

# COST Action TU1208 - Civil Engineering Application of Ground Penetrating Radar: una acció coordinada a nivel europeo: objetivos, organización y trabajos

Vega Pérez-Gracia, Sonia Santos Assunção

*Department de Resistència I Elasticitat de Material  
Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB)  
Technical University of Catalonia (UPC). BarcelonaTech  
C/ Comte d'Urgell, 187. 08036. Barcelona (Spain)  
vega.perez@upc.edu*

## 1. Introducció. La red COST

Fundada en 1971 a partir de acuerdos intergubernamentales de 35 países, la red *European Cooperation in Science and Technology* (COST) es la primera organización creada para la coordinación de actividades de investigación financiadas de los países de Europa. El objetivo principal de esta red es disminuir la fragmentación de la inversión en investigación europea, facilitando el desarrollo científico y reforzando la capacidad investigadora y de innovación. Dentro de estos objetivos generales se pueden considerar cuatro vertientes principales:

- La mejora de la capacidad investigadora gracias a la conexión entre comunidades científicas de gran calidad, europeas y del resto del mundo.
- El aumento y desarrollo de oportunidades para investigadores jóvenes.
- El impulso del impacto de la investigación desarrollada entre los cuerpos legislativos y reguladores centrados en la toma de decisiones.
- La difusión y promoción de la investigación en el sector privado.

Con estos objetivos, la red participa de las actividades de la red de programas de la Unión Europea, complementándolas, ya que es un nexo de unión entre comunidades científicas que fomenta la movilidad y la colaboración entre investigadores en nueve dominios principales: (1) biomedicina y biociencias, (2) alimentos y agricultura, (3) bosques, sus productos y servicios, (4) materiales, física y nanociencias, (5) química y ciencias moleculares y tecnologías, (6) ciencias de la tierra y gestión medioambiental, (7) tecnologías de la información y de la comunicación, (8) transporte y desarrollo urbano, (9) individuos, sociedades, culturas y salud.

Las Acciones COST son redes científicas y tecnológicas abiertas a investigadores, de cuatro años de duración y con un mínimo de cinco países COST participantes. Están abiertas a universidades e instituciones de investigación públicas y privadas, a organizaciones no gubernamentales y a industrias. Las Acciones aprobadas financian la coordinación de redes de científicos e investigadores en todos los campos científico-tecnológicos y de proyectos financiados nacionales. Sin embargo, no se financia investigación, aunque se proporciona apoyo para las actividades organizadas dentro de cada una de las Acciones.

Dentro de los dominios principales está el TUD (*Transport and Urban Development*), centrado en investigaciones dentro del campo del transporte y de la construcción, actividades de interés estratégico en nuestra sociedad. El ámbito de este dominio es multidisciplinar.

## 2. La Acción COST TU1208

La Acción COST TU1228, perteneciente al dominio TUD, se centra en el intercambio de conocimiento científico y técnico sobre la prospección con radar de subsuelo (*Ground Penetrating Radar*, GPR) aplicada en el ámbito de la ingeniería civil. Uno de los objetivos principales es el promover en toda Europa un uso efectivo y seguro de este método de investigación no destructiva. Para ello se establecen y refuerzan uniones entre investigadores de universidades y de institutos de investigación, expertos geofísicos, diseñadores y productores de equipos para ensayos no destructivos, compañías de manufactureras y de servicios y usuarios

finales de compañías privadas y de agencias estatales. Actualmente, participan en la acción unas 70 instituciones de 20 países miembros de COST (Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Letonia, Macedonia, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suiza y Turquía) (Figura 1), 6 instituciones de U.S.A. y una institución de Australia. También se están valorando las solicitudes de un país próximo al área COST (Armenia) y de tres países internacionales colaboradores (Hong Kong, Japón y Ruanda).

