AGENCIA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN - Convocatoria 2022

«Redes de Investigación»

**AVISO IMPORTANTE - La memoria no podrá exceder de 10 páginas. Para rellenar correctamente esta memoria, lea detenidamente las instrucciones disponibles en la web de la convocatoria.**

**1. DATOS DE LA ACTUACIÓN**

**COORDINADOR DE LA RED** : VÍCTOR BLANCO IZQUIERDO

**TÍTULO DE LA ACTUACIÓN EN ESPAÑOL** Red Temática: Localización y Problemas Afines

**TÍTULO DE LA ACTUACIÓN EN INGLÉS:** Thematic Network: Location & Related Problems

**2. PROPUESTA CIENTÍFICA**

La Ciencia de la Localización se ocupa del modelado y resolución de problemas relacionados con la búsqueda de la “mejor” posición para cierto servicio para cubrir la demanda de un conjunto de usuarios. La naturaleza del servicio a prestar, los criterios de elección considerados y las condiciones en las que el servicio debe prestarse, entre otros, determinan las múltiples variedades de problemas que analiza, desde distintas vertientes, esta área.

Desde los años 60, la Ciencia de la Localización se ha convertido en un área de investigación muy activa, atrayendo el interés tanto de investigadores como de la industria, donde estos problemas cobran mucho interés. Por la propia naturaleza de los problemas analizados, el campo de investigación en esta ciencia es claramente multidisciplinar, en el que la Matemáticas, la Ingeniería Industrial, las Ciencias de la Computación, la Inteligencia Artificial, la Economía, el Análisis de Datos y la Optimización Matemática tienen un papel fundamental. Es por esto, que la red temática **Localización y Problemas Afines** está formada por investigadores de distintas universidades y disciplinas, dedicados principalmente al análisis y resolución de problemas de optimización relacionados con la ubicación óptima de servicios y sus aplicaciones. Cabe destacar que las aplicaciones de los problemas abordados desde esta red pueden aparecer en la gestión de organizaciones públicas o privadas tanto a nivel estratégico como operativo de modo que las soluciones obtenidas tienen un gran impacto económico y social. Además, es conocido que la mayor parte de los problemas de localización son NP-duros, incluso los más básicos, por lo que su estudio es todo un reto a nivel matemático, en lo que se refiere a la estructura geométrica de las soluciones y al estudio algebraico de las regiones factibles que los definen.

Las primeras referencias a problemas básicos de localización pueden encontrarse en el siglo XXVII, en trabajos de Fermat o Torricelli, que desarrollaron los primeros estudios geométricos en esta área, en la búsqueda de un punto en el plano que minimizase la distancia euclídea a los vértices de un triángulo. Sin embargo, la Ciencia de la Localización se inicial formalmente con el libro “Theory of location of industries” (Weber, 1909), donde los estudios geométricos se conectan con su aplicación práctica. El gran impulso del área surge en los años 60, cuando los problemas de localización dejan de aparecer en referencias aisladas, y empiezan a trabajarse problemas con múltiples localizaciones de manera sistemática, lo que sumado a la disponibilidad de herramientas para la resolución de problemas de programación lineal hicieron posible la resolución numérica de muchos de estos problemas.

La gran cantidad de situaciones en las que la Ciencia de la Localización juega un papel fundamental ha supuesto que se vea ligada a otras grandes líneas de investigación relacionadas con la Logística, el transporte o la distribución. Esta sinergia surge de forma natural cuando se quieren encontrar soluciones integrales a problemas logísticos en los que la determinación de la posición de un servicio es claramente dependiente de la forma en la que este se distribuye entre los clientes. En este sentido, los avances alcanzados hasta el momento, y los nuevos retos que plantea constantemente la sociedad han provocado un aumento gradual de la variedad y complejidad de los problemas a estudiar, así como de los grupos de investigación en esta temática. La Ciencia de la Localización es una herramienta muy potente en el modelado y resolución de problemas, más allá de la identificación de dar servicio industrial a través de plantas. Claros ejemplos son el ajuste de modelos lineales, la obtención de reglas de clasificación, la reconstrucción de imágenes, que han sido identificados como instancias “originales” de problemas de localización. En este sentido, hay que destacar el papel de las herramientas de Inteligencia Artificial para la obtención de soluciones de problemas de gran escala, en cuyo desarrollo la comunidad de localización está además especialmente involucrada.

**Objetivos:** Es necesario, para el correcto desarrollo de la actividad investigadora en nuestra área, contar con instrumentos para establecer y mantener vivos los lazos de comunicación entre los distintos y diversos grupos de investigación que trabajan en esta temática. Ésa es la principal motivación de esta propuesta de red temática, que se plantea los siguientes objetivos:

1. **Incrementar el conocimiento colectivo** y la investigación de excelencia mediante el intercambio y la transferencia de conocimiento entre los integrantes de los distintos grupos.
2. **Identificar las metodologías** y problemáticas que surgen en el análisis y resolución de los distintos problemas de la Ciencia de la Localización y en problemas afines.
3. **Buscar sinergias** que permitan incrementar la **trasferencia de conocimiento** a sectores industriales, de forma que esta red sea la plataforma de un equipo científico multidisciplinar que permita abordar con mayores garantías los nuevos desafíos de la sociedad actual y que nos conduzcan a una investigación de excelencia, y
4. **Proporcionar** a **los investigadores en formación** y a los jóvenes doctores un **entorno** que potencie sus capacidades, enriquezca su formación y facilite su integración en la comunidad científica, como medida para garantizar formación y cualificación de una nueva generación de investigadores en esta área.
5. **Mejorar los resultados de investigación** obtenidos mediante actuaciones financiadas en convocatorias anteriores.

