320,9	277,1	418,0	286,4	58,6	425,0	66,0	554,3	254,1	271,4	198,5	367,5	509,1
66	578,9	10,0	369,0	306,2	344,4	442,0	307,5	631,2	187,4	638,6	372,5	328,2	336,8	404,6	264,0	183,0
67	256,5	369,4	7,0	78,0	34,3	444,4	178,7	308,7	182,3	316,1	468,3	90,0	22,7	64,1	124,6	299,6
68	321,6	306,8	78,7	9,0	54,0	447,5	181,7	373,8	117,1	381,3	435,1	123,3	73,3	129,2	50,3	234,4
69	277,2	344,3	34,2	52,9	3,0	466,7	200,9	329,4	157,3	336,8	475,6	112,3	9,2	84,8	99,5	274,5
70	417,7	441,5	444,3	446,9	465,5	32,0	269,8	469,9	428,3	383,2	275,4	373,4	439,9	463,2	480,2	310,8
71	286,1	307,7	179,1	181,6	200,3	269,8	35,0	338,3	147,0	345,7	280,5	121,6	174,7	198,0	214,9	249,0

d_{ij}	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
72	58,4	630,7	308,6	372,7	328,9	469,8	338,2	22,0	476,8	45,6	606,1	305,9	323,2	250,3	419,3	560,9
73	425,3	187,5	182,4	116,6	157,7	427,8	146,4	477,6	18,0	485,0	358,3	167,0	150,2	232,9	119,3	117,7
74	64,8	636,7	314,6	378,7	334,9	383,5	344,2	45,6	482,8	43,0	580,2	311,9	329,2	256,3	425,3	566,9
75	553,9	372,7	469,1	435,5	476,7	273,5	279,7	606,1	359,4	579,8	39,0	411,6	464,7	488,0	495,4	241,9
76	253,4	328,2	90,6	123,4	111,8	373,8	121,0	305,6	167,4	313,0	410,6	24,0	86,2	86,4	192,4	258,4
77	270,9	363,1	22,6	71,7	8,8	440,6	174,9	323,1	176,0	330,5	464,5	86,2	5,0	78,5	118,3	293,3
78	198,5	402,5	63,0	127,0	83,3	461,0	195,3	250,7	231,2	258,1	484,9	87,5	77,6	17,0	173,6	332,7
79	366,6	264,0	123,7	50,6	99,0	479,9	214,2	418,9	119,2	426,3	494,6	191,7	118,3	174,2	24,0	254,1
80	509,7	182,6	299,8	234,0	275,1	310,2	248,3	561,9	118,1	569,3	240,7	258,9	267,6	335,3	254,1	26,0
81	237,5	386,6	40,0	95,2	51,4	482,0	216,2	289,7	199,6	297,1	505,8	127,6	54,6	45,1	141,8	316,8
82	546,5	202,1	370,5	304,7	345,8	323,8	268,4	598,8	188,8	606,2	166,7	329,6	338,3	406,0	324,8	71,3
83	249,1	368,4	34,2	117,6	65,3	426,9	161,2	301,3	197,1	308,8	450,8	72,5	59,5	56,7	186,6	298,6
84	186,6	399,7	94,2	158,3	114,5	443,1	192,5	238,8	262,4	246,2	482,1	74,9	108,8	35,8	204,9	329,9
85	233,3	384,3	17,5	92,9	49,2	444,0	178,3	285,6	197,3	293,0	467,9	89,6	43,4	40,9	139,5	314,5
86	293,2	289,6	100,0	102,5	121,1	345,2	79,4	345,4	128,9	352,9	372,0	42,4	95,5	118,9	171,5	219,8
87	615,9	585,8	620,5	623,0	641,7	255,3	446,0	668,1	572,5	581,4	327,0	561,0	616,1	639,4	708,5	455,0
88	227,8	387,4	31,9	96,0	52,3	473,9	208,2	280,1	200,4	287,5	497,8	119,5	46,5	35,4	142,6	317,6
89	243,0	373,3	8,1	81,9	38,1	459,8	194,0	295,2	186,2	302,6	483,6	105,4	32,4	50,6	128,5	303,5
90	230,7	356,2	112,4	149,9	132,7	401,3	149,0	282,9	195,5	290,4	438,6	31,4	126,9	53,7	218,9	286,4
91	584,9	319,8	497,1	467,9	509,0	225,1	327,2	637,1	352,0	602,4	51,2	439,6	492,7	516,0	488,0	234,5
92	311,7	409,4	337,1	339,6	358,2	120,3	162,5	363,9	305,0	337,5	244,0	266,2	332,6	356,0	372,9	278,6
93	704,7	805,9	789,1	791,6	810,2	401,9	614,6	756,9	792,6	670,2	547,1	733,7	784,7	800,0	824,9	675,1
94	208,3	605,5	361,8	425,9	382,2	243,3	311,0	192,5	460,4	147,3	440,1	316,3	376,4	303,4	472,5	474,7
95	338,5	730,2	492,1	556,1	512,4	318,7	435,7	330,6	585,1	312,3	564,8	441,0	506,6	433,6	602,7	599,4
96	90,0	556,3	234,3	298,3	246,2	506,3	322,0	134,7	402,5	149,9	590,1	231,5	248,8	175,9	344,9	486,5
97	385,4	197,7	192,2	147,5	188,6	379,7	114,0	437,7	31,3	445,1	312,6	134,7	187,8	211,1	150,2	128,0
98	226,8	407,0	60,4	115,6	71,9	488,0	222,3	279,0	220,0	286,5	511,9	133,6	75,0	44,8	162,2	337,2
99	597,2	66,4	378,7	315,8	354,0	381,0	319,1	649,4	197,0	656,8	311,5	337,8	346,5	414,2	273,6	122,0
100	290,5	323,3	35,8	56,8	28,7	444,4	178,6	342,8	136,3	350,2	431,0	93,4	20,6	98,2	125,7	253,6
101	448,1	660,5	565,3	598,0	586,4	225,1	437,8	500,3	580,2	413,6	460,3	477,1	560,8	543,4	667,0	529,8
102	406,9	217,1	164,0	93,7	139,3	517,2	216,6	459,1	121,5	466,6	447,7	194,0	131,8	214,5	51,5	207,1
103	284,4	331,5	41,5	40,1	12,5	473,9	208,1	336,6	144,5	344,0	462,8	119,5	16,9	92,0	86,7	261,7
104	174,2	566,9	220,3	275,5	231,7	559,9	359,5	219,1	379,8	234,1	627,6	239,7	234,8	184,4	322,1	497,1
105	369,4	290,0	265,9	268,4	287,0	230,5	91,4	421,7	173,0	429,1	190,7	208,3	261,5	284,8	301,7	159,2
106	256,7	732,9	506,5	570,6	526,8	370,8	438,5	216,6	587,9	198,3	567,5	443,7	521,1	448,2	617,2	602,1
107	54,4	546,0	223,9	288,0	244,3	470,7	286,4	108,1	392,1	114,3	554,5	221,2	238,5	165,6	334,6	476,2
108	261,2	359,9	125,8	158,6	147,0	344,0	134,6	313,4	199,2	320,8	411,7	37,7	121,4	121,6	227,6	290,2
109	419,8	629,9	536,9	569,7	558,1	194,5	407,1	472,0	549,6	385,3	429,7	448,8	532,5	515,1	638,7	499,1
110	242,5	387,4	153,3	186,1	174,5	325,2	105,9	294,7	226,7	302,1	378,3	65,2	148,9	149,1	255,1	317,7
111	408,2	688,0	517,6	550,3	538,7	252,5	424,2	400,3	573,6	382,0	523,9	429,5	513,2	503,3	619,3	557,2

d_{ij}	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
112	101,5	501,4	179,3	243,4	199,7	476,6	276,2	153,7	347,6	161,2	544,3	176,6	193,9	121,0	290,0	431,6
113	161,5	421,2	97,0	161,0	117,3	479,8	214,0	213,8	265,2	221,2	503,6	96,4	111,5	38,6	207,6	351,4
114	185,4	446,1	118,5	173,7	129,9	503,7	238,9	237,6	278,0	245,1	528,5	121,3	133,1	65,9	220,3	376,3
115	553,3	407,2	500,0	502,5	521,2	193,6	325,5	605,5	439,5	570,8	138,7	440,5	495,6	518,9	575,4	321,9
116	265,6	379,6	33,0	88,2	44,4	475,0	209,2	317,8	192,5	325,3	498,8	120,6	47,6	73,2	134,8	309,8
117	263,7	377,1	30,5	85,7	41,9	472,4	206,7	315,9	190,0	323,3	496,3	118,0	45,1	71,3	132,3	307,3
118	245,3	393,6	38,2	102,2	58,5	480,1	214,4	297,5	206,6	304,9	504,0	125,7	52,7	52,9	148,8	323,8
119	164,5	587,5	241,0	296,1	252,4	580,6	380,3	209,4	400,5	224,4	648,3	260,4	255,5	205,0	342,8	517,8
120	193,3	520,1	173,5	228,7	184,9	550,0	327,1	245,5	333,1	252,9	616,7	193,0	188,1	137,6	275,3	450,3
121	299,1	318,3	49,8	51,8	45,9	427,5	161,8	351,4	131,3	358,8	426,0	76,5	37,9	106,8	120,7	248,6
122	148,1	424,9	120,4	184,4	140,7	416,4	216,0	200,4	288,6	207,8	484,1	100,1	134,9	61,9	231,0	355,1
123	432,3	288,3	334,3	336,9	355,5	171,2	159,8	484,5	275,0	458,2	122,1	276,8	329,9	353,3	357,3	157,5
124	287,9	417,9	263,0	295,8	284,2	201,4	156,1	340,2	305,6	347,6	269,1	174,9	258,6	258,8	364,7	287,2
125	266,9	380,9	34,3	89,5	45,7	476,2	210,5	319,1	193,8	326,6	500,1	121,8	48,9	74,5	136,1	311,1
126	500,3	86,2	290,4	227,5	265,7	417,5	228,8	552,5	108,7	559,9	348,0	249,5	258,2	325,9	185,3	125,9
127	485,6	624,3	576,1	578,6	597,3	188,9	401,6	537,8	544,0	451,1	424,1	514,7	571,7	580,9	611,9	493,5
128	289,5	681,1	443,1	507,1	463,4	319,0	386,7	278,6	536,1	260,3	515,8	392,0	457,6	384,6	553,7	550,4
129	542,7	454,6	489,3	491,9	510,5	182,9	314,8	594,9	441,3	547,1	188,3	429,8	484,9	508,2	577,3	323,8
130	250,8	367,6	12,1	76,2	32,5	454,1	188,3	303,0	180,6	310,4	477,9	99,7	26,7	58,4	122,8	297,8
131	348,2	739,8	501,7	565,8	522,1	280,9	445,4	340,3	594,8	322,0	552,2	450,7	516,3	443,3	612,4	609,0
132	266,5	364,6	23,6	73,2	29,5	465,5	199,8	318,7	177,6	326,2	489,4	111,1	38,1	74,1	119,8	294,8
133	612,5	85,9	393,9	331,1	369,3	396,3	334,4	664,7	212,3	672,1	273,0	353,1	361,7	429,5	288,9	137,2
134	654,8	756,0	739,2	741,7	760,4	352,0	564,7	707,0	742,7	620,3	497,3	683,8	734,8	750,1	775,0	625,2
135	224,8	443,7	97,1	152,3	108,6	516,4	250,7	277,0	256,7	284,4	540,3	162,0	111,7	73,2	198,9	373,9
136	105,9	536,5	260,0	324,0	280,3	319,6	226,3	158,1	375,8	146,6	455,9	231,6	274,5	201,5	370,6	467,3
137	548,2	641,1	624,0	626,6	645,2	236,8	449,5	600,4	627,8	513,7	382,4	553,1	619,6	643,5	659,9	510,3
138	523,9	267,4	396,7	363,1	404,3	263,6	245,9	576,2	254,2	583,6	104,2	339,2	392,3	415,6	390,2	136,6
139	452,8	351,4	399,4	414,2	420,6	93,0	224,9	505,0	338,1	470,2	185,2	339,9	395,0	418,4	474,1	220,6
140	201,1	514,5	318,3	351,0	339,4	225,5	224,9	253,3	374,3	233,9	349,1	230,2	313,8	296,4	420,0	383,7
141	107,6	487,0	210,6	274,7	231,0	374,0	176,9	159,8	326,3	148,2	445,0	182,2	225,2	152,2	321,3	417,8
142	275,4	668,3	430,2	494,3	450,6	306,2	373,8	235,3	523,3	217,1	502,9	379,1	444,8	371,8	540,9	537,5
143	128,2	458,2	136,1	200,2	156,4	446,5	246,2	180,4	304,3	187,9	514,3	133,4	150,7	77,8	246,8	388,4
144	50,3	534,0	211,9	276,0	232,2	441,8	241,5	102,5	380,1	110,0	509,6	209,2	226,5	153,6	322,6	464,2
145	114,8	456,7	152,2	216,3	172,5	382,4	182,0	167,1	320,4	174,5	450,1	132,0	166,8	93,8	262,9	387,0
146	415,4	588,2	532,6	542,5	553,7	152,7	365,4	467,6	507,8	380,9	388,0	444,5	528,2	510,8	575,8	457,4
147	272,1	589,6	389,3	422,1	410,5	154,2	295,9	324,4	445,3	237,6	423,4	301,2	384,9	367,5	491,0	458,8
148	592,5	193,9	435,7	370,0	411,1	332,2	314,5	644,8	254,1	652,2	165,2	394,8	403,5	471,3	390,1	136,5
149	26,0	578,9	256,8	320,9	277,1	418,0	286,4	58,6	425,0	66,0	554,3	254,1	271,4	198,5	367,5	509,1
150	321,6	306,8	78,7	17,0	54,0	447,5	181,7	373,8	117,1	381,3	435,1	123,3	73,3	129,2	50,3	234,4
151	417,7	441,5	444,3	446,9	465,5	32,0	269,8	469,9	428,3	383,2	275,4	373,4	439,9	463,2	480,2	310,8

d_{ij}	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
152	64,8	636,7	314,6	378,7	334,9	383,5	344,2	45,6	482,8	43,0	580,2	311,9	329,2	256,3	425,3	566,9
153	509,7	182,6	299,8	234,0	275,1	310,2	248,3	561,9	118,1	569,3	240,7	258,9	267,6	335,3	254,1	28,0
154	584,9	319,8	497,1	467,9	509,0	225,1	327,2	637,1	352,0	602,4	51,2	439,6	492,7	516,0	488,0	234,5
155	311,7	409,4	337,1	339,6	358,2	120,3	162,5	363,9	305,0	337,5	244,0	266,2	332,6	356,0	372,9	278,6
156	704,7	805,9	789,1	791,6	810,2	401,9	614,6	756,9	792,6	670,2	547,1	733,7	784,7	800,0	824,9	675,1
157	338,5	730,2	492,1	556,1	512,4	318,7	435,7	330,6	585,1	312,3	564,8	441,0	506,6	433,6	602,7	599,4
158	90,0	556,3	234,3	298,3	246,2	506,3	322,0	134,7	402,5	149,9	590,1	231,5	248,8	175,9	344,9	486,5
159	448,1	660,5	565,3	598,0	586,4	225,1	437,8	500,3	580,2	413,6	460,3	477,1	560,8	543,4	667,0	529,8
160	174,2	566,9	220,3	275,5	231,7	559,9	359,5	219,1	379,8	234,1	627,6	239,7	234,8	184,4	322,1	497,1
161	256,7	732,9	506,5	570,6	526,8	370,8	438,5	216,6	587,9	198,3	567,5	443,7	521,1	448,2	617,2	602,1
162	54,4	546,0	223,9	288,0	244,3	470,7	286,4	108,1	392,1	114,3	554,5	221,2	238,5	165,6	334,6	476,2
163	419,8	629,9	536,9	569,7	558,1	194,5	407,1	472,0	549,6	385,3	429,7	448,8	532,5	515,1	638,7	499,1
164	242,5	387,4	153,3	186,1	174,5	325,2	105,9	294,7	226,7	302,1	378,3	65,2	148,9	149,1	255,1	317,7
165	148,1	424,9	120,4	184,4	140,7	416,4	216,0	200,4	288,6	207,8	484,1	100,1	134,9	61,9	231,0	355,1
166	432,3	288,3	334,3	336,9	355,5	171,2	159,8	484,5	275,0	458,2	122,1	276,8	329,9	353,3	357,3	157,5
167	289,5	681,1	443,1	507,1	463,4	319,0	386,7	278,6	536,1	260,3	515,8	392,0	457,6	384,6	553,7	550,4
168	542,7	454,6	489,3	491,9	510,5	182,9	314,8	594,9	441,3	547,1	188,3	429,8	484,9	508,2	577,3	323,8
169	654,8	756,0	739,2	741,7	760,4	352,0	564,7	707,0	742,7	620,3	497,3	683,8	734,8	750,1	775,0	625,2

d_{ij}	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
1	202,0	384,6	202,5	130,5	198,5	168,0	515,8	192,7	207,7	159,6	425,6	219,1	687,0	205,5	336,2	218,6
2	241,0	484,5	252,8	169,5	237,5	267,9	519,2	231,7	246,7	214,2	487,0	213,3	606,7	109,4	240,0	195,0
3	561,6	531,5	506,5	470,1	523,0	472,0	325,2	532,2	530,0	463,6	436,5	246,6	375,9	231,5	196,7	495,8
4	480,1	289,7	425,5	452,2	441,9	343,1	184,6	472,4	448,5	410,7	143,7	185,6	403,3	372,4	446,1	540,2
5	166,2	442,4	178,0	94,7	162,7	203,7	573,7	156,9	171,9	139,4	483,5	277,0	680,5	182,8	313,5	182,9
6	63,3	333,7	80,7	117,2	53,0	94,4	616,5	55,7	30,9	113,7	491,4	331,2	783,7	384,7	523,4	256,5
7	149,1	505,2	176,9	113,8	161,5	220,1	676,5	155,7	170,7	155,8	586,3	379,8	813,2	315,5	446,1	53,1
8	45,4	341,2	59,5	108,5	44,3	115,8	637,8	46,9	31,5	128,1	512,8	352,5	805,0	375,9	506,5	239,0
9	348,6	108,3	294,1	325,1	310,5	213,6	380,3	341,0	317,0	281,1	193,5	189,6	599,0	384,7	510,4	482,5
10	328,6	249,6	274,0	292,7	290,4	191,6	335,8	320,9	297,0	251,2	245,5	50,5	503,0	245,7	371,3	380,7
11	661,8	495,4	607,2	611,5	623,6	524,8	105,6	654,1	630,2	581,0	333,6	300,1	166,9	373,0	338,2	637,2
12	434,5	66,5	379,9	411,0	396,3	299,4	378,9	426,8	402,9	367,0	101,7	231,9	597,6	427,1	552,8	568,3
13	122,1	499,1	167,5	105,3	152,8	211,6	744,2	146,6	157,1	147,3	608,6	447,5	880,9	383,2	513,9	130,7
14	437,2	233,6	382,6	409,3	399,0	300,2	239,0	429,5	405,6	367,8	132,6	142,7	457,6	329,5	405,5	497,3
15	67,2	323,9	81,3	130,2	66,1	122,7	645,9	68,7	53,3	149,9	488,8	360,7	813,1	397,7	528,3	260,8
16	100,7	312,9	114,8	163,8	99,6	111,3	634,5	102,2	86,8	183,4	477,8	349,3	801,7	431,2	561,9	294,3
17	356,0	397,5	300,9	264,4	317,3	266,4	425,0	326,6	324,4	258,0	380,2	106,5	511,8	93,1	218,8	290,1
18	191,7	435,0	203,5	120,2	188,1	218,4	566,2	182,4	197,4	164,9	476,0	267,6	661,0	163,3	293,9	168,2
19	126,2	277,0	99,9	165,7	125,1	67,9	591,1	127,7	112,4	135,4	421,8	305,9	758,3	417,2	542,9	305,1

