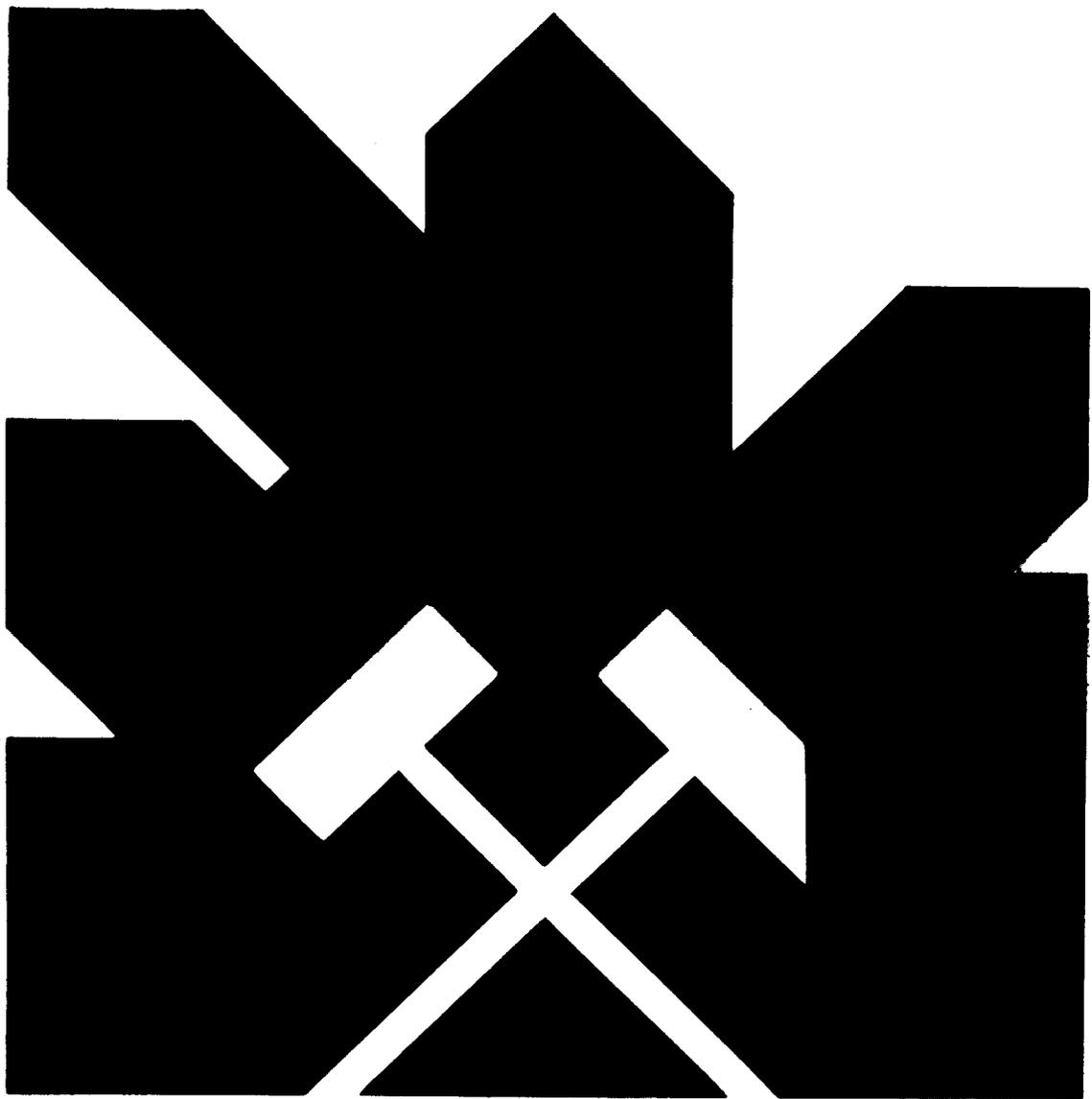


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR DE LA "FRANJA  
MESOZOICA TECTONIZADA" Y MATERIALES DEL TERCIA-  
RIO CONTINENTAL DE LA DEPRESION DEL EBRO SITUA-  
DOS A L.S.O. DE LA LOCALIDAD DE ALFARO (LA RIOJA)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

34149

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR DE LA "FRANJA  
MESOZOICA TECTONIZADA" Y MATERIALES DEL TERCIARIO  
CONTINENTAL DE LA DEPRESION DEL EBRO SITUADOS A  
S.O. DE LA LOCALIDAD DE ALFARO (LA RIOJA)**

**Año 1.988**

## I N D I C E

### 1. INTRODUCCION

### 2. GEOLOGIA

#### 2.1. Estratigrafía

##### 2.1.1. Triásico

##### 2.1.2. Jurásico Marino

###### 2.1.2.1. Lías

###### 2.1.2.2. Dogger-Malm

##### 2.1.3. Jurásico y cretácico en Facies Purbeck-Weald

###### 2.1.3.1. Grupo Oncala

###### 2.1.3.2. Grupo Urbión

###### 2.1.3.3. Grupo Enciso

##### 2.1.4. Terciario

###### 2.1.4.1. Aquitaniense-Vindonboniense

###### 2.1.4.1.1. Formación Fitero

###### 2.1.4.1.2. Formación Cascante

###### 2.1.4.1.3. Formación Alfaro

###### 2.1.4.2. Pontiense. Formación ~~Werra~~

##### 2.1.5. Cuaternario

###### 2.1.5.1. Glacis

###### 2.1.5.2. Aluvial-Terraza

#### 2.2. Tectónica

### 3. CLIMATOLOGIA

#### 3.1. Pluviometría y temperaturas

#### 3.2. Evapotranspiración potencial

#### 3.3. Evapotranspiración real . Lluvia útil

### 4. GEOFISICA

#### 4.1. Trabajo realizado

#### 4.2. Tratamiento de datos

#### 4.3. Resultados obtenidos

### 5. HIDROGEOLOGIA

#### 5.1. Inventario de puntos acuíferos

#### 5.2. Características hidrogeológicas de los materiales que afloran en el área objeto de estudio

- 5.2.1. Mesozoico
- 5.2.2. Terciario Continental
  - 5.2.2.1. Formación Fitero
  - 5.2.2.2. Formación Cascante
  - 5.2.2.3. Formación Alfaro
  - 5.2.2.4. Formación Yerga
- 5.2.3. Cuaternario
  - 5.2.3.1. Glacis
  - 5.2.3.2. Aluvial-Terraza

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico y Minero de España y la Consejería de Obras Públicas del Gobierno de La Rioja, firmaron en septiembre de 1986 un Convenio-Marco de Asistencia Técnica.

Dentro de este Convenio, la Comunidad Autónoma de La Rioja, a través de la Consejería de Obras Públicas, ha solicitado al Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.), un estudio hidrogeológico del sector de la "Franja Mesozoica Tectonizada" y materiales del Terciario continental de la depresión del Ebro, situados al S.O. - de la localidad de Alfaro, con el objetivo de intentar resolver - los problemas de déficit de agua que existen en los regadíos del Barranco de los Cantares y zonas adyacentes.

El estudio que recoge esta memoria, ha sido realizado por personal técnico del Instituto Geológico y Minero de España: Miguel del Pozo Gómez y Antonio Piñero Coronel (Dirección y Supervisión del Estudio). José-Manuel Murillo Díaz (Autor del Estudio).

## 2. GEOLOGIA

La zona de estudio se sitúa en el límite de La Rioja con Navarra, estando encuadrada en las hojas topográficas nº 231 (Cervera del Río Alhama) y nº 282 (Tudela).

El marco geológico lo constituye el borde más oriental de las Sierras de Cameros, y el sector NE de la depresión del Ebro en La Rioja. La Sierra de Cameros en esta zona, está constituida por las facies "Purbeck-Weald". Estas facies quedan separadas de los materiales Terciarios pertenecientes a la depresión del Ebro, y situados al NE., por una franja muy tectonizada de anchura irregular y de dirección global NO-SE, constituida fundamentalmente por dolomías y calizas Jurásicas, y yesos del Triásico (Plano nº 1).

### 2.1. Estratigrafía

Afloran en la zona materiales de litología muy variada y de edades comprendidas entre el Triásico y el Cuaternario. A continuación se hace una breve descripción de estos materiales.

#### 2.1.1. Triásico (Tr)

Los afloramientos del Keyper se limitan a una banda de dirección NNO-SSE, que sigue la alineación del gran accidente que se presenta entre la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica.

Desde el punto de vista litológico este nivel está sustituido por yesos y arcillas abigarradas. Los yesos son de color rojo, blanco e incluso negro, mientras que las arcillas suelen tener siempre tonalidades rojizas.

Entre estos materiales se presentan bloques de dolomías (carniolas) y de rocas básicas (basaltos olivínicos).

### 2.1.2. Jurásico marino

#### 2.1.2.1. LIAS (Li)

No existen afloramientos completos. Litológicamente, está constituido por dolomías cavernosas, de color gris y pardo-amarillento.

El techo de este tramo se puede definir como Hettangiense, mientras que la parte inferior se puede asignar al Rhetiense.

#### 2.1.2.2. DOGGER-MALM (D-M)

Aflora en el área situada más al norte de la banda de dirección NNO-SSE, que separa los materiales Terciarios de la facies Purbeck-Weald.

Litológicamente está constituido por calizas arenosas y calizas masivas, oolíticas en unos tramos y bioclásticas en otros.

### 2.1.3. Jurásico y Cretácico en Facies Purbeck-Weald

Tischer y Beuther definieron en 1967 cinco conjunto o grupos:

1. Grupo Tera
2. Grupo Oncala
3. Grupo Urbión
4. Grupo Enciso
5. Grupo Oliven

En la cartografía que se ha realizado para este estudio, únicamente aparecen en Grupo Oncala, Urbión y Enciso.

#### 2.1.3.1. GRUPO ONCALA (O)

Aflora en el área situada más al sur, no siendo visible la transición del Grupo Tera al Oncala.

Litológicamente está constituida por calizas limosas y limos calcáreos con intercalaciones de areniscas generalmente finas y micáceas.

#### 2.1.3.2. GRUPO URBION (U)

Se pueden diferenciar dos conjuntos:

- 1) Capas o calizas de Cabretón.
- 2) Conjunto detrítico.

El primer conjunto está formado en el área cartografiada por dos unidades, de las cuales, la primera está constituida por calizas bioclásticas de color

negro, fétidas, bien estratificadas y con algunas intercalaciones de escasa importancia, limosas y arcosas, incluso microconglomeráticas y pisolíticas.

La segunda unidad la constituye una alternancia de calizas de características análogas a las anteriores, con materiales arenosos y, principalmente, limolíticos de colores rojizos.

En cuanto al segundo conjunto citado, es fundamentalmente limolítico.

#### 2.1.3.3. GRUPO ENCISO (E)

En la zona cartografiada se pueden diferenciar dos facies.

La primera se define como "Alternancias samítico-pe-líticas con calizas y margas intercaladas". Consta de una alternancia de areniscas, limolitas y arcosas con esporádicos bancos de calizas lacustres.

La segunda se denomina "margas" y "limolitas rojas y margas". A veces tienen intercalados bancos de calizas y areniscas.

#### 2.1.4. Terciario

##### 2.1.4.1. AQUITANIENSE-VINDONBONIENSE

#### 2.3.4.1.1. FORMACION FITERO (F.F.)

Está constituida básicamente por conglomerados que, en ocasiones, se ven interrumpidos por la presencia de elementos finos, areniscas, limos y arcillas.

Los conglomerados se presentan en capas de espesor variable o en bancos masivos. Los tramos arcilloso-limosos son más potentes que las capas de areniscas.

La fracción detrítica de los conglomerados está compuesta por una variada gama de bloques y cantos poligénicos, abundando sobre todo los de calizas mesozoicas, aunque también hay cantos de areniscas, cuarzo y cuarcita. Los cantos son muy heterométricos, poco rodados y mal clasificados, presentándose por lo general, trabados todos por un cemento calcáreo y una matriz arcilloso-arenosa de color rojo.

#### 2.1.4.1.2. FORMACION CASCANTE (FC)

Representa el tránsito gradual entre la Formación - Fitero y la Formación Alfaro.

Litológicamente está constituida por arcillas y limos pardo-amarillentos y rojizos, con esporádicas - intercalaciones de conglomerados y de areniscas.

Las arcillas y limos contienen bastante yeso disperso.

Los conglomerados representan depósitos de canal de tipo anastomosado, en los que hay también arenisca grosera. Las arcillas y los limos, junto con las areniscas finas se depositan en las zonas laterales superiores a los canales.

Los paleocanales presentan una estratificación cruzada, a gran escala, muy marcada, y las areniscas - de grano fino suelen tener ripples de corriente.

Los conglomerados están constituidos por cantos sub redondeados bastante bien clasificados, de caliza , areniscas, cuarzo y cuarcita principalmente, con ce mento calcáreo y matriz arenoso-limosa coherente.

Las areniscas que a veces engloban cantos aislados constan, fundamentalmente de granos de cuarzo y de fragmentos de roca, especialmente de caliza, trabados por un cemento calcáreo y una matriz limosa que, por lo general, incluyen abundante yeso.

#### 2.1.4.1.3. FORMACION ALFARO (FA)

Esta unidad, que lateralmente cambia de facies hacia el Sur con la Formación de Cascante, está formada - por arcillas y limos de tonos rojizos y a veces par do-amarillentos , con esporádicas intercalaciones de areniscas.

Las areniscas, se caracterizan por tener una fracción importante de yeso, escaso cemento calcáreo y abundan te matriz arcilloso-limosa incoherente.

#### 2.1.4.2. PONTIENSE. FORMACION YERGA(P)

Esta unidad está separada del Mesozoico y del Mioceno, por una discordancia angular muy tenue.

Litológicamente consiste en conglomerados cuya composición es de gravas y bloques no muy rodados, de cuarcitas y pizarras paleozoicas, y de calizas y de areniscas mesozoicas, envueltos en una matriz arenosa poco coherente.

#### 2.1.5. Cuaternario

##### 2.1.5.1. GLACIS (G)

Presentan un gran desarrollo. En la mayoría de los casos se han formado a expensas de los conglomerados del Mioceno y, por tanto, heredan algunos importantes caracteres texturales, como la redondez, color, etc. En algunos casos estos glaciares pueden estar algo cementados, aunque lo normal es que tengan una matriz arcilloso-limosa que les da poca coherencia a los materiales. Hacia el Este muchos de los Glaciares enlazan con las terrazas del río Alhama.

##### 2.1.5.2. ALUVIAL. TERRAZA (A1-T)

La terraza baja del Ebro, se confunde sin solución con los depósitos recientes asentados en el Valle del Barranco de Cantares, y con los glaciares laterales.

Litológicamente consta de gravas, arcillas y limos, y lentejones de arena, pero la litología varía mucho de unos puntos a otros.

## 2.2. Tectónica

Por la ubicación del área cartografiada en el enmarque geológico regional, se pueden diferenciar desde un punto de vista tectónico tres conjuntos. Uno de ellos estaría constituido - por lo que se denomina "franja tectonizada", franja con un sentido global NO-SE, y que separa entre sí los otros dos dominios o conjuntos, que son la cuenca de sedimentos en facies Purbeck-Weald, perteneciente al bloque de la Sierra de Cameros, situado al SO, y el dominio de sedimentos Terciarios pertenecientes a la Depresión del Ebro en el NE.

Dentro del conjunto del esquema regional, la franja tectónica corresponde a la zona de cabalgamiento del Mesozoico sobre el Terciario y Jurásico, Este último casi ha desaparecido, si se exceptúan las carnioles del Rhetiense-Hettangiense que se presentan ligadas a afloramientos de basaltos. El Keuper en el área cartografiada constituye extensos afloramientos, cuya relación con el Terciario es mediante discordancia. Por lo que se refiere a las facies Purbeck-Weald, están afectadas - por fracturas que son prácticamente todas de gravedad y con dirección predominante NO-SE, existen también otras fracturas que tienen una menor importancia y dirección NE-SO. Al primer sistema de fracturas corresponden aquellas fallas que ponen en contacto las facies Purbeck-Weald con la franja tectonizada.

### 3. CLIMATOLOGIA

En el estudio de la climatología, se han utilizado como base de partida, los datos del PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DEL SISTEMA ACUIFERO 63 Y TRAMO ALTO DEL SISTEMA 62. - Este estudio fue realizado por el Instituto Geológico y Mine-ro de España en el año 1983.

#### 3.1. Pluviometría y temperaturas

Para el estudio pluviométrico y de distribución de la temperatura en la zona objeto de estudio, se han utilizado los datos de las estaciones Termo-Pluviométricas de Rincón de Soto, "El Recuenco" Calahorra y Arnedo, y de la estación pluviométrica de Fitero. En los cuadros que se adjuntan figuran los datos de pluviometría y temperaturas de dichas estaciones para el período de 1967-1981.

En la figura nº 1 se analiza de forma gráfica, la distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Dicha distribución pluviométrica presenta un máximo de lluvia en primavera (Abril-Mayo-Junio) y un mínimo en verano-otoño.

La distribución mensual de las temperaturas muestra un mínimo en invierno (Diciembre-Enero) muy próximo a los 6°C y un máximo en verano (Julio) que se acerca a los 22°C, existiendo una variación continua a lo largo del año. En la figura nº se muestra la distribución de las temperaturas medias mensuales y de la evapotranspiración potencial.

ESTACION RINCON DE SOJO

NUM 0194 X 150.10 E  
Y 4214.10  
Z 285.

PRECIPITACIONES EN MM

ANO	OCTUB	NOVIE	DICIE	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	TOTAL
1967	36.*	83.*	15.*	2.*	26.*	59.*	44.*	47.*	56.*	34.*	20.*	16.*	439.
1968	5.*	37.*	26.*	16.*	47.*	21.*	72.*	26.*	106.*	38.*	6.*	49.*	450.
1969	46.*	9.*	32.*	48.*	21.*	20.*	3.*	9.*	75.	3.*	24.	2.	293.
1970	11.	18.*	34.*	24.	11.	11.	38.	164.	94.	46.	24.	31.	508.
1971	9.	30.	30.	37.	38.	48.	12.	17.	54.	23.	20.	130.	449.
1972	41.	66.	35.	8.	20.	7.	11.	66.	82.	35.	5.	14.	392.
1973	18.	38.	23.	6.	38.	68.	37.	16.	23.*	24.	86.	23.	401.
1974	38.	36.	1.	20.	42.	49.	50.	73.	20.	15.	26.	36.	407.
1975	3.	68.	37.	9.	40.	24.	56.	37.	69.	54.	54.	26.	478.
1976	34.	13.	41.	66.	11.	29.	34.	89.	105.	28.	14.	4.	468.
1977	70.	30.	16.	63.	30.	14.	55.	34.	41.	5.	54.	13.	425.
1978	8.	10.	29.	64.	34.	13.	32.	60.	6.	24.	2.	14.	297.
1979	52.	34.	22.	15.	67.	67.	33.	86.	63.	38.	18.	10.	506.
1980	38.	39.	35.	8.	58.	16.	139.	30.	25.	19.	20.	15.	442.
1981	13.	1.*	88.	30.	64.	21.	14.	29.	20.	55.	30.	27.	393.
MEDIA	28.3	34.2	31.1	27.7	36.5	31.1	42.1	52.3	55.9	29.5	27.0	27.4	422.5

ANO SECO MEDIO 294.7  
ANO MEDIO 431.3  
ANO HUMEDO MEDIO 506.9

ESTACION FITERO

NUM 290 X 150.00 E  
Y 4203.00  
Z 421.

PRECIPITACIONES EN MM

ANO	OCTUB	NOVIE	DICIE	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	TOTAL
1967	34.	174.	13.	0.	22.	62.	52.	46.	48.	27.	17.	14.	509.
1968	2.	51.	30.	6.	34.	20.	109.	30.	75.	31.	6.	68.	461.
1969	47.	6.	42.	56.	20.	19.	0.	13.	53.	1.	17.	2.	275.
1970	16.	18.	45.	15.	9.	17.	60.	136.	64.	18.	14.	23.	436.
1971	4.	31.	33.	18.	52.	46.	14.	21.	73.	14.	11.	76.	392.
1972	23.	48.	29.	11.	10.	8.	19.	66.	60.	36.	45.	9.	362.
1973	17.	30.	14.	9.	30.	121.	28.	16.	26.	32.	63.	26.	411.
1974	21.	22.	0.	12.	32.	28.	74.	79.	28.	3.	50.	52.	400.
1975	4.	35.	78.	6.	35.	28.	83.	28.	19.	72.	33.	16.	436.
1976	33.	24.	78.	43.	12.	32.	26.	119.	109.	29.	18.	4.	525.
1977	48.	25.	20.	50.	26.	6.	67.	30.	35.	7.	16.	17.	346.
1978	2.	13.	18.	49.	21.	10.	34.	57.	15.	34.	16.	23.	291.
1979	43.	20.	14.	11.	53.	43.	50.	69.	36.	25.	15.	18.	397.
1980	21.	31.	17.	2.	30.	9.	83.	48.	20.	13.	14.	24.	311.
1981	17.	0.	47.	20.	36.	12.	9.	40.	19.	21.	24.	42.	287.
MEDIA	22.2	35.0	31.7	20.5	28.0	30.7	47.1	53.2	45.3	24.2	23.8	27.6	388.9

ANO SECO MEDIO 291.0  
ANO MEDIO 397.6  
ANO HUMEDO MEDIO 498.3

ESTACION CALAMORRA-EL-RECUENCO

NUM 1194 X 145.20 E  
Y 4216.10  
Z 250.