Los objetivos anteriores están directamente relacionados con aquellos detallados en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2021-2023, en concreto con los objetivos **OE2**: Promover el aprovechamiento de sinergias; **OE4**: Potenciar la generación de conocimiento científico-técnico de calidad; **OE5**: Facilitar la transferencia de conocimiento, **OE1**: Afianzar la internacionalización del SECTI; y **OE10**: Facilitar la movilidad internacional e intersectorial

Esta solicitud se plantea como la continuación natural de las redes temáticas financiadas en convocatorias anteriores, donde se ha alcanzado un nivel excelente de **visibilidad, cohesión, liderazgo internacional y avance científico**: Análisis de Localizaciones y sus Aplicaciones (BFM2002-10418-E), Análisis y Aplicaciones de Decisiones sobre Localización de Servicios y Problemas Relacionados (MTM2004-22566-E, MTM2005-24550-E, MTM2006-27490-E) y Localización y Problemas Afines (MTM2007-30163-E, MTM2008-02221-E, MTM2009-07290-E, MTM2010-12053-E, MTM2014-53828-REDT, MTM2016-81874-REDT, MTM2016-81874-REDT, y MTM-RED2018-102363-T).

**Acciones específicas:**

1. **Mantener y actualizar la web de la red** [**https://redloca.ulpgc.es**](https://redloca.ulpgc.es)**.** Esta web es el medio de comunicación entre los miembros de la red y una herramienta para dar a conocer su actividad. Los contenidos de ésta incluyen a los miembros de la red, sus objetivos y material de divulgación referente a problemas de teoría de la localización. En esta convocatoria se plantean dos acciones concretas entorno a esta web: (a) La actualización de su información; y (b) la inclusión de un espacio con acceso limitado a los componentes de la red que facilite el acceso a los resultados obtenidos por los diferentes grupos.
2. **Participar en la difusión de la actividad de la red** dando a conocer los avances en localización tanto a nivel metodológico como a nivel de aplicaciones aportando estas informaciones a las distintas sociedades científicas y grupos de trabajo.
3. **Establecimiento y fortalecimiento de relaciones** entre los miembros de la red, tanto dentro de los grupos como entre los distintos grupos. La multidisciplinariedad de los grupos involucrados en esta red supone un enorme potencial para la creación de nuevas líneas de colaboración y el fortalecimiento de las existentes. Estas colaboraciones podrían dar lugar a resultados relevantes y de calidad publicados en revistas de prestigio. Se pretende favorecer el estudio de modelos más complejos en los que se combinen distintos ámbitos, que requieran distintas metodologías y técnicas, y cuyo estudio no sería factible en el marco de grupos reducidos. Para favorecer estas colaboraciones se financiarán parcialmente estancias breves a miembros de la red y se organizarán seminarios conjuntos.
4. **Potenciar la formación** de los miembros de la red planificando seminarios de interés impartidos por investigadores referentes en el ámbito internacional. Este tipo de acciones están orientadas a todos aquellos miembros de la red que tengan interés por ampliar sus conocimientos en los temas seleccionados, independientemente de su experiencia, aunque su carácter formativo las hace especialmente interesantes para los miembros de la red en su etapa de formación y a los jóvenes doctores.
5. **Fomentar las conexiones** entre la Ciencia de la **Localización**, el **Análisis de Datos** y la **Inteligencia Artificial**. El aumento de la cantidad de información disponible y que ha de ser tenida en cuenta en cualquier proceso de toma de decisiones, hace necesaria una coordinación específica con disciplinas que permitan tanto manejar grandes cantidades de datos, como resolver problemas de grandes dimensiones con toda esta información. Algunos de los equipos que forman parte de la propuesta han aplicado de forma exitosa las herramientas desarrolladas en el seno de la Ciencia de la Localización, para construir métodos útiles en el Análisis de datos. Esta sinergia, debe ser aprovechada de forma intensa para el desarrollo de herramientas para la toma de decisiones en colaboración con especialistas de disciplinas cercanas a la Inteligencia Artificial. Para ello, se organizarán sesiones específicas en nuestros workshops, en los que se difundan los resultados obtenidos en estas conexiones.
6. Impulsar la **colaboración** de la red con otros agentes **del sistema ciencia-tecnología-empresa**. Para abordar esta acción proponemos invitar a diferentes empresas para que planteen problemas relacionados con sus organizaciones y organizar una Modeling Week en la que los miembros de la red puedan colaborar con empresas en la resolución de problemas.
7. Para favorecer **el impacto y reconocimiento internacionales** de la investigación de los miembros de la red se promoverá la presencia de la red en los foros internacionales. En especial se promoverán acciones en el contexto de la Unión Europea, con el fin de mejorar las posibilidades de realizar propuestas conjuntas con otros países. En este sentido, se considera prioritaria la colaboración con grupos internacionales como EWGLA, SOLA, ENOG VeroLOG, o EWGT. La Red se favorecerá la participación de sus miembros en las actividades organizadas por estos grupos, así como en congresos organizados por las sociedades internacionales EURO, IFORS, SIAM, ISOLDE o INFORMS, donde se organizan sesiones directamente relacionadas con la red. En el ámbito nacional, aprovechamos la relación con el grupo de trabajo en localización de la SEIO (GELOCA), coordinado por el solicitante de esta red, Víctor Blanco, y que favorece la coordinación.
8. La red continuará con la organización de su workshop anual [**International Workshop on Locational Analysis and Related Problems (IWOLOCA)**](https://redloca.ulpgc.es/en/workshops.html) que ya ha llegado a su 11ª edición. Esta reunión permite a los distintos nodos de la red presentar el estado de sus investigaciones y sus logros científicos y, como se ha comentado con anterioridad, incluye desde hace unos años cursos o ponencias de investigadores relevantes enfocados a temas de interés para los miembros de la red. En este momento contamos con el compromiso de investigadores de la red de la U of Edinburgh para organizar el próximo IWOLOCA en sus instalaciones, lo que daría un carácter más internacional aún a nuestros encuentros.

