

## **PROPUESTA PARA LA PLATAFORMA COMPUTING**

### **GRUPO DE MODELIZACIÓN DE FENÓMENOS NATURALES EN CIENCIAS DE LA TIERRA Universidad de Oviedo**

#### **INTEGRANTES**

- Juan Luis Fernández Martínez (Dpto. de Matemáticas).
- César Omar Menéndez Pérez (Dpto. de Matemáticas).
- Nilo Bobillo Ares (Dpto. de Matemáticas).
- José Paulino Fernández Álvarez (Dpto. de Explotación y Prospección de Minas).
- Zulima Fernández Muñiz (Dpto. de Matemáticas).
- Esperanza García Gonzalo (Dpto. de Matemáticas).
- Luis Mariano Pedruelo González (IEES Bernardo de Quirós).
- José César Camporro Bravo (Ingeniero de minas y colaborador externo del Dpto. de Matemáticas).
- Estudiantes y becarios temporales

#### **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y CONTRIBUCIONES**

- Modelización y simulación numérica de procesos asociados a ciencias de la tierra: problemas geológicos, hidrogeológicos, geofísicos y geotécnicos. Nos interesan en particular problemas medioambientales involucradas en dichos procesos.
- Planteamiento y solución efectiva de problemas inversos –de identificación de parámetros geofísicos e hidrogeológicos– necesarios en particular para la interpretación y toma de decisiones.
- Modelización geoestadística, es decir, el estudio de la distribución espacial de variables regionalizadas y/o series temporales, asociadas con fenómenos naturales de interés práctico: hidrogeología, medioambiente, meteorología, minería, etc. En este sentido nos interesan también técnicas como los filtros Kalman y las redes neuronales en el análisis y predicción de dicho tipo de variables.
- Procesado e interpretación de datos mediante técnicas de tratamiento digital de la señal y en particular la técnica de ondículas. Aplicación a campos de observables geofísicos y series temporales.
- Identificación de mecanismos de plegamiento de estructuras geológicas con el fin de analizar deformaciones y parámetros derivados que pueden eventualmente poseer un interés geominero.

En particular, en el ámbito de los problemas inversos nuestras contribuciones versan sobre:

- Inversión determinista y estocástica (enfoque Bayesiano) de datos observados.
- Estudio de las distintas formulaciones para construir la solución de estos problemas así como para introducir la información, denominada *a priori*, con el fin de corregir y estabilizar su mal planteamiento (regularización).
- Aspectos computacionales implementación de métodos globales de optimización (algoritmos genéticos, simulated annealing, particle swarm, algoritmos de vecindad, etc...), como técnicas útiles para "topografiar" el conjunto de soluciones equivalentes (no unicidad) en el espacio de modelos. En particular se analiza también la posibilidad de dichos métodos de realizar el *muestreo por importancia*, asociado al enfoque Bayesiano de los problemas inversos, y con el fin de caracterizar la **distribución a posteriori** de los modelos solución, cuyo conocimiento es muy importante para la toma de decisiones y valoración de riesgos en la práctica (tesis doctoral en curso).
- El uso de las técnicas de ondículas para la solución simultánea del problema inverso a diferentes escalas, en función de la distribución espacial y temporal de los datos disponibles. De esta manera, es posible ponderar de manera automática el grado de determinación o indeterminación de las distintas partes del problema, lo cual condiciona el uso en mayor o menor medida de información a priori externa (tesis doctoral en curso).
- La creación de software bajo MATLAB que resuelve las problemáticas anteriormente mencionadas. En particular, se trata de desarrollar paulatinamente una plataforma abierta de programas que incorporen dichas investigaciones, con una estructura general. De este modo podrá ser utilizada como "laboratorio" de investigación y /o docente, requiriendo tan sólo la programación del problema directo, en cada caso.

