

LA EXTRACCIÓN DEL MÁRMOL EN LAS CANTERAS DE MACAEL

FERNANDO SIGUENZA AMICHIS

1. INTRODUCCIÓN

El sector de las rocas ornamentales es en estos momentos uno de los más pujantes dentro de la actividad minera, con un aumento continuado de producciones y volumen de empleo.

Estos aumentos han ido en paralelo con los avances tecnológicos, los cuales han conducido al uso de sistemas de explotación más racionales y sofisticados, que han permitido lograr incrementos en la capacidad y calidad del arranque, mayores aprovechamientos de los recursos disponibles y, por supuesto, el logro de unos costes de extracción cada vez más competitivos.

En este trabajo se pretende hacer una descripción de los sistemas de arranque del estéril y mármol que más se utilizan en la zona con mayor tradición minera en este tipo de sustancias, como es la Comarca del Mármol de Macael, así como la repercusión del coste de extracción sobre la tonelada vendible puesta en la plaza de la cantera.

Esta comarca viene siendo explotada desde hace siglos, en los que ha habido épocas de profunda depresión y otras de gran auge.

El grado de mecanización que disponían las empresas fue muy escaso hasta los primeros años de la década de los ochenta, a partir de la cual se aprecia un cambio cualitativo y cuantitativo en la mayoría de las empresas, con la adquisición de equipos mineros modernos, tanto para los trabajos en estéril como los de extracción de mármol.

Este cambio producido en los últimos años ha dado lugar a que las técnicas de arranque del estéril y mármol que se emplean en las canteras de Macael estén entre las más avanzadas.

Uno de los mayores inconvenientes que tienen las explotaciones de esta zona, con respecto a otras de características similares en cuanto a la materia prima, es que nuestros yacimientos tienen un coste añadido debido a las grandes coberturas de material estéril que, en muchos casos, plantea problemas de viabilidad económica el continuar su explotación. Esta característica no se presenta en las canteras de los países productores más relevantes como Italia, Grecia, antigua Yugoslavia, etc. y, por supuesto menos, en las explotaciones de calizas marmóreas muy comercializadas hoy día.

2. METODOS DE EXPLOTACIÓN

Las labores que componen el método de explotación que se aplica en la comarca de Macael para la extracción de mármol se puede clasificar en tres tipos:

1. Desmante del estéril que recubre las capas de mármol.
2. Extracción de las masas de mármol.
3. Trabajos secundarios en el mármol (puesta a dimensión).

2.1 Desmante del estéril

Las canteras de Macael, a diferencia de las existentes en otras zonas, tienen unos recubrimientos o monteras que es preciso retirar para poder extraer el mármol. Dado el relieve abrupto, estos recubrimientos son variables, alcanzando en algunas zonas alturas superiores a los 100 metros.

El método que generalmente se sigue es semejante al que se aplica en cualquier explotación minera a cielo abierto, y consiste en un sistema de bancos con arranque y transporte del estéril a las escombreras previamente definidas. En la actualidad existen unas normas de obligado cumplimiento (Instrucciones Técnicas Complementarias), que indican los distintos valores que deben tener los parámetros que intervienen en la explotación, tales como: altura entre bancos, talud de los mismos, anchura de las bermas ó calles, pendientes de las rampas, etc., que implican un incremento en la seguridad de las operaciones mineras.

Todas estas labores no se hacen de forma simultánea con la extracción de mármol, sino que en una primera fase se realiza la extracción del estéril y posteriormente se trabaja en el arranque del mármol, esta situación implica que las empresas que están desmontando deben proveerse de la materia prima de otras explotaciones o que tengan que comprarlo a otras empresas.

La causa de este proceso discontinuo de explotación se debe principalmente a que las dimensiones de las canteras son pequeñas y no permiten tener los dos procesos operativos (estéril y mármol) en funcionamiento. Esta circunstancia se está corrigiendo en la actualidad, con la creación de explotaciones conjuntas y la mayor superficie de las canteras.