La red cuenta con los recursos disponibles en cada una de las universidades de los miembros que forman la red. En concreto, el coordinador es miembro del Instituto de Matemáticas de la Universidad de Granada (IMAG) que cuenta con el sello de Excelencia María de Maetzu, lo que facilita el uso a los recursos tecnológicos y de infraestructuras necesarias para poder organizar reuniones online o presenciales en la sede del IMAG. Puesto que parte de los miembros de la red son miembros de GELOCA, estos se verían beneficiados de las ayudas que la SEIO anualmente convoca para financiar a los grupos de trabajo (aproximadamente 1000€). Para la organización del IWOLOCA, sería necesaria la financiación que se solicita en esta petición, y en caso de ser insuficiente, se podría cofinanciar con las ayudas de los Planes propios de las Universidades anfitrionas. Para la actualización y difusión de las actividades y resultados obtenidos por la red solicitamos un técnico contratado con cargo a la red, y que realizaría, además de estas tareas, aquellas relacionadas con la gestión de los eventos.

Puesto que el principal objetivo de esta red es el fomento y difusión de las actividades científicas relacionadas con la Localización y Problemas Afines, los coordinadores de los 10 grupos involucrados actuarían como consejo científico asesor de todas las actividades previstas. En las dos ediciones próximas del IWOLOCA, como miembros del comité científico, y en las convocatorias para la financiación de actividades para jóvenes investigadores, como miembros del jurado evaluador. En ambos casos, las comisiones estarán presididas por el IP, que actuará como moderador de las sesiones.

Table, timeline

Description automatically generated

**3. DEFINICIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN DE LA RED**

La red de Localización y Problemas afines en este momento está compuesta por más de 100 investigadores pertenecientes a 17 instituciones españolas y 12 extranjeras. En esta petición, los investigadores se organizan en **10 grupos temáticos**, y que, aunque su funcionamiento es claramente interconectado, cada uno es experto en distintas subramas de la Ciencia de la Localización. Como se ha mencionado anteriormente, la gran variedad de problemáticas que surgen en esta ciencia, así como la diversidad de técnicas necesarias para su análisis, requieren enfoques metodológicos muy variados. Los grupos en los que se estructura esta red responden a esta variedad, tanto desde el punto de vista metodológico, como aplicado. Los grupos **Localización Continua, Localización Discreta, Rutas y Distribución, Diseño de Redes, Localización con Incertidumbre y Competencia** representan a las grandes clasificaciones de los problemas de optimización combinatoria más cercanos a la Localización. La trayectoria de estos grupos durante su presencia en la red de localización es excelente, y cuenta con investigadores de prestigio internacional en el área. Estos 5 grupos difieren principalmente en las herramientas que son necesarias para el análisis de los problemas que se contemplan en cada uno de ellos, y que van desde la Optimización Combinatoria, la Programación Entera, la Programación sobre el Cono de Segundo Orden, la Teoría de Juegos, la Probabilidad, o a la Geometría Computacional. En estos grupos se analizan de forma teórica problemas de alta complejidad, con miras a las múltiples aplicaciones de estos, y son expertos en el estudio de la complejidad teórica de los problemas, en la caracterización de las soluciones o en la representación algebraica más eficiente de las regiones factibles.

Por otro lado, los grupos de **Ciencia de Datos y Localización, Localización y análisis de redes complejas e inteligencia artificial, Localización de Concentradores y Logística Portuaria, Logística Humanitaria y Gestión Óptima del Transporte**, representan las principales variedades de aplicaciones de los problemas de Localización en la práctica más directa, y que, por los avances recientes concretos en estas líneas, tienen entidad propia. El análisis de los problemas que surgen en estos grupos viene principalmente reforzado por los resultados teóricos, aunque con las particularidades de las aplicaciones en cuestión. La construcción de modelos capaces de capturar la esencia de cada aplicación, el diseño de algoritmos de resolución, el uso de bancos de pruebas experimentales para estos, y la relación con la industria, son los grandes objetivos que buscan estos grupos. La sinergia entre todos los grupos está más que contrastada, y es más que usual la colaboración entre miembros de distintos grupos.