PRECIPITACIONES EN MM

ARO	OCTUB	NOVIE	DICIE	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	TOTAL
1967	23.	205.	14.	3.	32.	62.	57.	42.	10.	7.	36.	27.	519.
1968	1.	58.	41.	12.	42.	40.	145.	40.	55.	5.	15.	73.	529.
1969	25.	6.	42.	100.	35.	11.	6.	14.	74.	0.*	26.	2.	340.
1970	9.	34.	54.	31.	12.	13.	84.	143.	54.	39.	11.	42.	526.
1971	8.	21.	41.	37.	50.	40.	10.	21.	42.	19.	5.	59.	354.
1972	42.	51.	33.	5.	16.	8.	13.	41.	74.	40.	7.	9.	344.
1973	16.	43.	23.	6.	36.	99.	33.	15.	19.	43.	61.	8.	403.
1974	34.	25.	1.	19.	40.	51.	73.	75.	12.	6.	32.	41.	410.
1975	2.	57.	67.	4.	34.	31.	66.	49.	45.	61.	44.	24.	484.
1976	31.	11.	84.	44.	9.	25.	15.	88.	92.	36.	10.	4.	450.
1977	87.	25.	16.	63.	27.	18.	52.	33.	46.	0.	20.	12.	400.
1978	8.	14.	33.	66.	31.	15.	31.	48.	27.	12.	4.	28.	317.
1979	45.	22.	26.	11.	37.	67.	33.	58.	37.	32.	16.	6.	392.
1980	34.	29.	24.	3.	18.	19.	83.	33.	29.	12.	12.	12.	311.
1981	17.	0.*	50.	23.	48.	14.	3.	37.	16.	10.	48.	21.	288.
MEDIA	25.6	40.0	36.7	28.8	31.2	34.2	47.0	49.3	42.2	21.6	23.1	24.7	403.9

ANO SECO MEDIO 314.1  
ANO MEDIO 393.1  
ANO HUMEDO MEDIO 514.7

ESTACION ARNEQU-ESCUELAS

NUM 192 X 135.00 E  
Y 4214.00  
Z 547.

PRECIPITACIONES EN MM

ARO	OCTUB	NOVIE	DICIE	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	TOTAL
1967	31.*	44.*	33.*	15.*	29.*	38.*	73.*	81.*	13.*	15.*	63.*	9.*	438.
1968	5.*	24.*	43.*	17.*	32.*	51.*	102.*	63.*	84.*	19.*	21.*	39.*	497.
1969	9.*	13.*	82.*	69.*	84.*	7.*	8.*	26.*	59.*	25.*	24.*	14.*	419.
1970	15.*	16.*	23.*	41.*	7.*	31.*	72.*	207.*	86.*	56.*	4.*	28.*	587.
1971	10.*	20.*	26.*	52.*	75.*	28.*	19.*	23.*	60.*	28.*	59.*	34.*	433.
1972	25.*	22.*	27.*	20.*	25.*	6.*	36.*	50.*	84.*	51.*	19.*	18.*	384.
1973	12.*	10.*	12.*	17.*	47.*	55.*	38.*	18.*	33.*	46.*	34.*	18.*	340.
1974	32.*	20.*	6.*	21.*	43.*	42.*	95.*	163.*	13.*	6.*	38.*	40.*	520.
1975	13.*	50.	61.	12.	40.	38.	87.	44.	72.	68.	64.	25.	575.
1976	19.	13.	83.	53.	20.	27.	30.	99.	97.	49.	17.	5.	513.
1977	34.	18.	14.	72.	30.	25.	88.	59.	62.	3.	22.*	14.	442.
1978	11.	16.	25.	60.	34.	26.	37.	47.	37.	34.	15.	38.	380.
1979	66.	32.	29.	8.	46.	56.	37.	61.	33.	35.	34.	13.	452.
1980	21.	27.	16.	33.	22.	27.	120.	32.	33.	20.	54.	32.	438.
1981	15.	1.	53.	16.	43.	14.	12.	60.	31.	37.	61.	29.	375.
MEDIA	21.3	21.8	35.7	33.8	38.0	31.4	56.9	68.9	53.2	32.9	35.4	23.8	452.6

ANO SECO MEDIO 370.1  
ANO MEDIO 461.6  
ANO HUMEDO MEDIO 580.9

TEMPERATURAS ( En °C )

<u>ESTACION:</u>	<u>MES</u>	<u>MAXIMAS</u>	<u>MEDIAS</u>	<u>MINIMAS</u>
CALAHORRA "EL RECUENCO"  X = 1.4520-E Y = 42.1610 Z = 250	OCTUBRE	18'9	13'4	8'2
	NOVIEMBRE	13'1	8'4	4'0
	DICIEMBRE	9'8	5'9	2'0
	ENERO	9'8	5'7	1'5
	FEBRERO	11'7	6'9	2'0
	MARZO	14'5	8'9	3'2
	ABRIL	16'4	11'1	5'7
	MAYO	20'5	14'6	8'4
	JUNIO	25'4	18'9	11'9
	JULIO	28'9	21'8	14'6
	AGOSTO	28'4	21'6	14'5
	SEPTIEMBRE	25'0	18'6	11'8
	<u>MEDIA</u>	18'5	13'0	7'3

TEMPERATURAS ( En °C )

<u>ESTACION:</u>	<u>MES</u>	<u>MAXIMAS</u>	<u>MEDIAS</u>	<u>MINIMAS</u>
RINCON DE SOTO  X = 1.5010-E Y = 42.1410 Z = 421	OCTUBRE	18'9	13'4	8'1
	NOVIEMBRE	13'1	8'4	3'7
	DICIEMBRE	9'8	5'9	2'0
	ENERO	9'8	5'7	1'2
	FEBRERO	11'7	6'9	2'1
	MARZO	14'5	8'9	3'3
	ABRIL	16'4	11'1	5'6
	MAYO	20'5	14'6	8'8
	JUNIO	25'4	18'9	12'3
	JULIO	28'9	21'8	15'6
	AGOSTO	28'4	21'6	14'6
	SEPTIEMBRE	25'0	18'6	12'2
	<u>MEDIA</u>	18'5	13'0	7'5

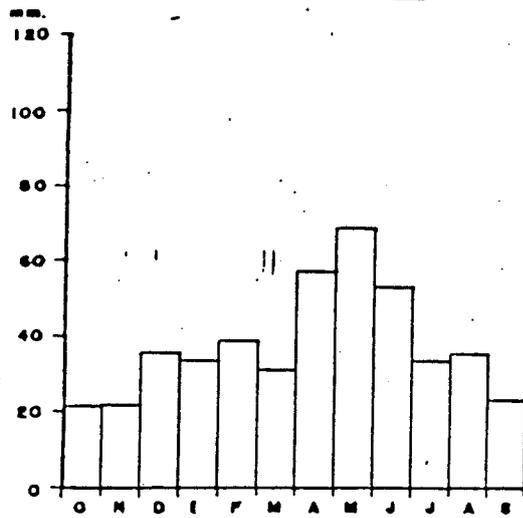
TEMPERATURAS ( En °C )

2

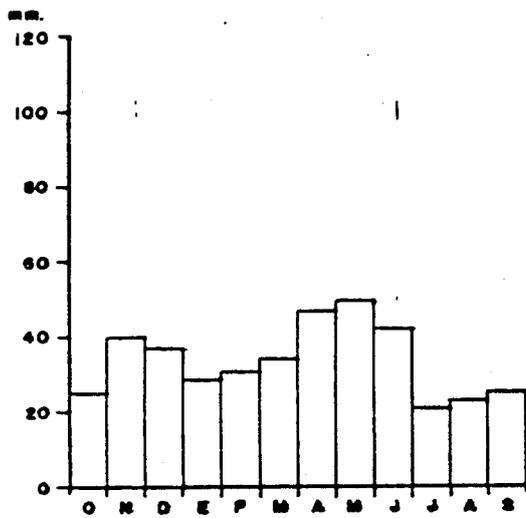
<u>ESTACION:</u>	<u>MES</u>	<u>MAXIMAS</u>	<u>MEDIAS</u>	<u>MINIMAS</u>
ARNEDO "ESCUELAS"  X = 1.3500-E Y = 42.1400 Z = 547	OCTUBRE	20'8	14'9	8'9
	NOVIEMBRE	13'6	9'2	4'8
	DICIEMBRE	11'3	6'7	2'1
	ENERO	9'5	5'7	1'9
	FEBRERO	12'0	6'9	1'8
	MARZO	13'8	8'7	3'6
	ABRIL	17'1	11'3	5'6
	MAYO	21'1	14'7	8'3
	JUNIO	25'5	18'9	12'2
	JULIO	29'3	21'7	14'1
	AGOSTO	28'3	21'1	14'0
	SEPTIEMBRE	25'3	18'8	12'2
	<u>MEDIA</u>	19'0	13'2	7'5

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION (mm.)

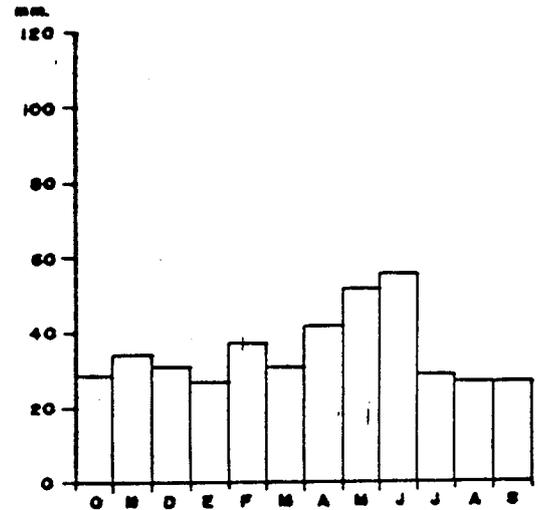
Nº 192 ARNEDO "ESCUELAS"



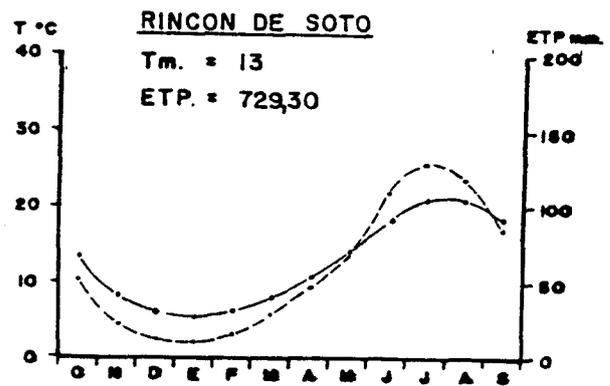
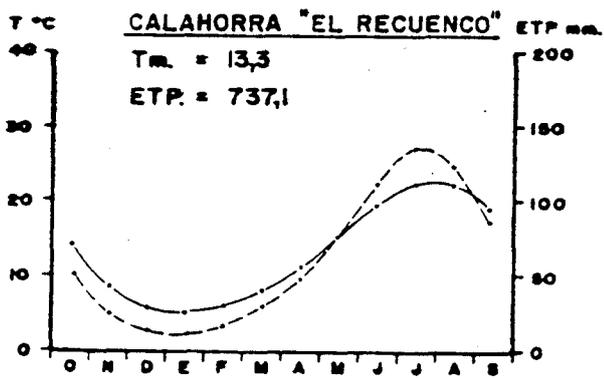
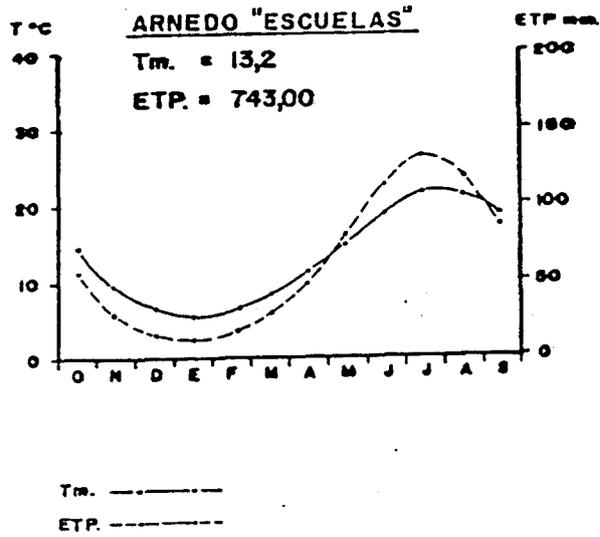
Nº 194-I CALAHORRA "EL RECUENCO"



Nº 194-O RINCON DE SOTO



TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES Y EVAPOTRANSPIRACIONES POTENCIALES (THORNTHWAITE)



### 3.2. Evapotranspiración potencial

Partiendo de las temperaturas medias mensuales se ha calculado la evapotranspiración potencial a nivel mensual, en las estaciones de Rincón de Soto, "El Recuenco", Calahorra y Arnedo, utilizando el método de Thorntwaite. Los resultados de los cálculos efectuados se exponen a continuación:

	<u>Rincón de Soto</u>	<u>El Recuenco</u>	<u>Arnedo</u>
Octubre	51,3	54,2	59,9
Noviembre	24,6	24,6	27,1
Diciembre	14,2	14,2	16,6
Enero	14,8	12,3	14,8
Febrero	17,2	17,2	17,2
Marzo	30,9	30,9	30,9
Abril	47,0	47,0	47,0
Mayo	75,6	75,6	79,4
Junio	110,5	110,5	110,5
Julio	134,4	138,2	134,4
Agosto	121,4	125,0	117,8
Septiembre	87,4	87,4	87,4
<b>TOTAL</b>	<b>729,3</b>	<b>737,1</b>	<b>743,0</b>

En la figura nº 2 se ha representado la distribución mensual de dichos valores observándose una distribución similar a la de la temperatura media.

Se puede estimar que la distribución de este parámetro - en la zona objeto de estudio está en torno a los 730-740 mm., correspondiendo al 50% del valor de la evapotranspiración los meses de Junio, Julio y Agosto.

### 3.3. Evapotranspiración real. Luvia útil

Se ha estimado que las fórmulas de Contagne, Turc y mediante un balance de agua en el suelo, según Thornthwaite - para las estaciones de Rincón de Soto, "El Recuenco", Calahorra y Arnedo y mediante las fórmulas de Contagne y Turc, para la estación de Fitero, donde se ha considerado una temperatura media de 13°C.

Los resultados de los cálculos efectuados empleando el método de Thornthwaite, para distintas reservas de agua en el suelo, se exponen a continuación:

E S T A C I O N		ARNEDO "ESCUEÑAS"	CALAHORRA RECUENCO	RINCON DE SOTO
R = 0	ETR	384	335	363
	Llu.	69	70	58
	C.E.	0,15	0,17	0,14
R =30	ETR	414	365	393
	Llu.	39	40	28
	C.E.	0,09	0,10	0,07
R =60	ETR	444	395	421
	Llu.	9	10	0
	C.E.	0,02	0,02	0,00
R =100	ETR	453	405	421
	Llu.	0	0	0
	C.E.	0,00	0,00	0,00

Los resultados obtenidos empleando las fórmulas de Coutagne y Turc, son las siguientes:

E S T A C I O N		ARNEDO "ESCUELAS"	CALAHORRA RECUENCO	RINCON DE SOTO	FITERO
PRECIPITACION (P)		453	404	423	398
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETR)		743	737	729	
ETR COUTAGNE	ETR	375	343	355	338
	Llu.	78	61	68	60
	C.E.	0,17	0,15	0,16	0,15
ETR TURC	ETR	402	370	381	363
	Llu.	51	34	42	35
	C.E.	0,11	0,08	0,10	0,09

Se observa que el valor obtenido por Thornthwaite, para una reserva de agua en el suelo de  $R = 0$  y  $R = 30$  son según las estaciones, ligeramente superior o inferior - al obtenido por las fórmulas de Turc y Coutagne. Por consiguiente, se puede estimar que una media de todos - los valores obtenidos en ausencia de otro criterio más definitorio, corresponde a las características medias, teniendo en cuenta los suelos existentes, pudiéndose - considerar que la lluvia útil en la zona de estudio es del orden de los 50 mm.

#### 4. GEOFISICA

La zona de trabajo se sitúa en el límite SO del término de Alfaró, en el paraje Barranco del Sotillo. En ella existen una serie de afloramientos Jurásicos dispersos y rodeados completamente de materiales del Keuper. El objetivo a resolver en esta zona, es determinar la posible continuidad y conexión de los materiales Jurásicos bajo el Trías que los rodea; para establecer el potencial interés hidrogeológico de la zona en cuestión. Teniendo en cuenta las particulares condiciones del área de trabajo (topografía, contactos litológicos, etc.) se ha considerado el método de los Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos (SEDT) como el más adecuado para la resolución de los objetivos propuestos.

##### 4.1. Trabajo realizado

Se realizaron 9 SEDT distribuidos en la forma que se indica sobre la foto aérea de la figura 2. Al no existir plano topográfico de detalle se optó por utilizar la foto aérea a escala 1:18.000, para identificar la localización de los puntos de medida.

Las especiales condiciones topográficas del área de estudio afectaron notablemente a las posibilidades de medida en diversos puntos. De ahí la aparente irregularidad en la distribución de estaciones.

Se utilizó para la toma de datos un equipo SIROTEM II SE, midiendo con dispositivo de bucles coincidentes de 200 x 200 m. En cada punto se tomaron lecturas en la modalidad ET, repitiéndose al menos una vez con diferente



**Fig. 2** Posición de los SEDT realizados en el area del Barranco del Sotillo

ganancia, y en la modalidad ST (ver anexo 1), con repeticiones variando la ganancia, número de ciclos y número de canales. Utilizando los datos del análisis estadístico - que el equipo realiza durante la operación de campo, se puede comprobar que en todos los SEDT se registró toda la señal útil.

#### 4.2. Tratamiento de datos

El tratamiento realizado incluye varias fases:

- a) Filtrado de los datos de campo para eliminar las lecturas de los canales saturados y aquéllos otros en que la relación señal/ruido sea inferior a un valor definido como límite de fiabilidad.
- b) Cálculo de las curvas de resistividad aparente para cada una de las modalidades de operación y cada repetición realizadas en el mismo punto. Obtención de la curva promedio de resistividad, representativa del punto en cuestión.
- c) Interpretación por un procedimiento semejante; en su concepción que no en su desarrollo matemático; al - utilizado para los SEV.

Establecido un modelo de capas caracterizadas por su espesor y resistividad el programa calcula la curva teórica que se obtendría para un dispositivo de medida igual al empleado.

Esta curva teórica se compara con la de campo a interpretar y en función de los desajustes que puedan existir entre ambas se modifican los parámetros del corte geoelectrico y se calculan nuevas curvas teóricas hasta que se consigue el mejor grado de ajuste con la de campo.

En el anexo 2 se adjuntan las curvas de SEDT con su correspondiente interpretación. Mediante cuadraditos se indican los datos de campo y, mediante trazo continuo, las curvas teóricas. En un recuadro de cada gráfico se expresan los parámetros numéricos del corte geoelectrico: espesores y resistividades de las diferentes capas de la sección.

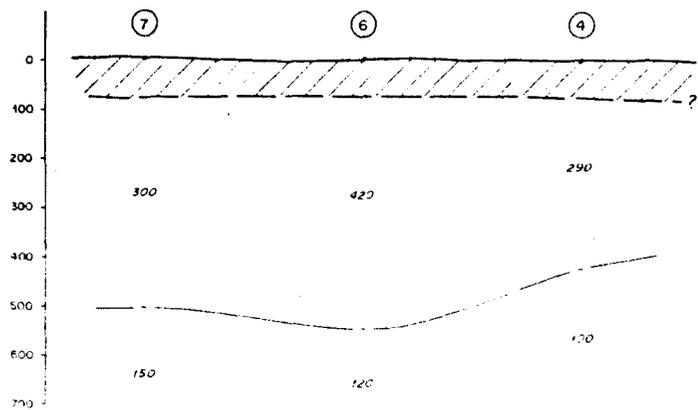
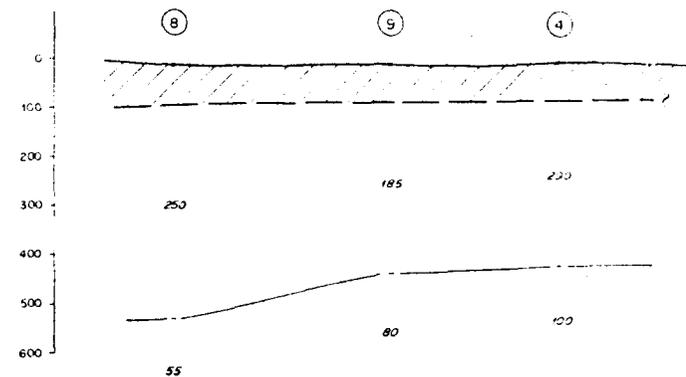
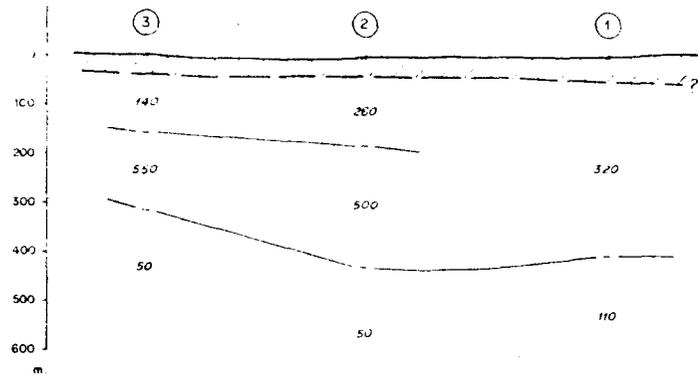
Una vez interpretadas cada una de las curvas, se ha elaborado como documento final del trabajo los perfiles geoelectricos clásicos. (Figura nº 3).

