



3907  
INRENA  
Biblioteca



**MINISTERIO DE AGRICULTURA**



*INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES  
INRENA*

**DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS  
DE RECURSOS NATURALES**

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



*ESTUDIO PUNTUAL DE PROSPECCION GEOFISICA  
CON FINES DE INVESTIGACION EN VARIOS  
SECTORES DE ZARUMILLA - TUMBES*

E  
P 10  
I 5 Z

*Lima, Julio de 1997*



INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA BIBLIOTECA	
Procedencia:	
Ingreso:	0039J7
Fecha:	
No:	

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA





3907  
INRENA  
Biblioteca

1472057

E  
P10

MINISTERIO DE AGRICULTURA

I52 INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES  
INRENA

**PERSONAL DIRECTIVO**

Ing. Miguel Ventura Napa : Jefe del INRENA

Ing. David Gaspar Velásquez : Director General de Estudios y  
Proyectos

Ing. Justo Salcedo Baquerizo : Director de Gestión de Proyectos

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



**PERSONAL PARTICIPANTE**

Jorge Montoya Mendoza : Ingeniero Geofísico

José Ccosi Mamani : Ingeniero Geólogo

**PERSONAL DE APOYO**

Raquel Ruiz Cabrera : Secretaria

## INDICE

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCION	01
2. OBJETO DEL ESTUDIO	01
3. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	01
4. PROSPECCION GEOFISICA	01
4.1 ANTEDECENTES	01
5. METODO GEOFISICO EMPLEADO	05
5.1 FUNDAMENTO DEL METODO	02
5.2 TEORIA DEL SONDAJE ELECTRICO VERTICAL	02
6. EQUIPO GEOELECTRICO UTILIZADO DEL AGUA	02
7. TRABAJO DE CAMPO	03
8. TRABAJO DE GABINETE	03
9. INTERPRETACION CUANTITATIVA	03
9.1 TIPOS DE CURVAS DE LAS SEV PARA EL AREA DE ESTUDIO	09
9.2 COLUMNA TIPICA DEL ACUIFERO DEL AREA EN ESTUDIO	09
10. RESULTADOS	09
10.1 CORTES GEOELECTRICOS	09
11. CONCLUSIONES	41
12. RECOMENDACIONES	43



## RELACION DE FIGURAS

01. UBICACION DE LOS SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES
02. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 01
03. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 02
04. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 03
05. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 04
06. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 05
07. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 06
08. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 07
09. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 08
10. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 09
11. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 10
12. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 11
13. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 12
14. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 13
15. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 15
16. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 16
17. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 17
18. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 18
19. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 10
20. SONDAJE ELECTRICO VERTICAL N° 20
21. CORTE GEOELECTRICO A - Á
22. CORTE GEOELECTRICO B - `B
23. CORTE GEOELECTRICO C - `C
24. CORTE GEOELECTRICO D - `D
26. CORTE GEOELECTRICO E - É
27. CORTE GEOELECTRICO G - G
28. CORTE GEOELECTRICO J - `J
29. CORTE GEOELECTRICO H - H

### CUADRO

RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LOS SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES



# **ESTUDIO PUNTUAL DE PROSPECCION GEOFÍSICA CON FINES DE INVESTIGACION EN VARIOS SECTORES DE ZARUMILLA TUMBES**

## **1. INTRODUCCION**

El presente estudio reúne todos los datos tomados en el campo, su análisis, procesamiento e interpretación; así como las conclusiones y recomendaciones que nos facilitara priorizar áreas de mejor condición hidráulica con fines de ubicar pozos tubulares con profundidades de acuerdo al estudio.

## **2. OBJETO DEL ESTUDIO**

La prospección Geofísica se efectuó con el siguiente objetivo:

- Evaluar y determinar indirectamente la granulometría y espesor de las diferentes capas del subsuelo, cuyas características correspondan a acuíferos recientes o antiguos.
- Determinar las variaciones laterales que influyan en la porosidad y permeabilidad en los diferentes horizontes existente.
- Evaluar el grado de mineralización del agua subterránea, en función a la salinidad.

## **3. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

Políticamente el área de estudio se encuentra ubicado en varios distritos de la , Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes el acceso a las áreas de estudio es factible a través de una carretera parte asfaltada y parte afirmada con ingreso a los diferentes sectores a través de caminos carrozables se llega al objetivo.

## **4. PROSPECCION GEOFISICA**

### **4.1 ANTECEDENTES**

Debido a que en un estudio hidrogeológico, generalmente las evidencias geológicas superficiales no bastan para una mejor comprensión de las propiedades acuíferas y de los materiales que existen debajo de la superficie, es necesaria la realización de una adecuada investigación geofísica orientada a proporcionar información de las zonas más favorables para la captación de las aguas subterráneas

## 5. METODO GEOFISICO EMPLEADO

El método empleado fue el de resistividad eléctrica en su variante sondaje eléctrico vertical (SEV). Utilizando la configuración tetraelectrodica Schlumberger. Simétrico lineal (AM-BN). Este dispositivo es de amplio uso en estudios Hidrogeológicos.

### 5.1 FUNDAMENTO DEL METODO

Los principios de la prospección geoelectrica son aplicados desde hace mucho tiempo a la hidrogeología para determinar la geometría del subsuelo.

El agua contenida en los poros de las rocas de los suelos es el elemento fundamental de las medidas de la resistividad, donde los diferentes horizontes están diferenciados al contenido del agua y la mineralización de las mismas.

### 5.2 TEORIA DEL SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

El sondaje eléctrico vertical, permite evaluar a partir de la superficie del terreno y en dirección perpendicular a ella, la distribución de las diferentes capas geoelectricas, es decir permite determinar los valores de resistividad y espesor correspondiente a cada capa. En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos de emisión, colocados en la parte externa A-B, donde en su recorrido radial experimentan una caída de tensión acorde con los factores condicionantes como humedad, textura del medio, grado de mineralización, temperatura y otros. Es así como esta caída de tensión es recepcionada en otro par de electrodos internos M-N, donde las medias sucesivas parten de un punto cero, en forma ascendente y lineal.

Los datos de resistividad aparente, obtenidos en los SEV, se representan mediante una curva, graficada en un formato bilogarítmico. A través de estas curvas de campo y por diversos métodos de interpretación se determinan los valores de las resistividades verdaderas y los espesores de las diferentes capas, para cada punto de investigación.

## 6. EQUIPO GEOELECTRICO UTILIZADO

El equipo de prospección geoelectrica estuvo constituido por:

- Un equipo Soil test R-50 C' conformado por dos unidades de lectura de fabricación Americana.
- Como parte de equipo se contó dos (02) carretes (bobinas) con cables de baja resistencia eléctrica aptos para soportar tensiones, asimismo electrodos de fierro (A,B) y de acero inoxidable (M,N), combas y una batería de 12V. y accesorios varios.

## 7. TRABAJO DE CAMPO

La labor de campo se realizó en el mes de Abril de 1,997.

El trabajo consistió en realizar 20 sondajes eléctricos verticales distribuidos en diferentes sectores de una forma puntual donde las áreas prospectadas presentan grandes extensiones y el numero de SEVs realizados es insuficiente.

El área de estudio presenta abundante vegetación imposibilitando el normal desarrollo de dicho trabajo y por lo tanto la ubicación de los SEVs es de una forma aproximada debido a lo comentado anteriormente.

Con esta información de campo se consiguió diferenciar parte del relleno estratigráfico, seco y saturado así como la calidad de agua y la presencia del posible substrato rocoso para algunos puntos.

Las medidas de A-B se iniciaron con una apertura de 3 m como mínimo y de 1000 m como máximo, de igual forma para las medias de M-N de 2 a 80 m con lo que se consiguió una información adecuada de una parte el reservorio acuífero así como del substrato rocoso registrado para algunos SEVs.

La ubicación de los sondajes eléctricos verticales se presentan en la Fig. N° 01A, 01B y 01C de una forma aproximada.

## 8. TRABAJO DE GABINETE

La información de campo se ha procesado de acuerdo a las técnicas establecidas para la exploración eléctrica. En base a dicha información se han interpretado los SEV en términos de resistividades y espesores, los mismos que nos han permitido elaborar cortes geoelectricos para visualizar de una forma indirecta la forma del subsuelo.

## 9. INTERPRETACION CUANTITATIVA

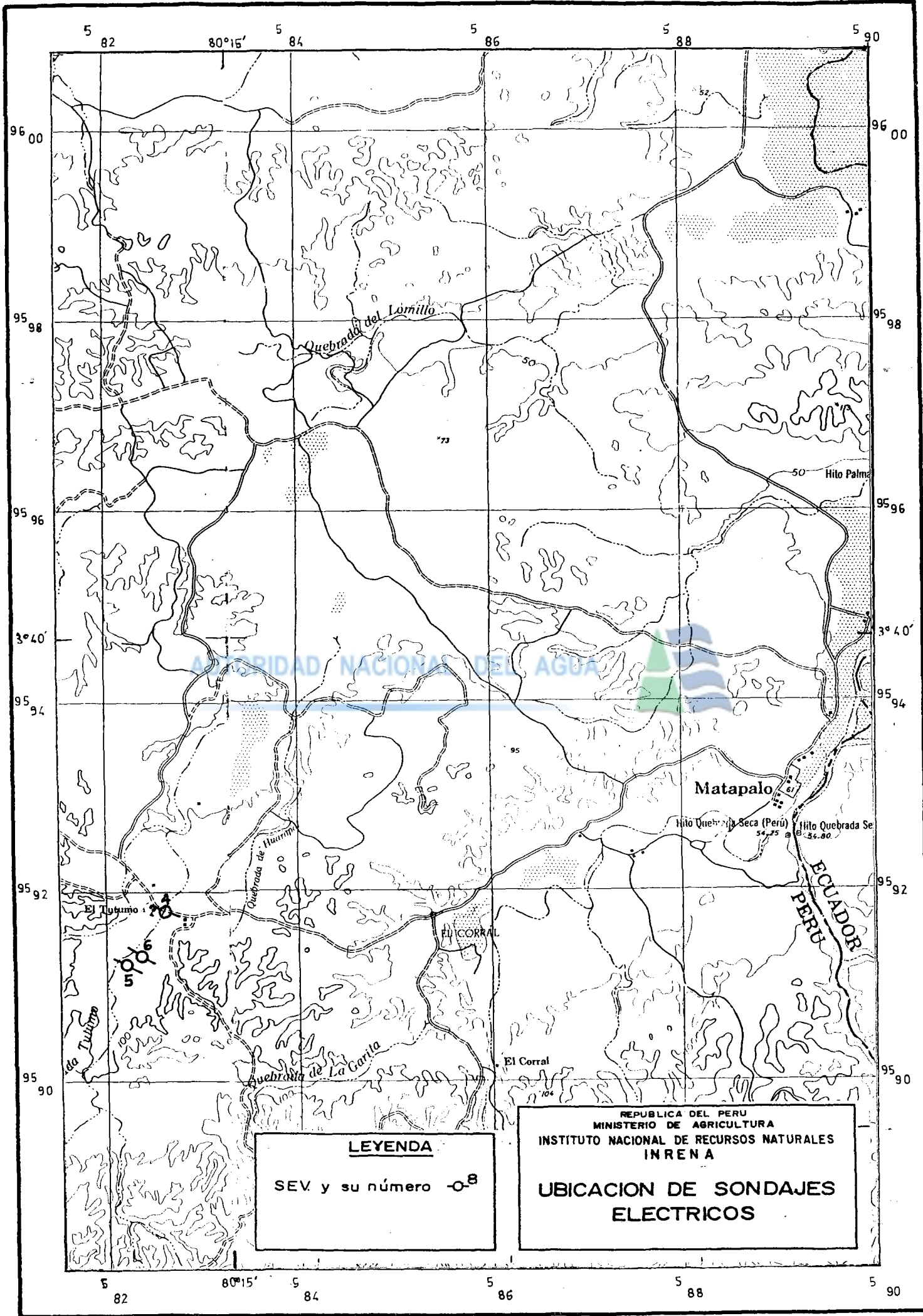
La interpretación de los sondajes eléctricos verticales consiste en determinar la distribución vertical de los diferentes espesores y sus resistividades verdaderas.

Se a hecho uso de las tablas y curvas maestras para sondajes eléctricos verticales de Orellana y Mooney y los gráficos standard para prospección de resistividad de JC Van Dan y las curvas maestras de Cagniard; en la interpretación propiamente dicha, se empleó el método del punto auxiliar y el de las curvas de composición de Ebert, porque suponen resultados más coherentes acordes con la realidad.

Los resultados de la interpretación cuantitativa se presenta en el cuadro N° 01. Los mismos que han sido reajustados a través de un programa especial para Resistividad Eléctrica en cuanto a la interpretación ver curvas de campo.




Fig. 01A



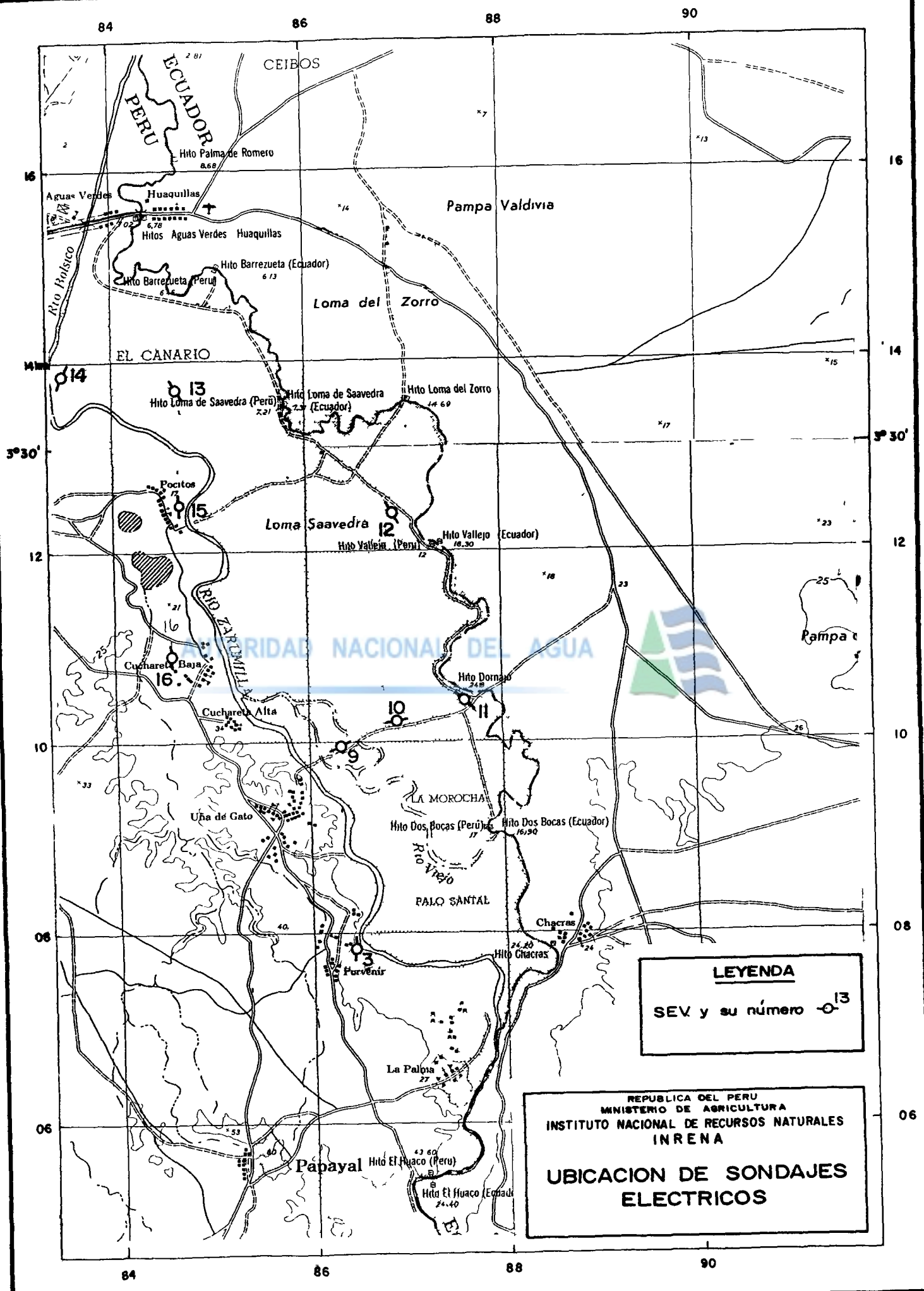
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

**LEYENDA**

SEV. y su número 

REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA  
 INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES  
 INRENA

**UBICACION DE SONDAJES ELECTRICOS**



**LEYENDA**  
SEV y su número 13

REPUBLICA DEL PERU  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES  
INRENA  
**UBICACION DE SONDAJES ELECTRICOS**

