

Benders Decomposition Methods applied in Stochastic Model for Designing Multi-layer Reverse Logistic Systems

Miguel Ortega-Mier¹, Álvaro García-Sánchez¹, Judit Cosme Andrés Ramos²

¹Dpto. de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Universidad Politécnica de Madrid. ETSII. Calle José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. miguel.ortega.mier@upm.es, alvaro.garcia@upm.es, juditmar777@gmail.com

²Instituto de Investigación Tecnológica. Universidad de Comillas. Calle Alberto Aguilera, 23. 28015. Madrid.



ABSTRACT: Reverse Logistics is a topic which has drawn ever more attention over the last decades. Society is more and more concerned with environmental aspects. Research has also followed this trend and has addressed several problems related to Reverse Logistics.

One of these problems is deciding where to locate facilities to treat all waste generated in a particular region. In order for waste to be appropriately handled, waste has to be collected and treated, which it either means disposing of it or obtaining sellable products. Generally, there are multiple types of facilities (and with different capacities) to locate and decisions to be made.

In this communication a multi echelon and multi-product model to locate several types of facilities in a context with uncertainty (transport costs an amount of waste generated each year) is presented. Recovery centers may operate with different capacities and different technologies.

This problem is difficult to solve for "real" instances using *Branch&Bound* in desktop computers due to memory limitations. We have applied different Benders-based methods to decompose and solve this problem.

- Trabajo previo con F. Saldanha-da-Gama y M.C. Fonseca
- Localización instalaciones de recogida y tratamiento de residuos biobjetivo (coste y efecto obnoxio)
- Tras probar con muchas instancias, el modelo "de coste" tiene unos tiempo de computación muy altos y muy diferentes dependiendo de los datos.
- Buscar técnicas eficientes para instancias de gran tamaño distintas de *B&B*

M.C. Fonseca and A. García-Sánchez and M. Ortega-Mier and F. Saldanha-da-Gama, "A stochastic bi-objective location model for strategic reverse logistics", *TOP* doi:10.1007/s11750-009-0107-2 (2009).

- Costes
 - Costes de instalación (centros de transferencia/tratamiento y vertederos)
 - Costes de preparación de un centro de transferencia para poder tratar un tipo de residuo
 - Costes de instalación de una tecnología específica en cada centro de tratamiento
 - Costes de transporte
 - Tasa de vertido en vertedero
- Beneficios
 - Venta de producto reciclado

- Fuentes de estocasticidad
 - Cantidad de residuo de cada tipo generado
 - Costes de transporte
- Un conjunto de escenarios
- Probabilidades asociadas a cada escenario

- Problema Maestro (FMP)
- Problema Maestro Relajado (RMP)
- Subproblema de Benders (BS)
- Cortes. Mejor método: tantos como escenarios en cada iteración (Benders estocástico vs Benders clásico)

Es un problema que no es de recurso completo, no para todas las decisiones de la primera etapa existen soluciones factibles en la segunda. La infactibilidad se elimina añadiendo una nueva restricción que obliga a que la propuesta del maestro sea siempre factible para el subproblema de Benders.

Un conjunto de orígenes/poblaciones ⇒ En cada una se generan productos de distinto tipo

- Papel
- Plástico
- Residuo Sólido Urbano (RSU)
- Cristal
- ...

Diferentes tipos de tecnologías disponibles para tratar cada residuo

- Manual
- Automática
- Semi-automática

Con diferentes tasas de conversión, costes, etc.

- Se tiene un conjunto potencial de localizaciones para instalar
 - Centros de transferencia
 - Centros de tratamiento
 - Vertederos
- Centros de transferencia
 - Se puede instalar para cualquier tipo de residuo
 - Tienen una capacidad máxima por cada tipo de residuo
- Centros de tratamiento
 - Pueden recibir residuos si hay instalada tecnología adecuada para tratarlos
 - La tecnología se instala de forma modular
 - Existe un número máximo de módulos de cada tecnología para instalar