Los estériles de recubrimiento de la bancada superior y el estéril intercalado entre dos capas de mármol está compuesto generalmente por material muy compacto y duro, que precisa para su arranque la utilización de perforadoras y explosivos, y la ayuda de palas cargadoras o excavadoras hidráulicas y dúmpers de tamaño mediano-alto.

Para dar una idea de la importancia de la zona se puede decir que actualmente se mueven unos 4,5 millones de m³/año, y que el parque de maquinaria de los principales equipos consta de:

- Carros perforadores 4/6 (contratados)
- Palas sobre ruedas 88
- Dúmpers 33

En la figura 1 están esquematizadas las distintas actividades del arranque de estéril.

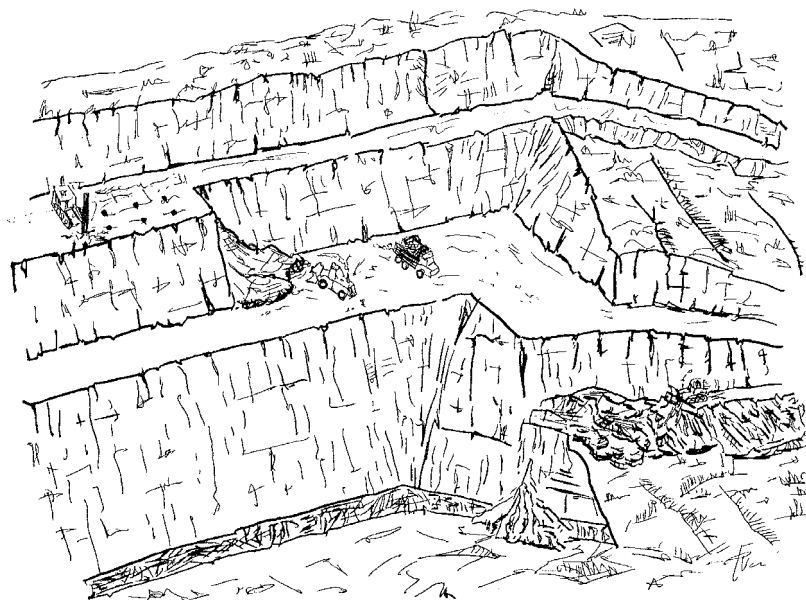


FIGURA 1
PROCESO DEL ARRANQUE DEL ESTÉRIL

La extracción de estéril es entre 6 y 7 m³ por tonelada de mármol enviada a fábrica. Esta relación pone de manifiesto el sobrecosto (aproximadamente 3.000 pesetas) que tiene la tonelada de mármol, debido al estéril que es preciso retirar antes de arrancar el mármol.

2.2 Extracción del mármol

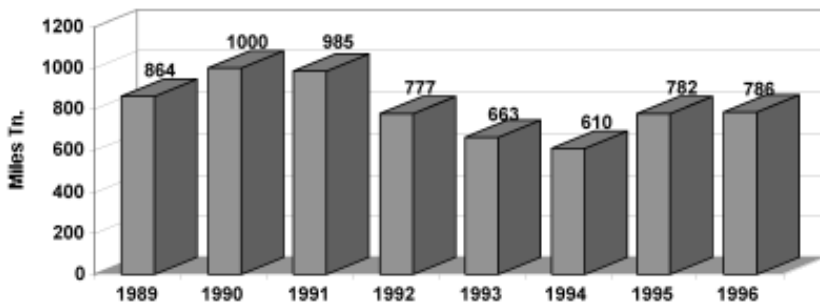
De las canteras de Macael se extraen tres productos que son los que se venden o se llevan directamente a la planta de transformación; por orden de importancia se denominan bloques, bolos y escava o piedra. De estos tres productos el que mayor valor económico tiene es el bloque.