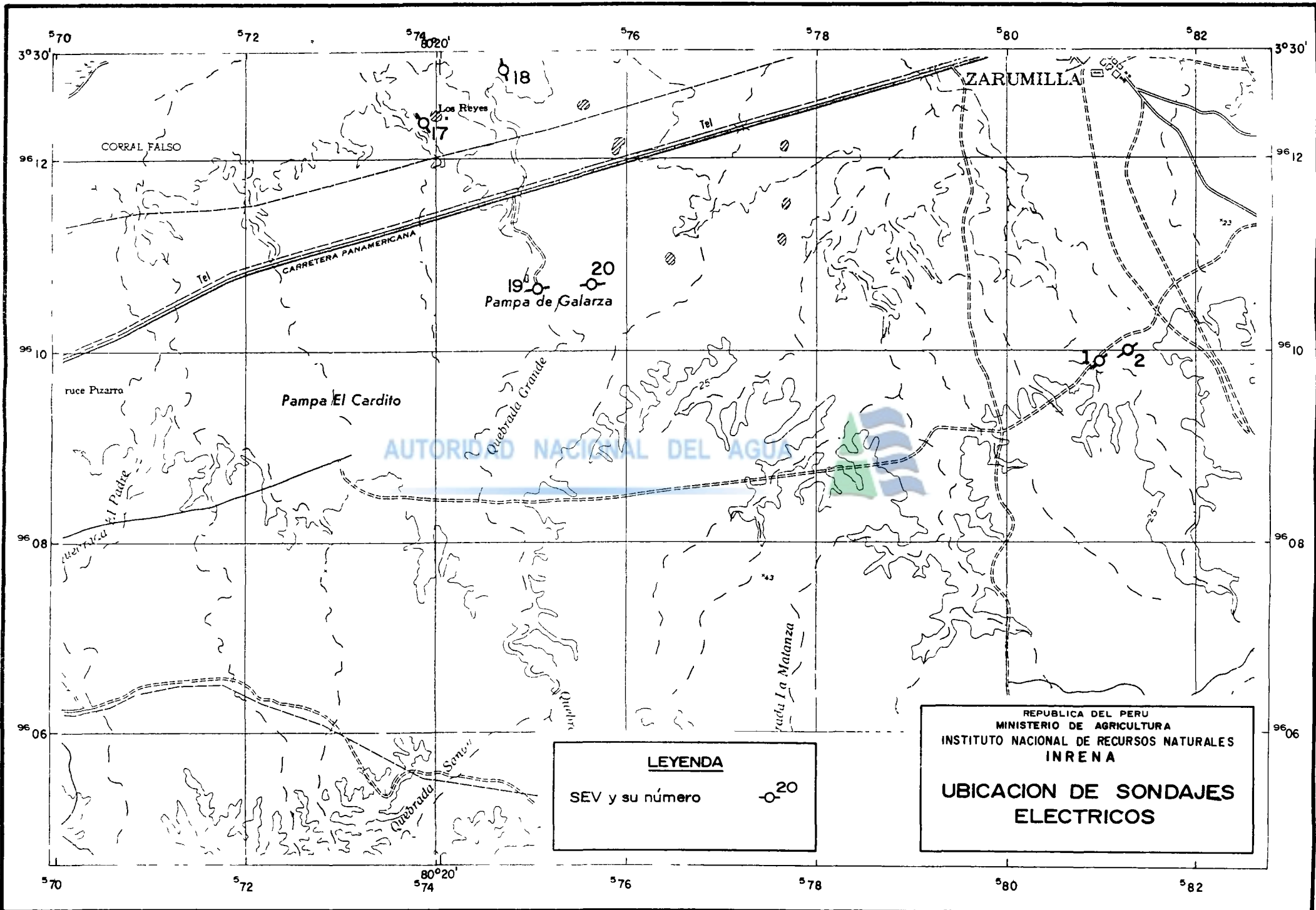


Fig. 01C



Cuadro N° 1

**Cuadro de Resultados de la Interpretación Cuantitativa de los Sondajes Eléctricos Verticales**

EJECUTADO EN: VARIOS SECTOR DE ZARUMILLA-TUMBES

SEV	$f_1$ $h_1$	$f_2$ $h_2$	$f_3$ $h_3$	$f_4$ $h_4$	$f_5$ $h_5$	$f_6$ $h_6$	$f_7$ $h_7$	H	SECTOR DE UBICACION
1	31 1,3	188 3,3	20,4 20,2	50,8 44,7	5 97,9	13,7 -			
2	638 1,2	39,9 4,4	2,7 13,2	43,8 52,2	9,4 90,8	7 -			
3	564 1,9	1020 7,4	34 21,4	4,7 64,3	13,2 -				
4	20,6 4,8	3,1 9,5	12,9 40,9	56,3 115	4,6 -				
5	426 1	3150 3,3	33,7 7,9	7,9 41,5	17,6 229	910 -			
6	1350 3,5	282 4,2	39,6 5,8	2,9 11,4	17,2 27,7	6,4 81,9	30,6 -		
7	233 1,3	27,2 5,2	3,5 23,5	4,4 53,9	2 99,2	5,4 -			
8	27,5 1,5	6,8 4,5	14,3 15	3,8 30,9	1,9 76,6	1000 -			
9	19 1	101 2,6	5,8 7,1	83 21,2	7,1 46,4	3,2 122	1000 -		
10	23,7 1,2	691 6,2	76,2 12,1	18,9 74,1	6,2 189	18,9 -			
11	217 1,2	4230 4,9	81 11,8	13,8 47,7	35,3 95	3,9 -			
12	127 1,2	360 2,8	36 18,4	5,2 47,3	25,3 119	3,8 -			
13	12,8 1	32,2 3	2,6 7,6	24,3 19,5	3,7 47,9	17,9 120	2,2 -		

H=Profundidad hasta la base de la capa

f=Resistividad en Ohm-m

h=Espesor de cada capa en m

Cuadro N° 1

**Cuadro de Resultados de la Interpretación Cuantitativa de los Sondajes Eléctricos Verticales**

EJECUTADO EN: VARIOS SECTOR DE ZARUMILLA-TUMBES

SEV	$f_1$ $h_1$	$f_2$ $h_2$	$f_3$ $h_3$	$f_4$ $h_4$	$f_5$ $h_5$	$f_6$ $h_6$	$f_7$ $h_7$	H	SECTOR DE UBICACION
14	88 1,4	4,8 7,7	0,7 37,8	0,1 111	1,5 -				
15	489 1,3	16,7 2,6	1,8 8,1	10,6 22	1,9 65,6	17,6 1590	3,7 -		
16	5,8 1	39,1 3,3	4,4 6,7	22,2 17,6	2,8 41,5	25,8 112	3,5 -		
17	106 16,2	21,8 26,9	2,1 96,7	8,8 -					
18	3,5 1,6	2,7 5,9	0,6 10,8	1,5 30,1	0,7 -				
19	2,4 1	22,5 2,9	1,6 6,9	0,8 26,9	2,7 60,1	15,3 220	5,6 -		
20	291 1,9	435 3,5	17 7,4	7,6 40,7	24,1 72,6	4,8 -			

H= Profundidad hasta la base de la capa  
 f= Resistividad en Ohm-m  
 h= Espesor de cada capa en m.





## 9.1 TIPOS DE CURVAS DE LAS SEV PARA EL AREA DE ESTUDIO

Los sondajes eléctricos verticales han sido agrupados hasta en tres patrones tipos, los cuales corresponden a HAKH, QHK y OHAK , estos tipos se encuentran ampliamente distribuidos en la zona de estudio y básicamente muestran la ocurrencia de cuatro a cinco capas geoelectricas que corresponden a diferentes horizontes, las curvas de campo se presentan en las Figs N° 02 al 21

## 9.2 COLUMNA TIPICA DEL ACUIFERO DEL AREA EN ESTUDIO

A causa de las variaciones de la saturación y a la acción meteórica de los materiales cercanos a la superficie, es conveniente, agrupar el complejo de capas superiores en un solo horizonte de igual o similar granulometría que puede estar total o parcialmente seco, dependiendo mucho de la posición del nivel freático local

En la mayor parte del área de estudio, los sedimentos más gruesos están más cercanos a la superficie del terreno, mientras que los más finos en algunos casos descansan sobre el substrato rocoso.

En todos los acuíferos no confinados, de la mayoría de los valles de la costa, la explotación del agua subterránea se efectúa en pozos de los horizontes superiores ya que las variaciones de espesor (potencia) de esta cobertura permeable determinan las posibilidades de bombeo

En el area de estudio se ha agrupado los valores de las resistividades de acuerdo a su permeabilidad y granulometría, en horizontes

## 10. RESULTADOS

### 10.1 CORTES GEOELECTRICOS.

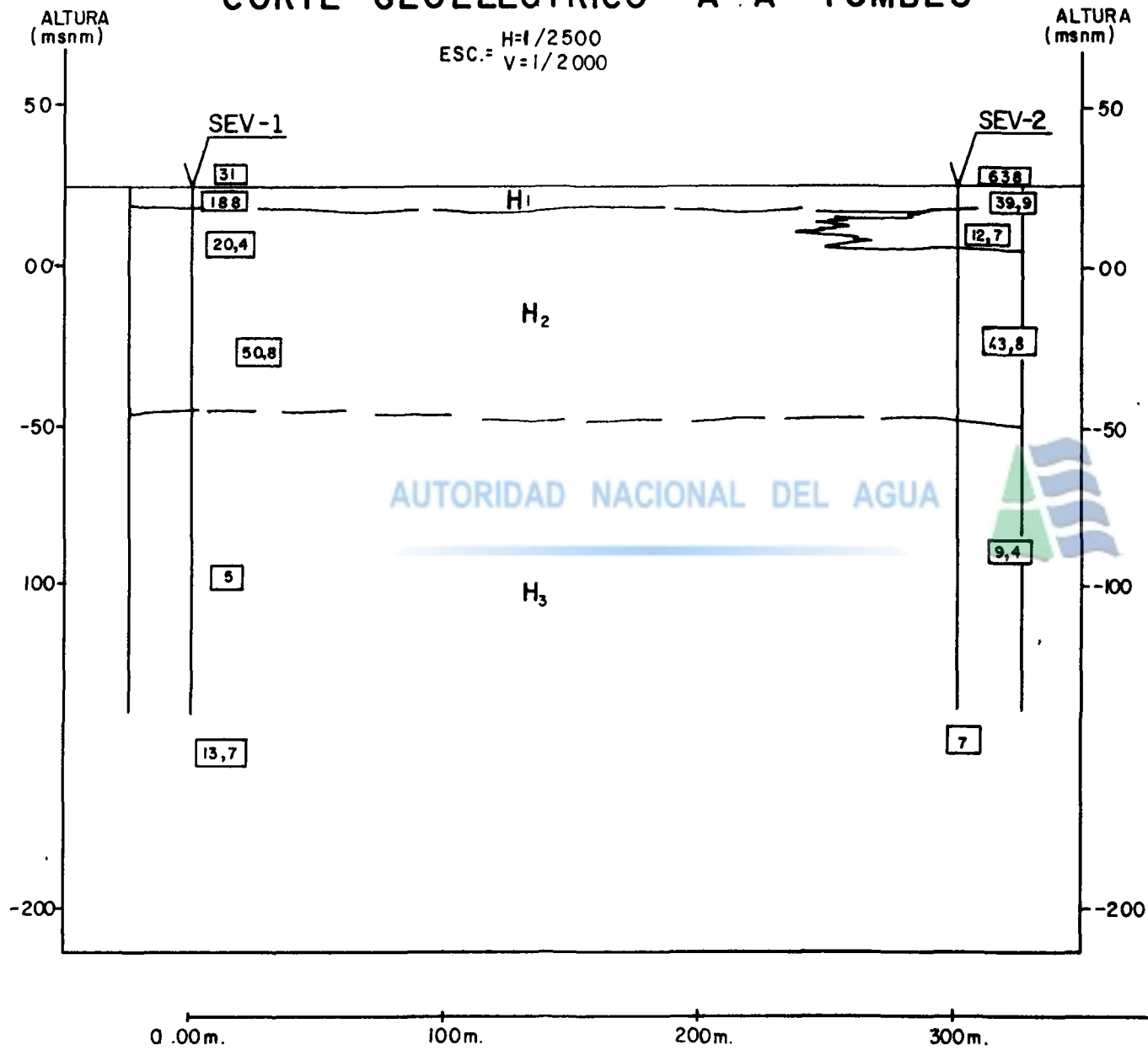
los cortes se caracterizan por estar constituidos por un relleno estratigráfico de composición sedimentaria de mediana a fina mayormente heterogénea, con el fin de poder conocer con mayor certeza estas variaciones de una forma indirecta, se ha ejecutado de unos dos sondajes eléctricos mediante Prospección Geofísica para cada sector

Para el área de estudio se ha elaborado 08 cortes Geoelectricos los mismos que a continuación se describen

#### Corte Geoelectrico A-A' (Fig.22 )

La presente Fig N° 22 esta ubicado en el sector denominado Quebrada Ceibal se han diferenciado tres horizontes geoelectricos permeables sin llegar al impermeable, por encontrarse a mayor profundidad

# CORTE GEOELECTRICO A - A' - TUMBES



## LEYENDA

- SEV y su número  $\sqrt{\quad}$
- Resistividad Verdadera ohmm 12,7
- H<sub>1</sub> = Límos arcillosos.
- H<sub>2</sub> = Arenas medianas a finos con limos.
- H<sub>3</sub> = Arenas medianas con arcillas salobres.

Fig.22

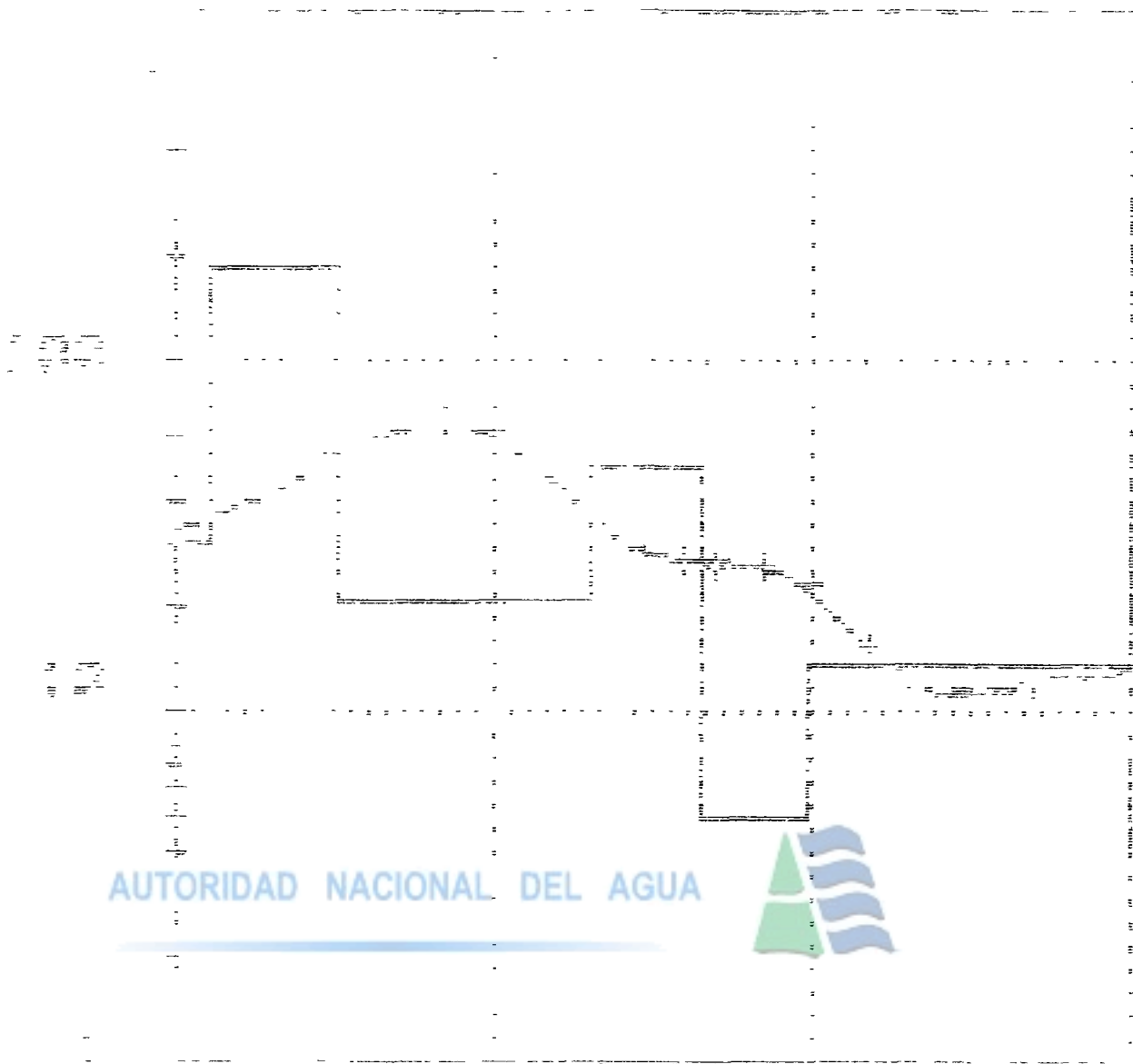
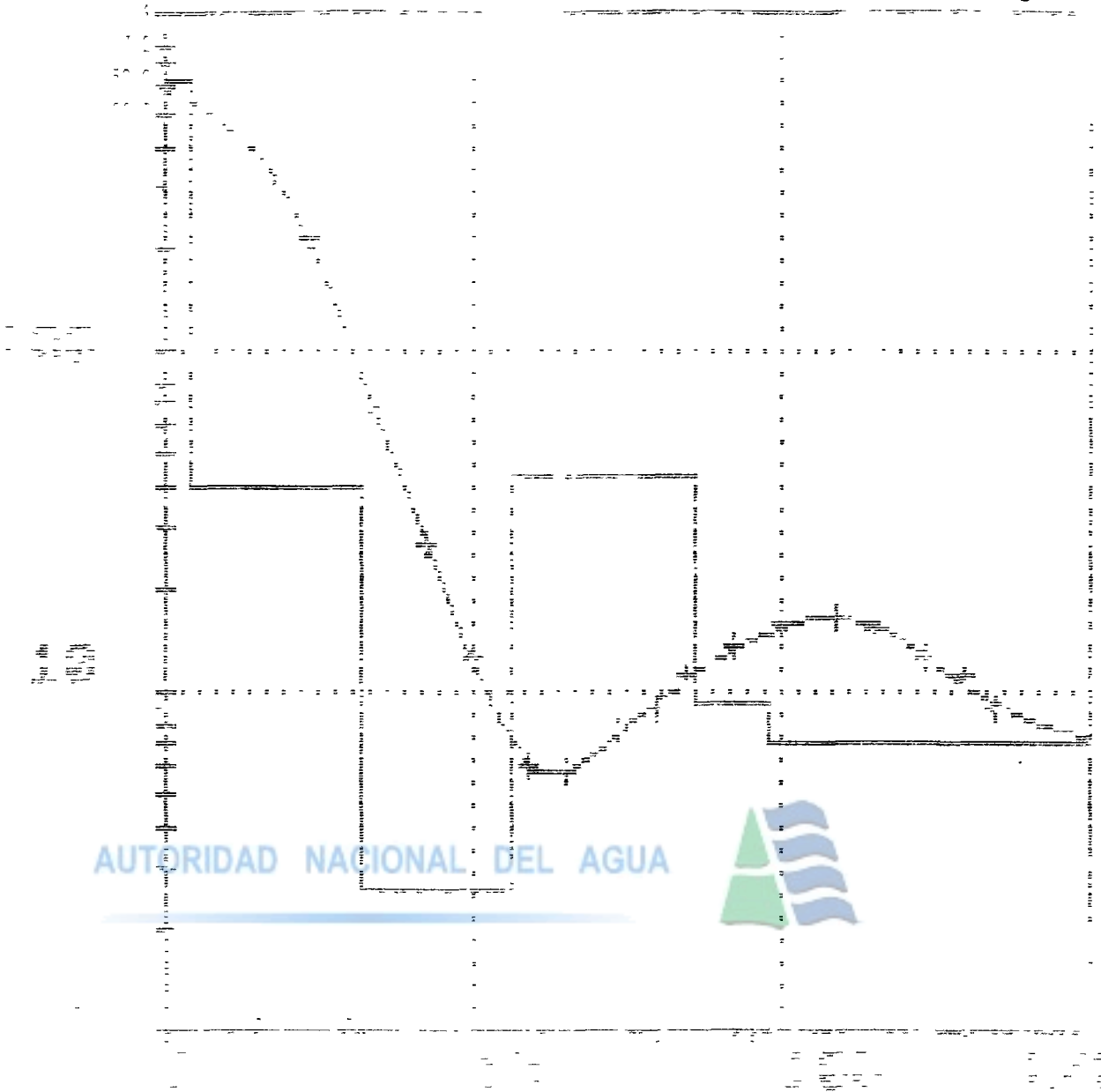




