

MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO EN LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO. DEMOSTRACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LOS COSTES DE RESTAURACIÓN

J. Molina¹; M.L. Tudela²; M^a P. Cano³ y J.M^a Bueno⁴

Universidad de Murcia

BIBLID [0213-1781 (2001); 33: 123-131]

RESUMEN

Todo proceso extractivo presenta una clara incidencia sobre el medio en el cual se desarrolla dejando una serie de secuelas en forma de impactos o riesgos potenciales. Debido a la importancia que los impactos visuales tienen para el desarrollo de la actividad minera de la roca ornamental se plantea en este trabajo una metodología para optimizar los costes de restauración de la actividad comprobando la relación existente entre el espacio restaurado y la disminución del impacto visual potencial.

Palabras clave: Restauración, Minería, Impacto Visual.

ABSTRACT

All mining extractive processing shows clear effect on its environment, these actions have several consequences like impacts and potential risks for the environment. Due to the importance of visual impacts on the development of the ornamental rock mining activity, this study presents a methodology to optimize the restoration costs based on the relationship between the restored zone and the potential visual impact diminution.

Key words: Restoration, Mining, Visual Impact.

Fecha de recepción: 15 de marzo de 2001. Fecha de aceptación: 18 de mayo de 2001.

1 EMPREMAC AMBIENTE, S.A (Empresa de Medio Ambiente y Construcción). Madrid.

2 Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional. Universidad de Murcia. E-mail: mltudela@fcu.um.es.

3 Departamento de Oftalmología, Otorrinolaringología y Anatomía Patológica. Universidad de Murcia.

4 Departamento de Física. Universidad de Murcia.

1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Se puede afirmar que todo el protagonismo en la valoración del paisaje se centra en la capacidad visual del observador respecto al territorio. Según Gerald Westheimer (Adler, 1994) el ojo humano tiene un mínimo visible, entendiendo que la visibilidad mínima es la detección de la presencia de un estímulo visual. El ejemplo más típico es en el que se mide la amplitud mínima de un cable de telégrafo que puede verse contra un cielo uniforme.

En un observador normal con un enfoque óptimo, el límite de la resolución, o como suele llamarse, el ángulo mínimo de resolución, será de un minuto de arco. A una distancia de observación de 6 metros el ángulo mínimo de resolución es de un minuto de arco, que se identifica con una agudeza visual 6/6 ó 20/20 equivalente al 100 % de agudeza visual (Figura 1).



FIGURA 1. Letra de Snellen 20/20.

A una distancia de observación de 6 metros el tamaño global de la letra es de 8,73 mm (equivale a 5 min. de arco) y una abertura de 1,75 mm (equivale a 1 min. de arco).

Así tenemos que la distancia de observación en campo abierto se encuentra en el rango $6 \text{ m} \rightarrow \infty$.

La longitud del arco correspondiente (L) a 1 min. de arco, nos dará el tamaño del objeto observable en función de la distancia (d) en metros: (1)

$$L = \pi / 180 \cdot 1/60 \cdot d \quad (1)$$

Aplicando (1) a 6 metros de distancia el ojo humano no distingue objetos menores de 1,75 mm. A 10 kilómetros, distancia recomendada para el cálculo de las cuencas visuales (Bosque et al., 1994), el tamaño mínimo que el ojo puede distinguir sería 2,90 metros.

Teniendo en cuenta estas premisas para una distancia de 10 kilómetros la altura de los bancos de laboreo y de las construcciones de infraestructuras una vez abandonados debería ser en torno a los 2,90 metros, pues para tamaños mayores sería causa de impacto visual.

2. DESARROLLO METODOLÓGICO PARA LA MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO VISUAL

El desarrollo de la actividad extractiva a cielo abierto genera alteraciones sobre el paisaje que son causa de rechazo social, sobre todo aquellas referidas al impacto visual procedente de la apertura de huecos, modificación de la morfología de la zona, tanto en la explotación como en las escombreras, en contraste con las líneas onduladas del terreno natural, construcción de infraestructuras (caminos, depósitos de agua, casetas de empleados...), etc.

Para profundizar en el análisis de los impactos visuales potenciales consecuencia directa de la actividad extractiva, elegimos una zona donde se concentra el mayor número de explotaciones mineras a cielo abierto en el Municipio de Cehegin (Murcia) (Tabla 1), en ella se marcan una serie de puntos de referencia según un gradiente de altitud (cada 20 metros) y de forma perpendicular a las curvas de nivel.

TABLA 1
Puntos de referencia (coordenadas U.T.M.).

