



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA  
CANTERA "LLANO DEL OLIVAR" (SAN MARTIN DE  
LA VEGA) PARA EL CONVENIO ESPECIFICO ENTRE  
EL INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA  
Y LA CONSEJERIA DE ECONOMIA DE LA COMUNI-  
DAD 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





## 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 "LLANO DEL OLIVAR" (SAN MARTIN DE LA VEGA) 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.

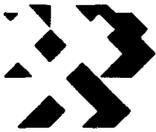
En una primera fase, en los meses de Septiembre y Octubre de 1.991, se realizó una vista previa a todas las explotaciones seleccionadas, con objeto de contactar con los responsables de las mismas y conocer la frecuencia con la que suelen realizarse voladuras en cada una de ellas.

## 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.

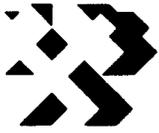


- 6.- Medición de las distancias, entre el centro de gravedad de las voladuras y las estaciones de medida.
- 7.- Registro, en cinta magnética de las señales producidas, tanto de niveles de vibración como de onda aérea producidas por la voladura.
- 8.- Análisis en el laboratorio del ITGE, de las señales 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  $\pm 1$  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

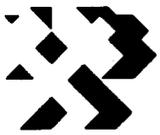
La voladura se realizó en un banco de yeso, con una altura media de 10,5 m, y una longitud de barreno de 11 m.

Se perforaron 8 barrenos con un diámetro de 75 mm y una inclinación de 60°. Se utilizó detritus de perforación para el retacado, con una longitud por barreno de 3 m.

La malla de perforación consistió en una fila con una piedra de 3,5 m y un espaciamiento de 3 m.

##### 4.2. Voladura

La carga total de explosivo de la voladura fue de 220 Kg, que se corresponde con la carga máxima operante, debiendo realizarse la misma de forma instantánea, con la utilización de un solo detonador. Se utilizó Riogel en carga de fondo (70 Kg) y Nagolita como carga de columna (150 Kg).



El sistema de iniciación fue con mecha lenta, con un solo detonador ordinario, como se ha dicho anteriormente y utilizando cordón detonante de 20 g/m como iniciador del explosivo y de 12 g/m como línea maestra.

En la voladura se produjo una fragmentación regular, con proyecciones que no alcanzaron distancias superiores a los 50 m.

## 5.- RESULTADOS

### 5.1. Onda aérea

Debido a la proximidad del sonómetro al frente (140 m), la sobrepresión fue muy elevada, por lo cual, éste trabajó fuera de rango, no obteniéndose una señal fiable, debido a la saturación de la misma.

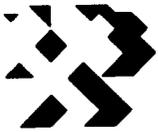
### 5.2. Niveles de vibración

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

ESTACION Y POSICION	VELOCIDAD (mm/sg)	F (Hz)
E1-V	8,9	100
E1-L	7,72	71
E1-T	7,23	83

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 voladura.

La estación se situó en un afloramiento de yeso, a una distancia de 140 m del centro de gravedad de la pega.

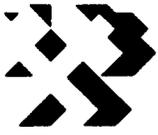


Como era previsible, los niveles obtenidos fueron elevados, debido a la proximidad de la estación de medida a la voladura, no obstante no existían estructuras próximas a proteger.

#### 6.- CONCLUSIONES

Las presentes conclusiones se refieren a la voladura realizada por la empresa YESAMSA, en la explotación de yeso "Llano del Olivar", el día 16.03.92.

- \* La onda aérea (sobrepresión) fue elevada, debido a la corta distancia (140 m) del sonómetro al frente de la voladura.
- \* 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 no alcanzaron distancias superiores a los 50 m.



