

# Reconstrucción geomorfológica y de hábitats en el plan de restauración de la cantera “Los Quebraderos de la Serrana” (Toledo, España)

## *Geomorphologic and Habitats Reconstruction at the Reclamation Plan of the “Los Quebraderos de la Serrana Quarry” (Toledo)*

I. ZAPICO<sup>1</sup>, J. F. MARTÍN DUQUE<sup>1</sup>, N. BUGOSH<sup>2</sup>, L. BALAGUER<sup>1</sup>,  
J. V. CAMPILLO<sup>3</sup>, C. DE FRANCISCO<sup>1</sup>, J. GARCÍA<sup>4</sup>,  
N. HERNANDO<sup>1</sup>, J. M. NICOLAU<sup>5</sup>, S. NYSSSEN<sup>1</sup>, J. ORIA<sup>6</sup>,  
M. A. SANZ<sup>1</sup>; M. TEJEDOR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Complutense, Madrid

<sup>2</sup> Compañía GeoFluv, Estados Unidos

<sup>3</sup> Construcciones Lozoya, SA, Toledo

<sup>4</sup> Licenciado en CC Ambientales

<sup>5</sup> Universidad de Zaragoza

<sup>6</sup> Ingeniero de Montes

## Introducción

Este trabajo forma parte del *Estudio de Impacto Ambiental y del Plan de Restauración de la cantera “Los Quebraderos de la Serrana”, situada en el término municipal de Noez (Toledo)*, desarrollados en el marco de un contrato de investigación entre la Universidad Complutense de Madrid y la empresa Construcciones Lozoya. Además, este trabajo representa una contribución a los proyectos de investigación REMEDINAL 2 (S2009AMB-1783) y *Mejora de la eficiencia ecológica y económica de las restauraciones mineras mediante reconstrucciones geomorfológicas que favorecen el control hidrológico* (CGL2010-21754-C02-01), este último financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

## Minería y Medio Ambiente

La minería es una actividad imprescindible para nuestro bienestar, hasta el punto que somos totalmente dependientes de ella. Por otra parte, la minería es una actividad que genera un fuerte impacto ambiental, ya que afecta a todos los compartimentos del ecosistema. Por ello, se hace necesario conciliar esta actividad tan imprescindible como transformadora del medio. Para ello existen tres herramientas: la Ordenación Territorial y Minera, la Evaluación de Impacto Ambiental y la Restauración Ecológica. En este artículo se van a exponer los aspectos más importantes del Plan de Restauración de la cantera los Quebraderos de la Serrana, el cual se ha elaborado desde un enfoque de la Restauración Ecológica.

## Cantera los Quebraderos de la Serrana

El proyecto de cantera Los Quebraderos de Serrana, promovido por Construcciones Lozoya S.A., se sitúa sobre la denominada Meseta de Toledo, rodeada por relieves residuales de gran valor geomorfológico, como los Cerros Pulgar y Layos (ver Figura 1). Al Norte de la cantera se encuentra la ciudad de Toledo, y al Sur los Montes de Toledo.