A continuación, se describen estos grupos, sus responsables, los miembros de estos, así como los principales objetivos de su investigación:

1. **Localización Continua** (Coordinador: **Víctor Blanco**, U de Granada)

La localización continua engloba aquellos problemas de localización de servicios donde el espacio de soluciones es continuo. Para analizar este tipo de problemas el grupo combina herramientas de análisis convexo, con aquellas de la optimización discreta y con el desarrollo de procedimientos iterativos de carácter geométrico. Las aplicaciones prácticas de la localización continua son el posicionamiento de sensores o cámaras donde hay cierta flexibilidad para su ubicación. La representación de los problemas como modelos de optimización sobre el cono de segundo orden combinados con las técnicas de optimización lineal entera es uno de los métodos más exitosos en esta área, y que debiera enriquecerse con el desarrollo de técnicas de ramificación-acotación-fijado-y-corte por desarrollar.

**Otros Miembros:** R. Gázquez (UMA), A. Japón (US), R. Salmerón, C. García T. García, A. Gaggero, M. Martinez, P. Domínguez (UGR), S. García-Quiles (Unv. Edinburgh), J. Linderoth, A. Del Pia, S. Wraight (U. Wisconsin-Madison).

**Contribuciones Relevantes:**

* Blanco, V., Japón, A., Puerto, J. (2022). A Mathematical Programming approach to SVM-based Classification with Label Noise. Computers & Industrial Engineering.
* Blanco, V., Gázquez, R., Leal, M. (2022). Mathematical Optimization Models for Reallocating and Sharing Health Equipment in Pandemic Situations. TOP.
* Blanco, V., Japón, A., Puerto, J. (2022). Robust optimal classification trees under noisy labels. Advances in Data Analysis and Classification 16, 155-179.
* Blanco, V., Japón, A., Ponce, D., Puerto, J. (2021). On the multisource hyperplanes location problem to fitting set of points. Computers & Operations Research 128, 105124.
* Blanco, V, Puerto, J. and Rodríguez-Chía, AM (2020). On lp support vector machines and multidimensional kernels. Journal of Machine Learning Research 21(14): 1-29.

1. **Localización Discreta** (Coordinadora: **Mercedes Landete**, U Miguel Hernández de Elche)

Los problemas de localización discreta de plantas consisten en decidir sobre qué elementos elegir de entre un conjunto finito de posibilidades que minimicen cierto coste asociado con la ubicación y la instalación del servicio. Las técnicas más usadas para su análisis son las derivadas de la optimización discreta (ramificación y acotación, desigualdades válidas, poliédrica, relajación Lagrangeana). Uno de los objetivos del grupo es la extensión de los modelos de plantas a modelos de optimización en subastas, en cadenas de suministro, en modelos de planificación de la producción, etc.

**Otros miembros:** J. Alcaraz, M. Landete, JF. Monge, JL. Sainz-Pardo, M. Leal, L Antón, A Moya (UMH), Juan José Peiró (UV), F. Saldanha (Univ. Lisbon)

**Contribuciones Relevantes:**

* Corberán, Á., Landete, M., Peiró, J., Saldanha, F. The facility location problem with capacity transfers. Transp Research E: Logistics and Transportation Review 138, 101943.
* Benavent, E., Landete, M., Salazar-González, J.J., Tirado, G. The probabilistic pickup-and-delivery travelling salesman problem. Expert Systems w/ Appls, 2019, 121, pp. 313–323.
* Cherkesly, M., Landete, M., Laporte, G. Median and covering location problems with interconnected facilities. Computers and Operations Research, 2019, 107, pp. 1–18.
* Landete, M., Monge, J.F., Ruiz, J.L. Robust DEA efficiency scores: A probabilistic/combinatorial approach. Expert Systems w/ Appls, 2017, 86, pp. 1339–1351.
* Landete, M., Marín, A., Sainz, J.L. Decomposition methods based on articulation vertices for degree-dependent spanning tree problems. Comp. Opt and Appls, 68(3), pp. 749–773.

1. **Localización bajo Competencia e Incertidumbre** (Coordinador: **Blas Pelegrín,** U de Murcia)

La localización de las instalaciones de una empresa es una decisión estratégica a la que se añaden otras decisiones tácticas con información posiblemente incierta. En los últimos años se han desarrollado diversos modelos para incorporar y resolver problemas de localización en los que se incorporan elementos inciertos o en los que hay competencia en distintos escenarios definidos en por el comportamiento de los consumidores, el tipo de servicio, etc. Algunos modelos de interés en el análisis de la competencia son el modelo del seguidor, y el modelo del líder. Los modelos posibles que permiten incorporar la incertidumbre son numerosos, desde modelos robustos, a modelo con información probabilística básicos, a aquellos que contemplan conjuntos de fiabilidad y el CVar. La complejidad creciente de este tipo de problemas hace necesario el desarrollo de nuevos modelos, así como de nuevas técnicas de optimización que permitan gestionar de un gran número de datos.