ANEJO 1

PARTES DE VOLADURA



DATOS DE VOLADURA						
NUMERO	1	FECHA	16.03.92	LOCALIZACION	SAN MARTIN DE LA VEGA	
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			
EQUIPO EMPLEADO	BRÜEL	NOTAS	1			
<b>GEOMETRIA DE LA VOLADURA</b>			2			
Nº DE BARRENOS	8	DIAMETRO(MM)	3			
ALTURA DE BANCO (M)	10,5	LONGITUD DE BARRENO (M)	4			
INCLINACION (º)	6	SOBREPERFORACION (M)	5			
PIEDRA (M)	3,5	ESPACIAMIENTO (M)	6			
RETACADO (M)	3	TIPO RETACADO	7			
Nº DE FILAS	1	Nº DE FRENES LIBRES	8			
ERROR DE EMBOCQUILLE (CM)			9			
<b>EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</b>			10			
TIPO EXPLOSIVO DE FONDO	RIOGEL	CANT. TOTAL (KG)	11			
ENCARTUCHADO S/N	S	DIAM. CARTUCHOS (MM)	12			
TIPO EXPLOSIVO DE COLUMNA	NAGOLITA	CANT. TOTAL (KG)	13			
ENCARTUCHADO S/N	N	DIAM. CARTUCHOS (MM)	14			
FABRICANTE DE LOS EXPLOSIVOS	U.E.E.		15			
TIPO DE CEBADO	CABEZA	SIST. INICIACION	16			
TIPO DE CIRCUITO, SERIE	PARALELO	MIXTO	17			
SECUENCIA DE INCENDIO			18			
TIPO DETONADORES	ORDINARIO	FABRICANTE				
TIPO DE CORDON DET.	12-20 g/m					
FABRICANTE	U.E.E.					
<b>CONDICIONES ATMOSFERICAS</b>						
CIELO	<u>DESPEJADO</u>	NUBOSO				
TEMPERATURA	CALOR	<u>TEMPLADO</u>				
VIENTOS	N	NE	E	SE		
	S	SO	O	NO		
<b>EVALUACION DE RESULTADOS</b>						
FRAGMENTACION	EXC	M.BUENA	BUENA	<u>REG.</u>	MAA	
PROYECCIONES	<u>&lt;50 M.</u>	100 M.	150 M.	200 M.	+200 M.	
SOBREEXCAVACION	1 M.	2 M.	3 M.	4 M.	+4 M.	
<b>OBSERVACIONES</b>						
DISTANCIA A LA VOLADURA 140 m.						
NOMBRE DEL DIRECTOR FACULTATIVO <u>JOSE I. DELGADO</u>						
			<b>ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA</b>			



A N E J O 2

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

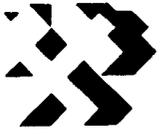


VOLADURA CANTERA "YESAMSA". SAN MARTIN DE LA VEGA

Día 16.03.92

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	220	140	8,9	100
3	EI-L	220	140	7,72	71
4	EI-T	220	140	7,23	83