La máxima producción extraída de las canteras corresponde al año 1991, año en el que se alcanzó 1 millón de toneladas, la causa principal fue la celebración de grandes eventos sociales (Olimpiadas, Expo92, etc.). A partir de ese año la producción fue descendiendo hasta el año 1994, donde se alcanzó un 60% respecto a 1991. A partir de ese año, se incrementan las producciones hasta cerca de las 0,8 millones de toneladas, cifra ésta, que se mantendrá durante los próximos años.

En los gráficos siguientes se pueden observar las evoluciones de las producciones entre los años 1989 y 1996.

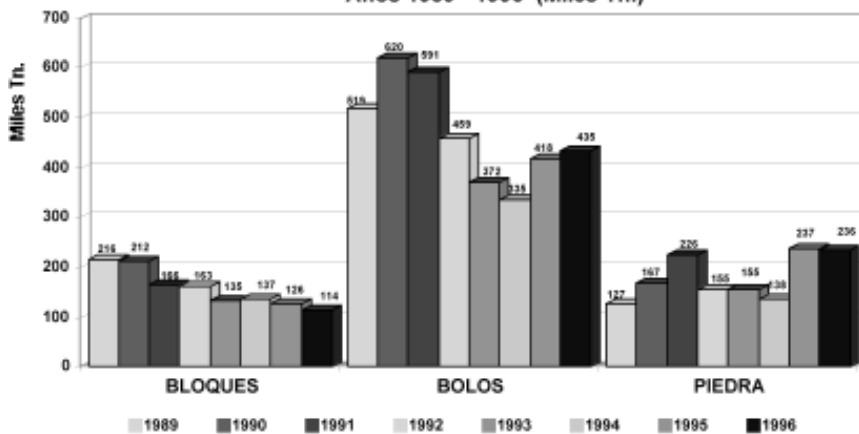
PRODUCCIÓN SIERRA DE MACAEL

Años (1989-1996)



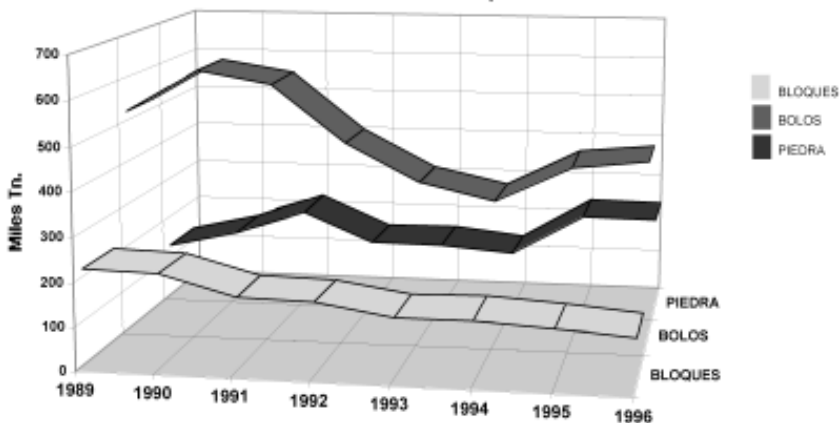
PRODUCCIÓN SIERRA DE MACAEL

Años 1989 - 1996 (Miles Tn.)



PRODUCCIÓN SIERRA DE MACAEL

Años 1989 - 1996 (Miles Tn)



Genéricamente los métodos de arranque de cualquier roca ornamental consisten, en una primera fase, en la independización del macizo rocoso de un gran bloque, entendiéndose por bloque una figura geométrica mas o menos paralelepípeda y dimensiones tales, que permitan a los equipos de arranque y carga operar en condiciones de aprovechamiento máximo.

El gran bloque primario se somete a sucesivas etapas de subdivisión hasta alcanzar unas dimensiones fácilmente manipulables, y al mismo tiempo dentro de la gama que comercialmente requiere la industria de transformación.