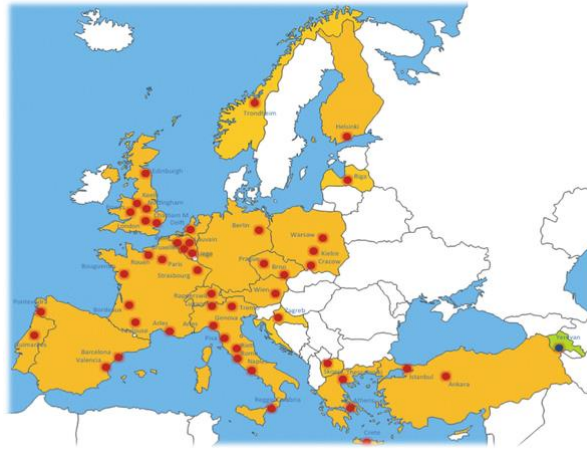


Figura 1. Países europeos que participan en la Acción COST TU1208.

Esta Acción está coordinada por la Dra. Lara Pajewski, de la Roma Tre University y, hasta la fecha, participan unos 80 investigadores.

### 3. Objetivos de la Acción COST TU1208

Las líneas de trabajo de la acción se definen a partir de los objetivos específicos marcados, que pueden resumirse en diversos propósitos:

- 1) Definir, delimitar y remarcar las ventajas y limitaciones de los equipos actuales de GPR.
- 2) Analizar y desarrollar procedimientos de estudio, métodos numéricos y métodos electromagnéticos útiles para la interpretación de datos experimentales.
- 3) Identificación de campos abiertos y de lagunas en el conocimiento y en la tecnología actual.
- 4) Desarrollo de protocolos y directrices para la elaboración de estándares europeos que permitan la aplicación efectiva del GPR en diferentes campos de la ingeniería civil y, sobre todo, en la monitorización de pavimentos, túneles, puentes y edificios, y en la detección de subestructuras y de cavidades subterráneas en zonas urbanas.
- 5) Desarrollo (diseño, realización y optimización) de un equipo multiestático de GPR, capaz de elaborar en tiempo real imágenes tridimensionales de alta resolución de las zonas investigadas.
- 6) Desarrollo de nuevos algoritmos, de técnicas de procesamiento de datos, de programas de simulación, modelado y de “*electromagnetic-scattering*”, que se difundirán como programas libres y que permitirán la inspección y monitorización de estructuras y de infraestructuras, la localización de objetos enterrados, la reconstrucción de formas y la estimación de parámetros útiles.
- 7) Desarrollo de procedimientos y protocolos de calibración.
- 8) Mejora de la comprensión de las relaciones entre los parámetros geofísicos y las necesidades de la ingeniería civil.
- 9) Elaborar un manual con protocolos y directrices para el uso efectivo del GPR en trabajos de ingeniería civil.
- 10) Fomentar y desarrollar nuevas colaboraciones, nacionales e internacionales, entre investigadores que trabajan con las diferentes aplicaciones de GPR e investigadores que desarrollan otras técnicas no destructivas en ingeniería civil.
- 11) Intercambios entre investigadores e investigaciones.

Estas ambiciosas líneas pretenden, finalmente, alcanzar una mejor comprensión de los problemas, de las ventajas y de los límites que presentan los sistemas de GPR que se aplican en ingeniería civil actualmente. Uno de los temas de mayor interés y que permite un desarrollo más amplio se centra en la mejora de la comprensión de las relaciones existentes entre los resultados directos obtenidos con la prospección de GPR y los parámetros útiles de los materiales y del subsuelo, que son necesarios para el diseño y aplicación de elementos de obra civil. La evaluación de estas relaciones y de las limitaciones de los equipos puede facilitar nuevos desarrollos y la innovación tanto de los equipos como de programas o de protocolos de uso, lo que facilitará las aplicaciones y aumentará la eficiencia de los estudios.

#### 4. Organización

Para desarrollar cada uno de los apartados antes mencionados, es esencial la colaboración entre los participantes en la Acción, compartiendo e intercambiando información. De este modo se pretende conseguir una investigación eficiente, creativa y bien administrada. Los trabajos previstos incluyen, entre otros: la investigación de nuevos paradigmas teóricos, considerados bajo una aproximación multidisciplinar; la definición, comparación y experimentación de procedimientos para un uso avanzado del método y para la calibración de equipos; la implementación de nuevas aproximaciones y códigos a algoritmos de procesado y simulación; el diseño y realización de prototipos y la utilización del GPR en nuevos campos y en dominios diferentes a los habituales.

