



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA
CANTERA "AMPLIACION VIRGEN DE LOS REMEDIOS
(SOTO DEL REAL) PARA EL CONVENIO ESPECIFIC
ENTRE EL INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINER
DE ESPAÑA Y LA CONSEJERIA DE ECONOMIA DE L
COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID PARA LA REALIZ
CION DEL "ESTUDIO DE NIVELES DE VIBRACIONE
Y ONDA AEREA PRODUCIDAS POR VOLADURAS" E
EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO DE LA COMUNID
DE MADRID





I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCION	1
2.- METODOLOGIA	2
3.- EQUIPO EMPLEADO Y PERSONAL TECNICO.....	3
4.- TRABAJOS REALIZADOS	4
4.1. Perforación	4
4.2. Voladura	4
5.- RESULTADOS	5
5.1. Onda aérea	5
5.2. Niveles de vibración	5
6.- CONCLUSIONES	6
7.- ANEJOS	



Fecha	30.06.92
Referencia	SM/gta

INFORME

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA CANTERA
"AMPLIACION VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (SOTO DEL REAL)
PARA EL CONVENIO ESPECIFICO ENTRE EL INSTITUTO
TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA Y LA CONSEJERIA DE
ECONOMIA DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID PARA LA
REALIZACION DEL "ESTUDIO DE NIVELES DE VIBRACIONES Y
ONDA AEREA PRODUCIDAS POR VOLADURAS" EN EXPLOTACIONES A
CIELO ABIERTO DE LA COMUNIDAD DE MADRID.

1.- INTRODUCCION

Para la realización de dicho Convenio Específico, las actuaciones concretas previstas fueron:

- a.- Toma previa de datos de la voladura de producción en relación con: tipo de roca, tipo de explosivos y accesorios utilizados, geometría del frente, condiciones atmosféricas, distancias a edificaciones o instalaciones ajenas a la explotación, etc.
- b.- Registro en cinta magnética de vibraciones y onda aérea de la voladura de producción.
- c.- Análisis y tratamiento, en laboratorio, de los registros obtenidos.
- d.- Evaluación y resultados con vistas al posible establecimiento de límites de prevención.

Se comenzó con una recopilación de datos previa, en el Servicio de Minas y Combustibles de dicha Comunidad Autónoma, en relación a todas las explotaciones que utilizan explosivos en su fase de arranque.



Teniendo en cuenta la diversidad de materiales que se explotan en la Comunidad Autónoma de Madrid, el estudio se ha realizado en tres tipos fundamentalmente: caliza, yeso y granito.

En una primera fase, en los meses de Septiembre y Octubre de 1.991, se realizó una vista previa a todas las explotaciones seleccionadas, con objeto de contactar con los responsables de las mismas y conocer la frecuencia con la que suelen realizarse voladuras en cada una de ellas.

2.- METODOLOGIA

Una vez recibida la comunicación, por parte del explotador, de la fecha y hora de la realización de las voladuras, los pasos a seguir han sido los siguientes:

- 1.- En los laboratorios del ITGE se procedió a la comprobación y tarado de los equipos de medida y registros utilizados.
- 2.- Comprobación "in situ" de la perforación realizada (nº de barrenos, malla de perforación, sistema de iniciación, etc.).
- 3.- Supervisión de la cantidad de explosivo utilizada en la voladura, así como control de la carga del mismo y secuencia de encendido.
- 4.- Localización de los lugares más idóneos para la colocación de las estaciones de medida.
- 5.- Una vez marcadas las estaciones en las cuales se colocarán los captadores, se efectuó un taladro de 12 mm para poder fijar con un taco de expansión un cubo de aluminio, donde se roscarán éstos, de esta forma se asegura una perfecta unión entre los captadores y el punto de medida.

El sonómetro se instaló sobre un trípode, donde según la topografía el apantallamiento sea mínimo.