PUNTO 1:	X: 60581622412 Y: 42230068863 Z: 520 metros	PUNTO 7:	X: 60581932447 Y: 42234383214 Z: 640 metros
PUNTO 2:	X: 60581478752 Y: 42231656636 Z: 540 metros	PUNTO 8:	X: 60582033536 Y: 42234682075 Z: 660 metros
PUNTO 3:	X: 60581481958 Y: 42232433732 Z: 560 metros	PUNTO 9:	X: 60581998561 Y: 42235194895 Z: 680 metros
PUNTO 4:	X: 60581572375 Y: 42232980028 Z: 580 metros	PUNTO 10:	X: 60582051699 Y: 42235807120 Z: 700 metros
PUNTO 5:	X: 60581158050 Y: 42233516194 Z: 600 metros	PUNTO 11:	X: 60582212545 Y: 42236293001 Z: 720 metros
PUNTO 6:	X: 60581371547 Y: 42233800000 Z: 620 metros	PUNTO 12:	X: 60582001902 Y: 42236874422 Z: 740 metros

Se toma como referencia el punto de mayor altitud (100 %), lo que nos permite calcular el % de superficie de impacto visual potencial (S) para cada una de las altitudes consideradas. En el radio de búsqueda elegido (10 km) se han obtenido los resultados recogidos en la tabla 2.

Como se observa en la mencionada tabla, la superficie afectada por el impacto visual potencial se incrementa progresivamente con la altitud:

- De los 520 m. hasta los 580 m. se produce un incremento gradual de la superficie afectada. Se aprecia como el mayor incremento porcentual se produce de los 540 a los 560 m. con un 20,56 %, mientras que después hasta los 580 m. se mantiene estable entorno al 18 %.
- A partir de los 580 m. los valores se estabilizan hasta los 620 m. lo que demuestra que aún aumentando la altitud hasta determinadas cotas la superficie afectada por el impacto visual potencial se mantiene constante y, en consecuencia, el incremento (Δ) del impacto visual potencial es nulo.

TABLA 2

Relación entre la superficie de cuenca visual y el impacto visual potencial.

Puntos y altitud (m.s.n.m.)	Superficie cuenca visual (ha)	% Superficie de impacto visual potencial	Δ Impacto visual
1 (520)	162	2,51	
2 (540)	1359	18,6	16.9
3 (560)	2523	39,16	20.56
4 (580)	3692	57,34	18.18
5 (600)	3692	57,34	0
6 (620)	3692	57,34	0
7 (640)	4779	74,27	16.93
8 (660)	4779	74,27	0
9 (680)	5435	84,46	10.19
10 (700)	5913	91,86	7.4
11 (720)	5913	91,86	0
12 (740)	6436	100	8.14

- De los 620 m. hasta los 640 m. se produce un nuevo incremento, en esta ocasión del 16,93 %, menor que los detectados en pisos altitudinales inferiores y se mantiene estable hasta los 660 m.
- A partir de los 660 m. se da un incremento progresivo del porcentaje de la superficie afectada por el impacto visual potencial. De los 660 m. hasta los 680 m. el incremento del 10,19 %, sensiblemente inferior a los detectados en pisos inferiores. De 680 a 700 m. el incremento se reduce a un 7,4%, manteniéndose estable hasta los 720 m. Finalmente, a los 740 m. de altitud se alcanza la superficie máxima visible desde ese punto.

De todo ello se desprende que un observador situado en la cota altitudinal más baja tomada como referencia ve una superficie de cuenca pequeña, puesto que su visión está obstaculizada por la morfología del terreno. Conforme asciende en altitud se da un incre-

mento constante de la superficie visible hasta alcanzar la altitud media del territorio. Por encima de esta altitud media disminuyen los obstáculos naturales, incrementándose la superficie visible si bien de forma más lenta. A medida que aumentamos altitud el incremento se ralentiza hasta llegar a la máxima cota en la que se observa la mayor superficie y se da el mayor impacto visual potencial.

Según se desprende de lo dicho anteriormente, se puede hacer un cálculo a priori de la altitud más idónea a la cual se puede llegar con el plan de labores, obteniéndose un punto de inflexión a partir del cual los costes ambientales y de restauración se disparan y deben considerarse inadmisibles. Estos costes de restauración deben hacerse en base a dos supuestos, en función de la existencia o no de obstáculos entre el observador y la zona afectada, y teniendo en cuenta una serie de criterios:

- Altitud máxima alcanzada por la explotación.
- Superficie sobre la que se extienden las labores.
- Superficie afectada por impacto visual (10 km de radio de búsqueda).

a) **PRIMER SUPUESTO: Costes de restauración cuando no existen colinas u obstáculos entre el observador y la zona afectada (Figura 2)**

Los costes de restauración estimados en pesetas/m² son **P** para todos los casos.