d_{ij}	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
20	51,4	428,4	96,5	88,5	82,1	157,1	679,2	75,6	86,3	108,1	554,1	393,9	853,6	355,9	486,6	174,9
21	94,2	331,0	39,1	104,9	55,6	45,9	567,9	86,5	62,6	68,2	442,9	282,7	735,1	349,9	475,6	244,3
22	118,0	477,6	147,4	86,1	132,3	192,4	663,3	126,5	141,6	128,1	573,1	366,6	800,0	302,3	433,0	86,2
23	287,8	531,2	299,6	216,3	284,2	314,6	494,5	278,4	293,5	261,0	522,8	249,1	582,0	58,3	189,0	242,2
24	411,3	551,3	423,1	339,8	407,7	415,4	505,7	401,9	417,0	407,0	534,0	260,3	593,2	70,3	200,2	360,8
25	132,9	457,3	129,0	65,9	113,6	172,2	635,5	107,8	122,8	107,9	545,3	338,8	772,2	274,5	405,1	99,1
26	225,7	162,4	207,9	239,0	224,6	127,5	549,5	227,2	211,8	195,0	327,4	304,6	768,2	459,5	585,1	395,0
27	208,7	499,6	204,8	141,7	189,4	248,0	630,8	183,6	198,6	183,7	540,6	334,1	745,0	247,6	378,3	111,3
28	167,5	223,8	165,7	230,6	166,4	120,2	610,8	169,0	153,6	198,7	388,7	297,3	749,7	452,2	577,8	361,1
29	133,2	440,1	145,1	61,8	129,7	170,8	571,3	123,9	138,9	106,5	481,1	274,6	707,9	210,2	340,8	159,2
30	252,1	597,6	269,3	206,2	253,9	312,5	728,3	248,1	263,1	248,2	638,1	416,9	810,2	312,8	434,1	54,7
31	676,2	481,7	621,6	636,9	638,0	539,2	91,9	668,5	644,6	595,4	319,8	314,5	194,2	401,2	366,5	665,5
32	624,1	406,0	569,6	596,2	586,0	487,2	39,0	616,5	592,5	554,7	244,2	278,1	257,7	400,2	387,9	664,4
33	536,6	429,2	482,0	497,4	498,4	399,6	150,6	528,9	505,0	455,9	254,1	174,9	295,8	297,0	292,0	561,3
34	570,3	470,3	515,3	478,8	531,7	440,7	227,8	540,9	538,7	472,3	339,2	216,0	337,5	240,2	205,4	504,5
35	427,0	471,7	372,0	335,5	388,4	337,4	353,7	397,6	395,4	329,1	373,2	182,3	434,6	96,9	196,3	361,2
36	255,6	136,1	237,9	268,9	254,5	157,4	523,2	257,1	241,7	224,9	301,0	344,9	741,8	489,4	615,0	424,9
37	96,5	312,0	110,6	159,6	95,4	110,4	633,7	98,0	82,6	179,2	477,0	348,4	800,9	427,0	557,6	290,1
38	24,8	401,8	70,6	101,0	55,5	153,5	675,5	57,0	59,7	120,6	550,5	390,3	842,7	368,4	499,0	199,7
39	64,8	349,6	71,7	118,7	54,5	85,4	607,4	57,1	33,2	104,7	482,4	322,2	774,6	388,8	514,4	258,0
40	59,7	434,9	89,1	81,2	74,0	149,8	671,8	68,3	83,3	100,8	546,8	386,6	846,3	348,6	479,3	161,5
41	62,6	346,1	69,5	116,5	52,3	83,2	605,2	54,9	31,0	102,5	480,2	320,0	772,4	386,6	512,2	255,8
42	65,8	320,3	110,6	128,9	64,7	122,6	644,6	67,3	52,0	143,5	485,2	359,4	811,8	396,3	527,0	259,5
43	399,1	674,0	395,2	332,1	379,8	438,4	582,7	374,1	389,1	374,1	656,7	383,0	647,5	193,0	221,6	237,9
44	507,3	122,1	476,4	507,4	506,2	395,9	381,5	508,8	493,5	463,4	104,3	376,4	600,2	563,1	643,0	664,8
45	270,3	356,9	215,3	213,9	231,7	180,7	442,9	258,7	238,7	172,4	352,7	146,2	598,6	205,1	330,8	301,9
46	305,2	596,1	301,3	238,2	285,9	344,5	669,1	280,2	295,2	280,2	637,0	363,3	756,6	259,2	380,2	102,7
47	187,5	237,6	133,0	164,0	149,4	52,5	539,6	179,9	155,9	120,0	352,7	229,6	682,1	384,5	510,1	320,0
48	291,8	95,3	274,1	305,2	290,7	193,7	482,4	293,3	278,0	261,2	260,3	304,1	701,1	499,2	624,9	461,2
49	366,1	112,2	348,4	379,4	365,0	267,9	499,3	367,6	352,2	335,4	277,2	321,0	718,0	516,2	641,8	535,4
50	482,9	375,5	428,3	425,1	444,7	345,9	257,5	475,2	451,3	402,1	276,9	121,2	402,7	186,5	262,5	450,8
51	107,2	368,1	22,3	79,9	38,7	82,9	605,0	72,1	87,1	34,0	479,9	319,7	772,2	346,5	477,2	225,5
52	347,8	216,6	330,0	361,1	346,7	249,6	603,7	349,3	333,9	317,1	381,5	425,4	822,3	581,6	707,2	517,1
53	167,0	256,1	140,7	198,7	165,9	87,2	574,3	168,5	153,1	154,7	387,4	264,3	716,8	419,2	544,9	345,8
54	348,2	639,1	344,3	281,2	328,9	387,5	637,4	323,1	338,2	323,2	662,3	388,6	702,3	189,6	276,4	187,0
55	453,3	68,1	435,5	466,6	452,1	355,1	405,4	454,8	439,4	422,6	128,1	300,5	624,0	495,7	621,4	622,6
56	28,7	402,3	46,6	50,0	25,2	107,2	629,3	19,4	34,4	69,7	504,3	344,0	815,2	317,5	448,1	189,4
57	29,4	370,2	47,3	96,2	32,0	113,0	635,1	34,6	19,3	115,8	510,0	349,8	802,3	363,6	494,3	223,1
58	284,4	492,7	280,5	177,9	265,1	276,1	570,7	259,3	274,4	222,6	538,5	264,8	658,2	160,7	291,4	140,9
59	453,1	622,9	449,2	386,1	433,8	487,0	531,6	428,1	443,1	428,1	605,6	331,9	596,5	141,9	170,5	291,9

d_{ij}	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
60	511,3	498,7	456,3	419,8	472,7	421,7	292,4	481,9	479,7	413,4	403,7	266,6	357,2	181,2	146,5	445,5
61	397,9	467,0	365,6	326,5	394,4	331,1	383,3	388,6	403,7	322,7	402,7	176,0	470,7	61,7	187,3	352,4
62	16,5	375,6	34,8	82,9	18,6	118,4	640,4	21,3	7,4	102,5	515,4	355,2	807,6	350,3	481,0	222,2
63	33,1	376,5	22,8	80,1	6,5	119,4	641,4	11,9	6,1	99,7	516,4	356,1	808,6	347,5	478,2	219,4
64	6,0	391,2	43,2	70,3	28,1	142,9	664,9	18,9	22,5	89,9	539,9	379,6	835,4	337,7	468,4	195,7
65	253,6	544,5	249,7	186,6	234,3	292,9	617,5	228,5	243,5	228,6	585,3	311,6	705,0	207,5	338,2	89,0
66	386,6	200,9	368,8	399,9	385,5	288,4	588,0	388,1	372,7	355,9	329,0	409,7	806,6	604,8	730,5	555,9
67	40,2	368,5	33,9	94,1	17,6	99,9	621,9	32,6	7,4	113,8	496,9	336,7	789,1	361,6	492,2	233,5
68	96,2	303,3	117,7	159,3	95,1	101,7	625,0	97,7	82,3	150,7	468,3	339,7	792,2	426,7	557,4	289,8
69	51,8	343,5	65,9	114,8	50,7	122,1	644,2	53,3	37,9	134,5	508,4	358,9	811,4	382,3	512,9	245,4
70	482,1	323,7	427,5	442,8	443,9	345,1	256,9	474,4	450,5	401,3	225,1	120,4	402,1	242,5	318,5	506,8
71	216,8	266,2	162,3	193,3	178,7	79,9	447,3	209,2	185,2	149,3	327,9	162,0	614,5	310,3	435,9	330,5
72	305,4	596,3	301,5	238,4	286,1	344,7	669,3	280,3	295,3	280,4	637,1	363,4	756,8	192,0	330,1	134,2
73	199,9	186,7	198,2	238,8	198,8	127,3	573,8	201,4	186,1	194,8	351,6	304,4	792,4	459,3	584,9	393,5
74	311,4	602,3	307,5	244,4	292,1	350,7	583,0	286,3	301,3	286,4	611,3	337,6	670,5	146,8	312,4	150,2
75	506,8	166,6	452,3	483,3	468,7	371,8	328,4	499,2	475,2	439,3	51,2	243,9	547,1	439,0	564,7	598,5
76	128,4	327,3	73,3	74,4	89,7	42,2	562,8	116,7	96,8	30,4	439,2	266,1	733,9	315,2	440,9	230,4
77	54,6	362,2	59,6	108,5	44,4	96,1	618,1	47,0	31,6	128,2	493,1	332,9	785,3	376,0	506,6	247,9
78	44,0	401,6	55,8	35,7	40,5	116,5	638,5	34,7	49,7	54,7	513,5	353,3	800,9	303,2	433,8	175,5
79	141,2	323,0	186,1	204,3	140,1	170,1	710,1	142,7	127,4	219,1	488,0	372,2	824,7	471,7	602,4	334,9
80	317,3	69,0	299,6	330,6	316,2	219,1	456,1	318,8	303,4	286,7	234,0	277,8	674,8	473,0	598,6	486,7
81	5,0	385,8	54,5	75,1	39,5	137,5	659,5	41,0	43,7	94,7	534,5	374,2	826,7	342,5	473,2	197,5
82	388,0	31,0	370,3	401,4	386,9	289,9	441,5	389,5	374,2	357,4	164,2	292,1	660,1	487,3	612,9	557,4
83	45,3	367,6	11,0	86,8	17,0	82,4	604,5	20,6	28,3	53,9	479,4	319,2	771,7	354,2	484,9	226,1
84	75,2	398,9	87,1	19,0	71,7	113,7	632,1	65,9	80,9	49,4	510,7	335,4	768,6	270,9	401,6	163,6
85	28,9	383,5	17,2	71,0	6,0	99,5	621,5	6,3	11,5	71,0	496,5	336,3	788,7	338,4	469,1	210,3
86	137,7	288,8	83,1	114,2	99,5	25,0	522,7	130,0	106,1	70,2	400,7	237,4	689,9	352,0	477,7	270,2
87	658,2	440,1	603,7	630,3	620,1	521,3	9,0	650,6	626,6	588,8	278,3	318,5	270,0	440,6	428,3	718,4
88	30,8	386,6	20,0	65,5	6,4	129,4	651,4	6,0	18,7	85,1	526,4	366,2	830,6	332,9	463,6	204,8
89	33,6	372,4	28,1	80,6	11,8	115,3	637,3	19,1	4,0	100,3	512,3	352,0	804,5	348,1	478,7	220,0
90	93,4	355,4	54,1	51,7	89,8	70,2	590,3	84,1	99,1	21,0	467,3	293,6	761,4	318,3	449,0	207,7
91	534,8	164,3	480,3	511,3	496,7	399,8	280,0	527,2	503,2	467,3	30,0	274,8	498,7	461,6	541,5	629,5
92	374,8	292,3	320,2	335,6	336,6	237,8	319,9	367,1	343,2	294,1	275,1	45,0	465,1	196,8	322,4	400,7
93	826,8	660,2	772,2	768,0	788,7	689,9	270,4	830,2	795,2	761,6	498,4	465,2	49,0	529,4	494,7	793,7
94	342,9	488,4	354,7	271,4	339,3	352,5	442,9	333,5	348,6	316,1	471,1	197,4	530,4	36,0	137,4	297,3
95	473,1	613,1	484,9	401,6	469,5	477,2	429,9	463,8	478,8	446,3	541,3	322,1	494,8	136,8	21,0	427,6
96	202,0	555,5	227,1	164,0	211,8	270,4	711,4	206,0	221,0	206,0	621,2	400,0	793,3	295,9	426,5	29,0
97	229,9	196,9	175,4	206,4	191,8	94,9	528,0	222,3	198,3	162,4	361,9	272,0	724,5	426,9	552,5	362,4
98	27,6	406,2	82,9	74,9	39,7	143,5	665,6	34,0	64,1	94,5	540,5	380,3	840,0	342,3	473,0	174,6
99	396,2	139,9	378,5	409,5	395,1	298,0	527,0	397,7	382,3	365,5	267,9	348,6	745,6	543,8	669,5	565,5

d_{ij}	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	74,3	322,5	87,9	128,2	64,0	99,9	621,9	66,6	41,9	120,8	459,7	336,7	789,1	406,6	532,3	267,5
101	603,0	542,7	547,9	511,4	564,3	513,4	272,6	573,6	571,4	505,0	411,6	288,4	322,3	272,9	238,1	537,1
102	181,5	276,1	188,5	244,6	180,4	172,5	663,2	183,0	167,6	221,4	441,0	374,6	881,8	507,3	632,9	375,1
103	59,0	330,7	73,1	122,1	57,9	129,4	651,4	60,5	45,1	141,7	495,6	366,1	818,6	389,5	520,1	252,6
104	189,0	566,0	234,4	172,2	219,7	295,0	748,9	213,5	224,0	214,2	658,7	452,2	885,6	387,9	518,5	88,7
105	303,6	176,4	249,0	280,1	265,5	166,6	385,7	296,0	272,0	236,1	238,1	122,8	575,2	317,9	443,6	413,8
106	503,3	615,9	499,4	404,4	484,0	480,0	479,3	478,2	493,2	471,6	590,6	324,9	544,1	134,9	118,2	342,1
107	220,7	545,2	216,8	153,7	201,4	260,0	675,8	195,6	210,7	195,7	585,6	364,4	757,7	260,3	390,9	37,9
108	163,6	359,1	108,5	109,6	124,9	74,0	532,9	152,0	132,0	65,6	442,7	236,2	704,1	285,4	411,0	265,6
109	574,7	512,0	519,6	483,1	536,0	482,4	244,7	545,3	543,1	476,7	380,9	257,7	294,4	244,5	209,8	508,8
110	191,1	364,0	136,0	137,1	152,4	101,5	514,2	179,5	159,5	93,1	424,0	217,5	685,3	266,7	392,3	286,9
111	542,8	570,1	500,2	471,3	539,3	465,7	363,8	533,5	523,7	457,3	475,1	310,6	428,6	206,6	78,1	497,3
112	176,1	500,6	172,2	109,1	156,8	215,4	665,5	151,0	166,1	151,1	575,3	368,8	796,2	298,8	429,5	56,7
113	90,7	420,3	89,8	28,9	74,5	135,2	668,8	68,7	83,7	70,9	532,2	372,1	805,5	307,8	438,4	138,5
114	85,7	445,2	115,1	53,8	100,0	160,1	692,7	94,2	109,2	95,8	557,1	396,0	829,4	331,7	462,3	117,1
115	537,7	251,7	483,2	509,8	499,6	400,8	206,4	530,1	506,1	468,3	89,9	243,3	425,1	430,0	467,9	597,9
116	21,7	378,7	55,2	103,3	40,2	130,4	652,5	41,7	36,7	122,9	527,5	367,2	819,7	370,7	501,4	215,3
117	19,7	376,2	53,3	101,3	38,2	127,9	650,0	39,7	34,2	120,9	524,9	364,7	817,2	368,7	499,4	213,3
118	9,0	392,8	34,9	82,9	19,8	135,6	657,6	15,2	24,9	102,5	532,6	372,4	824,8	350,4	481,0	199,9
119	209,7	586,7	255,1	192,9	240,4	315,7	769,6	234,2	244,6	234,9	679,4	472,9	867,9	370,4	501,1	79,1
120	142,3	519,3	187,6	125,5	173,0	248,3	739,0	166,7	177,2	167,5	645,3	442,3	875,7	378,0	508,6	115,5
121	87,5	317,5	71,0	136,8	77,2	83,0	605,1	79,9	55,9	104,0	454,7	319,8	772,3	389,8	515,5	276,1
122	101,4	424,1	113,2	29,9	97,8	138,9	605,4	92,1	107,1	74,6	515,2	308,7	741,9	244,2	374,9	158,8
123	372,1	170,4	317,5	348,6	333,9	235,1	317,2	364,4	340,5	304,6	169,6	122,3	535,9	317,4	443,1	476,9
124	300,8	304,4	245,7	244,3	262,1	211,2	390,4	289,1	269,2	202,8	300,2	93,7	546,1	260,2	385,9	332,3
125	23,0	380,0	56,5	104,6	41,5	131,7	653,8	43,0	38,0	124,2	528,7	368,5	821,0	372,0	502,7	216,6
126	307,9	176,3	290,2	321,3	306,8	209,8	563,4	309,4	294,1	277,3	341,3	385,1	782,1	541,7	667,4	477,3
127	613,8	506,5	559,3	549,0	575,7	476,9	175,9	611,1	582,2	542,5	375,3	252,2	231,6	310,4	275,6	574,6
128	424,1	564,1	435,9	352,6	420,5	428,2	412,9	414,8	429,8	397,3	524,2	273,1	477,7	87,8	51,8	378,6
129	527,1	301,4	472,5	499,2	488,9	390,1	140,4	519,4	495,5	457,7	139,5	232,6	359,0	406,3	401,9	587,2
130	33,7	366,8	39,5	88,4	24,3	109,5	631,6	26,9	11,5	108,1	506,6	346,3	798,8	355,9	486,5	227,8
131	482,8	598,4	494,6	411,3	479,2	486,9	392,1	473,4	488,5	456,0	503,4	331,8	456,9	146,5	89,2	437,2
132	23,1	363,8	55,2	104,2	40,0	121,0	643,1	42,6	27,2	123,8	518,0	357,8	810,3	371,6	502,3	216,7
133	411,5	144,4	393,8	424,8	410,4	313,3	542,2	413,0	397,6	380,8	247,7	363,9	760,9	559,1	684,7	580,8
134	777,0	610,3	722,4	718,1	738,8	640,0	220,5	780,3	745,3	711,7	448,5	415,3	49,9	479,6	444,8	743,8
135	65,9	442,9	111,2	90,9	96,6	171,9	693,9	90,3	100,8	122,9	568,9	408,7	868,4	370,7	501,3	169,1
136	241,0	484,5	252,8	169,5	237,5	267,9	519,2	231,7	246,7	214,2	487,0	213,3	606,7	109,4	240,0	195,0
137	661,8	495,4	607,2	611,5	623,6	524,8	105,6	654,1	630,2	581,0	333,6	300,1	166,9	373,0	338,2	637,2
138	434,5	66,5	379,9	411,0	396,3	299,4	378,9	426,8	402,9	367,0	101,7	231,9	597,6	427,1	552,8	568,3
139	437,2	233,6	382,6	409,3	399,0	300,2	239,0	429,5	405,6	367,8	132,6	142,7	457,6	329,5	405,5	497,3

d_{ij}	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
140	356,0	397,5	300,9	264,4	317,3	266,4	425,0	326,6	324,4	258,0	380,2	106,5	511,8	93,1	218,8	290,1
141	191,7	435,0	203,5	120,2	188,1	218,4	566,2	182,4	197,4	164,9	476,0	267,6	661,0	163,3	293,9	168,2
142	411,3	551,3	423,1	339,8	407,7	415,4	505,7	401,9	417,0	407,0	534,0	260,3	593,2	70,3	200,2	360,8
143	132,9	457,3	129,0	65,9	113,6	172,2	635,5	107,8	122,8	107,9	545,3	338,8	772,2	274,5	405,1	99,1
144	208,7	499,6	204,8	141,7	189,4	248,0	630,8	183,6	198,6	183,7	540,6	334,1	745,0	247,6	378,3	111,3
145	133,2	440,1	145,1	61,8	129,7	170,8	571,3	123,9	138,9	106,5	481,1	274,6	707,9	210,2	340,8	159,2
146	570,3	470,3	515,3	478,8	531,7	440,7	227,8	540,9	538,7	472,3	339,2	216,0	337,5	240,2	205,4	504,5
147	427,0	471,7	372,0	335,5	388,4	337,4	353,7	397,6	395,4	329,1	373,2	182,3	434,6	96,9	196,3	361,2
148	453,3	68,1	435,5	466,6	452,1	355,1	405,4	454,8	439,4	422,6	128,1	300,5	624,0	495,7	621,4	622,6
149	253,6	544,5	249,7	186,6	234,3	292,9	617,5	228,5	243,5	228,6	585,3	311,6	705,0	207,5	338,2	89,0
150	96,2	303,3	117,7	159,3	95,1	101,7	625,0	97,7	82,3	150,7	468,3	339,7	792,2	426,7	557,4	289,8
151	482,1	323,7	427,5	442,8	443,9	345,1	256,9	474,4	450,5	401,3	225,1	120,4	402,1	242,5	318,5	506,8
152	311,4	602,3	307,5	244,4	292,1	350,7	583,0	286,3	301,3	286,4	611,3	337,6	670,5	146,8	312,4	150,2
153	317,3	69,0	299,6	330,6	316,2	219,1	456,1	318,8	303,4	286,7	234,0	277,8	674,8	473,0	598,6	486,7
154	534,8	164,3	480,3	511,3	496,7	399,8	280,0	527,2	503,2	467,3	30,0	274,8	498,7	461,6	541,5	629,5
155	374,8	292,3	320,2	335,6	336,6	237,8	319,9	367,1	343,2	294,1	275,1	45,0	465,1	196,8	322,4	400,7
156	826,8	660,2	772,2	768,0	788,7	689,9	270,4	830,2	795,2	761,6	498,4	465,2	49,0	529,4	494,7	793,7
157	473,1	613,1	484,9	401,6	469,5	477,2	429,9	463,8	478,8	446,3	541,3	322,1	494,8	136,8	21,0	427,6
158	202,0	555,5	227,1	164,0	211,8	270,4	711,4	206,0	221,0	206,0	621,2	400,0	793,3	295,9	426,5	29,0
159	603,0	542,7	547,9	511,4	564,3	513,4	272,6	573,6	571,4	505,0	411,6	288,4	322,3	272,9	238,1	537,1
160	189,0	566,0	234,4	172,2	219,7	295,0	748,9	213,5	224,0	214,2	658,7	452,2	885,6	387,9	518,5	88,7
161	503,3	615,9	499,4	404,4	484,0	480,0	479,3	478,2	493,2	471,6	590,6	324,9	544,1	134,9	118,2	342,1
162	220,7	545,2	216,8	153,7	201,4	260,0	675,8	195,6	210,7	195,7	585,6	364,4	757,7	260,3	390,9	37,9
163	574,7	512,0	519,6	483,1	536,0	482,4	244,7	545,3	543,1	476,7	380,9	257,7	294,4	244,5	209,8	508,8
164	191,1	364,0	136,0	137,1	152,4	101,5	514,2	179,5	159,5	93,1	424,0	217,5	685,3	266,7	392,3	286,9
165	101,4	424,1	113,2	29,9	97,8	138,9	605,4	92,1	107,1	74,6	515,2	308,7	741,9	244,2	374,9	158,8
166	372,1	170,4	317,5	348,6	333,9	235,1	317,2	364,4	340,5	304,6	169,6	122,3	535,9	317,4	443,1	476,9
167	424,1	564,1	435,9	352,6	420,5	428,2	412,9	414,8	429,8	397,3	524,2	273,1	477,7	87,8	51,8	378,6
168	527,1	301,4	472,5	499,2	488,9	390,1	140,4	519,4	495,5	457,7	139,5	232,6	359,0	406,3	401,9	587,2
169	777,0	610,3	722,4	718,1	738,8	640,0	220,5	780,3	745,3	711,7	448,5	415,3	49,9	479,6	444,8	743,8

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
1	243,1	202,2	437,3	223,4	430,0	323,5	248,6	247,6	209,9	353,6	174,7	101,7	402,2	83,2	382,5	164,3
2	343,0	241,2	537,2	292,6	349,7	410,4	287,6	286,7	309,7	257,5	159,1	201,6	321,9	183,0	309,7	186,8
3	547,1	541,7	588,5	527,4	118,9	627,5	552,3	587,3	387,5	246,3	459,8	405,7	91,1	387,2	130,6	487,6
4	348,3	486,4	346,7	442,4	316,6	483,3	470,8	569,2	205,6	495,7	496,4	352,8	286,0	334,2	379,9	485,9
5	296,2	166,4	495,1	217,8	423,6	335,6	212,8	212,0	267,7	330,9	139,1	159,6	395,7	141,0	383,2	128,7
6	186,9	83,6	344,1	12,2	559,5	138,9	24,2	243,2	260,6	531,1	247,0	120,5	531,7	147,7	512,0	202,3
7	312,6	123,3	515,6	216,6	556,2	334,4	211,6	74,1	370,5	380,8	81,6	215,4	528,4	243,8	515,9	32,3