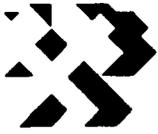


- 6.- Medición de las distancias, entre el centro de gravedad de las voladuras y las estaciones de medida.
- 7.- Registro, en cinta magnética de las señales producidas, tanto de niveles de vibración como de onda aérea producidas por la voladura.
- 8.- Análisis en el laboratorio del ITGE, de las señales obtenidas en campo.
- 9.- Recopilación de información general (planos, fotografías, etc.).

3.- EQUIPO EMPLEADO Y PERSONAL TECNICO

El equipo empleado fue:

- 3 acelerómetros marca Brüel & Kjaer, modelo 8306, de rango ± 1 g, sensibilidad 9,2 v/g y rango de frecuencia de 0,3 Hz a 1 KHz.
- 3 acelerómetros marca Brüel & Kjaer, modelo 4370, de sensibilidad 10 $\mu\text{c}/\text{ms}^2$ y una gama de frecuencias de 0,1 a 4.800 Hz.
- 1 sonómetro marca Brüel & Kjaer, tipo 2209, con sistema de calibración interna y externa, ponderación de medida A, B, C y D, y formas de medida: Pico "fast", "slow" e impulso.
- 1 registrador magnético marca Brüel & Kjaer tipo 7005, velocidad de cinta 1,5 m/s, trabajando en FM con una gama de frecuencia de 0 a 1250 Hz.
- 1 analizador FFT, marca Ono Sokki modelo FFT-400, con sistema de autotarado y salida a Plotter.
- 1 sistema de tarado, consistente en:
 - 1 control de excitación
 - 1 amplificador de medidas
 - 1 amplificador de potencia
 - 1 amplificador acondicionador
 - 1 mesa de tarado
 - 1 plotter.
 - Osciloscopio analógico.



Los cinco primeros elementos son de la marca Brüel & Kjaer y corresponden a los modelos 1047, 2610, 2712, 2626 y 480 K. El Plotter es marca Honeywell, modelo 540 y el osciloscopio Textronix, modelo 3 A6.

- Material vario de campo, como sistemas de anclajes metálicos, grupo electrógeno, taladradora, líneas, etc.

El Personal Técnico estuvo compuesto por D. Miguel Abad Fernández, D. Alfonso Martín Berzal y D. Juan Manuel Gallego-Preciados Algora, pertenecientes al Area de Seguridad Minera.

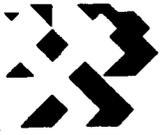
4.- TRABAJOS REALIZADOS

4.1. Perforación

El frente donde se realizó la voladura, corresponde a un banco de pórfidos, con una altura media de 14 m. La malla de perforación marcada fue de 2,75 m de piedra por 3 m de espaciamento, con un diámetro de perforación de 63,5 mm. Se perforaron un total de 47 barrenos, de longitud variable en función de la altura del banco. También se perforaron 70 barrenos para el taqueo de bolos a pie de banco. El retacado en el banco tuvo una longitud por barreno de 2,5 m y estuvo compuesto por detritus de perforación.

4.2. Voladura

Los barrenos se cargaron con un total de 1.175 Kg de Goma 2E-C en carga de fondo y 350 Kg de Riogel y Nagolita como carga de columna, con una distribución de carga por barreno como la especificada en el parte de voladura que figura en el anejo de este informe.



El cordón detonante empleado fue de 20 g/m, utilizándose sistema de iniciación eléctrico, con detonadores tipo "S" de microrretardo de 30 msg, con números correlativos del 0 al 7.

La carga máxima operante fue de 292,05 Kg y la fragmentación resultó ser regular, con proyecciones que alcanzaron distancias superiores a los 100 m.

5.- RESULTADOS

5.1. Onda aérea

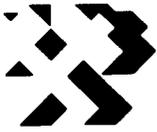
Debido a la proximidad del sonómetro al frente (90 m), así como a la voladura de taqueo, que se disparó simultáneamente a la de producción, la sobrepresión fue muy elevado, por lo cual el sonómetro trabajó fuera de rango, no obteniéndose una señal fiable debido a la saturación de la misma.