A N E J O 3

S I S M O G R A M A S

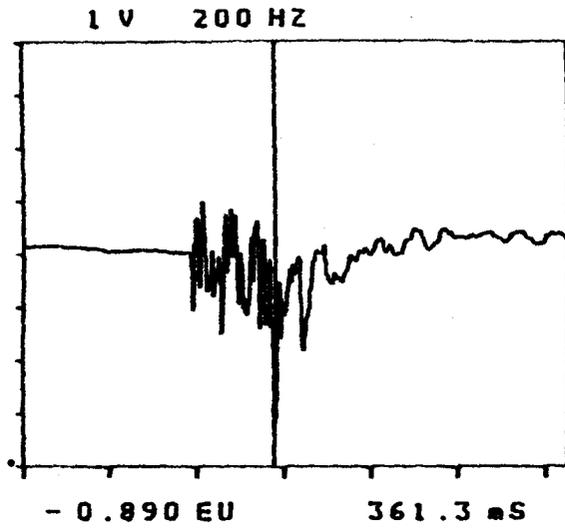
SEÑAL V

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

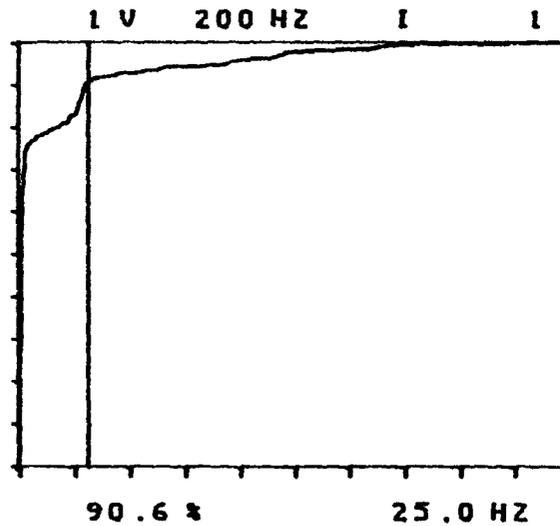
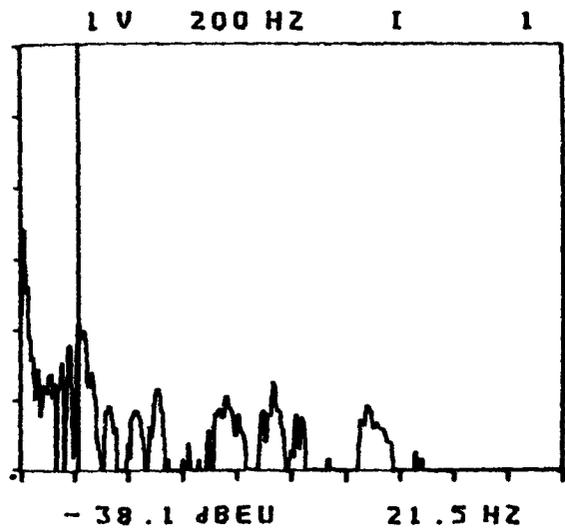


LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. . . 16.03.92

Localidad. SAN MARTIN DE LA VEGA

Pega. . . 1

Emplazamiento. EI-V

Canal. . . 2

Captador. ACELERACION

Filtrado. . . . .

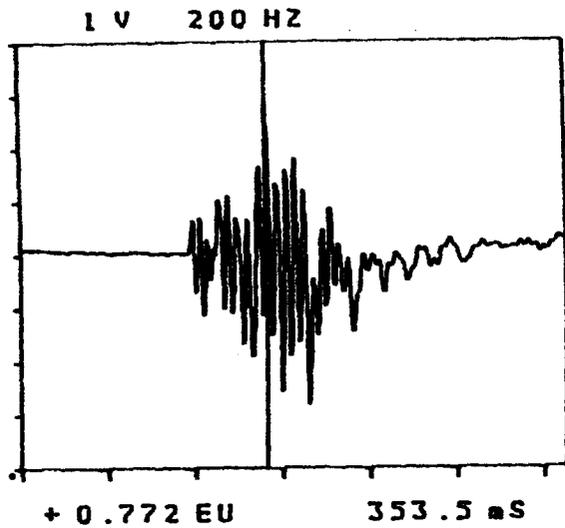
Observaciones. f= 100 Hz

SEÑAL V

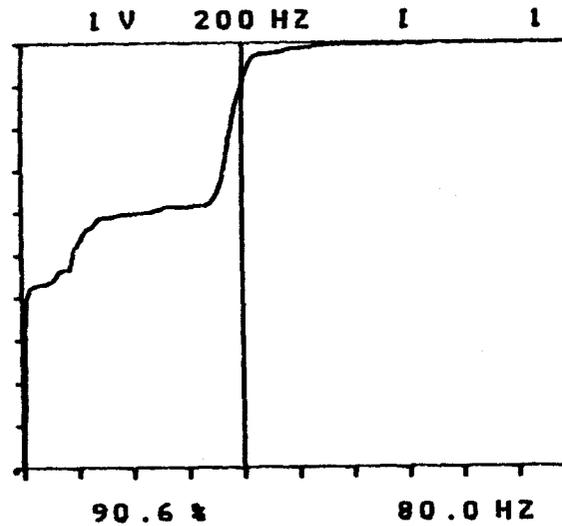
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



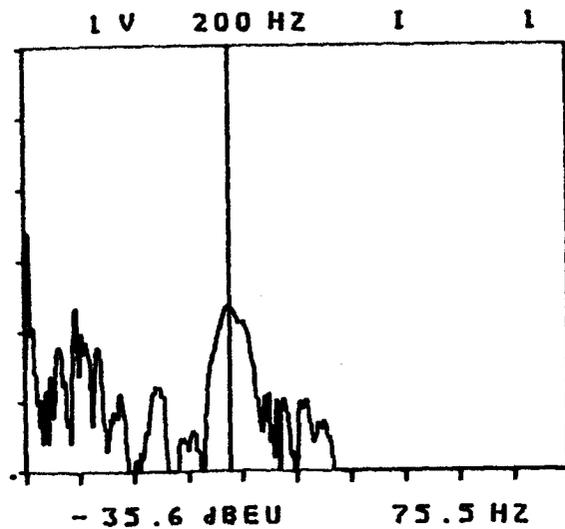
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha ..... 16.03.92 .....