Fig. 3



6.1. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

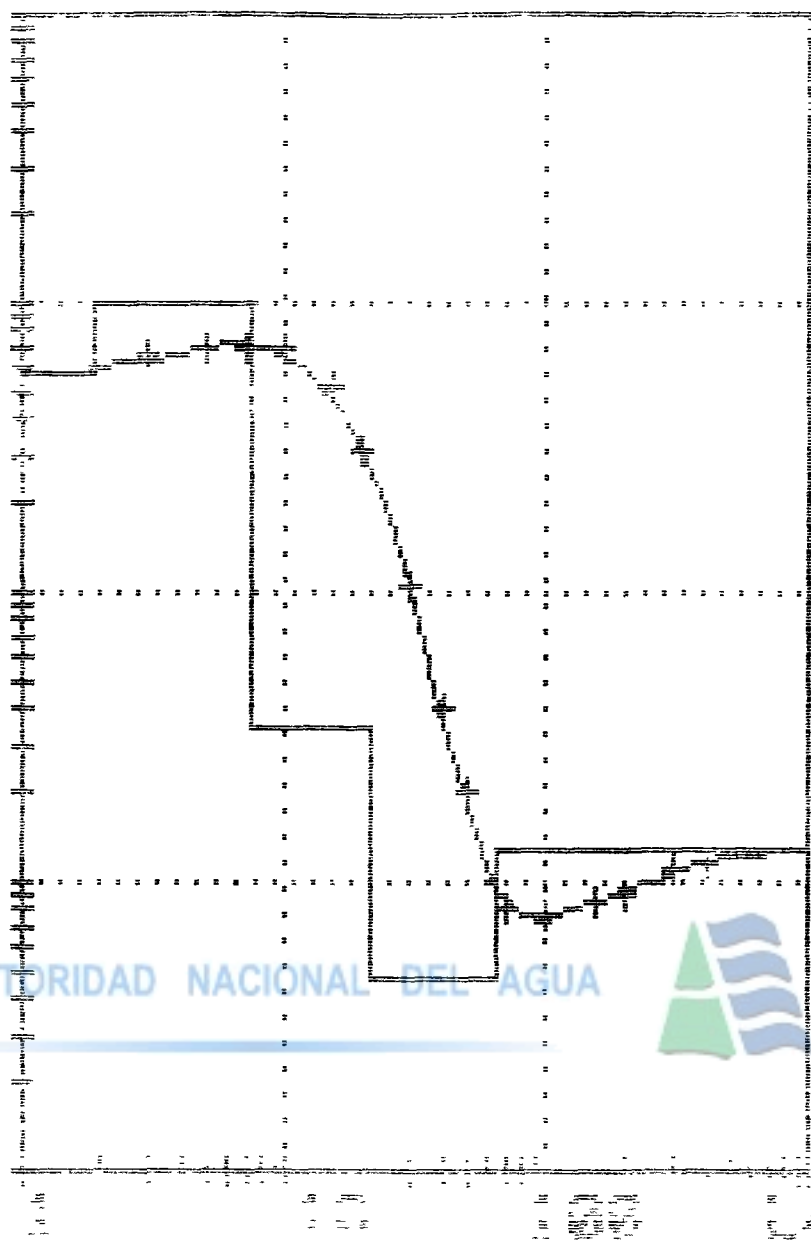
Fig. 4

1000  
 900  
 800  
 700  
 600  
 500  
 400  
 300  
 200  
 100  
 0

1000

900

800



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



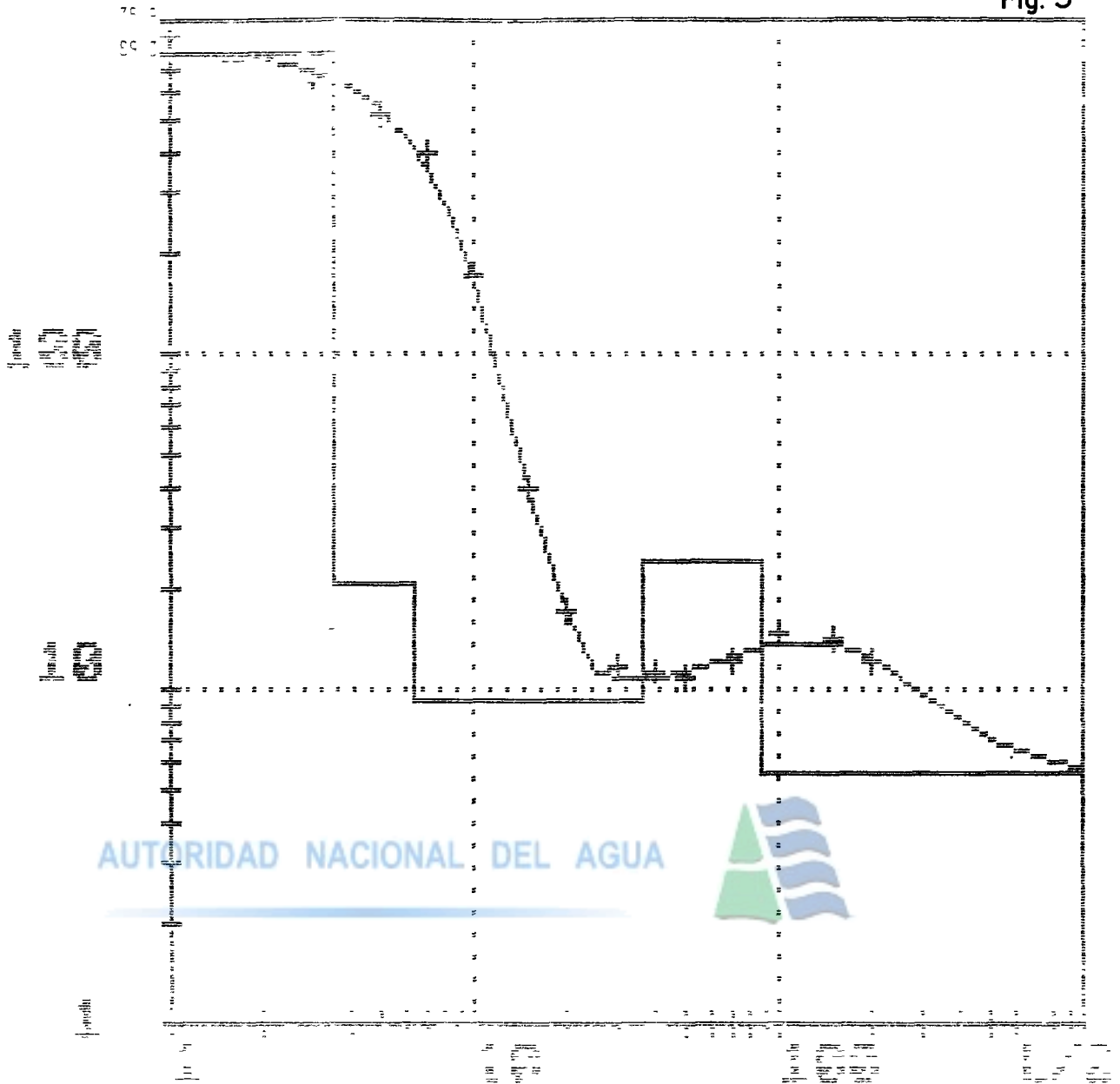
Fuente de datos: SEV336P Fecha: 11/03/97  
 Proyecto: AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección: Dirección Arreglo INFEVA  
 Origen: EL PORVENIR Observador: INDICTO TORO M  
 Condición: PAPAÑA TUMESO Substancia: O'Neill

h (m)	h <sub>0</sub> (Obs.)	h (m)	h <sub>0</sub> (Obs.)	h (m)	h <sub>0</sub> (Obs.)
0	500.0	0	700.0	100.0	700.0
50	700.0	70	107.0	150.0	107.0
100	700.0	130	70.0	200.0	70.0
150	700.0	200	70.0	250.0	70.0
200	500.0	250	70.0	400.0	70.0

Fuente: Cnm, A. S. S. S. S.



Fig. 5



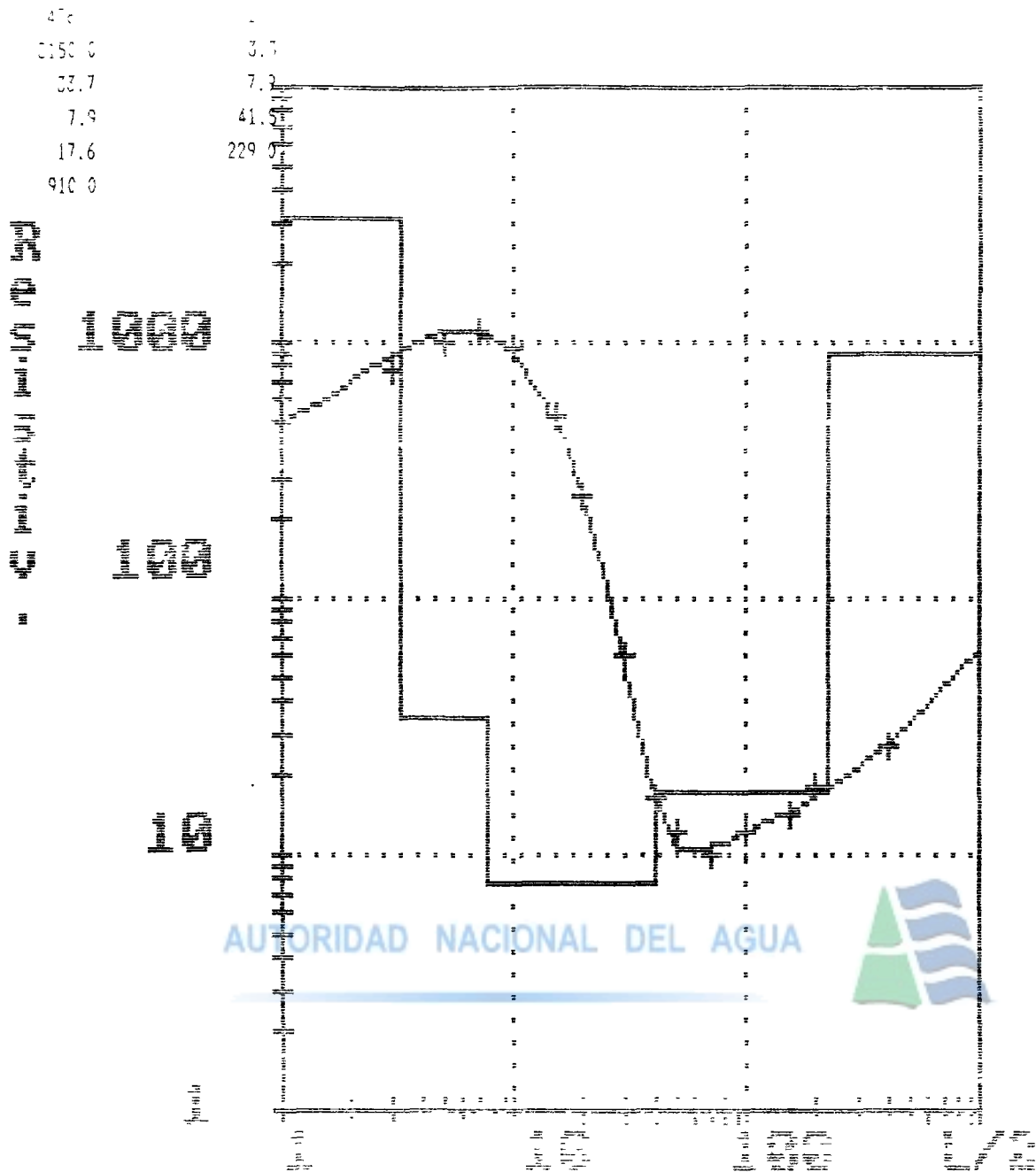
- nombre de datos: 37442AR Fecha: 12/03/97  
 - tipo de datos: 46 AS SUBTERRANEAS  
 - nombre: TITULO Direccion: 4 - C/ INRENA  
 - nombre de datos: MATAPALO TUMPCS Casa: 427 ING. GILMONTI A.M.  
 Sub: area de: O'Neill

Time (h)	Discharge (m³/s)	Step (m³/s)	Flow (m³/s)
0	75.0	75.0	75.0
1	75.0	75.0	75.0
2	50.0	50.0	50.0
3	50.0	50.0	50.0
4	25.0	25.0	25.0
5	25.0	25.0	25.0
6	10.0	10.0	10.0
7	10.0	10.0	10.0

Des: 100 (m³/s) Def: 100 (m³/s)



Fig. 6



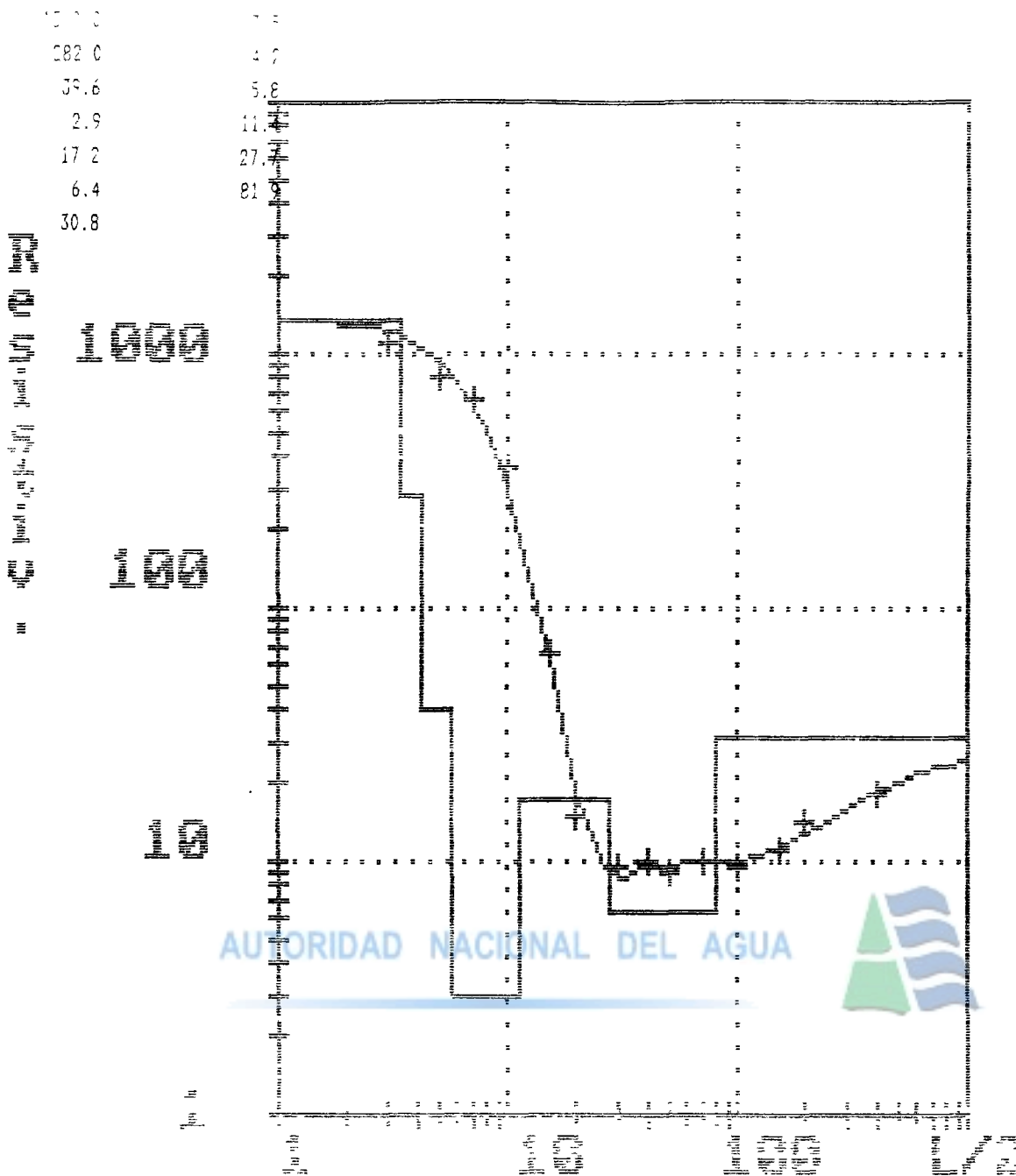
Archivo de datos SEVESIARU Fecha 12/03/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección Anexo IAREVA  
 Código MATAPALO Observador ING. GJ. MONTAÑA M.  
 Coordenadas MATAPALO TUMBES Soñumberger O'Neill

L' (m)	Rho (G/cm <sup>3</sup> )	Z (m)	Rho (G/cm <sup>3</sup> )	Z (m)	Rho (G/cm <sup>3</sup> )
0.0	2.500	20.0	2.500	100.0	2.000
5.0	2.500	30.0	2.500	50.0	2.400
10.0	2.500	40.0	2.500	20.0	2.800
15.0	2.500	50.0	2.500	0.0	2.500
20.0	2.500	70.0	2.500		

Resistiv (Ohm.m) Prof. (m)



Fig. 7



Archivo de datos	SEV6ZARU	Fecha	12/03/97
Proyecto	AGUAS SUBTERRANEAS		
Codigo	MATAPALO	Direccion Arreglo	INPEMA
Coordenadas	MATAPALO TUMBES	Observador	ING. GJ. MONTOYA M.
		Softwerberger	O'Neill