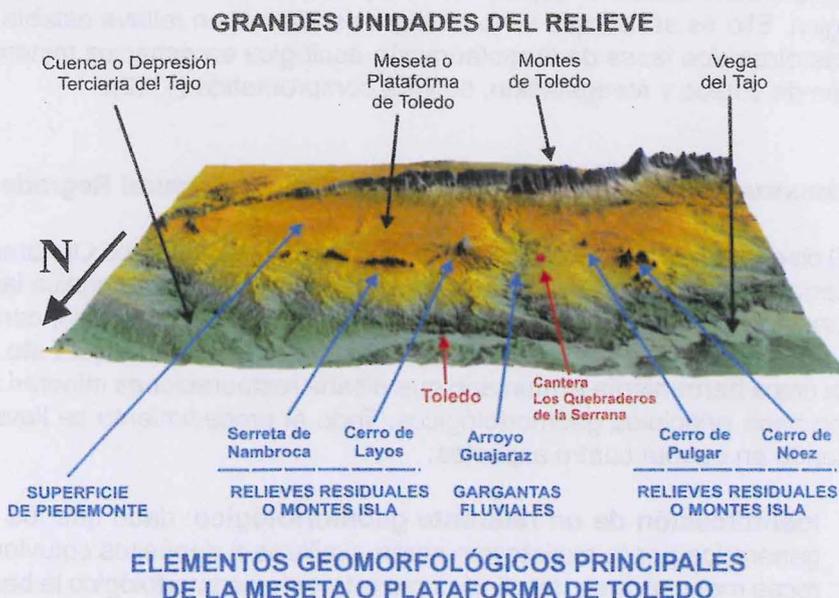


Figura 1: Situación del proyecto de cantera Los Quebraderos de la Serrana, sobre la meseta de Toledo

De esta cantera se pretenden extraer unas pizarras de gran calidad y valor para su uso como aglomerado asfáltico. Todo ello a lo largo de los 13 años que contempla el Plan de Explotación. A su vez, este emplazamiento es *Zona de Dispersión e Importancia del Águila Imperial*.

Inevitablemente la extracción de este material va a generar una alteración del relieve que soporta unos ecosistemas sobre los que habita el conejo, que es la principal presa del águila imperial, ave catalogada en *Peligro de Extinción*. Así que el objetivo de este trabajo es poder compatibilizar la extracción de pizarras con la *Zona de Dispersión e Importancia del Águila Imperial* por medio de un Plan de Restauración cuyo núcleo lo constituye un diseño de reconstrucción geomorfológica. Para ello se ha utilizado la metodología GeoFluv™ y el software Natural Regrade. Con esta actuación se pretende corregir la alteración del relieve que se producirá con el desarrollo de la actividad minera. Este diseño, junto con

la reposición de suelos y la revegetación, permitirán crear una serie de hábitats capaces de albergar densidades óptimas de conejo. Adicionalmente se recuperarán los bienes y servicios ambientales asociados a una restitución de los suelos y la cubierta vegetal.

## Material y métodos

Desde nuestra óptica, en la restauración ecológica de espacios afectados por minería a cielo abierto el aspecto más importante es la reconstrucción geomorfológica. Ello es así porque si no se logra establecer un relieve estable, el éxito de las otras dos fases de la restauración ecológica en espacios mineros, restitución de suelos y revegetación, se verá comprometido (1) (2).

### Reconstrucción geomorfológica con GeoFluv™ y Natural Regrade

El diseño de reconstrucción geomorfológica de la cantera Los Quebraderos de la Serrana se ha basado en la creación de una topografía que replica las formas naturales de una serie de referentes geomorfológicos del entorno, caracterizados por laderas convexo-cóncavas y por poseer redes de drenaje. Este *software* es la única herramienta el mercado que diseña restauraciones mineras teniendo como base principios geomorfológicos. Todo el procedimiento se lleva a cabo teniendo en cuenta cuatro aspectos:

- **Identificación de un referente geomorfológico:** dado que los estériles generados por la explotación serán similares a depósitos coluvionares de rocas metamórficas, se eligió como referente geomorfológico la base de los cerros de Layos y Pulgar, de similares características. De ellos se extrajeron parámetros como la densidad de drenaje y la forma de los canales.
- **Condiciones meteorológicas-clima:** se tiene en cuenta para dimensionar los canales y para definir su perfil transversal. Se establece a partir de valores de precipitación para diferentes periodos de retorno, lo que permite definir canales preparados para evacuar tanto precipitaciones de alta frecuencia y baja magnitud como la situación opuesta.
- **Tipo de estériles:** en este caso se trata de bloques de pizarras y calcoesquistos de diferentes tamaños. Su naturaleza, junto con el suelo que se repondrá, determinan el coeficiente de escorrentía.
- **Cantidad de estériles y topografía:** El *software* no sólo tiene en cuenta una serie de factores ecológicos del entorno, sino que también considera las características de la cantera que se va a restaurar: hueco de explotación (ver imagen inferior izquierda de la Figura 2, que corresponde a una vista en 3D del estado del hueco de explotación que quedaría en caso de no hacer restauración y que tiene 16 hectáreas de superficie y una profundidad aproximada de 30 metros), método de extracción y restauración y volumen

de estériles (del hueco anteriormente citado se extraerán unos 650.000 m<sup>3</sup> a lo largo de los 13 años de actividad y que es el volumen con el que se ha diseñado la restauración).