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
8	185,8	65,7	351,6	33,0	580,9	137,0	14,3	225,3	281,9	522,3	238,3	141,9	553,0	169,1	533,4	193,5
9	155,2	355,0	160,9	273,7	453,5	297,5	305,8	489,7	70,0	513,2	438,7	285,7	422,8	257,9	480,7	428,2
10	225,9	334,9	302,3	290,9	326,0	328,6	319,3	409,8	77,2	374,1	336,9	193,3	295,3	174,7	359,9	326,5
11	559,1	668,1	580,2	624,1	165,9	716,8	652,5	728,8	410,4	387,8	601,3	523,1	137,6	504,5	272,1	629,1
12	264,5	440,8	206,5	359,5	482,7	343,1	391,6	575,5	155,8	555,5	524,5	371,6	452,1	343,7	509,9	514,0
13	304,1	111,3	509,5	186,0	624,0	294,9	172,2	79,4	377,8	460,1	163,9	206,9	596,1	234,1	583,6	111,6
14	292,1	443,6	290,5	399,5	312,1	427,1	427,9	526,3	149,4	457,9	453,5	309,9	281,5	291,3	339,3	443,0
15	168,5	87,4	334,3	33,0	602,7	119,7	8,0	247,1	290,1	544,1	260,0	163,7	574,8	190,9	555,1	215,3
16	157,5	121,0	324,5	66,6	636,2	102,3	45,8	280,6	278,7	577,7	293,6	197,2	608,3	224,4	588,7	248,8
17	341,5	336,1	453,6	321,8	254,9	421,9	346,7	381,7	228,5	221,5	254,2	200,1	227,0	181,5	207,3	282,0
18	293,5	191,8	487,7	243,2	404,0	361,1	238,3	237,4	260,2	311,4	124,4	152,1	376,2	133,5	363,7	114,0
19	117,3	146,5	287,4	39,2	579,0	113,7	71,3	306,1	235,3	545,6	295,5	140,0	551,1	167,2	531,4	250,8
20	249,6	41,4	438,8	115,3	596,7	224,2	101,4	141,9	323,3	482,1	198,0	175,1	568,8	202,3	556,3	153,3
21	138,3	100,1	341,4	56,6	511,7	156,7	84,9	251,2	212,1	478,3	234,7	72,7	483,8	99,9	464,1	190,0
22	284,9	92,2	488,0	183,4	543,1	292,4	169,6	104,2	357,4	407,6	119,3	187,7	515,2	214,9	502,7	67,0
23	389,7	287,9	583,9	339,3	325,1	457,1	334,4	333,5	356,5	206,5	206,3	248,3	297,2	229,8	258,7	234,1
24	490,5	411,4	607,4	470,8	336,3	570,9	457,9	457,0	382,3	68,6	324,9	349,1	308,4	330,5	270,0	370,3
25	264,7	107,0	467,7	168,7	515,3	286,5	163,7	118,7	329,5	379,8	95,7	167,5	487,4	194,7	474,9	50,9
26	36,8	245,9	172,8	163,2	580,1	166,1	170,8	405,6	172,3	587,9	385,5	199,6	549,4	226,8	573,7	340,7
27	340,5	182,8	552,3	244,5	488,1	362,3	239,5	158,8	324,8	301,9	67,5	216,7	460,3	198,1	448,0	57,0
28	68,4	187,8	234,2	105,1	572,7	88,8	112,6	347,4	226,7	580,6	360,4	192,3	542,1	219,5	566,4	315,6
29	263,2	133,4	466,3	184,8	451,0	302,6	179,8	188,2	265,4	358,3	115,4	157,2	423,1	138,7	410,6	104,9
30	405,0	226,3	608,0	309,0	553,3	426,8	304,0	140,2	422,3	320,4	53,0	307,8	525,4	295,6	503,9	107,7
31	568,0	682,5	566,4	638,5	194,1	703,0	666,9	754,0	425,4	416,1	629,6	537,5	165,8	518,9	300,4	670,7
32	492,3	630,5	490,8	586,5	230,3	627,4	614,9	713,3	349,7	437,5	628,5	496,8	202,0	478,3	321,7	630,0
33	434,0	543,0	486,2	499,0	162,5	536,6	527,3	614,4	285,2	341,6	525,4	398,0	131,8	379,4	225,8	531,1
34	475,1	550,4	527,3	536,2	80,5	577,7	561,1	596,0	326,3	255,0	468,6	414,4	49,9	395,9	139,3	496,3
35	412,5	407,1	528,7	392,9	177,7	492,9	417,8	452,7	304,4	225,3	325,3	271,1	149,8	252,6	130,2	353,0
36	66,7	275,8	144,1	193,1	596,3	137,4	200,7	435,5	225,2	617,8	415,4	229,5	565,7	256,7	603,6	370,6
37	156,7	116,7	326,2	65,8	632,0	104,0	41,6	276,4	277,8	573,4	289,3	193,0	604,1	220,2	584,5	244,6
38	246,0	27,3	412,2	88,7	618,6	197,6	74,8	166,7	319,7	506,9	222,8	179,6	590,8	206,8	568,8	178,0
39	177,9	85,1	360,0	18,5	550,5	154,8	23,3	244,7	251,6	517,2	248,5	111,5	522,7	138,7	503,0	203,7
40	242,3	33,9	445,3	125,2	589,4	234,1	111,3	149,9	316,0	468,8	184,7	167,7	561,5	194,9	549,0	140,0
41	175,7	82,9	356,5	25,7	548,3	151,3	53,3	242,5	249,4	515,0	246,3	109,3	520,5	136,5	500,8	201,5
42	164,9	86,1	330,7	18,0	591,1	116,1	12,0	245,7	288,8	542,8	258,7	152,1	563,3	179,3	543,6	213,9
43	530,9	373,3	730,1	434,9	390,6	552,8	430,0	321,7	505,0	107,9	202,0	407,2	362,7	388,6	291,4	247,5
44	318,5	527,6	175,0	444,9	513,5	397,1	452,5	687,2	252,3	692,6	621,0	468,0	482,9	440,2	576,9	610,5
45	242,4	268,2	409,6	236,2	366,9	336,3	261,1	330,9	184,5	333,5	258,1	114,5	339,0	95,9	319,3	247,6
46	437,0	279,4	648,8	341,0	499,7	458,9	336,1	188,2	421,4	266,5	64,8	313,3	471,8	294,7	449,9	113,4
47	44,9	193,9	248,0	109,9	505,1	147,8	142,1	328,6	159,0	512,9	310,5	124,6	474,4	151,8	498,7	265,7

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
48	103,0	312,1	148,0	229,4	555,5	181,6	237,0	471,7	184,5	627,7	451,7	265,8	524,9	293,0	582,8	406,9
49	177,2	386,3	33,6	303,6	572,5	196,4	311,2	546,0	201,4	644,6	525,9	340,0	541,8	367,2	599,7	481,1
50	380,2	489,2	432,5	445,2	149,9	482,9	473,6	542,3	231,5	314,9	414,9	344,2	119,2	325,6	196,4	442,7
51	175,4	81,4	378,5	88,9	537,1	189,0	115,5	232,4	249,1	500,1	216,0	98,1	509,2	125,3	489,5	171,2
52	158,9	368,0	107,5	285,3	676,8	178,1	292,9	527,6	305,8	710,0	507,6	321,7	646,2	348,9	704,0	462,8
53	82,9	187,2	266,5	80,0	539,8	110,7	112,1	346,9	193,7	547,6	336,3	159,3	509,1	186,5	533,4	291,5
54	480,0	322,3	691,8	384,0	445,3	501,9	379,1	270,8	464,4	162,7	151,1	356,2	417,5	337,7	346,1	196,5
55	264,4	473,5	133,0	390,8	537,4	343,0	398,4	633,1	224,4	624,1	593,1	427,2	506,7	412,3	578,5	568,3
56	199,7	17,6	412,7	80,3	558,2	198,1	75,3	196,5	273,4	463,9	179,8	136,6	530,4	163,8	517,8	135,1
57	205,5	49,7	380,6	48,2	578,1	166,0	43,3	209,3	279,2	510,1	226,0	139,1	550,3	166,3	530,6	181,2
58	351,2	258,5	545,3	320,2	401,2	438,1	315,3	234,5	317,9	250,2	104,9	209,8	373,4	191,2	361,1	132,7
59	562,1	427,3	679,1	488,9	339,5	606,8	484,0	375,7	454,0	56,8	256,0	420,8	311,7	402,2	240,3	301,5
60	496,8	491,4	555,7	477,2	100,3	577,2	502,1	537,0	354,7	196,0	409,6	355,4	72,4	336,9	80,3	437,3
61	406,2	398,1	523,1	386,5	213,8	486,6	411,4	443,7	298,0	190,1	316,5	264,8	185,9	246,2	166,3	344,3
62	210,8	46,7	385,9	53,5	583,5	171,4	48,6	206,3	284,6	496,8	212,7	144,5	555,6	171,7	550,7	167,9
63	211,8	47,6	386,9	54,5	584,5	172,3	49,5	224,0	285,5	494,0	209,9	145,5	556,6	172,7	547,9	165,1
64	235,3	22,3	401,6	78,0	578,5	187,0	64,2	194,4	309,0	484,2	200,1	156,9	550,6	184,1	538,1	155,3
65	385,4	227,7	597,2	289,4	448,0	407,2	284,4	172,8	369,7	257,9	53,1	261,6	420,2	243,0	407,9	101,9
66	197,7	406,8	66,9	324,1	661,1	216,9	331,7	566,5	290,1	733,3	546,4	360,5	630,5	387,7	688,3	501,6
67	192,4	60,5	378,9	35,0	565,0	164,3	41,6	220,1	266,1	508,0	223,9	126,0	537,2	153,2	517,5	179,2
68	148,0	116,5	316,4	57,1	598,3	94,2	41,3	276,1	269,1	573,2	289,1	159,3	570,4	186,5	550,7	244,3
69	188,1	72,0	353,9	27,7	587,3	139,3	12,5	231,7	288,3	528,7	244,6	148,3	559,4	175,5	539,7	199,9
70	382,2	488,4	380,7	444,4	225,1	517,2	472,8	559,9	230,7	370,9	470,9	343,4	194,5	324,8	252,3	476,6
71	114,2	223,2	318,9	179,2	437,5	216,9	207,6	359,5	91,4	438,7	286,6	134,3	406,9	105,9	424,5	276,2
72	437,2	279,5	649,0	341,2	499,9	459,0	336,2	219,6	421,5	216,4	108,3	313,4	472,0	294,8	399,9	153,7
73	30,9	220,2	197,1	137,5	579,8	121,3	145,0	379,8	172,1	587,7	392,8	199,4	549,2	226,6	573,5	348,0
74	443,2	285,5	655,0	347,2	413,6	465,0	342,2	234,0	427,5	198,7	114,3	319,4	385,7	300,8	382,1	159,7
75	313,4	513,2	311,8	431,9	460,4	448,4	464,0	627,5	189,6	567,4	554,6	411,0	429,8	377,5	523,8	544,2
76	134,7	126,2	337,7	94,2	477,0	194,3	119,1	238,9	208,4	443,7	220,8	38,0	449,1	65,2	429,5	176,1
77	188,5	74,9	372,6	19,9	561,2	158,1	16,9	234,5	262,3	522,4	238,3	122,2	533,3	149,4	513,7	193,6
78	209,0	44,2	412,0	95,6	543,9	213,4	90,6	184,3	282,7	450,0	165,9	121,6	516,1	148,8	503,6	121,2
79	150,0	161,5	273,6	125,5	666,7	51,4	86,3	321,1	301,6	618,2	334,1	227,7	638,8	254,9	619,2	289,3
80	128,5	337,6	121,7	254,9	529,3	207,0	262,4	497,2	158,2	601,4	477,1	291,3	498,6	318,5	556,5	432,4
81	229,9	24,2	396,2	72,6	602,6	181,6	58,8	189,0	303,6	489,0	204,9	163,6	574,7	190,8	555,0	160,2
82	199,2	408,3	141,2	325,6	542,9	277,8	333,1	567,9	178,4	615,7	547,8	362,0	512,2	366,3	570,1	503,1
83	174,9	81,9	378,0	88,4	547,5	188,5	72,6	233,0	248,6	500,7	216,6	108,6	519,7	135,7	500,0	171,8
84	206,2	75,4	409,3	126,8	511,7	244,6	121,8	172,2	279,9	419,0	154,0	109,0	483,8	136,2	471,3	109,3
85	191,9	38,5	393,9	61,5	564,6	179,3	56,5	219,8	265,6	484,9	200,8	125,6	536,7	152,8	538,8	156,0
86	96,1	144,1	299,2	100,1	512,9	173,4	128,4	278,8	166,8	480,5	260,7	74,8	482,3	102,0	466,3	215,9
87	526,4	664,6	524,9	620,6	265,5	661,4	649,0	747,4	383,8	477,9	674,5	530,9	237,2	512,3	362,2	664,1

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
88	221,8	33,0	397,0	64,5	573,7	182,4	59,6	221,7	295,6	479,4	195,3	155,5	545,8	182,7	533,3	150,5
89	207,7	48,2	382,8	50,4	580,4	168,2	45,4	224,9	281,4	494,5	210,4	141,4	552,5	168,6	532,8	165,7
90	162,7	93,5	365,8	120,7	504,5	220,8	140,0	216,3	236,4	466,4	198,2	65,5	476,6	92,7	457,0	153,4
91	362,4	541,2	258,9	459,9	412,0	441,0	496,3	658,5	237,1	591,1	585,6	442,0	381,4	423,4	475,4	575,2
92	272,2	381,2	348,5	337,1	288,1	374,8	365,5	452,6	123,4	325,2	364,8	236,2	257,4	217,6	311,0	369,3
93	724,2	839,6	745,0	789,2	322,3	881,5	817,6	885,2	575,4	544,3	757,8	703,7	294,0	685,1	428,5	785,6
94	427,6	343,0	544,6	408,0	273,4	508,0	389,5	388,6	319,5	134,9	261,4	286,2	245,6	267,7	207,1	289,2
95	552,3	473,2	669,3	532,7	237,8	632,7	519,7	518,8	444,2	118,6	391,7	410,9	210,0	392,4	78,2	419,5
96	362,8	176,1	565,9	266,9	536,4	384,7	261,9	89,5	405,4	341,8	37,3	265,6	508,5	278,7	496,3	57,5
97	27,0	236,3	207,3	155,0	547,5	152,1	175,9	371,0	143,9	555,3	352,9	167,0	516,8	194,2	541,1	308,1
98	236,0	11,0	416,6	93,0	583,1	202,0	79,2	177,6	309,7	478,3	194,2	161,5	555,2	188,7	542,7	149,5
99	207,3	416,4	9,0	333,7	600,1	226,5	341,3	576,1	229,0	672,2	556,0	370,1	569,5	397,3	627,3	511,3
100	155,1	94,6	332,9	7,0	568,4	127,7	32,8	254,2	266,0	535,1	258,0	129,4	540,5	156,6	520,9	213,2
101	547,4	583,1	599,7	568,8	37,0	668,9	593,7	628,7	398,7	287,7	501,2	447,1	37,5	428,5	172,0	529,0
102	152,4	201,7	226,7	127,8	669,0	23,0	126,6	361,4	304,0	658,5	374,4	230,0	641,2	257,2	621,5	329,6
103	175,3	79,2	341,1	31,7	594,5	126,5	5,0	238,9	295,5	535,9	251,8	155,5	566,6	182,7	546,9	207,1
104	387,5	179,3	576,4	252,9	628,6	361,8	239,0	15,0	442,9	426,0	121,5	273,8	600,8	301,0	588,2	106,2
105	144,4	310,0	229,1	266,0	398,3	303,6	294,3	442,9	36,0	446,4	370,0	217,7	367,6	189,3	432,2	359,5
106	555,1	477,4	672,0	535,4	287,1	635,5	534,1	425,9	446,9	34,0	306,2	413,7	259,3	395,1	187,9	351,6
107	352,5	194,8	555,6	256,5	500,8	374,4	251,6	121,7	369,8	306,2	24,0	255,3	472,9	243,1	460,7	49,1
108	166,4	161,4	369,5	129,4	447,1	229,5	154,3	274,2	218,0	413,8	256,1	21,0	419,3	35,3	399,6	211,3
109	516,8	554,7	569,0	540,5	37,4	640,6	565,4	600,3	368,0	259,4	472,9	418,8	31,0	400,2	143,6	500,7
110	193,9	188,9	397,0	156,9	428,4	257,0	181,8	301,7	189,3	395,1	243,0	35,2	400,6	28,0	380,9	232,6
111	540,8	543,0	627,1	521,2	171,7	621,2	546,0	588,6	432,7	188,3	461,4	399,4	143,8	380,9	15,0	489,2
112	307,9	150,2	511,0	211,9	539,3	329,8	207,0	107,0	359,6	353,0	49,1	210,7	511,4	232,9	499,2	23,0
113	227,7	64,9	430,7	129,6	548,5	247,4	124,6	146,4	301,4	413,1	129,0	130,5	520,7	157,7	508,2	84,2
114	252,5	59,8	455,6	151,1	572,4	260,1	137,3	125,0	326,3	437,0	150,3	155,4	544,6	182,6	532,1	98,0
115	405,9	544,1	346,3	500,1	338,4	528,4	528,5	626,9	263,3	517,5	554,0	410,4	307,8	391,9	401,8	543,6
116	222,9	41,9	389,1	65,6	595,6	174,6	51,8	201,6	296,6	517,2	233,1	156,6	567,7	183,8	548,0	188,3
117	220,4	40,0	386,6	63,1	593,0	172,0	49,2	199,6	294,1	515,2	231,1	154,0	565,2	181,2	545,5	186,4
118	228,1	26,6	403,2	70,7	591,1	188,6	65,8	200,9	301,8	496,8	212,7	161,7	563,3	188,9	550,7	168,0
119	408,2	200,0	597,1	273,6	610,9	382,5	259,7	27,9	463,6	416,3	111,9	294,5	583,1	321,7	570,8	126,9
120	340,7	132,6	529,7	206,1	618,7	315,1	192,3	64,2	414,5	444,8	148,6	227,1	590,9	254,3	578,4	96,3
121	150,1	107,8	327,9	14,4	551,6	122,7	80,3	267,4	249,2	518,2	266,6	112,6	523,7	139,8	504,0	221,8
122	231,4	101,5	434,5	153,0	485,0	270,8	148,0	200,9	299,4	392,3	149,3	134,2	457,1	161,4	444,6	104,5
123	202,8	378,5	227,4	334,4	390,3	364,0	362,8	505,9	69,8	445,9	433,0	289,4	359,7	270,9	431,7	422,6
124	272,8	298,6	357,1	266,6	369,1	366,7	291,5	361,3	132,0	388,7	288,5	144,9	338,5	126,3	374,5	278,0
125	224,2	43,2	390,4	66,9	596,8	175,8	53,1	202,9	297,9	518,5	234,4	157,9	569,0	185,1	549,3	189,6
126	119,1	328,2	95,8	245,5	636,6	138,3	253,0	487,8	265,5	670,2	467,7	281,9	605,9	309,1	663,8	423,0
127	511,2	620,6	563,4	576,2	103,3	613,9	604,6	666,2	362,4	325,2	538,7	484,6	75,0	466,1	209,5	566,5