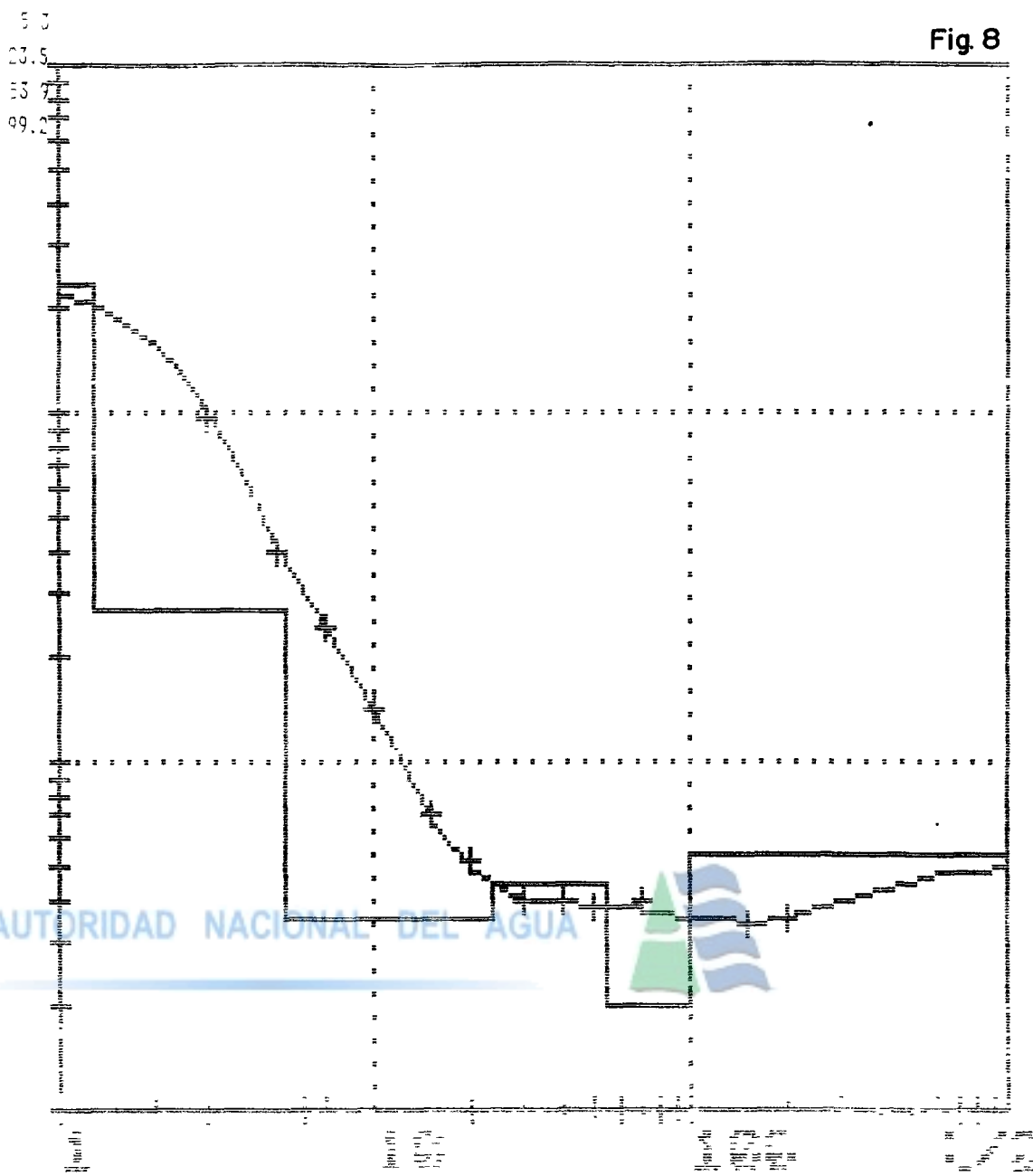
L/C (m)	Rho (Ohm.m)	L/C (m)	Rho (Ohm.m)	L/C (m)	Rho (Ohm.m)
5.0	1000	70.0	15.0	20.0	4.5
6.0	800	50.0	3.5	50	12.0
7.0	650	40.0	2.0	100.0	12.0
10.0	550	50.0	3.0	100.0	15.0
15.0	630	70.0	2.0		

Resistiv. (Ohm.m) Prof. (m)



Fig. 8

27.6  
3.7  
4.4  
11.0  
5.4



Archivo de datos: SEV7490 Fecha: 13/03/97  
 Proyecto: AC AS SUBTERRANEAS  
 Código: ALJARROBAL Observador: ING. GJ MONTOYA M  
 Coordenadas: MATAPALC TUMES Schlierberger O'Neill

(m)	Shc (0m)	L (m)	Shc (0m)	(m)	Shc (0m)
27.6	27.0	20.0	27.0	27.6	27.0
27.0	26.0	20.0	26.0	27.0	26.0
26.0	25.0	10.0	25.0	26.0	25.0
25.0	24.0	10.0	24.0	25.0	24.0
24.0	23.0	20.0	23.0	24.0	23.0

Resistiv (ohm m) Prof (m)

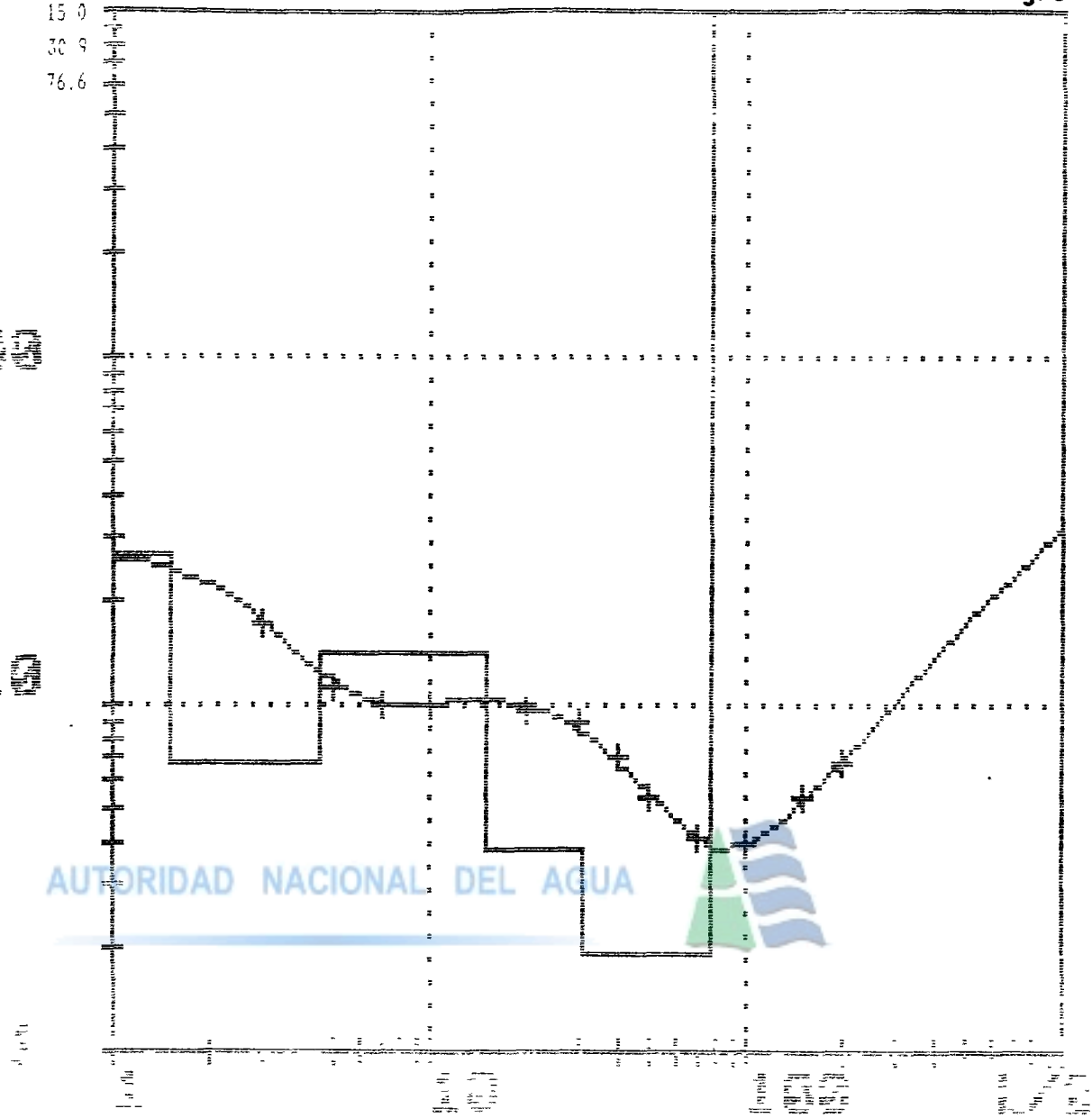


Fig. 9

4.2  
14.3  
7.9  
1.9  
1000.0

Profundidad (m)  
150  
100

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Archivo de datos SEVE24P Fecha 13/03/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección Arreglo INRENA  
 Código VIRGEN DE LA PAZ Observado ING. GJ. MONTONA M.  
 Operaciones MATAPALCO TURBES Schlumberger O'Neil

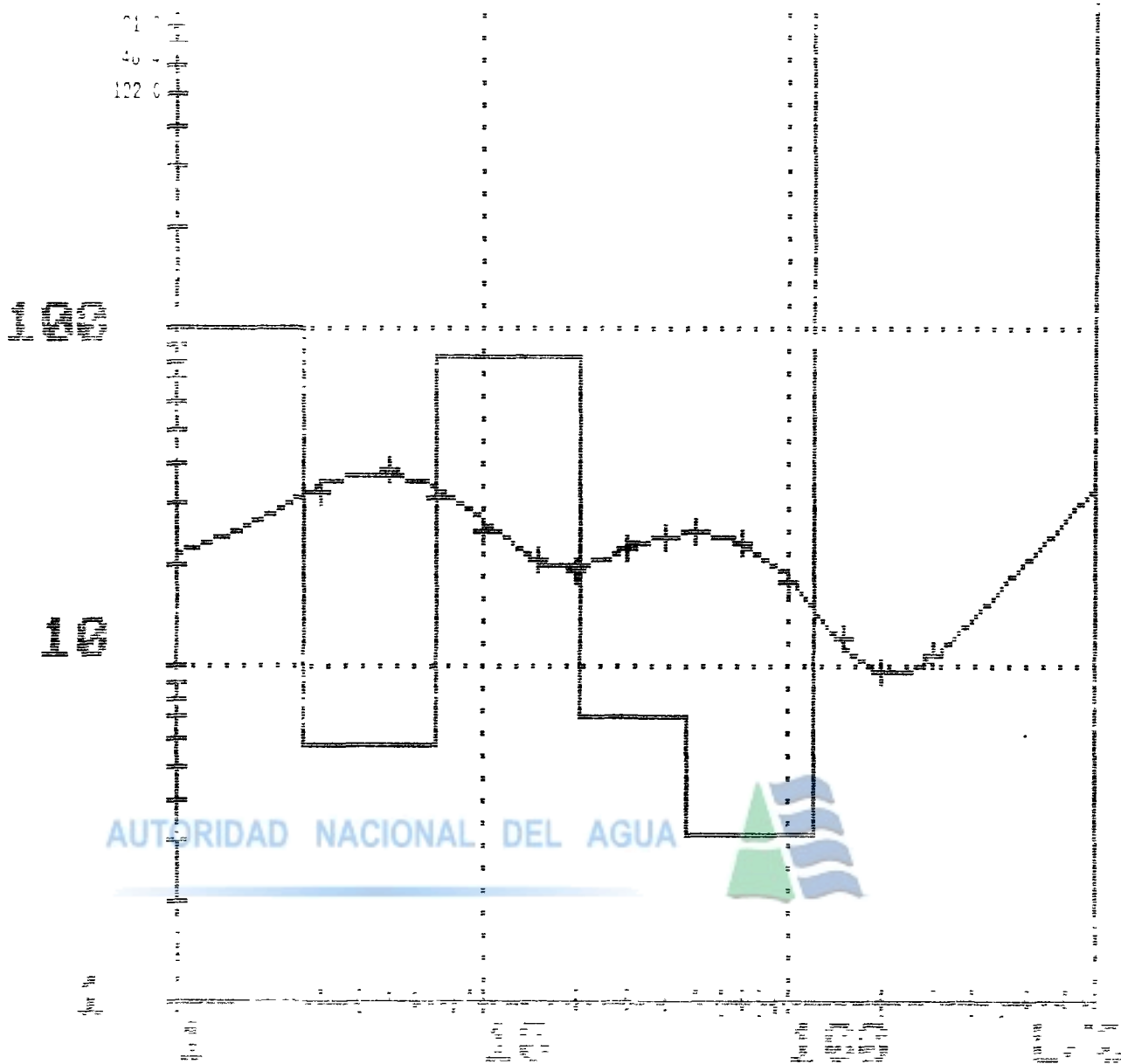
h	Bar (cm)	L/2 (m)	h <sub>0</sub> (cm)	L/2 (m)	h <sub>0</sub> (cm)
1	17.0	20	6.7	20.0	7.0
2	12.0	70.0	0.9	150.0	7.7
3	12.0	47.0	7.1	200.0	7.7
4	6.0	5.0	5.0		
5	10.0	70.0	4.0		

h<sub>0</sub> (cm) Prof (m)



Fig. 10

0.0  
5.0  
10.0  
15.0  
20.0  
25.0  
30.0  
35.0  
40.0  
45.0  
50.0  
55.0  
60.0  
65.0  
70.0  
75.0  
80.0  
85.0  
90.0  
95.0  
100.0  
105.0  
110.0  
115.0  
120.0  
125.0



Archivo de datos SEV9Z49L Fecha 13/01/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Director Arriaga INREHA  
 Código JNA DE BATO Obse. admi. ING GJ. MONTOYA M  
 Coordinador PAPAYATI TUMBES Schünberger O'Neill

Time (h)	Obs (m)	Calc (m)	Obs (m)	Calc (m)	Obs (m)
11	100	100	100	100	100
12	105	105	105	105	105
13	110	110	110	110	110
14	115	115	115	115	115
15	110	110	110	110	110
16	105	105	105	105	105
17	100	100	100	100	100
18	95	95	95	95	95
19	90	90	90	90	90
20	85	85	85	85	85
21	90	90	90	90	90
22	95	95	95	95	95
23	100	100	100	100	100
24	105	105	105	105	105
25	110	110	110	110	110

Report (m) ...

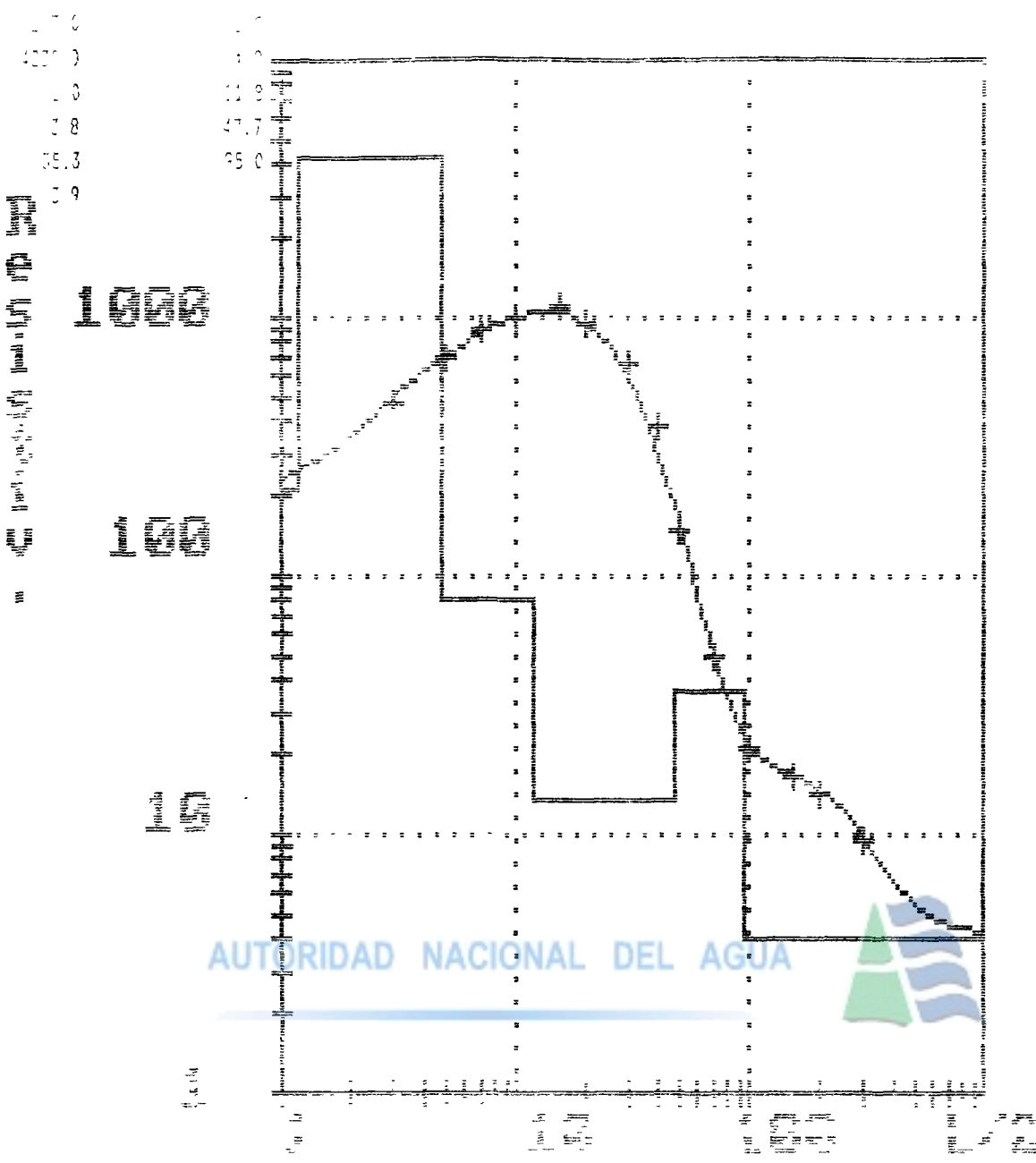




AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Fig. 12



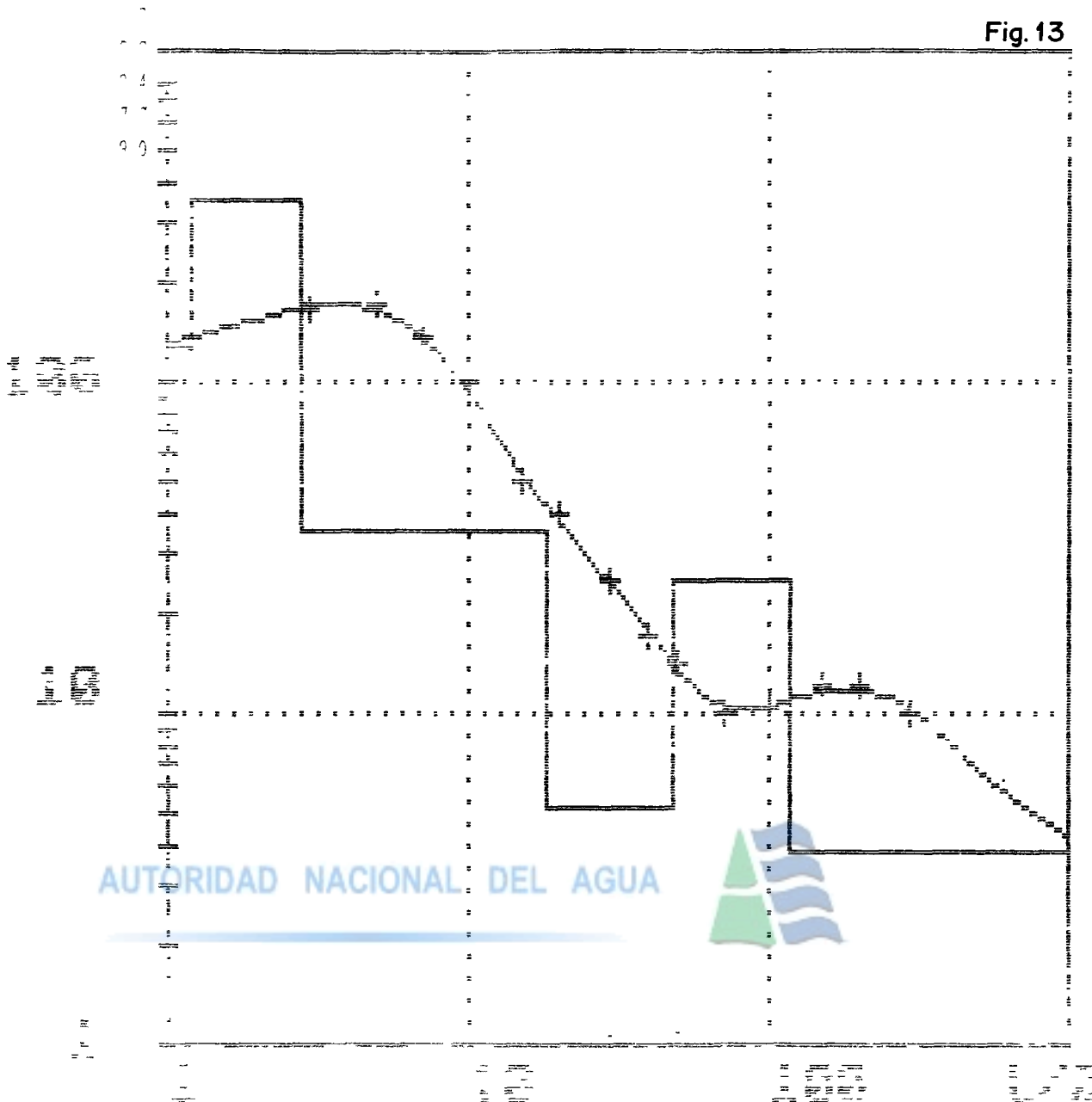
Archivo de datos: 0071249 Fecha: 13/03/97  
 Proyecto: AD-AS-SUBTERRANEAS  
 Dirección: Dirección Arreglos INREMA  
 Código: CAMINO AL CANAL INTER.  
 Cofe. Vicio: ING. C. J. MONTANA M.  
 Responsable: RAFAEL TURRES Sol. Interceptor: O'Neill

