

LOCALIZACIÓN BAJO DOS PERSPECTIVAS ENFRENTADAS: ¿CERCANÍA O REPARTO JUSTO?

Alfredo G. Hernández Díaz

Profesor Catedrático, Universidad Pablo de Olavide, España

Ana D. López-Sánchez

Profesora Contratada Doctora, Universidad Pablo de Olavide, España

Jesús Sánchez-Oro

Profesor Contratado Doctor, Universidad Rey, España

Abraham Duarte

Profesor Catedrático, Universidad Rey Juan Carlos, España

Anna Martínez-Gavara

Profesora Titular. Universidad de Valencia, España

RESUMEN

En este trabajo abordamos un problema de localización que, a pesar de su gran interés y aplicabilidad en situaciones reales, ha sido poco estudiado en la literatura. No obstante, cada vez más empresas se enfrentan a él a la hora de determinar la localización óptima de sus instalaciones. Generalmente, cuando queremos localizar un conjunto de instalaciones, ya sean estaciones de bicicletas, centros comerciales u hospitales, entre muchas otras, se intenta que estén lo más cerca posible de sus puntos de demandas, esto es, usuarios de la bicicleta, clientes o pacientes. Pero, a su vez, se desea también que la carga de trabajo (la demanda) esté repartida de forma homogénea.

Así, los objetivos a optimizar serían: minimizar la mayor distancia entre las instalaciones y los puntos de demanda y balancear la carga de trabajo de las instalaciones que se localicen, entendiendo como carga de trabajo el número de puntos de demanda a los que una instalación presta servicio. Por tanto, se consideran dos objetivos que, habitualmente están en conflicto, esto es, si se trata de localizar instalaciones favoreciendo que los puntos de demanda estén lo más cerca posible de la instalación que le presta el servicio, podría conllevar que haya instalaciones que tengan una carga de trabajo más elevada que otras. Igualmente, si nos centramos en optimizar el balanceo de la carga de trabajo de las instalaciones, podría conllevar que los puntos de demanda estén más alejados. Debido a la complejidad del problema de optimización combinatoria bi-objetivo que sea plantea, los métodos exactos hacen que su resolución sea costosa o inviable. Esto nos lleva a proponer un algoritmo metaheurístico capaz de resolverlo rápidamente obteniéndose soluciones de gran calidad. Concretamente, se propone un algoritmo híbrido basado en Oscilación Estratégica combinado con Path Relinking capaz de ofrecer diferentes soluciones eficientes de gran calidad.

1. INTRODUCCIÓN

En general, los problemas de localización son problemas clásicos de optimización que consisten en encontrar la mejor localización para situar un conjunto de instalaciones, que deben servir a su vez a un conjunto de puntos de demandas. El término *mejor* dependerá de la función que se considere a la hora de resolver el problema de localización específico que tengamos entre manos. Normalmente, esta función suele definirse basándonos en la distancia o en el coste que hay entre los puntos de demandas y las instalaciones.

Además, en términos generales un problema de localización puede clasificarse como discreto o continuo, ponderado o sin ponderar, con capacidades o sin capacidades, determinístico o estocástico, y esto dependerá de las características que tengan asociados tanto los puntos de demanda a los que haya que dar servicio como las instalaciones a localizar. Por otro lado, cuando estamos resolviendo un problema real es común que se consideren más de un objetivo a la vez cuyos objetivos están en conflicto, es decir, es imposible mejorar uno de ellos sin empeorar otro, convirtiéndose el problema en un problema de optimización multi-objetivo ya que, en lugar de obtener una solución óptima, se debe obtener un conjunto de soluciones eficientes (también conocidas como soluciones no dominadas o soluciones Pareto). Diremos que una solución es eficiente cuando no exista ninguna otra solución posible que la mejore en, al menos, uno de los objetivos, igualando los niveles de los demás.