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
128	503,3	424,2	620,3	483,7	220,8	583,7	470,7	469,8	395,2	66,6	342,7	361,9	192,9	343,4	121,6	370,5
129	395,3	533,5	393,7	489,4	272,4	530,3	517,8	616,2	252,7	451,5	543,4	399,8	241,7	381,2	335,7	532,9
130	202,0	53,9	377,2	44,7	574,7	162,6	39,8	213,5	275,7	502,3	218,2	135,7	546,8	162,9	527,1	173,5
131	562,0	482,9	678,9	542,3	200,0	642,4	529,4	528,5	453,8	128,3	401,3	420,6	172,1	402,0	40,3	429,1
132	213,5	43,4	374,2	56,2	586,1	159,6	36,8	203,0	287,2	518,1	234,0	147,1	558,3	174,3	538,6	189,2
133	222,6	431,7	25,0	349,0	615,4	241,8	356,6	591,4	244,3	687,5	571,3	385,4	584,7	412,6	642,6	526,5
134	674,3	789,8	695,1	739,3	272,5	831,7	767,7	835,4	525,5	494,4	707,9	653,8	244,2	635,2	378,7	735,7
135	264,4	56,2	453,3	129,7	611,5	238,7	115,9	136,5	338,1	476,3	192,2	189,8	583,6	217,0	571,1	147,5
136	343,0	241,2	537,2	292,6	349,7	410,4	287,6	286,7	309,7	257,5	159,1	201,6	321,9	183,0	309,7	186,8
137	559,1	668,1	580,2	624,1	165,9	716,8	652,5	728,8	410,4	387,8	601,3	523,1	137,6	504,5	272,1	629,1
138	264,5	440,8	206,5	359,5	482,7	343,1	391,6	575,5	155,8	555,5	524,5	371,6	452,1	343,7	509,9	514,0
139	292,1	443,6	290,5	399,5	312,1	427,1	427,9	526,3	149,4	457,9	453,5	309,9	281,5	291,3	339,3	443,0
140	341,5	336,1	453,6	321,8	254,9	421,9	346,7	381,7	228,5	221,5	254,2	200,1	227,0	181,5	207,3	282,0
141	293,5	191,8	487,7	243,2	404,0	361,1	238,3	237,4	260,2	311,4	124,4	152,1	376,2	133,5	363,7	114,0
142	490,5	411,4	607,4	470,8	336,3	570,9	457,9	457,0	382,3	68,6	324,9	349,1	308,4	330,5	270,0	370,3
143	264,7	107,0	467,7	168,7	515,3	286,5	163,7	118,7	329,5	379,8	95,7	167,5	487,4	194,7	474,9	50,9
144	340,5	182,8	552,3	244,5	488,1	362,3	239,5	158,8	324,8	301,9	67,5	216,7	460,3	198,1	448,0	57,0
145	263,2	133,4	466,3	184,8	451,0	302,6	179,8	188,2	265,4	358,3	115,4	157,2	423,1	138,7	410,6	104,9
146	475,1	550,4	527,3	536,2	80,5	577,7	561,1	596,0	326,3	255,0	468,6	414,4	49,9	395,9	139,3	496,3
147	412,5	407,1	528,7	392,9	177,7	492,9	417,8	452,7	304,4	225,3	325,3	271,1	149,8	252,6	130,2	353,0
148	264,4	473,5	133,0	390,8	537,4	343,0	398,4	633,1	224,4	624,1	593,1	427,2	506,7	412,3	578,5	568,3
149	385,4	227,7	597,2	289,4	448,0	407,2	284,4	172,8	369,7	257,9	53,1	261,6	420,2	243,0	407,9	101,9
150	148,0	116,5	316,4	57,1	598,3	94,2	41,3	276,1	269,1	573,2	289,1	159,3	570,4	186,5	550,7	244,3
151	382,2	488,4	380,7	444,4	225,1	517,2	472,8	559,9	230,7	370,9	470,9	343,4	194,5	324,8	252,3	476,6
152	443,2	285,5	655,0	347,2	413,6	465,0	342,2	234,0	427,5	198,7	114,3	319,4	385,7	300,8	382,1	159,7
153	128,5	337,6	121,7	254,9	529,3	207,0	262,4	497,2	158,2	601,4	477,1	291,3	498,6	318,5	556,5	432,4
154	362,4	541,2	258,9	459,9	412,0	441,0	496,3	658,5	237,1	591,1	585,6	442,0	381,4	423,4	475,4	575,2
155	272,2	381,2	348,5	337,1	288,1	374,8	365,5	452,6	123,4	325,2	364,8	236,2	257,4	217,6	311,0	369,3
156	724,2	839,6	745,0	789,2	322,3	881,5	817,6	885,2	575,4	544,3	757,8	703,7	294,0	685,1	428,5	785,6
157	552,3	473,2	669,3	532,7	237,8	632,7	519,7	518,8	444,2	118,6	391,7	410,9	210,0	392,4	78,2	419,5
158	362,8	176,1	565,9	266,9	536,4	384,7	261,9	89,5	405,4	341,8	37,3	265,6	508,5	278,7	496,3	57,5
159	547,4	583,1	599,7	568,8	43,0	668,9	593,7	628,7	398,7	287,7	501,2	447,1	37,5	428,5	172,0	529,0
160	387,5	179,3	576,4	252,9	628,6	361,8	239,0	15,0	442,9	426,0	121,5	273,8	600,8	301,0	588,2	106,2
161	555,1	477,4	672,0	535,4	287,1	635,5	534,1	425,9	446,9	34,0	306,2	413,7	259,3	395,1	187,9	351,6
162	352,5	194,8	555,6	256,5	500,8	374,4	251,6	121,7	369,8	306,2	24,0	255,3	472,9	243,1	460,7	49,1
163	516,8	554,7	569,0	540,5	37,4	640,6	565,4	600,3	368,0	259,4	472,9	418,8	31,0	400,2	143,6	500,7
164	193,9	188,9	397,0	156,9	428,4	257,0	181,8	301,7	189,3	395,1	243,0	35,2	400,6	28,0	380,9	232,6
165	231,4	101,5	434,5	153,0	485,0	270,8	148,0	200,9	299,4	392,3	149,3	134,2	457,1	161,4	444,6	104,5
166	202,8	378,5	227,4	334,4	390,3	364,0	362,8	505,9	69,8	445,9	433,0	289,4	359,7	270,9	431,7	422,6
167	503,3	424,2	620,3	483,7	220,8	583,7	470,7	469,8	395,2	66,6	342,7	361,9	192,9	343,4	121,6	370,5

d_{ij}	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
168	395,3	533,5	393,7	489,4	272,4	530,3	517,8	616,2	252,7	451,5	543,4	399,8	241,7	381,2	335,7	532,9
169	674,3	789,8	695,1	739,3	272,5	831,7	767,7	835,4	525,5	494,4	707,9	653,8	244,2	635,2	378,7	735,7

d_{ij}	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
1	158,2	181,4	394,1	227,5	228,8	203,3	268,3	237,6	204,5	104,2	273,0	128,9	228,9	356,7	468,0	287,0
2	197,2	220,4	455,4	266,5	267,8	242,3	269,1	276,8	300,5	143,2	334,4	228,7	267,9	456,5	387,7	190,8
3	497,8	520,9	363,3	554,6	551,8	542,8	569,9	577,3	508,5	443,7	379,9	381,2	556,0	626,4	156,9	179,7
4	479,9	503,0	58,7	473,1	470,2	477,7	589,9	559,3	423,4	425,8	138,1	210,5	474,4	384,7	280,6	429,1
5	122,4	145,6	451,9	191,7	193,0	167,5	232,7	202,0	225,7	68,4	330,8	186,7	193,1	409,7	461,6	264,3
6	120,3	141,5	494,7	56,3	53,5	60,9	263,9	196,6	28,2	143,4	328,7	258,4	57,7	254,6	570,7	474,3
7	91,2	65,5	554,8	163,8	162,1	147,8	94,8	64,2	224,5	109,9	433,7	289,5	165,2	426,1	594,2	397,0
8	111,6	123,6	516,1	38,4	35,6	52,2	246,0	178,7	65,7	134,6	350,0	279,7	39,8	262,1	592,0	457,4
9	346,5	369,6	258,6	341,7	338,8	346,2	510,4	443,1	268,6	350,5	81,0	198,4	343,0	198,9	417,5	461,2
10	320,4	343,6	214,0	321,6	318,7	326,2	430,5	399,8	271,9	266,4	92,9	51,1	322,9	340,2	289,9	322,1
11	639,3	662,4	260,4	654,8	651,9	659,4	711,4	718,8	605,1	585,2	371,6	380,9	656,1	618,2	75,0	321,2
12	432,3	455,5	188,8	427,5	424,6	432,1	596,2	529,0	354,4	436,3	110,2	256,9	428,8	244,5	446,7	503,6
13	78,4	57,7	622,5	135,3	133,5	134,1	100,0	32,8	200,8	133,0	445,9	357,3	136,6	420,0	662,0	464,7
14	437,0	460,1	117,2	430,2	427,4	434,8	547,0	516,4	380,5	382,9	82,0	167,6	431,6	328,5	276,1	406,0
15	133,4	145,4	524,2	60,2	57,4	73,9	267,7	200,5	72,9	156,4	358,2	301,5	61,6	244,7	600,1	479,2
16	166,9	178,9	512,8	93,7	90,9	107,5	301,3	234,0	61,5	189,9	346,8	335,0	95,1	234,9	588,7	512,7
17	292,2	315,3	348,6	349,0	346,2	337,2	364,3	371,7	302,8	238,1	227,5	175,6	350,4	455,0	292,9	169,6
18	147,9	171,1	444,5	217,2	218,5	193,0	258,1	227,5	251,1	93,9	323,4	179,2	218,6	407,0	442,0	244,8
19	168,8	193,4	469,4	119,3	116,4	133,0	326,8	259,5	34,1	191,9	283,2	277,8	120,6	197,8	545,3	493,7
20	64,8	59,5	557,4	64,5	62,8	63,4	162,6	95,3	130,1	114,7	391,4	312,9	65,9	349,2	634,7	437,4
21	108,0	132,6	446,2	87,2	84,4	91,8	271,8	204,6	37,7	131,1	280,1	210,5	88,6	251,9	522,1	426,4
22	59,3	34,4	541,6	132,7	131,0	116,7	124,9	89,8	195,1	113,9	420,5	276,4	134,1	398,4	581,1	383,8
23	244,0	267,1	491,2	313,3	314,5	289,0	316,3	323,6	347,2	189,9	370,1	275,5	314,7	503,3	363,1	139,8
24	367,5	390,6	502,4	436,8	438,0	412,5	434,9	447,1	451,8	313,4	381,3	324,6	438,2	604,0	374,3	151,0
25	43,3	38,1	513,8	142,7	143,9	118,4	139,4	108,8	176,6	68,9	392,7	248,5	144,0	378,2	553,3	356,0
26	260,4	283,5	414,5	218,7	215,9	232,4	426,2	359,0	158,1	264,4	250,1	306,4	220,0	83,3	544,0	536,0
27	119,1	142,2	509,1	218,5	219,7	194,2	179,5	148,8	252,4	104,0	388,0	243,9	219,8	454,0	526,1	329,1
28	233,7	245,7	475,9	160,5	157,7	174,3	368,1	300,8	99,9	256,7	311,5	299,1	161,9	144,6	536,7	528,7
29	89,5	112,6	449,6	158,8	160,0	134,5	208,9	186,1	192,7	35,4	328,5	184,4	160,2	376,8	489,0	291,7
30	183,6	168,5	606,5	266,8	265,1	258,7	130,5	166,9	316,9	202,3	485,4	341,3	268,2	518,5	591,3	382,3
31	664,6	687,8	246,6	669,2	666,3	673,8	774,7	744,0	619,5	610,6	357,9	395,3	670,5	604,4	103,3	349,5
32	624,0	647,1	171,0	617,2	614,3	621,7	734,0	703,4	567,5	569,9	282,2	354,6	618,5	528,8	134,2	370,9
33	525,1	548,2	180,9	529,6	526,8	534,2	635,1	604,5	480,0	471,0	277,6	255,7	531,0	524,2	126,5	274,9
34	506,5	529,6	266,0	563,3	560,5	551,5	578,6	586,1	517,2	452,4	318,7	296,8	564,7	565,2	118,5	188,4
35	363,2	386,3	341,6	420,0	417,2	408,2	435,3	442,8	373,9	309,1	303,4	246,6	421,4	526,1	215,7	173,4

d_{ij}	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
36	290,3	313,4	388,2	248,6	245,8	262,3	456,1	388,9	188,0	294,3	223,8	336,3	250,0	54,6	560,3	565,9
37	162,7	174,7	511,9	89,5	86,7	103,3	297,0	229,8	60,6	185,7	345,9	330,8	90,9	236,6	587,9	508,5
38	89,5	84,2	553,8	37,9	36,2	36,8	187,3	120,1	103,5	127,1	387,8	317,5	39,3	322,6	629,7	449,9
39	121,8	143,0	485,7	57,8	55,0	62,4	265,4	198,1	32,4	144,9	319,7	249,4	59,2	270,4	561,6	465,3
40	51,5	46,1	550,1	74,4	72,7	58,4	170,6	103,3	136,8	107,3	384,1	305,6	75,8	355,8	627,4	430,1
41	119,6	140,8	483,5	55,6	52,8	60,2	263,2	195,9	28,9	142,7	317,5	247,2	57,0	267,0	559,4	463,0
42	132,0	144,0	522,9	58,9	56,0	72,6	266,4	199,1	44,8	155,1	356,8	290,0	60,2	241,1	598,8	477,8
43	309,5	332,7	625,2	408,9	410,2	384,7	312,0	339,3	442,8	294,4	504,1	447,3	410,3	644,4	428,6	169,8
44	528,8	551,9	191,5	500,4	497,5	514,1	707,9	640,6	439,8	532,8	206,7	401,3	501,7	262,2	477,5	626,0
45	241,6	264,7	321,1	263,4	260,5	267,9	351,6	321,0	217,2	187,5	200,0	55,9	264,7	355,9	385,6	281,6
46	215,6	216,5	605,4	315,0	316,3	290,8	178,5	214,9	348,9	200,5	484,3	340,4	316,4	550,5	537,7	328,3
47	185,4	208,5	417,8	180,5	177,7	185,1	349,3	282,0	104,8	189,4	214,1	231,4	181,9	158,5	469,1	461,0
48	326,5	349,7	347,4	284,9	282,0	298,6	492,4	425,1	224,3	330,6	183,0	312,9	286,2	98,7	519,5	575,7
49	400,8	423,9	364,3	359,1	356,3	372,8	566,6	499,4	298,5	404,8	200,0	329,8	360,5	66,8	536,4	592,6
50	452,8	476,0	245,4	475,9	473,0	480,5	524,9	532,4	426,2	398,7	223,9	202,0	477,2	470,4	163,1	263,0
51	89,3	113,9	483,2	106,9	108,2	82,7	253,1	185,9	69,9	105,2	317,2	235,9	108,3	288,9	559,2	428,0
52	382,5	405,6	468,7	340,8	337,9	354,5	548,3	481,1	280,2	386,5	304,3	434,1	342,1	48,5	640,8	658,1
53	209,6	234,2	452,5	160,0	157,2	173,7	367,5	300,3	74,9	224,1	248,8	266,1	161,4	177,0	503,8	495,7
54	258,6	281,8	630,8	358,0	359,3	333,7	261,1	288,3	391,9	243,5	509,7	383,4	359,4	593,5	483,3	224,5
55	488,0	511,1	215,3	446,3	443,4	460,0	653,8	586,6	385,7	492,0	178,8	325,5	447,6	220,2	501,3	572,2
56	53,1	78,0	507,5	54,3	55,5	30,0	217,2	149,9	94,2	76,2	341,5	274,4	55,6	323,2	596,2	398,9
57	99,3	107,6	513,3	22,4	19,6	20,0	230,0	162,7	63,0	122,3	347,3	277,0	23,8	291,1	589,2	445,1
58	194,8	218,0	507,0	294,2	295,5	269,9	215,0	224,5	328,1	151,5	385,9	236,9	295,6	464,7	439,2	242,2
59	363,5	386,7	574,1	462,9	464,2	438,7	366,0	393,3	496,9	348,4	453,0	396,2	464,3	675,7	377,5	118,7
60	447,5	470,6	330,5	504,3	501,5	492,5	519,6	527,1	458,2	393,4	347,1	330,9	505,7	593,7	138,3	129,4
61	354,2	377,3	371,2	413,7	410,9	399,2	426,5	433,8	367,5	300,1	297,0	240,3	415,1	519,7	251,8	138,2
62	86,0	104,6	518,7	23,1	24,3	11,4	227,0	159,7	68,3	109,0	352,6	282,3	24,5	296,4	594,6	431,8
63	83,2	108,0	519,6	42,2	39,3	23,8	244,7	177,4	69,3	106,3	353,6	283,3	43,5	297,4	595,6	429,0
64	73,4	80,2	543,1	27,3	25,5	4,9	215,0	147,8	92,8	96,4	377,1	294,7	28,6	312,0	616,5	419,2
65	164,0	187,1	553,8	263,4	264,6	239,1	163,1	193,7	297,3	148,9	432,7	288,8	264,7	498,9	486,0	289,0
66	421,3	444,4	416,1	379,6	376,8	393,3	587,1	519,9	319,0	425,3	288,6	418,4	380,9	87,3	625,1	681,3
67	97,2	118,4	500,2	33,3	30,4	37,8	240,8	173,5	49,9	120,3	334,2	263,9	34,6	289,4	576,1	443,1
68	162,4	174,4	503,2	89,2	86,4	103,0	296,8	229,5	51,9	185,4	337,2	297,1	90,6	226,8	579,2	508,2
69	117,9	129,9	522,4	44,8	42,0	58,5	252,3	185,1	45,9	141,0	356,4	286,1	46,1	264,3	598,4	463,8
70	470,5	493,7	193,6	475,1	472,2	479,7	580,6	549,9	425,4	416,5	172,1	201,2	476,4	418,6	189,1	319,0
71	214,7	237,8	325,5	209,9	207,0	214,4	380,2	311,4	160,2	216,1	159,5	157,2	211,2	227,8	401,5	386,7
72	215,8	238,9	605,6	315,2	316,4	290,9	209,9	245,5	349,1	200,7	484,5	340,6	316,5	550,7	537,8	278,3
73	266,1	278,1	438,8	192,9	190,1	206,7	400,5	333,2	132,4	264,2	274,4	306,2	194,3	107,5	543,8	535,7
74	221,8	244,9	579,7	321,2	322,4	296,9	224,3	251,5	355,1	206,7	458,6	346,6	322,5	556,7	451,6	260,6
75	504,7	527,8	138,3	499,9	497,0	504,4	648,2	601,3	426,8	484,1	122,1	268,8	501,2	349,8	424,4	515,5

d_{ij}	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
76	95,7	118,9	441,0	121,4	118,6	127,3	259,6	192,4	75,2	99,7	276,5	175,8	122,8	248,2	515,0	391,7
77	111,6	132,8	496,4	47,6	44,8	52,2	255,2	187,9	38,0	134,7	330,3	260,0	49,0	283,1	572,3	457,4
78	39,2	64,2	516,8	69,5	70,8	45,3	205,0	137,7	103,5	61,9	350,8	259,5	70,9	322,5	581,9	384,7
79	207,4	219,4	575,1	134,2	131,4	148,0	341,8	274,5	120,3	230,5	410,7	365,5	135,6	184,1	611,7	553,2
80	352,0	375,2	321,2	310,3	307,5	324,1	517,9	450,6	249,7	356,0	156,8	286,6	311,7	124,2	493,3	549,5
81	87,5	82,1	537,7	21,9	20,1	7,7	209,6	142,4	87,4	101,3	371,7	301,4	23,2	306,6	613,7	424,0
82	422,7	445,9	251,4	381,0	378,2	394,8	588,6	521,3	320,5	426,7	170,4	306,8	382,4	179,2	506,9	563,8
83	89,9	114,5	482,7	53,0	54,2	34,0	253,7	186,4	69,4	112,9	316,7	246,4	54,4	288,4	558,7	435,7
84	28,9	52,1	510,3	100,8	102,0	76,5	192,8	125,6	134,7	29,6	348,0	245,1	102,1	319,7	549,7	352,4
85	74,1	98,9	499,8	36,5	37,8	19,7	240,5	173,2	76,3	97,2	333,7	263,4	37,9	304,3	575,7	419,9
86	135,5	158,7	400,9	130,7	127,9	135,3	299,5	232,2	81,1	139,6	234,9	212,6	132,1	209,6	476,9	428,5
87	658,0	681,2	205,1	651,2	648,4	655,8	768,1	737,4	601,6	604,0	316,3	388,7	652,6	562,8	174,6	411,3
88	68,6	93,4	529,7	38,5	39,8	14,2	242,4	175,1	79,4	91,7	363,6	293,3	39,9	307,4	611,7	414,4
89	83,7	108,6	515,5	38,1	35,2	24,3	245,6	178,4	65,2	106,8	349,5	279,2	39,4	293,3	591,5	429,6
90	73,0	96,2	468,6	118,9	120,2	94,7	237,0	169,7	101,7	77,1	304,5	203,3	120,3	276,2	542,5	399,8
91	532,7	555,8	89,9	527,9	525,0	532,4	679,2	629,3	454,8	515,1	169,6	299,8	529,2	342,4	376,0	524,5
92	363,3	386,4	243,5	367,8	365,0	372,4	473,3	442,7	318,2	309,2	122,4	93,9	369,2	386,5	252,1	273,3
93	795,7	818,9	425,2	819,8	817,0	824,4	867,8	875,3	770,2	741,7	536,4	546,0	821,2	782,9	231,5	477,7
94	299,1	322,2	439,6	368,4	369,6	344,1	371,5	378,7	389,0	245,0	318,5	261,7	369,8	541,2	311,4	88,2
95	429,3	452,5	468,1	498,6	499,9	474,4	501,7	508,9	513,7	375,3	443,2	386,4	500,0	665,9	275,8	52,0
96	141,5	118,4	589,6	216,7	214,9	200,7	79,8	116,7	274,8	160,1	468,5	324,4	218,0	476,3	574,4	377,4
97	227,8	250,9	406,2	223,0	220,1	227,5	391,7	324,4	149,9	231,8	202,6	273,8	224,3	117,8	511,5	503,4
98	64,5	59,1	543,8	42,3	40,6	26,3	198,3	131,1	107,9	101,0	377,8	299,3	43,7	327,0	621,1	423,8
99	430,9	454,0	355,1	389,2	386,4	403,0	596,7	529,5	328,6	434,9	227,6	357,4	390,6	96,9	564,1	620,3
100	131,3	152,5	500,2	67,3	64,5	71,9	274,9	207,6	14,0	154,4	334,1	267,2	68,7	243,4	576,1	483,1
101	539,1	562,3	338,4	596,0	593,2	584,2	611,2	618,7	549,8	485,1	391,1	369,2	597,4	637,6	103,3	221,1
102	247,7	259,7	528,2	174,5	171,7	188,3	382,1	314,8	122,7	270,7	363,8	367,9	175,9	137,1	614,0	583,8
103	125,2	137,2	529,6	52,0	49,2	65,7	259,5	192,3	79,7	148,2	363,6	293,3	53,4	251,5	605,6	471,0
104	145,4	124,6	627,1	202,1	200,4	201,0	27,9	64,6	267,7	199,9	506,0	361,9	203,5	486,9	666,6	469,3
105	301,5	324,6	264,0	296,6	293,8	301,2	463,6	398,1	247,0	299,5	69,7	131,6	298,0	267,0	362,2	394,4
106	413,7	436,8	517,4	513,1	514,3	488,8	416,2	443,4	516,4	378,0	446,0	389,2	514,4	668,6	325,1	66,3
107	131,1	151,4	554,1	230,5	231,8	206,2	112,0	149,7	264,4	149,8	433,0	288,8	231,9	466,0	538,8	341,8
108	131,0	154,1	411,2	156,6	153,8	161,2	294,9	227,6	110,4	135,0	290,1	146,0	158,0	280,0	485,1	361,9
109	510,8	534,0	307,7	567,7	564,9	555,9	582,9	590,4	521,5	456,8	360,4	338,5	569,0	607,0	75,4	192,8
110	158,4	181,6	392,5	184,1	181,3	188,7	322,4	255,1	137,9	162,5	257,4	127,3	185,5	307,5	466,4	343,1
111	499,0	522,2	401,9	548,3	545,5	544,1	571,4	578,6	502,2	445,0	431,7	374,9	549,7	665,0	209,7	121,7
112	86,5	98,4	543,8	185,9	187,2	161,6	127,7	97,0	219,8	105,2	422,7	278,6	187,3	421,4	577,3	380,3
113	19,0	26,3	547,1	105,4	103,7	79,3	167,1	99,8	137,5	56,6	369,5	281,8	106,8	341,2	586,5	389,3
114	26,9	15,0	570,9	100,4	98,6	84,3	145,7	78,4	162,7	81,5	394,3	305,7	101,7	366,1	610,4	413,2
115	537,5	560,7	32,0	530,8	527,9	535,3	647,6	617,0	481,1	483,5	195,8	268,2	532,1	429,8	302,4	450,9