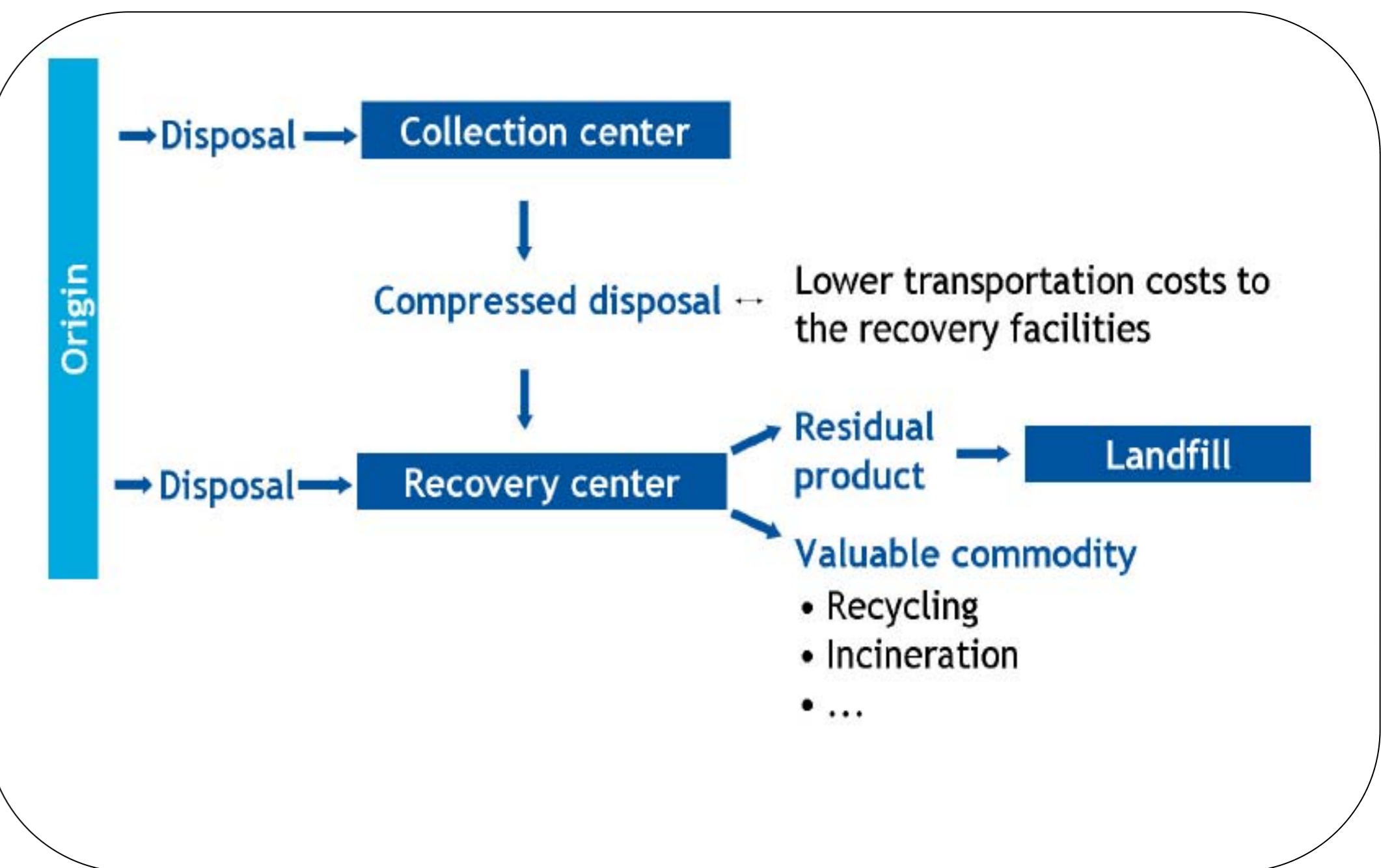
