



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA
CANTERA "EL HOYON" (ARGANDA DEL REY) PARA EL
CONVENIO ESPECIFICO ENTRE EL INSTITUTO TEC-
NOLOGICO 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 PRODU-
CIDAS POR VOLADURAS" EN EXPLOTACIONES A CIELO
ABIERTO DE LA COMUNIDAD DE MADRID





Fecha	30.06.92
Referencia	SM/gta

INFORME

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA CANTERA "EL HOYON" (ARGANDA DEL REY) 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

La voladura se realizó en un frente de calizas, con una altura media de banco de 15 m, y un número total de barrenos de 25, verticales, 87 mm de diámetro y una longitud media de 15 m. El retacado, con una longitud de 2 m por barreno, estuvo compuesto por detritus de perforación.

Se marcó una malla de perforación de dos filas, con una piedra de 2,5 m y un espaciamento de 2,5 m.

4.2. Voladura

La carga total de explosivo de la voladura fue de 1.500 Kg de Nagolita empleado tanto en carga de fondo como de columna.

El sistema de iniciación fue eléctrico, cebado en cabeza y detonadores tipo "S" de microrretardo (30 msg), utilizándose números correlativos del 0 al 12 como se especifica en el parte de voladura del anejo



de este informe. Como cordón detonante se empleó el de 12 g/m.

La carga máxima operante fue de 120 Kg.

5.- RESULTADOS

5.1. Onda aérea

Debido a la proximidad del sonómetro al frente (275 m), la sobrepresión fue muy elevada, por lo cual, este 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 los niveles de vibración se refiere son los siguientes:

ESTACION Y POSICION	VELOCIDAD (mm/sg)	F (Hz)
E1-V	2,02	9,5
E1-L	3,565	11,2
E1-T	1,903	10,2

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 calizas, a una distancia de 275 m del centro de gravedad de la pega.

A la vista de los niveles obtenidos y considerando el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en la Especificación Técnica 0380-1-85 "Control



de Vibraciones producidas por Voladuras", se tiene la norma DIN 4150, la más restrictiva en cuanto a niveles de vibración se refiere en frecuencias bajas.

En este caso, aún no existiendo estructuras próximas a proteger, no se ha alcanzado en el punto de medida valores que se consideren como límites de prevención.

6.- CONCLUSIONES

Las presentes conclusiones se refieren a la voladura realizada por la empresa Cantera "El Hoyón, S.A.", en la explotación de caliza "El Hoyón", el día 13.03.92.

- * La onda aérea (sobrepresión) fue elevada, debido a la corta distancia (275 m) del sonómetro al frente de la pega.
- * En el apartado 5.2 ("Niveles de Vibración"), se justifica debidamente, según la norma DIN 4150, que los niveles obtenidos no han alcanzado en ninguno de ellos, valores que puedan considerarse como límites de prevención, aunque la estación de medida no se situó en ninguna estructura a proteger de las contempladas en dicha norma.
- * La fragmentación fue buena y las proyecciones no alcanzaron distancias superiores a los 50 m.



ANEJO 1

PARTES DE VOLADURA



DATOS DE VOLADURA EL HOYON

NUMERO 1 FECHA 13.03.92 LOCALIZACION ARGANDA DEL REY

TIPO DE VOLADURA	BANCO	BANCO	Nº DETONADORES	Nº BARRENOS	CARGA MAXIMA POR BARRENO	CARGA TOTAL POR Nº DE RETARDO
TIEMPO TOTAL		TIPO DE ROCA	0	2	60	120
EQUIPO EMPLEADO	BRÜEL	NOTAS	1	2	60	120
GEOMETRIA DE LA VOLADURA			2	2	60	120
Nº DE BARRENOS	25	DIAMETRO (MM)	3	2	60	120
ALTURA DE BANCO (M)	15	LONGITUD DE BARRENO (M)	4	2	60	120
INCLINACION (º)	VERTICALES	SOBREPERFORACION (M)	5	2	60	120
PIEDRA (M)	2,5	ESPACIAMIENTO (M)	6	2	60	120
RETACADO (M)	2	TIPO RETACADO	7	2	60	120
Nº DE FILAS	2	Nº DE FREYES LIBRES	8	2	60	120
ERROR DE EMBOCUILLE (CM)			9	2	60	120
			10	2	60	120
			11	2	60	120
			12	1	60	60
			13			
			14			
			15			
			16			
			17			
			18			