### Reposición de Suelos

El Plan de Restauración desarrolla que, durante el proceso de explotación, se procederá a la retirada y acopio de los suelos originales, incluyendo una capa arcillosa situada bajo el suelo edáfico. Todo el proceso de retirada y acopio de los suelos se llevará a cabo siguiendo un protocolo específico, para procurar su correcta conservación. Estos suelos, una vez retirados y acopiados en el exterior de la explotación, se extenderán sobre el nuevo relieve, con un espesor próximo a 40 cm.

### Revegetación y hábitats

En la actualidad, la superficie sobre la que proyectará la cantera se caracteriza por poseer un hábitat, dominante y homogéneo, de pastizales sobre llanuras ligeramente alomadas. Dado que las nuevas condiciones de relieve crearán una mayor diversidad topográfica y de sustratos, la fase de revegetación está dirigida a la implantación de una serie de comunidades vegetales (tomillares, espartales, arbustos espinosos...) adaptados a esas circunstancias específicas, buscando siempre la creación de hábitats para el conejo.

## Resultados

### Reconstrucción geomorfológica con GeoFluv™ y Natural Regrade

Con los cuatro elementos de partida antes descrito (referente geomorfológico, clima, tipo de estériles y cantidad de estériles y topografía), se ha elaborado el primer diseño de restauración en España con el *software* Natural Regrade (3) (ver Figura 2). En esta figura se pueden ver las curvas de nivel (verde) y la red de canales principales (azul).

Además de las formas convexo-cóncavas de las laderas y de la presencia de una red de drenaje preparada para evacuar la escorrentía de eventos de alta frecuencia y baja magnitud, y baja frecuencia y alta magnitud, otro elemento importante de la restauración ha sido una laguna final, que recogerá toda la escorrentía de la zona restaurada, y que ha sido diseñada también con una base hidrológica.

La imagen de la Figura 2 corresponde a la Alternativa 1 de restauración, que se ha elaborado para la cantidad de estériles que generará la explotación, sin tener en cuenta ningún aporte externo. A parte de esta alternativa se han elaborado otras dos: Alternativas 2 y 3. Éstas consideran la posibilidad de relleno con otro tipo de materiales adicionales, tales como otros estériles mineros o RCDs (Residuos de Construcción y Demolición), siempre y cuando cumplan toda una serie de condiciones de control establecidas en el Plan de Restauración.

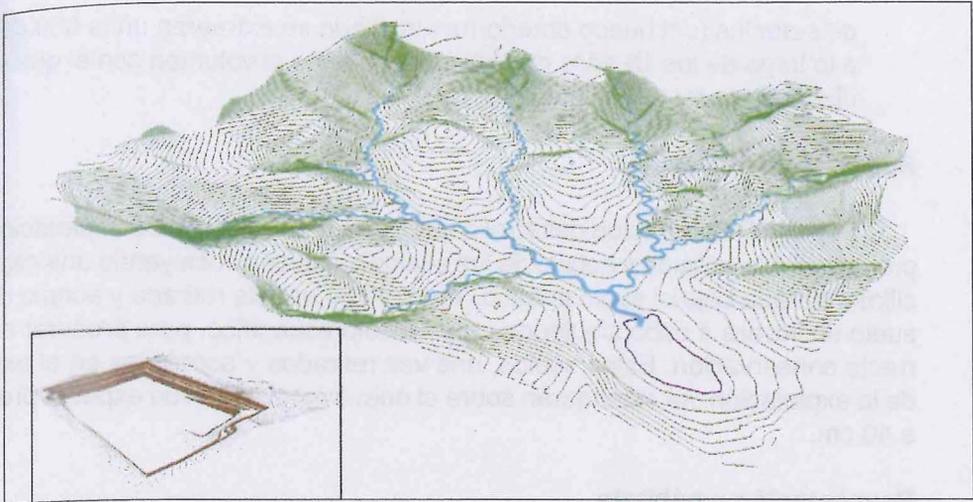


Figura 2: Vista en 3D del relieve diseñado con Natural Regrade (Alternativa 1). En la parte inferior izquierda vista en 3D del estado del hueco de explotación que quedaría en caso de no hacer restauración