En las canteras de Macael la sistemática seguida para el corte de los grandes bloques es muy variable de una explotación a otra, aunque generalmente los métodos de corte más comunes consisten, por un lado, en la utilización de perforación y explosivos combinado con medios mecánicos y, por otro lado, en el empleo de sólo medios mecánicos.

Estas diferentes técnicas de arranque de rocas ornamentales raramente se emplean en exclusiva dentro de una explotación, y es habitual que coexistan al menos dos.

Los sistemas de corte aplicados en la actualidad son los siguientes:

1. Perforación y explosivos.
2. Rozadora de cable (hilo diamantado).
3. Rozadora de brazo.

Precisar sobre los porcentajes de empleo de cada uno de ellas es muy problemático. No obstante, el método más generalizado es la aplicación de la rozadora de hilo diamantado para todos los cortes que se realizan. Este método se suele utilizar sobre todo en aquellas canteras que tienen descubierta una superficie amplia de mármol.

En algunas de las principales canteras se sustituye uno de los cortes del hilo diamantado por la rozadora de brazo.

El segundo de los métodos en orden de importancia es una combinación de la rozadora de hilo diamantado con el empleo de perforación y explosivos.

Por último, en canteras pequeñas el único sistema de arranque utilizado es el empleo de explosivo y, dado que se tiende a suprimirlo, no se tendrá en cuenta.

De estos métodos de extracción, hay que indicar que se debe eludir el empleo de explosivos, ya que el efecto provocado por las vibraciones que se crean hace que el mármol se rompa por cualquier fractura, diaclasas o pelos que tenga dentro de su estructura.

Se encuentran trabajando en las canteras de la Sierra de Macael los siguientes equipos:

* Rozadora de hilo diamantado	53 unidades
* Rozadora de brazo	3 unidades
* Perforatic	20 unidades
* Martillos de mano	215 unidades

A continuación se describen cada uno de los equipos que intervienen en el arranque:

a) Hilo diamantado

La utilización del hilo diamantado para la extracción de mármol en cantera es una técnica que se empezó a considerar por Diamant Boart en 1968, pero hasta el año 1972 no se puso en práctica por primera vez en una cantera sueca, donde se resolvieron infinidad de problemas de tensiones, resistencia mecánica del hilo, etc. Posteriormente, en el año 1978, en las canteras de

Carrara (Italia) se aplicó este tipo de máquina, introduciéndose en Macael en los primeros años ochenta. Así en 1985 existían cuatro unidades.

Hoy en día el hilo diamantado tiene dos campos de aplicación principalmente, por un lado, obtener grandes masas o bloques y, por otro, desdoblar la masa anterior para obtener la dimensión deseada.

Estas máquinas están compuestas básicamente por los siguientes elementos:

- Grupo motor, con accionamiento eléctrico, que actúa sobre la polea conductora del hilo montado sobre un chasis móvil.
- Conjunto guía, compuesto por dos carriles sobre los que se mueve el sistema de accionamiento.
- Sistemas automáticos de control de arranque, velocidad y tensión del hilo, paradas por roturas, etc.

El hilo diamantado consiste en un cable de acero inoxidable que lleva engarzados unos útiles diamantados de forma cilíndrica, con separadores constituidos por muelles. La longitud del cable depende de la superficie a cortar, pero generalmente es de 40-50 metros. Al ir progresando el corte, se van reduciendo segmentos de hilo.

La polea tractora tiene una velocidad de giro de 3.000 r.p.m., que le proporciona al cable una velocidad de 110-120 m/seg.

b) Rozadora de brazo

El desarrollo de este sistema, inicialmente ligado al arranque de carbón y sales potásicas, se ha logrado a partir de los avances tecnológicos relacionados con la perforación y aplicados a las herramientas de corte.