#### 4.3. Resultados obtenidos

Se han agrupado los resultados de los diferentes SEDT, en los tres perfiles geoelectricos de la figura 3.

En todos ellos se determina un rasgo común; Los valores de resistividad de la sección geoelectrica definida corresponden a un medio de tres capas.

De ellas la más superficial es de tipo conductor y su espesor no puede definirse con precisión porque entra dentro de la zona ciega del método. Puede considerarse en el orden de algunas decenas de metros.



- ④ Número de SEDT.
- Zona ciega Posible Triás
- 290 Resistividad en ohm m

Fig. 3 Perfiles geoelectricos obtenidos a partir de los SEDT.

A continuación existe una capa con resistividad mayor de 200 ohm.m. con valores puntuales superiores a 500 ohm.m. Se considera que tales valores de resistividad deben corresponder a calizas y/o dolomías. Es claro que si se tratara de Trías arcilloso su resistividad - sería muy inferior. Esta capa tiene un espesor de varios centenares de metros y, bajo ella, existe otra de menor resistividad (50 a 150 ohm.m.) que podría interpretarse como posible basamento paleozoico.

La consecuencia más trascendente de estos resultados - es que el Trías arcilloso parece no tener continuidad en profundidades más allá de algunas decenas de metros, o dicho en otros términos, constituye un material que recubre un paleorrelieve Jurásico con pequeñas zonas al descubierto.

## 5. HIDROGEOLOGIA

### 5.1. Inventario de puntos acuíferos

Se ha realizado en la zona objeto de estudio, un inventario de puntos acuíferos con el fin de tener un conocimiento de las características hidráulicas de los acuíferos. Dicho inventario figura en el Anexo nº 3 y en el cuadro adjunto.

Del total de puntos inventariados, cuatro corresponden a nuevo inventario y ocho a inventarios realizados por el IGME en 1968 y 1970.

La naturaleza de los puntos inventariados es la siguiente:

- Manantial .....	2
- Sondeo .....	2
- Pozo .....	5
- Balsa .....	3
<hr/>	
TOTAL .....	12

y las formaciones acuíferas a las que pertenecen son:

- Aluvial-Terraza .....	4
- Formación Cascante .....	3
- Formación Alfaro .....	4
- Lías .....	1

N°de Registro IGME	Naturaleza	Toponimia	Cota (m)	Caudal (l/s)	Profundidad (M)	Acuifero
251210001	Manantial	La Cañada	360	2	-	Terrazas del Rio Alhama-Ebro
241240001	Sondeo	Bco Cantares	510	0,8	63	Formación Cascante
241240002	Sondeo	Bco Cantares	520	1	16,1	Formación Cascante
241240003	Manantial	Fte Cantares	555	5-15	-	Lias
241240004	Pozo	Valverde	675	-	8	Formación Alfaro
241240005	Pozo	Valfrio	570	-	5	Formación Alfaro
241240006	Pozo	Valforja	570	-	8	Formación Alfaro
241240007	Pozo	Valforja	480	-	-	Formación Alfaro
241240008	Manantial-Balsa	La Cañada	442	0,050	3	Aluvial-Terraza
241240009	Pozo-Balsa	Bco Cantares	540	-	6	Aluvial
241240010	Pozos	Bco Cantares	530	4	24	Formación Cascante
241240011	Pozo-Balsa	Balsa del Saso	430	-	7	Aluvial-Terraza

En general, los pozos se encuentran ubicados en el relleno de una serie de pequeños barrancos, que cruzan la formación Alfaro. Son obras de pequeña profundidad y escaso caudal.

En el Barranco de las Cantares existen una serie de pozos (2412-40010), cuya profundidad es del orden de los 24 m. Estas obras han atravesado el relleno de valle del Bco. de las Cantares, y han captado el nivel acuífero superficial de la formación Cascante. El caudal de explotación de estas captaciones es del orden de 1 l/s.

Las balsas son obras que en ocasiones alcanzan una gran extensión superficial. Se encuentran localizadas sobre terrenos pertenecientes al Aluvial-Terraza que se extiende a lo largo del Bco. de los Cantares. Normalmente se ubican en zonas donde existen pequeños manantiales, en ocasiones se complementan con pozos de gran diámetro.

Los sondeos corresponden a una serie realizada por el I.N.C. (Instituto Nacional de Colonización).

A continuación se expone la columna del inventariado - con el número 2412-40002.

- 0-1 m. Arcilla parda cuaternaria.
- 1-5 m. Arcilla ocre con gravilla y arena.
- 5-11 m. Grava rodada de cuarcita arenisca y caliza con matriz arcillosa.
- 11-36 m. Arcilla ocre y blanca con yeso sacoroido y grava cuarcítica en la base.
- 36-41 m. Grava cuarcítica rodada con escasa matriz arcillosa ocre.
- 41-66 m. Grava y gravilla rodada con matriz arcillosa ocre muy abundante.
- 66-71 m. Arcilla parda con gravilla.
- 71-161 m. Arcilla ocre con algo de yeso.

Este sondeo presentó nivel de agua a los 7 m., considerando que existían dos niveles acuíferos. El primero alcanzaba hasta 14 m., mientras que el segundo, se extendía desde el metro 29 hasta el 50 m.

La prueba de aforo se realizó con diferentes caudales, 8 l/s. y 4 l/s. descendiendo el nivel hasta el metro 41, donde se alcanzó la rejilla, y se estabilizó el caudal en 3,5 l/s. La prueba de recuperación presentaba a las 8 h. de pararse el bombeo un déficit de 0,59 m. Se consideró que el caudal óptimo de explotación - podía ser del orden de 1 l/s.

En cuanto al sondeo inventariado con el número 2412-40001 no se poseen datos de su columna. El caudal de explotación se estima en 0,8 l/s.

El manantial inventariado con el número 2412-40003, y denominado Fte. de los Cantares, constituye el drenaje de una serie de carniolas del Rhetiense-Hettangiense, que se encuentran dispersas y rodeadas completamente por materiales del Keuper. Dicho manantial presenta un caudal continuo a lo largo de todo el año. Durante la realización de este estudio se han efectuado dos aforos, cuyos resultados se exponen a continuación.

12.7.87.....Q=5 l/s .....Micromolinete --  
 26.1.88.....Q=10-15 l/s.....Observación -

En la campaña de inventario que el I.G.M.E realizó en esta zona, en Mayo de 1968, el caudal aforado en dicho manantial fue de 6,5 l/s. Asimismo, también se han realizados análisis de las aguas de dicho manantial obteniéndose los siguientes resultados:

Ca <sup>++</sup>	.....	200	Mg/l
Mg <sup>++</sup>	.....	106	mg/l
Na <sup>+</sup>	.....	27,3	mg/l
U <sup>+</sup>	.....	3	mg/l
Cl <sup>-</sup>	.....	56,7	mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	.....	823,1	mg/l
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	.....	138,1	mg/l

Representa la composición anionica y cationica en el diagrama de Piper-Hill-langelier, se puede clasificar como del tipo Sulfatada Calcico-Magnésica.

5.2. Características hidrogeológicas de los materiales que afloran en el área objeto de estudio.

Estos materiales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Mesozoico
- Terciario Continental
- Cuaternario

5.2.1. Mesozoico

Entre los materiales pertenecientes al mesozoico los únicos que presentan unas buenas características hidrogeológicas son las carniolas del Rhettieuse-Hettangiense .

Desde el punto de vista exclusivo de una cartografía superficial, dichas carniolas presentan una distribución constituida por una serie desperdigada de afloramientos aislados y rodeados de materiales del Keuper. Esta falta aparente de conexión entre los distintos núcleos de materiales liásicos, unida a la reducida extensión superficial de sus afloramientos hace pensar en principio que las posibilidades hidrogeológicas de estos niveles son practicamente nulas o muy reducidas.

Sin embargo, existe en el área del Bco de los Cantares un manantial (24 12-40003) que presenta un caudal continuo cuya media se puede estimar en 6,5 l/s. Esta descarga surge en el contacto de un reducido afloramiento de materiales del lias ( no ha sido posible cartografiara escala 1:50.000) con los materiales del Keuper. La surgencia tiene lugar a 560m.s.n.m, que es el punto de cota más baja para todos los contactos existentes en la zona entre los materiales del lias y Keuper.

Es evidente, que mediante un balance entradas (infiltración de la lluvia útil a través de la superficie aflorante de los materiales permeables) -salidas (descargas por el manantial) no es posible justificar la existencia de una descarga del orden de  $0,2 \text{ Hm}^3/\text{año}$ . Aplicando los valores de lluvia útil obtenidos en el apartado de climatología se estima que una descarga de la cuantía anteriormente mencionada, precisaría como mínimo de una superficie de recarga del orden de  $4\text{Km}^2$ .

Por otro lado, en el estudio geofísico que se ha realizado de la zona, se ha puesto de manifiesto la existencia de un medio de tres capas. De ellas, la más superficial es de tipo conductor (Trias arcilloso), y la intermedia de tipo resistivo (calizas dolomias). Estos resultados parecen indicar que el Trias arcilloso no tiene continuidad en profundidad, y únicamente constituye un material de recubrimiento de un paleorrelieve Jurásico, con pequeñas zonas al descubrimiento, que constituyen los afloramientos que se han cartografiado.

La superficie de estos materiales Jurásicos cubiertos en su mayor parte por el Keuper se puede estimar en  $6\text{Km}^2$ . La existencia de esta extensión de materiales permeables podría justificar las descargas que se producen a través del manantial de la Fte. de los Cantares, mediante un modelo de acuíferos, cuya recarga tendría lugar no sólo por infiltración directa del agua de lluvia sobre la superficie aflorante de los materiales permeables, sino también por infiltración de una parte de la escorrentía superficial de una importante extensión de materiales de la Formación Purbeck-Wald, y del Keuper. La infiltración debida a la escorrentía procedente del Trias (constituido por arcillas y yesos) justificaría que las aguas del manantial de la Fte de los Cantares presenten un alto contenido en sulfatos.

Es muy importante destacar, que una confirmación de todo=

lo anteriormente expuesto, unicamente es posible mediante la realización de un sondeo de investigación que confirme los resultados obtenidos en la campaña de geofísica.

#### 5.2.2. Terciario Continental.

##### 5.2.2.1. Formación Fitero

Esta constituida básicamente por conglomerados que no presentan unas buenas características de permeabilidad, dado que los cantos, se presentan, por lo general, trabados por un cemento calcáreo y una matriz arcillosa-arenosa.

##### 5.2.2.2. Formación Cascante

Dicha formación está constituida por arcillas y limos con esporádicas intercalaciones de conglomerados y areniscas.

Por consiguiente, se puede considerar que la formación Cascante se comporta como un acuífero multicapa.

Según datos obtenidos del inventario realizado en la zona se deduce que, sus posibilidades hidrogeológicas son reducidas, ya que las obras de captación existentes en dicha formación presentan un caudal de explotación del orden de 1.1/s.

##### 5.2.2.3. Formación Alfaro

Esta formación está constituida por arcillas que presentan frecuentes bancos de areniscas de tamaño de grano variable.

Por consiguiente, se puede considerar que la Formación - Alfaro se comporta como un acuífero multicapa, detrítico complejo y anisotrópico.

Dados los resultados obtenidos en los sondeos realizados en esta Formación por el Instituto Nacional de Colonización (I.N.C.), se estima que considerar la explotación de este nivel mediante una captación profunda, - representa un problema bastante difícil, debido a los - numerosos cambios laterales de facies existentes, que - impiden conocer en profundidad, la distribución exacta= de los más bien escasos horizontes más transmisivos.

#### 5.2.2.4. Formación Yerga

Está constituida por conglomerados, cuya composición es= de gravas y bloques no muy rodados, envueltos en una - matriz arenosa poco coherente. Se puede estimar, que - presentan en general, una permeabilidad de tipo medio. - La alimentación unicamente procede de la infiltración - directa del agua de lluvia y, la descarga se produce a - través de una serie de barrancos que presentan una dis-- posición de tipo radial. En general se puede estimar - que sus posibilidades hidrogeológicas son reducidas.

#### 5.2.3. Cuaternario

##### 5.2.3.1. Glacis

Litológicamente están constituidos por materiales que - presentan unas excelentes características de permeabili-- dad, y aunque tienen una notable extensión, sus posibi-- lidades hidrogeológicas son muy reducidas debido a su - poco espesor, a una fuerte pendiente tanto mayor cuanto= más se aproximan a los relieves, y a que están drenados= en todo su contorno.

#### 5.2.3.2. Aluvial - Terraza

Litologicamente consta de gravas, arcillas y limos y lentes de arena. La litología varía mucho de unos puntos a otros, aunque a nivel general, se puede admitir que la componente arcillosa es importante, lo que reduce notablemente sus posibilidades de constituir un acuífero de alta permeabilidad.

## 6 . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizado el exámen de las características de los acuíferos existentes en la zona objeto de este estudio, se considera que:

1) Los materiales del cuaternario del Bco de Cantares no presentan unas buenas características hidrogeológicas, ya que la componente arcillosa se encuentra muy desarrollada, y reduce notablemente las posibilidades de dicho nivel acuífero.

2) Las formaciones del terciario continental no presentan, salvo en la formación Cascante y Formación Alfaro posibilidad de explotación de las aguas subterráneas.

La Formación Cascante se comporta como un acuífero multicapa, que presenta una reducida posibilidad de explotación de las aguas subterráneas a escala muy local. Las obras existentes en dicho acuífero presentan unos caudales de explotación que no sobrepasan 1 l/s. En cuanto a la Formación Alfaro, aunque existen niveles acuíferos de permeabilidad intergranular, se estima que considerar la explotación de estos niveles mediante una captación profunda, representa un problema bastante difícil, debido a los numerosos cambios laterales de facies existentes, que impiden conocer la distribución exacta en profundidad de los más bien escasos horizontes más transmisivos.

3) Los resultados obtenidos en la campaña de geofísica (SEDT), realizada en la denominada "Banda Mesozoica Tectónizada", han puesto de manifiesto que los materiales del Keuper no parecen tener continuidad en profundidad, y constituyen un material que recubre un paleorrelieve Jurásico con pequeñas zonas al descubierto. Estos materiales jurásicos pueden constituir el único acuífero existente en la zona de estudio, con alguna posibilidad de ser explotado en una escala que pueda cubrir, en mayor o menor medida, las necesidades que se precisan para mejorar los regadíos del áreas del Bco de los Cantares.

Por esta razón, se recomienda la realización de un sondeo de investigación de pequeño diámetro en el punto localizado aproximadamente por las coordenadas:

U.T.M.

X= 746550

Y= 833450

En el caso de resultado positivo, y una vez realizado el posterior sondeo de explotación, este sondeo de investigación serviría de piezómetro para la evaluación de los parámetros hidrogeológicos del acuífero. Dadas las características estructurales que presenta el acuífero de constituir un depósito, es fundamental conocer los parámetros hidrogeológicos, para poder cuantificar perfectamente las posibilidades reales del acuífero y, establecer una explotación de dicho nivel, que al mismo tiempo de ser máxima, sea racional con las posibilidades de recuperación del mismo.

Madrid, Abril de 1988

EL AUTOR DEL INFORME

José Manuel Murillo Díaz

V°B°

EL DIRECTOR DE AGUAS  
SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA

**A N E X O S**

---

**ANEXO N° 1**  
**DESCRIPCION DEL METODO DE SEDT**

---

# Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SEDT). Aspectos más significativos y primeras experiencias en España

A. GRANDA SANZ (\*), A. PEREZ TEREÑES (\*) y J. L. PLATA TORRES (\*\*)

## RESUMEN

La idea básica de este trabajo es contribuir a la divulgación de un método geofísico que representa un avance sustancial en el ámbito de la prospección por resistividades.

Para ello se describen los fundamentos teóricos del método de los Sondeos Electromagnéticos de Dominio de Tiempos y la forma en que se realiza. También se detallan los parámetros que definen su aplicación práctica. Se analizan las diferencias con el método de SEV desde el planteamiento de que se trata de métodos utilizables en la resolución de objetivos similares. Como síntesis más destacables de esta comparación puede decirse que si bien en ciertos casos ambos métodos pueden tener un carácter complementario; existen situaciones donde la aplicación de los SEV roza o sobrepasa sus condiciones límites, mientras que el método de los SEDT puede emplearse con más fiabilidad. Al margen de las características técnicas del SEDT, que aportan una notable capacidad de penetración junto con focalización de la respuesta, la comparación de rendimientos con los SEV demuestra cómo para ciertas profundidades de investigación los SEDT son menos costosos.

En el aspecto práctico se incluyen diversos ejemplos de aplicaciones realizadas en España. Cada uno de ellos pone de manifiesto alguna de las características ventajosas que a nivel teórico se habían indicado anteriormente.

## ABSTRACT

With this work we try to introduce the Time Domain E. M. Soundings from the basic idea that it represents a remarkable enhancement in the resistivity prospecting methods.

According to this, we describe the theoretical bases and the ways to carry on measurement. Pointing out the parameters who define its application, there is an analysis of the main differences between VES and SEDT. To the spanish literature we propose the name SEDT because «Sondeo Electromagnético en Dominio de Tiempos» describes very well the nature of the method.

Compared with VES, the SEDT method has important advantages in some geological conditions where the former is very close to its limits of applicability. The most important advantages are: More penetration capability, more focalized response, less affected by lateral inhomogenities, lower cost in many cases.

To demonstrate some of this points we present some examples coming from different applications carried out in Spain. They are the very first experiences in our country and in some ways demonstrate the interest of this new geophysical tool.

## 1. INTRODUCCION

Tradicionalmente el estudio de la distribución de materiales del subsuelo dentro de los rangos de profundidad que interesan a la mayoría de las aplicaciones hidrogeológicas y mineras se ha realizado en las últimas décadas mediante SEV.

La experiencia acumulada resulta enormemente

válida, de modo que hoy el método de SEV puede considerarse plenamente desarrollado y divulgado, independientemente del mejor o peor uso que pueda hacerse del mismo.

Con este trabajo no pretendemos analizar ni criticar el método de SEV. Nuestro principal objetivo es contribuir a divulgar una nueva modalidad prospectiva, la de los Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos (SEDT) que aplicada a la resolución de problemas similares

(\*) CGS.

(\*\*) IGME.

ofrece ventajas importantes en ciertos casos. En la literatura anglosajona es frecuente encontrar denominaciones tales como «Transient Soundings» o «Pulse EM Sounding» para este método. Cada cual puede traducirlas a su gusto aunque pensamos que la denominación que proponemos es correcta para expresar en castellano la naturaleza del método.

Entendemos que el mejor mensaje que podemos transmitir ha de tener un carácter práctico y por ello, aparte de una descripción somera del método, hemos seleccionado varios ejemplos de aplicaciones recientes realizadas por nosotros y que constituyen las primeras experiencias en España.

Cada uno de los ejemplos ofrece la posibilidad de valorar un aspecto diferente de modo que del conjunto de ellos pueda obtenerse una idea global respecto a las ventajas que el método de SEDT comporta.

Las referencias bibliográficas son reiterativas al señalar como características más relevantes de los SEDT las siguientes:

a) Gran focalización de la respuesta de modo que se minimizan los efectos laterales que distorsionan habitualmente las curvas de SEV. Básicamente la respuesta se limita al volumen rocoso contenido bajo el bucle y en su vertical. Ello permite una definición muy precisa de la presencia de discontinuidades laterales de resistividad en la sección geoelectrica.

b) Capacidad de penetración a través de pantallas de alta resistividad que constituyen un obstáculo insalvable para los SEV. En términos operativos la detección de un contacto bajo una pantalla resistiva puede ser inviable o exigir valores AB desproporcionadamente grandes. Mediante SEDT es factible el estudio de algunos centenares de metros de profundidad con bucles de pequeño tamaño (100×100 ó 200×200 m.).

c) La indeterminación que representan las situaciones de equivalencia en el método de SEV pueden resolverse con los SEDT ya que las condiciones de equivalencia para éstos obedecen a condicionantes teóricos diferentes a los de los SEV.

d) Facilidad operativa, ya que el tendido de bucles de 100×100 ó 200×200 m. siempre es más sencillo que la apertura de un dispositivo

lineal de 1 Km. o más. Ello se traduce en mayores rendimientos en campo y en consecuencia en menores costes.