En este trabajo pretendemos resolver un problema de localización bi-objetivo, discreto, no ponderado, sin capacidades y determinístico conocido como el problema del k -centro balanceado, en adelante, k -BCL (por sus siglas en inglés, k -Balanced Center Location). Este problema fue estudiado por primera vez por Davoodi (2019) y su objetivo es localizar un k de instalaciones, seleccionadas de un conjunto m de posibles instalaciones candidatas, con $k < m$, para servir a un conjunto de n puntos de demanda de forma que se minimice la máxima distancia entre cada punto de demanda y su instalación más cercana, para que todos los puntos de demandas puedan tener las instalaciones que le prestarán el servicio lo más cerca posible, y al mismo tiempo minimizar el máximo número de puntos de demandas asignados a cada instalación para balancear la carga de trabajo de cada instalación.

Para abordar el problema del k -BCL se ha diseñado un algoritmo metaheurístico basado en la construcción soluciones usando un algoritmo GRASP (Festa y Resende, 2009). Estas soluciones se incluyen en un algoritmo de Oscilación Estratégica (Glover, 2000) combinado con Path Relinking (Ribeiro y Resende, 2012) capaz de ofrecer diferentes soluciones eficientes de gran calidad.

2. ALGORITMO

Como se introdujo anteriormente el problema del k-BCL pretende: minimizar la máxima distancia entre cada punto de demanda y su instalación más cercana, y al mismo tiempo, minimizar el máximo número de puntos de demandas asignados a cada instalación.

Teniendo estos dos objetivos en cuenta, a continuación, se detalla el algoritmo diseñado para obtener soluciones eficientes para este problema.

2.1 Construcción: GRASP

Para construir soluciones factibles usaremos una metodología GRASP (Festa y Resende, 2009) que es un algoritmo multi-arranque que se compone de dos fases: fase de construcción y fase de mejora. La fase de construcción es la encargada de construir soluciones factibles desde cero y la fase de mejora es la encargada de mejorar las soluciones aplicando una búsqueda local. Por tanto, para construir soluciones partimos de una solución vacía y se elige aleatoriamente la primera instalación que se va a localizar y a continuación se ordenan en una lista el resto de las instalaciones basándonos en una medida de contribución que dependerá de la función a optimizar. Este algoritmo en lugar de seleccionar siempre la mejor instalación elegirá aleatoriamente una instalación de las mejores hasta que se haya construido una solución completa, es decir, hasta que se hayan seleccionado (o abierto) k instalaciones. Esto se repite N veces para tener una población inicial de soluciones. Como estamos tratando con un problema con dos objetivos que están en conflicto, tendremos que quedarnos con todas aquellas soluciones que sean eficientes. Como es usual en un algoritmo GRASP, se intentarán mejorar las soluciones aplicándoles una búsqueda local. En este caso, hemos optado por una búsqueda local muy sencilla que consiste simplemente en intercambiar una instalación que haya sido incluida en la solución con otra que no lo haya sido y ver si somos capaces de mejorarlas haciendo este simple intercambio.

2.2 Oscilación Estratégica

Las soluciones eficientes obtenidas en la fase anterior serán incluidas en un procedimiento de oscilación estratégica (Glover, 2000) que consiste en explorar nuevas regiones del espacio de soluciones gracias a movernos entre la factibilidad y la infactibilidad de las soluciones.

En la Figura 1 puede observarse gráficamente como funciona la oscilación estratégica. Partimos de una solución factible obtenida en la Sección 2.1, S_i y añadiremos y eliminaremos instalaciones para obtener soluciones infactibles, S_i^a y S_i^r . En la mitad del camino obtendremos otra solución factible, S_i^c . Este procedimiento se repetirá un número de veces que denotaremos *Iter*.