L/0 (m)	P0 (cm)	L/1 (m)	P1 (cm)	L/2 (m)	P2 (cm)
0	450	200	350	250	200
100	500	300	400	350	300
200	550	400	450	400	350
300	600	500	500	450	400
400	650	600	550	500	450



Fig.13

27.1  
70.4  
36.0  
5.2  
25.3  
3.8

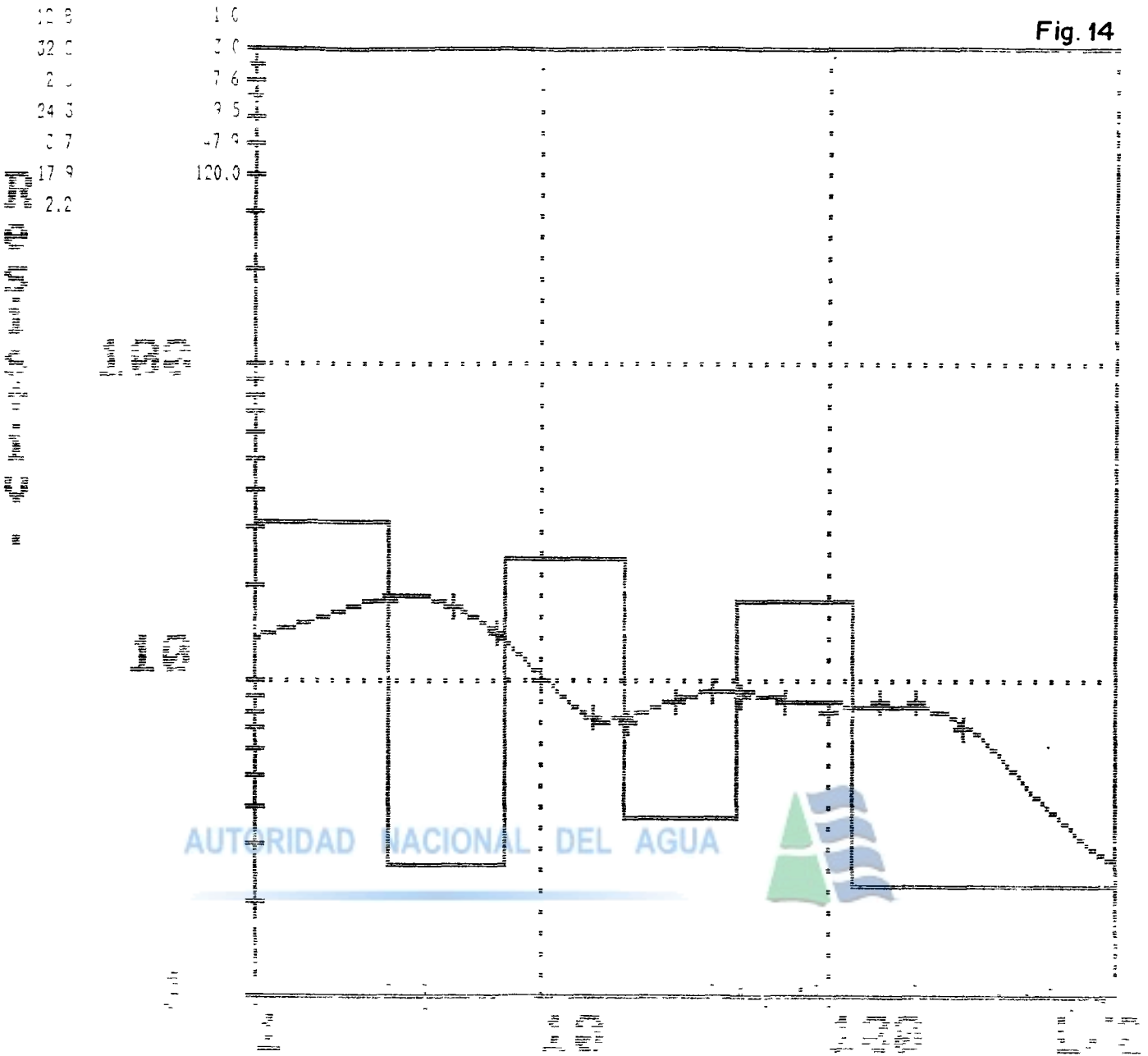


Nombre de datos: CEV12ZAR      Fecha: 12/02/97  
 Proyecto: AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección: Dirección INRA  
 Código: LOMAS SAUFORAS      Observador: TWA T. MONTO A. M.  
 Coordenadas: AGUAS VERDES TUMES  
 Schilbe gar: 01/02/11

h (m)	Q (m³/s)	h (m)	Q (m³/s)
27.1	40.0	70.4	0.0
36.0	25.0	5.2	0.0
5.2	14.0	25.3	0.0
25.3	10.0	3.8	0.0



Fig. 14

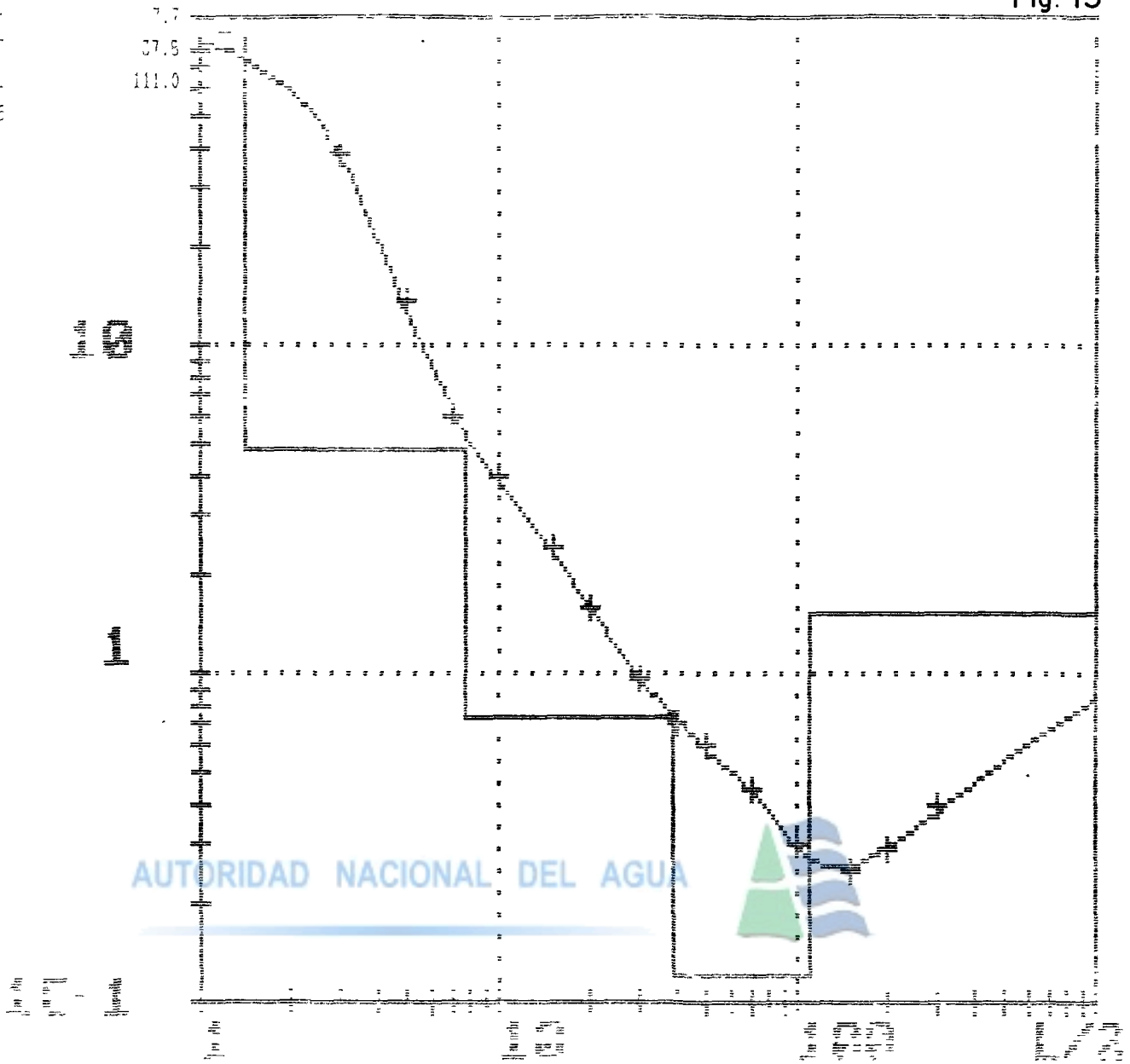


Archivo de datos: SEVICIAS      Fecha: 10/02/97  
 Proyecto: AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección Arreglo: INGENA  
 Código: LA SITA A      Observador: I. J. MONTOYA M.  
 Coordenadas: AGUAS VERDES TUMBEO  
 Sonstige: GNA 11

Prof. (m)	Resistiv. (Ohm.m)	Prof. (m)	Resistiv. (Ohm.m)	Prof. (m)	Resistiv. (Ohm.m)
0.0	10.0	10.0	7	100.0	8.0
0.0	10.0	70.0	7.7	70.0	8.0
7.0	1.0	71.1	7	200.0	0.5
1.0	10.0	71.0	7.0	700.0	7.0
0	7.5	70.0	0.5		

Resistiv. (Ohm.m)      Prof. (m)

Fig. 15



Archivo de datos: SEVI4ZAR      Fecha: 13/03/97  
 Proyecto: AGUAS SUBTERRANEAS  
 Dirección: A. Regio INRENA  
 Indio: EL CANARIC      Observador: ING. GJ. MONTOYA M  
 Comandadas: AGUAS VERDES TUMBES  
 Schlumberger: O'Neill

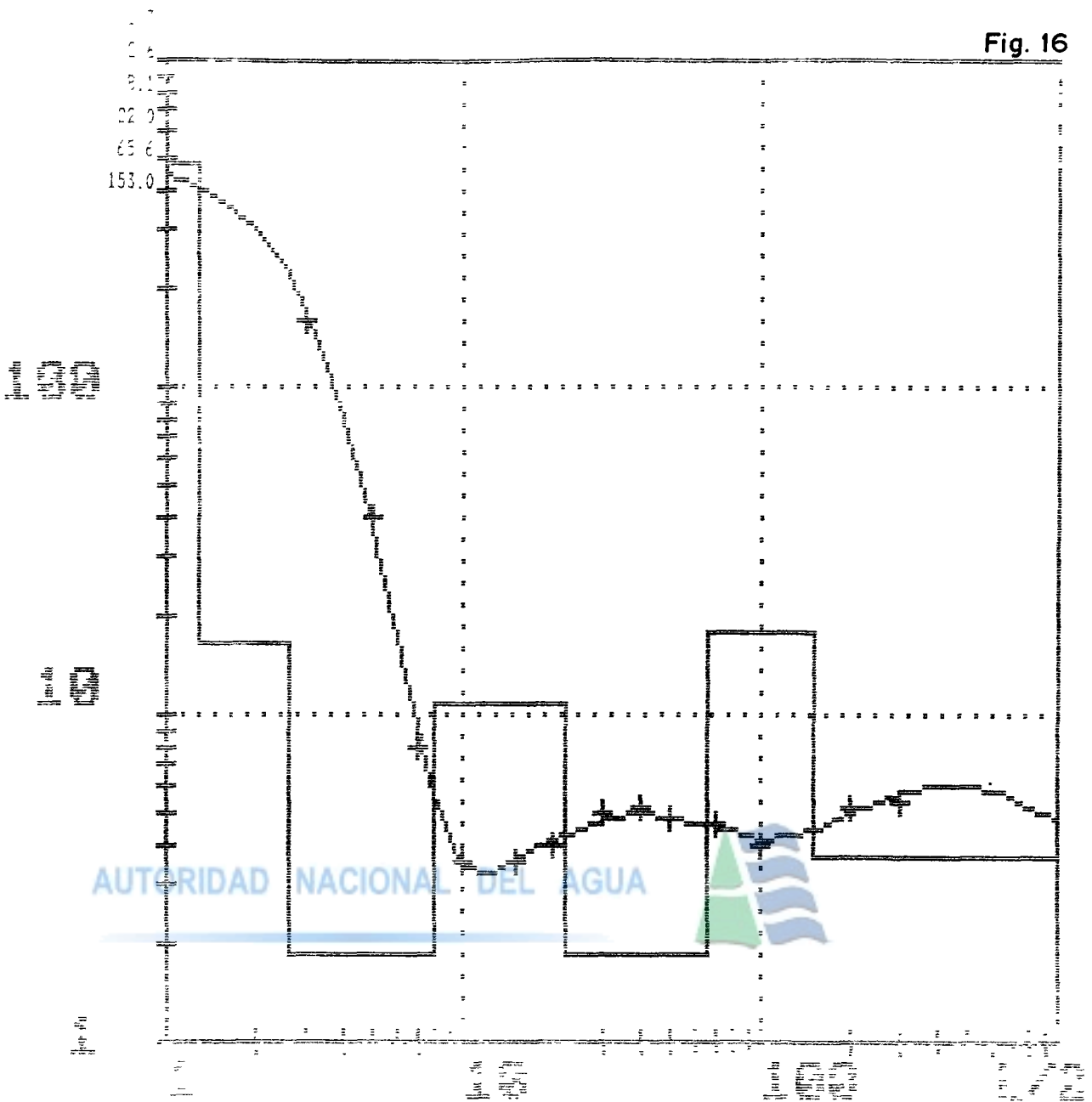
h	rho (ohm m)	L/2 (m)	rho (ohm m)	h (m)	rho (ohm m)
1.0	7.7	20.0	1.0	20.0	7.7
5.0	37.8	70.0	0.9	70.0	37.8
10.0	111.0	100.0	0.7	100.0	111.0
15.0	111.0	150.0	0.5	150.0	111.0
20.0	111.0	200.0	0.4	200.0	111.0

Resistiv. (ohm m)      Prof. (m)



Fig. 16

48.7  
10.6  
1.9  
17.6  
3.7



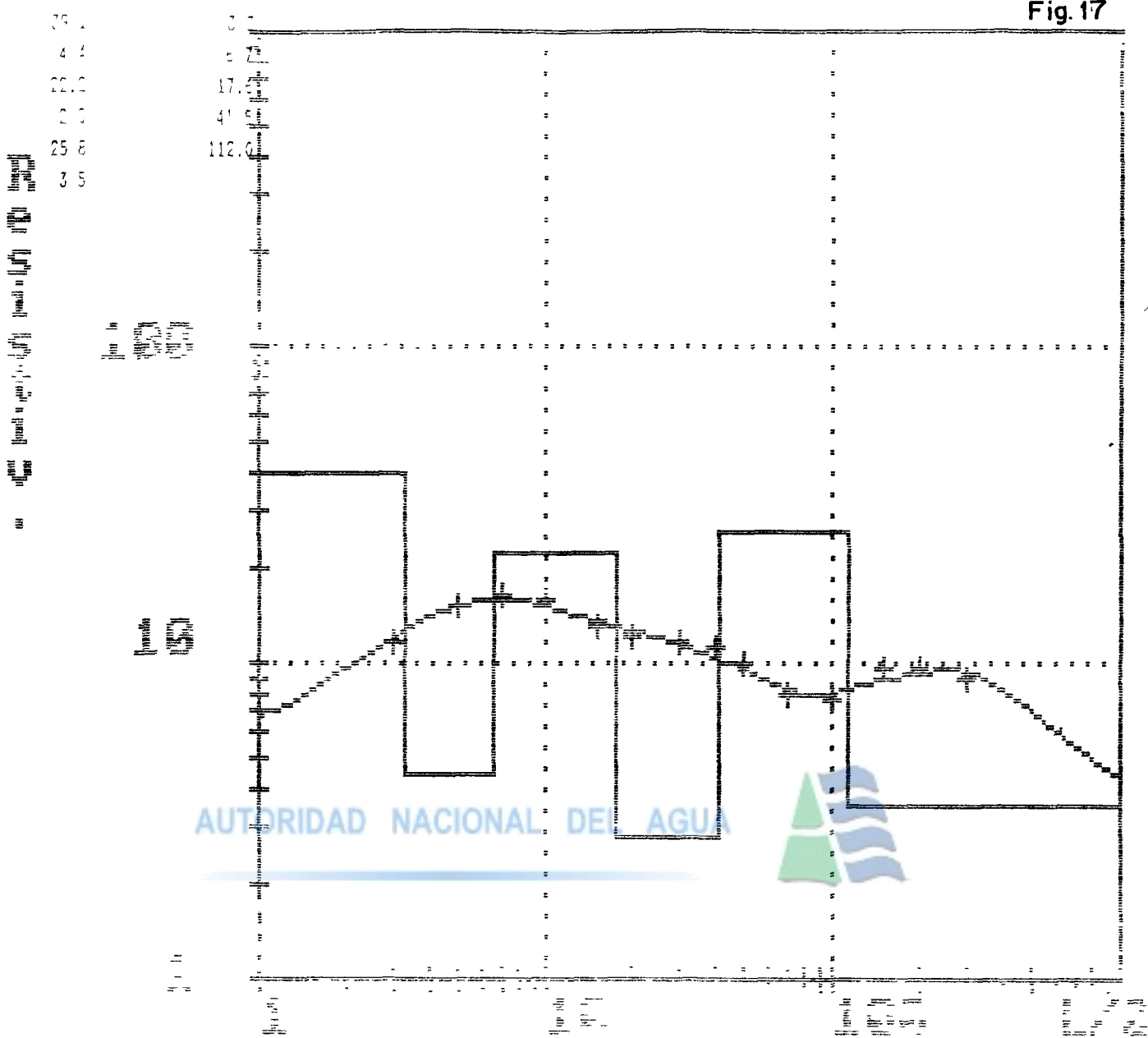
Archivo de datos GEV15ZAR Fecha 13/03/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Codigos POCITOS Observador ING. GJ. MOYDA M.  
 Coordenadas AGUAS VERDES TUMES  
 Schlumberger O'Neill