En el tema de análisis de plegamientos se ha desarrollado un programa bajo Matemática, denominado FoldModeler, que incorpora todas las investigaciones desarrolladas en este campo en colaboración con el Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo (<http://www.geol.uniovi.es/Investigacion/OFAG/>).

Finalmente en el tema de modelización geoestadística se ha desarrollado software específico bajo Matlab, aplicándolo a variables provenientes de la minería, medioambiente, hidrogeología, meteorología, edafología, etc.

## PROPUESTAS DE COLABORACIÓN

### De modo general nuestro grupo podría/desearía:

- Colaborar en la formación de diferentes colectivos que hagan uso de estas metodologías: aplicaciones biomédicas, identificación de parámetros en procesos industriales, modelos en biología, etc... Especialmente estamos interesados en problemáticas medioambientales y relativas a ciencias de la tierra, aunque podemos interesarnos en otras temáticas.
- Incorporar, desarrollar, programar y aplicar otros métodos globales (o locales) de inversión, realizando un análisis de su viabilidad y eficacia. Nos parece interesante *aplicar nuestros algoritmos a otros campos científicos donde resulte beneficioso y, a la inversa, aplicar a nuestros problemas algoritmos desarrollados por otros investigadores.*
- En este sentido, teniendo en cuenta los puntos anteriores, cabría incluso plantear la codirección de tesis doctorales y/o la participación de otros investigadores en proyectos de investigación propios o la nuestra en proyectos ajenos. **Por definición somos un grupo multidisciplinar y abierto** que evolucionamos en el mundo de la matemática, de la ciencia, de la industria y de la ingeniería.
- Colaborar con los miembros de la plataforma Consulting en la aplicación de nuestras metodologías a problemas reales. Por ejemplo, los problemas inversos que tratamos sirven para detectar casos de intrusión salina en acuíferos costeros, como el que hemos tratado en la zona de Águilas (Murcia). Cabe reseñar que la mayor parte de nuestras investigaciones están inspiradas por problemas de la realidad cotidiana. En ese sentido es una investigación en matemática aplicada.

### De modo más particular y centrado en nuestras líneas de investigación, nos interesa:

- Colaborar con otros investigadores que aborden los problemas desde enfoques más teóricos dado que, en muchos casos, los algoritmos tienen inspiración heurística y nuestro grupo valora su viabilidad desde aspectos más pragmáticos. En algunos casos puede tratarse de colaboraciones que parten de un nivel muy básico: se plantea una idea de modo intuitivo y hay que realizar una

construcción teórica para asentar dicha teoría. Este tipo de colaboraciones pueden ser muy interesantes pues en la actualidad el desarrollo matemático proviene en muchos casos de disciplinas adyacentes del mundo de la ciencia, de la informática, de la sociología y de la ingeniería. Ejemplos actuales los tenemos en el caso de los ciertos algoritmos de optimización global con inspiración biológica o sociológica, en la formalización teórica de la técnica de ondículas, etc. En muchos casos algunas ideas se desechan o no se desarrollan porque no alcanzamos a formalizarlas. Visto así la investigación aplicada es un banco de pruebas inigualable para surtir a la investigación más teórica. En definitiva, no todos sabemos hacer de todo.

- Colaborar en el análisis de las complejidades algorítmicas asociadas con el alto número de parámetros en los problemas inversos ("la maldición de la dimensionalidad"): la aplicación de estas metodologías a problemas inversos geofísicos o a la realización de inversiones conjuntas con datos provenientes de distintos métodos (muy útil para reducir el mal planteamiento del problema inverso), justifica la necesidad de investigar, tanto técnicas para explorar de modo efectivo el espacio de modelos e, incluso, abordar la posibilidad de paralelizar los cálculos. En este aspecto se han iniciado contactos con diversas universidades, como la de Berkeley y la de Ferrara.