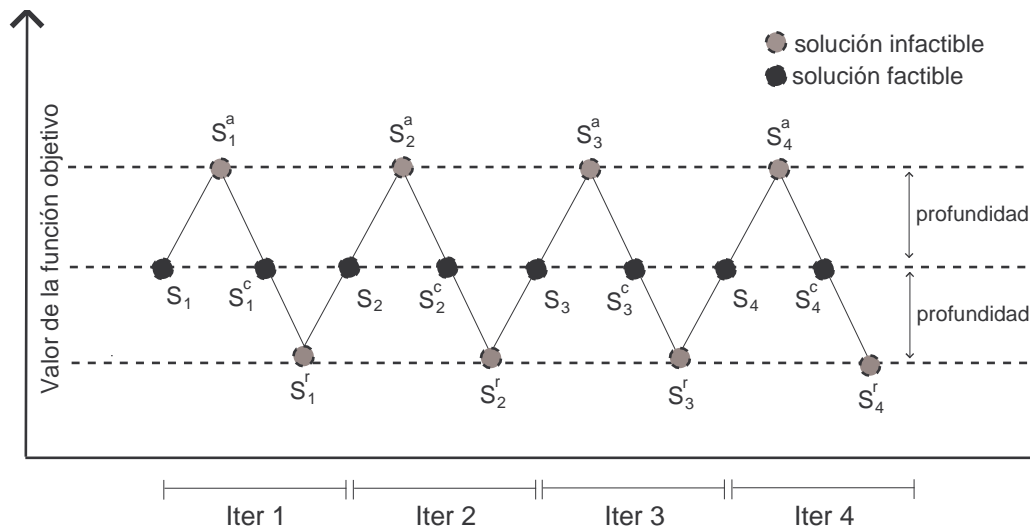


Figura 1: Oscilación estratégica

Recordemos que de nuevo, cada vez que obtengamos una solución factible, S_i y S_i^c , para $i=1, \dots, Iter$, debemos comprobar si es una solución eficiente, comparándolas con las previamente obtenidas.

2.3 Path Relinking

Para finalizar, exploraremos más soluciones uniendo trayectorias de soluciones que conecten dos soluciones infactibles cualesquiera obtenidas en la Sección 2.2 gracias a la oscilación estratégica, S_i^a y S_j^r .

En la Figura 2, se muestra un ejemplo en el que hay que localizar 6 instalaciones y partimos de dos soluciones infactibles con 2 instalaciones más (solución de partida) y 2 instalaciones menos (solución final). La metodología de Path Relinking va eliminando de la solución de partida las instalaciones que no estén en la solución final. A continuación, se eliminan instalaciones que estén en la solución de partida y se van sustituyendo por instalaciones que estén en la solución final. De esta forma se obtiene un camino para llegar de una solución a la otra que compartirán atributos de ambas soluciones y que además, convierte a estas soluciones en factibles.

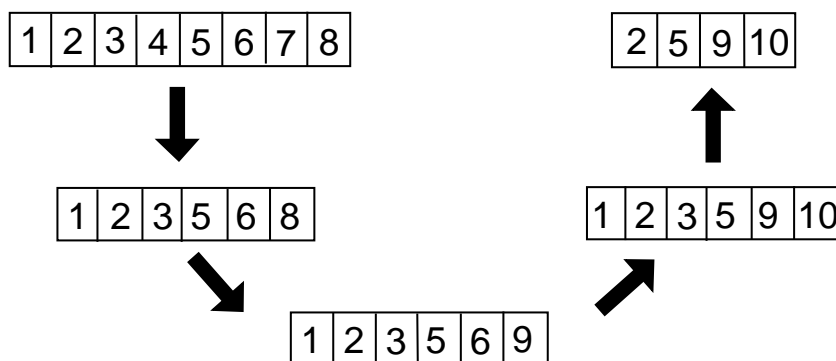


Figura 2: Ejemplo de Path Relinking entre dos soluciones infactibles

Una vez más, cada vez que obtengamos una solución factible debemos comprobar si es una solución eficiente, comparándolas las obtenidas con anterioridad.

3. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados que se han obtenido al resolver 40 problemas del repositorio OR-lib (http://people.brunel.ac.uk/~textasciitilde_mastjbb/jeb/info.html) con el algoritmo propuesto en este trabajo y con otros propuestos en la literatura: NSGA-II (Deb *et al.*, 2002), MOEA/D (Zhang y Li, 2007) y SPEA2 (Zitzler *et al.*, 2001).