Consideramos que los ejemplos que presentamos contribuyen a demostrar las anteriores afirmaciones y de cualquier modo transmiten la idea de innovación que el método de SEDT representa en el ámbito de la prospección geofísica. Es más que previsible que en los próximos años se produzca un incremento espectacular en el empleo del método. Porque somos conscientes de las limitaciones del SEV y porque confiamos en las posibilidades de los SEDT trataremos de contribuir a ello en la medida de lo posible.

## 2. DESCRIPCION DEL METODO DE LOS SEDT

En su forma más general, los fundamentos físicos del método de los SEDT se explican en los términos siguientes (fig. 1):

A través de un bucle conectado a un sistema transmisor y situado sobre la superficie del terreno se hace circular un pulso de corriente de intensidad constante que produce un campo magnético primario. Al cortar bruscamente esta corriente se provoca una variación del campo magnético y de acuerdo con la Ley de Faraday se inducen en el terreno unas corrientes de tipo difusivo que en un primer instante tienden a mantener el campo primario, generando un campo magnético secundario. Este campo secundario es variable con el tiempo e induce en el bucle receptor, situado sobre la superficie, un voltaje medible pese a su pequeña magnitud y rápido decrecimiento.

Como quiera que la magnitud y distribución de las corrientes de difusión dependen de la resistividad del subsuelo resulta que los voltajes medidos pueden aportar información al respecto a través del adecuado tratamiento e interpretación.

De forma simplista la figura 2 resume los trabajos de NABIGHIAN (1979) respecto a las variaciones de posición y amplitud del máximo de las corrientes de difusión. En cada instante puede idealizarse el anillo de corriente como una espira situada a profundidad creciente, al mismo

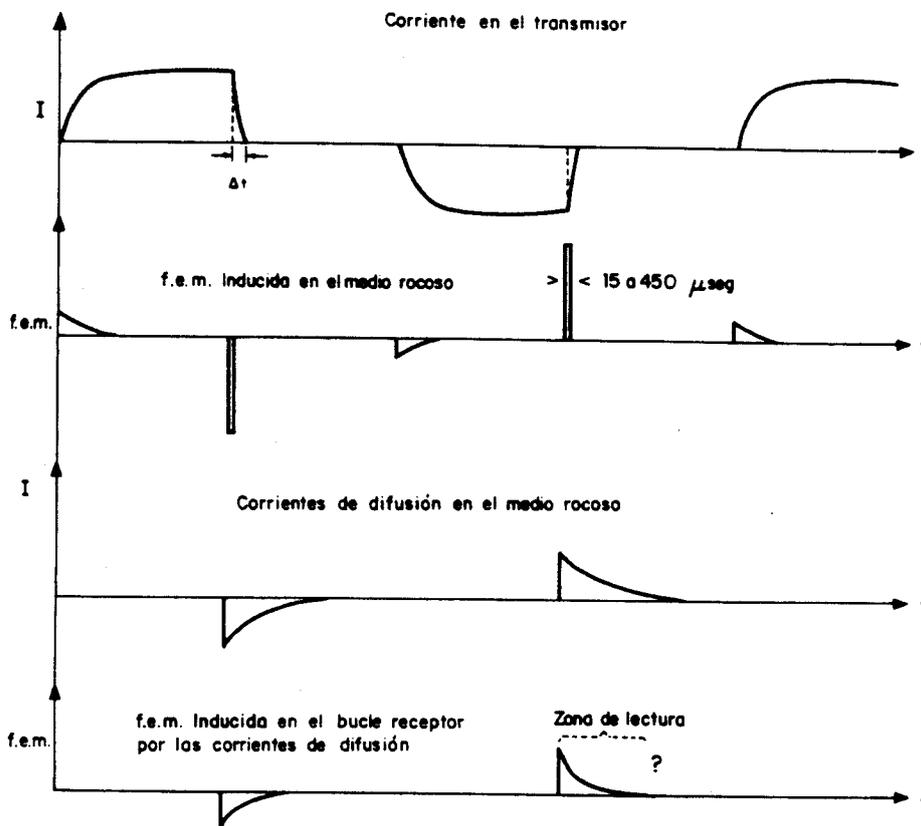


Figura 1.—Descripción del fundamento del método electromagnético de dominio de tiempos o de impulsos.

tiempo que se extiende hacia fuera del bucle emisor y disminuye de intensidad.

En términos operativos la ejecución de un SEDT consiste en medir el voltaje inducido en cada instante (transitorio) en la bobina receptora, por el campo magnético secundario, mientras éste se propaga por el subsuelo. Para ello se toman medidas en una serie de ventanas de tiempo inmediatamente a continuación del corte de corriente en el emisor y hasta la extinción del campo secundario.

Este proceso se repite abriendo y cerrando el circuito emisor varios centenares de veces. Las lecturas realizadas en el mismo instante de cada ciclo se someten a un tratamiento estadístico tendente a reducir o cuando menos conocer el nivel de ruido, instrumental o ambiental, que pueda afectarlas. En los equipos al uso este tratamiento se realiza en campo mediante microprocesadores incorporados al sistema.

De acuerdo con las ideas precedentes las lecturas obtenidas a tiempos crecientes son representativas de rangos crecientes de profundidad, lo que constituye una similitud con los SEV en lo que respecta a la relación penetración/separación entre electrodos de emisión.

El análisis de las curvas características de los transitorios obtenidos sobre un modelo geológico de capas planas en disposición horizontal pone de manifiesto algunos rasgos fundamentales a tener presente para la correcta comprensión del método de SEDT.

El tramo inicial de estas curvas, definido como «early stage», depende exclusivamente de la resistividad del nivel superficial donde se concentran las corrientes de difusión al cortar la corriente en el bucle emisor. A tiempos crecientes el máximo de intensidad se sitúa a mayor profundidad y el voltaje decae en función de  $t^{-3/2}$ . Esta zona (véase fig. 3) se define como «late

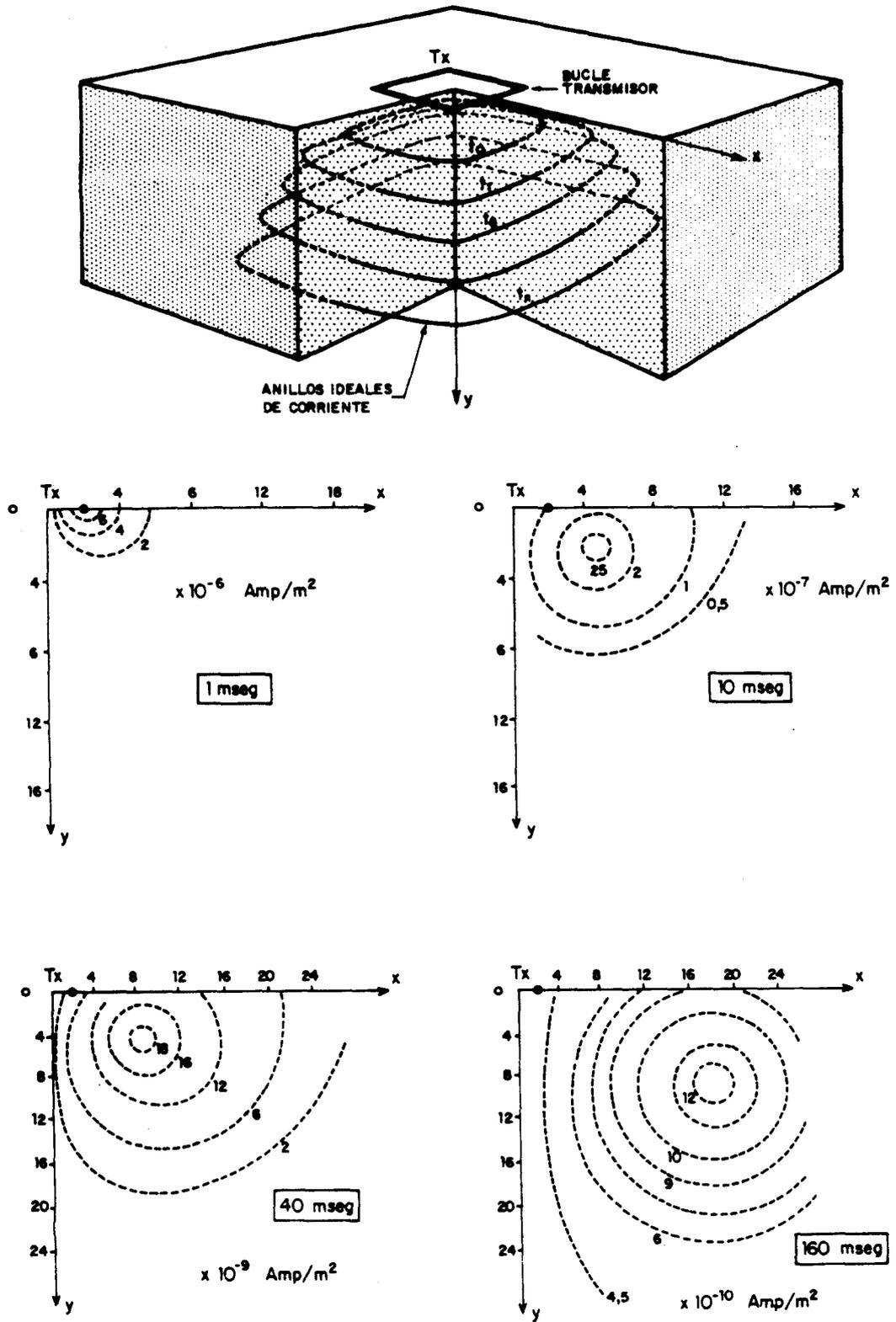


Figura 2.—Distribución teórica de las corrientes de difusión en el subsuelo (NABIGHIAN).

stage», y en ella las lecturas obtenidas para cada valor de  $t$  dependen principalmente de la resistividad de la capa más profunda involucrada: según  $\rho^{-3/2}$ .

Aunque las curvas de los transitorios reflejan en sí mismas los rasgos significativos relativos a la distribución de resistividades del subsuelo, es preciso efectuar su transformación a resistividad aparente en función de  $t$ , para hacer más visibles dichos cambios de resistividad. Se obtienen así, mediante cálculo, unas curvas  $\rho_a = f(t)$  análogas a las de SEV, donde  $\rho_a = f(AB)$ . A modo de ejemplo presentamos en las figuras 4 y 5 el transitorio y la curva de resistividad aparente obtenida a partir del mismo. La fórmula utilizada para estos cálculos es del tipo  $\rho_a = K \times b^{2/3} \times (V/I)^{-2/3} \times t^{3/3}$  válida para lecturas obtenidas en el «late stage». Para el cálculo de resistividades aparentes en el «early stage» existen otras expresiones (SPIES and RAICHE, 1980) sin interés para los objetivos generales de este trabajo.

En la fórmula anterior  $K$  es una constante característica del equipo de medida,  $b$  una función del tamaño del bucle emisor,  $(V/I)$  es el transitorio normalizado y  $t$  el tiempo de medida correspondiente.

Observando cualquier curva de SEDT como la de la figura 6 se aprecian determinados factores característicos del método. Estimamos adecuado llamar la atención sobre los siguientes:

a) El tramo inicial de la curva puede tener puntos «erróneos» que se apartan de la tendencia general de la misma. Corresponden a los primeros canales donde todavía no se ha alcanzado el «late stage» y, sin embargo, los cálculos de  $\rho_a$  se han realizado con la fórmula correspondiente al mismo.

b) La zona central (es práctica común repetir la toma de datos) presenta una notable superposición de valores, lo que es un factor de fiabilidad del método.

c) Los últimos canales pueden estar afectados por ruido, dado que la magnitud del transitorio en ellos es muy baja, especialmente cuando los niveles más profundos involucrados en las me-

Figura 3.—Diferenciación aproximada de las zonas «Early Stage» y «Late Stage».

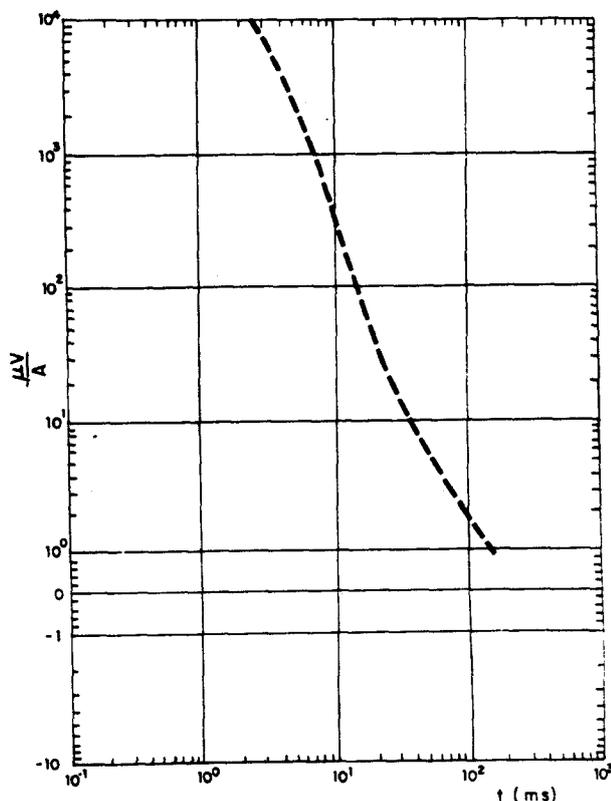
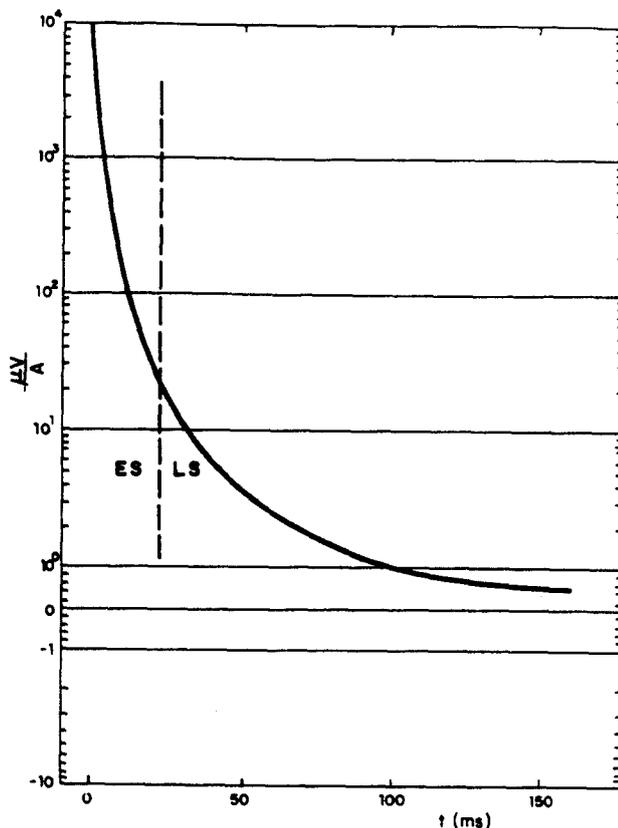


Figura 4.—Transitorio del SEDT de Mota del Cuervo.

Figura 5.—Curva de resistividad aparente del SEDT de Mota del Cuervo.

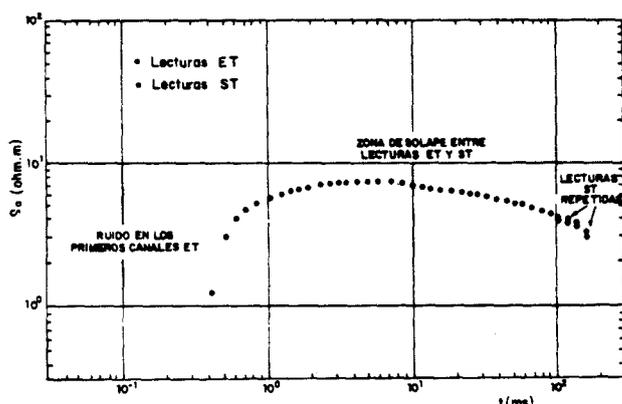
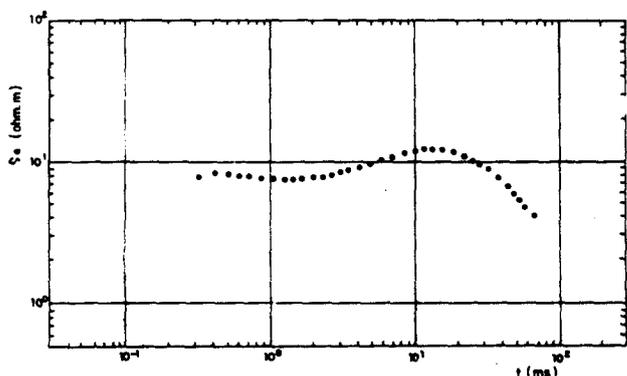


Figura 6.—Aspecto general de la curva de resistividad aparente de un SEDT medido con un equipo Sirotec II SE.

didadas son resistivos. El nivel de ruido viene dado en cierto modo por la discrepancia entre los valores de resistividad correspondiente a diferentes tomas de datos.

Así, pues, en términos prácticos a la hora de interpretar es habitual no tener en consideración los puntos extremos.

La interpretación de resultados puede realizarse mediante inversión de los datos de campo o por aplicación del método directo superponiendo sobre curvas-patrón previamente calculadas. Pese a que existe alguna colección publicada (KAUFMAN and KELLER, 1983, y SPIES, 1980), su utilidad en términos generales es muy limitada, porque contemplan modelos muy restringidos y se refieren a dispositivos de medida muy específicos; bucles coincidentes en el caso de SPIES.

A diferencia del método de SEV parece improbable que en un futuro próximo existan coleccio-

nes completas de curvas, dado que para un mismo modelo la curva de SEDT depende del tipo de dispositivo (bucles separados, coincidentes, bobina central, etc.) y del tamaño del bucle. Esto lleva a una multiplicidad de posibilidades que hace poco operativa la edición de colecciones. De todos modos, el cálculo de una curva para un modelo de tres capas no exige más de tres minutos en ordenador tipo PC.

Una forma operativa de interpretación consiste en realizar en una primera fase la inversión de las curvas de campo partiendo de un premodelo que restrinja las posibilidades matemáticas de acuerdo con la información geológica disponible. Este proceso requiere el empleo de un ordenador tipo VAX-780 o similar. A partir de los resultados de la inversión se aplica un programa que resuelve el problema directo y permite obtener las curvas correspondientes a posibles variaciones sobre el modelo. Estas curvas se visualizan en pantalla junto con las de campo hasta obtener el mejor grado de ajuste entre ambas. En este punto puede adoptarse como solución el modelo correspondiente a la curva teórica en cuestión. No significa esto, sin embargo, que sea la única solución posible, ya que al igual que en otros métodos eléctricos, puede darse el principio de equivalencia, aunque, en general, parece que sus límites de aplicación son más restringidos que, por ejemplo, en el caso de los SEV. El análisis de este aspecto sería objeto de un desarrollo argumental fuera de las intenciones de este trabajo.

Desde el punto de vista teórico la profundidad de investigación es función del tiempo y no del tamaño del bucle. En consecuencia, bastaría prolongar las medidas al mayor número de canales o hasta un tiempo suficientemente grande para investigar a cualquier rango de profundidad que se deseara. Sin embargo, existen unas exigencias operativas respecto a la magnitud de la señal a medir de modo que, a fin de que la relación señal/ruido sea suficientemente resolutive es preciso actuar en el sentido de aumentar en lo posible el momento magnético del bucle transmisor. Esto puede conseguirse bien incrementando su tamaño, aumentando el número de espiras del mismo o la intensidad de los pulsos de corriente. Si se opta por incrementar el tamaño del bucle se incrementa la duración del «early stage» y, en consecuencia, es prácticamente imposible determinar el espesor y resistividad de la primera capa, al

menos hasta espesores de varias decenas de metros. El empleo de bucles multivuelta resulta muy difícil en términos operativos. Consecuentemente, ha de adoptarse un criterio de compromiso entre el tamaño del bucle, profundidad que interesa investigar, necesidad de resolver los niveles más superficiales de la sección, etc. En ciertos casos puede ser conveniente la ejecución en el mismo punto de más de un SEDT con diferentes tamaños de bucle para el estudio más detallado de la sección.

Una vez establecidos los fundamentos teóricos, forma de ejecución y tratamiento de datos del SEDT, vale la pena detenerse a analizar los factores que condicionan la forma y amplitud de la señal.

En un tiempo determinado (un canal de medida) y para un medio homogéneo, la amplitud del transitorio depende del momento magnético aplicado a través del bucle emisor. La figura 7 ilustra este hecho al comparar por ejemplo las curvas 1, 2 y 3.

Para un momento magnético constante y considerando un medio homogéneo la amplitud del

transitorio en un instante dado es tanto mayor cuanto menor es la resistividad del medio rocoso. De forma orientativa puede apreciarse esta circunstancia al comparar las curvas 3 y 4 de la figura anterior. Puede ocurrir que si la resistividad es muy alta el transitorio sea de tan pequeña amplitud y tan corta su duración que la información obtenida sea muy limitada al restringirse a unos pocos canales. Dicho en otros términos, la profundidad investigada en este caso será muy escasa.