**Otros Miembros:** J. Fernández, P. Fernández (UM), P. Martínez, J. López (UA), I. Dorta (ULL), C. Manrique, P. Dorta, R. Suarez, D. Santos (ULPGC), E. Hendrix (UMA), J. Elizalde (UN), D.Ruiz (Sheffield University), BG. Toth (U of Szeged), A Alonso, D. Heredia, L Escudero (URJC), Celeste Pizarro (UCM)

**Contribuciones relevantes:**

* Fernández, P, Pelegrín, B. Lančinskas A, Žilinskas, A. Exact and heuristic solutions of a discrete competitive location model with Pareto-Huff customer choice rule, J of Computational and Applied Mathematics, 385 ( 2021).
* Ortuño, M., Alonso, A., Escudero, L.F. and Garín, A. and Pérez, G. (2005) *On the product selection and plant dimensioning problem under uncertainty.* OMEGA 33 (4). 307 -318.
* B. Pelegrín, P. Fernández, M.D. García, On tie breaking in competitive location under binary customer behavior, OMEGA 52 (2015), 156–167.
* Beltrán, C., Vial, J. P., Alonso, A. (2012). Semi-Lagrangian relaxation applied to the uncapacitated facility location problem. Comp Optimization and Applications, 51(1), 387-409.
* J.M. Díaz, M. Heredia, B. Pelegrín, P. Pérez, I. Ventura, Finding all pure strategy Nash Equilibria in a planar location game, Eur Journal of Operational Research 214 (2011) 91–98

1. **Diseño de Redes:** (Coordinadora: **Maria Albareda,** U Politècnica de Catalunya)

El diseño de redes estudia aquellos problemas de localización cuyo dominio es un grafo y en los que las decisiones de localización y asignación pueden asociarse a la selección de vértices y aristas. Entre sus principales aplicaciones destacan las telecomunicaciones y la logística de distribución, ámbitos en los que prácticamente cualquier decisión de carácter estratégico, táctico u operacional implica el diseño de la topología de una red. En este tipo de problemas es fundamental el uso de distintas herramientas de la Teoría de Grafos, combinada con la Optimización Combinatoria. Además, teniendo en cuenta la incertidumbre inherente a la mayoría de los problemas logísticos, es necesario el uso de herramientas de programación estocástica para su adecuado análisis.

**Otros Miembros:** JA. Iranzo (CUD), E. Codina, C. Núñez (UPC), H. Calvete, C. Galé (UZ), J. Rodríguez (UPF), G. Reinelt (Heidelberg U.), JA. Díaz (UDLA Puebla), R. Ríos, F. Camacho D. Huerta (UA Nuevo León).

**Contribuciones relevantes:**

* M Albareda, A Marín, AM Rodríguez-Chía. Reformulated acyclic partitioning for rail-rail containers transshipment. Eur Journal of Operational Research 277 (1), 153-165
* M Albareda, LI Martínez-Merino, AM Rodríguez-Chía. The stratified p-center problem. Computers & Operations Research 108, 213-225
* O Lordan, M Albareda. Exact calculation of network robustness. Reliability Engineering & System Safety 183, 276-280
* M Albareda, E Fernández, F Saldanha-da-Gama. Heuristic solutions to the facility location problem with general Bernoulli demands. INFORMS Journal on Computing 29 (4), 737-753
* LI Martínez, M Albareda, AM Rodríguez-Chía. The probabilistic p-center problem: Planning service for potential customers. European Journal of Operational Research 262 (2), 509-520.

1. **Rutas y Distribución** (Coordinador**: Juan José Salazar,** Universidad de La Laguna)

Todos los aspectos que conciernen a los problemas de distribución y transporte son de gran importancia económica. Este grupo cubre el análisis y el desarrollo de métodos para la planificación, gestión y explotación de las redes de distribución y transporte de mercancías. Su propósito es ayudar a que el proceso de análisis y de toma de decisiones sea más eficaz y de mayor calidad. Se estudian diferentes problemas de rutas de vehículos y su combinación con los de localización de servicios, con especial énfasis en: i) problemas en los que la demanda se sitúa en los vértices que son extensiones de otros problemas conocidos, con aplicaciones más realistas, que permitan tener en cuenta las nuevas formas de distribución y recogida de mercancías, ii) problemas en los que la demanda se sitúa en los arcos que incorporen consideraciones referentes al eventual beneficio de la operación, a las relacionadas con los costes y sobre diferentes tipos de grafos, iii) problemas relacionados con rutas inteligentes para un transporte sostenible e integrado.

**Otros Miembros:** H. Hernández, J. Riera I. Rodríguez (ULL), A. Santini (UPF), JM. Sanchís (UPV), E. Benavent (UV), Miguel Reula, P. Segura (UV).

**Contribuciones Recientes:**

* H Hernández, JJ Salazar, A Branch-and-cut algorithm for the split-demand one-commodity pickup-and-delivery travelling salesman problem. Eur J of Op Res. 297 (2), 467-483, 2022.
* J Riera, JJ Salazar. Selective routing problem with synchronization. Computers & Operations Research 135, 105465, 2021
* D Wolfinger, JJ Salazar. The pickup and delivery problem with split loads and transshipments: A branch-and-cut solution approach. European Journal of Operational Research 289 (2), 470-484, 2021.
* AM Florio, RF Hartl, S Minner, JJ Salazar. A branch-and-price algorithm for the vehicle routing problem with stochastic demands and probabilistic duration constraints. Transportation Science 55 (1), 122-138, 2021.
* V Cacchiani, JJ Salazar. Heuristic approaches for flight retiming in an integrated airline scheduling problem of a regional carrier. Omega 91, 102028, 2020.