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS

TIPO EXPLOSIVO DE FONDO NAGOLITA CANT. TOTAL (KG) 750
 ENCARTUCHADO S/N N DIAM. CARTUCHOS (MM) _____
 TIPO EXPLOSIVO DE COLUMNA NAGOLITA CANT. TOTAL (KG) 750
 ENCARTUCHADO S/N N DIAM. CARTUCHOS (MM) _____
 FABRICANTE DE LOS EXPLOSIVOS U.E.E.
 TIPO DE CEBADO CABEZA SIST. INICIACION ELECTRICO
 TIPO DE CIRCUITO, SERIE SI PARALELO -- MIXTO --
 SECUENCIA DE INCENDIO MICRORRETARDO 30 msg
 TIPO DETONADORES SENSIBLES FABRICANTE U.E.E.
 TIPO DE CORDON DET. 12 g/m
 FABRICANTE U.E.E.

CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO (KG) 1500
 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 TEMPLADO FRIO
 VIENTOS N S NE SO E O SE NO

EVALUACION DE RESULTADOS

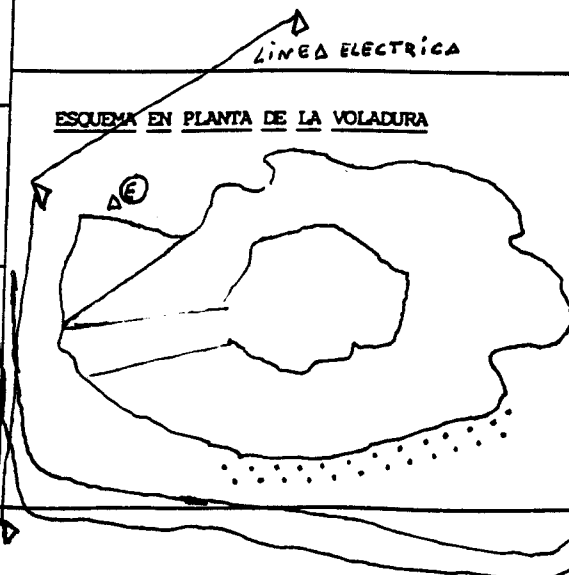
FRAGMENTACION EXC M.BLENA BLENA REG. MALA
 PROYECCIONES 450 M. 100 M. 150 M. 200 M. +200 M.
 SOBREEXCAVACION 1 M. 2 M. 3 M. 4 M. +4 M.

OBSERVACIONES

DISTANCIA A LA VOLADURA 275 m.

NOMBRE DEL DIRECTOR FACULTATIVO JOSE L. DELGADO

ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA





ANEJO 2

NIVELES DE VIBRACION



VOLADURA CANTERA "EL HOYON". ARGANDA DEL REY

Día 13.03.92

NIVELES DE VIBRACION

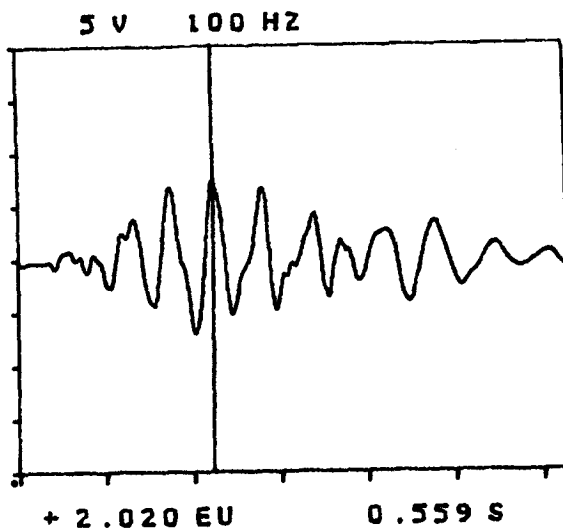
<u>CANALES</u>	<u>ESTACION</u>	<u>CARGA (Kg)</u>	<u>DISTANCIA (m)</u>	<u>VELOCIDAD (mm/s)</u>	<u>f (Hz)</u>
	<u>Y POSICION</u>				
2	EI-V	120	275	2,020	9,5
3	EI-L	120	275	3,565	11,2
4	EI-T	120	275	1,903	10,2