Consideremos ahora un medio rocoso de dos capas. Suponiendo que exista entre ambas suficiente contraste de resistividad, el transitorio refleja su presencia mediante una inflexión, un cambio de pendiente más o menos acusado y cuya posición es función del contraste de resistividad y espesor de la primera capa. Si la resistividad de la segunda capa es mayor que la de la primera el transitorio tiende a acortarse. Por contra, cuando la segunda capa es más conductora que la primera su efecto se traduce en un incremento positivo en la amplitud y duración del transitorio. Los ejemplos de la figura 8 son suficientemente explícitos al respecto.

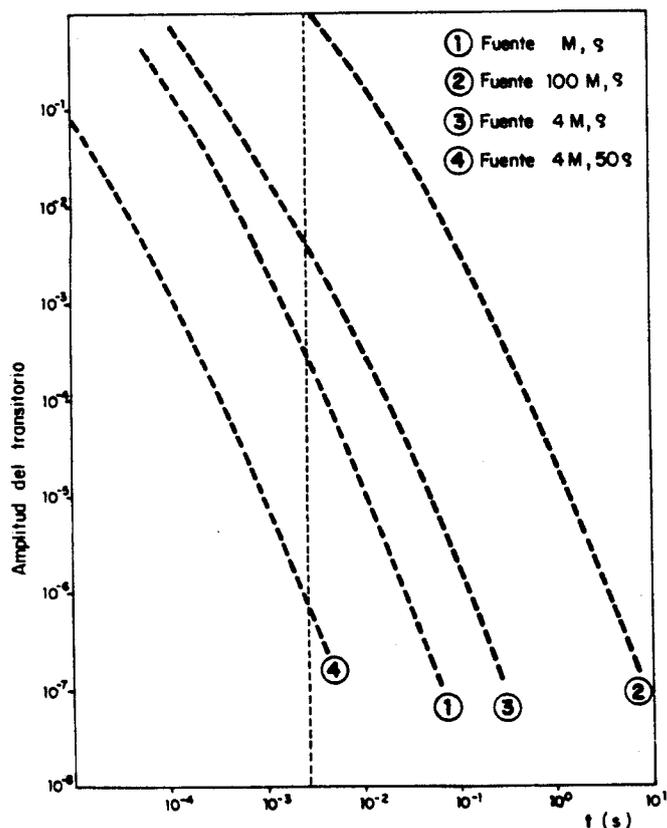


Figura 7.—Variación de la amplitud de los transitorios en terreno homogéneo, en función de la intensidad de la fuente y de la resistividad.

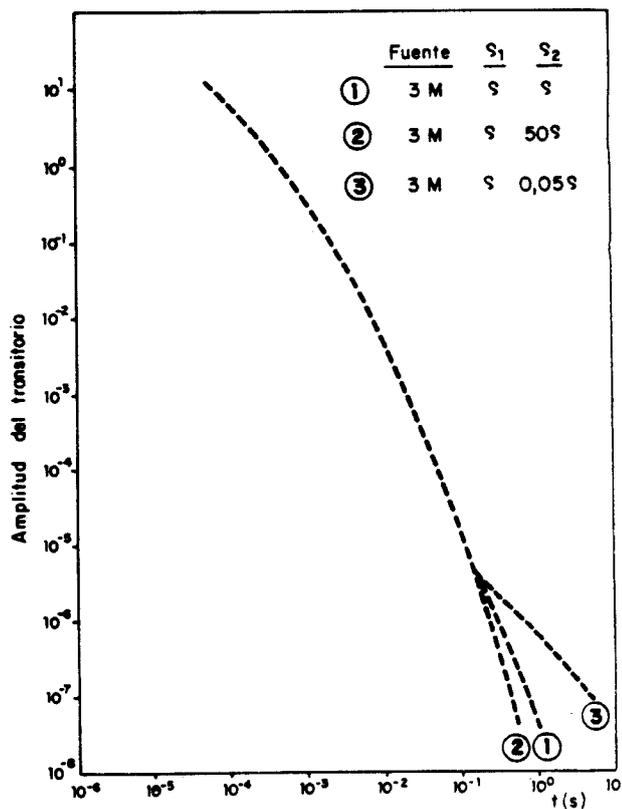


Figura 8.—Modificación de la amplitud del transitorio producida por la presencia de un segundo medio, según su resistividad, comparado con medio homogéneo.

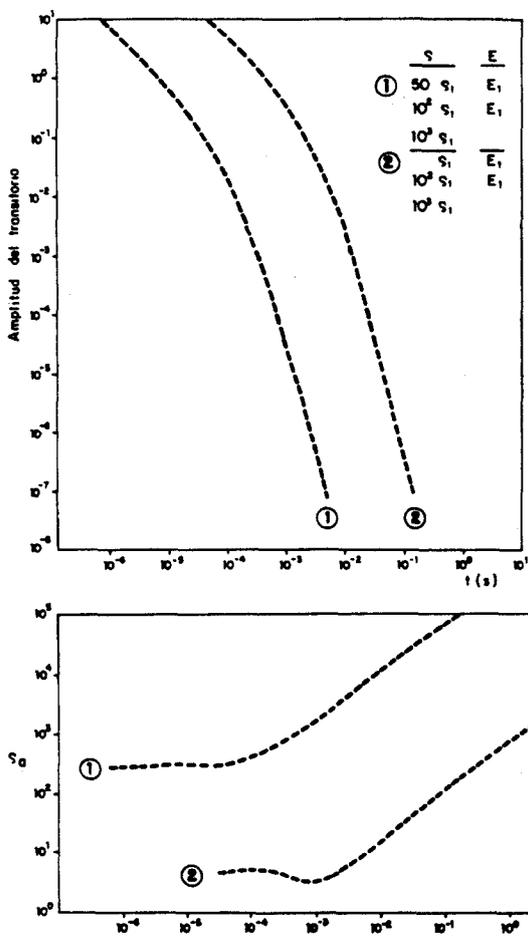


Figura 9.—Retrasos introducidos por el aumento de  $\rho$  de la 1.<sup>a</sup> capa.

La presencia de nuevas capas en la sección produce nuevas inflexiones en la curva del transitorio. Tales inflexiones pueden ser incluso imperceptibles, pero se producen según las reglas comentadas para el caso de dos capas y tienen un reflejo más evidente en la correspondiente curva de resistividad aparente.

Un factor importante a tener en cuenta en el caso de un medio multicapa es la influencia de la resistividad de la primera capa que provoca desplazamientos considerables de la curva del transitorio en su conjunto. Así, el aumento de resistividad de la primera capa «adelanta» el transitorio haciendo que su amplitud disminuya para un mismo tiempo de observación. Puede llegarse incluso, en el caso de muy alta resistividad de la primera capa, a hacerse inapreciable el efecto de las capas subsiguientes. El efecto contrario se da cuando la primera capa es muy conductora.

La traducción de estas variaciones de las curvas del transitorio a las curvas de resistividad aparente permite poner de manifiesto sus rasgos significativos de una manera más acusada. Así puede verse en los ejemplos de la figura 9.

Sería exhaustivo pretender describir aquí el estilo general de las curvas de SEDT en función de las variaciones de espesor y resistividad de cada una de las capas, aunque sólo fueran para el caso de un simple modelo de tres capas. No es ese nuestro objetivo, y por ello, a modo de ejemplo, nos remitimos a la figura 10, donde se incluyen los

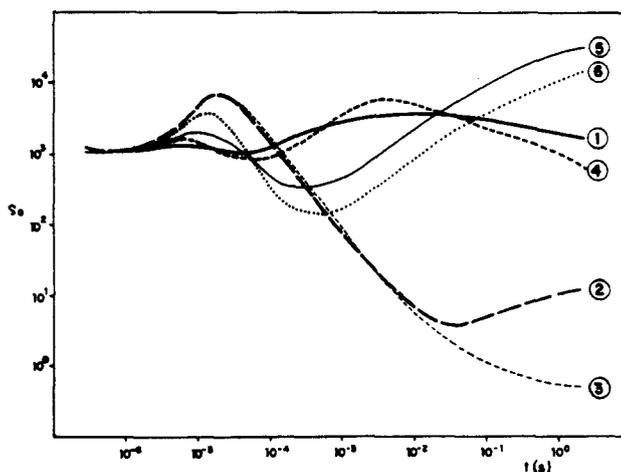
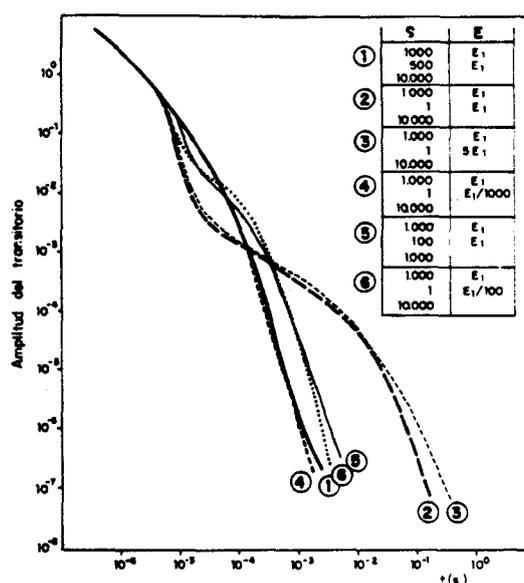


Figura 10.—Transitorios y curvas de resistividad aparente para diversos modelos de capas.

transitorios y curvas de resistividad aparente correspondientes a diversos modelos geoelectricos. Cada uno de ellos introduce respecto a los otros variaciones significativas en la resistividad o espesor de alguna capa. Aclaremos que esta figura, como las anteriores, corresponde a la modalidad de bucles coincidentes.

Queremos resaltar la frecuente carencia de significación en algunos rasgos de las curvas de resistividad y el consiguiente fracaso de la intuición en su interpretación. Tal es el caso del falso «máximo» inicial o la disminución final de las 1 y 4 en la figura anterior.

*Ejemplo núm. 1. Sobre la capacidad de detección de niveles conductores bajo pantallas resistivas.*

Como en los otros ejemplos que presentaremos más adelante, en este caso se habían realizado en la zona estudios previos mediante SEV. El área de estudio se localiza en Las Cañadas del Teide (Tenerife) y los SEV realizados en campañas anteriores muestran como característica más destacable valores de resistividad aparente de varios centenares e incluso varios miles de ohm.m. En general, la tendencia de las curvas es de resistividad creciente al aumentar la apertura AB entre electrodos de emisión. Otro caso característico es la aparición en su tramo final de una rama bruscamente decreciente que induce a considerar la presencia de anomalías conductoras de posible interés geotérmico. Véanse en la figura 11 dos curvas del tipo de las comentadas.

La interpretación de estos SEV resulta muy problemática. De hecho, en la curva A de la figura 11 es casi imposible interpretar los niveles conductores que en ella se indican. En ausencia de otra información complementaria esta curva se interpretaría como una sección muy resistiva en la que la penetración alcanzada habría sido muy escasa.

La curva B de la misma figura es también de difícil interpretación debido a las múltiples posibilidades interpretativas de su rama final, que corresponde a una curva tipo Q.

Los SEDT obtenidos en los mismos puntos (figura 12) manifiestan una tendencia de resistividad

Figura 11.—SEV representativos de las Cañadas del Teide (Tenerife).

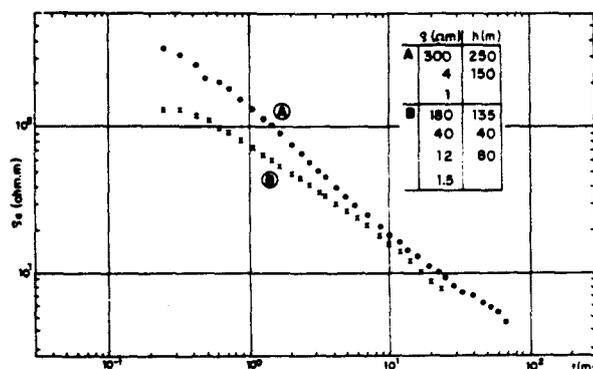
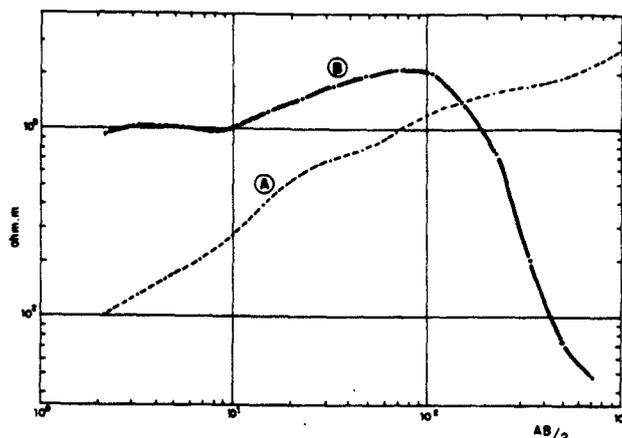


Figura 12.—SEDT representativos de las Cañadas del Teide (Tenerife).

decreciente muy acusada hasta varios centenares de metros de profundidad. El tramo inicial de las curvas de SEDT refleja la presencia de niveles superficiales con una resistividad de varios centenares de ohm.m., enmascarado parcialmente porque este tramo corresponde en gran medida a la «zona ciega» del método. De la interpretación cuantitativa de estos SEDT se deduce una sección geoelectrica que comprende un potente paquete superficial de alta resistividad que casi en todos los casos supera los 250 m. de espesor. Bajo éste se define una secuencia de capas de baja resistividad, hasta profundidades de 500-600 m.

El cálculo de las curvas de SEV correspondientes a la sección geoelectrica deducida de los SEDT

permite llegar a algunas conclusiones que vale la pena señalar.

A nivel teórico, los SEV permitirían ver los niveles conductores detectados por los SEDT. Ahora bien, también es cierto que el ruido de las lecturas de los SEV y el carácter resistivo del conjunto de la curva provocarían una notable ambigüedad en su interpretación. Otro factor a tener en cuenta es la necesidad de emplear aperturas AB comparativamente grandes para resolver esas capas conductoras. Aparte de la dificultad logística que la zona impone al respecto, esto conlleva además un problema adicional como es la pérdida de focalización en la respuesta haciendo prácticamente imposible la detección de cambios laterales en la distribución de resistividad del subsuelo al nivel del detalle que la prospección requiere.

En consecuencia, podría decirse que el SEDT es en este caso más resolutivo que el SEV, aunque de cualquier modo no debe olvidarse que el mejor uso de los métodos geofísicos requiere normalmente el empleo de métodos complementarios. En este ejemplo es evidente la complementariedad entre SEV y SEDT en el sentido de que el último posibilita una mejor interpretación del primero.

Por las condiciones particulares de la zona en este caso, el SEDT resulta ventajoso además por su focalización y facilidad operativa. En función de ambas características se puede obtener una sección geoelectrica más detallada que la que podría resultar de la ejecución de SEV.

#### *Ejemplo núm. 2. Comparación de rendimientos en la detección de contactos profundos.*

Este ejemplo permite una valoración comparada con los SEV en términos de rendimiento y costes para el estudio de contactos litológicos situados a algunos centenares de metros de profundidad, bajo una cobertera de naturaleza conductora.

La zona de estudio se localiza en las cercanías de los Llanos del Caudillo (Ciudad Real). De forma simplificada la sección geológica incluye las siguientes unidades: Calizas pontienses (alrededor de 100 m.), Terciario arcilloso (más de 350 m.), posible Trías arcilloso (más de 150 m.) y basamento de naturaleza indeterminada y carácter resistivo.

Para la resolución de esta sección se realizaron SEV que en varios casos hubieron de alcanzar aperturas AB superiores a 8 Km. para poder detectar con fiabilidad la rama final ascendente representativa del basamento.

La misma zona se estudió mediante algunos SEDT, obteniéndose resultados similares a los de los SEV. Sin embargo, para estas medidas se utilizaron bucles de 200×200 m. y la toma de datos en cada punto no requirió más de una hora frente a los dos días que la ejecución de un SEV de AB=8 Km. puede emplear.

Hemos representado en las figuras 13 y 14 el SEDT obtenido en un determinado punto y el SEV correspondiente a la sección geoelectrica del primero. Este SEV es similar en su estilo general a otros obtenidos en la zona.

Admitiendo que ambos métodos resuelvan, desde el punto de vista teórico, el problema con similar fiabilidad, es notable la ventaja del SEDT por su mayor rendimiento y, en consecuencia, menor coste.

A este respecto podría establecerse un gráfico comparativo de costes entre ambos métodos. Este

Figura 13.—SEDT en Los Llanos del Caudillo (Ciudad Real).

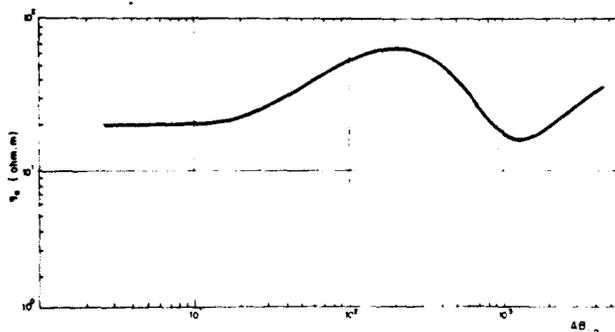
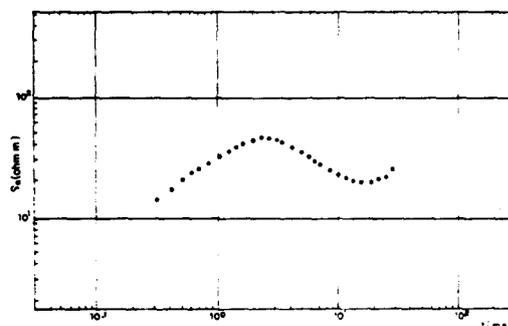


Figura 14.—SEV en Los Llanos del Caudillo (Ciudad Real).

gráfico es del tipo indicado en la figura 15, que también recoge una orientación respecto a la equivalencia en cuanto a penetración de ambos métodos se refiere. Evidentemente, esta orientación es muy aproximada porque las características de cada situación geológica imponen unas posibilidades particulares.

Es característico del método de SEV el incremento del coste al aumentar la distancia AB entre electrodos de emisión. Tal incremento no es uniforme, sino que a su vez crece notablemente al hacerlo AB. En consecuencia, para valores de AB superiores a 3 Km. el coste del SEV puede ser importante en términos absolutos. La razón es sencilla, ya que en esos casos es necesario un apoyo de personal auxiliar, vehículos, medios de comunicación, etc., muy superior al requerido para SEV cortos (hasta AB 2 Km.) y además el tiempo de ejecución se alarga considerablemente.

Sin embargo, la ejecución de un SEDT se limita a muestrear el mayor número posible de canales con lo que se incrementa la profundidad investigada sin necesidad de variar el tamaño del bucle una vez tendido.

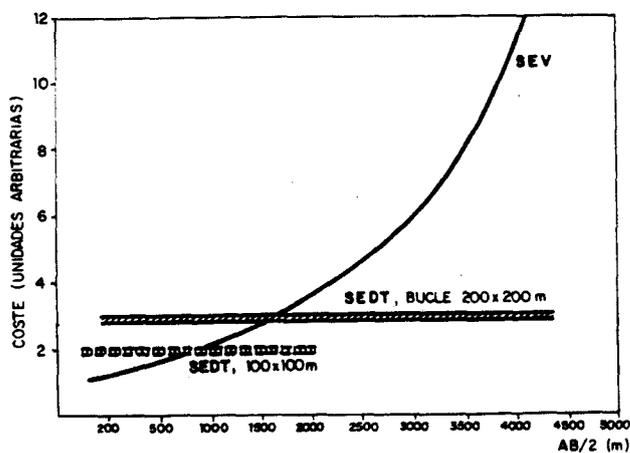


Figura 15.—Comparación de costes y equivalencia orientativa entre SEV y SEDT en lo relativo a profundidad de investigación.

Así, pues, el coste para un tamaño de bucle es constante con independencia de la profundidad investigada. En este gráfico se han considerado los tamaños de bucle normalmente utilizados para las aplicaciones más frecuentes.

En términos comparativos, y refiriéndonos a costes, es válido considerar que el SEDT puede ser más barato que el SEV cuando éste precise aperturas AB superiores a 2.000 metros.

### Ejemplo núm. 3. Detección de formaciones resis-tivas en un medio conductor.

Dentro de la experiencia obtenida con los SEDT, quizá merezca la pena destacar el caso de la cuenca de Lorca, tanto porque en ella se ponen bien de relieve las ventajas del método como por otros aspectos especiales que resultan muy instructivos.

En 1982, en un proyecto del IGME para investigación de pizarras bituminosas, los sondeos mecánicos efectuados pusieron de manifiesto que en la serie evaporítica existían importantes potencias de sal (anhidrita). En este mismo trabajo se realizaron perfiles de SEV, de cuya interpretación se trazó la marcha del paquete salino en la cuenca.

