

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LA CUENCA DE FUENTE DE PIEDRA**

(Anejo)

ESTUDIO GEOELECTRICO

31.135

Empresa colaboradora: EMPRESA NACIONAL ADARO DE
INVESTIGACIONES MINERAS S.A.

Málaga, Noviembre de 1.984

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. TRABAJO DE CAMPO	2
3. INTERPRETACION GEOFISICA	4
3.1. INTRODUCCION	4
3.2. METODO INTERPRETATIVO	4
3.3. DESCRIPCION DE LOS CORTES GEOELECTRICOS	5
3.3.1. Parte General	5
3.3.2. Descripción	6
3.4. COMENTARIOS DE LOS SEV PARAMETRICOS	9
3.5. COMENTARIOS SOBRE LA CAMPAÑA DE ADARO	10
4. CONCLUSION	12
5. COMPARACION GRAFICA ENTRE LOS SEV PARAMETRICOS Y LOS S.M. CORRESPONDIENTES	14
6. COMPARACION GRAFICA ENTRE LOS SEV DE IBERGESA Y LOS SEV DE ADARO REALIZADOS EN, APROXIMADA- MENTE, EL MISMO EMPLAZAMIENTO	

1. INTRODUCCION

El presente informe se refiere a la campaña geoelectrica efectuada por IBERGESA, durante los meses de septiembre y octubre de 1983, en los alrededores de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga). Esta campaña fué realizada por encargo del IGME, quien deseaba utilizar sus resultados para la determinación de las causas del descenso de nivel de la laguna.

Las observaciones efectuadas, sus resultados, interpretación y conclusiones, constituyen el contenido del presente informe.

2. TRABAJO DE CAMPO

El método empleado fué el SEV Schlumberger de corriente continua. El instrumental utilizado es de la marca Geotrón. - El espaciado entre estaciones es de 10 por orden decimal.

El número total de SEV efectuados fué de 63, distribuidos en 11 perfiles de rumbo NW-SE. El emplazamiento de los SEV ha sido el escogido por el IGME en líneas generales, salvo algunas modificaciones introducidas de acuerdo con dicho Instituto. El AB final alcanzado fué de 1000 m en 55 SEV, de 632 m en 4 SEV, de 500 m en 3 SEV y de 400 m en 1 SEV.

Las correspondientes curvas de resistividad aparentes - se incluyen en este informe dibujándolas mediante Trazador - (plotter) en escala bilogarítmica de 62,5 mm de módulo. Cada valor observado se representa por una cruz cuyo trazo vertical es igual al error admitido en las mediciones (5%). En estos gráficos las resistividades representadas, son las dadas directamente por el SEV, sin corrección de empalme. La ubicación de los perfiles, centros de los SEV y rumbo de las alas se señala en el adjunto plano de situación.

3. INTERPRETACION GEOFISICA

3.1. INTRODUCCION

Este apartado además de incluir un breve bosquejo de los métodos de interpretación utilizados se compone de tres partes:

- 1) Descripción de la parte principal de nuestra campaña.
- 2) Comentarios sobre los SEV paramétricos efectuados.
- 3) Comentarios sobre los SEV de Adaro que se han repetido.

Para el trabajo de interpretación nos hemos apoyado en la información geológica suministrada por el cliente.

3.2. METODO INTERPRETATIVO

Se empezó por la obtención de una interpretación aproximada de cada SEV por métodos gráficos. Esta interpretación fué afinada posteriormente mediante procesos iterativos de or

denador (programa COMSEV e ITESEV, creados por IBERGESA). Los resultados fueron llevados a cortes geoeléctricos. En caso de observarse faltas de correlación entre SEV contiguos se buscaron nuevas interpretaciones más acordes entre sí, que se sometieron al mismo proceso ya descrito.

En este informe se incluyen gráficos, uno por cada SEV, en los que se superpone la curva calculada para la interpretación final, a los puntos observados de resistividad aparente corregidos de los saltos de empalme, lo que permite juzgar el grado de coincidencia entre ambas.

A causa de la presencia de cambios laterales de resistividad, la estructura real no coincide con el modelo usual de capas geoeléctricas paralelas y homogéneas. Esto hace que en algunos SEV la coincidencia entre las curvas observada y calculada sea sólo aproximada.

3.3. DESCRIPCION DE LOS CORTES GEOELECTRICOS

3.3.1. PARTE GENERAL

Las formaciones geológicas presentes en la zona de trabajo son fundamentalmente tres: calizas Jurásicas, formaciones terciarias (fundamentalmente arcillosas) y Keuper, constituido por arcillas, margas, margocalizas y yesos.

Las calizas Jurásicas, que sólo aparecen marginalmente en algún perfil, pueden diferenciarse por su resistividad y situación, pero respecto a la formación Miocena su diferenciación eléctrica es mucho más difícil y aún problemática. Por una parte, el Mioceno detrítico puede presentar resistividades próximas a la de las calizas y por otra, el Mioceno arcilloso, puede confundirse con el Keuper debido a que muchas veces tienen resistividades del mismo orden.

La presencia de yesos en el Terciario Inferior y en el Keuper dá lugar a una salinización de las aguas que disminuye aún más el contraste resistivo entre ambas formaciones e incluso oscurece la distinción entre las diferentes litologías. Esta salinización se ha visto incrementada hasta, el punto de alcanzar casi la superficie por el bombeo incontrolado de aguas subterráneas.

Comviene indicar además que, si bien el Keuper, por lo general, presenta resistividades muy bajas, también es normal que tenga zonas de resistividad muy alta.

Por todas estas razones, la diferenciación entre litologías se hace muy difícil y a veces dudosa, lo que dificulta la identificación de las capas geoelectricas en nuestros cortes.

3.3.2. DESCRIPCION

Los cortes geoelectricos se han agrupado en tres bloques cada uno de los cuales corresponde a una zona determinada, a saber:

ZONA 1: Formada por los perfiles 1 a 4 y situada al noroeste de la laguna.

ZONA 2: Perfiles 5, 6 y 7, situada al SE de la laguna.

ZONA 3: Perfiles 8 a 11, situada al NE de dicha laguna.

A continuación se describen los cortes geoelectricos por zonas.

ZONA 1 (Perfiles 1 a 4)

Las calizas Jurásicas se detectan en el SEV 10 con un espesor de 55 m y se apoyan sobre materiales conductores pro-

bablemente del Keuper. La misma formación se detecta en el SEV 1, con resistividades análogas, sin que se llegue al Keuper.

Existe una zona de resistividades superiores, en general a 10 ohmios-metro que creemos representa el Mioceno. Su naturaleza sería predominantemente arcillo-margosa con algunos niveles más detríticos. Su espesor máximo es de 105 m bajo el SEV 5. La fuerte disminución de espesor que se observa en el P-3, entre los SEV 14 y 18, puede ser debida a que una fuerte salinización haya enmascarado el verdadero espesor de estos sedimentos. En el P-4, bajo los SEV 22 a 25, existe una intercalación conductora, con resistividad inferior a 6 ohmios-metro, que puede deberse al mismo fenómeno de infiltración salina.

Por debajo de la formación descrita, aparece una distribución algo irregular de resistividades, en general muy bajas, que creemos corresponden al Terciario Inferior y al Keuper, sin que pueda diferenciarse entre ambos y ni siquiera entre los diferentes componentes litológicos.

En líneas generales se observa una disminución de las resistividades al acercarse a la laguna, lo que resulta coherente con la indicada salinización, la cual tendrá su origen en la laguna.

ZONA 2 (perfiles 5 a 7)

En esta zona se detectan las mismas formaciones que en la anterior, salvo las calizas Jurásicas.

La zona, atribuída a Mioceno, con resistividades mayores que 10 ohmios-metro, se detecta en los perfiles 5 y 6, con espesor máximo de 70 m bajo el SEV 30.

Las bajas resistividades que forman el substrato del Mioceno, corresponderían, como antes al Terciario Inferior y

al Keuper, aunque se dibujan algunas estructuras, o zonas de resistividad, que no nos atrevemos a identificar litológicamente.

El perfil 7 es diferente de los otros dos por sus bajas resistividades, que a veces no llegan a 1 ohmio-metro. En este perfil no aparecen zonas de resistividades superiores a 10 ohmios-metro. La causa de esta disparidad radica muy probablemente en la proximidad de este perfil a la laguna, que haría especialmente intensos los efectos de la salinidad.

ZONA 3 (perfiles 8 a 11)

En esta zona se ha dibujado el corte geoelectrico C-III de la campaña de Adaro, a continuación del P-11 de la actual. Como puede verse la correlación parece correcta.

En los perfiles 11, 8, 9 y C-III aparecen formaciones semejantes de las de las zonas anteriores.

Las formaciones con resistividad mayor que 10 ohmios-metro, que hemos atribuido al Mioceno, alcanzan su mayor desarrollo bajo el SEV 18 del C-III, con 185 m de potencia, y mínimo de 2 m bajo el SEV 50, salvo que parte de él esté enmascarado por la salinidad bajo este SEV.

Como se ha indicado anteriormente, debajo aparecen resistividades muy bajas que corresponderían al Terciario Inferior y al Keuper.

El corte geoelectrico del P-10 es de difícil correlación con los anteriores, e incluso de sus SEV entre sí. Resulta aventurado el establecimiento de cualquier identificación estratigráfica de este corte; litológicamente las resistividades interpretadas pueden corresponder a formaciones arcillo-margasas.

3.4. COMENTARIOS DE LOS SEV PARAMETRICOS

De acuerdo de lo exigido en el pliego de condiciones se han realizado SEV paramétricos en cruz junto a los SEV n°1 y 2, elegidos por el cliente.

Las respectivas columnas se representan en uno de los anejos de este informe junto con los cortes geoelectrónicos hallados.

S.M. 1 (Bermejo I)

En este sondeo, que alcanzó 600 m de profundidad, se encuentra un Mioceno compuesto por calcarenitas, arcillas y margas hasta los 74 m. A partir de aquí y hasta el final, se cortaron arcillas, margas, margocalizas y yesos del Keuper.

Estas formaciones no se reflejan en el SEV donde debajo de las capas superficiales, con 16 m de espesor conjunto, se detecta una resistividad uniforme de 9'3 ohmios-metro que continúa hasta 240 m de profundidad, a partir de la cual toma un valor ligeramente inferior.

Esta falta de concordancia se debe a la escasa variación litológica del corte del sondeo, compuesto por alternancia de los mismos materiales.

S.M. n°2 (Santillan II)

Este sondeo se terminó a la escasa profundidad de 34 m, que se descompone en tres partes: 3 m de conglomerados, 21 de areniscas con arcillas, todo ello del Mioceno, y a continuación margas grises del Keuper hasta el final.

En este caso hay concordancia entre el corte del S.M. y el SEV. El contacto entre las areniscas y las margas se encuen

tra a 26 m de profundidad y en el S.M. a 24. Los conglomerados se manifiestan por capas superficiales de alta resistividad. La de las margas es de 8'1 ohmios-metro y continúa hasta 178 m, muy por debajo del final del S.M.