Sean las dimensiones de la zona afectada **h₁** metros de altura y su anchura de **a** metros. El coste de restauración sería (1):

$$X = (a \cdot \Delta h) P \quad (1)$$

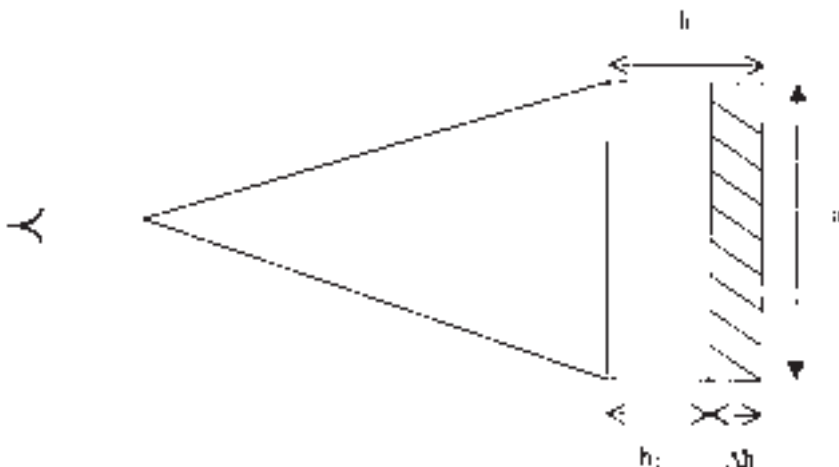


FIGURA 2. Esquema de restauración para cuenca visual sin obstáculos.

En donde Δh es la altura de la franja restaurada. La franja que se podrá restaurar con un coste admisible debe verificar la ecuación (2):

$$\Delta h \leq \frac{X}{P} \cdot a \quad (2)$$

Asimismo $\Delta h = h_1 - h$, en donde h es la altitud de lo que falta por restaurar quedando la ecuación (2) de la forma (3):

$$(h_1 - h) \leq \frac{X}{P} \cdot a \quad (3)$$

El caso óptimo de restauración será aquel en el que se cumpla que (4)

$$(h_1 - h) = \frac{X}{P} \cdot a \quad (4)$$

de donde:

$$(h_1 - h) \cdot P \cdot a = X \quad (5)$$

es decir, con el total del dinero disponible se puede abordar el conjunto de la restauración. La ecuación (5) responde a la ecuación de una recta de pendiente (*) y ordenada en el origen h_1 , cuya representación gráfica sería (Figura 3).

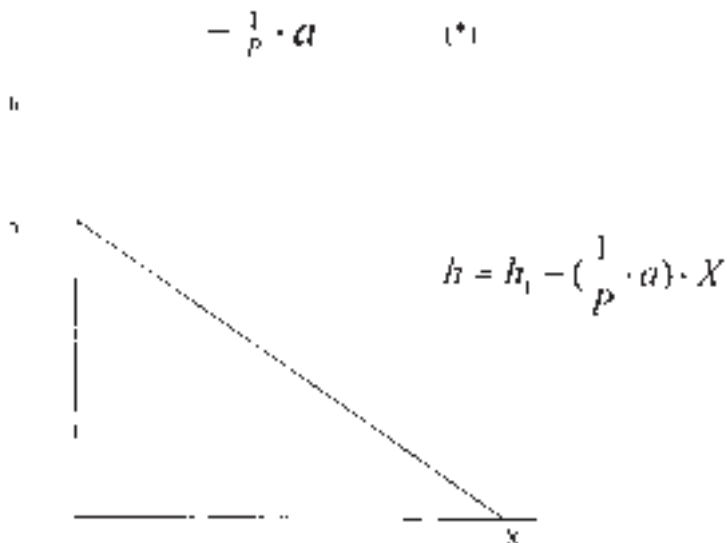


FIGURA 3. Costes de restauración en función de la altitud de la zona que falta por restaurar.

Costes de Restauración en función de h.

$$h = h_1 - t \frac{l}{p} \cdot \alpha \cdot X \tag{6}$$

En la figura 3 se observa que a menor disponibilidad de dinero (X) la zona que quedará sin restaurar será mayor.

b) SEGUNDO SUPUESTO: Costes de restauración cuando existen colinas u obstáculos entre el observador y la zona afectada

Sea C la altura de la colina u obstáculo, **d₁** la distancia del observador al obstáculo, **H** es la altura de sierra afectada que no se observa por efecto del obstáculo, **Δh** es la altura de la franja de sierra afectada por impacto que se observa y **D** la distancia desde el observador a la zona impactada (Figura 4).