Las soluciones eficientes obtenidas por los cuatro algoritmos han sido representadas para cada problema por separado pudiéndose observar que nuestro algoritmo denominado SO+PR es capaz de obtener en una mayoría de los problemas mejores soluciones eficientes.

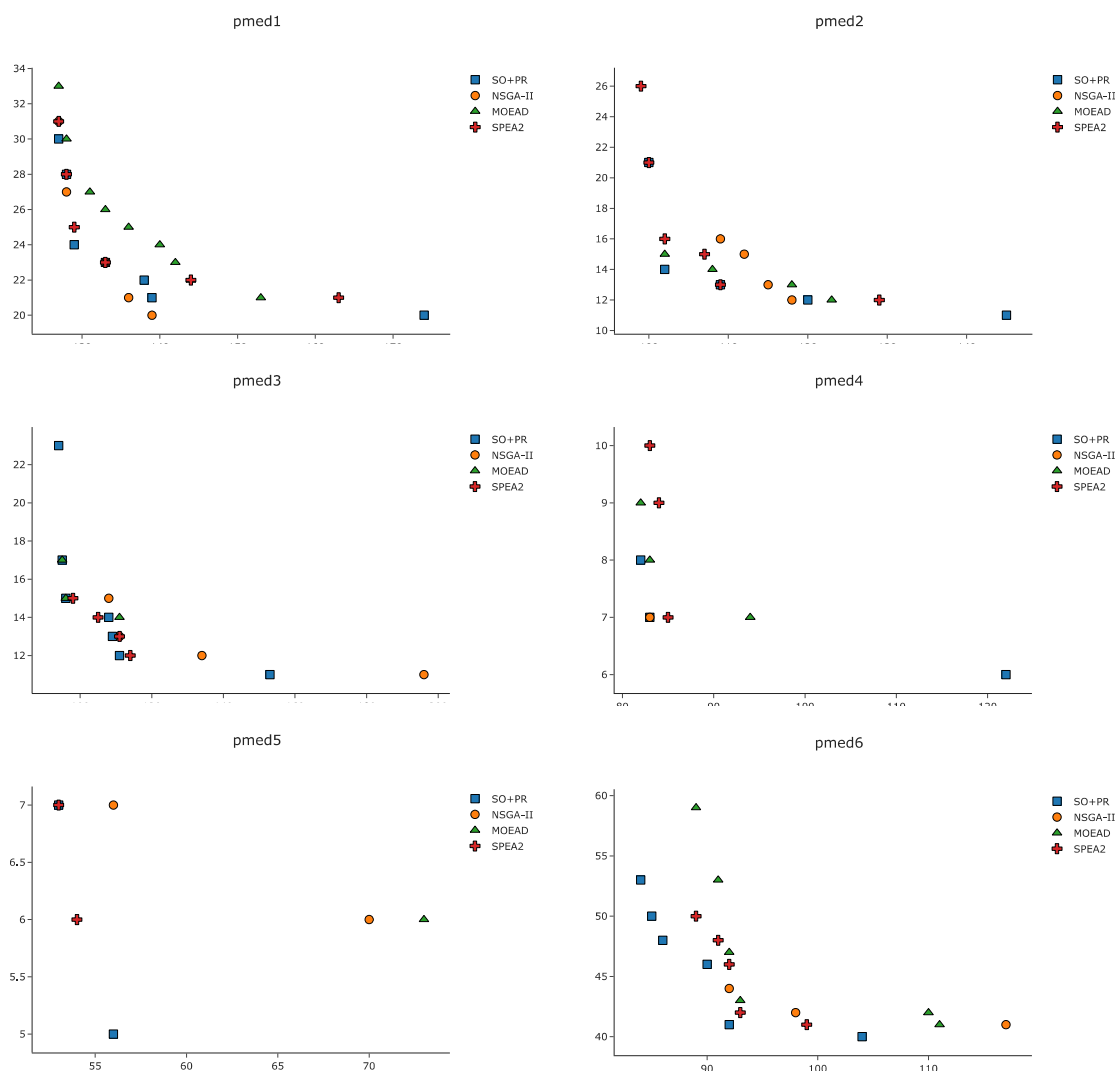


Figura 3: Soluciones eficientes 1-6.