Combiene hacer notar que las dos curvas obtenidas en cada punto son similares pero no exactamente iguales. Por ello los resultados anteriores corresponden a curvas que resultan de promediar cada par de mediciones.

3.5. COMENTARIOS SOBRE LA CAMPAÑA DE ADARO

De acuerdo con el pliego de condiciones se han realizado SEV junto a los emplazamientos, indicados según el plano, de 4 SEV de la campaña anterior realizada por Adaro.

En uno de los anejos adjuntos a este informe, se reproducen superpuestas nuestras curvas de campo corregidas, de empalme, con las curvas correspondientes de Adaro. La coincidencia es en general aceptable, aunque no perfecta, y esto último por las siguientes causas:

a) Las situaciones marcadas en el plano para los SEV, - pueden diferir algo de la realidad, máxime si se tiene en cuenta que se ha trabajado con mapas a escala 1:50.000.

b) Las curvas de Adaro se han calculado de fotocopias - con evidente deformación.

c) Las discrepancias en la parte inicial de las curvas puede deberse a cambios en la humedad de las capas superficiales del terreno, cosa que ocurre normalmente.

No hemos podido comprobar las interpretaciones de Adaro debido a que los datos suministrados tienen todos, forma grá-

fica y, como se ha dicho, con deformaciones, por lo que una -
diferencia en los resultados no hubiese sido significativa. No
obstante hemos interpretado los SEV efectuados por nosotros,
con los resultados que se incluyen en el mismo gráfico de la
curva.

La comparación entre los resultados indicados en los -
cortes de Adaro con la interpretación de los nuevos SEV, se -
refleja en el gráfico adjunto. Parece ser que las primeras ca -
pas en los SEV de Adaro han sido simplificadas. Como puede -
verse en algunos SEV la coincidencia es aceptable y en otros
hay algunas discrepancias. Se han unido con trazos las capas
que parecen semejantes.

Para ampliar las bases de nuestra comparación hemos di -
bujado un corte geoelectrico conjunto de nuestro P-11 y el -
C-III de Adaro, y como puede verse no hay discontinuidad en--
tre ellos.

En resumen, por lo que hemos podido ver y comprobar, -
los resultados de la campaña de Adaro concuerdan con los nues -
tros, si bien el espesor de la zona no salinizada parece ma--
yor en el de Adaro, pero esto puede deberse a un incremento -
de la salinización con el tiempo.

4. CONCLUSIONES

1.- Se ha realizado una campaña de SEV en la zona de la Laguna de Fuente Piedra.

2.- Las formaciones litológicas presentes manifiestan - escaso contraste de resistividades, lo que dificulta, y a veces impide, su diferenciación, en especial en lo que concierne al Terciario Inferior y al Keuper.

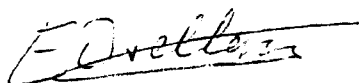
3.- Se observan los efectos de un proceso de salinización, que se manifiesta por un descenso en las resistividades. La salinización más fuerte aparece en las proximidades de la Laguna.

Esta salinización contribuye a enmascarar el contraste de resistividad entre las diferentes formaciones litológicas.

PERSONAL QUE HA REALIZADO ESTE TRABAJO

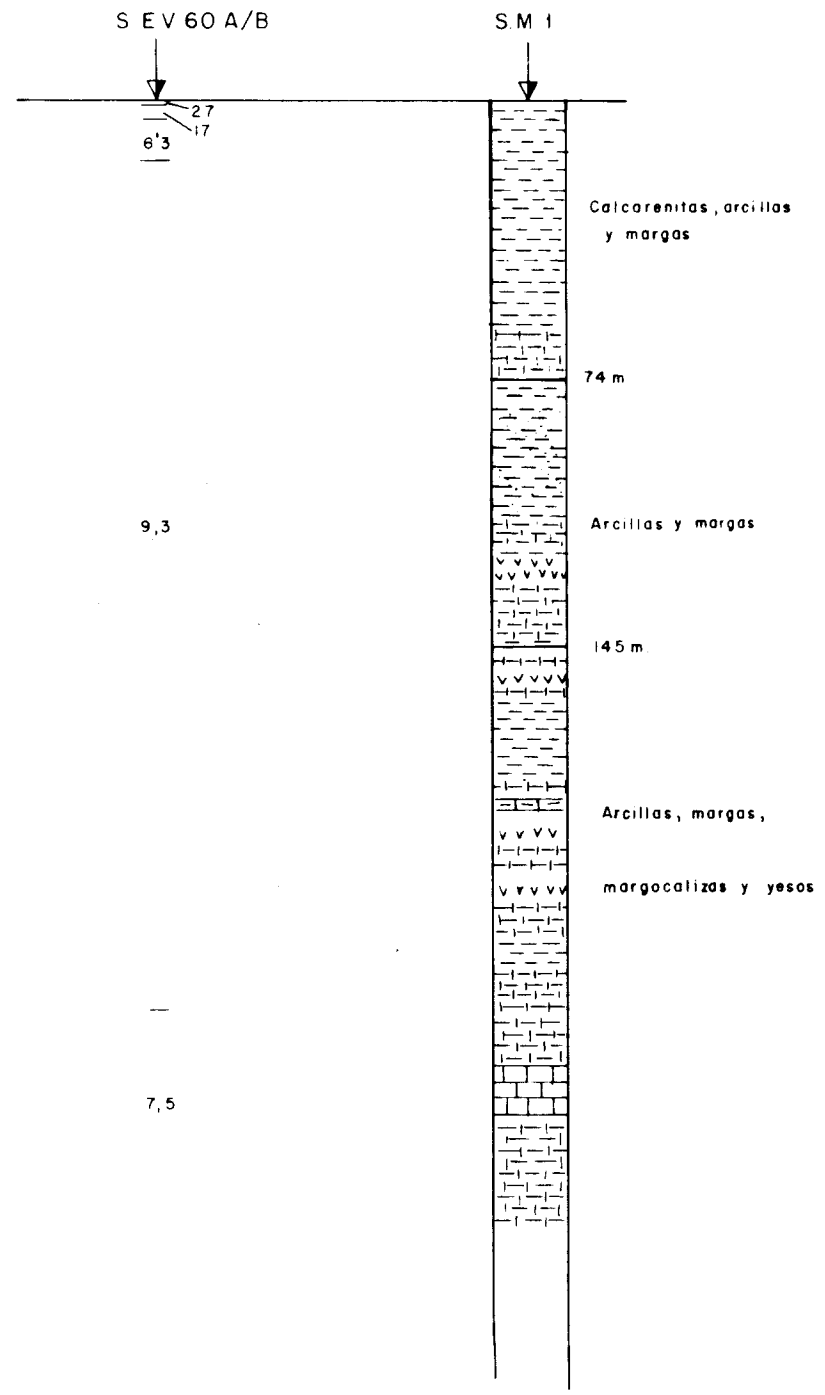
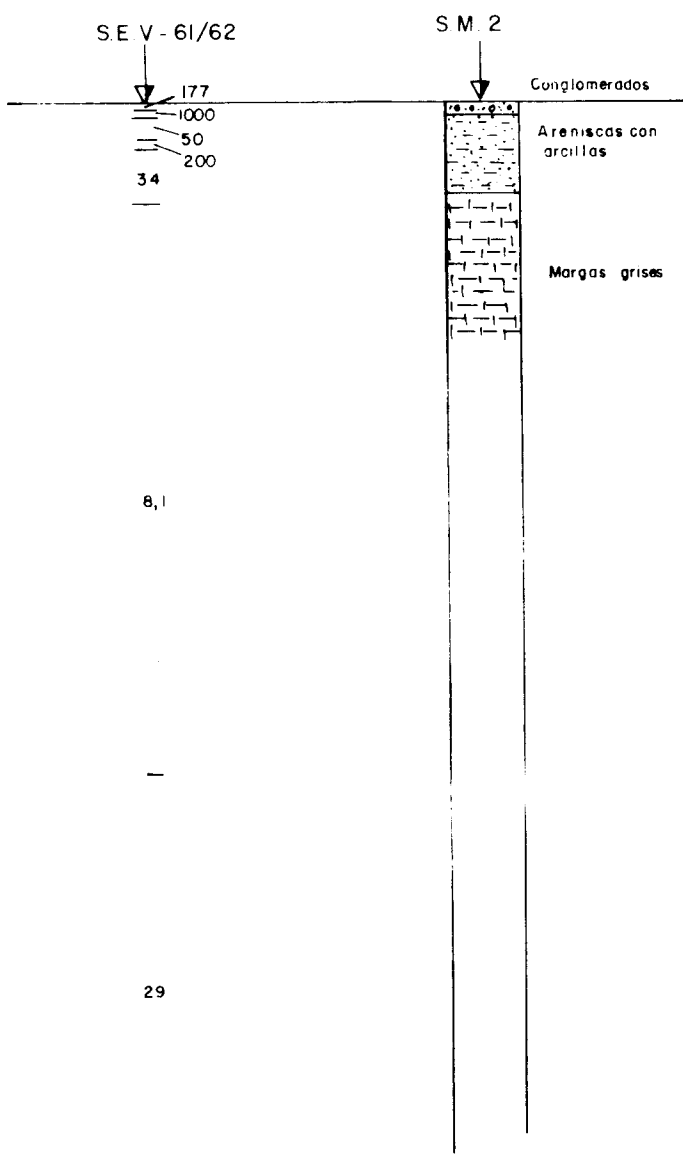
- Trabajo de campo: J.L. Kaiser Ruiz del Olmo
- Interpretación: Ernesto Orellana Silva y Mariano Higueras Gil.

