



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**INFORME SOBRE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES Y  
ONDA AÉREA OBTENIDAS EN UNA VOLADURA DE  
PRODUCCIÓN EN LA CANTERA "EL CAMPILLO",  
GIBRALEON (HUELVA), EL 17.06.93**





## **INDICE**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

### **2.- EQUIPO EMPLEADO**

### **3.- TRABAJOS REALIZADOS**

#### **3.1. Perforación**

#### **3.2. Voladura**

#### **3.3. Metodología**

### **4.- RESULTADOS**

#### **4.1. Onda aérea**

#### **4.2. Niveles de vibración**

### **5.- CONCLUSIONES**

### **6.- ANEJOS**

### **7.- PLANOS**



Fecha
07.07.93
Referencia
MAF/gta

## INFORME

**INFORME SOBRE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES Y ONDA AÉREA OBTENIDAS EN UNA VOLADURA DE PRODUCCIÓN EN LA CANTERA "EL CAMPILLO", GIBRALEON (HUELVA), EL 17.06.93**

### 1.- INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), a petición del Presidente de la Empresa de Transformaciones Agrarias, S.A. (TRAGSA), emitió el 17.12.92 el "INFORME SOBRE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES Y ONDA AÉREA OBTENIDAS EN LA CANTERA 'EL CAMPILLO', GIBRALEON (HUELVA) EL DÍA 10.12.92". En él se analizaban los resultados de una voladura de producción efectuada en el banco nº 2 con una cantidad total de explosivo de 1370 kg y una carga operante máxima de 173 kg. La estación de medida se situó a 472 m del centro de gravedad de la voladura al sur del frente.

Una vez analizados los resultados registrados en cinta magnética, se llegó a la conclusión que, en ninguna de las componentes de la medida triaxial de velocidad de partícula se superaron los niveles de vibración, considerados como límites de prevención. La onda aérea estuvo dentro de los niveles de seguridad, tanto para personas como para estructuras.

El día 17.06.93 se disparó una voladura de producción con características diferentes a la que dio base al primer informe. Para la toma de datos de ésta, se desplazaron a la explotación el Jefe del Area de Seguridad Minera, Sr. Gómez de las Heras Gandullo, así como el Técnico



de dicha unidad Sr. Abad Fernández, que procedieron a la comprobación de los trabajos de perforación, carga del explosivo así como a la colocación de la estación de medida. Esta se situó a una distancia de 920 m del centro de gravedad de la voladura y al sur de ésta (ver plano nº 1).

## **2.- EQUIPO EMPLEADO**

- 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.
- 1 sonómetro marca Brüel & Kjaer, tipo 2209, con sistema de calibración interna y externa, ponderación de medida lineal 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.

### **3.- TRABAJOS REALIZADOS**

#### **3.1. Perforación**

El diámetro de perforación fue de 89 mm, en la voladura se utilizaron 68 barrenos de características diferentes, 29 para quitar unos repies, éstos eran cortos y de longitud variable, según la topografía y como veremos en el apartado 3.2. no tienen demasiada influencia en los resultados de onda aérea y vibraciones, aunque en los resultados finales también se han tenido en cuenta. Sobre el banco del frente nº 1 de altura 10 m se dispararon 39 barrenos de una longitud media de 11 m y una inclinación de 5 °, tanto la piedra como el espaciamento eran de 3 m.

#### **3.2. Voladura**

La cantidad de explosivo suministrado para la voladura fue de 200 kg de Goma 2E-c en cartuchos en 65 mm, 475 kg de Riogel 2, con el mismo diámetro de cartucho, así como 1125 kg de Nagolita a granel. Para la carga de los 29 barrenos de los repies se utilizaron 87,5 kg de Riogel 2, que se detonaron junto con carga operante de 80 kg de los barrenos superiores, en dos tiempos de secuencia. Así pues, la carga operante que resultó fue de 123,75 kg (80 kg + 43,75 kg), inferior a la carga operante máxima que fue de 158 kg. Por ello, en el apartado de perforación se señala su poca influencia en cuanto los efectos totales de la voladura, vibraciones y onda aérea.



El cordón detonante empleado fue de 12 g/m y la secuenciación se consiguió con reles de microrretardo de 25 ms, para iniciar la pega se hizo simultáneamente con dos detonadores eléctricos AI.