La colaboración se fomentará, sobre todo, mediante reuniones periódicas y mediante la movilidad de investigadores jóvenes, que se financiará y potenciará. Además, se pretende desarrollar una fuerte divulgación de la Acción para aumentar el número de participantes y para difundir las actividades entre todos los grupos de interés. Para ello, entre los participantes, se promoverá la publicación de trabajos en revistas revisadas por pares, la presentación de trabajos en conferencias y ponencias, la organización de números especiales en revistas y sesiones en congresos relevantes, patentes, desarrollo y prueba de prototipos, elaboración de protocolos y de programas y, finalmente, las colaboraciones mediante las *Short Term Scientific Missions* (STSM). Éstas son programas de movilidad de corta duración entre grupos participantes en la Acción, tanto para colaborar en tareas de investigación en las entidades receptoras, como para facilitar el uso compartido de infraestructuras y de equipos a todos los investigadores.

La duración de la Acción es de 4 años, iniciándose en abril de 2013 con una reunión del Comité de Gestión en Bruselas (Bélgica). En esta reunión se organizó y se definió el plan de trabajo y la administración del primer periodo. Se crearon cuatro grupos de trabajo principales, facilitando a todos los participantes la posibilidad de unirse a uno o a dos de ellos. Dentro de los grupos de trabajo se definieron los proyectos a desarrollar. Entre los días 22 y 24 de julio de 2013 tuvo lugar la primera reunión general en Roma (Italia), que se centró en evaluar el estado actual del tema para cada uno de los proyectos seleccionados. En esta reunión se repartió un libro con los nombres, afiliaciones, equipos e intereses de los participantes hasta la fecha. También se recopilaban las instituciones participantes en la Acción. Este libro se puede consultar en: <http://gpradar.eu/resources/books.html> Se determinaron coincidencias y puntos en común entre diferentes grupos y proyectos y se definieron nuevos proyectos centrados en aspectos nuevos.

A partir de este encuentro, el trabajo se coordinará mediante conferencias anuales y reuniones del Comité de Gestión, así como de dos reuniones generales anuales. Al finalizar cada año se evaluará el progreso y se decidirán nuevas acciones e iniciativas, en caso de que fuera necesario. Al finalizar la acción se tiene previsto celebrar una conferencia final y emitir un informe final seis meses después.

##### a. Primer año

Durante este primer periodo se recopilará y se compartirá la información sobre el estado actual de los trabajos asociados con cada uno de los proyectos abiertos. También se recogerá información sobre los estudios en curso de los investigadores participantes, y se elaborará un listado de los problemas observados relacionados con las aplicaciones del GPR en el campo de la ingeniería civil.

Por otro lado, se definirán los escenarios de pruebas para realizar ensayos que simulen situaciones típicas y situaciones inusuales que pueden darse en las aplicaciones evaluadas. De este modo se podrá obtener una evaluación comparativa de los diferentes equipos de GPR existentes, de las técnicas de procesado y de los protocolos de estudio.

A nivel organizativo, durante este primer año se elaborará la lista definitiva de participantes, se pondrá en funcionamiento un sistema de comunicación entre colaboradores y será operativa completamente la página web de la acción

#### *b. Segundo año*

En este periodo, los participantes aplicarán y compararán los equipos de GPR, las prácticas de inspección y los algoritmos de procesado y modelado. Para ello se compartirá instrumentación y otros recursos que pudieran ser necesarios. El trabajo será multidisciplinar y multinacional, realizándose un intenso intercambio de investigaciones y de resultados que, en muchos casos, involucrarán a estudiantes de doctorado y a investigadores noveles.

#### *c. Tercer año*

A partir de los trabajos previos, se definirán y ensayarán procedimientos de inspección innovadores, se desarrollarán algoritmos de procesado y simulación y se caracterizarán completamente los escenarios de GPR poniendo especial cuidado en la geometría y en los parámetros geofísicos. Durante este año se prevé el diseño y construcción de un equipo de GPR novedoso que permitirá elaborar en tiempo real y en campo imágenes tridimensionales de alta resolución de los medios y estructuras investigados.

#### *d. Cuarto año*

Durante el último periodo de trabajo se prevé un estudio detallado y una revisión crítica de los resultados obtenidos en los años precedentes. A partir de esta revisión se elaborará un manual europeo de protocolos y directrices. Por otro lado, se probará y optimizará el prototipo diseñado y construido, y se elaborarán los manuales para los programas desarrollados que se distribuirán como herramientas libres entre toda la comunidad interesada.