d_{ij}	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
116	105,3	99,9	530,7	3,0	6,4	31,9	222,2	155,0	80,4	129,4	364,7	294,4	3,3	299,6	606,7	452,2
117	103,3	97,9	528,2	7,0	4,0	30,0	220,3	153,0	77,9	127,5	362,2	291,9	13,7	297,1	604,2	450,2
118	86,0	84,5	535,9	24,8	23,1	4,5	221,6	154,3	85,6	109,1	369,9	299,6	26,2	313,6	611,8	431,8
119	166,0	145,3	647,9	222,8	221,1	221,7	13,0	85,3	288,4	220,6	526,8	382,6	224,2	507,6	648,9	451,9
120	98,6	77,8	617,2	155,4	153,7	154,2	84,8	19,0	220,9	153,2	482,5	352,0	156,7	440,1	656,7	459,5
121	139,9	164,5	483,3	80,5	77,7	85,1	288,1	220,8	14,0	163,0	317,3	250,4	81,9	238,4	559,2	466,3
122	57,6	80,8	483,6	126,9	128,2	102,7	221,5	154,3	160,9	15,0	362,5	218,4	128,3	344,9	523,0	325,7
123	369,9	393,1	195,4	365,1	362,3	369,7	526,6	466,6	315,4	362,5	37,0	147,2	366,5	265,4	354,3	393,9
124	272,0	295,1	268,6	293,8	290,9	298,4	382,0	351,4	247,6	217,9	147,5	38,0	295,1	386,3	333,1	336,7
125	106,5	101,1	532,0	3,3	14,4	33,2	223,5	156,3	81,7	130,7	366,0	295,7	3,0	300,9	608,0	453,5
126	342,6	365,8	428,5	300,9	298,1	314,7	508,5	441,2	240,4	346,6	264,1	393,9	302,3	20,0	600,6	618,2
127	576,7	599,8	302,1	606,9	604,0	611,4	648,8	656,2	557,2	522,6	354,9	333,0	608,2	601,4	39,0	258,6
128	380,3	403,5	451,0	449,6	450,9	425,4	452,7	459,9	464,7	326,3	394,2	337,4	451,0	616,9	258,8	40,0
129	526,9	550,0	71,6	520,1	517,3	524,7	636,9	606,3	470,4	472,8	185,2	257,5	521,5	431,7	236,4	384,8
130	91,5	111,8	509,8	26,7	23,8	18,7	234,2	167,0	59,5	114,6	343,8	273,5	28,0	287,6	585,8	437,4
131	439,0	462,1	430,2	508,3	509,6	484,0	511,4	518,6	523,3	384,9	452,9	396,1	509,7	675,5	238,0	61,7
132	107,3	101,3	521,3	16,1	5,9	33,4	223,7	156,4	71,0	130,3	355,3	285,0	17,5	284,6	597,2	453,1
133	446,2	469,3	334,9	404,5	401,7	418,2	612,0	544,8	343,9	450,2	242,9	372,7	405,8	112,2	579,4	635,6
134	745,8	769,0	375,3	770,0	767,1	774,5	817,9	825,4	720,3	691,8	486,5	496,1	771,3	733,1	181,6	427,8
135	59,0	53,7	572,2	79,0	77,3	77,8	157,2	89,9	144,5	129,4	406,2	327,7	80,4	363,7	649,5	452,2
136	197,2	220,4	455,4	266,5	267,8	242,3	269,1	276,8	300,5	143,2	334,4	228,7	267,9	456,5	387,7	190,8
137	639,3	662,4	260,4	654,8	651,9	659,4	711,4	718,8	605,1	585,2	371,6	380,9	656,1	618,2	75,0	321,2
138	432,3	455,5	188,8	427,5	424,6	432,1	596,2	529,0	354,4	436,3	110,2	256,9	428,8	244,5	446,7	503,6
139	437,0	460,1	117,2	430,2	427,4	434,8	547,0	516,4	380,5	382,9	82,0	167,6	431,6	328,5	276,1	406,0
140	292,2	315,3	348,6	349,0	346,2	337,2	364,3	371,7	302,8	238,1	227,5	175,6	350,4	455,0	292,9	169,6
141	147,9	171,1	444,5	217,2	218,5	193,0	258,1	227,5	251,1	93,9	323,4	179,2	218,6	407,0	442,0	244,8
142	367,5	390,6	502,4	436,8	438,0	412,5	434,9	447,1	451,8	313,4	381,3	324,6	438,2	604,0	374,3	151,0
143	43,3	38,1	513,8	142,7	143,9	118,4	139,4	108,8	176,6	68,9	392,7	248,5	144,0	378,2	553,3	356,0
144	119,1	142,2	509,1	218,5	219,7	194,2	179,5	148,8	252,4	104,0	388,0	243,9	219,8	454,0	526,1	329,1
145	89,5	112,6	449,6	158,8	160,0	134,5	208,9	186,1	192,7	35,4	328,5	184,4	160,2	376,8	489,0	291,7
146	506,5	529,6	266,0	563,3	560,5	551,5	578,6	586,1	517,2	452,4	318,7	296,8	564,7	565,2	118,5	188,4
147	363,2	386,3	341,6	420,0	417,2	408,2	435,3	442,8	373,9	309,1	303,4	246,6	421,4	526,1	215,7	173,4
148	488,0	511,1	215,3	446,3	443,4	460,0	653,8	586,6	385,7	492,0	178,8	325,5	447,6	220,2	501,3	572,2
149	164,0	187,1	553,8	263,4	264,6	239,1	163,1	193,7	297,3	148,9	432,7	288,8	264,7	498,9	486,0	289,0
150	162,4	174,4	503,2	89,2	86,4	103,0	296,8	229,5	51,9	185,4	337,2	297,1	90,6	226,8	579,2	508,2
151	470,5	493,7	193,6	475,1	472,2	479,7	580,6	549,9	425,4	416,5	172,1	201,2	476,4	418,6	189,1	319,0
152	221,8	244,9	579,7	321,2	322,4	296,9	224,3	251,5	355,1	206,7	458,6	346,6	322,5	556,7	451,6	260,6
153	352,0	375,2	321,2	310,3	307,5	324,1	517,9	450,6	249,7	356,0	156,8	286,6	311,7	124,2	493,3	549,5
154	532,7	555,8	89,9	527,9	525,0	532,4	679,2	629,3	454,8	515,1	169,6	299,8	529,2	342,4	376,0	524,5
155	363,3	386,4	243,5	367,8	365,0	372,4	473,3	442,7	318,2	309,2	122,4	93,9	369,2	386,5	252,1	273,3

d_{ij}	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
156	795,7	818,9	425,2	819,8	817,0	824,4	867,8	875,3	770,2	741,7	536,4	546,0	821,2	782,9	231,5	477,7
157	429,3	452,5	468,1	498,6	499,9	474,4	501,7	508,9	513,7	375,3	443,2	386,4	500,0	665,9	275,8	52,0
158	141,5	118,4	589,6	216,7	214,9	200,7	79,8	116,7	274,8	160,1	468,5	324,4	218,0	476,3	574,4	377,4
159	539,1	562,3	338,4	596,0	593,2	584,2	611,2	618,7	549,8	485,1	391,1	369,2	597,4	637,6	103,3	221,1
160	145,4	124,6	627,1	202,1	200,4	201,0	27,9	64,6	267,7	199,9	506,0	361,9	203,5	486,9	666,6	469,3
161	413,7	436,8	517,4	513,1	514,3	488,8	416,2	443,4	516,4	378,0	446,0	389,2	514,4	668,6	325,1	66,3
162	131,1	151,4	554,1	230,5	231,8	206,2	112,0	149,7	264,4	149,8	433,0	288,8	231,9	466,0	538,8	341,8
163	510,8	534,0	307,7	567,7	564,9	555,9	582,9	590,4	521,5	456,8	360,4	338,5	569,0	607,0	75,4	192,8
164	158,4	181,6	392,5	184,1	181,3	188,7	322,4	255,1	137,9	162,5	257,4	127,3	185,5	307,5	466,4	343,1
165	57,6	80,8	483,6	126,9	128,2	102,7	221,5	154,3	160,9	15,0	362,5	218,4	128,3	344,9	523,0	325,7
166	369,9	393,1	195,4	365,1	362,3	369,7	526,6	466,6	315,4	362,5	37,0	147,2	366,5	265,4	354,3	393,9
167	380,3	403,5	451,0	449,6	450,9	425,4	452,7	459,9	464,7	326,3	394,2	337,4	451,0	616,9	258,8	40,0
168	526,9	550,0	71,6	520,1	517,3	524,7	636,9	606,3	470,4	472,8	185,2	257,5	521,5	431,7	236,4	384,8
169	745,8	769,0	375,3	770,0	767,1	774,5	817,9	825,4	720,3	691,8	486,5	496,1	771,3	733,1	181,6	427,8

d_{ij}	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
1	383,2	214,6	345,7	232,2	452,5	637,0	231,3	103,7	506,4	364,1	293,1	183,4	54,2	274,0	133,9	102,7
2	444,5	253,6	249,6	271,2	552,4	556,7	259,2	34,0	450,0	443,8	354,6	102,9	62,2	178,2	173,4	146,1
3	297,1	533,4	158,9	545,6	603,7	326,0	559,7	308,4	219,2	471,4	300,8	213,5	362,7	295,0	473,9	446,8
4	51,9	451,9	408,2	464,1	361,9	353,4	514,6	397,4	238,0	229,7	59,1	290,5	386,4	444,4	455,7	451,0
5	441,0	178,8	323,0	196,4	510,4	630,6	184,4	81,8	523,8	423,1	352,1	176,7	32,5	252,0	98,4	93,7
6	483,8	35,1	533,0	47,3	359,3	733,7	119,4	283,1	618,5	370,5	393,9	312,7	233,8	461,7	159,3	235,1
7	543,8	177,7	455,7	165,5	530,9	763,3	117,8	214,2	656,2	517,4	453,8	309,1	141,6	384,5	46,2	84,7
8	505,1	27,1	516,1	24,0	366,9	755,1	101,5	274,4	639,2	402,2	414,7	333,5	225,0	444,6	150,5	226,3
9	247,7	320,4	520,0	332,7	176,2	549,1	383,2	378,3	433,2	92,4	143,5	294,8	328,8	448,6	383,3	393,5
10	203,1	300,4	380,9	312,6	317,5	453,0	363,1	259,0	334,0	202,7	113,4	152,2	230,5	306,0	299,8	295,1
11	194,1	633,5	300,4	645,8	595,4	116,9	696,3	450,1	23,0	434,8	294,9	355,2	504,4	436,6	615,6	588,5
12	238,6	406,3	562,3	418,5	172,8	547,7	469,0	444,0	433,0	34,0	173,3	337,2	414,6	491,0	469,0	479,2
13	611,6	147,8	523,4	136,9	524,8	831,0	70,4	273,4	715,4	508,5	513,2	368,3	224,1	443,6	119,5	163,9
14	106,3	409,0	367,6	421,2	305,8	407,7	471,7	354,9	292,6	173,5	42,0	248,0	343,9	401,8	413,2	408,5
15	513,3	48,9	537,9	45,7	349,5	763,2	123,2	295,5	660,4	384,9	436,0	354,7	246,2	465,8	171,7	247,5
16	501,9	82,5	571,4	79,3	339,7	751,8	156,8	329,6	635,8	372,4	423,5	360,3	280,3	499,9	205,8	281,6
17	337,7	327,8	228,3	340,0	468,9	461,9	354,1	103,0	354,9	337,0	247,7	38,0	157,3	156,8	268,5	241,4
18	433,6	204,3	303,5	221,9	502,9	611,1	209,8	61,9	503,9	414,7	343,7	156,8	24,0	232,1	123,3	56,9
19	458,5	108,0	552,4	104,8	302,6	708,4	182,3	333,2	593,1	321,6	372,7	331,7	283,7	480,7	207,2	283,0
20	546,5	77,0	496,1	66,2	454,0	803,7	11,1	254,5	681,5	454,2	456,9	349,5	205,2	424,8	109,6	185,4
21	435,3	66,0	485,1	78,2	356,7	685,2	128,3	265,9	570,4	343,1	345,8	264,4	216,4	413,4	145,8	221,6
22	530,7	145,2	442,5	134,4	503,2	750,1	86,7	202,6	644,6	489,5	442,1	297,5	153,2	372,8	34,5	118,7
23	458,6	300,4	198,5	318,0	599,1	532,1	305,9	54,4	425,2	479,3	381,7	145,3	108,4	127,2	219,6	192,7

<i>d_{ij}</i>	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
24	469,8	423,9	209,8	441,5	622,7	543,3	429,4	178,0	436,6	490,8	393,2	156,8	232,0	35,0	343,2	320,5
25	502,9	129,8	414,7	147,4	483,0	722,3	105,1	173,2	615,3	469,2	412,8	268,2	123,9	343,5	19,0	83,6
26	416,8	207,4	594,7	204,2	188,0	718,2	281,7	375,7	602,2	228,6	312,5	374,2	326,2	523,2	297,3	373,1
27	498,2	205,6	387,8	223,2	567,5	695,1	180,9	135,6	577,9	479,4	408,4	230,8	56,9	319,1	83,7	26,0
28	478,2	149,3	587,4	146,1	249,4	699,8	223,6	395,8	584,7	291,2	375,2	367,1	346,4	516,1	271,9	347,7
29	438,7	145,9	350,4	163,5	481,5	658,0	151,4	108,8	550,8	419,6	348,5	203,7	59,5	279,0	74,8	70,1
30	595,6	270,1	443,7	268,5	623,3	760,3	220,8	211,2	653,5	576,6	505,6	306,4	176,5	338,0	147,8	119,6
31	180,4	647,9	328,6	660,2	581,7	144,3	710,7	478,5	29,2	418,3	278,4	383,6	532,8	465,1	640,6	616,9
32	104,7	595,9	350,0	608,2	506,0	207,8	658,7	477,0	92,9	343,0	203,1	382,9	530,3	463,6	599,6	594,9
33	114,6	508,4	254,1	520,6	501,4	245,8	571,1	374,1	129,9	369,4	198,8	279,9	428,4	360,6	501,0	496,3
34	199,7	542,1	167,6	554,3	542,5	287,6	568,4	318,1	180,4	409,7	239,1	223,3	372,4	304,7	483,7	456,5
35	317,8	398,8	158,4	411,0	543,9	384,7	425,1	173,9	278,5	411,6	241,0	79,0	228,2	160,4	339,4	312,3
36	390,5	237,3	624,6	234,1	159,4	691,9	311,6	405,2	575,7	202,0	286,0	403,7	355,7	552,7	326,8	402,6
37	501,0	78,2	567,2	75,0	341,4	751,0	152,6	325,6	635,6	372,2	423,3	384,7	276,2	495,8	201,7	277,5
38	542,9	50,4	508,6	39,6	427,4	792,8	42,9	267,3	677,9	450,6	453,4	372,2	218,0	437,6	136,2	212,0
39	474,8	36,6	524,0	48,8	375,2	724,7	120,9	286,1	610,3	383,0	385,7	304,5	236,8	453,5	162,3	238,1
40	539,2	86,9	488,8	76,1	460,6	796,4	25,9	248,1	675,1	447,8	450,5	343,0	198,8	418,4	97,7	173,5
41	472,6	34,4	521,8	46,6	371,7	722,5	118,7	282,3	606,5	379,2	381,9	300,8	233,0	449,7	158,5	234,3
42	512,0	47,6	536,5	44,4	345,9	761,9	121,9	294,8	646,3	379,0	430,1	344,0	245,5	465,1	170,9	246,7
43	554,6	396,0	231,2	413,6	745,4	597,6	371,3	234,5	491,4	613,9	516,3	279,9	236,2	126,9	275,8	197,9
44	241,2	489,1	605,2	485,9	154,7	550,3	563,4	588,7	435,3	97,8	234,3	481,8	511,0	635,6	565,4	575,6
45	310,2	242,1	340,3	254,4	424,8	548,7	314,6	198,2	433,3	309,3	220,1	120,1	147,8	269,1	217,1	212,4
46	594,5	302,1	389,7	319,7	664,1	706,7	277,4	157,9	600,2	575,9	504,8	253,1	159,6	285,1	180,2	102,3
47	406,9	159,3	519,7	171,5	263,3	632,1	222,1	300,7	516,9	252,5	303,6	299,2	251,2	448,2	222,4	298,2
48	349,7	273,6	634,5	270,4	163,2	651,1	347,9	441,3	536,5	162,9	246,8	409,9	391,8	563,7	362,9	438,7
49	366,6	347,8	651,4	344,6	48,9	668,1	422,2	509,9	553,0	179,3	263,3	426,4	460,5	580,2	437,0	512,8
50	221,5	454,6	224,6	466,9	447,7	352,7	514,7	263,7	237,5	315,4	144,8	168,9	318,1	250,3	429,3	402,1
51	472,3	94,0	486,7	108,8	393,7	722,3	109,5	251,6	608,4	381,1	383,8	290,6	202,3	421,9	127,7	203,5
52	471,0	329,5	716,8	326,3	126,9	772,4	403,8	497,9	657,2	283,5	367,5	496,4	448,4	645,4	419,6	495,4
53	441,6	148,7	554,4	145,5	281,7	666,9	223,1	335,2	551,3	286,9	338,1	333,7	285,7	482,7	247,8	323,6
54	609,3	345,1	285,9	362,7	707,0	652,4	320,4	183,3	545,9	620,3	513,3	278,5	184,9	181,4	224,6	146,7
55	265,0	435,0	630,9	431,8	112,7	574,1	509,3	512,7	459,5	74,9	242,0	405,9	483,3	559,7	524,9	547,9
56	496,6	41,4	457,7	59,0	428,0	765,2	73,6	216,1	632,0	404,7	407,4	311,0	166,8	386,4	92,2	168,0
57	502,4	5,6	503,8	13,4	395,9	752,3	85,5	262,7	637,2	409,9	412,7	331,5	213,4	432,9	138,8	214,6
58	496,1	281,3	300,9	298,9	560,6	608,3	256,6	59,1	501,4	495,2	406,0	154,3	61,4	229,9	169,8	91,9
59	503,5	450,0	180,1	467,6	694,3	546,5	425,3	249,1	439,3	561,8	464,2	227,8	303,0	74,9	328,8	250,9
60	264,3	483,1	108,6	495,3	570,9	307,3	509,4	257,9	200,7	438,5	267,9	163,1	312,3	244,5	423,5	396,3
61	347,3	392,5	196,9	404,7	538,4	420,8	416,1	165,2	313,7	406,6	270,2	72,6	219,2	125,4	330,4	303,5
62	507,8	8,4	490,5	27,7	401,2	757,7	82,5	249,2	642,3	415,0	417,7	336,5	199,9	419,4	125,3	201,1
63	508,7	15,6	487,7	33,2	402,1	758,7	100,2	245,8	644,0	416,7	419,4	338,2	196,5	416,1	122,0	197,8

<i>d_{ij}</i>	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
64	532,2	22,8	477,9	28,9	416,8	785,5	70,5	235,7	662,9	435,6	438,3	330,6	186,4	406,0	111,9	187,7
65	542,9	250,5	347,8	268,1	612,4	655,1	225,8	105,9	548,2	523,9	452,8	201,1	107,6	275,4	128,2	50,3
66	455,3	368,3	740,0	365,1	86,3	756,7	442,6	536,5	641,1	267,4	351,4	514,5	487,0	668,3	458,2	534,0
67	489,3	12,0	501,8	24,3	394,2	739,2	96,3	260,0	624,0	396,7	399,4	318,3	210,6	430,2	136,1	211,9
68	492,3	78,0	566,9	74,8	331,6	742,3	152,3	324,0	626,6	363,1	414,2	351,0	274,7	494,3	200,2	276,0
69	511,5	33,5	522,5	30,3	369,1	761,5	107,8	280,3	645,2	404,3	420,6	339,4	231,0	450,6	156,4	232,2
70	182,7	453,8	280,6	466,1	395,9	352,2	516,6	319,6	236,8	263,6	93,0	225,5	374,0	306,2	446,5	441,8
71	314,6	188,6	445,5	200,9	334,1	564,6	251,4	226,3	449,5	245,9	224,9	224,9	176,9	373,8	246,2	241,5
72	594,7	302,3	339,7	319,9	664,2	706,9	277,6	158,1	600,4	576,2	505,0	253,3	159,8	235,3	180,4	102,5
73	441,1	181,7	594,5	178,5	212,3	742,5	256,0	375,8	627,8	254,2	338,1	374,3	326,3	523,3	304,3	380,1
74	547,1	308,3	322,0	325,9	670,2	620,6	283,6	146,6	513,7	583,6	470,2	233,9	148,2	217,1	187,9	110,0
75	188,0	478,6	552,0	490,9	272,9	497,2	541,4	455,9	382,4	104,2	185,2	349,1	445,0	502,9	514,3	509,6
76	430,1	100,2	450,4	112,4	353,0	684,0	154,4	231,6	553,1	339,2	339,9	230,2	182,2	379,1	133,4	209,2
77	485,5	26,4	516,2	38,6	387,9	735,4	110,7	274,5	619,6	392,3	395,0	313,8	225,2	444,8	150,7	226,5
78	505,9	56,6	443,4	74,2	427,3	751,0	72,3	201,5	643,5	415,6	418,4	296,4	152,2	371,8	77,8	153,6
79	577,4	123,0	611,9	119,8	288,9	774,8	197,3	370,6	659,9	390,2	474,1	420,0	321,3	540,9	246,8	322,6
80	323,5	299,1	608,2	295,9	137,0	624,9	373,4	467,3	510,3	136,6	220,6	383,7	417,8	537,5	388,4	464,2
81	526,8	34,4	482,8	23,5	411,4	776,8	65,1	241,0	661,8	434,5	437,2	356,0	191,7	411,3	132,9	208,7
82	301,1	369,8	622,5	366,6	144,5	610,2	444,1	484,5	495,4	66,5	233,6	397,5	435,0	551,3	457,3	499,6
83	471,8	38,6	494,4	56,2	393,2	721,8	110,1	252,8	607,2	379,9	382,6	300,9	203,5	423,1	129,0	204,8
84	499,4	87,9	411,1	105,5	424,5	718,7	90,8	169,5	611,5	411,0	409,3	264,4	120,2	339,8	65,9	141,7
85	488,8	22,5	478,6	40,1	409,1	738,8	96,0	237,5	623,6	396,3	399,0	317,3	188,1	407,7	113,6	189,4
86	390,0	109,5	487,2	121,7	314,4	640,0	172,3	267,9	524,8	299,4	300,2	266,4	218,4	415,4	172,2	248,0
87	138,8	630,0	390,5	642,2	540,1	220,1	692,8	519,2	105,6	378,9	239,0	425,0	566,2	505,7	635,5	630,8
88	518,8	25,6	473,1	43,2	412,2	780,7	97,9	231,7	654,1	426,8	429,5	326,6	182,4	401,9	107,8	183,6
89	504,6	11,5	488,3	29,1	398,1	754,6	101,1	246,7	630,2	402,9	405,6	324,4	197,4	417,0	122,8	198,6
90	457,7	106,0	458,5	123,6	381,0	711,5	121,7	214,2	581,0	367,0	367,8	258,0	164,9	407,0	107,9	183,7
91	139,7	506,6	503,7	518,9	238,6	448,8	569,4	487,0	333,6	101,7	132,6	380,2	476,0	534,0	545,3	540,6
92	232,6	346,6	332,0	358,8	363,7	415,2	409,3	213,3	300,1	231,9	142,7	106,5	267,6	260,3	338,8	334,1
93	358,9	798,6	456,8	810,8	760,2	49,9	857,6	606,7	166,9	597,6	457,6	511,8	661,0	593,2	772,2	745,0
94	406,9	355,5	146,9	373,1	559,8	480,4	361,0	109,4	373,0	427,1	329,5	93,1	163,3	70,3	274,5	247,6
95	401,8	485,7	89,2	503,3	684,5	444,9	491,2	240,0	338,2	552,8	405,5	218,8	293,9	200,2	405,1	378,3
96	578,7	227,9	436,1	218,3	581,1	743,4	170,7	195,0	637,2	568,3	497,3	290,1	168,2	360,8	99,1	111,3
97	395,3	201,7	562,1	214,0	222,5	674,5	264,5	343,0	559,1	264,5	292,1	341,5	293,5	490,5	264,7	340,5
98	532,9	54,8	482,5	44,0	431,8	790,1	55,0	241,2	668,1	440,8	443,6	336,1	191,8	411,4	107,0	182,8
99	394,3	377,9	679,0	374,7	25,2	695,7	452,3	537,2	580,2	206,5	290,5	453,6	487,7	607,4	467,7	552,3
100	489,2	46,1	541,9	58,3	348,1	739,2	130,4	292,6	624,1	359,5	399,5	321,8	243,2	470,8	168,7	244,5
101	272,1	574,8	200,3	587,0	614,9	272,3	601,1	349,7	165,9	482,7	312,1	254,9	404,0	336,3	515,3	488,1
102	530,5	163,3	642,5	160,1	241,9	831,9	237,6	410,4	716,8	343,1	427,1	421,9	361,1	570,9	286,5	362,3
103	518,7	40,7	529,7	37,5	356,3	768,7	115,1	287,6	652,5	391,6	427,9	346,7	238,3	457,9	163,7	239,5