### **3.3. Metodología**

Para efectuar este trabajo, los pasos a seguir han sido los siguientes:

- 1.- En los laboratorios del ITGE antes de las medidas en campo 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 la estación de medida.
- 5.- Una vez marcada la estación, en la cual se colocarán los captadores, se efectuó un taladro de 12 mm para poder fijar, con una 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, próximo al punto de la medida triaxial con acelerómetros.



- 6.- Medición sobre plano de las distancias, entre el centro de gravedad de la voladura y la estación 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, etc.).

#### **4.- RESULTADOS**

##### **4.1. Onda aérea**

En la voladura registrada se colocó el sonómetro sobre un trípode próximo a la estación de medida, donde el apantallamiento fuera mínimo.

El rango de medida en que ha estado colocado el instrumento ha sido 120 a 140 dBL (2 Hz). El valor obtenido fue de 121,5 dBL, medidos en lineal pico.

Basándose en el "Bureau of Mines Report of Investigations nº 8485", la recomendación es de no sobrepasar 133 dB lineal pico a partir de 2 Hz, por lo cual los resultados se sitúan dentro de los niveles de seguridad respecto a onda aérea.

##### **4.2. Niveles de vibración**

Los resultados, en cuanto a niveles de vibración se refieren, vienen reflejados en el anejo



correspondiente. Se trata de los valores pico de velocidad de partícula expresada en mm/sg. Carga, en kg, es la máxima carga operante. Las letras V, L y T hacen referencia a la posición en que estuvo colocado cada uno de los tres captadores, vertical, longitudinal o transversal en dirección a la pega.

Para identificar o definir el efecto de las vibraciones producidas por la voladura de producción realizada, conforme al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, ha sido utilizada la Especificación Técnica (E.T.) 0380-1-85 "Control de vibraciones producidas por voladura". Dentro de la citada E.T., se ha hecho uso de la Norma DIN-4150, que es la más restrictiva en cuanto a niveles de vibración se refiere. Los valores alcanzados en cada una de las tres componentes de la medida (V, L, T), no superan en ningún caso los que se consideran, en la citada DIN-4150, como límites de prevención de daños en edificios.

#### **5.- CONCLUSIONES**

El día 17.06.93 la empresa TRAGSA efectuó una voladura de producción en el frente nº 1 de la cantera "El Campillo" situada en el término municipal de Gibraleón (Huelva). La cantidad de explosivo suministrado fue de 1800 kg y la carga operante máxima de 158 kg. Se colocaron los equipos de registro del ITGE a una distancia de 920 m, obteniéndose los siguientes valores en cuanto velocidad de partícula se refiere:

ESTACIÓN Y POSICIÓN	VELOCIDAD (mm/s)	F (Hz)
E1-V	0,2061	11,5
E1-L	0,3640	12,0
E1-T	0,2396	13,5





Teniendo en cuenta el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en la Especificación Técnica 0380-1-85 "Control de vibraciones producidas por voladuras" y siguiendo la norma DIN 4150, referente a daños en edificios producidos por efectos de vibraciones ocasionados por voladuras, en ninguna de las componentes de la medida triaxial de velocidad de partícula, se han superado niveles de vibración considerados como límites de prevención.

Si consideramos la norma UNE 22-381 "Control de vibraciones producidas por voladuras" en su epígrafe 7 "Definición de los diferentes tipos de estudios de vibraciones", en las condiciones en que se efectuó la voladura del día 17-06.93, en la cantera "El Campillo", estaríamos en el apartado 7.1. Proyecto tipo de vibraciones.

El valor obtenido en onda aérea es de 121,5 dBL, medidos en lineal pico y según el "Bureau of Mines, Report of Investigations nº 8495" al no sobrepasar 133 dBL medidos en lineal pico a partir de 2 Hz se está dentro de los niveles de seguridad, tanto para personas como para estructuras.

Las proyecciones no alcanzaron distancias superiores a los 50 m.