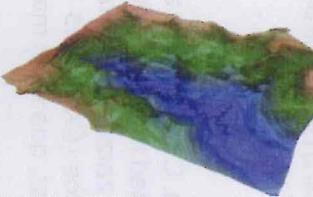
En la Tabla 1 se puede ver una comparativa entre las tres alternativas. El modelo de restauración es siempre el mismo, y viene establecido por la presencia de una red de drenaje y una laguna final. La principal diferencia entre estas tres alternativas reside en que, al aumentar la cantidad de material de relleno, aumenta la profundidad de relleno, y se reducen por tanto las zonas de pendiente más elevada.

### Revegetación, reposición de suelos y hábitats

El relieve diseñado con Natural Regrade, junto con la reposición de suelos y la revegetación, permitirá la creación de cinco nuevos hábitats (ver Figura 3):

1. **Cortados rocosos:** Zonas excavadas directamente en la roca y que servirán para conectar la zona restaurada con su entorno. La cantidad de materiales que se extraerán al abrir estas cuñas están incorporados en la cantidad de estériles disponibles para la restauración (ver Tabla 1).
2. **Canchales:** zonas sobre las que no se va a reponer suelos, ni se va a revegetar. Estarán formados por fragmentos de pizarras de tamaño canto y bloque, que servirán de refugio al conejo.
3. **Tomillares y espartales sobre lomas:** zonas revegetadas que servirán de alimento al conejo. Unos sectores tendrán más espesor de suelos, y sobre ellos se plantará retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*). Otras zonas tendrán menor espesor de suelos, y en ellas se plantarán tomillo (*Thymus zygis*).

Tabla 1. Tabla comparativa entre las alternativas propuestas para la restauración de la cantera Los Quebraderos de la Serrana. En la misma se comparan toda una serie de aspectos referidos al movimiento de tierras y a la superficie de hábitats creados

 HUECO CARACTERÍSTICAS	 ALTERNATIVA 1	 ALTERNATIVA 2	 ALTERNATIVA 3
<b>Características básicas sobre movimientos de tierras</b>			
Volumen de excavación (m <sup>3</sup> ) (apertura de cuñas en frentes de explotación)	181.354,61	34.433,49	22.407,96
Volumen de estériles total (m <sup>3</sup> ) (incluyendo material procedente de la apertura de cuñas en frentes de explotación)	831.976,52	1.568.109,95	2.676.464,55
Volumen de estériles neto (m <sup>3</sup> )	650.621,9	1.533.676,5	2.654.056,6
Profundidad media del relleno (m)	6,33	10,67	17,06
<b>Superficies de los distintos hábitats reconstruidos</b>			
Superficie de hábitat 'cortados rocosos' (ha)	1,54	1,54	1,54
Superficie de hábitat tipo 'canchal' (ha)	5,66	5,66	5,66
Superficie de hábitat tipo 'tomillares y espartales sobre lomas' (superficie sobre la que se extenderían suelos) (ha)	7,57	7,57	7,57
Superficie de hábitat 'arbustos espinosos en fondo de vaguadas' (ha)	1,41	1,41	1,41
Superficie de tipo humedal (ha)	0,6	0,6	0,6
Superficie total de nuevos hábitats (ha)	16,78	16,78	16,78
<b>Limitaciones para la restauración</b>			
Superficie con pendientes > 45% (ha)	2,2	0,9	0,18