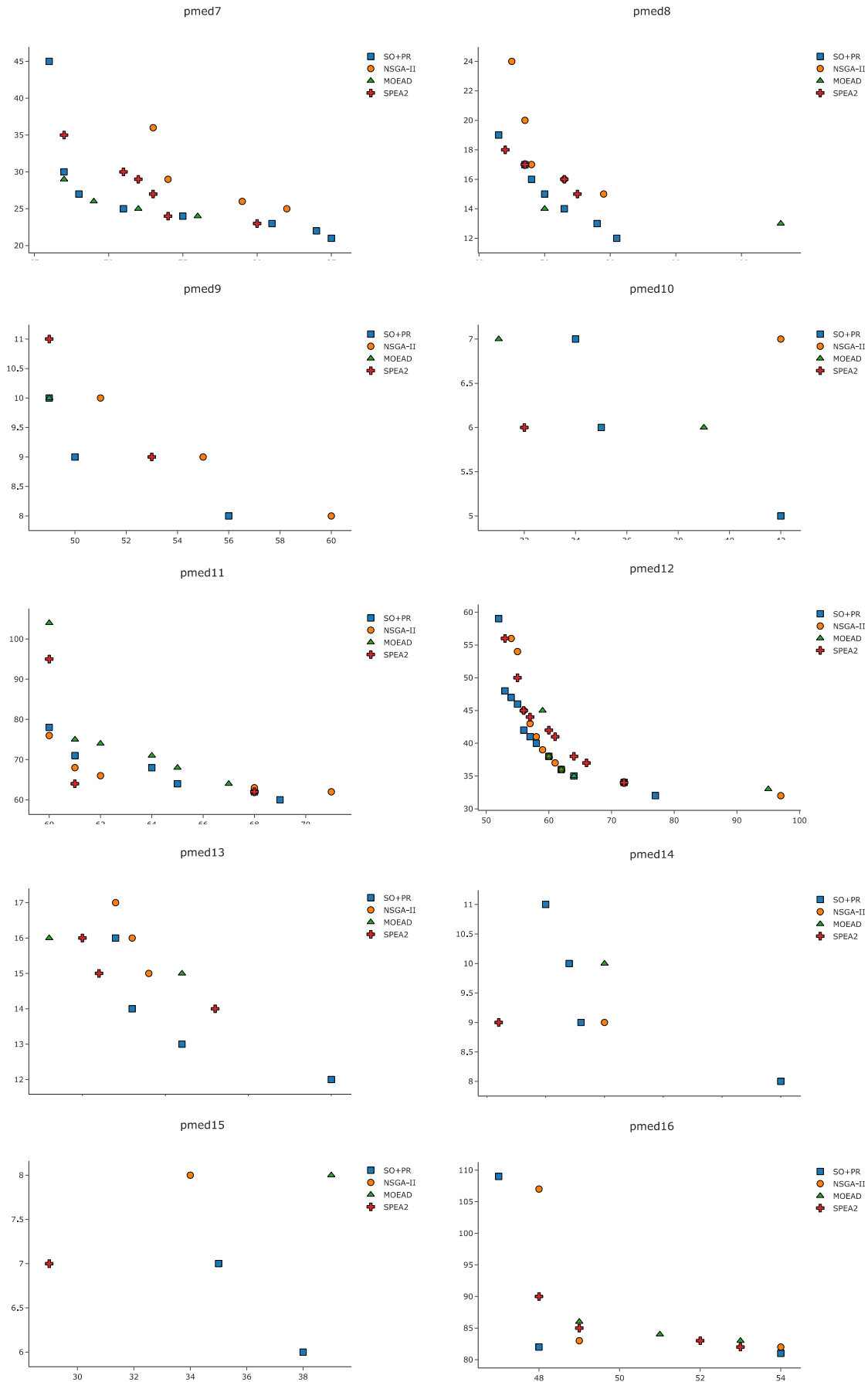


Figura 4: Soluciones eficientes 7-16.