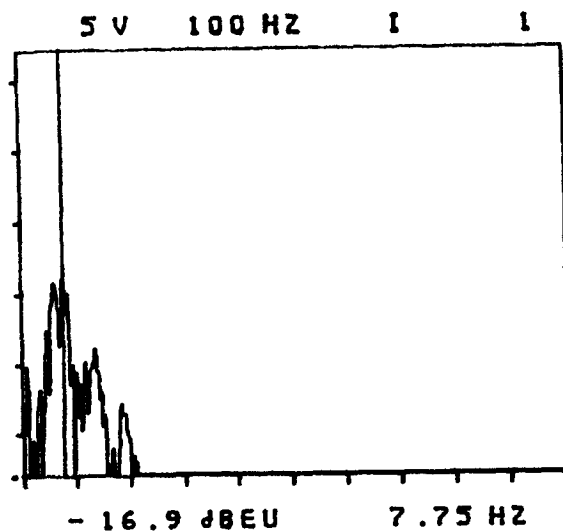
A N E J O 3

S I S M O G R A M A S

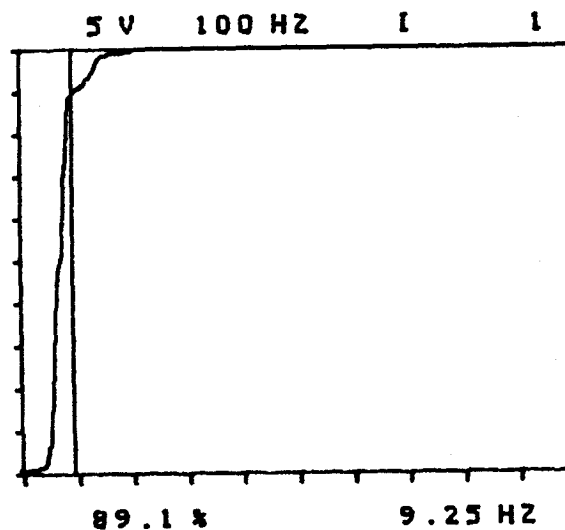
SEÑAL V



ESPECTRO DE F



DISTRIBUCION DE ENERGIA



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 13,03.92

Localidad. ARGANDA DEL REY

Pega. 1

Emplazamiento. EI-V

Canal. 2

Captador. ACELERACION

Filtrado.