5.2. Niveles de vibración

Los resultados en cuanto a nivel de vibración se refiere son los siguientes:

ESTACION Y POSICION	VELOCIDAD (mm/sg)	F (Hz)
E1-V	26,16	76,9
E1-L	17,84	62,5
E1-T	18,65	50

Se trata de los valores pico, de velocidad de partícula expresados en mm/sg. Las letras V, L y T hacen referencia a la posición en que estuvo colocado el captador, bien vertical, longitudinal o transversal en dirección a la pega.



La estación de medida, se situó en un afloramiento de pórfidos, a una distancia de 90 m del centro de gravedad de la voladura, dentro de la plaza de la cantera.

Como era previsible, los niveles obtenidos fueron elevados, con frecuencias ≥ 50 Hz, por lo cual los desplazamientos producidos, son menores que con los mismos niveles de velocidad a frecuencias más bajas.

6.- CONCLUSIONES

Las presentes conclusiones se refieren a la voladura realizada por la empresa Steetley, en la explotación de pórfidos "Ampliación Virgen de los Remedios", el día 23.01.92.

- * La onda aérea (sobrepresión) fue elevada, debido a la corta distancia (90 m) del sonómetro al frente de la voladura, así como al taqueo de bolos.
- * En cuanto a los niveles de vibración obtenidos, teniendo en cuenta que el objetivo de las medidas no era proteger ninguna estructura, éstos han sido altos debido a las características de la voladura y a la situación de la estación de medida, como se especifica en el apartado 5.2 ("Niveles de Vibración").
- * Las proyecciones fueron superiores a los 100 m, debido en gran parte a la voladura de taqueo.



ANEJO 1

PARTES DE VOLADURA



DATOS DE VOLADURA

AMPLIACION VIRGEN DE LOS REMEDIOS

NUMERO 1

FECHA 23.01.92

LOCALIZACION SOTO DEL REAL

TIPO DE VOLADURA	PRODUCCION BANCO	SI	Nº DETONADORES	Nº BARRENOS	CARGA MAXIMA POR BARRENO	CARGA TOTAL POR Nº DE RETARDO
TIEMPO TOTAL	TIPO DE ROCA	PORFIDOS	0	3	32,45	97,35
EQUIPO EMPLEADO	BRÜEL	NOTAS	1	5	32,45	162,25
GEOMETRIA DE LA VOLADURA			2	6	32,45	194,7
Nº DE BARRENOS	47	DIAMETRO(MM)	3	6	32,45	194,7
ALTURA DE BANCO (M)	14	LONGITUD DE BARRENO (M)	4	6	32,45	194,7
INCLINACION (º)	12	SOBREPERFORACION (M)	5	6	32,45	194,7
PIEDRA (M)	2,75	ESPACIAMIENTO (M)	6	6	32,45	194,7
RETACADO (M)	2,5	TIPO RETACADO	7	9	32,45	292,05
Nº DE FILAS	4	Nº DE FREYES LIBRES	8			
ERROR DE EMBOQUI LLE (CM)			9			
			10			
			11			
EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS			12			
TIPO EXPLOSIVO DE FONDOGOMA 2E-C	CANT. TOTAL (KG)	175	13			
ENCARTUCHADO S/N	S	DIAM. CARTUCHOS (MM)	14			
TIPO EXPLOSIVO DE CILINDRO GEL-NAGOL	CANT. TOTAL (KG)	350	15			
ENCARTUCHADO S/N	S-N	DIAM. CARTUCHOS (MM)	16			
FABRICANTE DE LOS EXPLOSIVOS	U.E.E.		17			
TIPO DE CEBADO	CABEZA	SIST. INICIACION	18			
TIPO DE CIRCUITO, SERIE	SI	PARALELO				
SECUENCIA DE INCENDIO	MICRORRETARDO	30 msg				
TIPO DETONADORES	SENSIBLES	FABRICANTE				
TIPO DE CORDON DET.	20 g/m					
FABRICANTE	U.E.E.					

CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO (KG) 1525

VOLUMEN TOTAL DE ROCA VOLADA (M³B)

TONELAJE TOTAL DE ROCA VOLADA (T)

CONSUMO ESPECIFICO MEDIO (KG/T O M³)

CONDICIONES ATMOSFERICAS

CIELO DESPEJADO NUBOSO LLUVIA
 TEMPERATURA CALOR FRIO TEMPLADO
 VIENTOS N S NE SO E O SE NO

EVALUACION DE RESULTADOS

FRAGMENTACION EC M.BLENA REG. BLENA MALA
 PROYECCIONES 50 M. >100 M. 150 M. 200 M. +200 M.
 SOBREEXCAVACION 1 M. 2 M. 3 M. 4 M. +4 M.

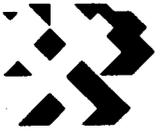
OBSERVACIONES

DISTANCIA AL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA VOLADURA
 90 m.

NOMBRE DEL DIRECTOR FACULTATIVO RAFAEL HERRERO

ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA





A N E J O 2

N I V E L E S D E V I B R A C I O N

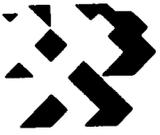


VOLADURA CANTERA "AMPLIACION VIRGEN DE LOS REMEDIOS". SOTO DEL REAL

Día 23.01.92

NIVELES DE VIBRACION

<u>CANALES</u>	<u>ESTACION</u>	<u>CARGA (Kg)</u>	<u>DISTANCIA (m)</u>	<u>VELOCIDAD (mm/s)</u>	<u>f (Hz)</u>
	<u>Y POSICION</u>				
2	EI-V	292,05	90	26,16	76,9
3	EI-L	292,05	90	17,84	62,5
4	EI-T	292,05	90	18,65	50