d_{ij}	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
104	616,2	214,6	528,1	203,8	591,7	835,6	137,3	286,7	728,8	575,5	526,3	381,7	237,4	457,0	118,7	158,8
105	253,1	275,4	453,2	287,6	244,3	525,3	338,2	309,7	410,4	155,8	149,4	228,5	260,2	382,3	329,5	324,8
106	451,1	500,2	127,7	517,8	687,3	494,2	475,5	257,5	387,8	555,5	457,9	221,5	311,4	68,6	379,8	301,9
107	543,1	217,6	400,5	235,2	570,8	707,8	192,9	159,1	601,3	524,5	453,5	254,2	124,4	324,9	95,7	67,5
108	400,3	135,4	420,6	147,6	384,8	654,1	189,6	201,6	523,1	371,6	309,9	200,1	152,1	349,1	167,5	216,7
109	241,4	546,5	171,9	558,7	584,2	244,4	572,7	321,9	137,6	452,1	281,5	227,0	376,2	308,4	487,4	460,3
110	381,6	162,9	401,9	175,1	412,2	635,4	217,1	183,0	504,5	343,7	291,3	181,5	133,5	330,5	194,7	198,1
111	335,7	527,1	40,3	539,3	642,3	378,7	561,0	309,7	272,1	509,9	339,3	207,3	363,7	270,0	474,9	448,0
112	532,9	173,0	439,0	190,6	526,2	746,3	148,3	186,8	629,1	514,0	443,0	282,0	114,0	370,3	50,9	57,0
113	536,1	90,6	448,0	107,1	446,0	755,6	59,2	197,2	639,3	432,3	437,0	292,2	147,9	367,5	43,3	119,1
114	560,0	112,9	471,9	102,0	470,9	779,4	54,4	220,4	662,4	455,5	460,1	315,3	171,1	390,6	38,1	142,2
115	71,5	509,5	430,1	521,8	326,1	375,2	572,3	455,4	260,4	188,8	117,2	348,6	444,5	502,4	513,8	509,1
116	519,8	27,4	510,9	16,5	404,4	769,8	77,7	266,5	654,8	427,5	430,2	349,0	217,2	436,8	142,7	218,5
117	517,3	24,9	509,0	6,1	401,9	767,2	75,8	267,8	651,9	424,6	427,4	346,2	218,5	438,0	143,9	219,7
118	525,0	18,4	490,6	26,5	418,4	774,9	77,1	242,3	659,4	432,1	434,8	337,2	193,0	412,5	118,4	194,2
119	636,9	235,3	510,6	224,5	612,3	817,9	158,0	269,1	711,4	596,2	547,0	364,3	258,1	434,9	139,4	179,5
120	606,3	167,9	518,2	157,0	544,9	825,7	90,6	276,8	718,8	529,0	516,4	371,7	227,5	447,1	108,8	148,8
121	472,4	59,3	525,0	71,5	343,1	722,3	143,6	300,5	605,1	354,4	380,5	302,8	251,1	451,8	176,6	252,4
122	472,7	114,0	384,4	131,6	449,7	692,0	119,5	143,2	585,2	436,3	382,9	238,1	93,9	313,4	68,9	104,0
123	184,5	343,9	452,6	356,1	242,6	485,9	406,6	334,4	371,6	110,2	82,0	227,5	323,4	381,3	392,7	388,0
124	257,7	272,5	395,4	284,8	372,3	496,2	345,0	228,7	380,9	256,9	167,6	175,6	179,2	324,6	248,5	243,9
125	521,1	28,7	512,2	17,8	405,7	771,1	79,0	267,9	656,1	428,8	431,6	350,4	218,6	438,2	144,0	219,8
126	430,8	289,7	676,9	286,5	111,0	732,2	364,0	456,5	618,2	244,5	328,5	455,0	407,0	604,0	378,2	454,0
127	235,9	585,6	237,8	597,9	578,7	181,7	638,6	387,7	75,0	446,7	276,1	292,9	442,0	374,3	553,3	526,1
128	384,8	436,7	61,4	454,3	635,5	427,8	442,2	190,8	321,2	503,6	406,0	169,6	244,8	151,0	356,0	329,1
129	45,0	498,9	364,0	511,1	375,7	309,1	561,6	444,5	194,1	238,6	106,3	337,7	433,6	469,8	502,9	498,2
130	498,9	3,0	496,1	17,7	392,4	748,9	89,7	253,6	633,5	406,3	409,0	327,8	204,3	423,9	129,8	205,6
131	364,0	495,4	20,0	513,0	694,2	407,0	500,9	249,6	300,4	562,3	367,6	228,3	303,5	209,8	414,7	387,8
132	510,4	17,9	511,8	3,0	389,4	760,3	79,2	271,2	645,8	418,5	421,2	340,0	221,9	441,5	147,4	223,2
133	384,6	393,2	694,3	390,0	7,0	711,0	467,5	552,4	595,4	172,8	305,8	468,9	502,9	622,7	483,0	567,5
134	309,0	748,7	407,0	761,0	710,3	49,0	807,8	556,7	116,9	547,7	407,7	461,9	611,1	543,3	722,3	695,1
135	561,3	91,5	510,9	80,6	468,5	818,5	10,0	259,2	696,3	469,0	471,7	354,1	209,8	429,4	105,1	180,9
136	444,5	253,6	249,6	271,2	552,4	556,7	259,2	34,0	450,1	444,0	354,9	103,0	61,9	178,0	173,2	135,6
137	194,1	633,5	300,4	645,8	595,4	116,9	696,3	450,1	23,0	433,0	292,6	354,9	503,9	436,6	615,3	577,9
138	238,6	406,3	562,3	418,5	172,8	547,7	469,0	444,0	433,0	34,0	173,5	337,0	414,7	490,8	469,2	479,4
139	106,3	409,0	367,6	421,2	305,8	407,7	471,7	354,9	292,6	173,5	42,0	247,7	343,7	393,2	412,8	408,4
140	337,7	327,8	228,3	340,0	468,9	461,9	354,1	103,0	354,9	337,0	247,7	38,0	156,8	156,8	268,2	230,8
141	433,6	204,3	303,5	221,9	502,9	611,1	209,8	61,9	503,9	414,7	343,7	156,8	24,0	232,0	123,9	56,9
142	469,8	423,9	209,8	441,5	622,7	543,3	429,4	178,0	436,6	490,8	393,2	156,8	232,0	35,0	343,5	319,1
143	502,9	129,8	414,7	147,4	483,0	722,3	105,1	173,2	615,3	469,2	412,8	268,2	123,9	343,5	19,0	83,7

d_{ij}	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
144	498,2	205,6	387,8	223,2	567,5	695,1	180,9	135,6	577,9	479,4	408,4	230,8	56,9	319,1	83,7	26,0
145	438,7	145,9	350,4	163,5	481,5	658,0	151,4	108,8	550,8	419,6	348,5	203,7	59,5	279,0	74,8	70,1
146	199,7	542,1	167,6	554,3	542,5	287,6	568,4	318,1	180,4	409,7	239,1	223,3	372,4	304,7	483,7	456,5
147	317,8	398,8	158,4	411,0	543,9	384,7	425,1	173,9	278,5	411,6	241,0	79,0	228,2	160,4	339,4	312,3
148	265,0	435,0	630,9	431,8	112,7	574,1	509,3	512,7	459,5	74,9	242,0	405,9	483,3	559,7	524,9	547,9
149	542,9	250,5	347,8	268,1	612,4	655,1	225,8	105,9	548,2	523,9	452,8	201,1	107,6	275,4	128,2	50,3
150	492,3	78,0	566,9	74,8	331,6	742,3	152,3	324,0	626,6	363,1	414,2	351,0	274,7	494,3	200,2	276,0
151	182,7	453,8	280,6	466,1	395,9	352,2	516,6	319,6	236,8	263,6	93,0	225,5	374,0	306,2	446,5	441,8
152	547,1	308,3	322,0	325,9	670,2	620,6	283,6	146,6	513,7	583,6	470,2	233,9	148,2	217,1	187,9	110,0
153	323,5	299,1	608,2	295,9	137,0	624,9	373,4	467,3	510,3	136,6	220,6	383,7	417,8	537,5	388,4	464,2
154	139,7	506,6	503,7	518,9	238,6	448,8	569,4	487,0	333,6	101,7	132,6	380,2	476,0	534,0	545,3	540,6
155	232,6	346,6	332,0	358,8	363,7	415,2	409,3	213,3	300,1	231,9	142,7	106,5	267,6	260,3	338,8	334,1
156	358,9	798,6	456,8	810,8	760,2	49,9	857,6	606,7	166,9	597,6	457,6	511,8	661,0	593,2	772,2	745,0
157	401,8	485,7	89,2	503,3	684,5	444,9	491,2	240,0	338,2	552,8	405,5	218,8	293,9	200,2	405,1	378,3
158	578,7	227,9	436,1	218,3	581,1	743,4	170,7	195,0	637,2	568,3	497,3	290,1	168,2	360,8	99,1	111,3
159	272,1	574,8	200,3	587,0	614,9	272,3	601,1	349,7	165,9	482,7	312,1	254,9	404,0	336,3	515,3	488,1
160	616,2	214,6	528,1	203,8	591,7	835,6	137,3	286,7	728,8	575,5	526,3	381,7	237,4	457,0	118,7	158,8
161	451,1	500,2	127,7	517,8	687,3	494,2	475,5	257,5	387,8	555,5	457,9	221,5	311,4	68,6	379,8	301,9
162	543,1	217,6	400,5	235,2	570,8	707,8	192,9	159,1	601,3	524,5	453,5	254,2	124,4	324,9	95,7	67,5
163	241,4	546,5	171,9	558,7	584,2	244,4	572,7	321,9	137,6	452,1	281,5	227,0	376,2	308,4	487,4	460,3
164	381,6	162,9	401,9	175,1	412,2	635,4	217,1	183,0	504,5	343,7	291,3	181,5	133,5	330,5	194,7	198,1
165	472,7	114,0	384,4	131,6	449,7	692,0	119,5	143,2	585,2	436,3	382,9	238,1	93,9	313,4	68,9	104,0
166	184,5	343,9	452,6	356,1	242,6	485,9	406,6	334,4	371,6	110,2	82,0	227,5	323,4	381,3	392,7	388,0
167	384,8	436,7	61,4	454,3	635,5	427,8	442,2	190,8	321,2	503,6	406,0	169,6	244,8	151,0	356,0	329,1
168	45,0	498,9	364,0	511,1	375,7	309,1	561,6	444,5	194,1	238,6	106,3	337,7	433,6	469,8	502,9	498,2
169	309,0	748,7	407,0	761,0	710,3	49,0	807,8	556,7	116,9	547,7	407,7	461,9	611,1	543,3	722,3	695,1

d_{ij}	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
1	69,7	397,7	254,4	432,7	174,1	252,5	326,7	198,2	366,5	425,3	219,4	686,9	335,8	209,7	430,4	247,2
2	109,1	317,2	173,9	512,4	106,0	325,6	319,5	146,2	467,4	486,7	213,5	606,5	240,0	194,3	349,9	286,8
3	409,6	100,8	136,4	540,0	406,7	557,0	213,8	372,2	518,0	436,8	246,6	375,7	196,5	495,0	119,1	587,3
4	391,5	243,6	283,6	269,7	495,7	445,1	135,5	521,6	276,3	144,3	185,4	402,8	445,7	531,6	316,0	569,0
5	34,1	391,0	247,7	491,7	138,6	250,6	385,6	196,4	425,5	484,2	278,4	680,3	313,9	174,2	423,7	211,7
6	175,4	527,0	383,7	401,8	280,0	63,2	438,8	337,8	265,9	470,9	331,5	783,5	523,5	257,5	559,7	243,5
7	115,7	523,5	380,2	573,0	129,6	249,0	487,3	187,4	437,0	585,9	380,1	812,7	446,3	54,1	556,1	74,2
8	166,6	547,8	404,5	408,9	271,2	51,9	459,5	329,0	273,0	506,9	352,3	804,3	506,4	240,3	580,5	225,8
9	334,0	380,3	370,6	161,0	438,4	277,8	233,7	496,2	90,5	192,8	189,7	598,0	510,4	474,0	452,7	506,1
10	235,7	250,0	228,1	271,3	340,0	293,9	154,3	383,3	232,0	245,6	47,1	499,1	367,9	375,7	322,4	413,2
11	551,3	180,9	278,0	461,3	548,4	627,0	236,9	513,9	512,1	335,9	299,8	167,2	338,2	636,7	165,7	729,0

<i>d_{ij}</i>	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
12	419,8	410,0	411,5	74,8	524,1	363,6	263,4	581,9	136,1	101,8	232,0	597,7	552,8	559,8	482,4	591,9
13	165,6	582,6	439,3	566,1	208,8	209,0	546,7	266,6	430,1	608,8	439,4	871,9	505,5	131,8	615,3	79,7
14	349,0	239,6	241,1	242,0	453,2	414,5	93,0	479,1	220,0	132,6	142,9	457,3	405,6	489,0	312,0	526,5
15	187,8	569,0	425,7	391,6	292,4	34,6	480,7	350,2	255,7	489,6	373,4	825,5	527,6	269,8	601,7	247,0
16	221,9	551,7	431,3	379,2	326,5	9,2	456,1	384,3	243,2	477,2	348,8	800,9	561,7	303,9	607,3	281,1
17	204,2	222,1	78,8	405,6	201,3	351,5	225,4	234,1	382,9	379,9	106,7	511,4	218,6	289,6	254,8	381,9
18	59,0	371,1	227,8	483,3	107,8	275,5	373,4	148,0	417,1	475,8	267,4	660,4	294,0	159,8	403,8	236,7
19	223,3	509,0	402,8	344,4	327,9	43,2	413,4	385,7	208,5	422,0	306,1	758,1	542,6	305,4	578,7	306,3
20	146,8	563,8	420,5	495,3	230,3	138,2	501,8	288,1	359,3	554,6	394,5	853,0	486,6	175,2	596,4	141,4
21	161,9	478,8	335,5	398,8	266,5	86,6	390,7	324,3	262,8	443,5	283,5	735,5	475,3	244,0	511,4	251,2
22	104,0	511,8	368,5	545,1	163,6	206,9	475,7	221,4	409,2	574,3	368,4	801,0	434,7	86,9	544,5	105,3
23	155,3	292,4	149,1	547,9	152,6	371,8	294,7	100,7	513,6	513,8	249,0	581,6	189,0	240,9	325,1	332,9
24	278,9	303,9	160,6	559,4	276,5	495,4	306,2	217,3	536,7	525,3	260,5	593,1	200,5	360,4	336,5	456,5
25	74,7	482,5	339,2	524,9	128,5	200,9	446,4	186,3	388,9	545,0	339,1	771,7	405,3	100,0	515,2	118,6
26	295,9	507,7	445,2	228,5	418,0	143,3	402,7	475,8	92,5	326,4	304,9	767,0	585,0	395,5	580,1	406,0
27	70,3	445,1	301,8	548,0	50,7	277,1	442,0	108,5	465,2	540,6	334,7	734,4	368,2	102,8	477,8	158,6
28	288,0	500,6	438,1	291,1	392,6	84,7	405,0	450,4	155,2	389,1	297,7	749,8	577,9	370,1	573,0	347,4
29	25,0	418,0	274,7	488,1	115,0	217,5	382,1	172,8	388,1	480,7	274,8	707,3	340,9	150,7	450,7	188,2
30	167,5	520,7	377,4	645,2	105,2	341,2	523,0	127,3	529,2	637,7	416,9	809,9	433,2	54,9	553,3	139,3
31	576,4	209,3	306,5	444,8	576,8	641,5	251,5	542,4	495,5	319,4	314,4	193,9	366,6	665,1	194,1	754,0
32	535,4	185,7	311,6	369,5	575,3	589,1	214,8	540,9	420,2	244,1	277,7	257,6	387,8	663,7	229,9	713,0
33	436,8	89,9	208,6	379,0	472,4	501,9	111,8	437,9	416,0	253,6	174,8	294,9	292,0	560,7	162,3	614,3
34	419,4	43,0	146,1	464,4	416,4	542,2	152,1	382,0	456,3	339,0	215,1	336,8	206,2	504,8	80,3	597,0
35	275,1	145,7	31,0	480,2	272,2	422,4	154,0	237,7	458,2	373,2	182,7	435,0	196,9	360,5	178,4	452,8
36	325,4	522,8	474,7	201,9	447,5	172,8	376,2	505,3	66,0	299,9	344,0	740,5	614,5	425,0	595,2	435,5
37	217,8	551,6	455,7	381,9	322,4	10,1	455,9	380,2	246,0	479,9	348,7	800,7	557,6	299,9	631,7	277,0
38	159,6	586,5	443,2	469,4	256,9	112,4	498,2	314,7	333,5	551,0	391,0	843,0	499,4	201,8	619,2	168,0
39	178,4	518,9	375,6	418,0	283,0	95,3	430,6	340,8	282,0	483,4	323,3	775,4	515,4	260,4	551,5	246,4
40	140,4	557,4	414,1	503,4	218,4	148,8	495,4	276,2	367,5	548,2	388,1	846,6	480,2	163,1	590,0	149,0
41	174,6	515,1	371,8	414,2	279,2	91,5	426,8	337,0	278,2	479,6	319,5	771,6	511,6	256,6	547,7	242,6
42	187,0	558,4	415,1	387,1	291,6	46,1	466,6	349,4	251,1	479,4	359,4	811,4	526,9	269,1	591,0	246,2
43	262,4	358,6	283,7	682,5	153,9	469,2	429,3	94,8	659,8	648,4	383,6	647,9	222,2	237,8	391,3	322,1
44	516,1	440,8	474,9	59,2	620,5	424,6	326,8	678,3	190,3	104,1	376,7	600,0	642,9	656,1	513,2	687,3
45	152,9	334,4	191,1	377,9	257,3	265,7	253,6	315,1	339,1	352,2	146,4	598,4	330,9	293,0	367,1	330,5
46	166,8	467,4	324,1	644,5	58,3	373,6	469,7	74,5	561,7	636,9	363,7	756,7	380,4	103,4	500,1	187,9
47	221,0	432,8	370,3	305,2	343,1	114,3	337,2	400,9	169,3	352,9	229,9	681,9	510,1	320,5	505,2	345,2
48	361,5	483,6	485,0	162,8	483,6	208,9	337,0	541,4	26,8	260,7	304,8	701,3	625,6	461,1	556,0	471,6
49	435,6	500,1	501,5	156,6	557,7	285,7	353,4	615,5	94,5	277,2	321,3	717,7	642,0	535,2	572,4	545,7
50	365,0	66,9	98,3	384,0	362,1	447,9	57,8	327,6	361,9	276,9	120,7	402,6	262,8	450,4	146,9	542,6
51	143,8	504,9	361,6	436,8	248,4	119,0	428,7	306,2	300,8	481,5	321,5	773,5	483,7	225,9	537,6	233,2