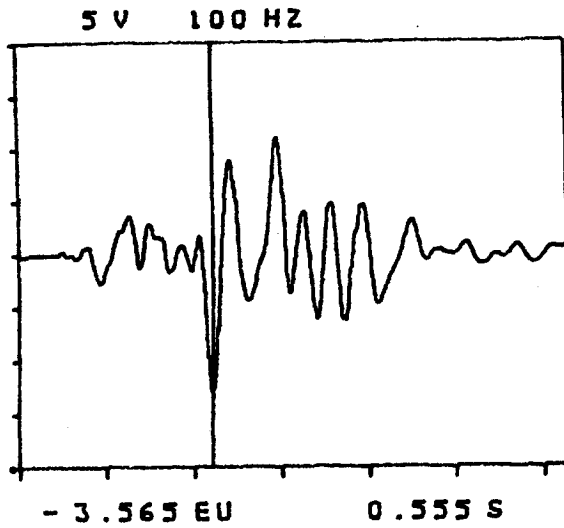
Observaciones. f= 9,5 Hz

SEÑAL V

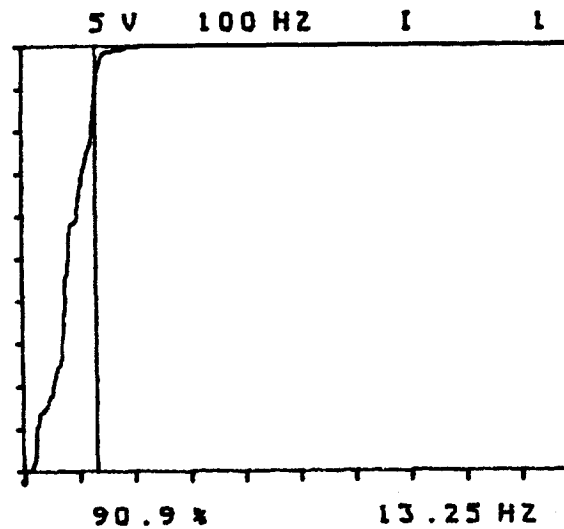
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



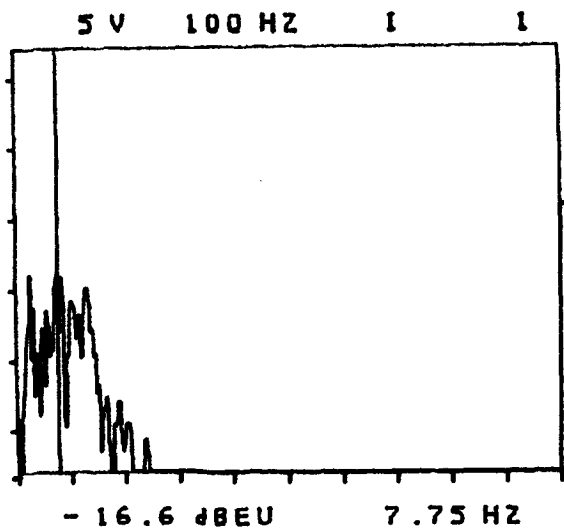
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 13.03.92

Localidad. ARGANDA DEL REY

Pega. 1

Emplazamiento. EI-L

Canal. 3

Captador. ACELERACION

Filtrado.

Observaciones. f= 11,2 Hz

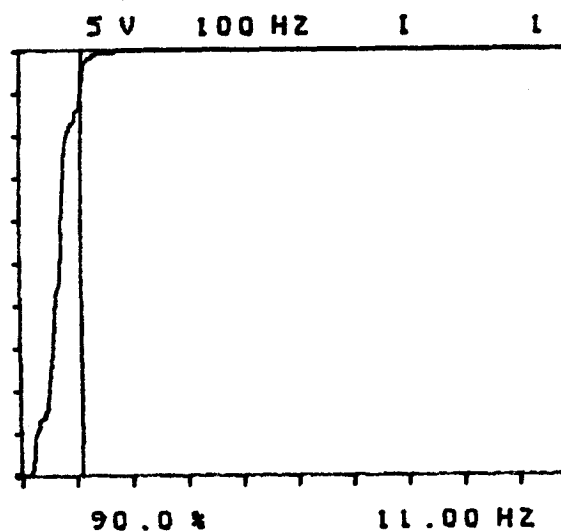
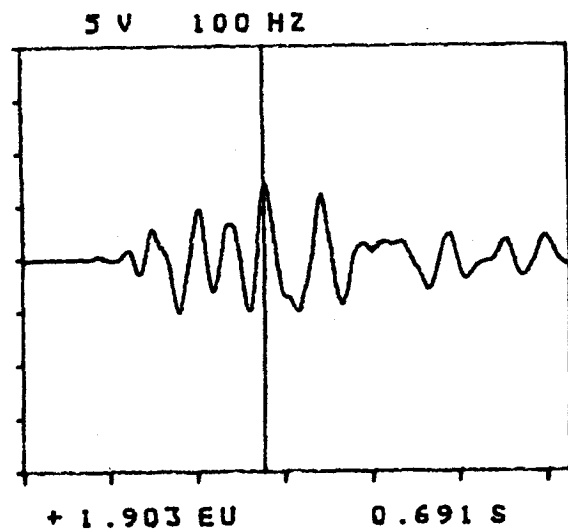
SEÑAL V