## **NECESIDADES FINANCIERAS**

Las ayudas que solicitamos estarán destinadas básicamente a la movilidad de investigadores, a la asistencia a congresos internacionales y foros donde presentar nuestras investigaciones, incluso para la asistencia a reuniones nacionales con miembros de las plataformas Computing y Consulting si se considera necesario, e invitación de diferentes expertos a la Universidad de Oviedo.

## ALGUNAS PUBLICACIONES RECIENTES Y RELEVANTES DE NUESTRO GRUPO DE INVESTIGACIÓN

### Problemas inversos y modelización geoestadística

---

Autores (p.o. de firma): J.L. Fernández Martínez y L.M. Pedruelo

Título: ***A method of unravelling errors in data for the transmission tomographic inverse problem.***

Ref.  revista  Libro:

Clave: A Volumen: 2 Páginas, inicial: 839 final: 844 Fecha: 1998

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG98).

ISBN: 88-900308-0-1

Lugar de publicación: IAMG98 (ITALIA).

---

Autores (p.o. de firma): J.L. Fernández Martínez y L.M. Pedruelo

Título: ***A new method of inferring a priori information for the transmission tomographic inverse problem***

Ref.  revista  Libro:

Clave: A Volumen: 2 Páginas, inicial: 833 final: 838 Fecha: 1998

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG98).

ISBN: 88-900308-0-1

Lugar de publicación: IAMG98 (ITALIA).

---

Autores (p.o. de firma): J.L. Fernández Martínez, L.M. Pedruelo, T. Esolá

Título: ***Geostatistical approach to the transmission tomographic inverse problem***

Ref.  revista  Libro:

Clave: A Volumen: 1 Páginas, inicial: 371 final: 375 Fecha: 1998

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG98).

ISBN: 88-900308-0-1

Lugar de publicación: IAMG98 (ITALIA).

---

Autores (p.o. de firma): J.L. Fernández Martínez , B.C. Dyer, L.M. Pedruelo

Título: ***Application of tomography to gold exploration***

Ref.  revista  Libro:

Clave: A Volumen: 1 Páginas, inicial: 125 final: 129 Fecha: 1998

Editorial (si libro): Exploration and mining in NW Spain. ISBN: 84-600-9483-9.

Lugar de publicación: Exploration and Mining in NW Spain.

---

---

Autores (p.o. de firma): J.L. Fernández Martínez , A. Riesco Tejeiro  
Título: ***Geostatistical study of the northern area of the Carlés gold deposit.***  
Ref.  revista  Libro:  
Clave: A Volumen: 1 Páginas, inicial: 130 final: 134 Fecha: 1998  
Editorial (si libro): Exploration and mining in NW Spain. ISBN: 84-600-9483-9.  
Lugar de publicación: Exploration and Mining in NW Spain.

---

Autores (p.o. de firma): J. L. Fernández Martínez, C. Omar Menéndez Pérez, L.M. Pedruelo González  
Título: ***Una metodología original para resolver problemas de tomografía en transmisión.***  
Ref.  revista  Libro:  
Clave: A Volumen: 114-1., Páginas, inicial: 17 final: 40 Fecha: 2003  
Editorial (si libro): Número especial dedicado a la memoria de D. Ramón Querol.  
Lugar de publicación: Boletín Geológico Minero. Edición internacional.

---

Autores (p.o. de firma): Lastra J., Fernández Martínez J.L..  
Título: ***Las precipitaciones torrenciales en Asturias.***  
Ref.  revista  Libro:  
Clave: CL Volumen: Páginas, inicial: final: Fecha: 2003  
Editorial (si libro): Riesgos naturales en Asturias. Principado de Asturias. Ed. KRK.  
ISBN: 84-96119-25-4  
Lugar de publicación: Principado de Asturias ISBN

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Martínez J. L, Menéndez Pérez C.O, Pedruelo González L.M, Fernández Alvarez J.P, Cienfuegos Suárez P.  
Título: ***Geostatistical analysis of inverse problem variables. Application to seismic tomography.***  
Ref.  revista  Libro:  
Clave: A Volumen: 35-8 Páginas, inicial: 953 final: 969 Fecha: 2003  
Editorial (si libro):  
Lugar de publicación: Mathematical Geology. Special Issue: In Honor of Professor A. B. Vistelius.