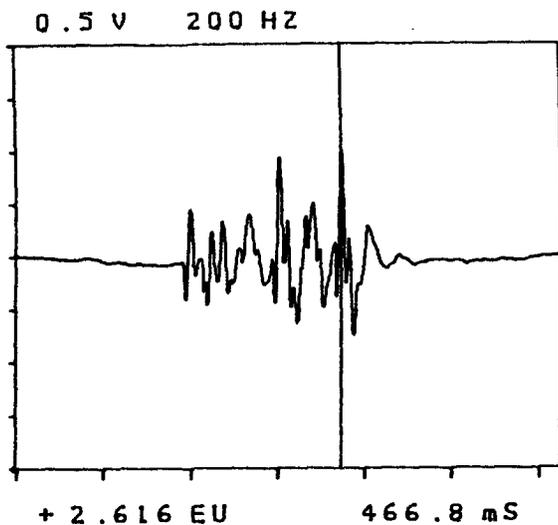
A N E J O 3

S I S M O G R A M A S

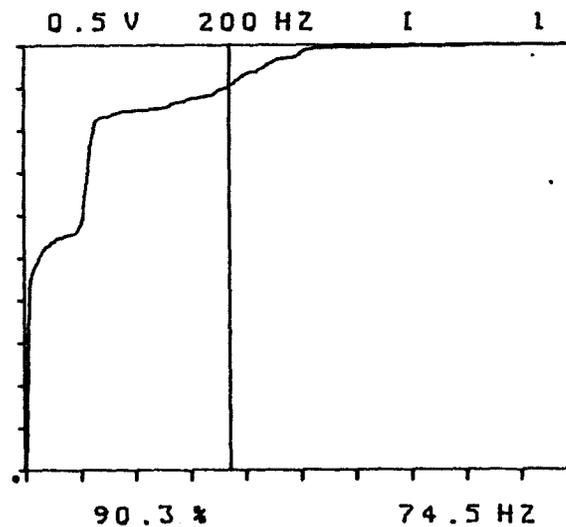
SEÑAL V



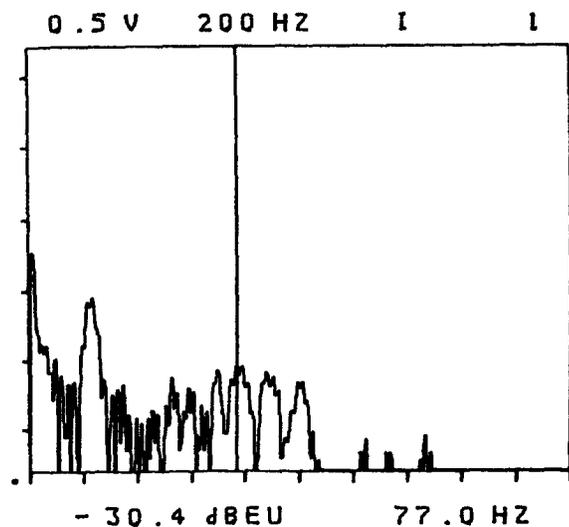
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. . . 23.01.92

Localidad. SOTO DEL REAL

Pega. 1

Emplazamiento. EI-V

Canal. 2

Captador. ACELERACION

Filtrado.

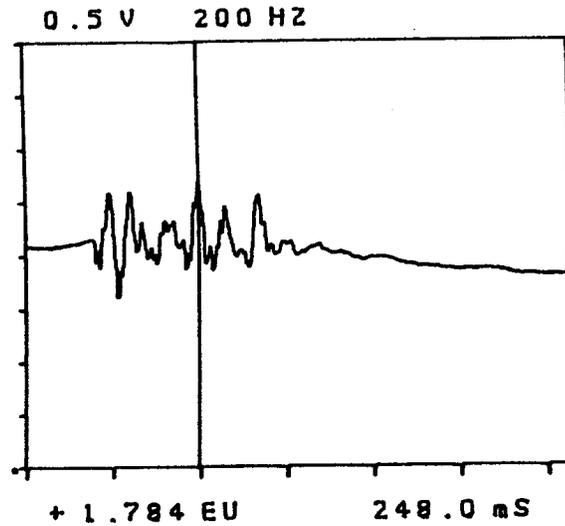
Observaciones. f= 76,9 Hz

SEÑAL V

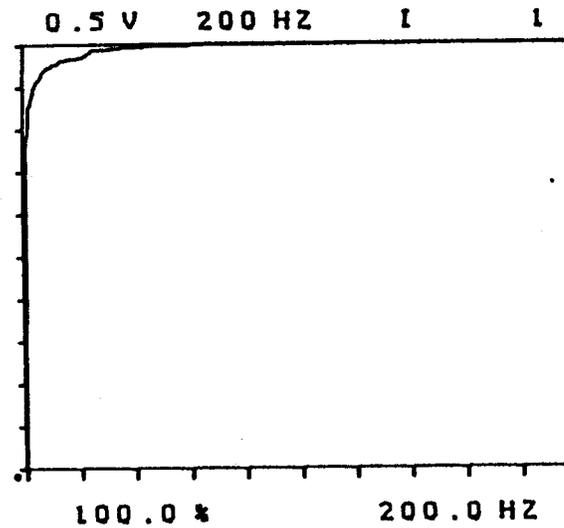
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