Madrid, 7 de Julio de 1993

EL AUTOR DEL INFORME,

Fdo.: Miguel Abad Fernández

Vº Bº

EL JEFE DEL AREA DE SEGURIDAD MINERA,

Fdo.: Jesús Gómez de las Heras Gandullo



**ANEJO 1**  
**NIVELES DE VIBRACION**



**VOLADURA CANTERA "EL CAMPILLO", GIBRALEON (HUELVA)**

**Día 17.06.93**

**NIVELES DE VIBRACION**

<b>CANALES</b>	<b>ESTACION Y POSICION</b>	<b>CARGA OPERANTE (Kg)</b>	<b>DIST. (m)</b>	<b>ACEL. (g)</b>	<b>F(Hz)</b>	<b>VELOC (mm/s)</b>
2	E1-V	158	920	0,0012	11,5	0,2061
3	E1-L	158	920	0,0029	12,0	0,3640
4	E1-T	158	920	0,0016	13,5	0,2396

**ONDA AEREA**

**ESTACION**

**1**

**NIVEL (dB lineal-pico)**

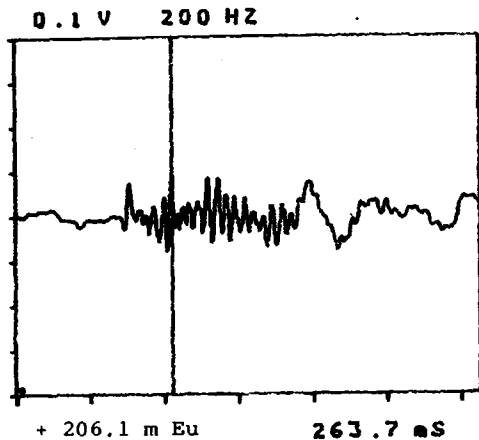
**121,5**



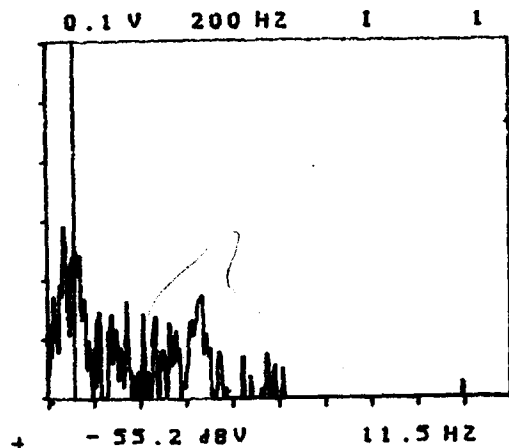
**ANEJO 2**  
**REGISTROS**

SEÑAL

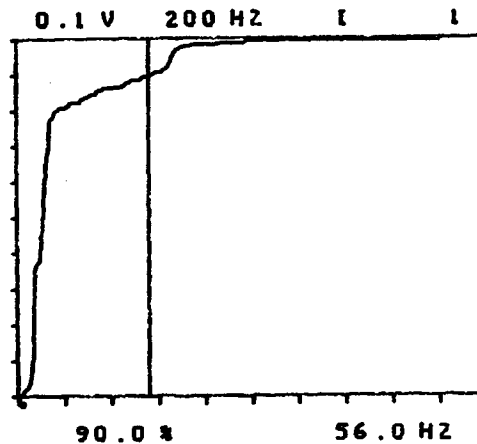
VELOCIDAD



ESPECTRO DE F



DISTRIBUCION DE ENERGIA



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 17.06.93 .....  
Localidad. GIBRALEON (HUELVA) .....  
Pega. 1 .....  
Emplazamiento. E1-V .....  
Canal. 2 .....  
Captador. ACELEROMETRO .....  
Filtrado. a 5 Hz .....  
Observaciones. ....

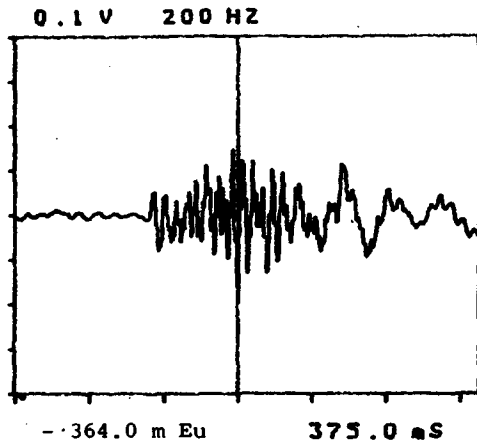
+

SEÑAL VELOCIDAD

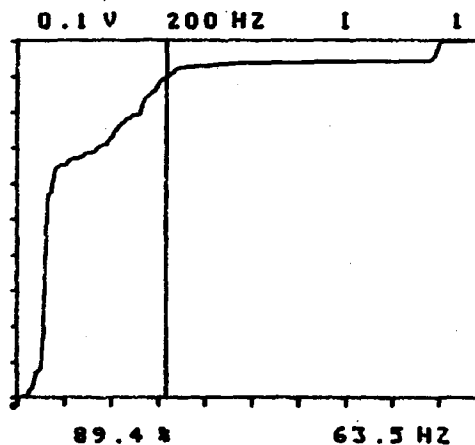
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