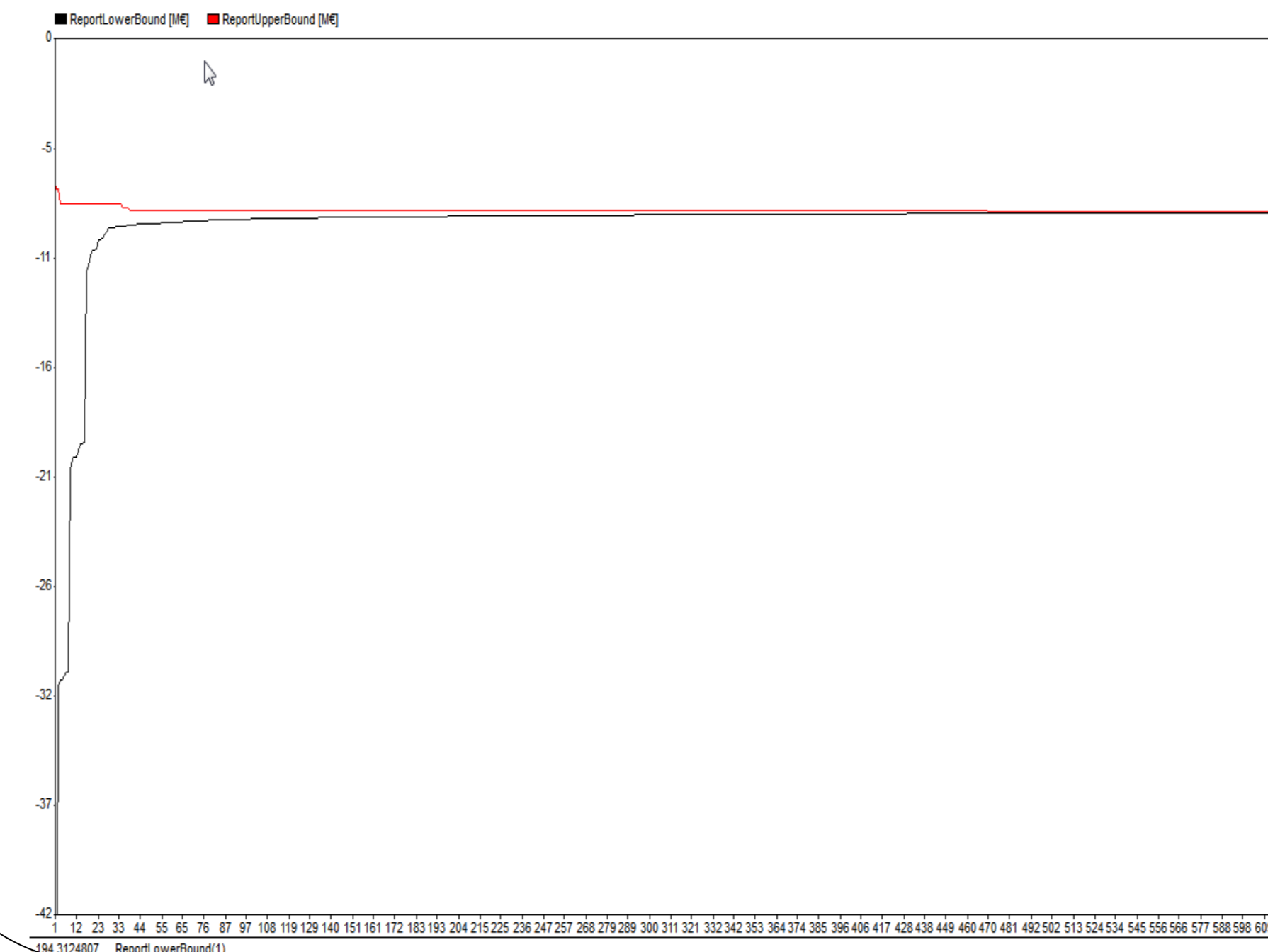
Modelo de localización