1. **Ciencia de Datos y Localización:** (Coordinador: **Antonio M Rodríguez Chía**, U de Cádiz)

En los últimos años, el avance de las herramientas computacionales para resolver exactamente problemas de optimización complejos, así como aquellas relacionadas con el manejo de grandes bases de datos, han abierto un campo de trabajo de muy alta repercusión en el Análisis de Datos moderno en lo que se refiere a modelos de optimización para la construcción de herramientas de aprendizaje automático con distintas particularidades, que hasta el momento no eran posibles por las limitaciones computacionales y de modelado matemático. En este sentido, recientemente el grupo de trabajo ha detectado una conexión directa entre los problemas clásicos de localización y la construcción de herramientas de clasificación supervisada. El desarrollo de modelos de aprendizaje automático que permitan extraer información relevante de los datos, y de algoritmos eficientes y escalables de resolución, que se adapten a las necesidades de los datos, con criterios de interpretabilidad, equidad, capacidad de inferencia, y transparencia, son algunos de los objetivos del grupo.

**Otros Miembros:**  A. Castaño, M. Baldomero, I. Espejo, L. Martínez, JM Muñoz, T. Navarro, R. Páez, C. Valero (UCA), S. Nickel (Karlsruhe Ins. of Tech), J. Kalsics (Univ. Edimburgh).

**Contribuciones seleccionadas:**

* I. Espejo, R. Páez, J. Puerto, A.M. Rodríguez-Chía. Minimum Cost b-Matching Pro- blems with Neighborhoods. Computational Optimization and Applications, por aparecer, 2022.
* J.J. Calvino, M. López-Haro, J.M. Muñoz-Ocaña, J. Puerto, and A.M. Rodríguez-Chía. Segmentation of Scanning-Transmission Electron Microscopy Images using Ordered Median Problem. Eur Journal of Operational Research, por aparecer, 2022.
* A. Marín, L.I. Martínez, J. Puerto, A.M. Rodríguez. The soft-margin Support Vector Machine with ordered weighted average. Knowledge-Based Systems, 237, 107705 (2022).
* S. Benati, D. Ponce, J. Puerto, A.M. Rodríguez. A Branch-and-price procedure for clustering data that are graph connected. Eur. Journal of Operational Research, 297(3):817-830, 2022.
* M. Baldomero, L.I. Martínez, A.M. Rodríguez A robust SVM-based approach with feature selection and outliers detection for classification problems. Exp Syst w/ Appls. 2021 115017.

1. **Localización y análisis de redes complejas e inteligencia artificial** (Coordinador: **Justo Puerto**, U de Sevilla)

La integración de diferentes elementos relevantes en el análisis de los problemas de localización, como el inventario, la secuenciación de tareas, o la gestión de colas, que de forma clásica no se habían considerado simultáneamente, genera modelos usualmente muy complejos pero que en contrapartida representan con mayor fidelidad la situación bajo estudio. El objetivo es crear modelos matemáticos realistas, que ayuden de manera eficaz a la toma de decisiones y a la monitorización de estos sistemas. Para conseguir dicho objetivo será necesario trabajar en varias líneas de acción, algunas de ámbito local que analicen propiedades específicas y que innoven en el tratamiento de problemas concretos, y otras más globales que incorporen las innovaciones específicas en el desarrollo de algoritmos de resolución para problemas de mayor entidad. Este es el caso de la conexión con la Inteligencia Artificial, tanto para el desarrollo de herramientas eficientes de resolución para sistemas de grandes tamaños, como para el diseño de sistemas inteligentes usando herramientas de la gestión logística. El principal objetivo en conjunción con todas estas es la aplicación de los resultados obtenidos a la gestión de las redes en problemas urbanos (smart cities). Todos estos factores se relacionan por la capacidad de resolver problemas nuevos y utilizar herramientas matemáticas para mejorar su eficiencia.

**Otros Miembros:** Y. Hinojosa, M. Pozo, D. Ponce, M. Rodriguez, A. Torrejón, F Temprano, G Gonzalez (US), D. Pérez (ULL), S. Benati (U. Trento), A. Scozzari (U degli Studi Niccolò Cusano), L. Amorosi, F. Ricca (U La Sapienza).

**Contribuciones Recientes:**

* Puerto, J; Perea, F. 2018. On minimax and Pareto optimal security payoffs in multicriteria games. J of Mathematical Analysis and Applications. 457-2, pp.1634-1648.
* Benati, S; Puerto, J; Rodriguez-Chia, AM. 2017. Clustering data that are graph connected. Eur Journal Of Operational Research. 261-1, pp.43-53.
* Blanco, V. Puerto, J, Ponce, D.. 2017. Continuous location under the effect of refraction. Mathematical Programming, Series B. 161-1, pp.33-72.
* Puerto, J; Rodriguez-Chia, AM; Tamir, A. 2017. Revisiting k-sum Optimization. Mathematical Programming, Series B. 165-2, pp.579-604.
* Gonzalez, J., Gonzalez, B. Leal, M, Puerto, J. (2021). Global optimization for bilevel portfolio design: Economic insights from the Dow Jones index. OMEGA 102, 102353.

1. **Localización de Concentradores y Logística Portuaria** (Coordinadora: **Elena Fernández**, U de Cádiz)

A camino entre la localización y los problemas de rutas están los problemas de localización de concentradores (hubs) y aquellos de gestión logística en puertos. El auge de los últimos años, tanto por el desarrollo de modelos y técnicas como en las importantes aplicaciones a nivel logístico que tienen, le han dado un lugar privilegiado en el estudio de este tipo de sistemas logísticos. La combinación de rutas, con decisiones de diseño, hacen de estos problemas un gran reto a nivel matemático, tanto desde el punto de vista del modelado como de su resolución eficiente. El grupo ha liderado propuestas con una gran repercusión internacional, y que han afectado a cómo se gestionan actualmente muchos de estos modelos . La construcción de modelos realistas, el estudio poliédrico de los problemas de programación lineal entera que se derivan, el diseño de estrategias de ramificación, corte y pricing para la resolución eficiente de los problemas, son algunos de los objetivos de este grupo.