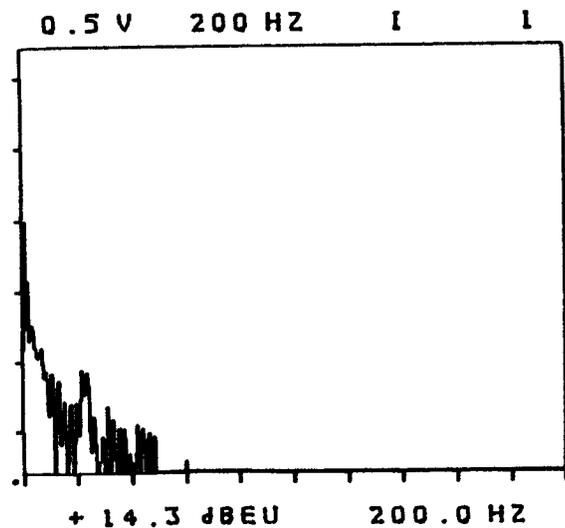
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 23.01.92

Localidad. SOTO DEL REAL

Pega. 1

Emplazamiento. EI-L

Canal. 3

Captador. ACELERACION

Filtrado.

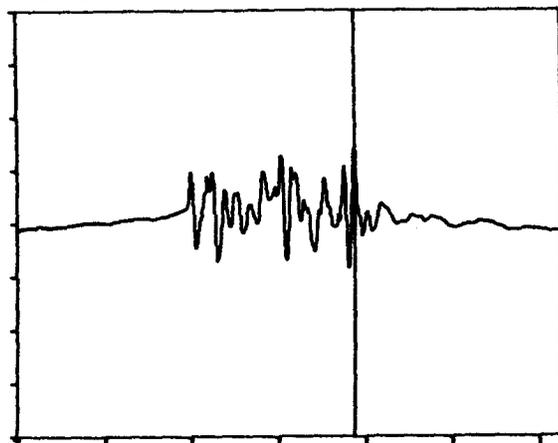
Observaciones. f= 62,5 Hz

SEÑAL V



LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

0.5 V 200 HZ

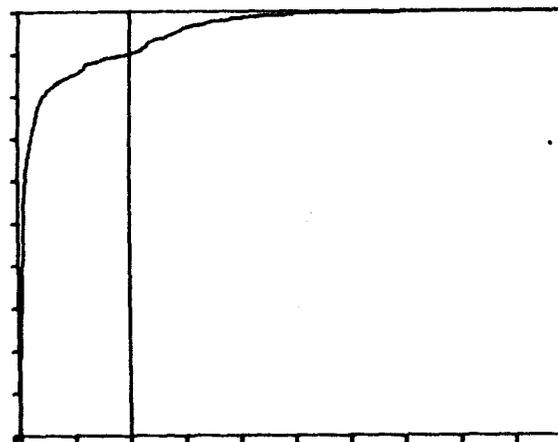


+ 1.865 EU

484.4 mS

DISTRIBUCION DE ENERGIA

0.5 V 200 HZ I I

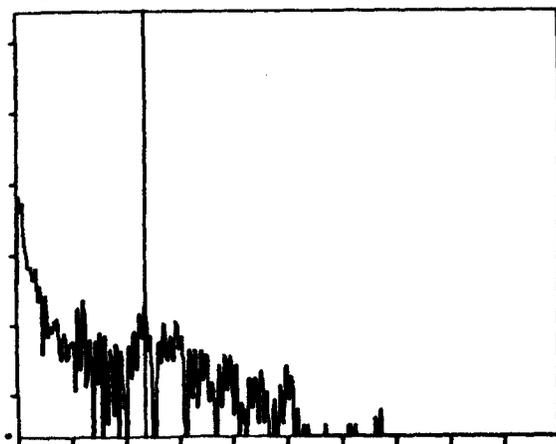


90.0 %

40.5 HZ

ESPECTRO DE F

0.5 V 200 HZ I I



- 27.1 dB EU

47.5 HZ

Fecha. 23.01.92

Localidad. SOTO DEL REAL

Pego. 1

Emplazamiento. EI-T

Canal. 4

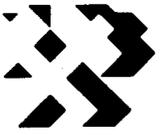
Captador. ACELERACION

Filtrado.