## **5. Metodología de trabajo**

La Acción es un proyecto multidisciplinar en el que trabajarán ingenieros civiles, ingenieros electrónicos, programadores, geofísicos del mundo académico y comercial, compañías manufactureras de equipos no destructivos, compañías de servicios y agencias públicas. Por lo tanto, el enfoque de la investigación debe ser práctico, dirigido hacia aplicaciones actuales y estratégicas.

Uno de los objetivos de las acciones COST es la coordinación de investigadores de diferentes países y la optimización de recursos. Por lo tanto, todos los participantes de la Acción COST TU1208 compartirán recursos técnicos (equipos de GPR y de otras técnicas no destructivas, instrumentos de medida, computadoras, programas, maquinaria de construcción, vehículos...), humanos y de instalaciones. Por otro lado, el plan de trabajo deberá ser lo suficientemente flexible como para poder acoger a otros investigadores que deseen unirse a la Acción en etapas más avanzadas.

Con estas premisas, el equipo humano se divide en cuatro grandes grupos de trabajo: grupo 1 (instrumentación GPR novedosa), grupo 2 (inspección con GPR de pavimentos, puentes, túneles y edificios, y localización de servicios y de cavidades), grupo 3 (métodos electromagnéticos para problemas de dispersión en campo cercano ocasionado por estructuras enterradas, y técnicas de procesado de datos), grupo 4 (diferentes aplicaciones en ingeniería civil de GPR y otras tecnologías no destructivas combinadas). Para cada grupo se han nombrado dos coordinadores.

Cada uno de estos grupos de trabajo se divide en diversos proyectos específicos, liderados por uno o dos de los investigadores involucrados. En la primera reunión general de la Acción (Roma, julio de 2013) se discutió el estado del arte de muchos de los proyectos propuestos, se abrieron nuevos proyectos, se determinaron coincidencias y posibles cooperaciones entre grupos y proyectos, y se escogieron los coordinadores y líderes que faltaban. Las actas de la reunión se recogen en un libro de proceedings que puede consultarse en: <http://www.aracneeditrice.it/pdf/9788854861909.pdf> o en la página web de la acción, en la que se irá poniendo a disposición de todo el público el material que se vaya elaborando, La dirección de esta página es: <http://www.gpradar.eu/>

Además, este año han comenzado las STSM (*Short Term Scientific Missions*). Con este programa, los científicos pueden ir a una institución en otro país COST participante en la Acción, o bien a algún país socio

COST internacional, con el objetivo de colaborar, encargar una investigación conjunta, compartir técnicas, equipos o infraestructuras no disponibles en su propia institución, y definir propuestas de financiación y proyectos. La duración de estas estancias es entre una semana y tres meses. En la primera convocatoria se han concedido tres becas, y quedan tres disponibles todavía.

Otra de las iniciativas que se empezará a desarrollar durante el segundo año es una escuela de formación a diferentes niveles, para proporcionar herramientas y mejorar las nociones teóricas y prácticas de los usuarios.

## **6. Reflexiones finales**

La Acción COST no es un proyecto financiado. Consiste en la coordinación de científicos de diferentes países para poder optimizar recursos y mejorar los resultados de las investigaciones. A partir de la coordinación pueden surgir nuevos proyectos y propuestas de trabajo en grupos internacionales.

Los resultados de esta acción pretenden mejorar el estado de los estudios no destructivos con GPR en ingeniería civil. A ello contribuirá la normativa europea y el manual de protocolos que se pretenden desarrollar y editar, y también los programas y el prototipo que se intentará desarrollar. Todo el material será de libre acceso, ya que se pretende normalizar el uso del método e instaurar unas metodologías comunes que permitan comparaciones y que eviten algunos de los problemas que actualmente han surgido debido a la poca preparación de determinados usuarios finales.

Se trata de un proyecto ambicioso. Es posible que algunos de los objetivos no se consigan alcanzar. Pero a pesar de todo, la colaboración entre entidades e investigadores, incluyendo muchas agencias y empresas de prospección, será seguramente un paso importante para aunar criterios y para definir unas pautas de trabajo que serán beneficiosas para todos.