Q (m³/s)	h (m)	r (m)	h - r (m)	Q (m³/s)	h (m)	r (m)
153.0	10.6	20	4.0	100.0	10	10
65.6	1.9	20	5.0	150.0	10	10
3.7	3.7	20	1.0	20	10	10
17.6	17.6	20	0.9	300.0	10	10
10.6	10.6	20	1.0			

Resolución: (m³/s) Prof (m)



Fig. 17



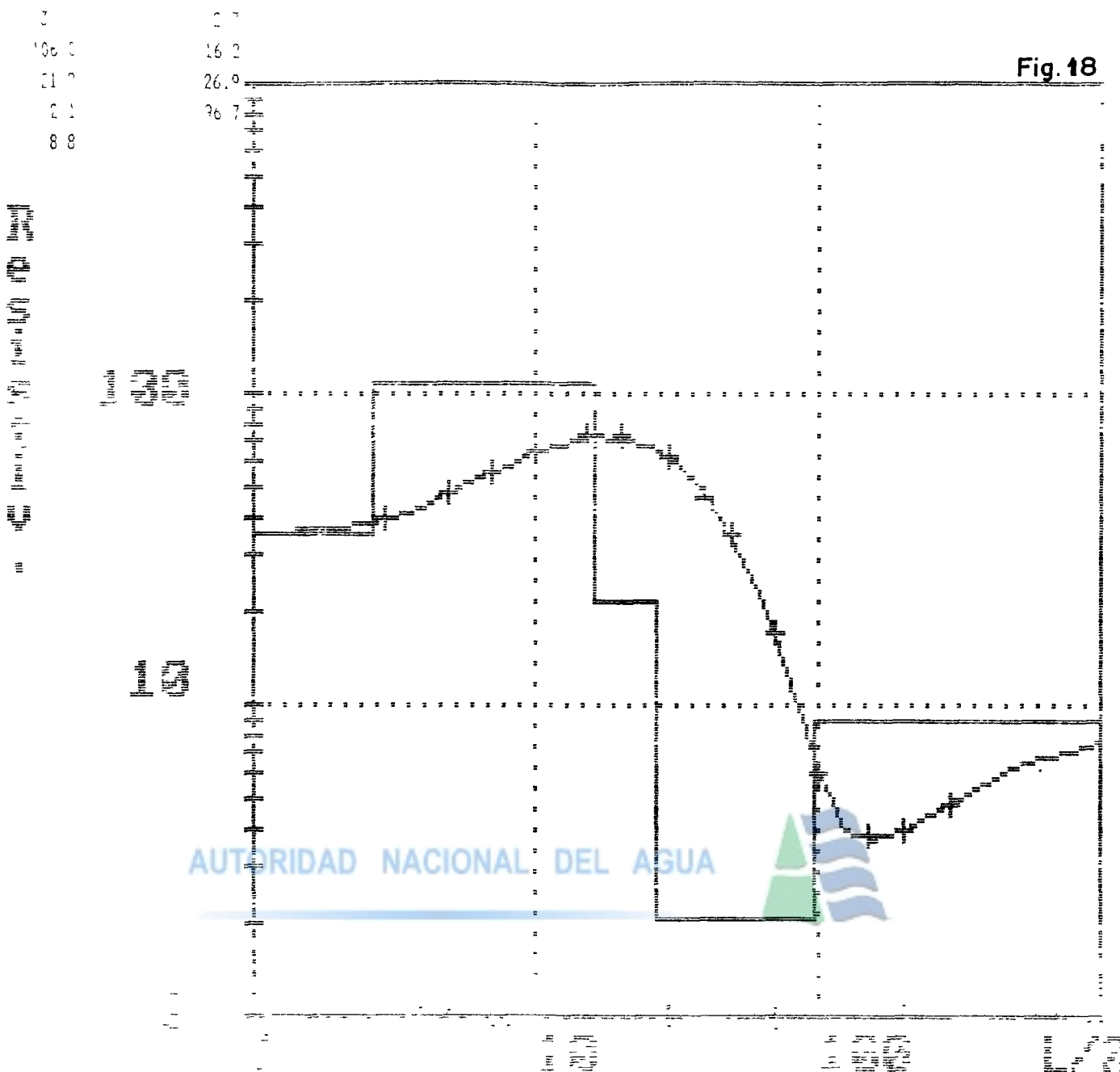
Archivo de datos SE 2012P Fecha 13/03/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Director 4 reglo INPENSA  
 Código SEIBER DEL DIABLO Observado ING. GJ. MONTOYA \*  
 Coordenadas CUCHARPETA PAJA TUMBES  
 Scriba O'Neill

h	Q	h	Q	h	Q
100	3.5	100	3.5	100	3.5
200	25.6	200	25.6	200	25.6
300	41.9	300	41.9	300	41.9
400	112.0	400	112.0	400	112.0
500	17.0	500	17.0	500	17.0
600	4.4	600	4.4	600	4.4
700	25.1	700	25.1	700	25.1

Resistiv (ohm m) Prof (m)



Fig. 18



Area de datos SEVILLA Fecha 14/03/97  
 Proyecto AGUAS SUBTERRANEAS  
 Codigos TUMBES Direccion Area de INRENA  
 Observador ING. GJ. MONTOYA M.  
 Coordenadas Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
3.0	40.0	20.0	70.0	100.0	0.0
5.0	48.0	30.0	60.0	150.0	7.0
7.0	55.0	40.0	40.0	200.0	4.0
10.0	61.0	50.0	7.0	300.0	1.0
15.0	70.0	70.0	1.0		

Resistiv (Ohm.m) Prof (m)





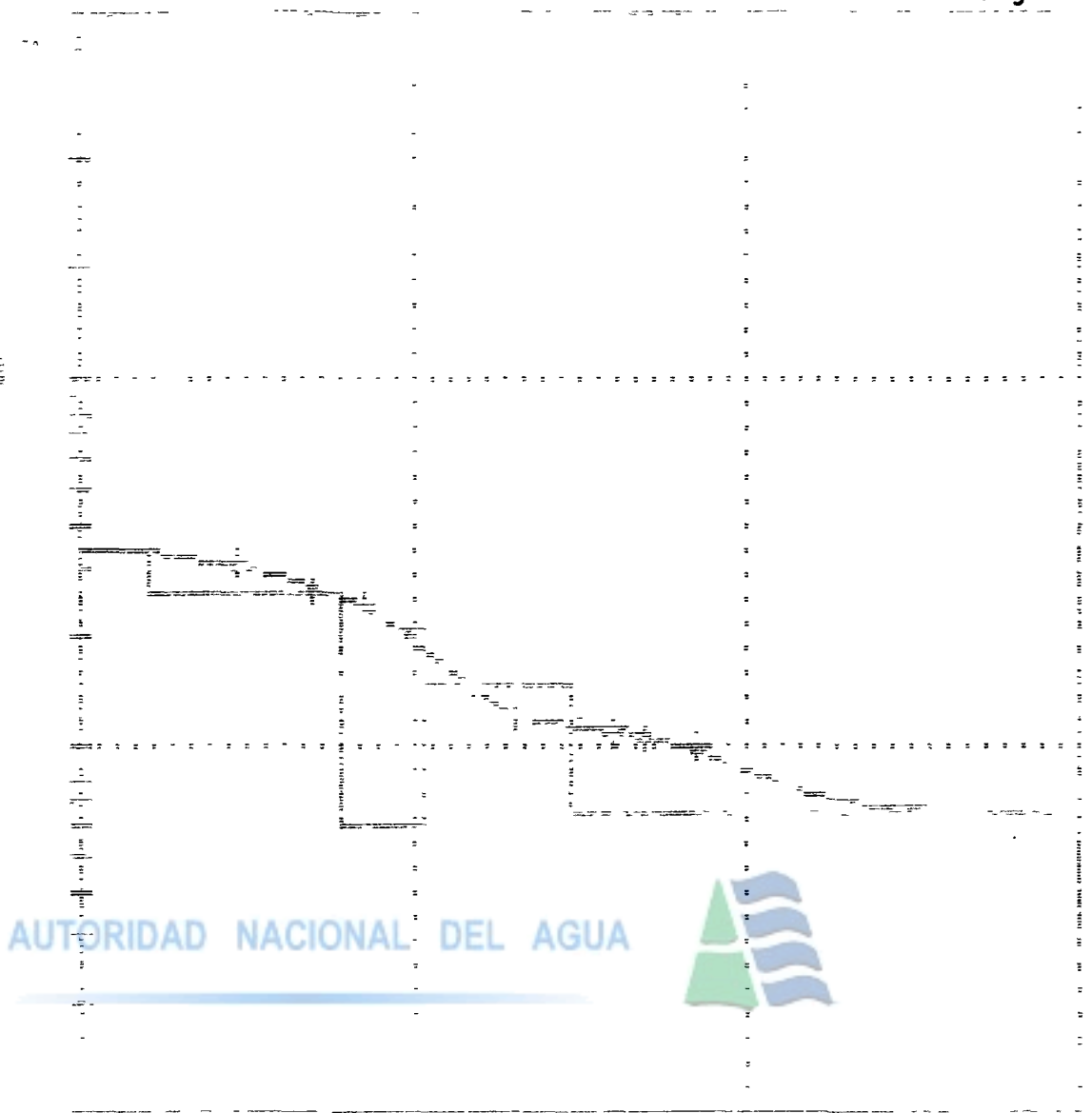
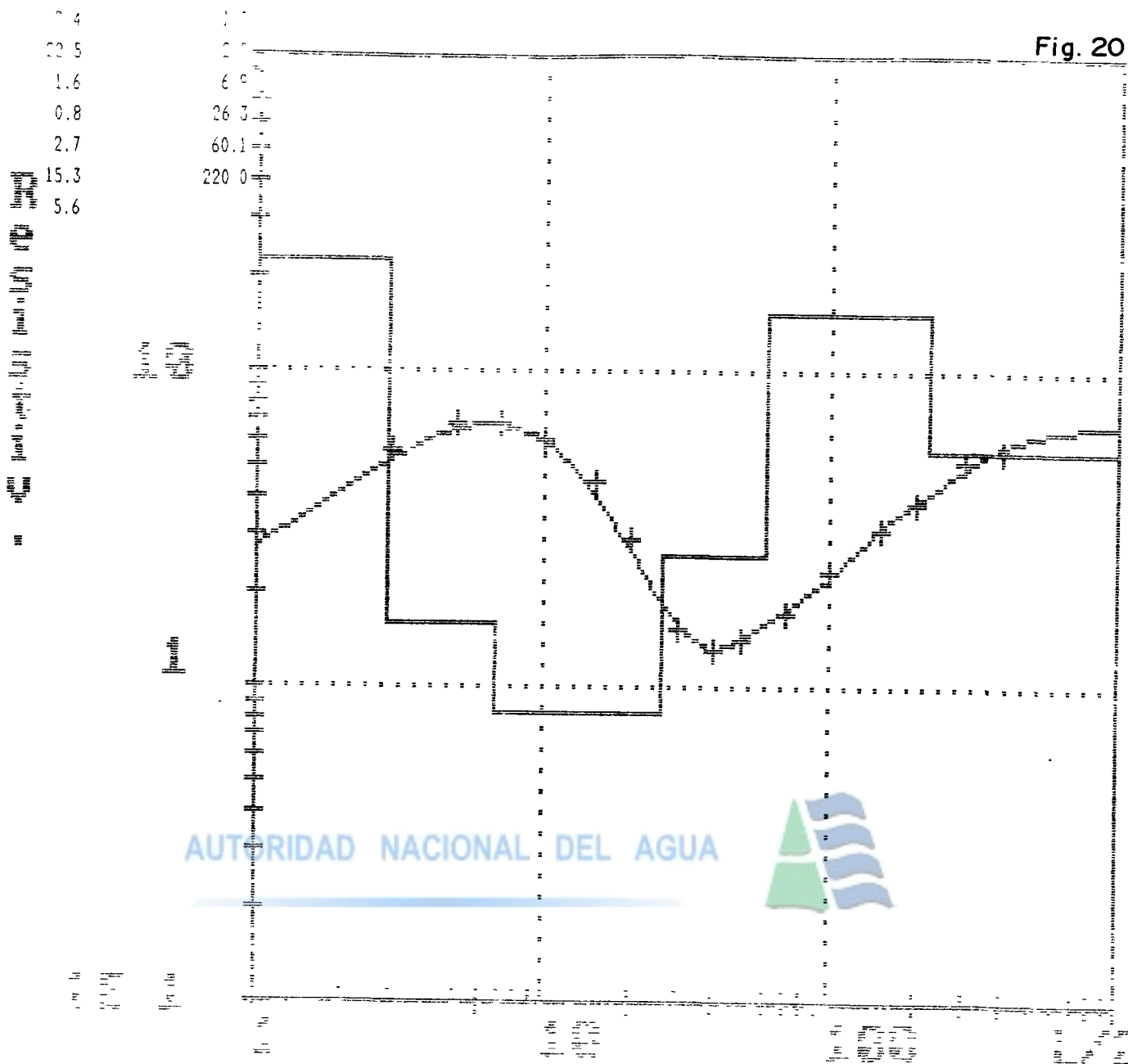


Fig. 20

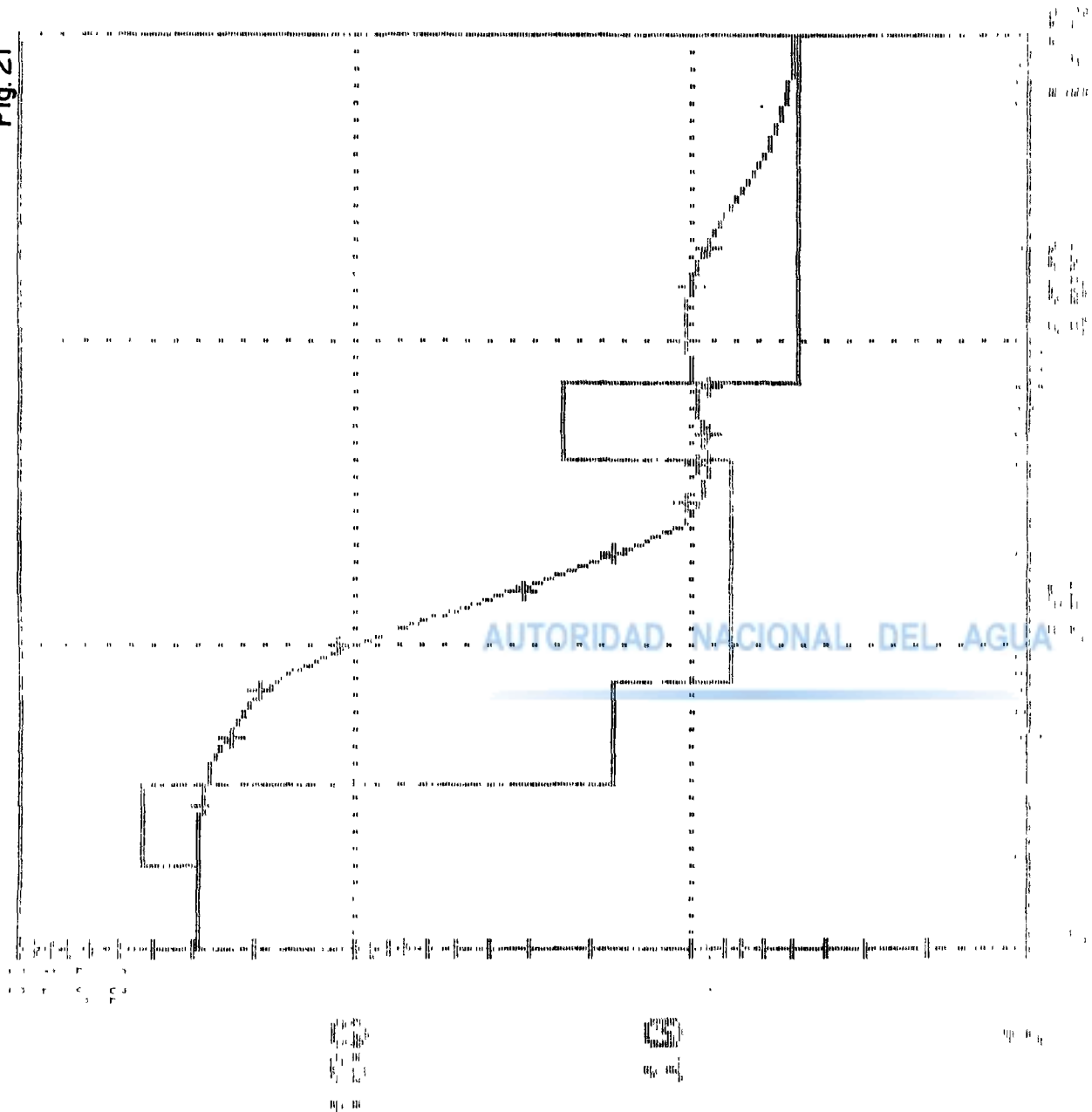


Prioridad de datos 08/10/99 Fecha 14/03/97  
 Proyecto 9304S SUBTERRANEAS  
 Dirección Arreglo INRENA  
 Código AAPP ALAN BARRIA Observador ING. G. MONTOYA M.  
 Coordenadas QTA GRANDE TUMBUCO  
 San Urbaner O'Neill

L/C	Prof (cm)	Q	Prof (cm)	L/C (m)	Prof (cm)
100	5.7	20.0	0.9	100.0	2.5
100	6.8	30.0	5	150.0	7.7
100	6.9	40	7	200.0	7.0
100	7.1	50.0	4	300.0	5.0
100	4.5	70	7	400.0	5.6

Resistiv (Ohm m) Prof (m)

Fig. 21



Oficina de Asesoría Técnica  
 PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA  
 RED DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
 DEL URUGUAY  
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS  
 DE RECONSTRUCCIÓN DE LA RED DE AGUAS  
 SUBTERRÁNEAS DEL URUGUAY

1. Sección de la red de aguas subterráneas  
 2. Sección de la red de aguas subterráneas  
 3. Sección de la red de aguas subterráneas  
 4. Sección de la red de aguas subterráneas  
 5. Sección de la red de aguas subterráneas  
 6. Sección de la red de aguas subterráneas  
 7. Sección de la red de aguas subterráneas  
 8. Sección de la red de aguas subterráneas  
 9. Sección de la red de aguas subterráneas  
 10. Sección de la red de aguas subterráneas



- **Primer Horizonte (H1)**

Corresponde al primer horizonte superficial de pequeño espesor presenta una resistividad de 31 a 188 ohm-m correspondientes a limos arcillosos en estado seco de baja permeabilidad.

- **Segundo Horizonte (H2)**

Corresponde al segundo horizonte conformado por dos o más capas geoelectricas sus resistividades varían de 20,4 a 50,8 ohm-m con características de buena permeabilidad y granulometria , correspondiendo al acuífero superficial a partir del nivel estático, su potencia varía de 50 a 65 m aproximadamente.