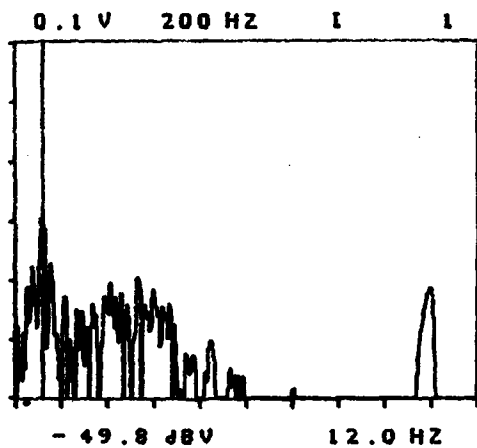
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



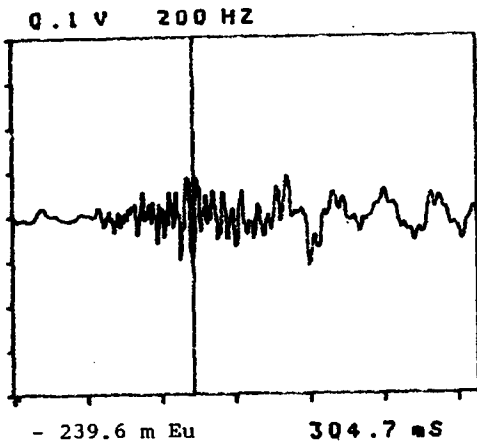
ESPECTRO DE F



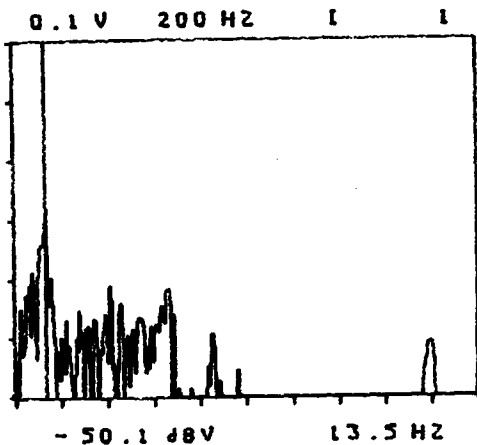
Fecha. 17.06.93  
Localidad. GIBRALEON (HUELVA)  
Pega. 1  
Emplazamiento. El-L  
Canal. 3  
Captador. ACELEROMETRO  
Filtrado. a 5 Hz  
Observaciones.

SEÑAL

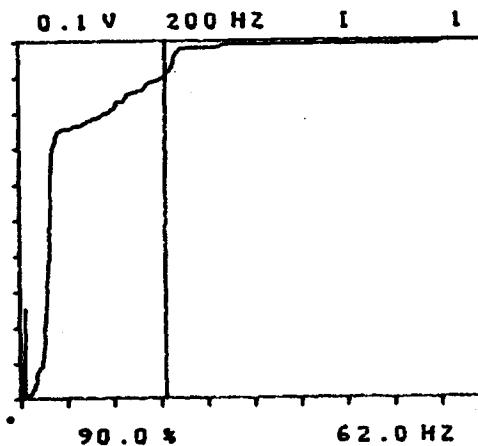
VELOCIDAD



ESPECTRO DE F



DISTRIBUCION DE ENERGIA



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

 Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España  
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 17.06.93

Localidad. GIBRALEON (HUELVA)

Pega. 1

Emplazamiento. E1-T

Canal. 4

Captador. ACELEROMETRO

Filtrado. a 5 HZ

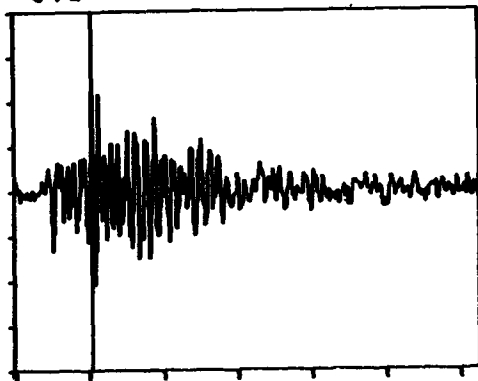
Observaciones.