La rozadora consta básicamente de un brazo móvil orientable sobre el que se desplaza una cadena provista de picas como elemento de corte.

El sistema de accionamiento es electro—hidráulico con potencias variables, y todo el conjunto desliza sobre carriles en la dirección del corte con velocidades de avance hasta 15 cm/min. y pendientes máximas de 15°.

El brazo es orientable para realizar cortes verticales y horizontales con longitud de hasta 3,2 metros.

Las picas suelen ser de carburo de tungsteno o compuestos diamantados, dependiendo de la resistencia y abrasividad del material a cortar.

c) Perforación y explosivos

En este caso, la perforación se lleva a cabo con martillos de mano y diámetros comprendidos entre 32 y 40 mm. Los barrenos se realizan todos dentro del plano de corte deseado, y con espaciado variable en función del tipo de corte y de las características del bloque.

Es de vital importancia el paralelismo de los barrenos dentro del plano de corte, ya que una perforación incorrecta puede suponer la rotura del bloque, para ello se suelen utilizar unos carriles o guiaderas sobre las cuales va montado el martillo, consiguiendo una perforación de gran precisión en espaciado y paralelismo.

Los explosivos generalmente utilizados son la pólvora de mina y el cordón detonante. El criterio general es utilizar pólvora cuando el corte se realiza en una superficie que presenta es-

pecial debilidad, como levantes claros ó pelos, es decir, sobre superficies ya creadas, donde el empuje de los gases de explosión basta para separar los bordes. Cuando la superficie ha de ser creada contra la tendencia general de la piedra, suele utilizarse preferentemente cordón detonante, aprovechando el efecto de su onda de choque.

d) Trabajos secundarios

Una vez cortado el gran bloque es desdoblado aprovechando las fracturas abiertas; para esta labor tiene gran importancia el trabajo de las palas, ya que son ellas las que introduciendo los dientes del cazo por las fracturas marcadas, pero no abiertas, terminan por abrirlas, descolgando los bloques que van saliendo hasta el piso y transportándolos hasta la zona de la plaza de cantera, donde posteriormente serán escuadrados, con perforación y pinchotes generalmente.

e) Secuencias de la extracción

En el proceso extractivo de una capa de mármol virgen hay que distinguir dos operaciones diferentes:

- Apertura del tajo.
- Extracción de bloques—bolos.

La ejecución de la primera fase es condición necesaria para permitir el arranque posterior de masas mas o menos grandes de forma repetitiva.

En las canteras de Macael la apertura del tajo se efectúa de dos formas diferentes:

- 1ª. Utilizando hilo diamantado más explosivo.
- 2ª. Empleando únicamente la rozadora de hilo diamantado.

Una vez realizada la apertura en el banco de mármol, hay que ganar el espacio suficiente que permita ubicar entre dos cortes perpendiculares a la superficie del mármol (más conocido con la denominación «cabeza») la máquina de arranque. Los cortes sucesivos se llevan a cabo, en la mayoría de las canteras de Macael, empleando los métodos antes citados.

En la figura 2 están sintetizadas las distintas fases operativas de que consta el método más comúnmente aplicado: el arranque con el empleo exclusivamente de cortadora de hilo diamantado.

En primer lugar se realizan los tres barrenos señalados cuya longitud dependerá de las dimensiones del bloque.

Una vez terminada esta primera parte de los trabajos se realizarían los cortes de cada una de las caras. El primer corte que se hace es el de levante y posteriormente los otros dos independientemente del orden.

Una vez cortado el bloque se procederá, con la ayuda de una pala cargadora, a extraer las masas y transportarlas a la plaza de cantera, donde se escuadrarán antes de enviarlo a las fábricas.

En todas estas operaciones extractivas del mármol se producen unos aprovechamientos y rechazos. Como puede observarse en la figura 3, del total del mármol existente *in situ*, el tanto por ciento que se beneficia por término medio es del 25%, esta cifra corresponde a los dos principales productos que se comercializan (bloques + bolos).