<i>d_{ij}</i>	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
52	418,1	604,2	567,5	235,0	540,3	268,2	457,6	598,1	165,6	381,4	425,5	821,9	707,3	517,7	676,6	528,3
53	255,4	467,2	404,7	323,6	368,5	83,8	371,6	426,3	187,6	387,3	264,3	716,4	544,5	345,9	539,6	346,9
54	211,2	413,1	280,7	688,9	102,7	418,0	426,3	43,5	606,1	645,5	389,1	702,3	276,7	186,6	445,7	270,9
55	488,4	465,1	480,1	21,0	592,8	370,9	332,1	650,6	136,6	128,4	300,7	624,3	621,5	623,0	537,5	633,6
56	108,3	525,3	382,1	460,4	212,9	113,4	452,3	270,7	324,4	505,1	345,0	797,1	448,2	190,4	558,0	197,9
57	154,9	545,8	402,5	437,9	259,5	80,8	457,5	317,3	301,9	510,3	350,3	802,3	494,8	224,3	578,5	209,7
58	116,4	368,6	225,3	563,8	51,8	363,2	370,9	92,0	474,5	538,1	264,9	657,9	291,8	140,2	401,3	244,7
59	315,4	306,5	231,6	630,4	206,9	522,2	377,2	147,7	607,7	596,3	331,5	595,8	170,1	290,8	339,2	375,0
60	359,2	67,9	85,9	507,1	356,2	506,5	180,9	321,8	485,1	404,0	266,7	357,2	146,0	444,6	100,6	536,8
61	266,1	181,0	37,7	475,2	263,4	416,0	183,3	202,7	452,5	402,4	176,3	470,2	187,3	351,7	213,6	443,7
62	141,4	550,8	407,5	442,9	246,0	85,9	462,6	303,8	307,0	515,4	355,3	807,3	481,3	223,5	583,5	207,7
63	138,1	552,5	409,3	444,6	242,7	87,6	464,3	300,5	308,7	517,1	357,0	809,0	477,9	220,1	585,2	223,9
64	128,0	545,0	401,7	458,4	232,6	101,4	483,2	290,4	322,5	536,0	375,9	834,2	467,8	197,1	577,6	194,2
65	114,8	415,4	272,1	592,5	26,0	321,6	417,7	64,8	509,7	584,9	311,7	704,7	338,5	90,0	448,1	174,2
66	456,7	588,2	589,6	193,9	578,9	306,8	441,5	636,7	182,6	319,8	409,4	805,9	730,2	556,3	660,5	566,9
67	152,2	532,6	389,3	435,7	256,8	78,7	444,3	314,6	299,8	497,1	337,1	789,1	492,1	234,3	565,3	220,3
68	216,3	542,5	422,1	370,0	320,9	17,0	446,9	378,7	234,0	467,9	339,6	791,6	556,1	298,3	598,0	275,5
69	172,5	553,7	410,5	411,1	277,1	54,0	465,5	334,9	275,1	509,0	358,2	810,2	512,4	246,2	586,4	231,7
70	382,4	152,7	154,2	332,2	418,0	447,5	32,0	383,5	310,2	225,1	120,3	401,9	318,7	506,3	225,1	559,9
71	182,0	365,4	295,9	314,5	286,4	181,7	269,8	344,2	248,3	327,2	162,5	614,6	435,7	322,0	437,8	359,5
72	167,1	467,6	324,4	644,8	58,6	373,8	469,9	45,6	561,9	637,1	363,9	756,9	330,6	134,7	500,3	219,1
73	320,4	507,8	445,3	254,1	425,0	117,1	428,3	482,8	118,1	352,0	305,0	792,6	585,1	402,5	580,2	379,8
74	174,5	380,9	237,6	652,2	66,0	381,3	383,2	43,0	569,3	602,4	337,5	670,2	312,3	149,9	413,6	234,1
75	450,1	388,0	423,4	165,2	554,3	435,1	275,4	580,2	240,7	51,2	244,0	547,1	564,8	590,1	460,3	627,6
76	132,0	444,5	301,2	394,8	254,1	123,3	373,4	311,9	258,9	439,6	266,2	733,7	441,0	231,5	477,1	239,7
77	166,8	528,2	384,9	403,5	271,4	73,3	439,9	329,2	267,6	492,7	332,6	784,7	506,6	248,8	560,8	234,8
78	93,8	510,8	367,5	471,3	198,5	129,2	463,2	256,3	335,3	516,0	356,0	800,0	433,6	175,9	543,4	184,4
79	262,9	575,8	491,0	390,1	367,5	50,3	480,2	425,3	254,1	488,0	372,9	824,9	602,7	344,9	667,0	322,1
80	387,0	457,4	458,8	136,5	509,1	234,4	310,8	566,9	28,0	234,5	278,6	675,1	599,4	486,5	529,8	497,1
81	133,2	570,3	427,0	453,3	253,6	96,2	482,1	311,4	317,3	534,8	374,8	826,8	473,1	202,0	603,0	189,0
82	440,1	470,3	471,7	68,1	544,5	303,3	323,7	602,3	69,0	164,3	292,3	660,2	613,1	555,5	542,7	566,0
83	145,1	515,3	372,0	435,5	249,7	117,7	427,5	307,5	299,6	480,3	320,2	772,2	484,9	227,1	547,9	234,4
84	61,8	478,8	335,5	466,6	186,6	159,3	442,8	244,4	330,6	511,3	335,6	768,0	401,6	164,0	511,4	172,2
85	129,7	531,7	388,4	452,1	234,3	95,1	443,9	292,1	316,2	496,7	336,6	788,7	469,5	211,8	564,3	219,7
86	170,8	440,7	337,4	355,1	292,9	101,7	345,1	350,7	219,1	399,8	237,8	689,9	477,2	270,4	513,4	295,0
87	571,3	227,8	353,7	405,4	617,5	625,0	256,9	583,0	456,1	280,0	319,9	270,4	429,9	711,4	272,6	748,9
88	123,9	540,9	397,6	454,8	228,5	97,7	474,4	286,3	318,8	527,2	367,1	830,2	463,8	206,0	573,6	213,5
89	138,9	538,7	395,4	439,4	243,5	82,3	450,5	301,3	303,4	503,2	343,2	795,2	478,8	221,0	571,4	224,0
90	106,5	472,3	329,1	422,6	228,6	150,7	401,3	286,4	286,7	467,3	294,1	761,6	446,3	206,0	505,0	214,2
91	481,1	339,2	373,2	128,1	585,3	468,3	225,1	611,3	234,0	30,0	275,1	498,4	541,3	621,2	411,6	658,7

d_{ij}	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
92	274,6	216,0	182,3	300,5	311,6	339,7	120,4	337,6	277,8	274,8	45,0	465,2	322,1	400,0	288,4	452,2
93	707,9	337,5	434,6	624,0	705,0	792,2	402,1	670,5	674,8	498,7	465,1	49,0	494,8	793,3	322,3	885,6
94	210,2	240,2	96,9	495,7	207,5	426,7	242,5	146,8	473,0	461,6	196,8	529,4	136,8	295,9	272,9	387,9
95	340,8	205,4	196,3	621,4	338,2	557,4	318,5	312,4	598,6	541,5	322,4	494,7	21,0	426,5	238,1	518,5
96	159,2	504,5	361,2	622,6	89,0	289,8	506,8	150,2	486,7	629,5	400,7	793,7	427,6	29,0	537,1	88,7
97	263,2	475,1	412,5	264,4	385,4	148,0	382,2	443,2	128,5	362,4	272,2	724,2	552,3	362,8	547,4	387,5
98	133,4	550,4	407,1	473,5	227,7	116,5	488,4	285,5	337,6	541,2	381,2	839,6	473,2	176,1	583,1	179,3
99	466,3	527,3	528,7	133,0	597,2	316,4	380,7	655,0	121,7	258,9	348,5	745,0	669,3	565,9	599,7	576,4
100	184,8	536,2	392,9	390,8	289,4	57,1	444,4	347,2	254,9	459,9	337,1	789,2	532,7	266,9	568,8	252,9
101	451,0	80,5	177,7	537,4	448,0	598,3	225,1	413,6	529,3	412,0	288,1	322,3	237,8	536,4	43,0	628,6
102	302,6	577,7	492,9	343,0	407,2	94,2	517,2	465,0	207,0	441,0	374,8	881,5	632,7	384,7	668,9	361,8
103	179,8	561,1	417,8	398,4	284,4	41,3	472,8	342,2	262,4	496,3	365,5	817,6	519,7	261,9	593,7	239,0
104	188,2	596,0	452,7	633,1	172,8	276,1	559,9	234,0	497,2	658,5	452,6	885,2	518,8	89,5	628,7	15,0
105	265,4	326,3	304,4	224,4	369,7	269,1	230,7	427,5	158,2	237,1	123,4	575,4	444,2	405,4	398,7	442,9
106	358,3	255,0	225,3	624,1	257,9	573,2	370,9	198,7	601,4	591,1	325,2	544,3	118,6	341,8	287,7	426,0
107	115,4	468,6	325,3	593,1	53,1	289,1	470,9	114,3	477,1	585,6	364,8	757,8	391,7	37,3	501,2	121,5
108	157,2	414,4	271,1	427,2	261,6	159,3	343,4	319,4	291,3	442,0	236,2	703,7	410,9	265,6	447,1	273,8
109	423,1	49,9	149,8	506,7	420,2	570,4	194,5	385,7	498,6	381,4	257,4	294,0	210,0	508,5	37,5	600,8
110	138,7	395,9	252,6	412,3	243,0	186,5	324,8	300,8	318,5	423,4	217,6	685,1	392,4	278,7	428,5	301,0
111	410,6	139,3	130,2	578,5	407,9	550,7	252,3	382,1	556,5	475,4	311,0	428,5	78,2	496,3	172,0	588,2
112	104,9	496,3	353,0	568,3	101,9	244,3	476,6	159,7	432,4	575,2	369,3	785,6	419,5	57,5	529,0	106,2
113	89,5	506,5	363,2	488,0	164,0	162,4	470,5	221,8	352,0	532,7	363,3	795,7	429,3	141,5	539,1	145,4
114	112,6	529,6	386,3	511,1	187,1	174,4	493,7	244,9	375,2	555,8	386,4	818,9	452,5	118,4	562,3	124,6
115	449,6	266,0	341,6	215,3	553,8	503,2	193,6	579,7	321,2	89,9	243,5	425,2	468,1	589,6	338,4	627,1
116	158,8	563,3	420,0	446,3	263,4	89,2	475,1	321,2	310,3	527,9	367,8	819,8	498,6	216,7	596,0	202,1
117	160,0	560,5	417,2	443,4	264,6	86,4	472,2	322,4	307,5	525,0	365,0	817,0	499,9	214,9	593,2	200,4
118	134,5	551,5	408,2	460,0	239,1	103,0	479,7	296,9	324,1	532,4	372,4	824,4	474,4	200,7	584,2	201,0
119	208,9	578,6	435,3	653,8	163,1	296,8	580,6	224,3	517,9	679,2	473,3	867,8	501,7	79,8	611,2	27,9
120	186,1	586,1	442,8	586,6	193,7	229,5	549,9	251,5	450,6	629,3	442,7	875,3	508,9	116,7	618,7	64,6
121	192,7	517,2	373,9	385,7	297,3	51,9	425,4	355,1	249,7	454,8	318,2	770,2	513,7	274,8	549,8	267,7
122	35,4	452,4	309,1	492,0	148,9	185,4	416,5	206,7	356,0	515,1	309,2	741,7	375,3	160,1	485,1	199,9
123	328,5	318,7	303,4	178,8	432,7	337,2	172,1	458,6	156,8	169,6	122,4	536,4	443,2	468,5	391,1	506,0
124	184,4	296,8	246,6	325,5	288,8	297,1	201,2	346,6	286,6	299,8	93,9	546,0	386,4	324,4	369,2	361,9
125	160,2	564,7	421,4	447,6	264,7	90,6	476,4	322,5	311,7	529,2	369,2	821,2	500,0	218,0	597,4	203,5
126	376,8	565,2	526,1	220,2	498,9	226,8	418,6	556,7	124,2	342,4	386,5	782,9	665,9	476,3	637,6	486,9
127	489,0	118,5	215,7	501,3	486,0	579,2	189,1	451,6	493,3	376,0	252,1	231,5	275,8	574,4	103,3	666,6
128	291,7	188,4	173,4	572,2	289,0	508,2	319,0	260,6	549,5	524,5	273,3	477,7	52,0	377,4	221,1	469,3
129	438,7	199,7	317,8	265,0	542,9	492,3	182,7	547,1	323,5	139,7	232,6	358,9	401,8	578,7	272,1	616,2
130	145,9	542,1	398,8	435,0	250,5	78,0	453,8	308,3	299,1	506,6	346,6	798,6	485,7	227,9	574,8	214,6
131	350,4	167,6	158,4	630,9	347,8	566,9	280,6	322,0	608,2	503,7	332,0	456,8	89,2	436,1	200,3	528,1

d_{ij}	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
132	163,5	554,3	411,0	431,8	268,1	74,8	466,1	325,9	295,9	518,9	358,8	810,8	503,3	218,3	587,0	203,8
133	481,5	542,5	543,9	112,7	612,4	331,6	395,9	670,2	137,0	238,6	363,7	760,2	684,5	581,1	614,9	591,7
134	658,0	287,6	384,7	574,1	655,1	742,3	352,2	620,6	624,9	448,8	415,2	49,9	444,9	743,4	272,3	835,6
135	151,4	568,4	425,1	509,3	225,8	152,3	516,6	283,6	373,4	569,4	409,3	857,6	491,2	170,7	601,1	137,3
136	108,8	318,1	173,9	512,7	105,9	324,0	319,6	146,6	467,3	487,0	213,3	606,7	240,0	195,0	349,7	286,7
137	550,8	180,4	278,5	459,5	548,2	626,6	236,8	513,7	510,3	333,6	300,1	166,9	338,2	637,2	165,9	728,8
138	419,6	409,7	411,6	74,9	523,9	363,1	263,6	583,6	136,6	101,7	231,9	597,6	552,8	568,3	482,7	575,5
139	348,5	239,1	241,0	242,0	452,8	414,2	93,0	470,2	220,6	132,6	142,7	457,6	405,5	497,3	312,1	526,3
140	203,7	223,3	79,0	405,9	201,1	351,0	225,5	233,9	383,7	380,2	106,5	511,8	218,8	290,1	254,9	381,7
141	59,5	372,4	228,2	483,3	107,6	274,7	374,0	148,2	417,8	476,0	267,6	661,0	293,9	168,2	404,0	237,4
142	279,0	304,7	160,4	559,7	275,4	494,3	306,2	217,1	537,5	534,0	260,3	593,2	200,2	360,8	336,3	457,0
143	74,8	483,7	339,4	524,9	128,2	200,2	446,5	187,9	388,4	545,3	338,8	772,2	405,1	99,1	515,3	118,7
144	70,1	456,5	312,3	547,9	50,3	276,0	441,8	110,0	464,2	540,6	334,1	745,0	378,3	111,3	488,1	158,8
145	25,0	419,4	275,1	488,4	114,8	216,3	382,4	174,5	387,0	481,1	274,6	707,9	340,8	159,2	451,0	188,2
146	419,4	43,0	145,7	465,1	415,4	542,5	152,7	380,9	457,4	339,2	216,0	337,5	205,4	504,5	80,5	596,0
147	275,1	145,7	31,0	480,1	272,1	422,1	154,2	237,6	458,8	373,2	182,3	434,6	196,3	361,2	177,7	452,7
148	488,4	465,1	480,1	21,0	592,5	370,0	332,2	652,2	136,5	128,1	300,5	624,0	621,4	622,6	537,4	633,1
149	114,8	415,4	272,1	592,5	26,0	320,9	418,0	66,0	509,1	585,3	311,6	705,0	338,2	89,0	448,0	172,8
150	216,3	542,5	422,1	370,0	320,9	9,0	447,5	381,3	234,4	468,3	339,7	792,2	557,4	289,8	598,3	276,1
151	382,4	152,7	154,2	332,2	418,0	447,5	32,0	383,2	310,8	225,1	120,4	402,1	318,5	506,8	225,1	559,9
152	174,5	380,9	237,6	652,2	66,0	381,3	383,2	43,0	566,9	611,3	337,6	670,5	312,4	150,2	413,6	234,0
153	387,0	457,4	458,8	136,5	509,1	234,4	310,8	566,9	26,0	234,0	277,8	674,8	598,6	486,7	529,3	497,2
154	481,1	339,2	373,2	128,1	585,3	468,3	225,1	611,3	234,0	30,0	274,8	498,7	541,5	629,5	412,0	658,5
155	274,6	216,0	182,3	300,5	311,6	339,7	120,4	337,6	277,8	274,8	45,0	465,1	322,4	400,7	288,1	452,6
156	707,9	337,5	434,6	624,0	705,0	792,2	402,1	670,5	674,8	498,7	465,1	49,0	494,7	793,7	322,3	885,2
157	340,8	205,4	196,3	621,4	338,2	557,4	318,5	312,4	598,6	541,5	322,4	494,7	21,0	427,6	237,8	518,8
158	159,2	504,5	361,2	622,6	89,0	289,8	506,8	150,2	486,7	629,5	400,7	793,7	427,6	29,0	536,4	89,5
159	451,0	80,5	177,7	537,4	448,0	598,3	225,1	413,6	529,3	412,0	288,1	322,3	237,8	536,4	37,0	628,7
160	188,2	596,0	452,7	633,1	172,8	276,1	559,9	234,0	497,2	658,5	452,6	885,2	518,8	89,5	628,7	15,0
161	358,3	255,0	225,3	624,1	257,9	573,2	370,9	198,7	601,4	591,1	325,2	544,3	118,6	341,8	287,7	426,0
162	115,4	468,6	325,3	593,1	53,1	289,1	470,9	114,3	477,1	585,6	364,8	757,8	391,7	37,3	501,2	121,5
163	423,1	49,9	149,8	506,7	420,2	570,4	194,5	385,7	498,6	381,4	257,4	294,0	210,0	508,5	37,5	600,8
164	138,7	395,9	252,6	412,3	243,0	186,5	324,8	300,8	318,5	423,4	217,6	685,1	392,4	278,7	428,5	301,0
165	35,4	452,4	309,1	492,0	148,9	185,4	416,5	206,7	356,0	515,1	309,2	741,7	375,3	160,1	485,1	199,9
166	328,5	318,7	303,4	178,8	432,7	337,2	172,1	458,6	156,8	169,6	122,4	536,4	443,2	468,5	391,1	506,0
167	291,7	188,4	173,4	572,2	289,0	508,2	319,0	260,6	549,5	524,5	273,3	477,7	52,0	377,4	221,1	469,3
168	438,7	199,7	317,8	265,0	542,9	492,3	182,7	547,1	323,5	139,7	232,6	358,9	401,8	578,7	272,1	616,2
169	658,0	287,6	384,7	574,1	655,1	742,3	352,2	620,6	624,9	448,8	415,2	49,9	444,9	743,4	272,3	835,6

d_{ij}	161	162	163	164	165	166	167	168	169
1	338,6	174,2	402,0	82,7	103,7	272,7	286,8	383,0	637,1
2	242,8	158,8	321,6	183,5	143,1	334,1	191,0	444,5	556,6
3	245,8	459,5	90,8	387,1	443,7	379,0	179,5	297,2	325,8
4	495,0	496,0	285,3	334,4	425,5	137,3	428,6	51,5	352,9
5	316,7	138,7	395,4	141,6	68,1	331,7	264,9	442,0	630,4
6	529,7	247,1	531,4	147,8	143,5	328,8	474,5	483,8	733,7
7	379,3	81,6	527,8	243,3	109,2	433,4	397,3	543,7	762,8
8	520,9	238,3	552,1	168,6	134,7	349,6	457,4	504,6	754,4
9	513,2	438,4	422,0	257,9	350,0	80,4	461,4	246,8	548,1
10	370,6	340,1	291,7	178,5	269,7	93,0	318,9	203,3	449,2
11	387,5	601,1	137,8	504,7	585,3	373,1	321,1	196,3	117,3
12	555,6	524,2	451,7	343,7	435,8	110,2	503,8	238,9	547,9
13	458,5	164,8	587,0	234,6	133,8	446,1	456,5	603,0	822,0
14	466,5	453,5	281,3	291,9	383,0	81,1	414,7	106,1	407,4
15	542,1	259,5	573,3	189,7	155,9	370,7	478,6	525,7	775,6
16	576,2	293,6	578,9	195,3	190,0	346,1	512,7	501,1	751,0
17	221,4	254,1	226,5	181,7	238,3	227,3	169,6	337,6	461,5
18	296,7	124,3	375,5	133,2	93,1	323,2	245,0	433,6	610,5
19	545,3	295,0	550,4	166,8	191,5	283,5	493,6	458,4	708,2
20	480,0	197,4	568,1	202,3	114,9	391,8	437,6	546,8	803,1
21	478,0	233,6	483,1	99,5	130,1	280,7	426,3	435,7	685,6
22	413,3	119,9	516,1	215,6	114,8	421,7	385,6	532,0	751,2
23	191,8	205,4	296,7	229,7	189,3	369,6	140,0	458,5	531,8
24	68,4	324,8	308,2	330,3	312,9	381,1	130,4	470,0	543,2
25	378,2	95,6	486,8	195,4	68,2	392,4	356,3	502,7	721,8
26	587,8	385,2	549,4	226,6	264,1	249,4	536,0	415,7	717,1
27	300,4	67,3	449,5	198,0	103,6	388,0	319,2	498,3	684,5
28	580,7	359,7	542,3	219,5	256,2	312,1	528,9	478,4	699,9
29	343,7	115,1	422,4	138,1	35,1	328,1	291,9	438,4	657,4
30	319,2	52,6	525,0	295,1	201,4	485,2	381,2	595,5	760,0
31	415,9	629,6	166,2	519,3	610,5	356,6	349,6	179,8	144,1
32	437,1	628,1	202,0	478,3	569,5	281,3	370,7	104,5	207,8
33	341,3	525,1	131,6	379,7	470,8	277,0	275,0	114,0	245,0
34	255,5	469,2	49,6	396,8	453,4	317,3	189,2	199,4	286,9
35	225,0	324,9	150,1	252,6	309,1	303,3	173,3	317,9	385,1
36	617,3	414,7	564,5	256,1	293,6	222,9	565,5	389,2	690,6
37	572,1	289,5	603,3	219,8	185,9	346,0	508,6	500,9	750,8
38	506,6	224,0	590,9	207,3	127,7	388,3	450,4	543,3	793,1
39	518,1	250,1	523,2	139,6	146,5	320,6	466,4	475,6	725,5
40	468,1	185,5	561,7	195,9	108,5	385,4	431,2	540,4	796,7
41	514,3	246,3	519,4	135,8	142,7	316,8	462,6	471,8	721,7
42	541,3	258,8	562,7	179,1	155,2	356,6	477,9	511,6	761,5
43	108,2	202,2	363,0	390,1	295,7	504,2	170,2	555,0	598,0
44	692,3	620,6	482,5	440,0	532,1	206,5	625,9	241,2	550,1
45	333,7	257,4	338,8	95,8	187,0	199,7	281,9	310,0	548,5
46	266,4	64,8	471,8	294,5	200,1	484,3	328,4	594,7	706,8
47	512,8	310,2	474,5	151,6	189,1	214,4	461,1	406,8	632,1
48	628,4	450,8	525,3	292,2	329,7	183,7	576,6	350,0	651,4
49	644,8	524,9	541,8	366,3	403,8	200,2	593,0	366,5	667,9
50	314,9	414,8	116,3	325,7	399,0	223,0	263,1	221,6	352,7
51	498,1	215,6	509,2	125,7	112,0	318,7	434,7	473,7	723,6
52	710,0	507,4	646,0	348,8	386,3	304,4	658,3	470,7	772,1
53	547,3	335,6	508,9	186,1	223,5	248,8	495,5	441,3	666,5
54	162,7	151,0	417,4	338,9	244,5	509,7	224,7	609,5	652,4
55	624,3	592,9	506,8	412,4	491,6	178,8	572,5	265,4	574,4
56	462,6	180,1	529,7	163,9	76,5	342,3	399,2	497,3	747,2
57	509,2	226,6	550,1	166,5	123,1	347,5	445,8	502,5	752,4
58	283,9	104,6	373,0	190,6	150,5	385,5	242,8	495,9	608,0
59	56,1	255,2	310,9	401,4	348,7	452,2	118,1	503,0	545,9
60	195,4	409,0	72,3	336,6	393,2	346,2	129,0	264,3	307,3
61	190,0	316,2	185,3	246,2	300,1	296,9	138,3	347,1	420,3