- Múltiples capas
- Varios productos
- Estocástico
- Elección de tecnología de tratamiento

Problema MIP estocástico de dos etapas

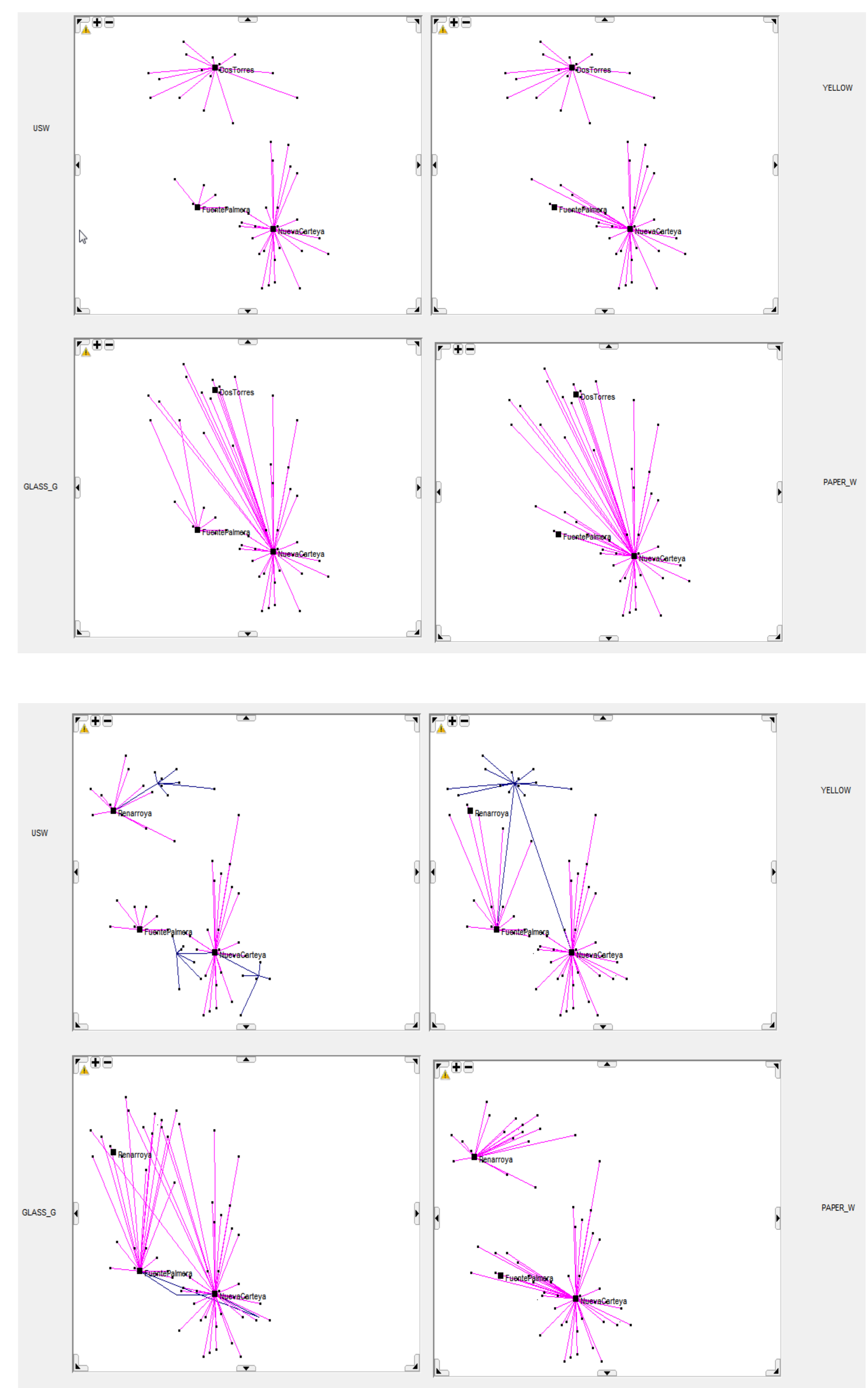
- Etapa 1: decisiones estratégicas
- Etapa 2: decisiones tácticas/operativas

Evolución de las cotas superior e inferior



- Se imponen niveles mínimos de reciclado de cada tipo de residuo. Generalmente es más interesante económicamente incinerar que reciclar
- Existe una cantidad máxima de producto final para vender. Se limita la cantidad de residuo que se lleva a vertedero
- Cada instalación sólo puede tener instalada un tipo de tecnología para cada tipo de residuo

Diagrama que muestra los flujos de cada tipo de residuo y dónde están las distintas instalaciones (Arriba: sin centros de transferencia. Abajo: con centros de transferencia).



Resultados computacionales (Pentium IV, 2 Gb RAM)

Instancia	Orígenes	Destinos	Tipos residuos	Productos Finales	Tecnologías	Escenarios	Restricciones	Variables Continuas	Variables Discretas	B&B Cplex 12.1		Benders Estocástico	
										Solución Óptima	Tiempo	Solución Óptima	Tiempo
1	9	2	2	3	1	9	658	867	18	Si	1,05 s.	Si	45 s.
2	30	3	4	5	2	9	4008	7968	69	Si	11,91 s.	Si	12 m.
3	40	4	4	5	2	9	5292	13683	92	Si	59,11 s.	Si	29 m.
4	50	5	4	5	2	9	6594	20928	115	Si	10,3 m.	Si	45 m.
5	60	7	4	5	2	9	8892	34968	161	Si	135 m.	Si	102 m.
6	74	8	4	5	3	16	23507	88579	248	No	27 h. 51 m. *	Si	121 m.

*: Se detiene por falta de memoria