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Alvarez J.P, Fernández Martínez J.L, Menéndez Pérez C.O.  
Título: ***A posteriori inference of model parameters in a geophysical inverse problem using G.A.***  
Ref.  revista  Libro:  
Clave: A Volumen: Páginas, inicial: 709 final: 716 Fecha: 2004  
Editorial (si libro): Springer. ISBN 3-540-22264-2.  
Lugar de publicación: Advances in Soft Computing. Soft Methodology and Random Information Systems

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Álvarez J.P, Fernández Martínez J.L.,García Gonzalo E., Menéndez Pérez C.O.

Título: **Application of the PSO algorithm to the solution and appraisal of the VES inverse problem**

Ref.  revista  Libro:

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG06).

ISBN: D/2006/0480/31

Lugar de publicación: IAMG06 (Lieja), 2006.

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Álvarez J.P, Fernández Martínez J.L.,Menéndez Pérez C.O.; Fernández Muñoz MZ.

Título: **Comparative analysis of different ways of stabilizing the solution to an inverse ill-posed DC geophysical problem**

Ref.  revista  Libro:

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG06).

ISBN: D/2006/0480/31

Lugar de publicación: IAMG06 (Lieja), 2006.

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Martínez J.L, Fernández Álvarez J.P,, Pedruelo González L.M.

Título: **Inferring anisotropy parameters through Mean travelttime curve analysis in 2-D transmission tomography experiments**

Ref.  revista  Libro:

Editorial (si libro): International Association of Mathematical Geology (IAMG06).

ISBN: D/2006/0480/31

Lugar de publicación: IAMG06 (Lieja), 2006.

---

Autores (p.o. de firma): Fernández Martínez J. L, Fernández Alvarez J.P, Pedruelo González L.M.

Título: ***Mean travelttime curves analysis: a method to improve understanding of data behaviour in 2-D transmission tomography at the pre-inversion stage.***

Ref.  revista  Libro:

Clave: A Volumen: 38-3 Páginas, inicial: 343 final: 374 Fecha: 2006

Editorial (si libro):

Lugar de publicación: Mathematical Geology

---

### Modelización de pliegues

- **Bastida, F.; Aller, J. & Bobillo-Ares, N.C. (1999):** *Geometrical analysis of folded surfaces using simple functions.* Journal of Structural Geology, 21: 729-742
- **Bobillo-Ares, N.C.; Bastida, F. & Aller, J. (2000):** *On tangential longitudinal strain folding.* Tectonophysics, 319: 53-68.

- **Bastida, F.; Bobillo-Ares, N.C; Aller, J. & Toimil, N.C. (2003):** *Analysis of folding by superposition of strain patterns.* Journal of Structural Geology, 25: 1121-1139.
- **Bobillo-Ares, N.C.; Aller, J.; Toimil, N.C. & Bastida , F. (2004):** *FoldModeler: a tool for the geometrical and kinematical analysis of folds.*
- **Bastida, F.; Aller, J. Bobillo-Ares, N.C; & Toimil, N.C. (2005):** *Fold geometry: a basis for their kinematical analysis.* Earth-Science Reviews, 70: 129-164. Computers & Geosciences, 30: 147-159.
- Lisle R, Fernández Martínez J.L. (2006): ***Structural analysis of seismically mapped horizons using the developable surface model.*** AAPG Bulletin, 89-7: 839-848.
- **Lisle, R.J.; Fernández Martínez, J.L.; Bobillo-Ares, N.C; Menéndez, O.; Aller, J. & Bastida, F. (2006):** *FOLD PROFILER: a Matlab-based program for fold shape classification.* Computers & Geosciences, 32: 102-108.

Oviedo, 11-09-2006