+

SEÑAL

ACELERACION

0.2 V 200 HZ



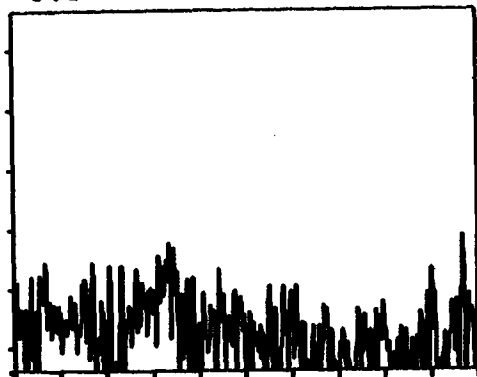
+ 1.255 mEU

130.9 ms

ESPECTRO DE F

0.2 V 200 HZ

I I

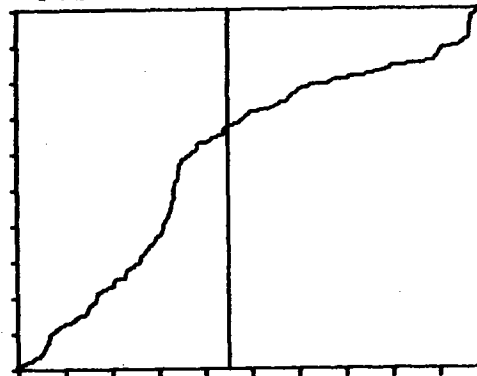


+ - 53.0 dB EU

200.0 HZ

DISTRIBUCION DE ENERGIA

0.2 V 200 HZ I I



67.2 %

90.0 HZ

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 17.06.93

Localidad. GIBRALEON (HUELVA)

Pago. 1

Emplazamiento. E1-V

Canal. 2

Captador. ACELEROMETRO

Filtrado.

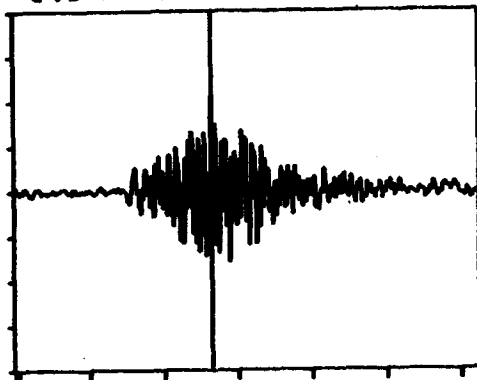
Observaciones.



SEÑAL

ACELERACION

0.5 V 200 HZ



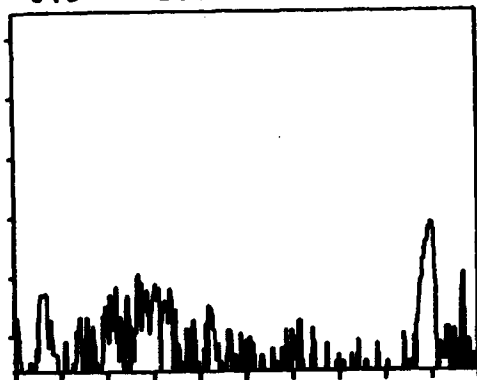
+ 2.966 mEU

332.0 mS

ESPECTRO DE F

0.5 V 200 HZ

I I



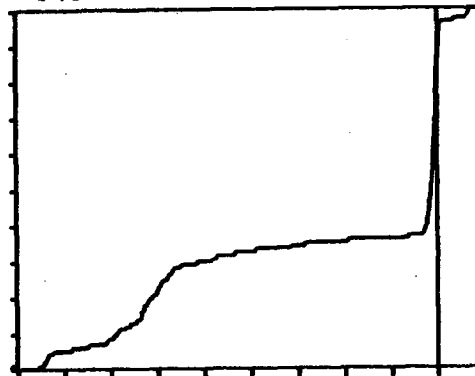
+ -45.0 dB EU

200.0 HZ

DISTRIBUCION DE ENERGIA

0.5 V 200 HZ

I I



86.3 %

180.0 HZ

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

 Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 17.06.93

Localidad. GIBRALEON (HUELVA)