Técnico Autor de este Informe



Fdo: Ernesto Orellana Silva

5. COMPARACION GRAFICA ENTRE LOS SEV
PARAMETRICOS Y LOS S.M. CORRESPON
DIENTES



DIBUJADO J.G. González	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
FECHA Noviembre - 83			
COMPROBADO E. Orellana	PROYECTO ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALAGA)	CLAVE	
AUTOR M. Higuera J.L. Kaiser			
ESCALA 1/2.000	S.E.V. - PARAMETRICOS		PLANO Nº 5
CONSULTOR IBERGESA			

6. COMPARACION GRAFICA ENTRE LOS SEV
DE IBERGESA Y LOS SEV DE ADARO -
REALIZADOS EN, APROXIMADAMENTE, -
EL MISMO EMPLAZAMIENTO

RO APARENTE

+++++ S.E.V 63 A/B de Ibergesa
-.-.- S.E.V 5 de Adaro

10^2

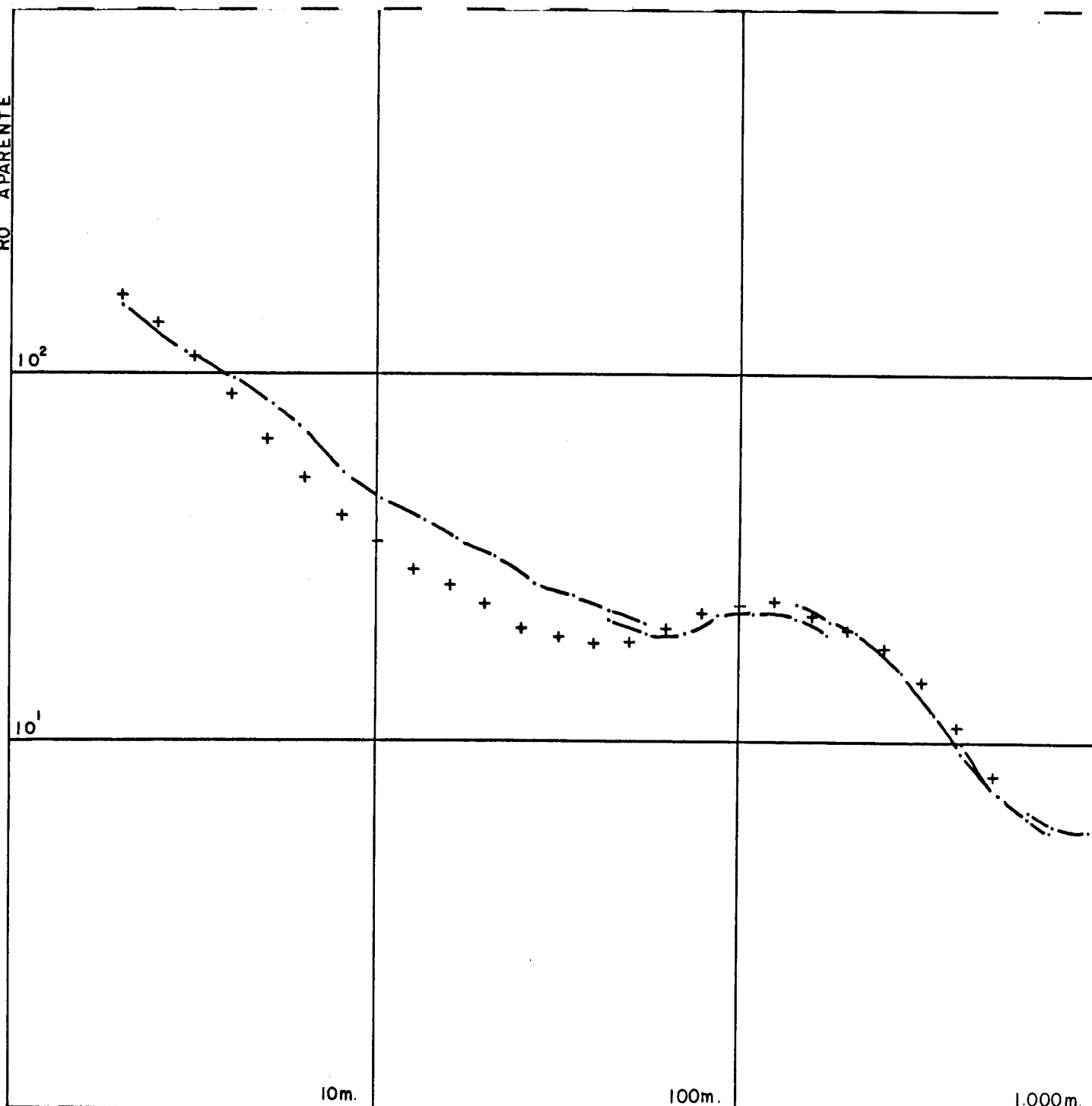
10^1

10m.

100m.

1.000m.

AB/2



RO APARENTE

+++++ S.EV64 A/B de Ibergesa
-.-.-.- S.E.V 8 de Adaro

10'

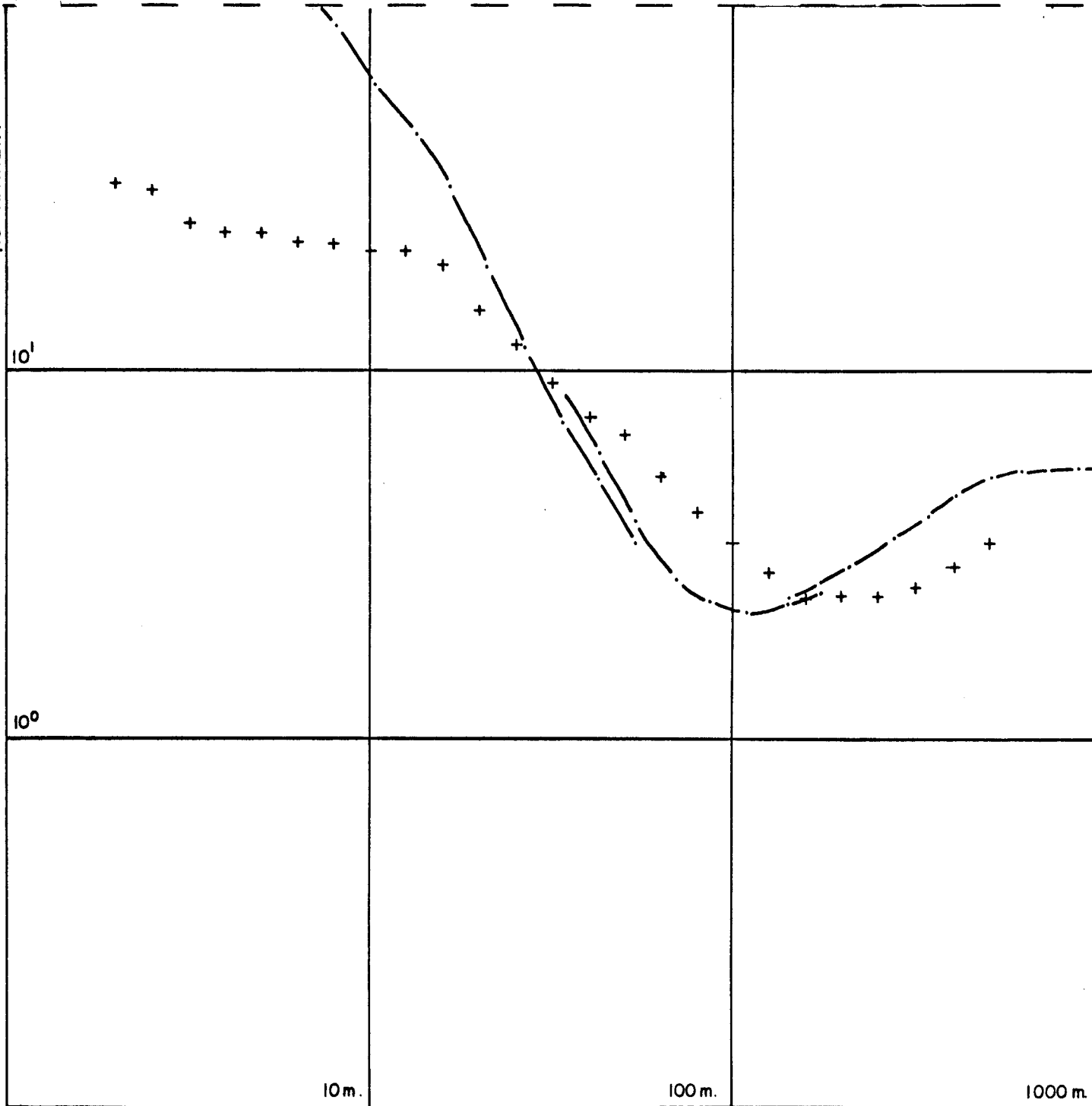
10°

10m.

100m.

1000m.

AB/2



RO APARENTE

+++++ S.E.V 60 A/B de Ibergesa
-.-.-.- S.E.V 13 de Adaro

10'

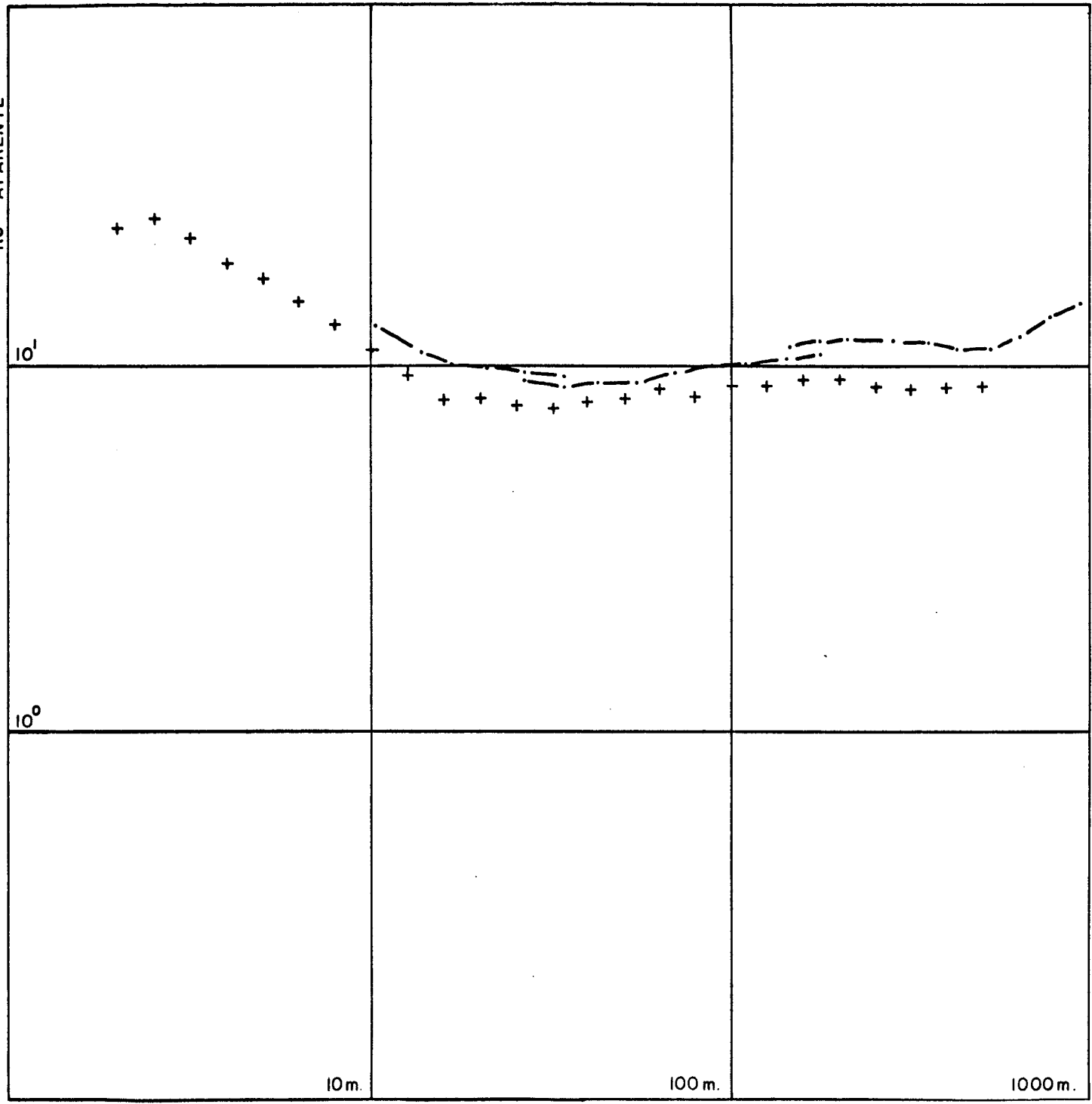
10°

10 m.