Localidad. SAN MARTIN DE LA VEGA .....

Pega. .... 1 .....

Emplazamiento. .... EI-L .....

Canal. .... 3 .....

Captador. .... ACELERACION .....

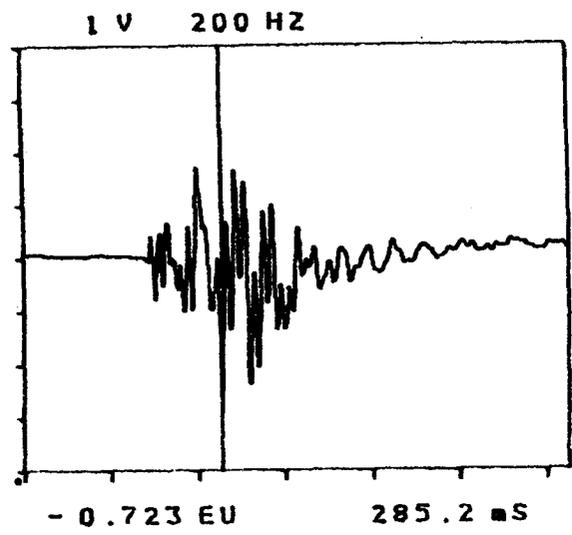
Filtrado. .... .....

Observaciones. .... f= 71 Hz .....

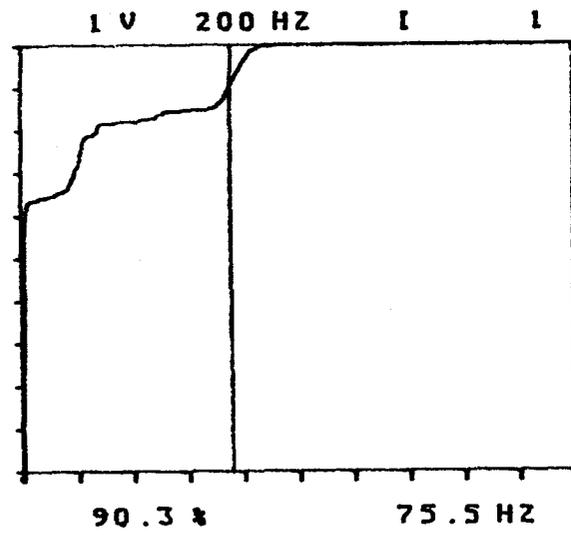
SEÑAL V



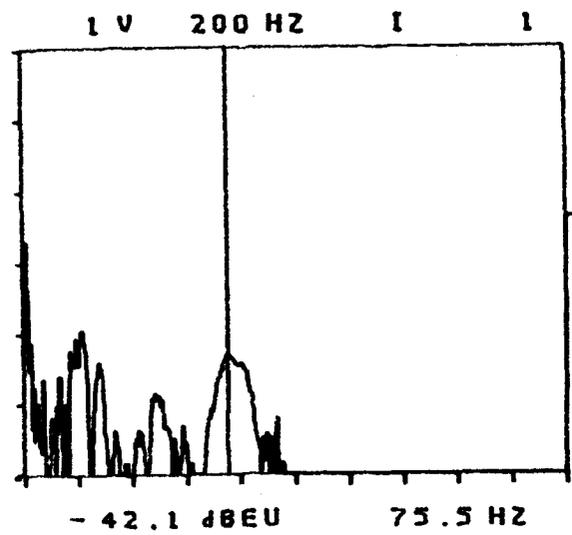
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. .... 16.03.92 .....

Localidad. ... SAN MARTIN DE LA VEGA ...