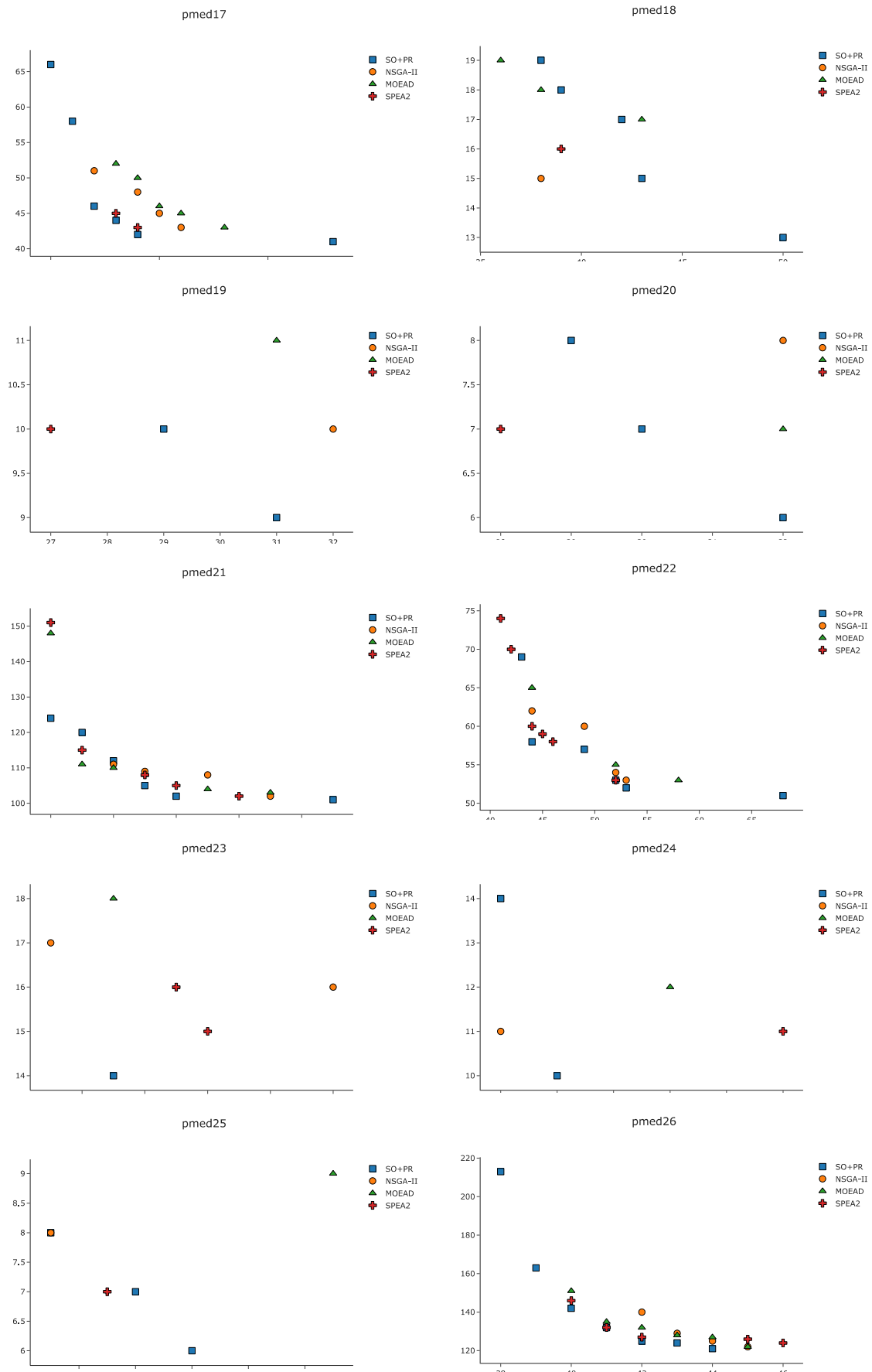


Figura 5: Soluciones eficientes 17-26.