- **Tercer Horizonte (H3)**

Corresponde al tercer horizonte de potente espesor con resistividades de baja permeabilidad por la presencia de sedimentos saturados con agua de mala calidad los mismos que presentan valores entre 5 a 13,7 ohm-m correspondientes a arenas medianas a finas con presencia de arcillas no se ha determinado el cambio de este horizonte por ser la ultima capa de investigación.

### **Corte Geoelectrico B-B' Fig. 23**

Esta ubicado en el sector denominado el Corral se han tomado tres SEV, se ha investigado hasta una profundidad mayor de 200 m aproximadamente y se ha diferenciado hasta cinco H5 horizontes Geoelectricos donde:

- **Primer Horizonte H1**

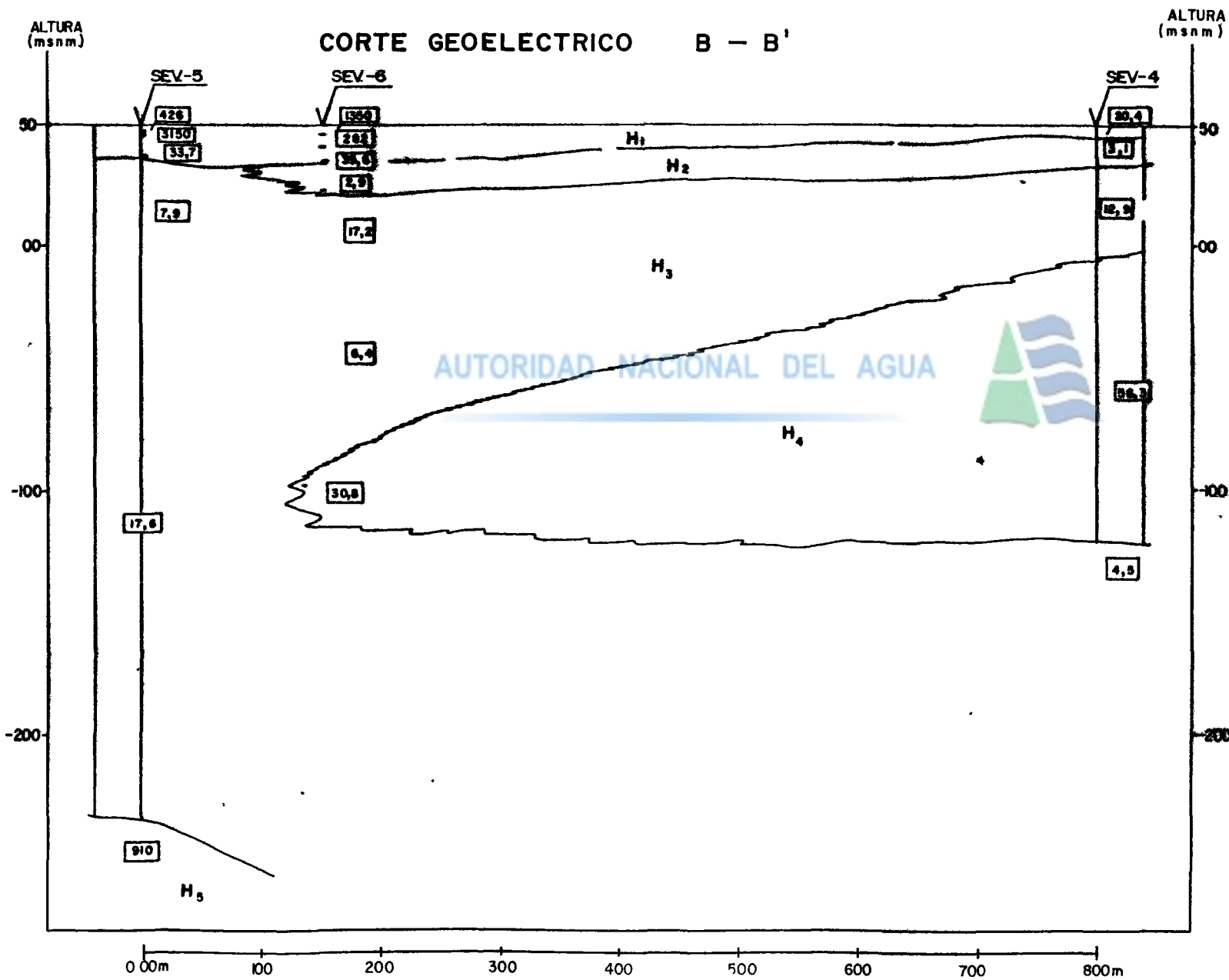
Corresponde al primer horizonte superficial de espesor muy variado presenta una resistividad de 33,7 a 315,8 Ohm-m correspondiente a limos arcillosos.

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta la forma de un pequeño lente, con un valor de resistividad de 2,9 a 3,1 ohm-m correspondiente a sedimentos de granulometría mediana a fina totalmente salobres su permeabilidad es baja y espesor pequeño.

- **Tercer Horizonte H3**

Representa a la mayor parte de esta Fig. N° 0, Presentando un espesor mayor de 200 m en SEV 5, disminuyendo en dirección al SEV 6 y 4 por la presencia del horizonte H4, y esta conformado por sedimentos de arenas medianas con arcillas de mala calidad por presencia de sedimentos contaminados sus resistividades varían de 6,4 a 17,6 ohm-m correspondientes a sedimentos de baja permeabilidad.



**LEYENDA**

SEV y su número

Resistividad verdadera ohm m.

H<sub>1</sub> = Lías arcillosas.

H<sub>2</sub> = Sedimentos coluviales.

H<sub>3</sub> = Arenas medias con granos de arena.

H<sub>4</sub> = Lías con grava con arena gruesa y mediana.

H<sub>5</sub> = Impermeable resistente.

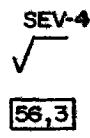


Fig. 23



- **Cuarto horizonte H4**

Corresponde al horizonte de mayor representatividad para este corte su forma es lenticular su resistividad varían de 30,8 a 56,3 ohm-m conformado por sedimentos de granulometría de grano grueso a mediano que podrían estar conformando el acuífero aprovechable de buena calidad y permeabilidad, su potencia varía de 25 a 65 m.

- **Quinto Horizonte H5**

Corresponde al techo del posible substrato rocoso altamente resistivo determinado solo en el SEV 5.

### **Corte Geoeléctrico C-C' ( Fig.24)**

Se ubica en el sector el Lechugal quebrada el lomillo se han diferenciado cinco H5 horizontes geoeléctricos se ha investigado 120 m de profundidad al techo del substrato rocoso donde:

- **Primer Horizonte H1**

Corresponde al primer Horizonte superficial totalmente seco presenta una resistividad de 27,2 a 789 ohm-m conformado por limos arcillosos su potencia es muy variada.

- **Segundo Horizonte H2**

Corresponde al segundo horizonte de baja permeabilidad con un espesor de 18 a 80 m con un rango de resistividad de 3,5 a 4,4 ohm-m correspondiente a sedimentos como arenas medianas a finas con arcillas moderadamente salobres.

- **Tercer Horizonte H3**

Corresponde al tercer horizonte de investigación conformado por resistividades entre 1,9 a 5,4 ohm-m correspondientes a sedimentos totalmente salobres su permeabilidad es totalmente baja.

- **Cuarto Horizonte H4**

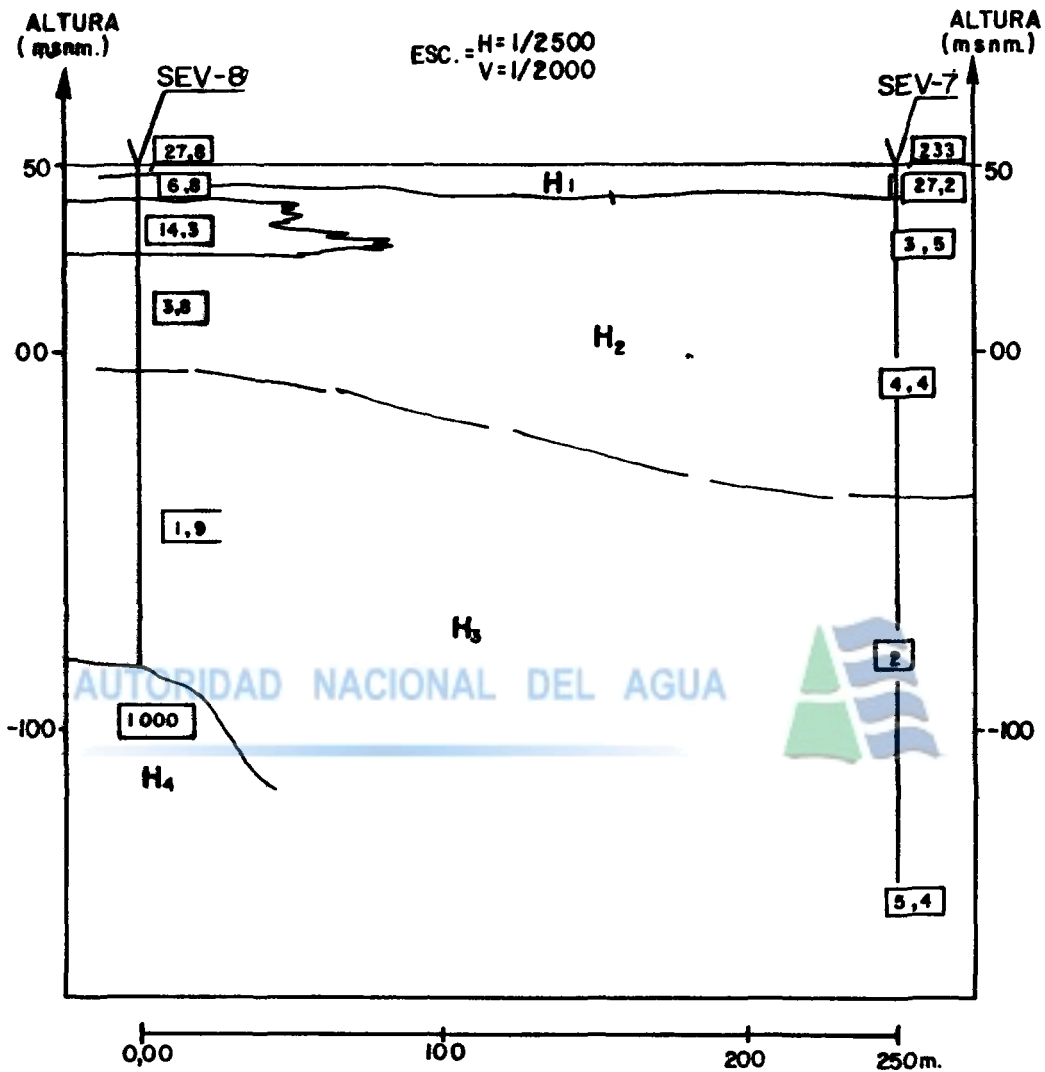
Corresponde al posible impermeable resistivo determinado solo en el SEV N°8 altamente resistente.

### **Corte Geoeléctrico D-D' (Fig.25)**

Esta ubicado en Pampa Galarza se han diferenciado hasta cuatro H4 horizontes geoeléctricos se ha investigado hasta una profundidad de 300 m aproximadamente sin llegar al substrato rocoso.

Fig.24

### CORTE GEOELECTRICO C-C'



#### LEYENDA

SEV. y su número

Resistividad ohm.m.

H<sub>1</sub> = Límos arcillosos.

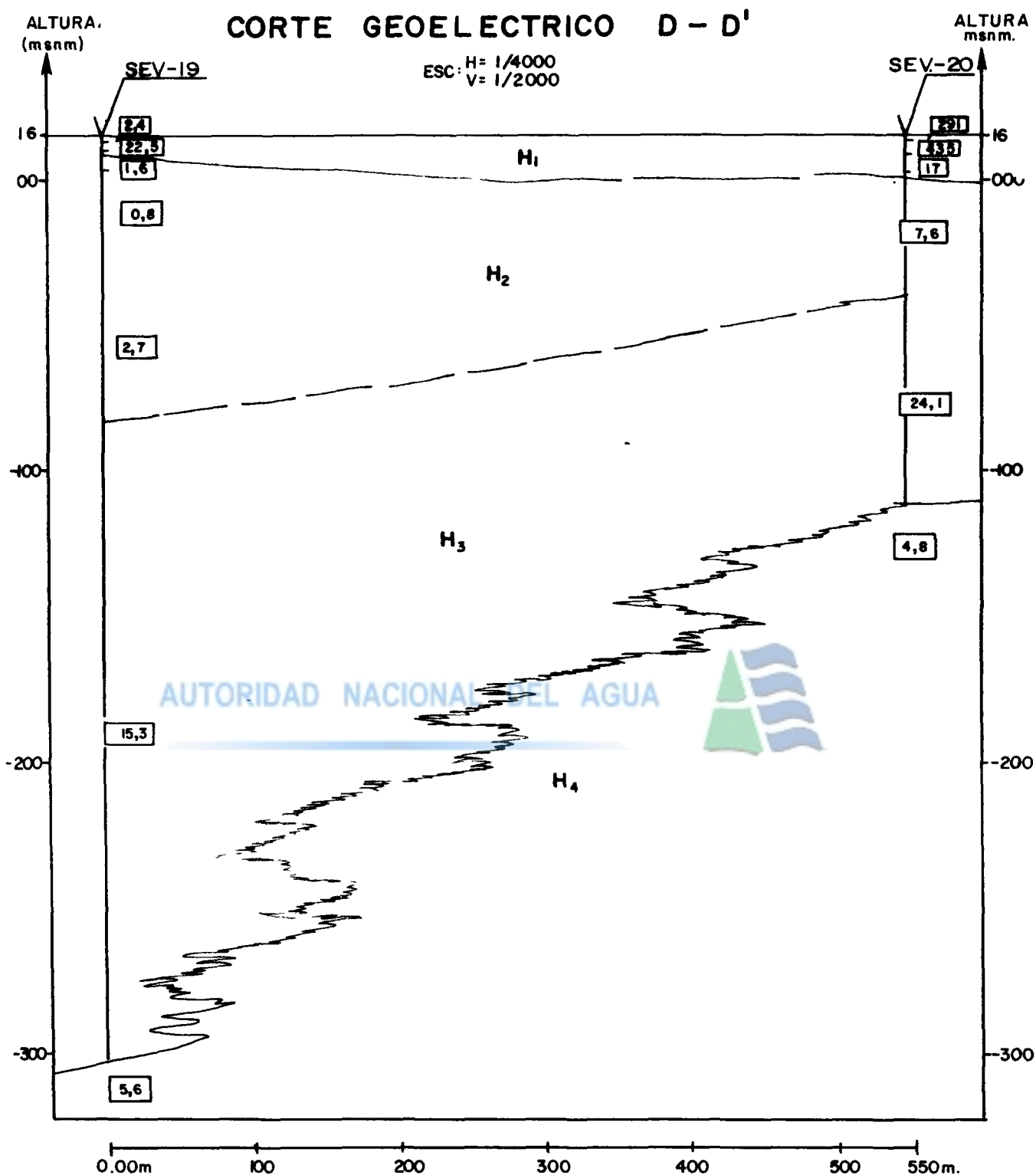
H<sub>2</sub> = Arenas medianas a finas con arcillas moderadamente salobres.

H<sub>3</sub> = Sedimentos salobres.

H<sub>4</sub> = Sedimentos resistentes.

SEV-7

2



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



**LEYENDA**

- SEV. y su número.
- Resistividad verdadera ohm-m.
- H<sub>1</sub> = Arcillas.
- H<sub>2</sub> = Arenas, Límos salobres.
- H<sub>3</sub> = Arenas medianas a finas con límos arcillosos.
- H<sub>4</sub> = Sedimentos salobres.

SEV.-19  
√  
2



- **Primer Horizonte H1**

Presenta una resistividad de 22,5 a 43,5 ohm-m correspondientes a limos arcillosos su potencia es de 3,0 a 16 m totalmente seco.

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta una resistividad menor de 1 a 7,6 ohm-m de baja permeabilidad correspondiente a sedimentos totalmente salobres su espesor es mayor en SEV, 19 llegando a 90 m aproximadamente y de 40 m en el SEV 20 conformados por arenas medianas a finas con limos.

- **Tercer Horizonte H3**

Este horizonte presenta un cambio de resistividades variando de 15,3 a 24,1 ohm-m con una potencia de 70 a 200 m aproximadamente correspondiente a arenas medianas a finas con limos a arcillas.

- **Cuarto Horizonte H4**

Corresponde al cuarto horizonte de baja resistividad con valores de 4,8 a 5,6 ohm-m correspondiente e sedimentos mayormente medianos a finos totalmente salobres se le ubica a diferentes niveles de profundidad.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



### **Corte Geoeléctrico E-É (Fig. 26)**

Presenta una investigación de 180 m de profundidad aproximadamente se encuentra ubicado en Una de Gato se han diferenciado tres H3 horizontes geoeléctricos donde:

- **Primer Horizonte H1**

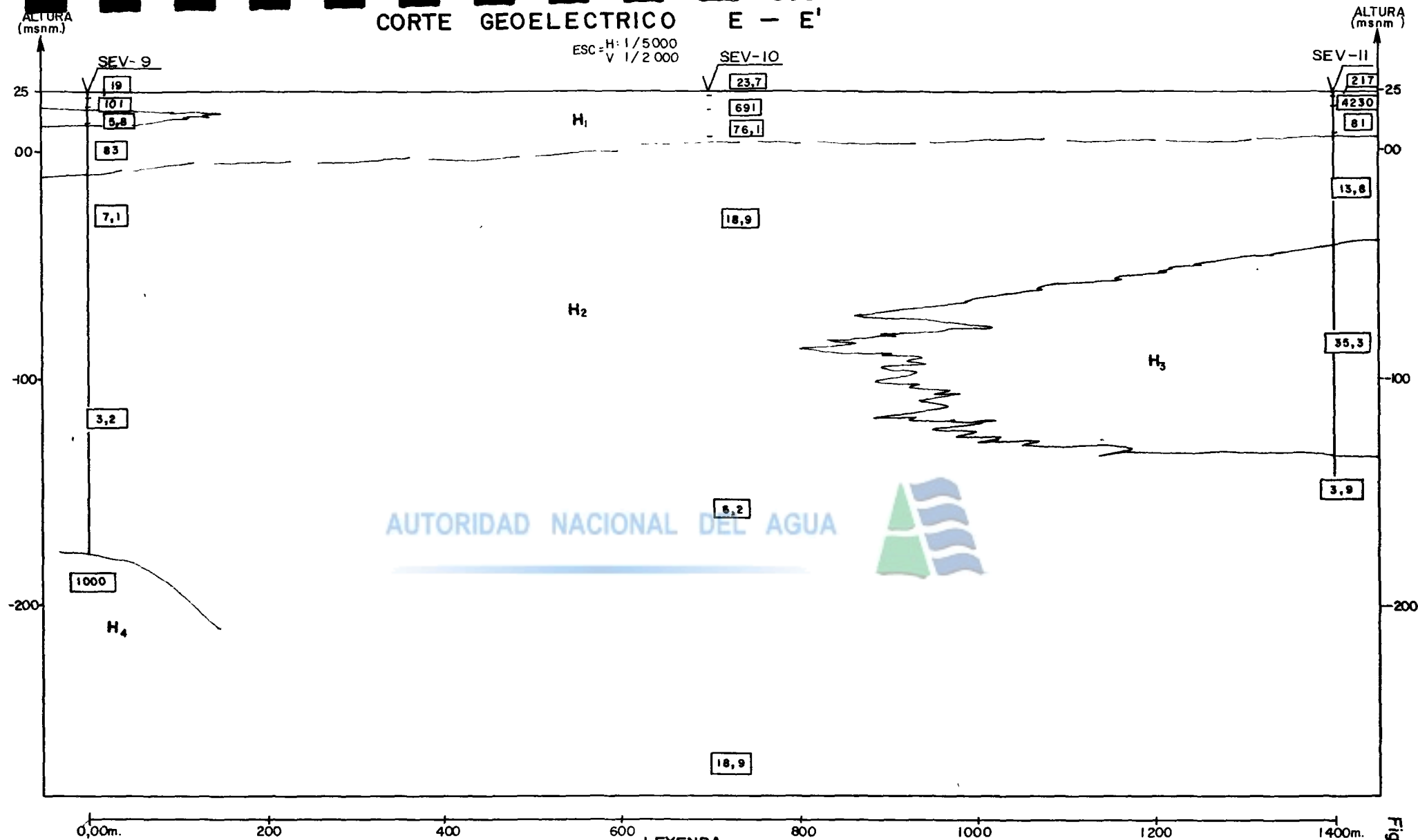
Esta conformado por dos a más capas de igual o parecida granulometria alcanzando un espesor de 16 a 34 m con una resistividad de 19 a 81 ohm-m conformado por limos arenosos de regular permeabilidad.