Un aspecto que en seguida llamó la atención de este estudio era la poca resistividad hallada por los SEV para la sal: entre 20 y 60 ohm.m.

Una repetición de los SEV paramétricos, con apertura de alas ortogonales entre sí, corroboró este dato, dejando sin lugar a dudas que el paquete salino se comportaba con una resistividad muy inferior a la que cabría esperar de esta roca. En su momento se justificó el hecho interpretando la capa salina como intercalaciones de pequeños niveles conductores de naturaleza arcillosa y resistividad de 0,10 ohm.m., en un paquete de 1.000 ohm.m. compuesto por sal masiva.

En estas condiciones, la sal no actúa como capa resistiva que apantalla las inferiores. Su manifestación en las curvas de SEV es una pequeña curvatura (fig. 16 SEV A4) que, aunque teóricamente posible de interpretar, o bien cae fuera de los límites de precisión del método o bien se puede malinterpretar, adjudicando al último tramo ascendente de las curvas la capa salina, cuando en realidad no lo es.

Los SEDT efectuados posteriormente en la misma zona ponen claramente de manifiesto la superior detectabilidad de la capa salina, resultando inconfundible su presencia en las curvas de resistividad aparente. La figura 17 reproduce el SEDT número 6 realizado en el mismo emplazamiento que el SEV A4.

Por otra parte, la facilidad operativa de los SEDT ha posibilitado la ejecución del número de puntos suficientes para llegar a la definición del paquete salino con un detalle muy estimable en un área donde la ejecución de SEV resultaba problemática dadas las adversas condiciones superficiales.

AGRADECIMIENTOS

La divulgación de una técnica geofísica que pudiera considerarse novedosa en algún aspecto, es tarea dura en un país con poca tradición geofísica como es el nuestro.

Por ello creemos de justicia dejar constancia de nuestro agradecimiento a todos aquellos técnicos que involucrados en la prospección geológica han aceptado el reto de innovar incorporando en sus ámbitos de actuación una herramienta no habitual y de reciente desarrollo como es el SEDT.

Su confianza nos ha permitido aprender en base la experiencia de fracasos y pequeños éxitos; única vía para avanzar en el empleo óptimo de las técnicas indirectas, entre las que la Geofísica es, quizá, la más representativa.

Así, pues, quede constancia del papel jugado en este sentido por diversos técnicos del IGME, ENUSA, UERT, TRAGSA y CGS.

BIBLIOGRAFIA

BUSELLI, G., and O'NEILL, B. (1977): *SIROTERM. A new portable instrument for multichannel transient electromagnetic measurements.* Australian Soc. of Expl. Geophys., v. núm. 3, pp. 82-87.

KAUFMAN, A. A., and KELLER, G. V. (1983): *Frequency and transient soundings. Methods in Geochemistry and Geophysics*, 16, Amsterdam, Elsevier Publ. Co., 685 pp.

MCNEIL, J. D. (1982): *EM37 Ground transient electromagnetic system: Design features.* Technical Notes, Geonics Ltd., Ontario.

NABIGHIAN, M. N. (1979): *Quasi-static transient response of a conducting half-space: An approximate representation.* Geophysics, v. 44, pp. 1700-1705.

SPIES, B. R., and RAICHE, A. P. (1980): *Calculation of apparent conductivity for the transient electromagnetic (coincident loop) method using and HP-67 calculator.* Geophysics, v. 45, pp. 1197-1200

Recibido: Febrero 1987.

Figura 16.—Detección de una capa salina mediante SEV.

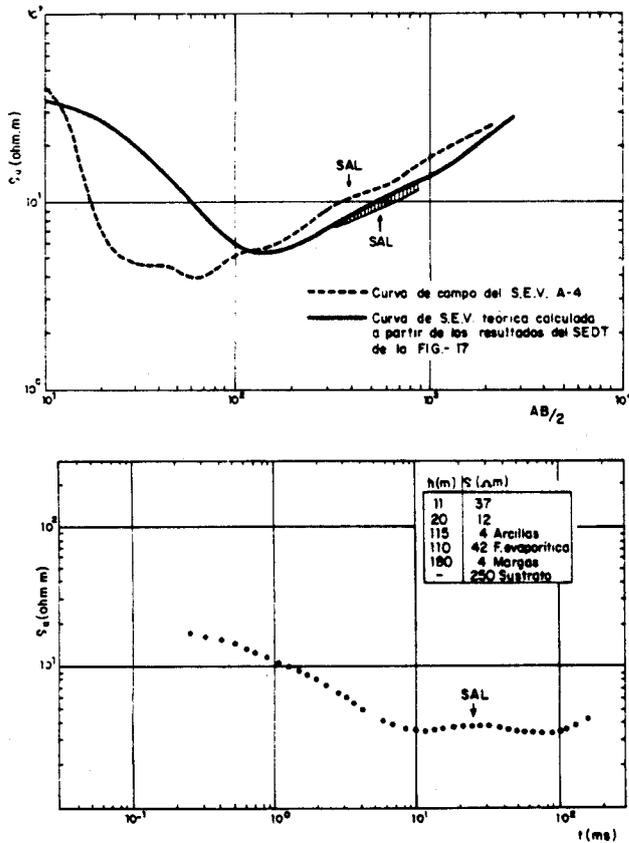


Figura 17.—Detección de una capa salina mediante SEDT.

**ANEXO N° 2**  
**CURVAS DE SEV Y SU INTERPRETACION**

---

**ANEXO N° 3**  
**CURVAS DE SEDT Y SU INTERPRETACION**

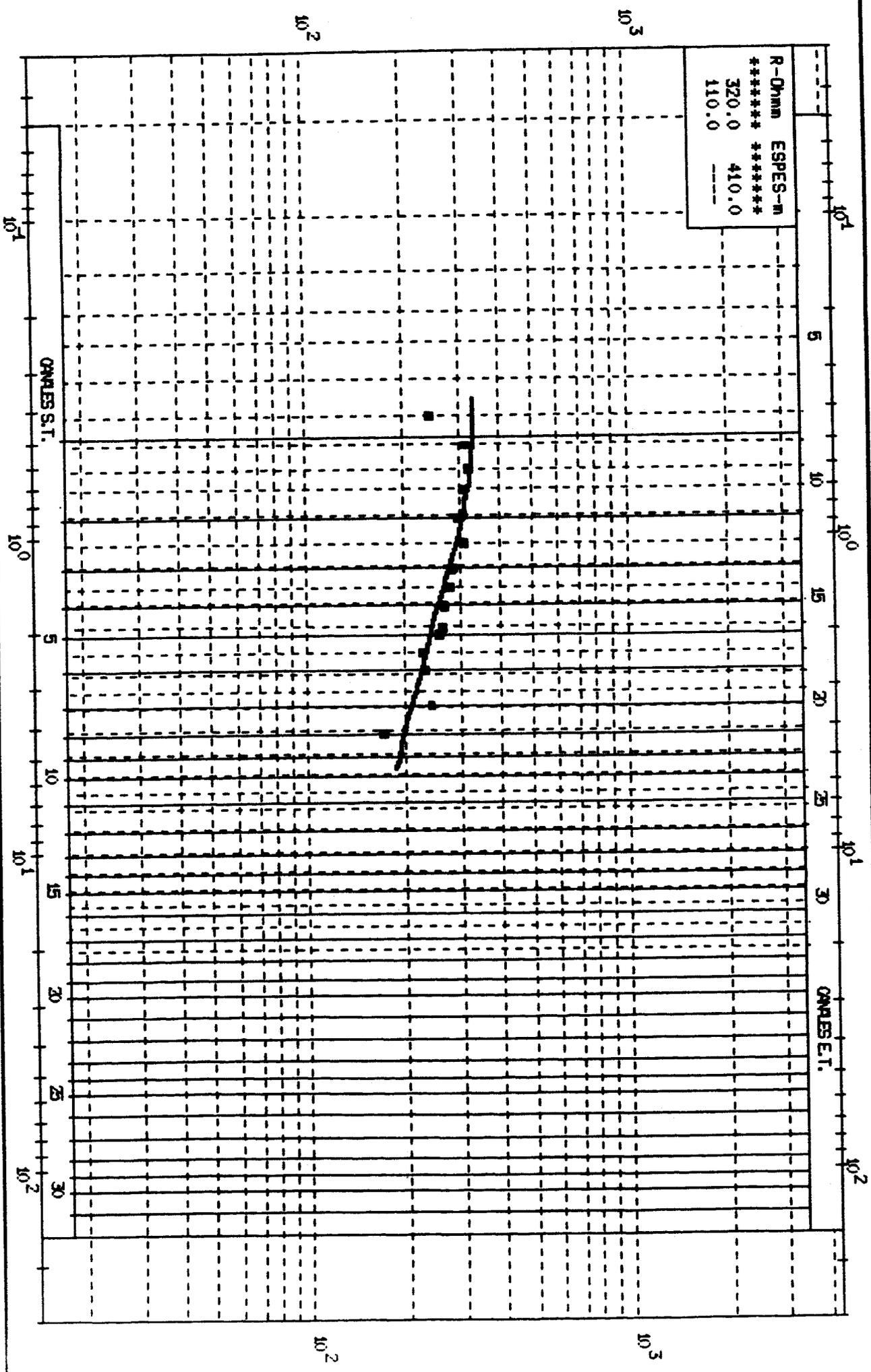
---

PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

ICME

FECHA  
JUL-87

SEDT  
1  
Al Faro  
200



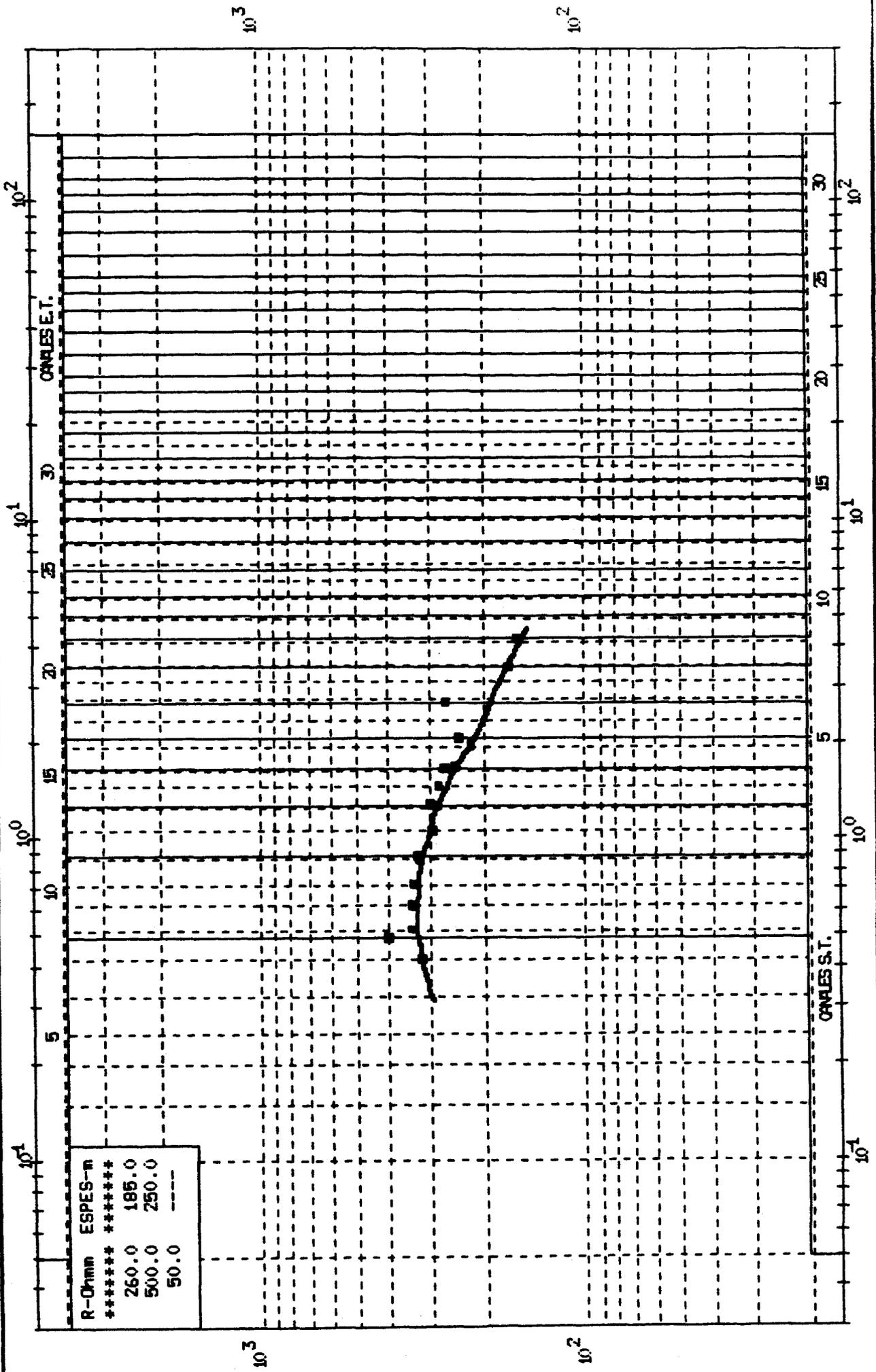
PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