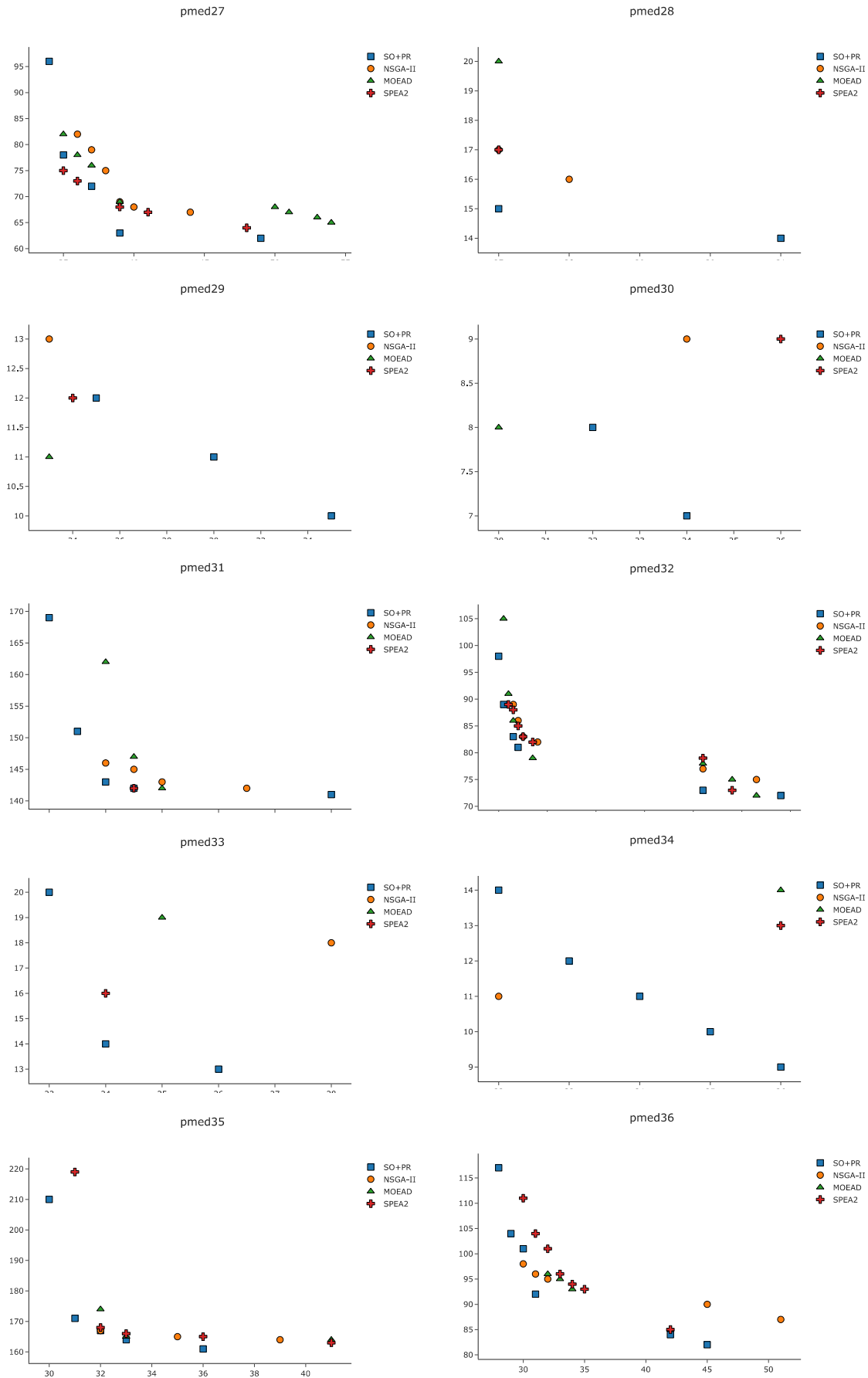


Figura 6: Soluciones eficientes 27-36.