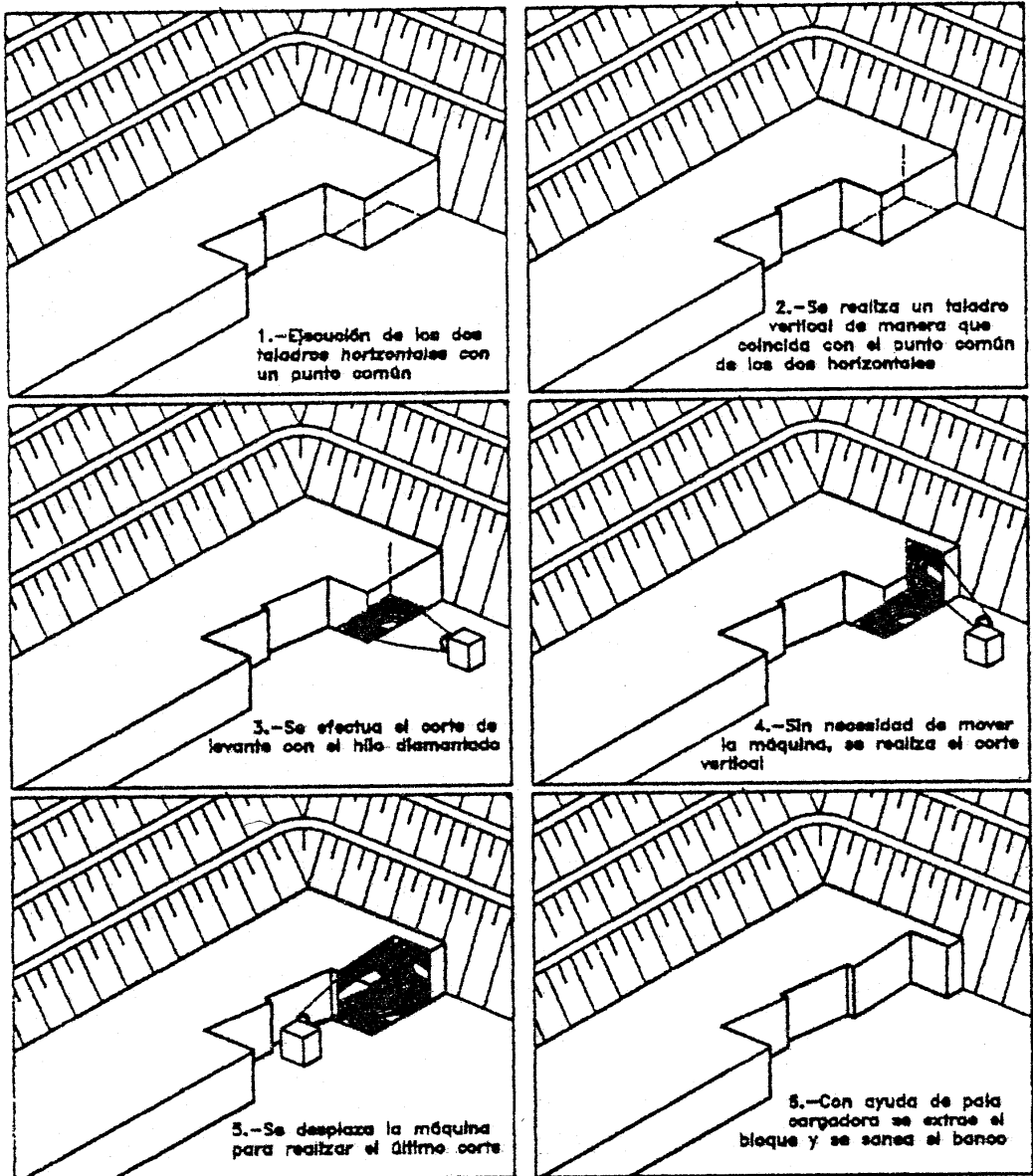


FIGURA 2
Extracción de un bloque mediante hilo diamantado

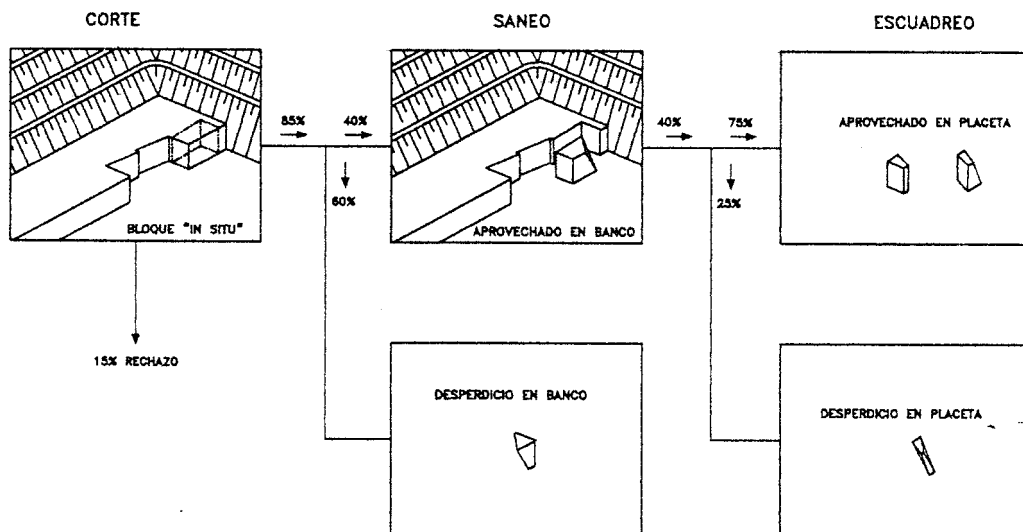


FIGURA 3

Del rechazo que se produce (75%) se suele aprovechar un 12-15% como piedra (material para triturar).

Una idea de la importancia que tiene el empleo de medios mecánicos para el arranque del mármol la da el que casi todas las canteras disponen, como mínimo, de una rozadora de hilo diamantado.