**Otros Miembros:** M Muñoz, M Arana, CA Domínguez, N Zerega (UCA), I. Ljubic, C. Archetti, D (ESSEC).

**Contribuciones Relevantes:**

* Fernández, E., M. Leitner, I. Ljubić, M. Ruthmair, (2022), Arc Routing with Electric Vehicles. Transportation Science https://doi.org/10.1287/trsc.2022.1126.
* Archetti, C., E. Fernández, D.L. Huerta-Muñoz, F. Perea, (2022), The Heterogeneous Flexible Periodic Vehicle Routing Problem: Mathematical formulations and solution algorithms, Computers & Operations Research, 141, 105662.
* Fernández, E., M. Munoz-Marquez (2022), New formulations and solutions for the strategic berth template problem, European Journal of Operational Research, 298, 99-117.
* Fernández, E., A. Sgalambro (2020). On Carriers Collaboration in Hub Location Problems. European Journal of Operational Research 283, 476--490.
* E Fernández, G Laporte, J Rodríguez-Pereira (2019), Exact Solution of Several Families of Location-Arc Routing Problems. Transportation Science. 53(5), 1313-1333.

1. **Gestión Óptima del Transporte** (Coordinador**: David Canca**, U de Sevilla)

Uno de los mayores éxitos de la Investigación Operativa y otras áreas de la Matemática Aplicada ha sido la aplicación de sus modelos y métodos de resolución en el campo de la planificación en transportes. Por otra parte, este campo genera problemas, a menudo muy complejos, que inspiran nuevas metodologías de modelación y resolución. Quizás el área más importante de la planificación en transportes es la de los pasajeros. Diariamente millones de personas se mueven en transportes colectivos entre ciudades o en áreas metropolitanas. La organización eficiente de los recursos para la movilidad requiere el uso de sofisticadas metodologías matemáticas. En particular, el Análisis de Localizaciones proporciona modelos y métodos de resolución para localizar los puntos de acceso y la conexión entre los mismos, en los sistemas de transporte. La Ciencia de la Localización proporciona metodologías y otras herramientas a la resolución de los problemas de la operación de los sistemas de transporte.

**Otros Miembros:** JA Mesa, F. Ortega, F. Perea, A. De los Santos, R. Piedra, N. Gonzalez-Blanco, G. Marseglia, M. Calvo, PL González, M. Calle-Suárez, JL Andrade, JM Leon Blanco, MC. Lopez de los Mozos (US), E. Barrena (UPO), A. Zarzo (UPM).

**Contribuciones relevantes:**

* Leon, J. M., Gonzalez, P. L., Andrade, J. L., Canca, D., Calle, M. 2022 A multi-agent approach to the truck multi-drone routing problem. Expert Systems with Applications, 195.
* Núñez, F., Canca, D., Arcos, A. 2022. An assessment of European electricity arbitrage using storage systems. Energy, 242, 122916.
* Panadero, J., Barrena, E., Juan, A. A., Canca, D. The Stochastic Team Orienteering Problem with Position-Dependent Rewards. Mathematics, 10 (16), 2856
* D Canca, G Laporte. 2022. Solving real size stochastic railway rapid transit network construction scheduling problems. Computers and Operations research, 138, 105600
* D Canca, JL Andrade-Pineda, A De-Los-Santos, PL González-R. 2021. A quantitative approach for the long-term assessment of Railway Rapid Transit network construction or expansion projects. European Journal of Operational Research, 294(2), 604-621.

1. **Logística Humanitaria:** (Coordinadora: **Teresa Ortuño**, U Complutense de Madrid)

La logística humanitaria es un tipo de logística enfocada a aliviar el sufrimiento de las personas vulnerables. Estas características específicas se pueden agrupar en tres grandes rasgos: decisores, objetivos estratégicos e incertidumbre. Las metas estratégicas y las medidas de desempeño de la logística humanitaria también son específicas, siendo la prioridad más característica la eficacia (sobre la eficiencia). Es por esto, que, al diseñar modelos de apoyo a la decisión en este contexto, es importante tener en cuenta que un logístico humanitario no puede valorar sólo económicamente el logro de objetivos. Ademaás, la incertidumbre y la presión del tiempo son variables que determinan el entorno en el que se deben tomar decisiones, con alta relevancia durante la gestión de un desastre. El gran reto de este grupo es el desarrollo de modelos de decisión que integrados con los sistemas de información disponibles den respuesta a las distintas fases de la gestión de desastres.