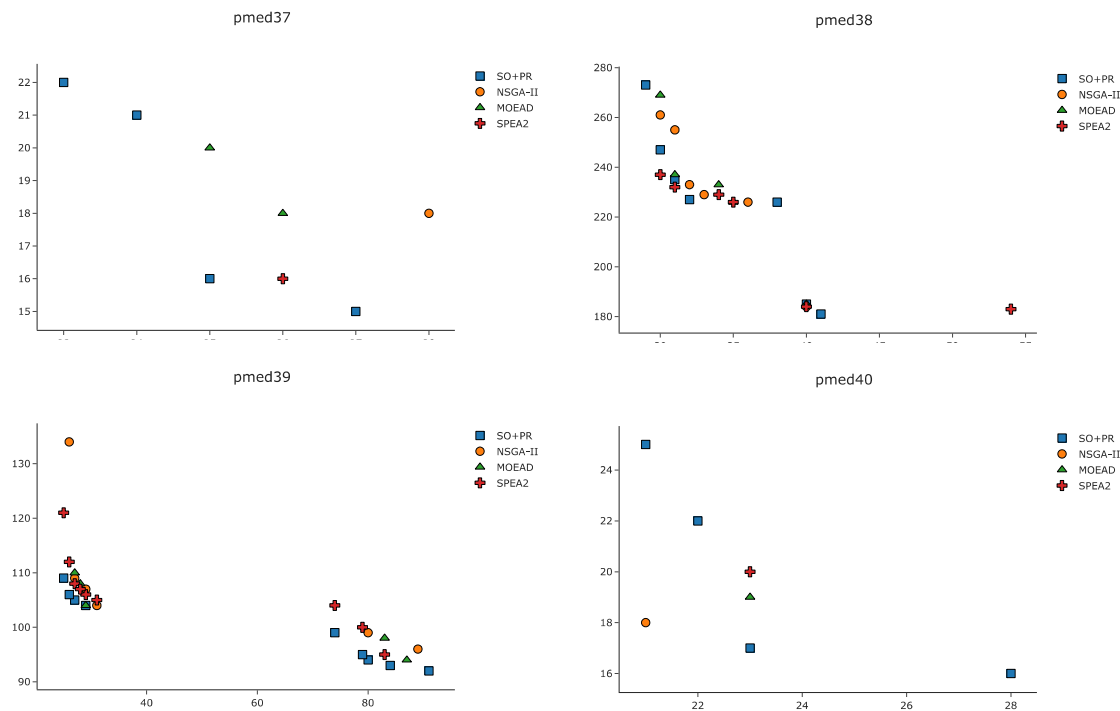


Figura 7: Soluciones eficientes 37-40.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone un algoritmo que es capaz de resolver de forma eficiente un problema de localización con dos objetivos que aparece en muchas situaciones reales, el problema que consiste en localizar cualquier tipo de instalaciones asegurando que todos los puntos de demandas puedan tener las instalaciones que le prestarán el servicio lo más cerca posible, y todas las instalaciones tenga una carga de trabajo similar para evitar desigualdades entre ellas.

REFERENCIAS

- DAVOODI, M. (2019) k-Balanced Center Location problem: A new multi-objective facility location problem. *Computers & Operations Research* 105, pp. 68 – 84.
- DEB, K.; PRATAP, A.; AGARWAL, S.; MEYARIVAN, T. (2002) A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE transactions on evolutionary computation* 6, pp. 182–197.
- FESTA, P.; RESENDE, M.G. (2009) An annotated bibliography of GRASP—Part I: Algorithms. *International Transactions in Operational Research* 16, pp.1–24.
- GLOVER, F. (2000) Multi-start and strategic oscillation methods—principles to exploit adaptive memory. En: *Computing Tools for Modeling, Optimization and Simulation* (ed.) Springer, pp. 1–23.

RIBEIRO, C.C.; RESENDE, M.G. (2012) Path-relinking intensification methods for stochastic local search algorithms. *Journal of heuristics* 18, pp. 193–214.

ZHANG, Q.; LI, H. (2007) MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition. *IEEE. Transactions on evolutionary computation* 11, pp. 712–731.

ZITZLER, E.; LAUMANN, M.; THIELE, L. (2001) SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm. *TIK-report*, 103.