En Macael existen:

Rozadoras de hilo diamantado	57 unidades
Rozadora de brazo	3 unidades

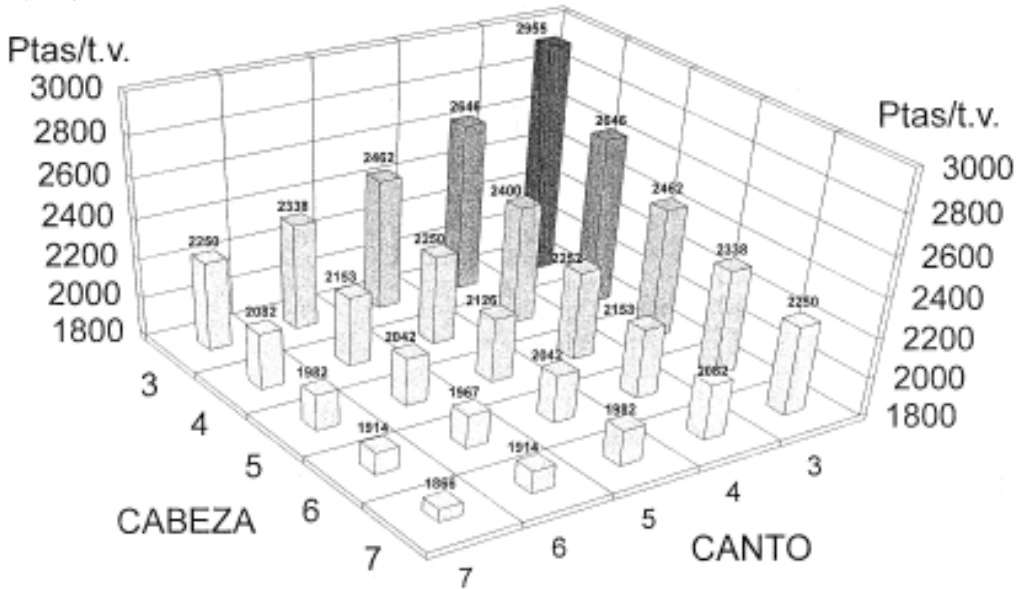
Una variedad de este método es la realización del corte de levante por medio de la rozadora de brazo en vez de la de hilo diamantado. En éste caso únicamente sería necesario efectuar un taladro vertical.