FECHA  
JUL-87

SEDT  
2

Alfaro  
200



PROYECTO

ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

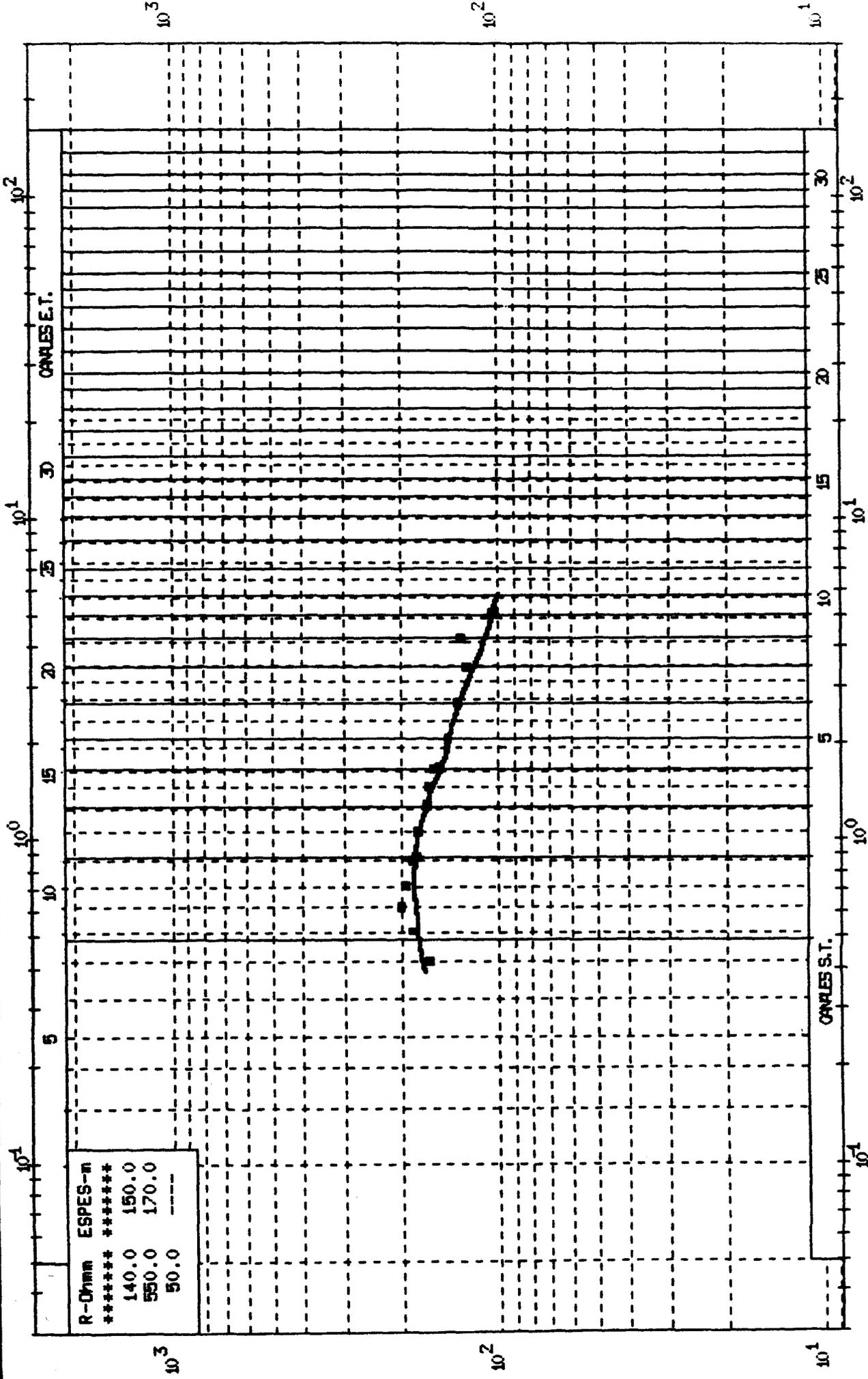
FECHA

JUL-87

SEDT

3

Alfaro  
200

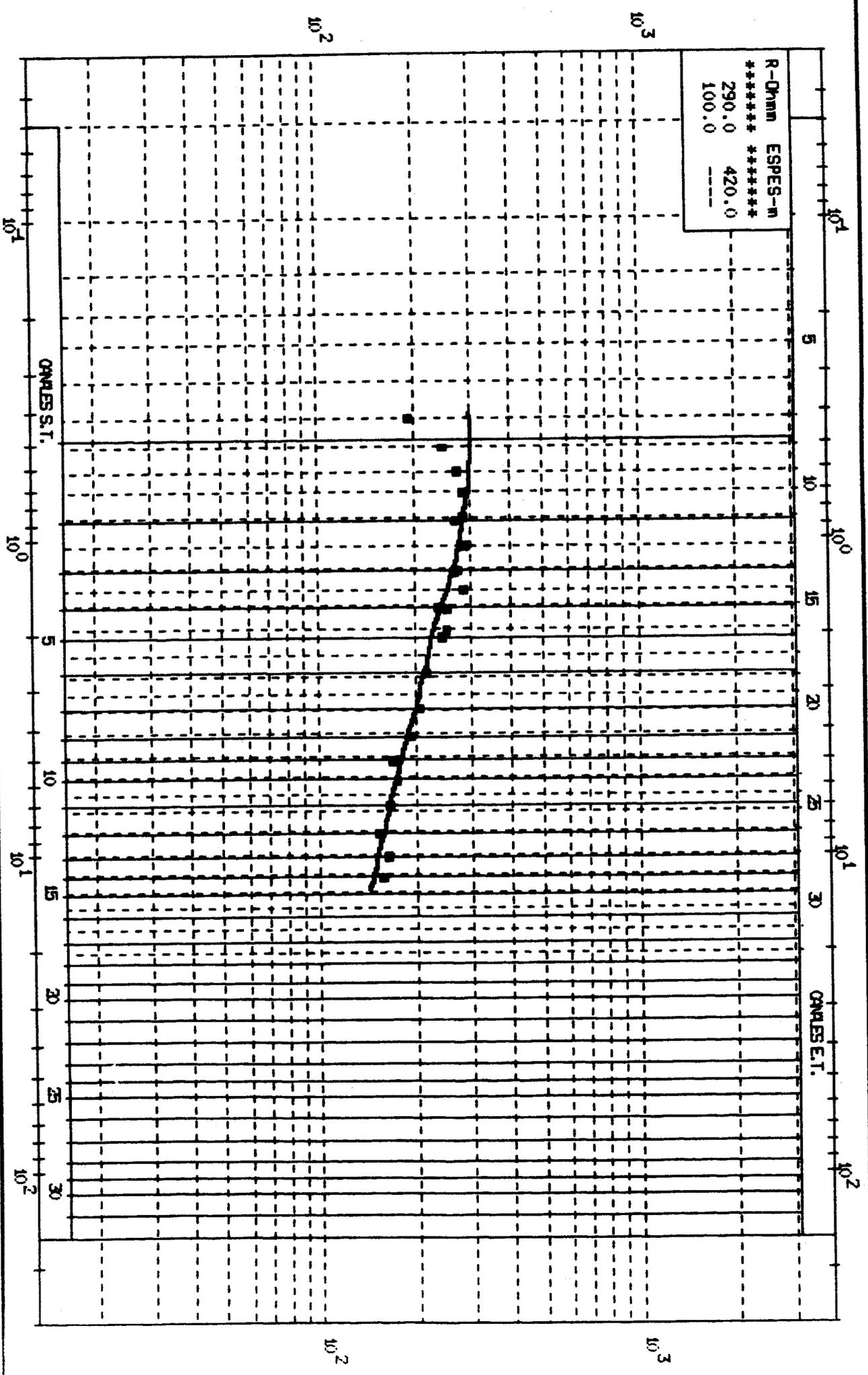


PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

FECHA  
JUL-97

SEDT  
4  
Alfaro  
200



PROYECTO

ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

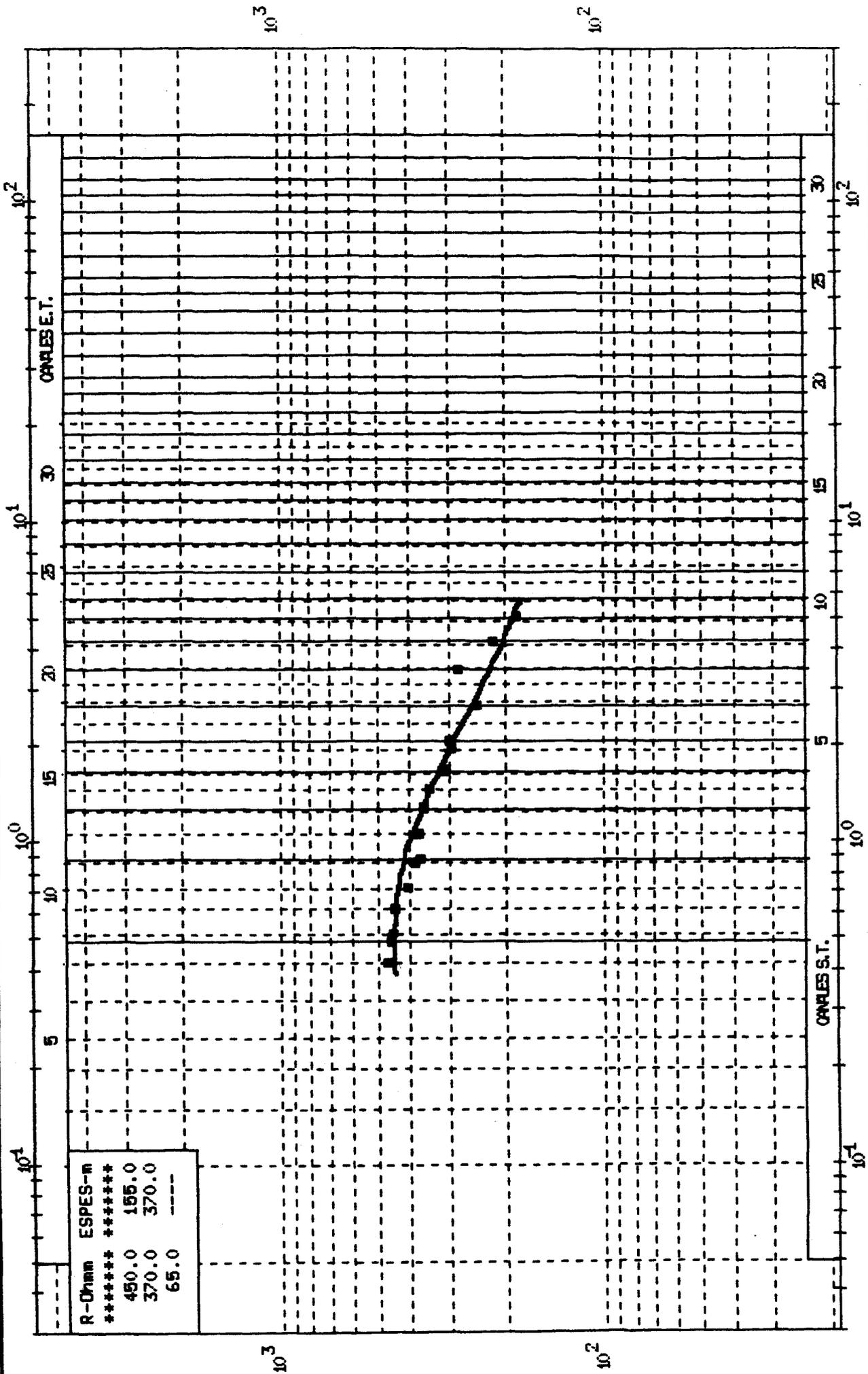
FECHA

JUL-87

SEDT

5

Alfaro  
200

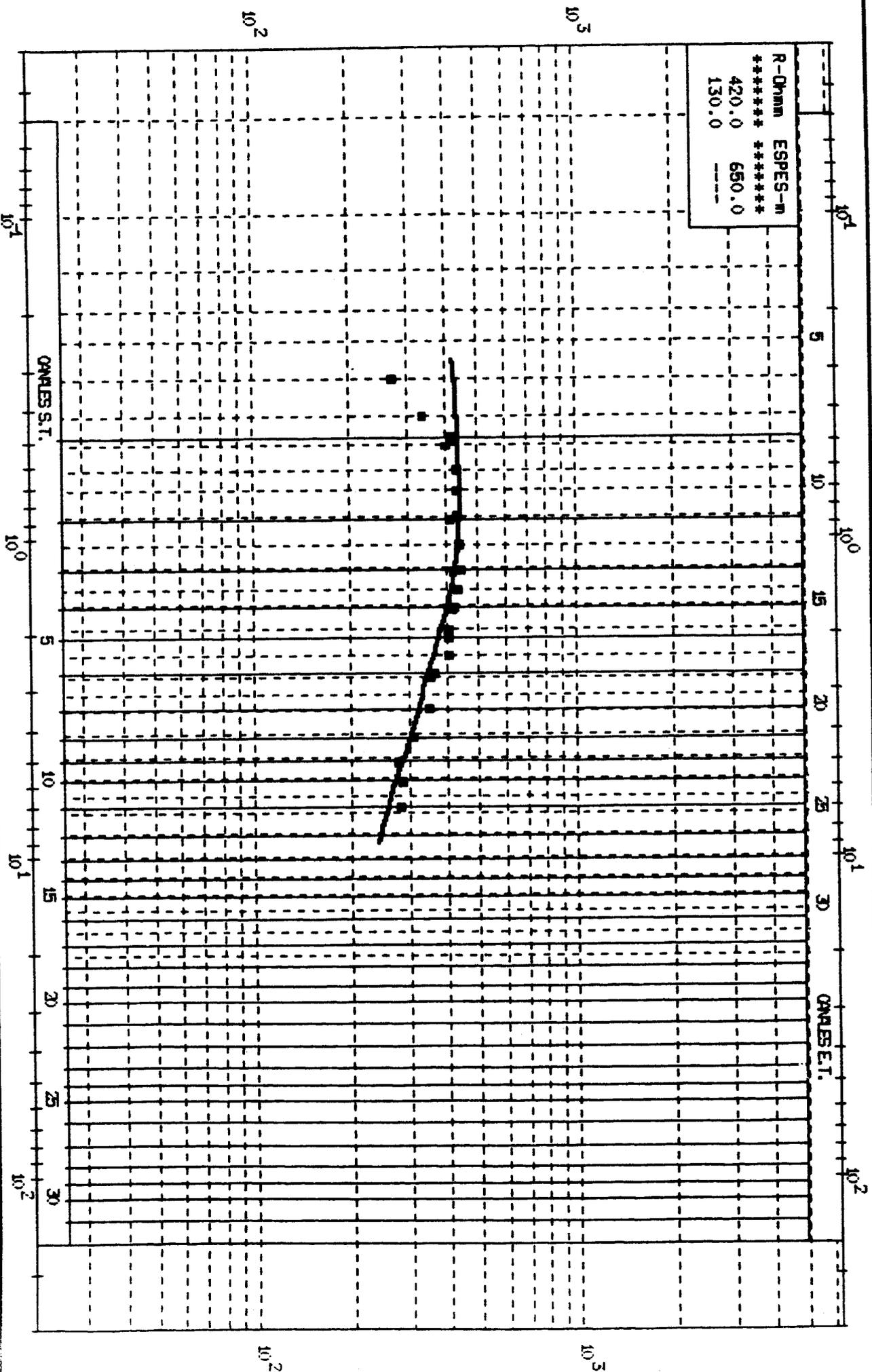


PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

FECHA  
JUL-87

SEDT  
6  
ALFARCO  
200



PROYECTO

ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

FECHA

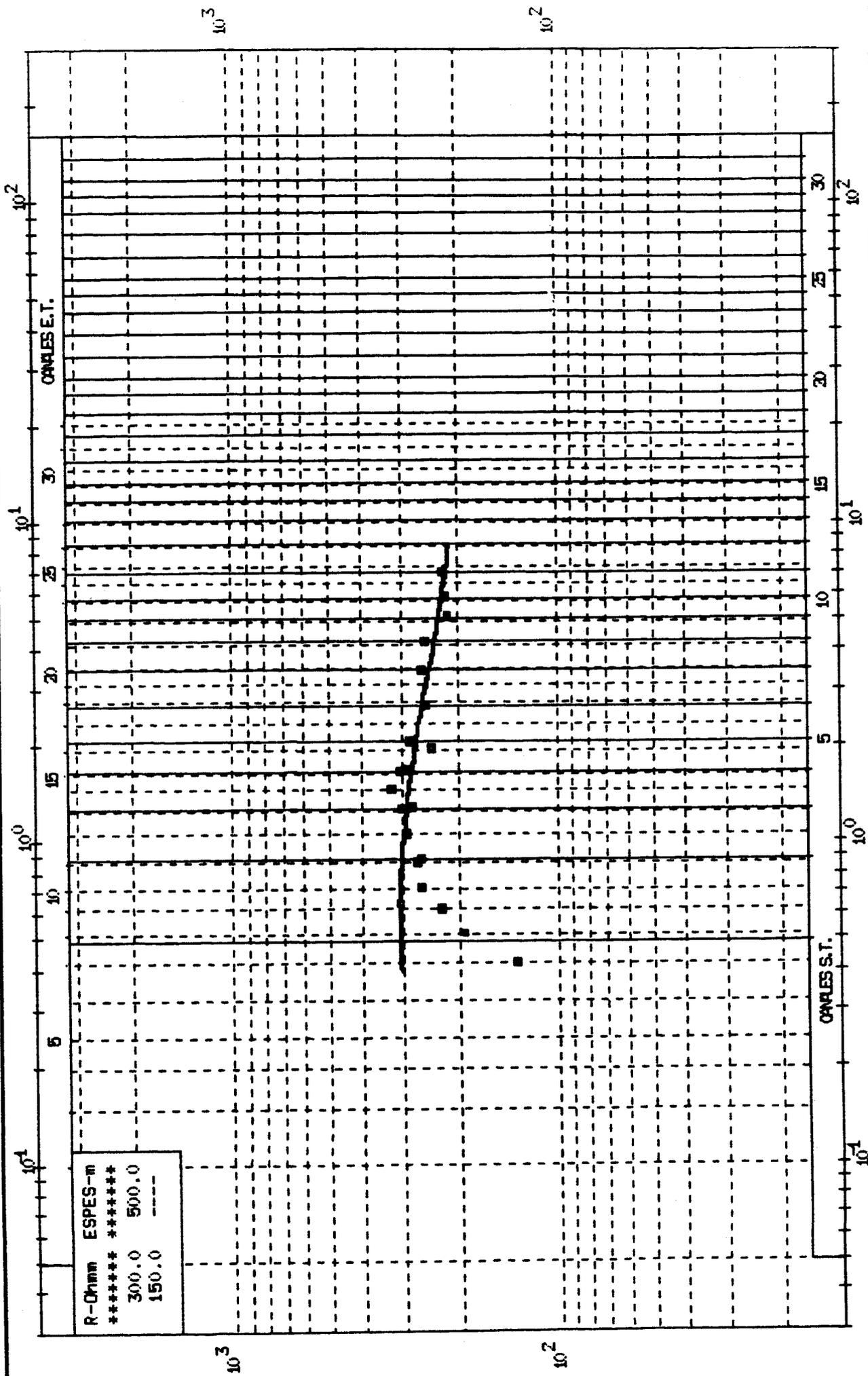
JUL-87

SEDT

7

Alfaro

200

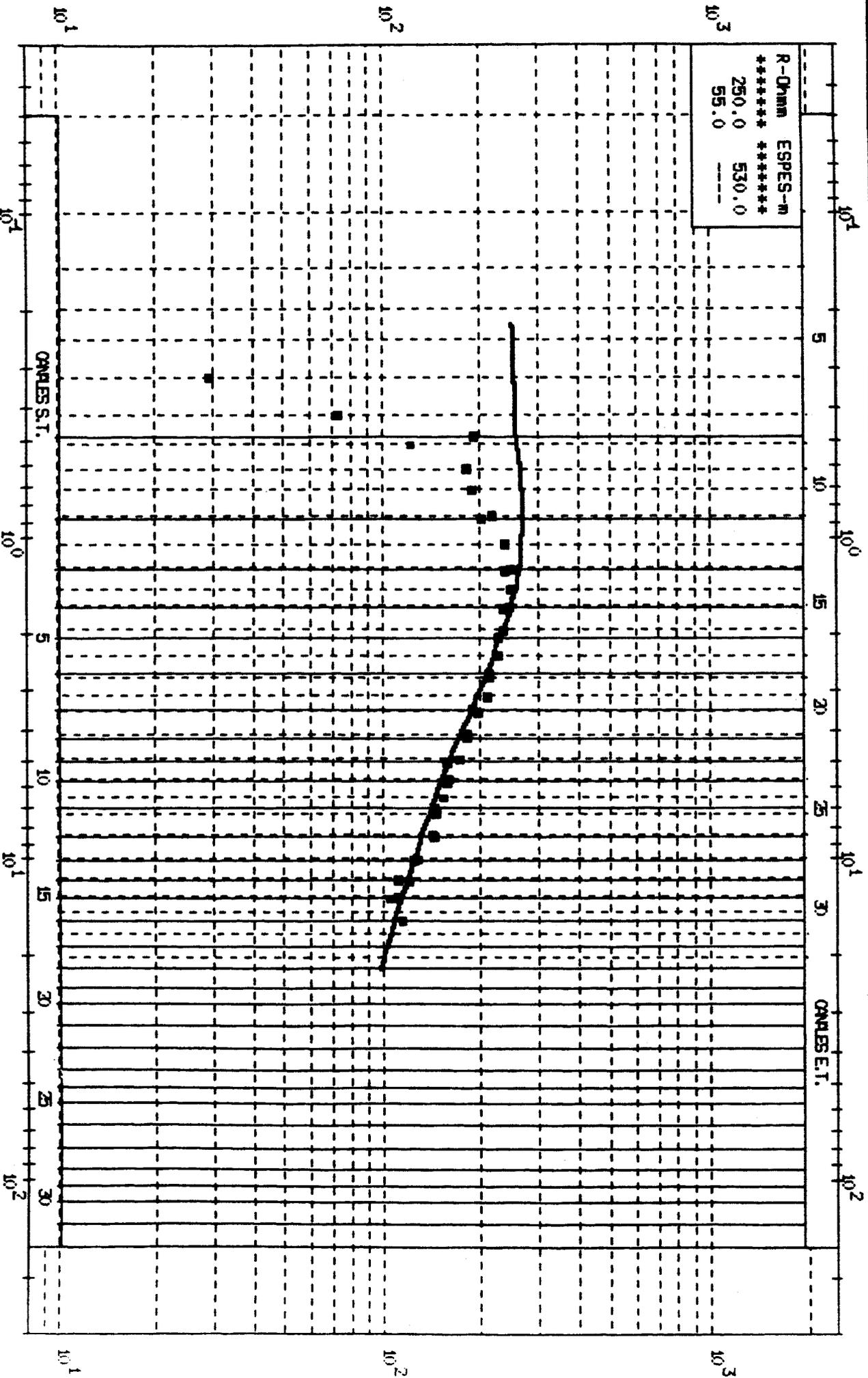


PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

ICME

FECHA  
JUL-87

SEDT  
8  
Alfaro  
200



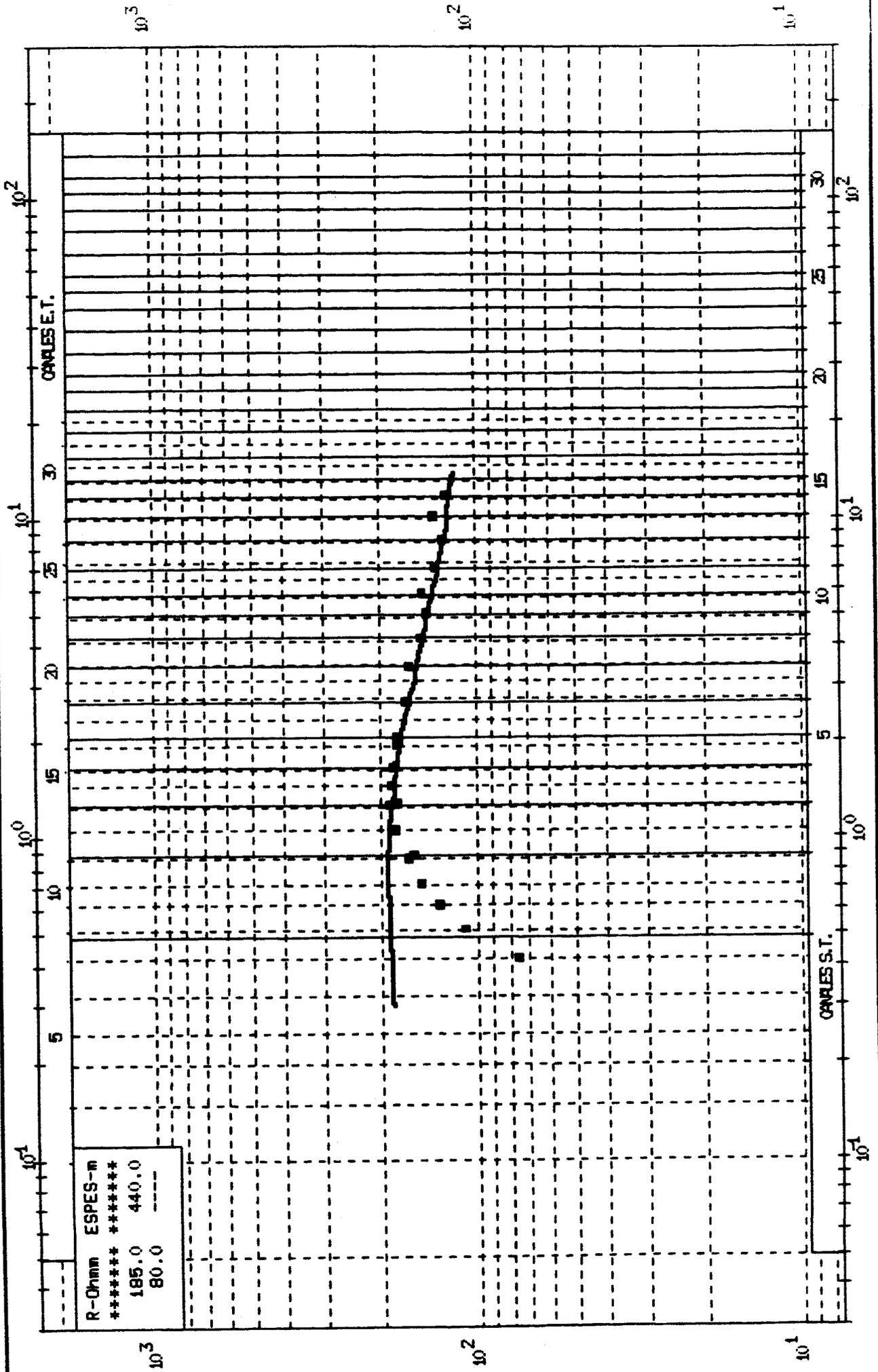
PROYECTO  
ESTUDIO MEDIANTE S.E.D.T.

IGME

FECHA  
JUL-87

SEDT  
9

Alfaro  
200



ANEXO N° 3

Organismo Instructor : 1645

Año : 1967

Situación

PROVINCIA : Navarra

CUENCA HIDROGRAFICA : Ebro

TERMINO MUNICIPAL : Carella

TOPONIMIA : La Cañada

Nº REGISTRO : 25121001

Croquis acotado o mapa detallado

Localización

MAPA TOPOGRAFICO 1:50.000 : Carella

Nº : 25121

COORDENADAS LAMBERT: X : [753789] 1° 51' 39"

Y : [839188] 42° 08' 29"

Características Generales

NATURALEZA : Masiva

OBJETO : \_\_\_\_\_

ACCESO : La Granja - Estación de Alfoz

TERMINO MUNICIPAL	<u>077</u>
REGISTRADO QUE PERTENDE EL PUNTO	<u>FCIG 1</u>
MODIFICACIONES EFECTUADAS	
AÑO DE LA MODIFICACION	

Características de la perforación

FECHA DE EJECUCION : .. / .. / ..

PROFUNDIDAD : ..... m.

PROFUNDIZADO EL : .. / .. / ..

PROFUNDIDAD REAL : ..... m.

MODO DE PERFORACION : \_\_\_\_\_

CONTRATISTA : \_\_\_\_\_

DIRECCION : \_\_\_\_\_

TRABAJOS ACONSEJADOS POR : \_\_\_\_\_

T : .....

S : .....

Geología

ACUIFERO 1 : \_\_\_\_\_

LITOLOGIA : Conglomerata

COTA TECHO : .....

COTA MURO : .....

ACUIFERO 2 : \_\_\_\_\_

LITOLOGIA : \_\_\_\_\_

COTA TECHO : .....

COTA MURO : .....

Motor

NATURALEZA : \_\_\_\_\_

POTENCIA EN CV. : .....

Bomba

NATURALEZA : \_\_\_\_\_

CAPACIDAD : ..... m<sup>3</sup>/h.