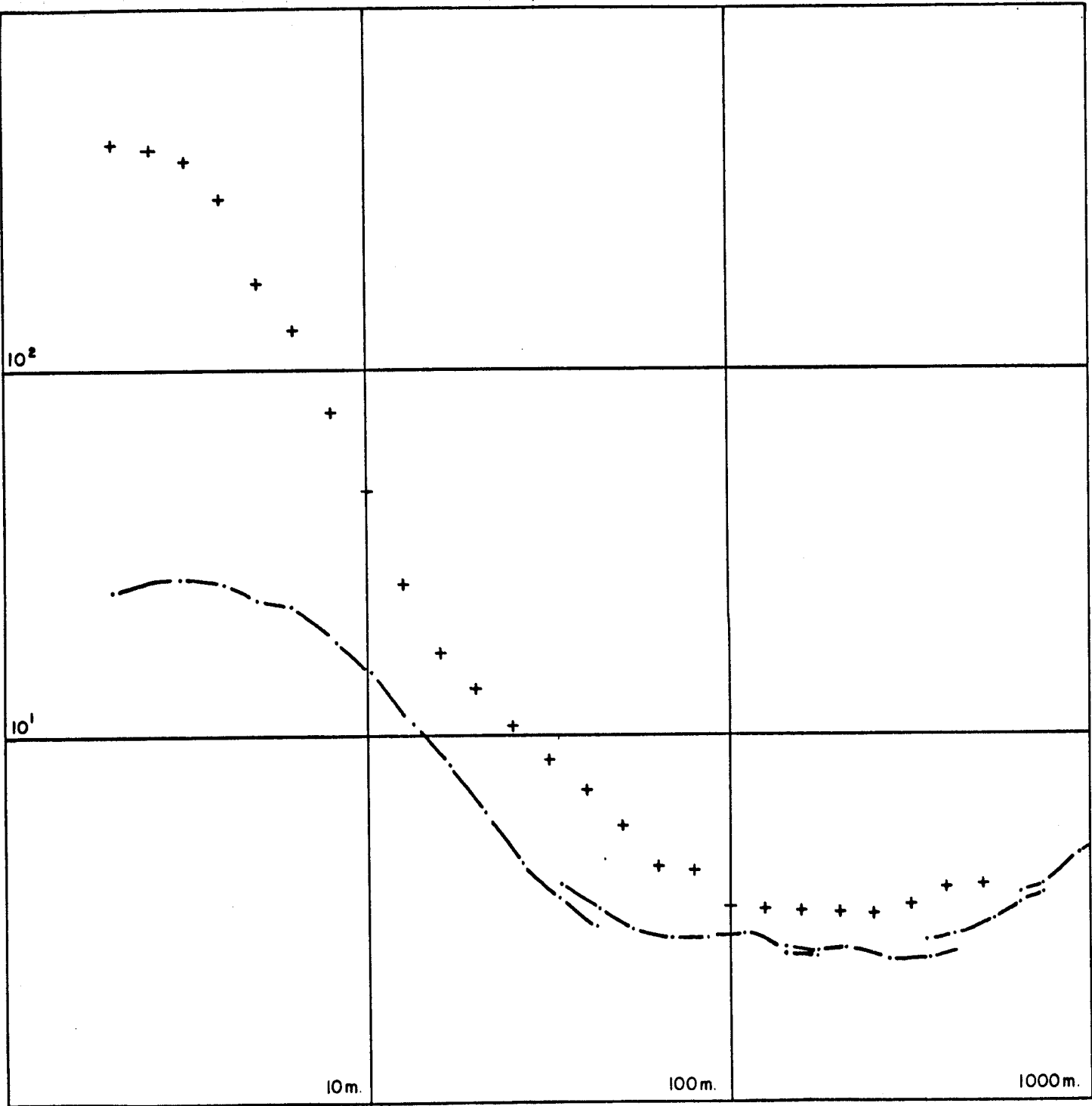
100 m.

1000 m.

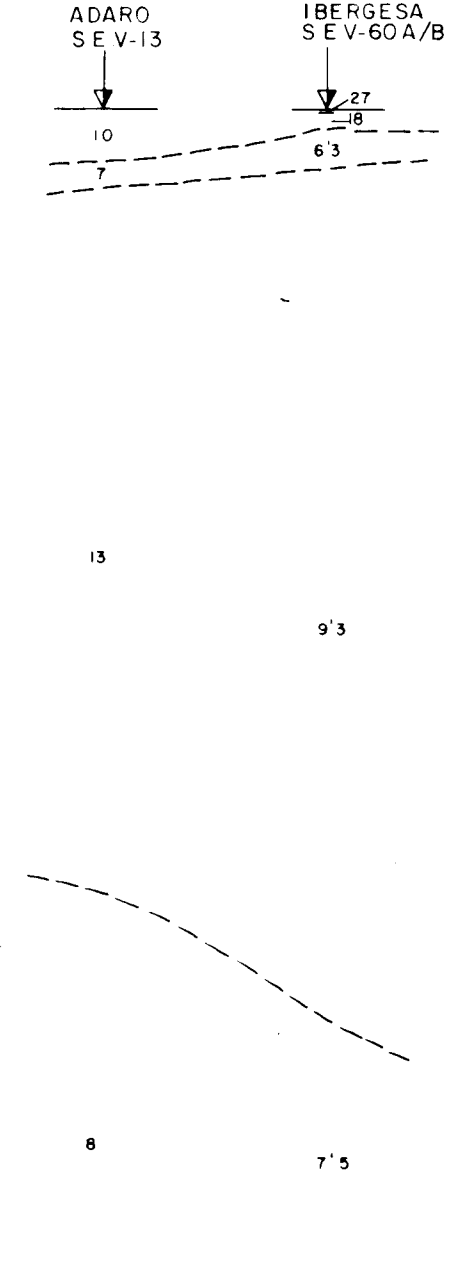
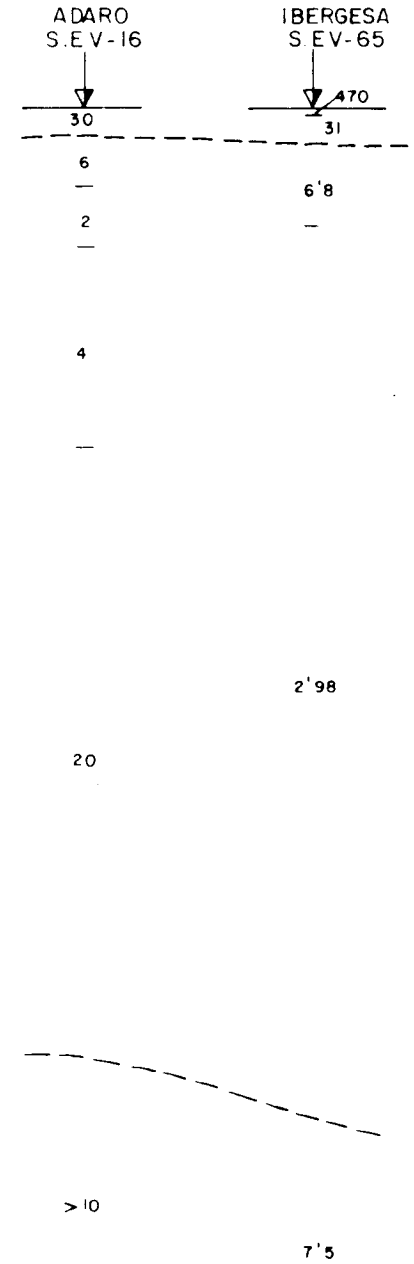
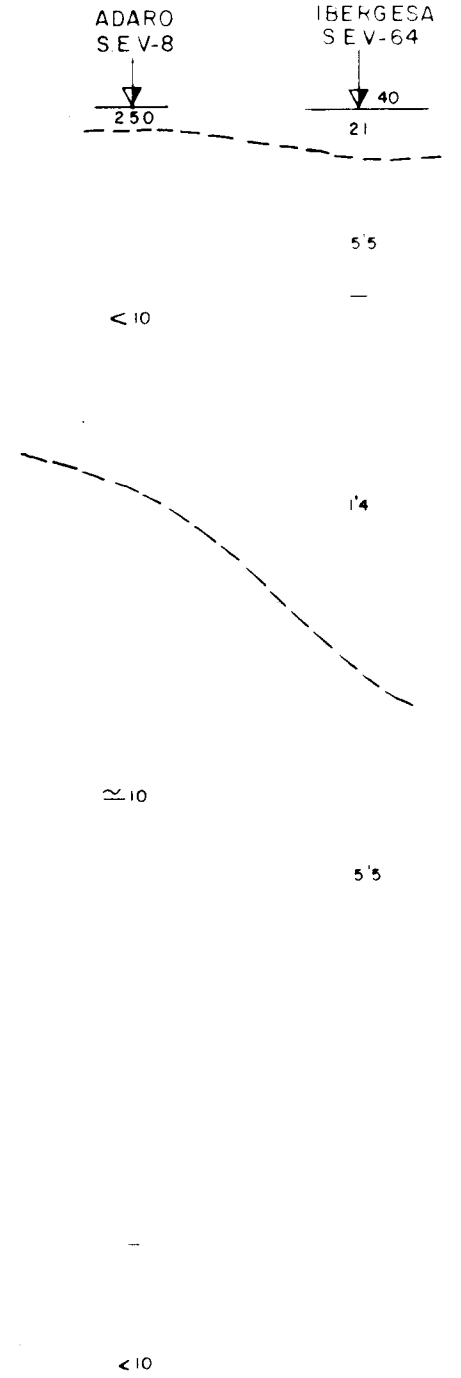
AB/2