Además de las ventajas que a nivel técnico representa hacer todos los cortes por medio de la rozadora de hilo diamantado, existe otra muy importante que es el coste arranque.

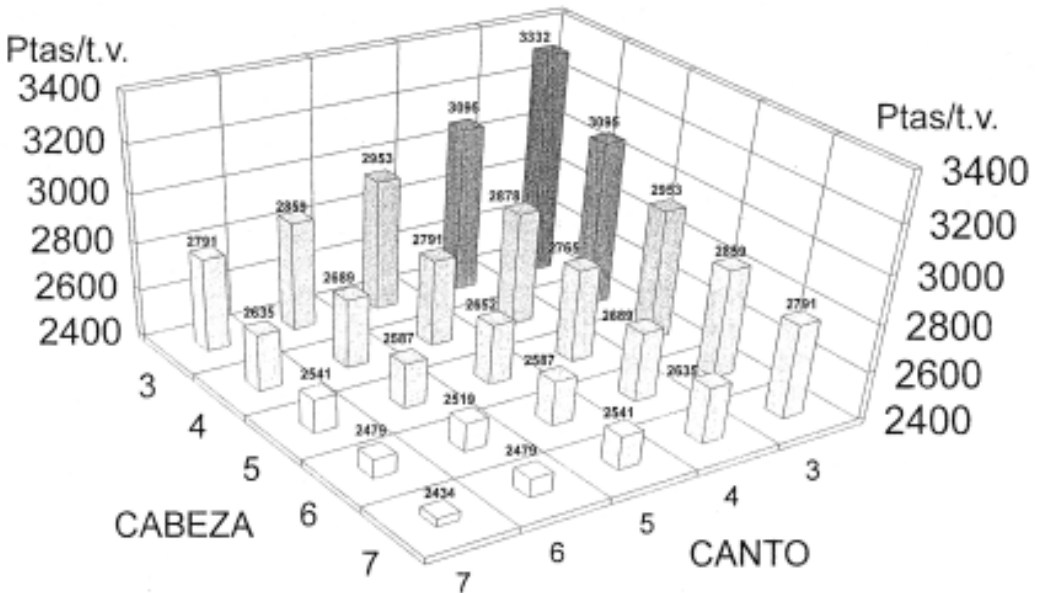
Según un estudio realizado por la O.T.C., el método más económico en el que efectúa todos los cortes con rozadora de hilo diamantado.

Así, para una de las dimensiones más comunes del bloque que se arranca en Macael, puede haber incrementos en el coste de hasta un 25% en el caso de emplear hilo + explosivos y un 10% en el supuesto de utilizar hilo + rozadora de brazo, con respecto al corte de todas sus caras con hilo diamantado.

Los gráficos siguientes recogen la repercusión del coste para ciertas dimensiones del bloque y según los dos métodos más comunes.



Costes en extracción de mármol
Cabeza, Canto y Levante con hilo diamantado
Grosso = 3 Rto. hilo = 10 m2/h



Costes en extracción de mármol
Cabeza y Canto con hilo diamantado; Levante con cordón detonante
Grosso = 3 Rto. hilo = 10 m2/h