- **Segundo Horizonte H2**

Corresponde al horizonte de mayor potencia el mismo que estaría conformado por resistividades del orden de 3,2 a 18,9 ohm-m conformados por sedimentos de granulometria mediana a finas con presencia de sedimentos arcillosos totalmente contaminados (salobres).

- **Tercer Horizonte H3**

Corresponde al posible acuífero de alta permeabilidad de forma lenticular con sedimentos mayormente gruesos a medianos, su resistividad es de 35,3 ohm-m su espesor es de 80 m solo ha sido determinado en el SEV 11.



SEV. y su número  
Resistividad verdadera ohm-m.

SEV.-10  
18,9

**LEYENDA**

- H<sub>2</sub> = Arenas medianas a finas con arcillas salobres.
- H<sub>3</sub> = Arenas medianas a finas con línos arcillosos.
- H<sub>4</sub> = Sedimentos resistivos.

Fig 26

- **Cuarto Horizonte H4**

Corresponden al posible substrato rocoso altamente resistente determinado en el SEV 9

### **Corte Geoelectrico G-'G (Fig. 27)**

Esta ubicado en el sector el canario y Loma Saavedra se han considerado los dos SEVs, realizados en cada sector presentando una profundidad de 200 m de investigación no se ha determinado el substrato rocoso por encontrarse a mayor profundidad la descripción es como sigue :

- **Primer Horizonte H1**

Corresponde al primer horizonte seco de pequeño espesor conformado por limos arcillosos de 88 a 32,2 ohm-m. nada interesante.

- **Segundo Horizonte H2**

Corresponde a la mayor parte del Presente corte su potencia varia de 80 a 150 m con un valor de resistividad de 0,1 ohm-m altamente salobres en el SEV 14 y de 2.2 ohm-m en el SEV 13 conformados por sedimentos de granulometria mediana a fina totalmente salobre.

- **Tercer Horizonte H3**

Presenta una resistividad de 17,9 ohm-m conformado por sedimentos arenosos con arcillas saturados su potencia es mayor de 100 m correspondería a una regular permeabilidad.

### **Corte Geoelectrico J-'J (Fig. 28)**

Esta ubicado en el sector los Reyes, presenta una profundidad de 130 m de investigación el mismo que estaría influenciado por la presencia de sedimentos salobres , se han diferenciado dos horizontes donde:

- **Primer Horizonte H1**

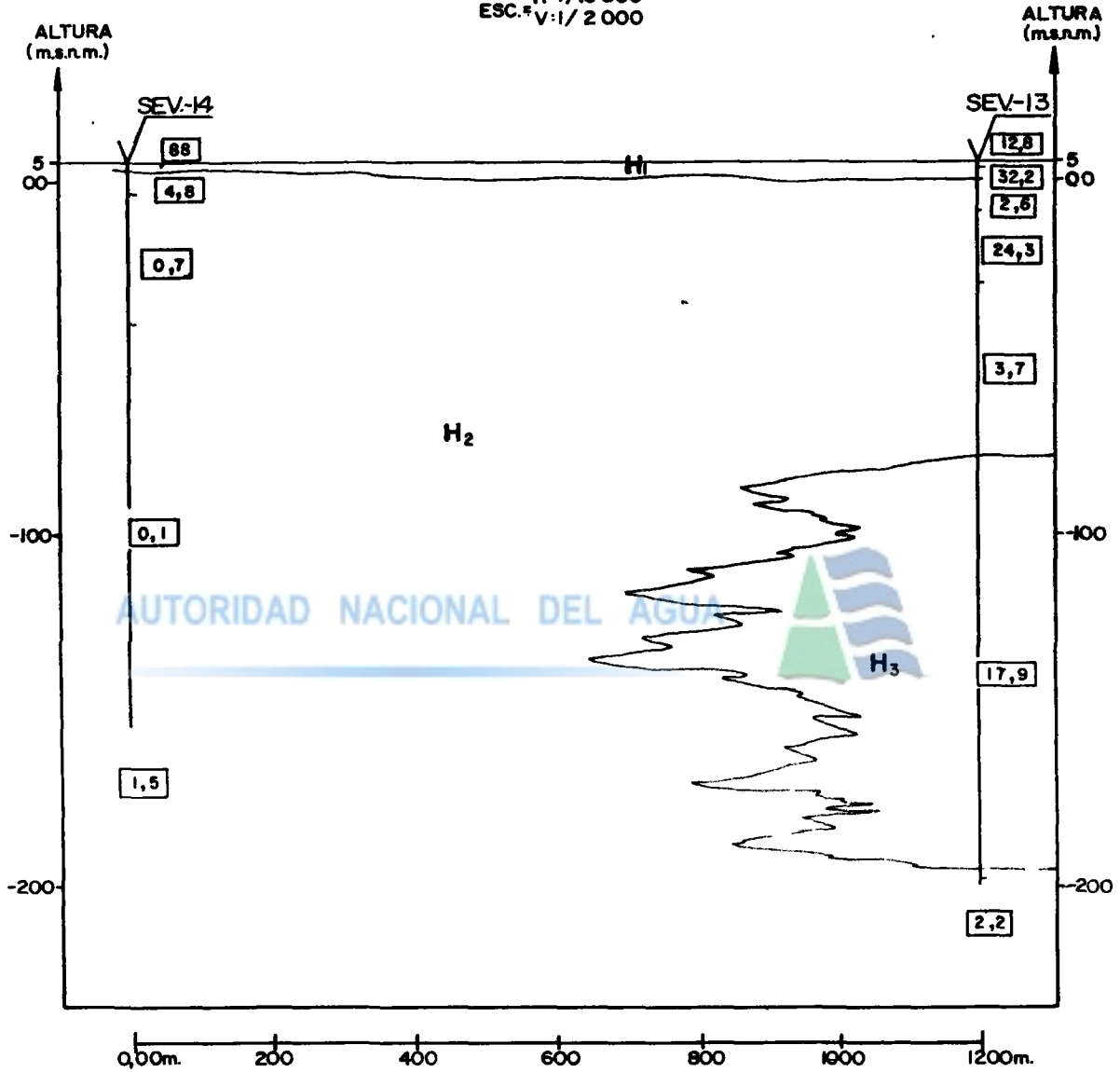
Esta conformado por arcillas con arenas finas su resistividad varia de 21,8 a 106 ohm-m presenta una potencia de 40 m parcialmente saturado..

- **Segundo Horizonte H2**

corresponde al segundo horizonte con resistividades de 0,6 a 8,8 ohm-m conformado por arenas gruesas a finas totalmente salobres su potencia es mayor de 100 m para el SEV 17 , para el SEV 18 los sedimentos son totalmente contaminados desde la superficie hasta la ultima capa de investigación.

### CORTE GEOELECTRICO G-G'

H: 1/10 000  
ESC. V: 1/2 000



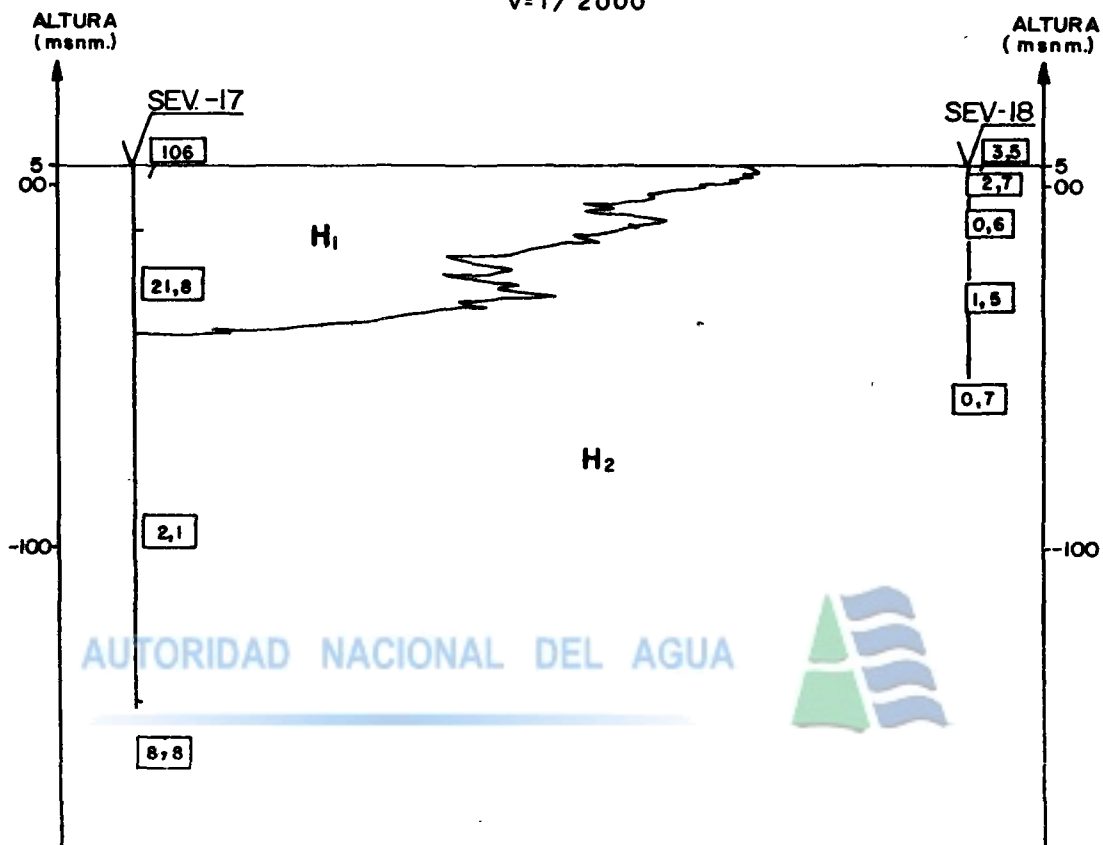
**LEYENDA**

- SEV. y su número.
- Resistividad verdadera ohm-m.
- H<sub>1</sub> = LÍMOS arcillosos.
- H<sub>2</sub> = Sedimentos salobres.
- H<sub>3</sub> = Arenas con lÍmos.

SEV-13  
✓  
17,9

### CORTE GEOELECTRICO J - J'

H = 1 / 10 000  
 ESC. = V = 1 / 2000



#### LEYENDA

- SEV. y su número. SEV.-18
- Resistividad verdadera ohm-m. √ 1,5
- H<sub>1</sub> = Arcillas con arenas finas.
- H<sub>2</sub> = Sedimentos salobres.

## Corte Geoeléctrico H-H (Fig. 29)

Esta ubicado en Loma Saavedra se han diferenciado tres horizontes geoeléctricos con diferente grado de permeabilidad debido a la presencia de la salinidad se ha investigado entre 150 a 250 m de profundidad sin llegar al substrato rocoso.

- **Primer Horizonte H1**

Esta conformado por sedimentos limos arcillosos totalmente secos presenta una potencia de 10 a 20 m .

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta una resistividad de 1,8 a 10,6 ohm-m superficialmente conformado por limos arcillosos totalmente secos su potencia en mayor en el SEV 15 luego disminuye en dirección al SEV, 12, a mayor profundidad también se puede ubicar este mismo horizonte con las mismas características geoeléctricas.

- **Tercer Horizonte H3**

Esta conformado por sedimentos mayormente medianos a finos con presencia de arcillas su resistividad es de 17,6 a 25,3 ohm-m su potencia es de 110 a 150 m y estaría parcialmente saturado.

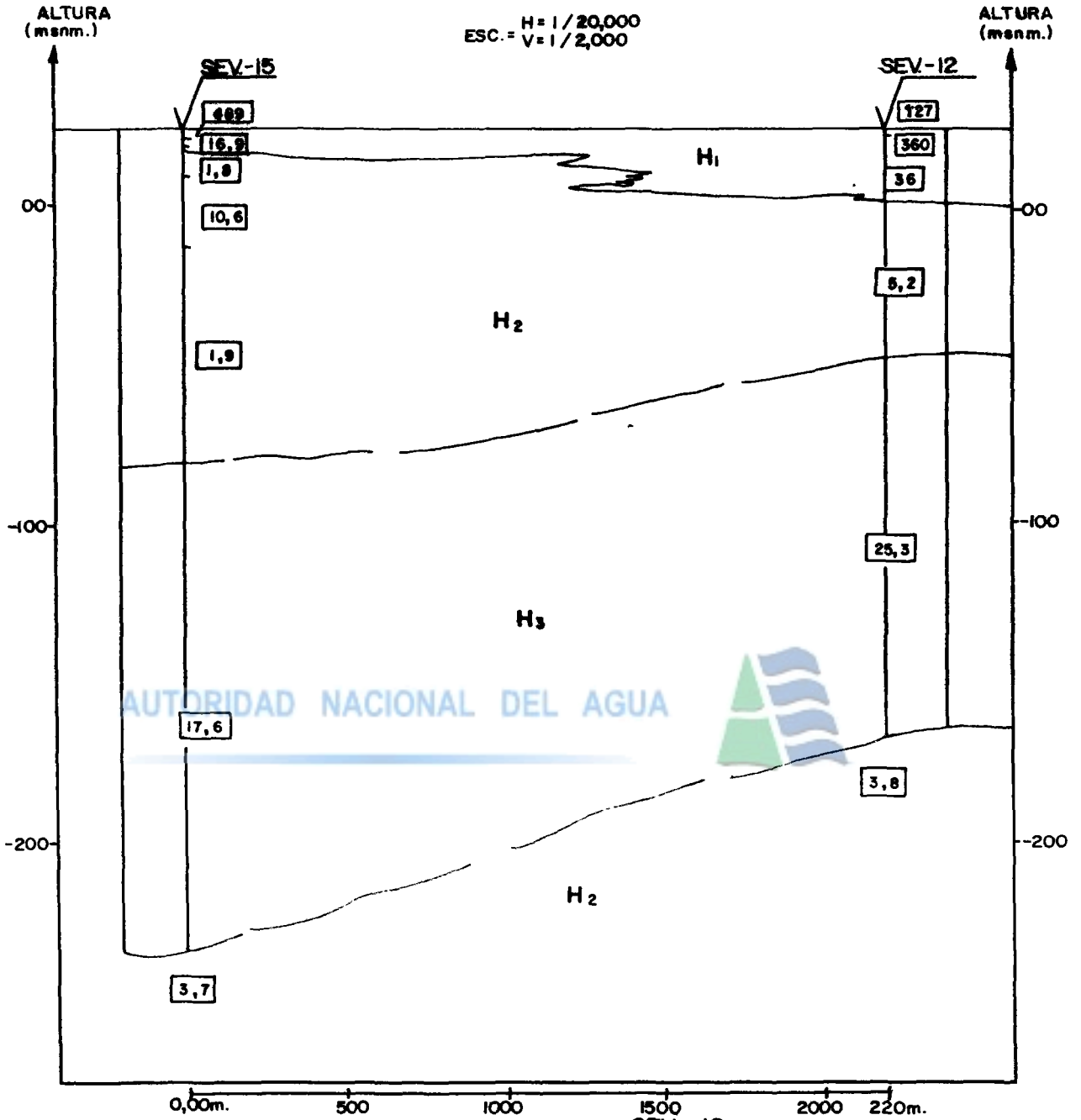
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



## 11. CONCLUSIONES

- ◆ De acuerdo a la prospección geoeléctrica en el área de estudio se ha determinado que en el subsuelo investigado, existe una formación acuífera, identificada mediante resistividades de 1,8 a 360 ohm-m en forma general.
- ◆ Para investigar los depósitos del acuífero, se ha utilizado el método de resistividad Eléctrica en su modalidad sondajes eléctricos verticales utilizando la configuración tetraelectrónica schlumberger.
- ◆ Se han priorizado los mejores sondajes de acuerdo a sus resultados cuantitativos con el objeto de llevar a cabo una investigación con más detalle.
- ◆ Se han diferenciado tres a cuatro horizontes geoeléctricos (H1, H2, H3, H4) permeables generalizados.
- ◆ De los cuatro horizontes diferenciados, el que presenta mejores condiciones de permeabilidad en algunos SEVs, es el tercer horizonte H3 el cual vendría a conformar el acuífero y en otros casos correspondería al segundo horizonte H2.
- ◆ El horizonte H1 presenta sedimentos mayormente finos

### CORTE GEOELECTRICO H - H'



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

**LEYENDA**

- SEV. y su número.
- Resistividad verdadera.
- H<sub>1</sub> = LÍMOS arcillosos.
- H<sub>2</sub> = Arenas medianas a finas con arcillas salobres en dos niveles.
- H<sub>3</sub> = Arenas finas con arcillas.

- ◆ En base a éstos datos geofísicos se ha elaborado 8 cortes Geoeléctricos.
- ◆ Los SEVs con mejores características geoléctricas se presentan en las recomendaciones.

## 12. RECOMENDACIONES

### Como Primera Prioridad

Debido al alto grado de permeabilidad encontrada en los SEV, 14 y 11 se recomienda ampliar la investigación con mayor detalle cerca a estos SEV, para de esta manera poder descartar o priorizar alguna área con fines de perforación con profundidades de acuerdo a su permeabilidad y potencia.

### Como segunda Prioridad.

Se recomienda realizar una investigación de prospección Geofísica con mayor detalle descartando zonas con sedimentos malos e incidiendo en área donde presenten buenas condiciones hidrogeológicas.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