RO APARENTE



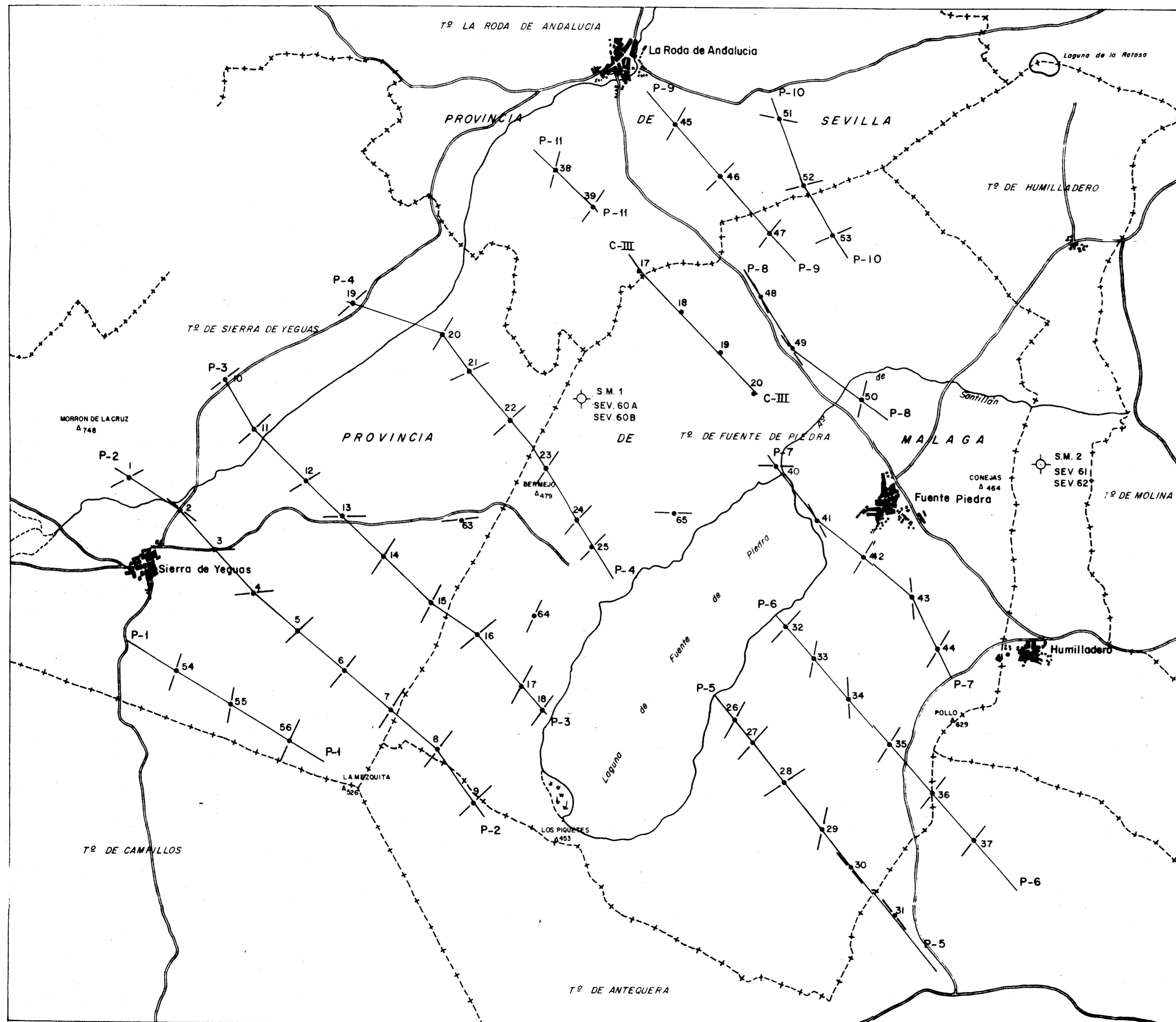
+++++ S.E.V 65A/B de Ibergesa
-.-.-.- S.E.V 16 de Adaro



a 500m
80m

DIBUJADO J.G. González	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA Noviembre - 83	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO E. Orellana	PROYECTO ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALAGA)	CLAVE
AUTOR M. Higuera J.L. Kaiser		
ESCALA		
CONSULTOR IBERGESA	COMPARACION ENTRE INTERPRETACIONES	PLANO Nº 6

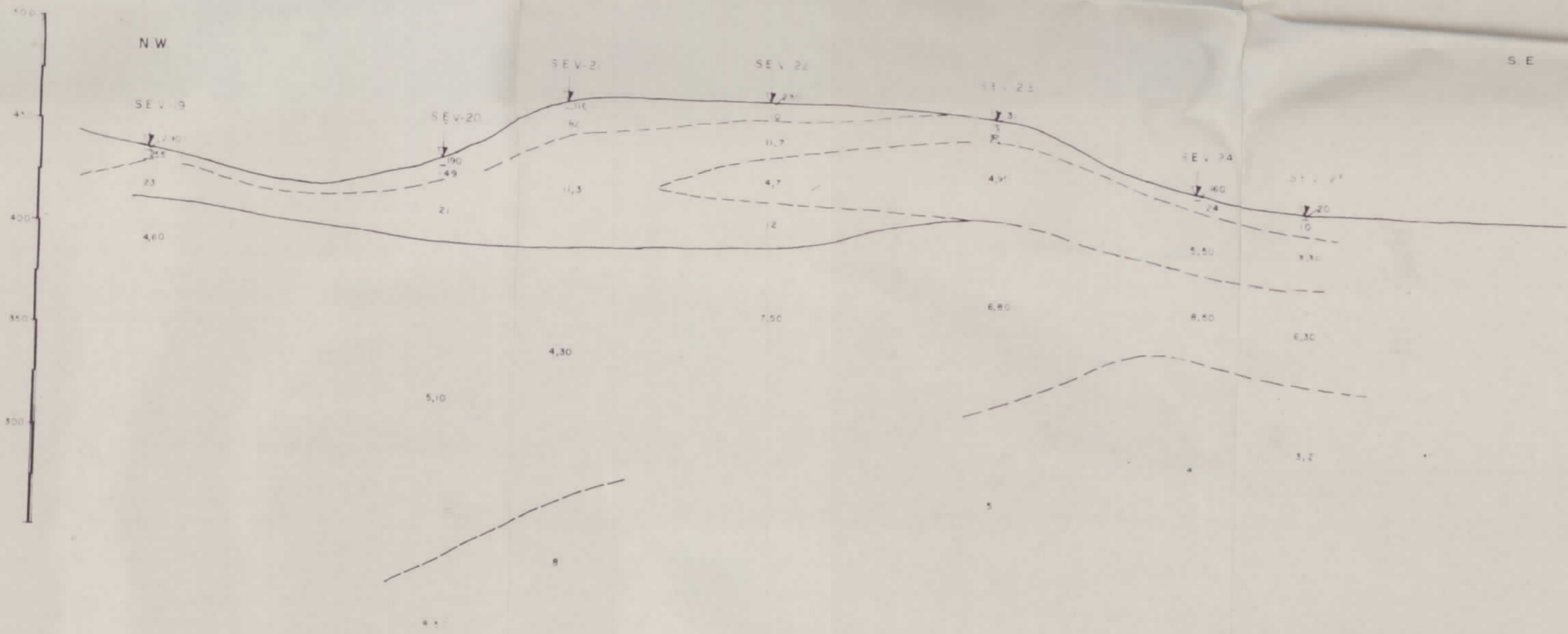




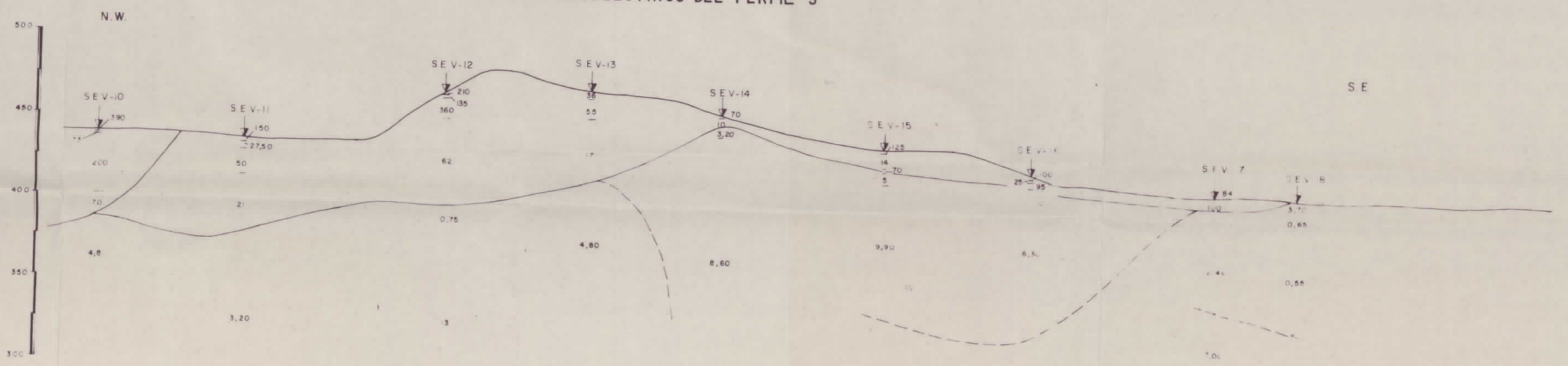
—●— Sondeo Electrico Vertical
 ⊙ Sondas Mecánicas

DEBUJADO J.G. González	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA Noviembre-83	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO E. Orellana	PROYECTO ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALAGA)	CLAVE
AUTOR M. Higuera J.L. Kaiser		PLANO Nº 1
ESCALA 1/50 000		
CONSULTOR IBERGESA	PLANO DE SITUACION	

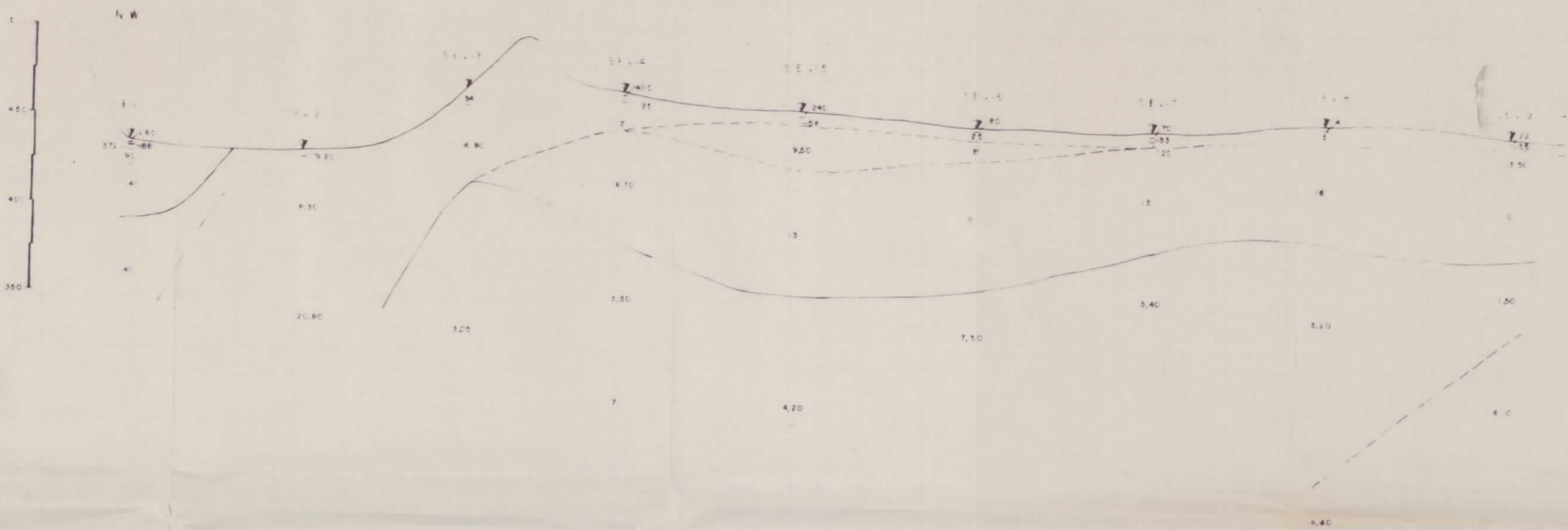
COORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 4



COORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 3



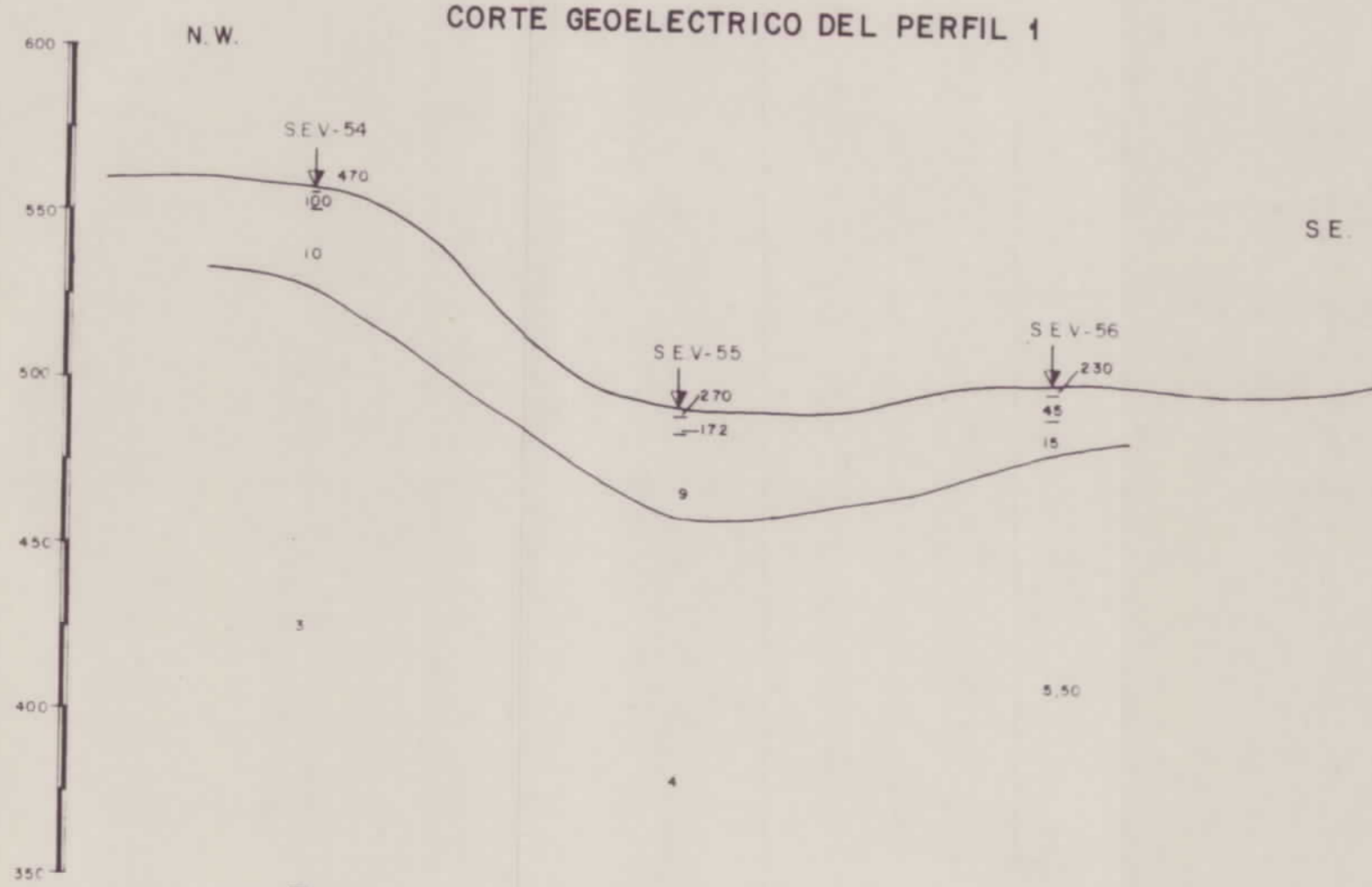
COORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 2



↓ A 365 m
15,80 Ω m

↓ A 370 m
100 Ω m

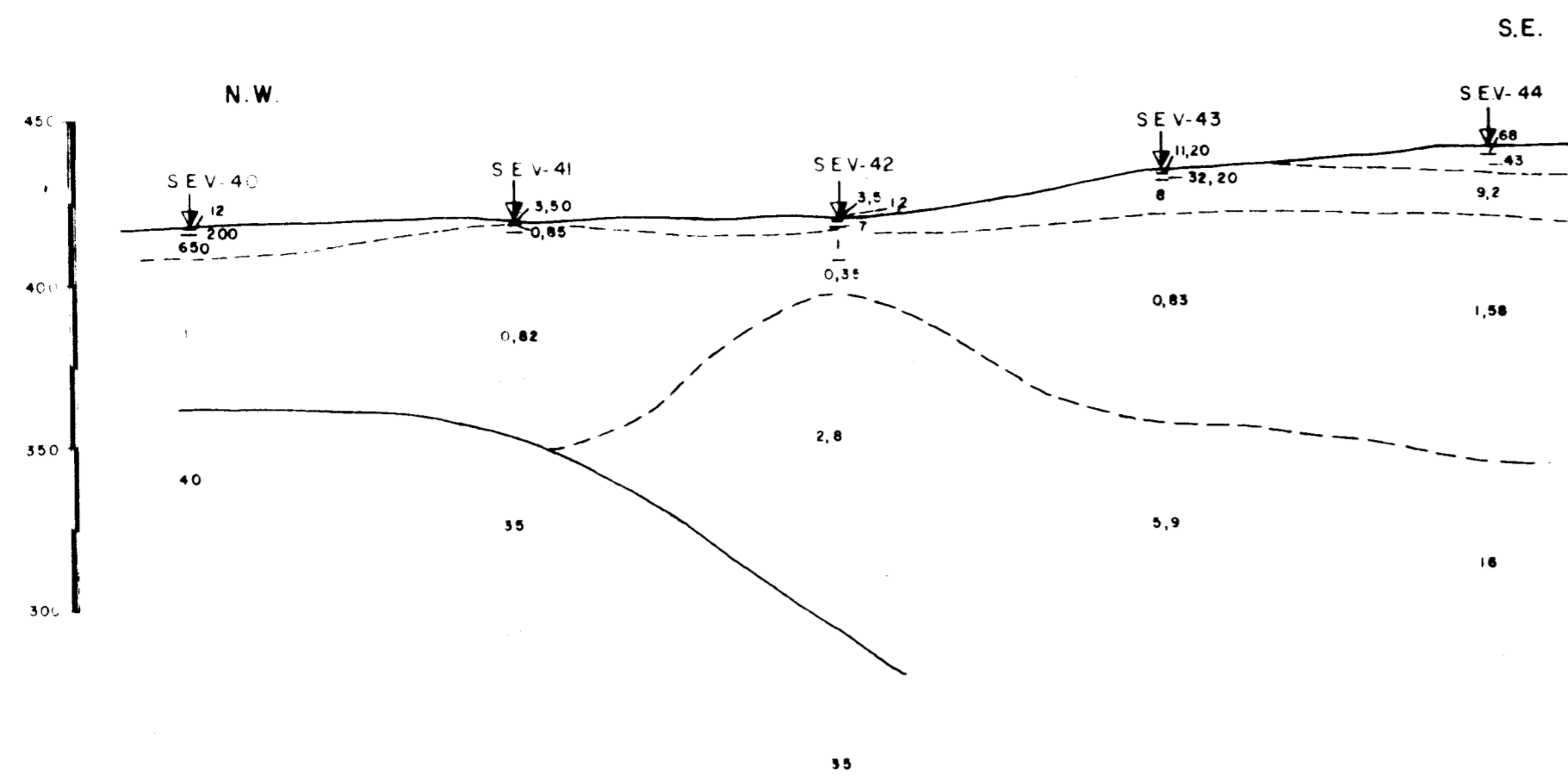
COORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 1



