

## Restauración geomorfológica

### Breve descripción

La Restauración Geomorfológica engloba un conjunto de técnicas, procedimientos y software dirigidos a diseñar, construir o reconstruir geoformas y suelos que replican la morfología y dinámica de los paisajes naturales. Todo ello en terrenos ya transformados y degradados (*brownfields*) —o en nuevos proyectos (*greenfields*)— por actividades humanas que mueven tierras, tales como minería, obra civil, todo tipo de vertederos o urbanización. La Restauración Geomorfológica se engloba en el ámbito de las ingenierías del terreno y de la arquitectura del paisaje.



**Figura 1.** Restauración geomorfológica de las escombreras exteriores de la mina Santa Engracia (Peñalén, Guadalajara), realizada con el método GeoFluv-Natural Regrade. Izquierda, situación pre-restauración, marzo de 2020 (fotografía de Diedro). Derecha, situación post-restauración, mayo de 2021 (fotografía de M.A. Langa).

### ¿Cómo funciona?

Una solución de Restauración Geomorfológica consta de las siguientes fases: (1) Se localizan geoformas y paisajes 'dinámicamente' estables, naturales, desarrollados en condiciones ambientales similares a las del escenario del proyecto; en esos referentes o análogos se miden variables morfológicas o estructurales, que luego se van a replicar. (2) Se analizan las condiciones topográficas e hidrológicas del espacio objeto de restauración. (3) Se realiza un diseño geomorfológico en formato CAD. (4) Si procede, se evalúa su estabilidad erosiva e hidráulica, con modelos de erosión o evolución del paisaje (tipo SIBERIA) o modelos hidrodinámicos (tipo IBER); si es necesario, estos trabajos se complementan con informes geotécnicos, geoquímicos o de revegetación, en colaboración con colegas expertos. (5) Se redactan los informes o proyectos de restauración del terreno. (6) Se guía la construcción del diseño geomorfológico, previa formación específica a los operadores y encargados de obra. (7) Se monitoriza el comportamiento y evolución de los escenarios en los que se ha aplicado la Restauración Geomorfológica.

### ¿Qué problema resuelve?

La Restauración Geomorfológica resuelve problemas de alta inestabilidad del terreno por erosión hídrica, movimientos en masa o acción de otros agentes geomorfológicos (como el viento), de impacto ambiental y de conflictividad social, relacionados con los movimientos de tierras, proporcionando soluciones estables, ecológicas, integrales, duraderas y eficientes. Es decir, reduciendo significativamente, o eliminan por completo, las labores de mantenimiento en espacios restaurados, así como la confrontación social. Todo ello frente a las limitaciones que tienen los enfoques convencionales de remodelado topográfico de la ingeniería del terreno habitual, que con demasiada frecuencia son muy vulnerables a la erosión hídrica y tienen una muy escasa integración y conexión ecológica, hidrológica y visual en su entorno, lo que empieza a provocar un amplio rechazo social y de las administraciones reguladoras.



**Figura 2.** Restauración geomorfológica de un sector de la mina Riotinto (Atalaya Mining, Huelva). Izquierda, situación en el año 2021. Derecha, situación posterior al remodelado geomorfológico, en el año 2024 (fotografías de Atalaya Mining).

## ¿Qué productos futuros resultarán?

Como resultado de la Restauración Geomorfológica se obtienen nuevos paisajes, funcionales, estables y dinámicos, que maximizan la biodiversidad, pero también las posibilidades de uso y aprovechamiento del territorio por parte de las generaciones actuales y futuras. La RG se aplica, sobre todo, en ámbitos y proyectos mineros, de obra civil y urbanismo.

## Ventajas competitivas frente a otras investigaciones

Frente a las aproximaciones convencionales, los espacios que son objeto de Restauración Geomorfológica:

1. Consiguen una mayor estabilidad ante cualquier tipo de erosión, sobre todo hídrica, reduciendo los costes de mantenimiento, como por ejemplo, por reparación de cárcavas o fracasos en la revegetación
2. Maximizan la integración ecológica, hidrológica y visual de los espacios intervenidos (restaurados), conectándolos con la topografía y la red hidrográfica del terreno circundante
3. Consiguen una amplia aceptación social y administrativa, hasta tal punto que, por ejemplo, muchos nuevos proyectos mineros que son rechazados o denegados con propuestas convencionales de restauración consiguen aprobaciones, y una amplia aceptación comunitaria, sobre la base de la Restauración Geomorfológica.

Las soluciones de Restauración Geomorfológica en espacios degradados por movimientos de tierras se iniciaron en Canadá y Estados Unidos a finales de la década de 1990. Desde entonces se extendieron a Europa, gracias a nuestro grupo de investigación. Y también a Australia. Recientemente, nuestro grupo está transfiriendo también estas soluciones a Iberoamérica. Los resultados obtenidos son siempre exitosos, y están avalados ya por una creciente literatura científica. Una muestra de la misma puede encontrarse en [www.restauraciongeomorfologica.es](http://www.restauraciongeomorfologica.es).

## ¿Dónde se ha desarrollado?

Restauración Geomorfológica® ([www.restauraciongeomorfologica.es](http://www.restauraciongeomorfologica.es)) es un grupo de investigación y transferencia de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) creado y dirigido por José F. Martín Duque, Catedrático de Geomorfología de la Facultad de Ciencias Geológicas y del Instituto de Geociencias (CSIC-UCM). Aunque el grupo se formó en 2010, J.F. Martín Duque, siempre en colaboración con otras personas, ha liderado proyectos de reconstrucción geomorfológica de espacios transformados por movimientos de tierras (sobre todo minería) desde 1995. Nuestro grupo ha desarrollado soluciones de Restauración Geomorfológica en 23 proyectos construidos en España, más otros 20 diseñados, distribuidos en nueve Comunidades Autónomas.

## Y además...

Somos el grupo líder, a nivel mundial, en Restauración Geomorfológica. En concreto somos el único equipo del mundo: (a) Capaz de ofrecer soluciones de Restauración Geomorfológica para distintos contextos geológicos (GeoFluv – Natural Regrade para materiales no consolidados) y Talud Royal para macizos rocosos; todo ello en colaboración con los inventores de dichos métodos, Nicholas Bugosh y Paul Royal, respectivamente. (b) Que imparte asignaturas en el ámbito universitario sobre estas técnicas. Además, somos el grupo de investigación, a nivel mundial, con mayor número de: (c) proyectos de restauración geomorfológica diseñados y construidos. (d) publicaciones científicas en revistas indexadas (*papers*) sobre Restauración Geomorfológica. (e) colaboraciones internacionales en esta disciplina, tanto respecto al número de países en los que hemos intervenido como del número de expertos internacionales afines a estas técnicas con los que colaboramos. Para más información, [www.restauraciongeomorfologica.es](http://www.restauraciongeomorfologica.es).



**Figura 3.** Restauración geomorfológica del antiguo frente de explotación de la mina Santa Engracia (Peñalén, Guadalajara), realizada con el método del Talud Royal. Izquierda, situación pre-restauración en el año 2020 (fotografía de Diedro). Derecha, situación post-restauración en el año 2024 (fotografía de M.A. Langa).

## Responsable de la investigación

**José Francisco Martín Duque, [josefco@ucm.es](mailto:josefco@ucm.es)**  
Departamento: **Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología**  
Facultad: **Ciencias Geológicas**