Cuando todo quede restaurado **Δh = 0**, o sea que $\alpha = \beta$, y por tanto, **Tg α = Tg β** siendo:

$$\text{tg } \alpha = \frac{C - H}{d_1} = \frac{H}{D} \tag{7}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{h_1}{D} \tag{8}$$

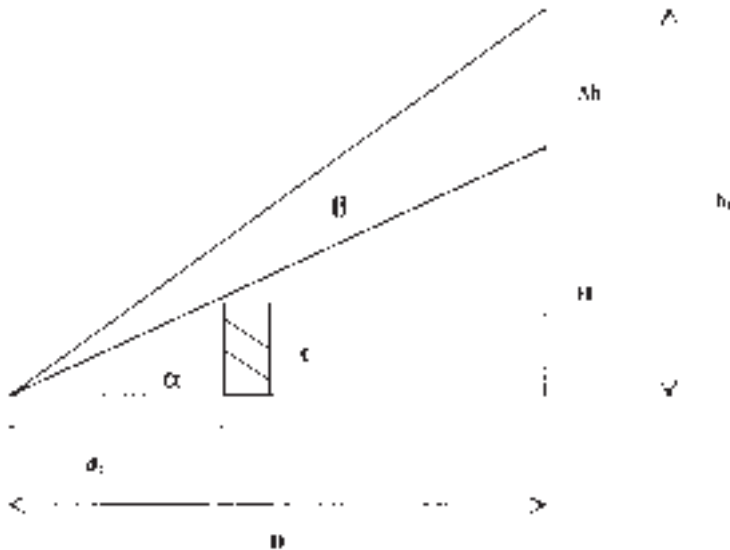


FIGURA 4. Esquema de restauración para cuenca visual con obstáculos.

De donde:

$$C = h_1 \cdot \frac{\Delta h}{D} \quad (9)$$

$$h_1 - \Delta h = C \cdot \frac{D}{d} \quad (10)$$

$$\forall h_1 - h_1 = C \cdot \frac{D}{d_1} \quad (11)$$

Como $\Delta h \leq \frac{X}{P} \cdot \alpha$ la ecuación (11) debe cumplir que:

$$h_1 - C \cdot \frac{D}{d} \leq \frac{X}{P} \cdot \alpha \quad (12)$$

$$(h_1 - C \cdot \frac{D}{d}) \cdot P \cdot \alpha = X \quad (13)$$

El caso óptimo de restauración será aquel en el que se cumpla (14) que:

$$(h_1 - C \cdot \frac{D}{d}) \cdot P \cdot \alpha = X \quad (14)$$

Por tanto los costes de restauración óptimos (14) son constantes en función de las distancias y altitudes de los obstáculos.

En la fase preoperacional se podrán calcular los costes en función del impacto visual potencial, resultando (15):

$$S \cdot P = X \text{ (potencial)} \quad (15)$$

3. CONSIDERACIONES FINALES

A la vista de los resultados, el punto óptimo que deberá alcanzar la explotación será la cota altitudinal hasta la cual la relación entre la superficie de explotación y el impacto visual generado sea admisible. Ello conlleva que se puede hacer un cálculo a priori de la

altitud más idónea a la que se puede llegar con el plan de labores, obteniéndose un punto de inflexión a partir del cual los costes ambientales y de restauración se disparan y deben considerarse inadmisibles.

Se obtiene una herramienta capaz de conocer, en estado preoperacional, la magnitud del impacto que provocará la actividad por comparación de costes de restauración. Esto deberá considerarse como información de base para la redacción de un proyecto de explotación viable desde el punto de vista económico y ambiental.

4. BIBLIOGRAFÍA

- ADLER (1994): *Fisiología del ojo*. W. M. Hart (Ed.). 9ª Edición.
- BOSQUE, J.; ESCOBAR, F. J.; GARCÍA, E. Y SALADO, M. J. (1994): *Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con PC ARC-INFO e IDRISI*. Editorial RAMA. Madrid.
- I.T.G.M.E. (1989): *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Serie Ingeniería Medioambiental. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- LORENZO, J. (1985). *La minería de superficie y el paisaje. 2º curso sobre las alteraciones en el medio ambiente y la restauración de terrenos en minería a cielo abierto*. Fundación Gómez-Pardo. Madrid.
- MOLINA, J. (2000): *Minimización de impactos ambientales en la minería de la roca ornamental de la Región de Murcia*. Tesis Doctoral (Inédita).