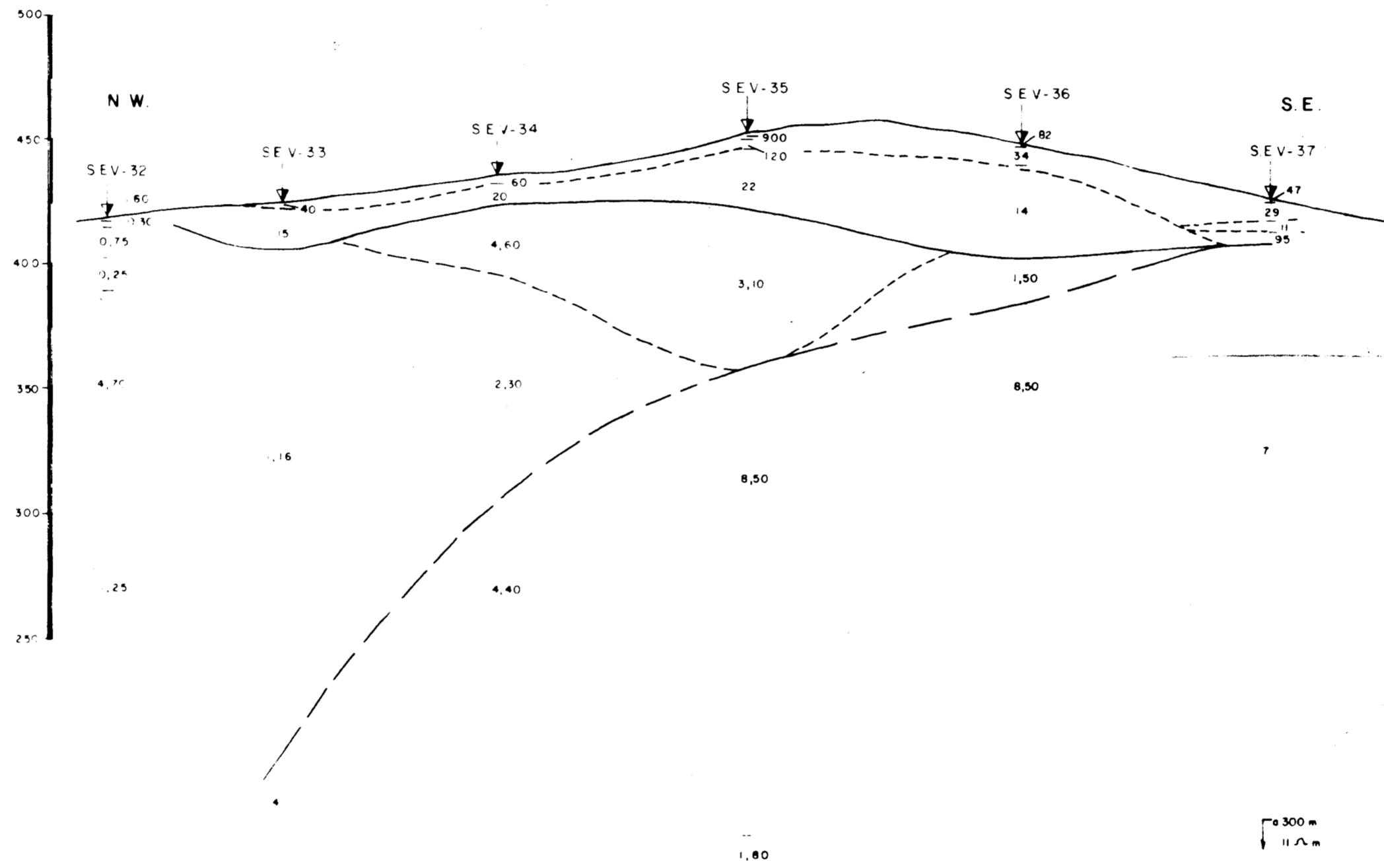
↓ A 400 m
10 Ω m

DIBU: ADC J. G. Gonzalez	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
FECHA: Noviembre-83 COMPLETADO: E. Orellana	PROYECTO: ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALAGA)	
AUTORES: M. Higuera, J.L. Kaiser ESCALA: H. 1/20000, V. 1/2000	CONSULTA:	PLANO Nº: 2
IBERGESA	CORTES GEOELECTRICOS DE LOS PERFILES 4-3-2-1	4-3-2-1

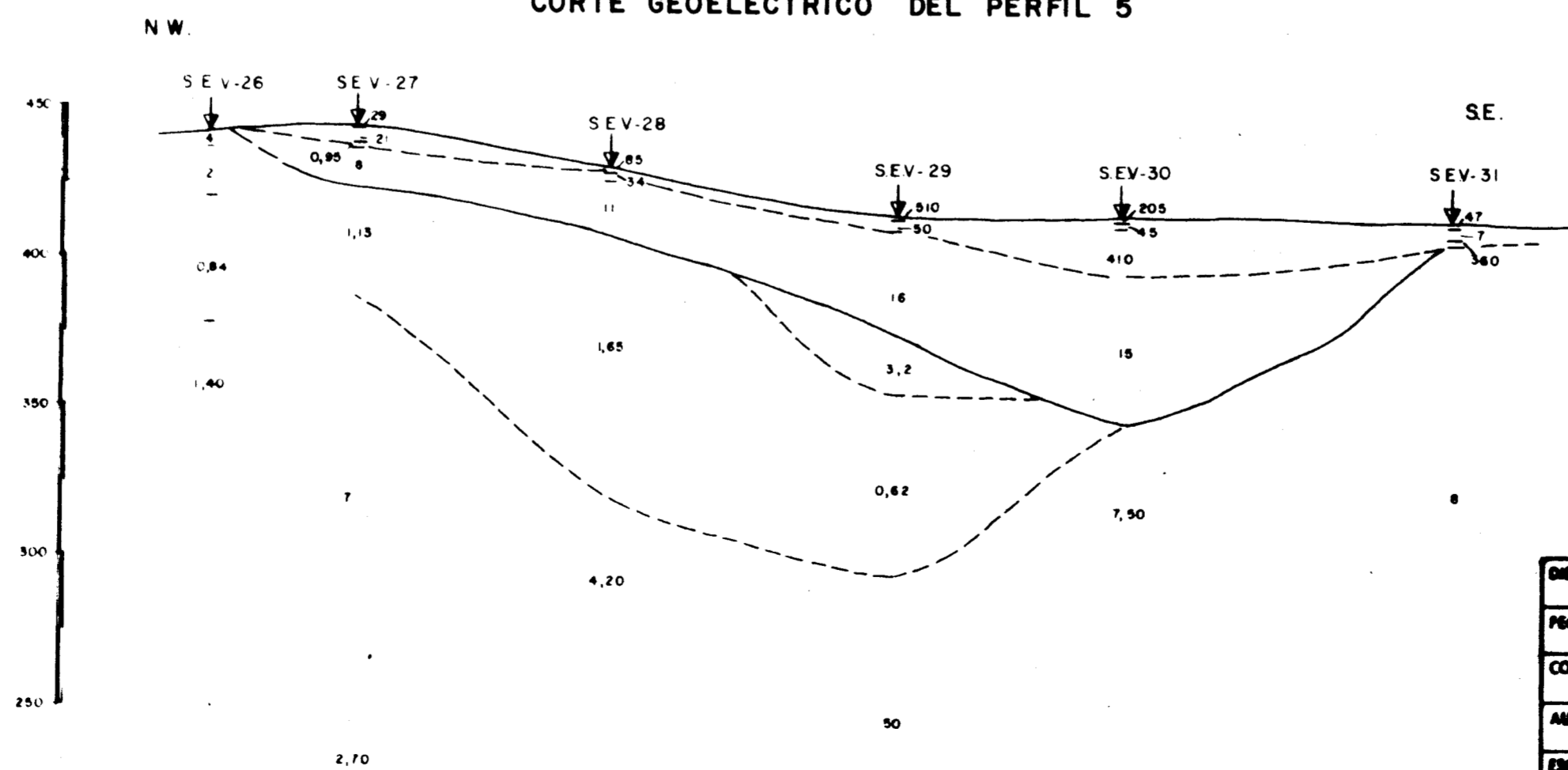
CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 7



CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 6

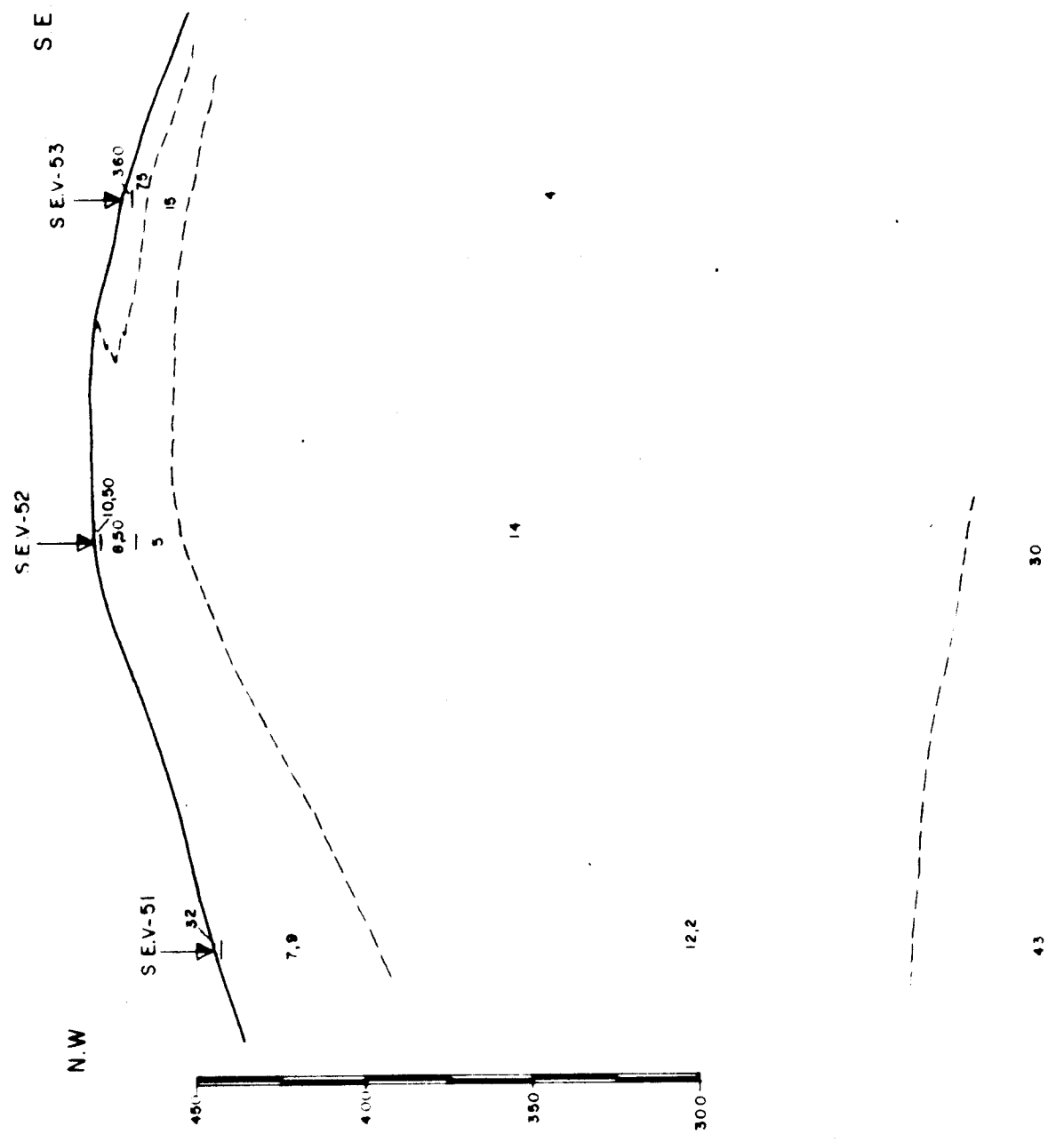


CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 5

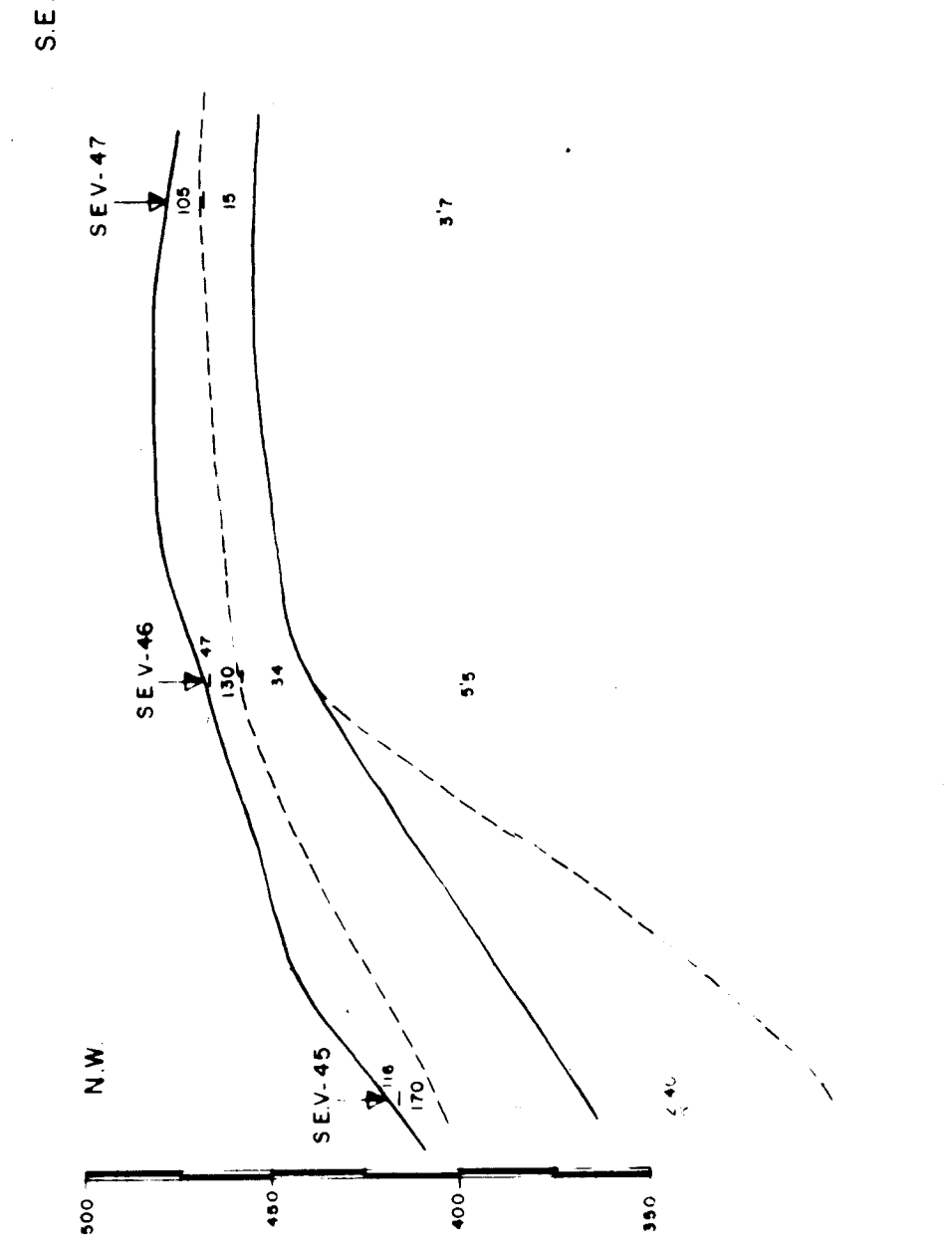


DIBUJADO J.G. Gonzalez	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA Noviembre-83	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO E. Orellana	PROYECTO ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALAGA)	CLAVE
AUTOR M. Higuera J.L. Kaiser	ESCALA H: 1/20.000 V: 1/2.000	PLANO Nº
CONSULTOR IBERGESA	CORTES GEOELECTRICOS DE LOS PERFILES 7 - 6 - 5	3

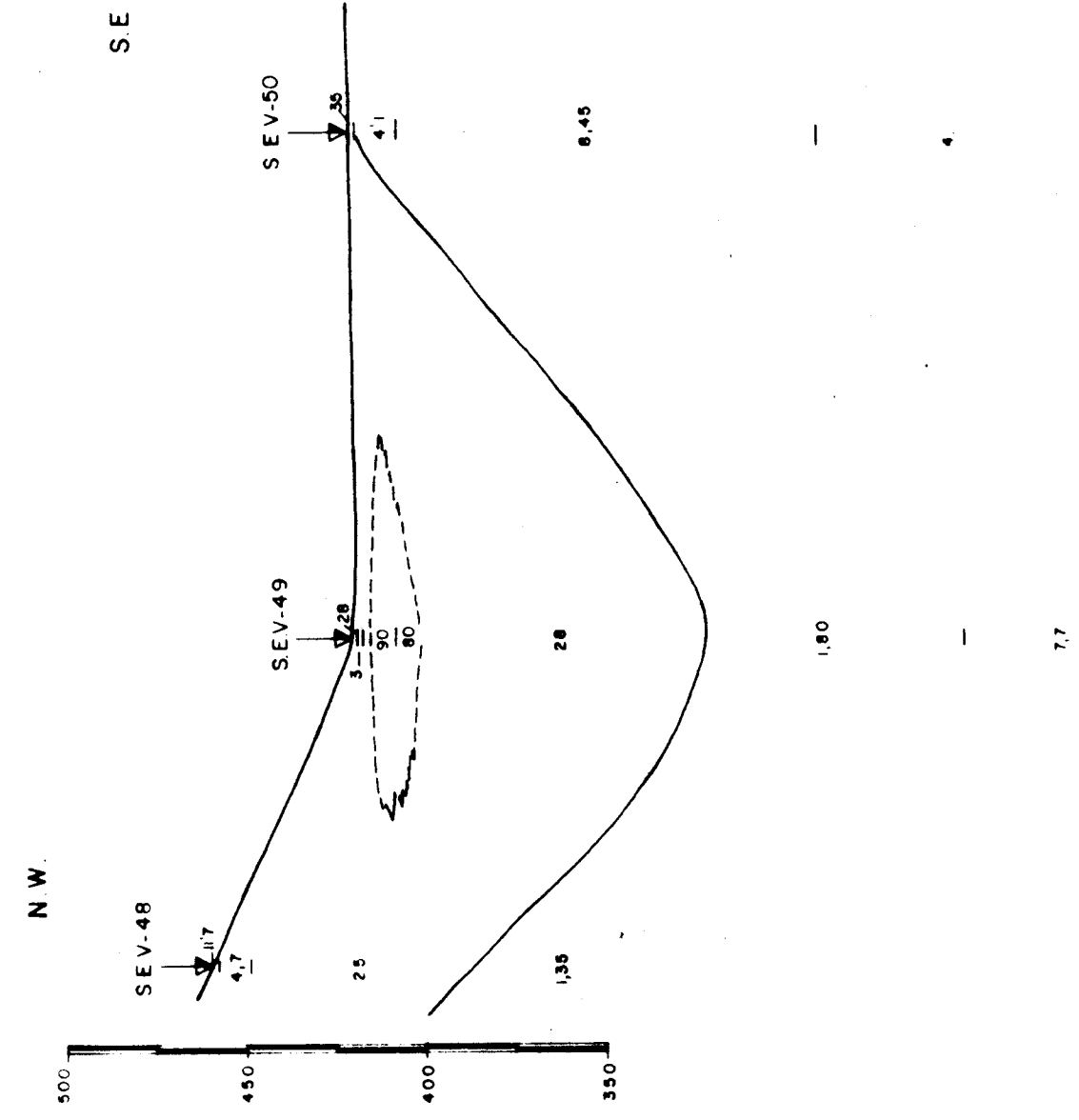
CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 10



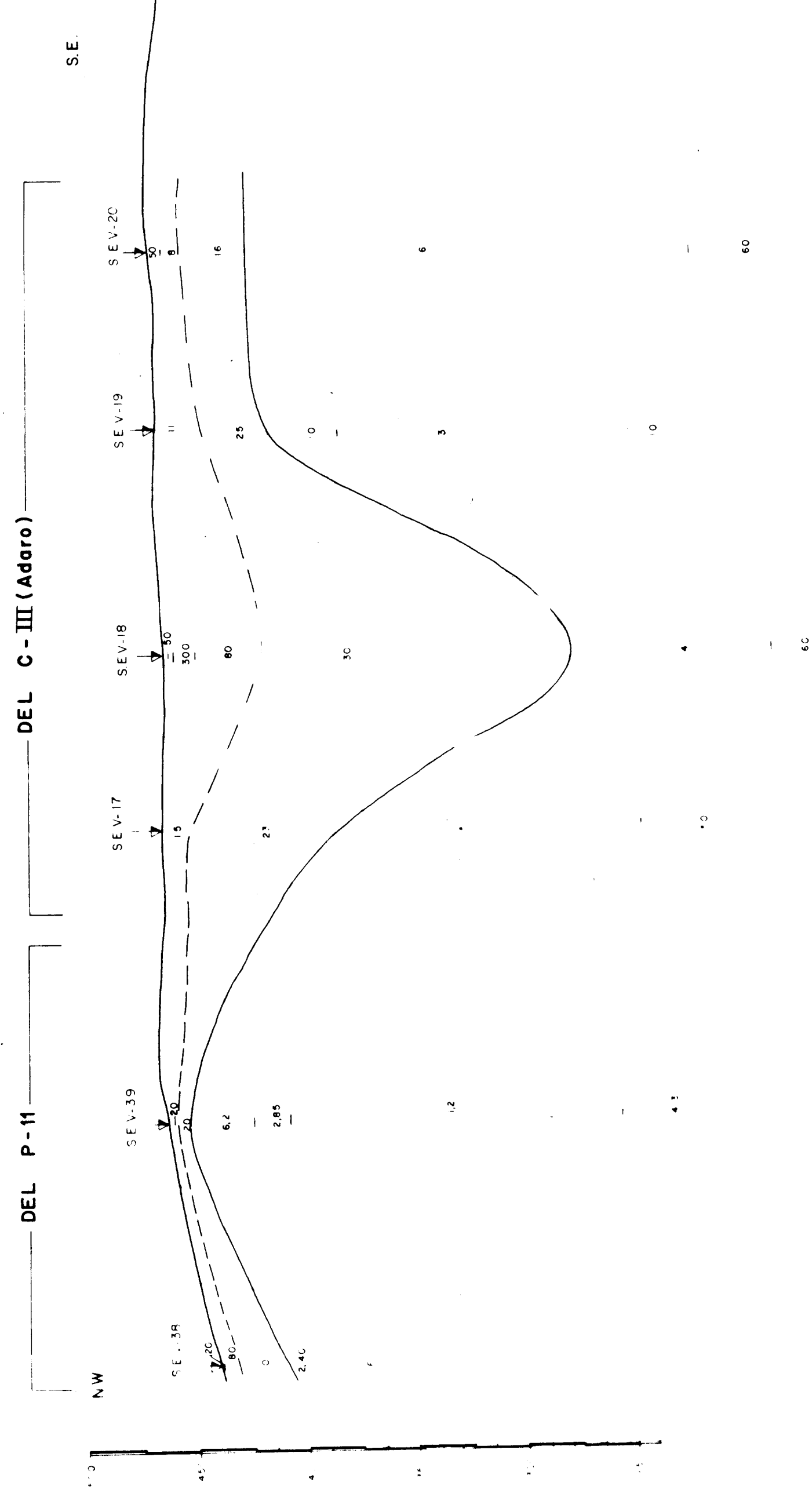
CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 9



CORTE GEOELECTRICO DEL PERFIL 8



CORTE GEOELECTRICO



ELABORADO	J. G. González	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
FECHA	Noviembre-83	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
COMPROBADO	E. Orrellana	PROYECTO
AUTORES	M. Higuera J. L. KUBEL	ESTUDIO GEOELECTRICO EN FUENTE PIEDRA (MALLAGA)
ESCALA	H. 1/20.000 V.L./Z.O.O.	PLANO Nº
CONTRATOR	IBERGESA	CORTES GEOELECTRICOS DE LOS PERFILES
		10 - 9 - 8 - 11 - C(III)(Adaro)
		4