Pago. 1

Emplazamiento. E1-L

Canal. 3

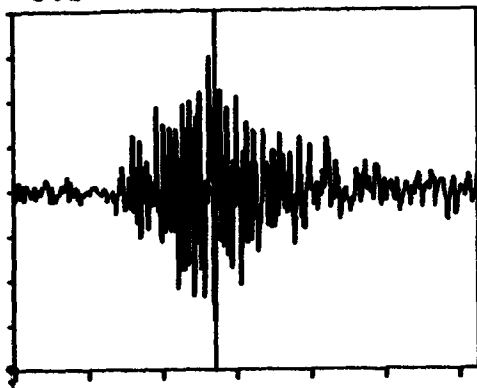
Captador. ACELEROMETRO

Filtrado.

Observaciones.

SEÑAL  
ACELERACION

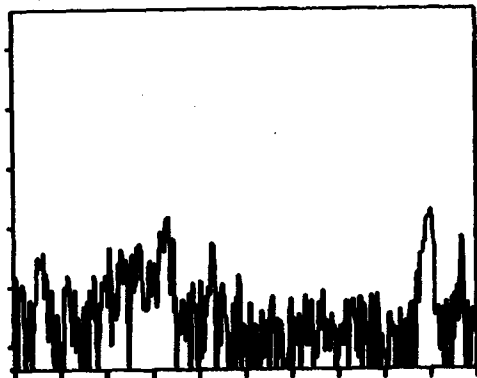
0.2 V 200 HZ



- 1.622 mEU 339.8 mS

ESPECTRO DE F

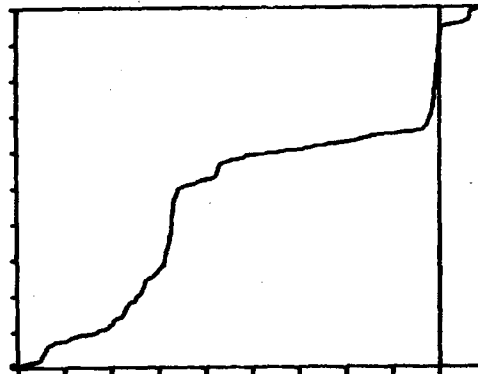
0.2 V 200 HZ I I



+ - 53.0 dB EU 200.0 HZ

DISTRIBUCION DE ENERGIA

0.2 V 200 HZ I I



91.9 % 180.5 HZ

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



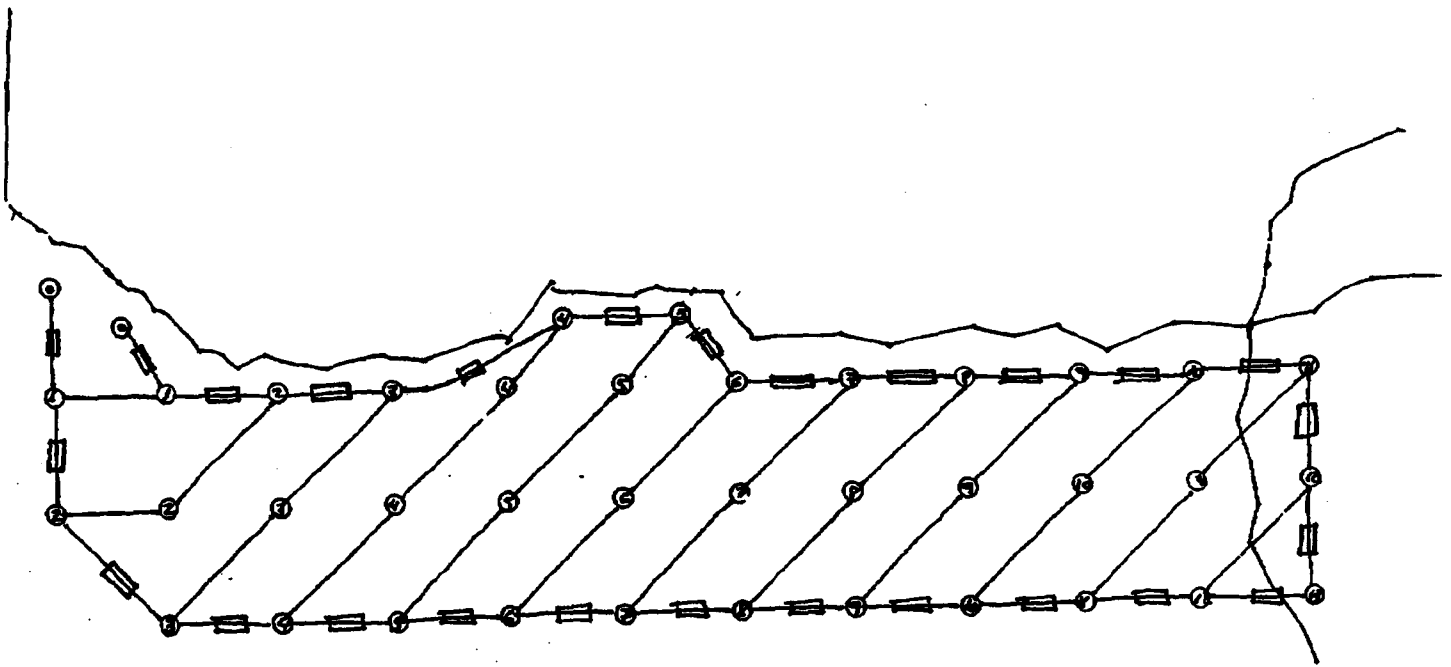
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. 17.06.93  
 Localidad. GIBRALEON (HUELVA)  
 Pega. 1  
 Emplazamiento. El-T  
 Canal. 4  
 Captador. ACELEROMETRO  
 Filtrado.  
 Observaciones.