Observaciones

Nº 1 de Alfoz

### ALTIMETRIA

FECHA	PUNTO DE REFERENCIA	COTA ABSOLUTA		CROQUIS
		ESTIMADO	NIVELADA	
.. / .. / ..	_____	360,00	.....	
.. / .. / ..	_____	.....	.....	
.. / .. / ..	_____	.....	.....	

### AGUAS SUBTERRANEAS

Niveles de Agua				Productividad de la obra			Agua			
FECHA	ALTURA DEL AGUA ±	COTA ABS DEL AGUA ±	METODO DE MEDIDA	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	DURACION		DEPRESION	T°C	D	Σ a 18°
	h.	m.								
.. 1.5768	.....	.....	-----	7,2	.....	.....	.....	12,5	-----	-----
.. / .. / ..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	.....	-----	-----
.. / .. / ..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	.....	-----	-----
.. / .. / ..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	.....	-----	-----
.. / .. / ..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	.....	-----	-----

### CARACTERISTICAS TECNICAS

Perforación				Revestimiento					
DE	A	Ø EN m.m.	OBS.	DE	A	Ø INTERIOR m.m.	ESPESOR m.m.	NATURALEZA	OBS.
_____	_____			_____	_____				
_____	_____			_____	_____				
_____	_____			_____	_____				
_____	_____			_____	_____				

Bibliografía de documentos originales. \_\_\_\_\_

Numero de intercalados _____ el .. . . . .	Utilización del agua _____
---	----------------------------

Instruido por <u>S. H. H. Cárdenas</u> el <u>5/6/61</u>	Cantidad bombeada ....., .. m <sup>3</sup>
--	--

Controlado por _____	durante _____ días
----------------------	--------------------



## ALTIMETRIA

FECHA	PUNTO DE REFERENCIA	COTA ABSOLUTA		CROQUIS
		ESTIMADO	NIVELADA	
.../.../...	_____	500,	.....	
.../.../...	_____	.....	.....	
.../.../...	_____	.....	.....	

## AGUAS SUBTERRANEAS

Niveles de Agua				Productividad de la obra			Agua			
FECHA	ALTURA DEL AGUA ±	COTA ABS DEL AGUA ±	METODO DE MEDIDA	CAUDAL m³/h	DURACION		DEPRESION	T°C	D	S a 10°
	h.	m.								
.../.../...	.....	.....	-----	2,32	.....	.....	35,15	-----	-----	-----
.../.../...	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../...	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../...	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../...	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../...	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----

## CARACTERISTICAS TECNICAS

Perforación				Revestimiento					
DE	A	Ø EN m.m.	OBS.	DE	A	Ø INTERIOR m.m.	ESPESOR m.m.	NATURALEZA	OBS.
_____				_____					
_____				_____					
_____				_____					
_____				_____					

Bibliografía de documentos originales. \_\_\_\_\_

Numero de intercalados _____ el .....	Utilización del agua _____
--	----------------------------

Instruido por _____ el .....	Cantidad bombeada ..... m³
---------------------------------	----------------------------

Controlado por _____	durante _____ dias
----------------------	--------------------

Organismo Instructor : I Nc

Año : 1970

Situación

PROVINCIA : Los ríos

CUENCA HIDROGRAFICA : El río

TERMINO MUNICIPAL : ALFARO

TOPONIMIA : \_\_\_\_\_

Nº REGISTRO : 21412/41007

Croquis acotado o mapa detallado

Localización

MAPA TOPOGRAFICO 1:50.000 : Cervera de Richalhue

Nº : 21412

COORDENADAS LAMBERT: X : 748826

Y : 834030

Características Generales

NATURALEZA : Sondes

OBJETO : Pozo de Aguas

ACCESO : \_\_\_\_\_

Características de la perforación

FECHA DE EJECUCION : .. / .. / ..

PROFUNDIDAD : .. 63,00 m.

PROFUNDIZADO EL : .. / .. / ..

PROFUNDIDAD REAL : ....., .. m.

MODO DE PERFORACION : \_\_\_\_\_

CONTRATISTA : \_\_\_\_\_

DIRECCION : \_\_\_\_\_

TRABAJOS ACONSEJADOS POR : \_\_\_\_\_

TERMINO MUNICIPAL	<u>01/11</u>
REDES A LAS QUE PERTENECEN EL PUNTO	P C I G II
MODIFICACIONES EFECTUADAS	
AÑO DE LA MODIFICACION	

T : .., ..

S : .., ..

Geología

ACUIFERO 1 : \_\_\_\_\_

LITOLOGIA : \_\_\_\_\_

COTA TECHO : ....., ..

COTA MURO : ....., ..

ACUIFERO 2 : \_\_\_\_\_

LITOLOGIA : \_\_\_\_\_

COTA TECHO : ....., ..

COTA MURO : ....., ..

Motor

NATURALEZA : \_\_\_\_\_

POTENCIA EN CV. : ....., ..

Bomba

NATURALEZA : \_\_\_\_\_

CAPACIDAD : ....., .. m<sup>3</sup>/h.

Observaciones

ALTIMETRIA				
FECHA	PUNTO DE REFERENCIA	COTA ABSOLUTA		CROQUIS
		ESTIMADO	NIVELADA	
.../.../...	_____	~ 20,00	.....	
.../.../...	_____	.....	.....	
.../.../...	_____	.....	.....	

AGUAS SUBTERRANEAS										
Niveles de Agua				Productividad de la obra			Agua			
	ALTURA DEL AGUA ±	COTA ABS DEL AGUA ±	METODO DE MEDIDA	CAUDAL m³/h	DURACION		DEPRESION	T°C	D	β a 18°
					h.	m.				
.../.../68	8,00	.....	-----	3,60	.....	.....	33,00	-----	-----	-----
.../.../..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----
.../.../..	.....	.....	-----	.....	.....	.....	.....	-----	-----	-----

CARACTERISTICAS TECNICAS									
Perforación				Revestimiento					
DE	A	Ø EN m.m.	OBS.	DE	A	Ø INTERIOR m.m.	ESPESOR m.m.	NATURALEZA	OBS.
0	63			_____					
_____				_____					
_____				_____					
_____				_____					

Bibliografía de documentos originales. \_\_\_\_\_

Numero de intercalados _____ el .....	Utilización del agua _____
Instruido por _____ el .....	Cantidad bombeada ..... m³
Controlado por _____	durante _____ dias







INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 241240008

Nº de puntos descritos 25 26

Hoja topografica 1/50.000 2412

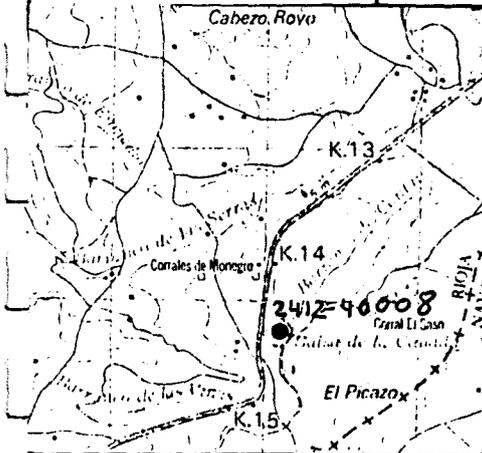
Numero 281

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

10 16

17 24



Cuenca hidrografica Ebro

Sistema acuífero ALUVIAL DEL Ebro Y AFLUENTES

Provincia LA RIOJA

Termino municipal Alfaro

Toponimia La Cañada

Objeto Prospección

Cota 442.1

Referencia topografica

Naturaleza Manantial Baja

Profundidad de la obra 47 52

Nº de horizontes acuíferos atravesados 53 54

Tipo de perforación Excavación

Trabajos aconsejados por

Año de ejecución 56 57 Profundidad

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción 58

Potencia 59 61

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

Agricultura

Cantidad extraída (Dm³)

Durante 68 70 días

¿ Tiene perímetro de protección? 71

Bibliografía del punto acuífero 72

Documentos intercalados 73

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra 74

Escala de representación 75

Redes a las que pertenece el punto PCIGH

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero 81

Año en que se efectuó la modificación 82 83

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85

Edad Geologica terciario - aluvial 86 87

Litología arcillas y arenas 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario Particular

Nombre y dirección del contratista





INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 41240009

Nº de puntos descritos 62

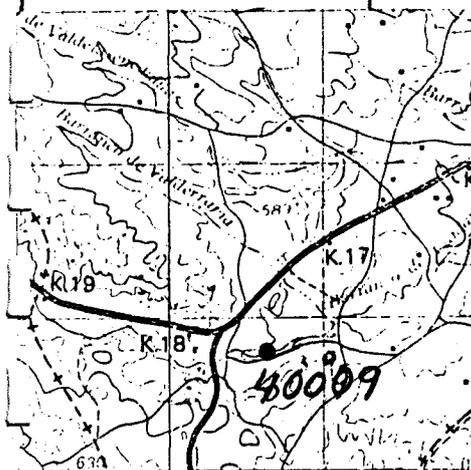
Hoja topografica 1/50.000 2412

Numero 281

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

Grid boxes for coordinates: 10, 16, 17, 24



Cuenca hidrografica Ebro

Sistema acuifero ALUVIAL DEL Ebro Y AFLUENTES

Provincia LA RIOJA

Termino municipal ALFARO

Toponimia

Objeto PROSPECCION

Cota 540

Referencia topografica

Naturaleza POZO - Balsa

Profundidad de la obra 6

Nº de horizontes acuiferos atravesados

Tipo de perforación Excavación

Trabajos aconsejados por

Año de ejecución 56 57 Profundidad

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción 58

Potencia 59 61

BOMBA

Naturaleza VERTICAL

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

Agricultura

Cantidad extraída (Dm³)

Grid boxes for quantity: 63, 67

Durante 68 70 días

¿Tiene perímetro de protección? 71

Bibliografía del punto acuifero 72

Documentos intercalados 73

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra 74

Escala de representación 75

Redes a las que pertenece el punto PCIGH 76 80

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero 81

Año en que se efectuó la modificación 82 83

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85

Edad Geologica Terciaria - Aluvial 86 87

Litología Arcillas y arenas 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario D. Ignacio y D. Pablo Mateo

Nombre y dirección del contratista

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
126-131	132	330	138-142		Sonda
143-148	149	150-154	156-159		
160-165	166	167-171	172-176		

0-3,50  
3,17-6  
Anallas  
Anallas arrojadas

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	177-182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	183-187
Duración del bombeo horas	188-190 minu. 191-192
Depresión en m.	193-197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	198-202
Coefficiente de almacenamiento	203-207

Fecha	208-213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	214-218
Duración del bombeo horas	219-221 minu. 222-225
Depresión en m.	224-228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	229-233
Coefficiente de almacenamiento	234-238

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239-243	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245-247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249-253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES

OBSERVACIONES Riega 10 Ha por goleo

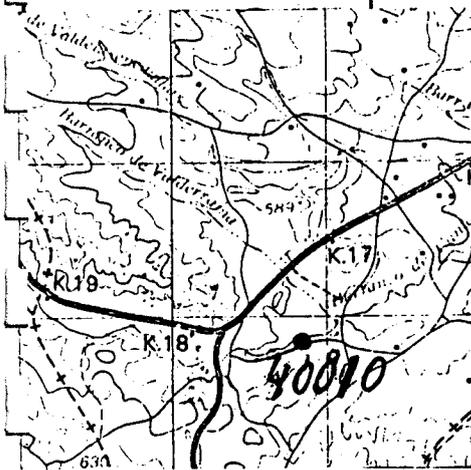
Instruido por J.M. MURILLO y A. PIÑERO Fecha 26/1/88



**ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS ESTADISTICA**

Nº de registro ..... 241240010  
 Nº de puntos descritos ..... 04  
 Hoja topografica 1/50.000 ..... 2412  
 Numero ..... 281

Coordenadas geograficas  
 X ..... Y .....  
 Coordenadas lambert  
 X ..... Y .....



Cuenca hidrografica ..... EBRO  
 Sistema acuifero ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES  
 Provincia ..... "LA RIOJA"  
 Termin municipal ..... ALFARO  
 Toponimia .....

Objeto ..... PROSPECCION  
 Cota ..... 530  
 Referencia topografica .....  
 Naturaleza ..... POZOS  
 Profundidad de la obra ..... 34  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados .....

Tipo de perforación ..... Excavación  
 Trabajos aconsejados por .....  
 Año de ejecución ..... Profundidad .....  
 Reprofundizado el año ..... Profundidad final .....

**MOTOR**  
 Naturaleza .....  
 Tipo equipo de extracción .....  
 Potencia .....

**BOMBA**  
 Naturaleza ..... VERTICAL  
 Capacidad .....  
 Marca y tipo .....

Utilización del agua .....  
Agricultura  
 Cantidad extraída (Dm³) .....  
 Durante ..... días

¿ Tiene perímetro de protección? .....  
 Bibliografía del punto acuífero .....  
 Documentos intercalados .....  
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra .....  
 Escala de representación .....  
 Redes a las que pertenece el punto .....  
 PCIGH .....

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero .....  
 Año en que se efectuó la modificación .....

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden: .....  
 Edad Geologica ..... Terciario  
 Litología ..... arcillas y arenas  
 Profundidad de techo .....  
 Profundidad de muro .....  
 Esta interconectado .....

Numero de orden: .....  
 Edad Geologica .....  
 Litología .....  
 Profundidad de techo .....  
 Profundidad de muro .....  
 Esta interconectado .....

Nombre y dirección del propietario ..... Ayuntamiento de Alfaro  
 Nombre y dirección del contratista .....

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
26 07 88	132	83 65 0	138 142		Sonda
43	149	150 154	156 159		
160	166	167 171	172 176		

0-0.10 Tierra de labranza  
 0.5-6.00 Arcillas  
 6-11. Arcillas y margas (conchas)  
 11-14. Arena y gravas  
 19-24. Arcillas

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento
	177				
	183				
	188	190			

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento
	208				
	214				
	219	221			

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
		1.100.				1.000.			

OBSERVACIONES En otra perforación se profundizó hasta los 100 mts. resultando desde el metro 119 hasta arcillas.

Caudal en conjunto de los 4 pozos 15.000 l/hora durante las 24 horas del día

Instruido por J.M. MURILLO y A. PINERO

Fecha 26.1.1988

Q = 4 l/s. en conjunto



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 241240011

Nº de puntos descritos 25 26

Hoja topografica 1/50.000 2412

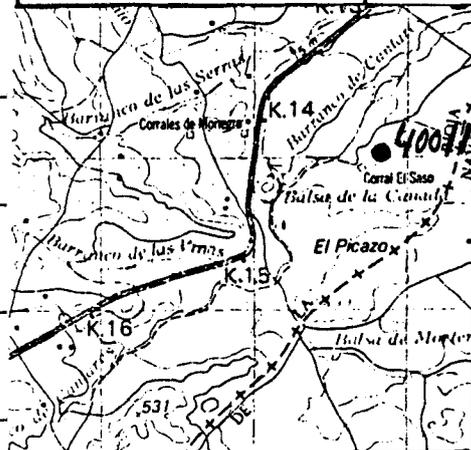
Numero 281

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

10 16

17 24



Cuenca hidrografica EBRD

Sistema acuífero ALUVIAL DEL EBRD y AFLUENTES

Provincia LA RIOJA

Termino municipal Alvaro

Toponimia Balsa del Salic

Objeto Propiedad

Cota 430

Referencia topografica

Naturaleza Pozo - Balsa

Profundidad de la obra 7

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación Excavación

Trabajos aconsejados por

Año de ejecución Profundidad

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción

Potencia

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

Agricultura

Cantidad extraída (Dm³)

Durante 68 70 días

¿ Tiene perímetro de protección? 71

Bibliografía del punto acuífero 72

Documentos intercalados 73

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra 74

Escala de representación 75

Redes a las que pertenece el punto PCIGH

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero 81

Año en que se efectuó la modificación 82 83

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden 84 85

Edad Geologica Aluvial del Terc

Litología arcillas y arenas

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

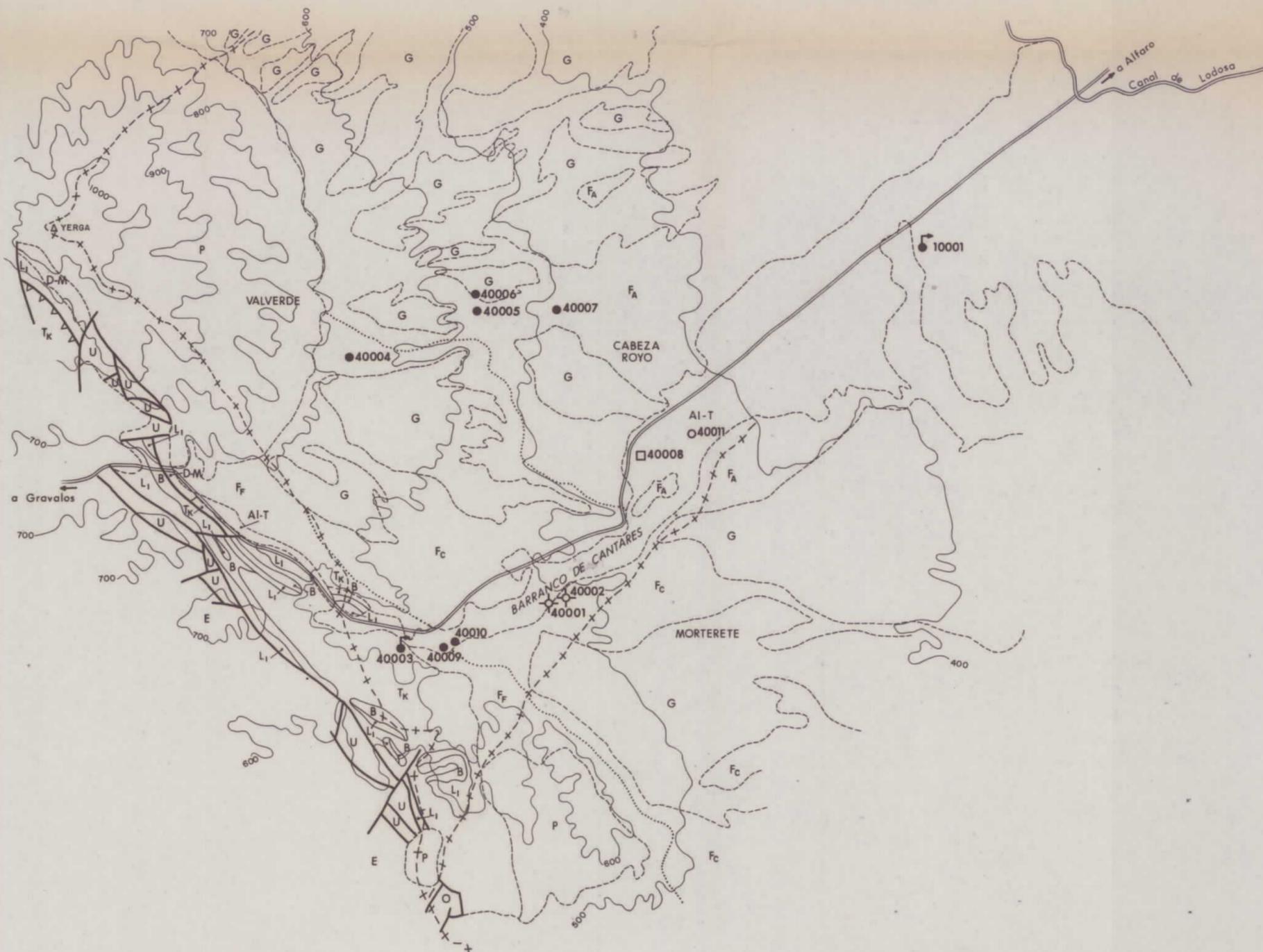
Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario Anólic Duran

Nombre y dirección del contratista





**LEYENDA**

- B BASALTOS OLIVINICOS
- Tk KEUPER
- Li LIAS
- D-M DOGGER - MALM
- O MALM (GRUPO ONCALA)
- U CRETACICO INFERIOR (GRUPO URBION)
- E CRETACICO INFERIOR (GRUPO ENCISO)
- Ff TERCIARIO (F. FITERO)
- Fc TERCIARIO (F. CASCANTE)
- Fa TERCIARIO (F. ALFARO)
- P PONTIENSE
- G GLACIS
- Al-T ALUVIAL - TERRAZA

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- CONTACTO DISCORDANTE
- ..... CAMBIO DE FACIES
- CONTACTO MECANICO
- FALLA
- FALLA INVERSA
- MANANTIAL
- POZO
- Balsa - MANANTIAL
- POZO - Balsa
- ⊕ SONDEO
- CARRETERA

DIBUJADO	E. DE LA CRUZ	<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA</b> <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b>	CLAVE
FECHA			
COMPROBADO		PROYECTO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR DE LA "FRANJA MESOZOICA TECTONIZADA" Y MATERIALES DEL TERCIARIO CONTINENTAL DE LA DEPRESION DEL EBRO SITUADOS AL S.O. DE LA LOCALIDAD DE ALFARO (LA RIOJA).	PLANO N°
AUTOR	J.M. MURILLO		
ESCALA	1: 50.000		
CONSULTOR		MAPA HIDROGEOLOGICO	1