Observaciones. f= 50 Hz

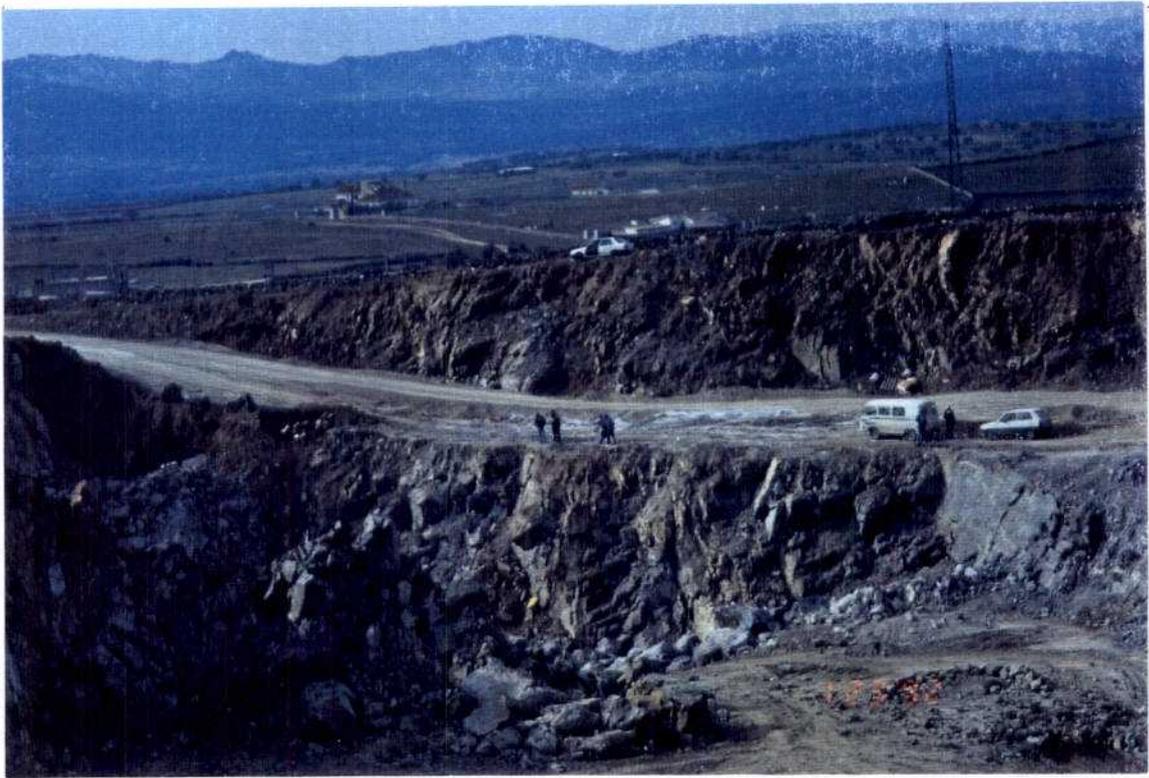
+

+



A N E J O 4

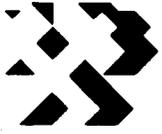
F O T O S



VISTA DEL FRENTE



ESTACION DE MEDIDA



A N E J O 5

P L A N O S

LOS REMEDIOS
TOPOGRAFICO 1:500



CANTERA "AMPLIACION A VIRGEN DE LOS REMEDIOS"	
PLANO TOPOGRAFICO 1:500	
CANTERAS LA POLA, S.A.	
FECHA	REALIZADO POR:
NOVIEMBRE 1989	Miguel Ferraditas Dujovne
T.M. COLMENAR VIEJO (Madrid)	
REVISION N.º:	

Equipamiento curvas de nivel: 1m.
Cotas verticales (±):
Cotas absolutas a.s.n.m. 2 x ± 0.05 m

CANTERA "V" DE LOS REMEDIOS 14.57 m