**ANEJO 3**

**ESQUEMA DE LA VOLADURA**



ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA REALIZADA EL 17.06.93 EN LA  
CANTERA "EL CAMPILLO"



**ANEJO 4**  
**GUIAS DE CIRCULACION DE EXPLOSIVOS**



Domicilio Social: Claudio Coello, 124  
 Telf.: 563 58 47  
 Fax: 563 26 22  
 Télex: 46410 UEE E  
 28006 Madrid

**UEE EXPLOSIVOS**

**CARTA DE PORTE  
 ALBARAN**

NUM. 003138

<b>CODIGO ALMACEN SUMINISTRADOR</b> Dependencia suministradora 1241 GERENA		<b>AUTORIZACION DE MINAS</b> 618107	<b>GUIA DE CIRCULACION</b> 006307
<b>CODIGO CLIENTE</b> 6953229  EMPRESA DE TRANSF AGRARIA SA N.I.F. -A28476208 P DE LA CASTELLANA 89 MADRID 28046 MADRID		<b>OBSERVACIONES</b>	

**MERCANCIA**

**BULTOS**

8 T. P. C.	9 CODIGO ARTICULO	10 DENOMINACION	11 NUMERACION	12 CANTIDAD	13 U.	DELEGACIONES:
1A-14C	9072300	GOMA ZE-C 65 VTH066		200,000	K	BARCELONA Córcega, 301 218 40 00
1A-12A	9384700	RIO GEL 2 DE 65 M/M EOM192-092		475,000	K	BILBAO Fábrica de Galdácano (Vizcaya) 456 02 62
1A-12A	9477100	NAGOLITA GRANEL		1125,000	K	CARTAGENA Fábrica de Alumbres Apartado 27 Alumbres-Cartagena 50 03 58
1B-1C	9950100	CORDON DETONANTE 12 GRAMOS		1000,000	M	GRANADA Paraje Las Tolvas Lista de Correos 18327 LACHAR Granada MADRID Paraje Las Planchas Vallecas Apartado 3802 203 00 14 OVIEDO Marqués de la Vega de Anzo, 3 21 26 11 SEVILLA Fábrica de El Garrobo Gerena 58 13 76

Medio de transporte autorizado: **EL CAMPILLO** MATRICULA VEHICULO: **SE-1402-AV**  
 Transportista D.: **EL CAMPILLO** D.N.I.: **00000000**  
 Guarda Jurado de la expedición D.: **Antonio Díaz Camacho-27896399**  
 Ayudante de la expedición D.: **Paldomero Polo Núñez**  
 Observaciones particulares para esta expedición: **EL CAMPILLO GIBRALEON-HUELVA**

La dependencia suministradora garantiza que la naturaleza de las mercancías, los empaques y bultos, están de acuerdo con lo dispuesto en el T.F.C. y que el autorístico se efectúa previa presentación de la pertinente Guía de Circulación de Explosivos, que el transportista recibe, por escrito, las instrucciones oportunas en previsión de accidente o incidente.  
 El Excedidor.