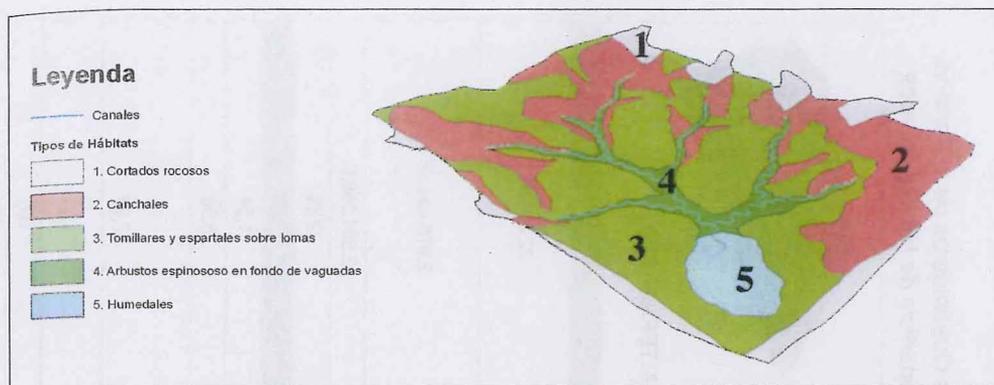


Figura 3: Vista en 3D que muestra la distribución de hábitats sobre la futura superficie restaurada de la cantera Los Quebraderos de la Serrana

4. **Arbustos espinosos en fondos de vaguada.** Corresponde a los fondos de vaguadas profundas con mayor disponibilidad hídrica, donde se sitúan los canales principales. En ellos se plantarán zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), rosas silvestres (*Rosa canina*) y majuelos (*Crataegus monogyna*). Ésta es la vegetación típica del arroyo Guajaraz, que es el más próximo a la zona.
5. **Humedal:** ocupará la zona más baja del área restaurada. Teniendo en cuenta el clima del entorno, mantendrá una lámina de agua siete meses al año. Se realizarán plantaciones de baja densidad de *Tamarix sp.* en el perímetro de la charca.

## Discusión y conclusiones

Este ejemplo nos permite concluir que, en la corrección de impactos ambientales de actividades humanas que mueven tierras (minería, infraestructuras lineales, urbanización,...), debería priorizarse la restauración ecológica de los terrenos afectados, frente a la corrección del impacto visual. Ello es debido a que la primera posibilita la recuperación de bienes y servicios ambientales, esenciales para hacer frente al desafío del Cambio Global. Para conseguir una verdadera restauración ecológica de estos espacios es preciso incorporar criterios geomorfológicos, puesto que el movimiento de tierras ha transformado el relieve y el sustrato, y el resto de componentes y factores del ecosistema (hidrología, suelos o vegetación) son directamente dependientes de la geomorfología.

Mediante la consideración de criterios geomorfológicos se ha conseguido un diseño de restauración que: **1)** aumenta el número y diversidad de hábitats respecto a los que había antes de la actividad; **2)** asegura la estabilidad del sustrato a largo plazo, lo que contrasta con la inestabilidad de muchos de los modelos

convencionales berma-talud; **3)** disminuirá o eliminará los costes de mantenimiento; **4)** consigue un mayor atractivo visual que los modelos convencionales berma-talud. En definitiva, una solución de restauración que permite restituir hábitats que soportarán al conejo, y que harán compatible la actividad minera con la conservación del águila imperial.

## Referencias bibliográficas

- (1) Martín Duque, J. F., Sanz, M. A., Bodoque, J. M., Lucía, A., Martín, C. 2010. Restoring earth surface processes through landform design. A 13-year monitoring of a geomorphic reclamation model for quarries on slopes. *Earth Surf. Proc. Landforms*, 35: 531-548. DOI:10.1002/ESP.1950.
- (2) Nicolau, J. M. 2003. Diseño y construcción del relieve en la restauración de ecosistemas degradados. Implicaciones ecológicas. En: *Rey Benayas, J. M., Espigares, T. y Nicolau, J. M. (eds). Restauración de Ecosistemas en Ambientes Mediterráneos*. Pp. 173-188. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- (3) Bugosh, N. 2002. Slope and channel reclamation using fluvial geomorphic principles at San Juan Coal Company Mines in New Mexico. In *Approaching bond release: Post-mining land use in the arid and semi-arid west*, Abstracts, August 25-30, 2002, Office of Surface Mining, North Dakota State University and North Dakota Public Service Commission: Bismarck, ND.