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

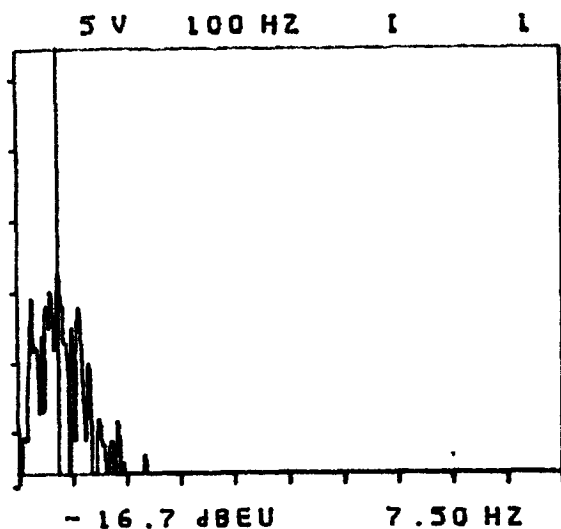


LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha 13.03.92

Localidad ARGANDA DEL REY

Pega. 1

Emplazamiento EI-T

Canal. 4

Captador ACELERACION

Filtrado

Observaciones. $f = 10,2$ Hz



A N E J O 4

F O T O S



VISTA DEL FRENTE ANTES DE LA VOLADURA

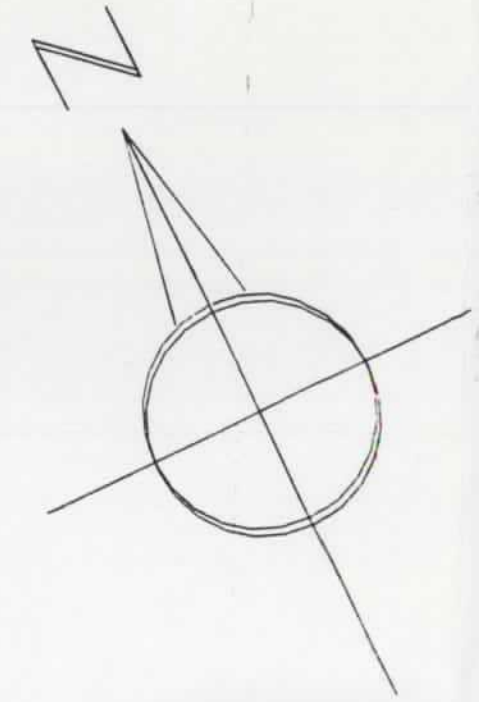


VOLADURA



A N E J O 5



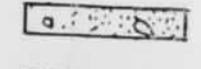
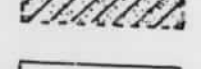
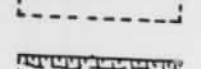

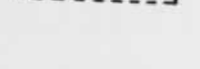
P L A N O S



EL INGENIERO DE MINAS

FGO. D. FERNANDO URQUIDI MARTINEZ

LEYENDA:

-  ZONA DE EXPLORACION PREVISTA DURANTE LOS PROXIMOS AÑOS
-  RECUPERACION DE TALUD POR VOLADURA Y RELLENADO DE SUPERFICIE CON TIERRAS PREVIAMENTE RECUPERADAS EN LA EXPLORACION
-  RECUPERACION DE TALUD CON TIERRAS PROCEDENTES DE DERRIBO
-  RECUPERACION DE SUPERFICIE EN PLAZA DE CANTE CON TIERRA RECUPERADA PREVIAMENTE EN LA EXPLORACION
-  RECUPERACION DE TALUD POR VOLADURA Y RELLENADO DURANTE EL EJERCICIO 1992
-  RECUPERACION DE TALUD CON TIERRA DE DERRIBO DURANTE EL EJERCICIO 1992
-  RECUPERACION DE SUPERFICIES EN PLAZA DE CANTE A, PREVISTA DURANTE EL EJERCICIO 1992

Origen -600.000 E -400.000 N
Escala 1:2000 Relación 0'

CANTERA EL HOYON

Topografo : JOSE LUIS DELGADO
Referencia : 23-1-90

Calculos por :
Descripcion : TAQUIMETRICO