Pega. .... 1 .....

Emplazamiento. .... EI-T .....

Canal. .... 4 .....

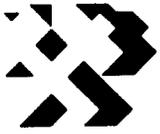
Captador. .... ACELERACION .....

Filtrado. .... .....

Observaciones. .... f= 83 Hz .....

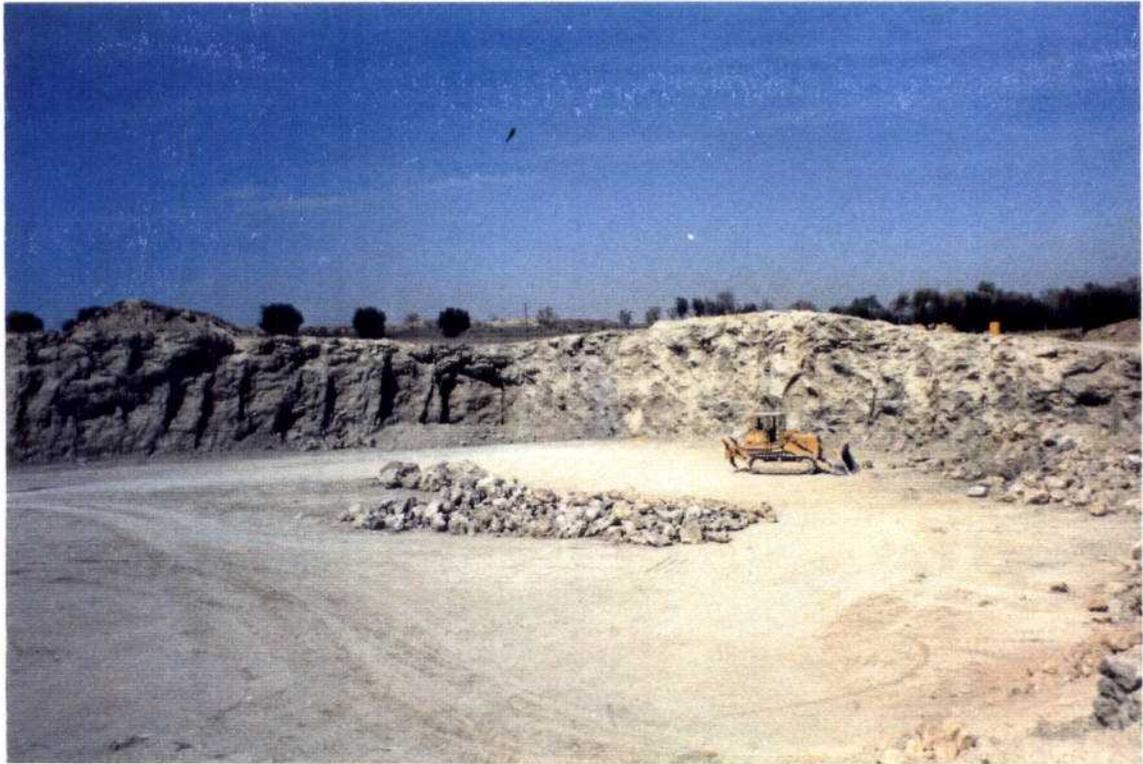
+

+



A N E J O 4

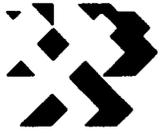
F O T O S



VISTA DEL FRENTE ANTES DE LA VOLADURA

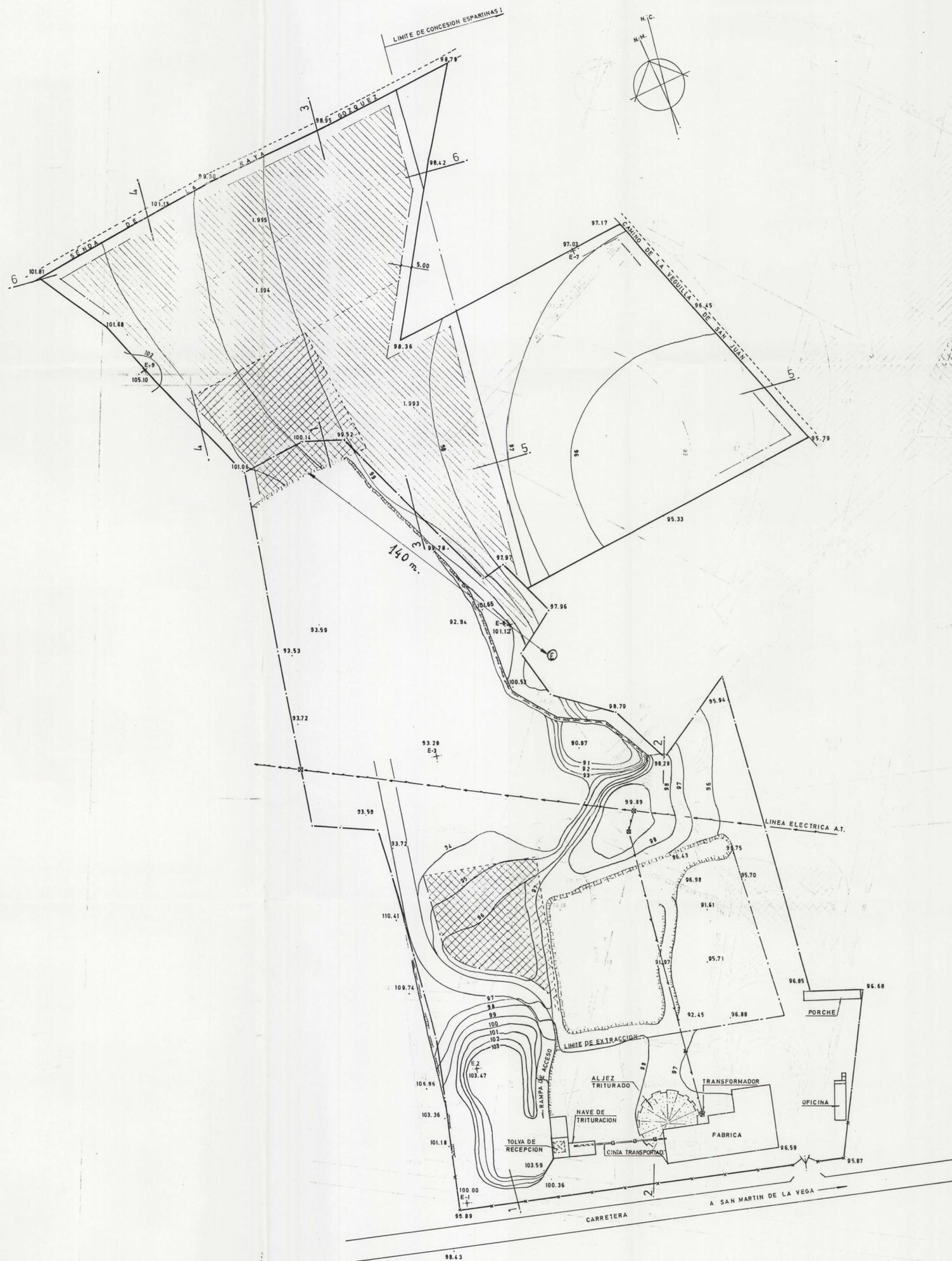


VOLADURA



A N E J O 5

P L A N O S



**LEYENDA:**

- LIMITE DE LOS TERRENOS PREVISTOS PARA LA AMPLIACION
- LIMITE DE EXPLOTACION EXISTENTE
- VALLA DE CERRAMIENTO
- BERMA DE CONTORNO
- ▨ ZONA DE EXPLOTACION PREVISTA DURANTE EL AÑO 1992
- ▨ ZONAS DE EXPLOTACION PREVISTA EN LOS PROXIMOS AÑOS

EXPLORACION DE CANTERA DE YESO TITULADA "LLANO DEL OLIVAR" PLANO DE PLANTA		
SITUACION	TERMINO MUNICIPAL DE SAN MARTIN DE LA VEGA	
CONCESIONARIO	YESOS SAN MARTIN S.A.	
ESCALA 1:1.000	EL INGENIERO TECNICO DE MINAS <i>[Signature]</i>	COLEGIADO Nº 704