**Otros Miembros:** G Tirado, JM Ferrer, A. Rodríguez, B. Vitoriano, J Martin-Campo, B. Granada, J. León, J. Barreal (UCM), Federico Liberatore (Cardiff University)

**Contribuciones relevantes:**

* J.M. Ferrer, F.J. Martín, T. Ortuño, A.J. Pedraza, G. Tirado, B. Vitoriano. Multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications. Eur Journal of Operational Research 269, 501-515 (2018)
* J.L. Arroyo, A. Felipe, T. Ortuño, G. Tirado. Effectiveness of carbon pricing policies for promoting urban freight electrification: analysis of last mile delivery in Madrid. Central European Journal of Operations Research 28. 1417-1440. (2020)
* J. León, F.J. Martín, M.T. Ortuño, B. Vitoriano, L.M. Carrrasco, L. Narvarte .A methodology for designing electrification programs for remote areas. Central European Journal of Operations Research 28. 1265-1290. (2020).
* I. Flores, M.T. Ortuño, G. Tirado, B. Vitoriano. Supported Evacuation for Disaster Relief through Lexicographic Goal Programming. Mathematics 8, 648-667. (2020)
* A. Ceselli, A. Felipe, T. Ortuño, G., Righini, G. Tirado. A branch-and-cut-and-price algorithm for the electric vehicle routing problem with multiple technologies. SN ORes Forum 2. (2021)

**4. IMPACTO ESPERADO DE LOS RESULTADOS**

Los objetivos descritos anteriormente tendrán un alto impacto en lo que se refiere al desarrollo tecnológico en diversas áreas de la sociedad de la información, como en el establecimiento de mecanismos para tomar decisiones en distintos sistemas logísticos y de transporte. Las sinergias crecientes de nuestro grupo con las áreas de Inteligencia Artificial y Ciencia de los Datos permitirán el estudio de situaciones realistas de grandes tamaños, o en tiempo real, y que tendrán un efecto positivo directo en la sociedad. A nivel científico, las colaboraciones entre los grupos más teóricos expertos en distintas disciplinas matemáticas para el estudio de problemas de optimización, darán lugar al desarrollo de metodologías novedosas que combinen las técnicas de optimización lineal discreta (desigualdades válidas, estudio de poliedros, relajaciones, etc) con aquellas de la optimización no lineal discreta, aún en desarrollo. Las colaboraciones entre los grupos más aplicados darán lugar al estudio de modelos novedosos que avancen en la integración necesaria para el estudio de sistemas logísticos, uno de los grandes retos tecnológicos hoy en día. Finalmente, aprovechando el conocimiento estructural matemático de los problemas obtenido por unos grupos, con el conocimiento más profundo aportado por los equipos más aplicados, darán lugar a estrategias eficientes de resolución, así como el desarrollo de nuevos problemas más cercanos a las necesidades que demanda la sociedad. Es claro que esta red permitiría mejorar los resultados de investigación obtenidos mediante actuaciones financiadas en convocatorias anteriores de proyectos del Plan Estatal de I+D+I.

La viabilidad de la propuesta para alcanzar los objetivos planteados es clara, y queda en evidencia por las siguientes razones:

* La Ciencia de la Localización es una de las **disciplinas más productivas en Investigación Operativa** con códigos específicos de identificación del Math SC: 90B80 y 90B85 (localización); 90B06 (Transportation Logistics); y 90C05, 90C10, 90C11, 90C26, 90C27, 90C29 y 90C30 (Programación Matemática).
* Existen **multitud de grupos de trabajo** nacionales e internacionales en localización y materias afines, como GELOCA (SEIO), EWGLA, VEROLOG (EURO) o SOLA (INFORMS). Estos grupos celebran periódicamente **congresos internacionales** en temas del área, con gran número de participantes (EWGLA, ISOLDE, TRISTAN, INFORMS, …)
* Los grupos que integran esta solicitud acreditan una **prolongada trayectoria investigadora** **muy activa** con indicadores de calidad más que contrastados. Estos mantienen numerosos contactos con prestigiosos grupos de investigación, nacionales e internacionales, colaborando asiduamente en publicaciones científicas, en co-tutorización de doctorandos, así como en la organización de eventos científicos.
* Los grupos que forman la red temática han realizado **aportaciones científicas relevantes** y rompedoras en Optimización Matemática, Machine Learning e Inteligencia Artificial, Logística y Transporte, especialmente en situaciones que surgen en la Ciencia de la Localización. Algunos de los grupos han liderado propuestas muy novedosas en relación con el papel de la Optimización Matemática (y la Localización) en **Inteligencia Artificial**. Además, están involucrados en la **organización de eventos científicos internacionales**, así como con **cargos de responsabilidad en sociedades científicas nacionales e internacionales**.
* Los grupos han realizado **aplicaciones** de nuestros resultados a problemas surgidos de situaciones reales en **la industria, el sector público, la agricultura y el comercio**.
* La propuesta coordina a investigadores de **distintas áreas de conocimiento** que van desde la Estadística e Investigación Operativa, la Economía aplicada, la Geometría Computacional, o la Inteligencia Artificial, que, junto con nuestra dispersión geográfica, asegura una masa crítica más que suficiente para afrontar los retos propuestos con las metodologías más adecuadas en cada caso, y permite alcanzar con creces el objetivo de interrelación de los agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación.
* La Red cuanta **con miembros de varios países** lo que nos da un claro carácter internacional. En este sentido somos un colectivo que cubre un amplio espectro de conocimiento y que ha sabido huir de la fragmentación y ha acumulado experiencia y reconocimiento en el ámbito de los problemas logísticos y de transporte inteligente e integrado en redes complejas, por lo que la red de Localización y Problemas afines lo que fomenta directamente la internacionalización del sistema español de ciencia y tecnología.