<b>RECIBI El Conductor.</b>  Fecha: 17-06-93	<b>S.º de Ventas.</b>  Fecha: 17-06-93	<b>S.º de Expediciones.</b>  Fecha: 17-06-93	<b>IDENTIFICACION DEL RECEPTOR</b> Nombre: <b>David Vazquez</b> Dirección: <b>Cantera: "EL CAMPILLO"</b> Población: <b>GIBRALEON (Huelva)</b> D.N.I.: <b>792V6339</b>	<b>COFORMACION DE REPAROS EN EL POSTO</b> 
--	--	--	---	---



Domicilio Social: Claudio Coello, 124  
Telf: 563 58 47  
Fax: 563 26 22  
Télex: 46410 UEE E  
28006 Madrid

**UEE EXPLOSIVOS**

# CARTA DE PORTE ALBARAN

NUM. 003139

ALMACEN DISTRIBUIDOR	Dependencia suministradora	2
1241 GERENA		

AUTORIZACION DE MINAS	3
618107	

GUIA DE CIRCULACION	4
006308	

CODIGO CLIENTE	6953229	5
EMPRESA DE TRANSF AGRARIA SA N.I.F. -A28476208 P DE LA CASTELLANA 89 MADRID 28046 MADRID		

OBSERVACIONES	6

## MERCANCIA

BULTOS 7

8	9	10	11	12	13	14
P.C.	CODIGO ARTICULO	DENOMINACION	NUMERACION	CANTIDAD	U.	DELEGACIONES:
55B	0047401	AL.MRT. 1 AM AL		2,000	J	<b>DELEGACIONES:</b> BARCELONA Córcega, 301 218 40 00 BILBAO Fábrica de Galdácano (Vizcaya) 456 02 62 CARTAGENA Fábrica de Alumbres Apartado 27 Alumbres-Cartagena 50 03 58 GRANADA Paraje Las Tolvas Lista de Correos 18327 LACRAR Granada MADRID Paraje Las Planchas Vallecas Apartado 38022 203 00 14 OVIEDO Marqués de la Vega de Anzo, 3 21 26 11 SEVILLA Fábrica de El Garrobo Gerena 58 13 76
E-SA	7002500	RELES MRTDO.25MLS		50,000	J	

Medio de transporte autorizado: **SE-4759-BK**  
 MATRICULA VEHICULO: **00000000**  
 Transportista D.: **D. Poo, Gonzalez Glez. -27673620.**  
 Guarda Jurado de la expedición D.: **Mariano Rios Pérez.**  
 Ayudante de la expedición D.:  
 Observaciones particulares para esta expedición:

La dependencia suministradora certifica que la naturaleza de las mercancías, los envases y bultos están de acuerdo con lo dispuesto en el T.F.C. que el suministro se efectúa previa presentación de la pertinente Guía de Circulación de Explosivos que el transportista recibe por escrito, las instrucciones oportunas en previsión de accidente o incidente.

El Expedidor:

RECIBI El Conductor.	S. de Ventas.	S. de Expediciones.	IDENTIFICACION DEL RECEPTOR	CONFORMIDAD O REPAROS EN DESTINO
17	18	19	20	21
17-06-93	17-06-93	17-06-93	Nombre: <b>D. ANIE</b> <b>1970 UE</b> Dirección: <b>Cantera: "EL CAMPILLO"</b> <b>GIBRALEON (Huelva)</b> Población: D.N.I.: <b>29 346 329</b>	Firma: Fecha:



**PLANOS**



4 2.000

4.141.000

10.000



El Campillo

La Fuente Arco

Término

Tesorero

Pozo Negro

Torre Monjas

ESTACION DE MERIDA

Municipal

Río Piedras

C. 443

San Bartolome

Camino

Torre

Campanillas

Corbela

Invernadero

Chalote de Damas

Cerro de Campillo

Casa Campillo

Casa El Ganes

Casa de Salvia

Casa de Pozos Negros

Casa de los Monjes

Gibros

Vertical scale markings on the left edge of the map.