<i>d_{ij}</i>	161	162	163	164	165	166	167	168	169
62	495,7	213,1	555,2	171,6	109,6	352,6	432,3	507,6	757,5
63	492,4	209,8	556,9	173,3	106,2	354,3	428,9	509,3	759,2
64	482,3	199,7	549,3	183,5	96,1	373,2	418,8	528,2	784,3
65	256,7	54,4	419,8	242,5	148,1	432,3	289,5	542,7	654,8
66	732,9	546,0	629,9	387,4	424,9	288,3	681,1	454,6	756,0
67	506,5	223,9	536,9	153,3	120,4	334,3	443,1	489,3	739,2
68	570,6	288,0	569,7	186,1	184,4	336,9	507,1	491,9	741,7
69	526,8	244,3	558,1	174,5	140,7	355,5	463,4	510,5	760,4
70	370,8	470,7	194,5	325,2	416,4	171,2	319,0	182,9	352,0
71	438,5	286,4	407,1	105,9	216,0	159,8	386,7	314,8	564,7
72	216,6	108,1	472,0	294,7	200,4	484,5	278,6	594,9	707,0
73	587,9	392,1	549,6	226,7	288,6	275,0	536,1	441,3	742,7
74	198,3	114,3	385,3	302,1	207,8	458,2	260,3	547,1	620,3
75	567,5	554,5	429,7	378,3	484,1	122,1	515,8	188,3	497,3
76	443,7	221,2	448,8	65,2	100,1	276,8	392,0	429,8	683,8
77	521,1	238,5	532,5	148,9	134,9	329,9	457,6	484,9	734,8
78	448,2	165,6	515,1	149,1	61,9	353,3	384,6	508,2	750,1
79	617,2	334,6	638,7	255,1	231,0	357,3	553,7	577,3	775,0
80	602,1	476,2	499,1	317,7	355,1	157,5	550,4	323,8	625,2
81	503,3	220,7	574,7	191,1	101,4	372,1	424,1	527,1	777,0
82	615,9	545,2	512,0	364,0	424,1	170,4	564,1	301,4	610,3
83	499,4	216,8	519,6	136,0	113,2	317,5	435,9	472,5	722,4
84	404,4	153,7	483,1	137,1	29,9	348,6	352,6	499,2	718,1
85	484,0	201,4	536,0	152,4	97,8	333,9	420,5	488,9	738,8
86	480,0	260,0	482,4	101,5	138,9	235,1	428,2	390,1	640,0
87	479,3	675,8	244,7	514,2	605,4	317,2	412,9	140,4	220,5
88	478,2	195,6	545,3	179,5	92,1	364,4	414,8	519,4	780,3
89	493,2	210,7	543,1	159,5	107,1	340,5	429,8	495,5	745,3
90	471,6	195,7	476,7	93,1	74,6	304,6	397,3	457,7	711,7
91	590,6	585,6	380,9	424,0	515,2	169,6	524,2	139,5	448,5
92	324,9	364,4	257,7	217,5	308,7	122,3	273,1	232,6	415,3
93	544,1	757,7	294,4	685,3	741,9	535,9	477,7	359,0	49,9
94	134,9	260,3	244,5	266,7	244,2	317,4	87,8	406,3	479,6
95	118,2	390,9	209,8	392,3	374,9	443,1	51,8	401,9	444,8
96	342,1	37,9	508,8	286,9	158,8	476,9	378,6	587,2	743,8
97	555,1	352,5	516,8	193,9	231,4	202,8	503,3	395,3	674,3
98	477,4	194,8	554,7	188,9	101,5	378,5	424,2	533,5	789,8
99	672,0	555,6	569,0	397,0	434,5	227,4	620,3	393,7	695,1
100	535,4	256,5	540,5	156,9	153,0	334,4	483,7	489,4	739,3
101	287,1	500,8	37,4	428,4	485,0	390,3	220,8	272,4	272,5
102	635,5	374,4	640,6	257,0	270,8	364,0	583,7	530,3	831,7
103	534,1	251,6	565,4	181,8	148,0	362,8	470,7	517,8	767,7
104	425,9	121,7	600,3	301,7	200,9	505,9	469,8	616,2	835,4
105	446,9	369,8	368,0	189,3	299,4	69,8	395,2	252,7	525,5
106	34,0	306,2	259,4	395,1	392,3	445,9	66,6	451,5	494,4
107	306,2	24,0	472,9	243,0	149,3	433,0	342,7	543,4	707,9
108	413,7	255,3	418,8	35,2	134,2	289,4	361,9	399,8	653,8
109	259,3	472,9	31,0	400,6	457,1	359,7	192,9	241,7	244,2
110	395,1	243,1	400,2	28,0	161,4	270,9	343,4	381,2	635,2
111	187,9	460,7	143,6	380,9	444,6	431,7	121,6	335,7	378,7
112	351,6	49,1	500,7	232,6	104,5	422,6	370,5	532,9	735,7
113	413,7	131,1	510,8	158,4	57,6	369,9	380,3	526,9	745,8
114	436,8	151,4	534,0	181,6	80,8	393,1	403,5	550,0	769,0
115	517,4	554,1	307,7	392,5	483,6	195,4	451,0	71,6	375,3
116	513,1	230,5	567,7	184,1	126,9	365,1	449,6	520,1	770,0
117	514,3	231,8	564,9	181,3	128,2	362,3	450,9	517,3	767,1
118	488,8	206,2	555,9	188,7	102,7	369,7	425,4	524,7	774,5
119	416,2	112,0	582,9	322,4	221,5	526,6	452,7	636,9	817,9
120	443,4	149,7	590,4	255,1	154,3	466,6	459,9	606,3	825,4
121	516,4	264,4	521,5	137,9	160,9	315,4	464,7	470,4	720,3
122	378,0	149,8	456,8	162,5	15,0	362,5	326,3	472,8	691,8

<i>d_{ij}</i>	161	162	163	164	165	166	167	168	169
123	446,0	433,0	360,4	257,4	362,5	37,0	394,2	185,2	486,5
124	389,2	288,8	338,5	127,3	218,4	147,2	337,4	257,5	496,1
125	514,4	231,9	569,0	185,5	128,3	366,5	451,0	521,5	771,3
126	668,6	466,0	607,0	307,5	344,9	265,4	616,9	431,7	733,1
127	325,1	538,8	75,4	466,4	523,0	354,3	258,8	236,4	181,6
128	66,3	341,8	192,8	343,1	325,7	393,9	40,0	384,8	427,8
129	451,1	543,1	241,4	381,6	472,7	184,5	384,8	45,0	309,0
130	500,2	217,6	546,5	162,9	114,0	343,9	436,7	498,9	748,7
131	127,7	400,5	171,9	401,9	384,4	452,6	61,4	364,0	407,0
132	517,8	235,2	558,7	175,1	131,6	356,1	454,3	511,1	761,0
133	687,3	570,8	584,2	412,2	449,7	242,6	635,5	375,7	710,3
134	494,2	707,8	244,4	635,4	692,0	485,9	427,8	309,1	49,0
135	475,5	192,9	572,7	217,1	119,5	406,6	442,2	561,6	807,8
136	257,5	159,1	321,9	183,0	143,2	334,4	190,8	444,5	556,7
137	387,8	601,3	137,6	504,5	585,2	371,6	321,2	194,1	116,9
138	555,5	524,5	452,1	343,7	436,3	110,2	503,6	238,6	547,7
139	457,9	453,5	281,5	291,3	382,9	82,0	406,0	106,3	407,7
140	221,5	254,2	227,0	181,5	238,1	227,5	169,6	337,7	461,9
141	311,4	124,4	376,2	133,5	93,9	323,4	244,8	433,6	611,1
142	68,6	324,9	308,4	330,5	313,4	381,3	151,0	469,8	543,3
143	379,8	95,7	487,4	194,7	68,9	392,7	356,0	502,9	722,3
144	301,9	67,5	460,3	198,1	104,0	388,0	329,1	498,2	695,1
145	358,3	115,4	423,1	138,7	35,4	328,5	291,7	438,7	658,0
146	255,0	468,6	49,9	395,9	452,4	318,7	188,4	199,7	287,6
147	225,3	325,3	149,8	252,6	309,1	303,4	173,4	317,8	384,7
148	624,1	593,1	506,7	412,3	492,0	178,8	572,2	265,0	574,1
149	257,9	53,1	420,2	243,0	148,9	432,7	289,0	542,9	655,1
150	573,2	289,1	570,4	186,5	185,4	337,2	508,2	492,3	742,3
151	370,9	470,9	194,5	324,8	416,5	172,1	319,0	182,7	352,2
152	198,7	114,3	385,7	300,8	206,7	458,6	260,6	547,1	620,6
153	601,4	477,1	498,6	318,5	356,0	156,8	549,5	323,5	624,9
154	591,1	585,6	381,4	423,4	515,1	169,6	524,5	139,7	448,8
155	325,2	364,8	257,4	217,6	309,2	122,4	273,3	232,6	415,2
156	544,3	757,8	294,0	685,1	741,7	536,4	477,7	358,9	49,9
157	118,6	391,7	210,0	392,4	375,3	443,2	52,0	401,8	444,9
158	341,8	37,3	508,5	278,7	160,1	468,5	377,4	578,7	743,4
159	287,7	501,2	37,5	428,5	485,1	391,1	221,1	272,1	272,3
160	426,0	121,5	600,8	301,0	199,9	506,0	469,3	616,2	835,6
161	34,0	306,2	259,3	395,1	378,0	446,0	66,3	451,1	494,2
162	306,2	24,0	472,9	243,1	149,8	433,0	341,8	543,1	707,8
163	259,3	472,9	31,0	400,2	456,8	360,4	192,8	241,4	244,4
164	395,1	243,1	400,2	28,0	162,5	257,4	343,1	381,6	635,4
165	378,0	149,8	456,8	162,5	15,0	362,5	325,7	472,7	692,0
166	446,0	433,0	360,4	257,4	362,5	37,0	393,9	184,5	485,9
167	66,3	341,8	192,8	343,1	325,7	393,9	40,0	384,8	427,8
168	451,1	543,1	241,4	381,6	472,7	184,5	384,8	45,0	309,1
169	494,2	707,8	244,4	635,4	692,0	485,9	427,8	309,1	49,0

A continuación, se presentan los parámetros de los casos estudiados en el capítulo 6, sección 5. Los parámetros d_{ij} de cada escenario se obtienen de la Tabla A.10 (misma matriz de distancias utilizada en el capítulo 5) y el parámetro d^{\wedge}_{ij} se obtienen dividiendo d_{ij} por la velocidad promedio de los vehículos, la cual se consideró de 80 km/h. Dado que los parámetros de los vehículos se replican en cada caso de estudio, se muestran aparte en la Tabla A.11.

Tabla A.11. Parámetros de los vehículos utilizados en los casos de estudio ER_PBA_E1 a ER_PBA_E39.

Parámetros	Tramo PAR- CAT y PAR-PRP	Tramo CAT-PRP
τ^k	0	0
f^k	100	100
Q^k	3.600	18.400
D^k	10.000	10.000
$D^{\gamma k}$	240	240
W^k	160	160
c_{ij}^k	0,2253	0,2253
Ω	1	1
β	0	0
θ	0	0
π	1,2	1,2

A continuación, en las siguientes tablas se muestra la dimensión de los conjuntos y los parámetros de los nodos involucrados en los distintos casos de estudio:

- ER_PBA-E1 a ER_PBA-E33: Tabla A.12 hasta Tabla A.44
- ER_PBA-E34 y ER_PBA-E35: Tablas A.45 y A.46
- ER_PBA-E36 y ER_PBA-E37: Tablas A.47 y A.48
- ER_PBA-E38 y ER_PBA-E39: Tablas A.49 y A.50

Tabla A.12. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E1.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{11}	0	0	0	480
V_C	2	i_{45}	3.045	1,7	0	480
V_M	2	i_{124}	251	0,1	0	480
K	1					

Tabla A.13. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E2.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{11}	0	0	0	480
V_C	2	i_{93}	1.611	0,9	0	480
V_M	2	i_{134}	2.833	1,6	0	480
K	2					

Tabla A.14. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E3.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{111}	0	0	0	480
V_C	2	i_{60a}	3.600	2	0	480
V_M	2	i_{60b}	561	0,3	0	480
K	2					

Tabla A.15. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E4.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{115}	0	0	0	480
V_C	1	i_{91}	379	0,2	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.16. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E5.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{123}	0	0	0	480
V_C	3	i_9	480	0,3	0	480
V_M	3	i_{10}	3.443	1,9	0	480
K	2	i_{105}	1.936	1,1	0	480

Tabla A.17. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E6.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{129}	0	0	0	480
V_C	5	i_4	3.600	2	0	480
V_M	5	i_{4a}	1.711	0,9	0	480
K	4	i_{33}	3.600	2	0	480
		i_{33a}	3.600	2	0	480
		i_{33b}	181	0,1	0	480

Tabla A.18. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E7.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{14}	0	0	0	480
V_C	4	i_4	2.234	1,2	0	480
V_M	4	i_{10}	3.600	2	0	480
K	4	i_{10a}	3.600	2	0	480
		i_{10b}	1.999	1,1	0	480

Tabla A.19. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E8.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_3	0	0	0	480
V_C	2	i_{60}	3.600	2	0	480
V_M	2	i_{60a}	1.514	0,8	0	480
K	2					

Tabla A.20. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E9.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{34}	0	0	0	480
V_C	1	i_{60}	2.948	1,6	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.21. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E10.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{44}	0	0	0	480
V_C	1	i_{91}	467	0,3	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.22. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E11.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{55}	0	0	0	480
V_C	2	i_{12}	1.360	0,3	0	480
V_M	2	i_{82}	3.371	1,9	0	480
K	2					

Tabla A.23. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E12.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{61}	0	0	0	480
V_C	3	i_{17}	3.047	1,7	0	480
V_M	3	i_{106}	1.422	0,8	0	480
K	2	i_{128}	1.166	0,6	0	480

Tabla A.24. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E13.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{68}	0	0	0	480
V_C	1	i_{79}	492	0,3	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.25. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E14.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{70}	0	0	0	480
V_C	3	i_{33}	769	0,4	0	480
V_M	3	i_{50}	3.600	2	0	480
K	3	i_{50a}	3.374	1,9	0	480

Tabla A.26. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E15.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{75}	0	0	0	480
V_C	2	i_{91}	3.600	2	0	480
V_M	2	i_{91a}	1.649	0,9	0	480
K	2					

Tabla A.27. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E16.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{80}	0	0	0	480
V_C	3	i_9	3.600	2	0	480
V_M	3	i_{9a}	1.817	1	0	480
K	3	i_{49}	2.540	1,4	0	480

Tabla A.28. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E17.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{92}	0	0	0	480
V_C	1	i_{10}	1.405	0,8	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.29. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E18.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{109}	0	0	0	480
V_C	3	i_{60}	263	0,1	0	480
V_M	3	i_{127}	3.600	2	0	480
K	2	i_{127a}	799	0,4	0	480

Tabla A.30. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E19.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{110}	0	0	0	480
V_C	1	i_{124}	1.127	0,6	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.31. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E20.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{122}	0	0	0	480
V_C	1	i_{90}	2.507	1,4	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.32. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E21.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{131}	0	0	0	480
V_C	2	i_{128}	3.600	2	0	480
V_M	2	i_{128a}	1.061	0,6	0	480
K	2					

Tabla A.33. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E22.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{118}	0	0	0	480
V_C	1	i_2	571	0,3	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.34. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E23.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{23}	0	0	0	480
V_C	1	i_{128}	1.167	0,6	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.35. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E24.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{24}	0	0	0	480
V_C	1	i_{106}	493	0,3	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.36. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E25.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{43}	0	0	0	480
V_C	5	i_{59}	3.600	2	0	480
V_M	5	i_{59a}	3.600	2	0	480
K	5	i_{59b}	3.600	2	0	480
		i_{59c}	3.600	2	0	480
		i_{59d}	329	0,2	0	480

Tabla A.37. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E26.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_5	0	0	0	480
V_C	1	i_2	3.199	1,8	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.38. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E27.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{54}	0	0	0	480
V_C	2	i_{59}	3.600	2	0	480
V_M	2	i_{59a}	2.617	1,5	0	480
K	2					

Tabla A.39. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E28.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{58}	0	0	0	480
V_C	1	i_2	1.616	0,9	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.40. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E29.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_6	0	0	0	480
V_C	1	i_{85}	5	0	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.41. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E30.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{65}	0	0	0	480
V_C	1	i_{59}	1.102	0,6	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.42. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E31.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_7	0	0	0	480
V_C	1	i_{96}	3.390	1,9	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.43. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E32.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{94}	0	0	0	480
V_C	2	i_{59}	2.461	1,4	0	480
V_M	2	i_{106}	3.031	1,7	0	480
K	2					

Tabla A.44. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E33.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{95}	0	0	0	480
V_C	1	i_{128}	3.210	1,8	0	480
V_M	1					
K	1					

Tabla A.45. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E34.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				Parámetros					
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i	Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{19}	0	0	0	480	i_{68}	0	1,6	0	480
V_C	17	i_1	0	5,3	0	480	i_{70}	0	10	0	480
V_M	17	i_3	0	5,7	0	480	i_{75}	0	5,5	0	480
K	1	i_{11}	0	9,6	0	480	i_{80}	0	11,3	0	480
		i_{14}	0	16,3	0	480	i_{92}	0	2,1	0	480
		i_{34}	0	3,3	0	480	i_{111}	0	6,3	0	480
		i_{44}	0	2,9	0	480	i_{115}	0	2,4	0	480
		i_{55}	0	6,2	0	480	i_{123}	0	8,3	0	480
		i_{61}	0	9,9	0	480	i_{129}	0	18,1	0	480

Tabla A.46. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E35.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros					Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i	Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{69}	0	0	0	480	i_{58}	0	2,4	0	480
V_C	17	i_5	0	3,8	0	480	i_{65}	0	5,8	0	480
V_M	17	i_6	0	1,3	0	480	i_{94}	0	10	0	480
K	1	i_7	0	3,3	0	480	i_{95}	0	3,1	0	480
		i_{18}	0	1,8	0	480	i_{109}	0	8	0	480
		i_{23}	0	4,1	0	480	i_{110}	0	3,8	0	480
		i_{24}	0	2	0	480	i_{122}	0	3,3	0	480
		i_{43}	0	15,5	0	480	i_{131}	0	5,7	0	480
		i_{54}	0	9,1	0	480					

Tabla A.47. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E36.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros					Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i	Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{19}	0	0	0	480	i_{71}	2.680	1,5	0	480
V_C	14	i_{21}	441	0,2	0	480	i_{73}	208	0,1	0	480
V_M	14	i_{26}	1.195	0,7	0	480	i_{76}	2.802	1,6	0	480
K	6	i_{28}	3.288	1,8	0	480	i_{86}	3.382	1,9	0	480
		i_{36}	93	0,1	0	480	i_{97}	1.544	0,9	0	480
		i_{47}	3.068	1,7	0	480	i_{102}	117	0,1	0	480
		i_{51}	553	0,3	0	480	i_{126}	88	0,1	0	480
		i_{52}	107	0,1	0	480					

Tabla A.48. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E37.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{19}	0	0	0	480
V_C	3	i_{56}	462	0,3	0	480
V_M	3	i_{83}	663	0,4	0	480
K	1	i_{98}	116	0,1	0	480

Tabla A.49. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E38.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros					Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i	Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{19}	0	0	0	480	i_{80}	49	2,2	0	480
V_C	29	i_1	90	4	0	480	i_{91}	49	2,2	0	480
V_M	29	i_3	90	4	0	480	i_{92}	49	2,2	0	480
K	18	i_{11}	38	1,7	0	480	i_{93}	12	0,5	0	480
		i_{12}	49	2,2	0	480	i_{111}	44	2	0	480
		i_{14}	90	4	0	480	i_{115}	49	2,2	0	480
		i_{32}	75	3,4	0	480	i_{123}	90	4	0	480
		i_{34}	90	4	0	480	i_{129}	90	4	0	480
		i_{35}	49	2,2	0	480	i_{1a}	3	0,1	0	480
		i_{44}	34	1,5	0	480	i_{3a}	8	0,3	0	480
		i_{55}	36	1,6	0	480	i_{14a}	8	0,3	0	480
		i_{61}	60	2,7	0	480	i_{34a}	8	0,3	0	480
		i_{68}	3	0,1	0	480	i_{75a}	8	0,3	0	480
		i_{70}	49	2,2	0	480	i_{123a}	8	0,3	0	480
i_{75}	90	4	0	480	i_{129a}	63	2,8	0	480		

Tabla A.50. Conjuntos y parámetros del caso de estudio ER_PBA_E39.

Conjuntos	Dimensión	Parámetros					Parámetros				
		Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i	Nodos	q_i	s_i	a_i	b_i
V_D	1	i_{69}	0	0	0	480	i_{65}	49	2,18	0	480
V_C	37	i_2	49	2,18	0	480	i_{74}	49	2,18	0	480
V_M	37	i_5	41	1,82	0	480	i_{94}	90	4	0	480
K	23	i_6	1	0,04	0	480	i_{95}	49	2,18	0	480
		i_7	46	2,04	0	480	i_{96}	49	2,18	0	480
		i_{13}	39	1,73	0	480	i_{101}	26	1,16	0	480
		i_{17}	49	2,18	0	480	i_{104}	31	1,38	0	480
		i_{18}	49	2,18	0	480	i_{106}	49	2,18	0	480
		i_{23}	49	2,18	0	480	i_{107}	49	2,18	0	480
		i_{24}	49	2,18	0	480	i_{109}	49	2,18	0	480
		i_{25}	30	1,33	0	480	i_{110}	49	2,18	0	480
		i_{27}	49	2,18	0	480	i_{112}	40	1,78	0	480
		i_{29}	38	1,69	0	480	i_{113}	49	2,18	0	480
		i_{30}	21	0,93	0	480	i_{122}	28	1,24	0	480
		i_{43}	90	4	0	480	i_{128}	49	2,18	0	480
		i_{46}	67	2,98	0	480	i_{131}	49	2,18	0	480
		i_{54}	90	4	0	480	i_{135}	22	0,98	0	480
		i_{58}	49	2,18	0	480	i_{43a}	8	0,36	0	480
i_{61}	18	0,8	0	480	i_{54a}	8	0,36	0	480		