



076550C 0551  
Indizado al  
C.N.M.

LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

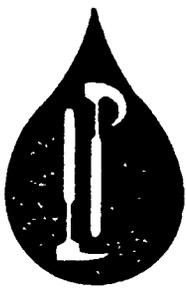
- C.V.C -  
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOFISICO E HIDROGEOLOGICO  
SOBRE VIABILIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE TUMACO (N)

Cali, Septiembre 27 de 1985

076550C

Hidrogeología • Geología de Minas • Geología General • Perforación y Mantenimiento de Pozos  
Carrera 24-A No. 3-52 - Teléfono 58 28 80 - Cali

Copia No Controlada CVC



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

Cali, Septiembre 26 de 1985

Doctor  
OSCAR MAZUERA G.  
Director Ejecutivo  
Corporación Autónoma Regional del Cauca -CVC  
Cali.-

C-361

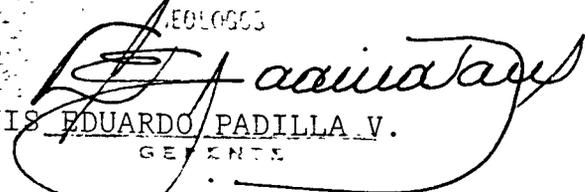
Apreciado Doctor Oscar Mazuera,

Dando cumplimiento al contrato CVC-3508 de 1985, nuestra compañía tiene el gusto de hacer entrega de los resultados geológicos y geofísicos obtenidos. Desafortunadamente, los mismos, permiten concluir que en la zona de la planta de tratamiento del acueducto de Tumaco (N), detalladamente explorada, no existen en el subsuelo condiciones acuíferas, que permitan, establecer la viabilidad de un proyecto encaminado a abastecer con aguas subterráneas, el gran desarrollo imprimido por PLADEICOP, a la ciudad de Tumaco (N).

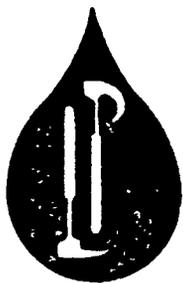
Después de haber recibido apoyo continuo y total de la CVC, para la realización de las exploraciones, sólo me resta dar testimonio de gratitud.

Muy cordialmente,

GEOLOGOS

  
LUIS EDUARDO PADILLA V.

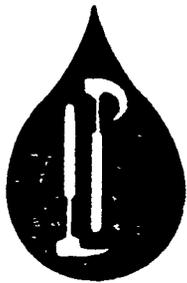
GERENTE



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

## F I G U R A S

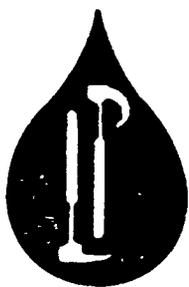
- Fig.N° 1      Precipitación promedio anual
- Fig.N° 2      Evapotranspiración potencial en Tumaco
- Fig.N° 3      Ubicación detallada área de estudio
- Fig.N° 4      Mapa de ubicación regional
- Fig.N° 5      Mapa geomorfológico
- Fig.N° 6      Mapa geológico
- Fig.N° 7      Estereograma de fracturación regional
- Fig.N° 8      Localización sondeos geoelectricos 1 a 15
- Fig.N° 9      Correlación línea AA'
- Fig.N° 10     Correlación línea BB'
- Fig.N° 11     Correlación línea CC'
- Fig.N° 12     Correlación línea DD'
- Fig.N° 13     Correlación geoelectrica regional sondeos 1 a 19
- Fig.N° 14     Localización líneas sísmicas 1 a 5
- Fig.N° 15     Localización y correlación regional, líneas sísmicas  
1 a 7



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

## A N E X O S

1. Curvas geoelectricas de campo, interpretadas sondeos 1 a 19
2. Solución sismogramas, lineas dromocronicas



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

1

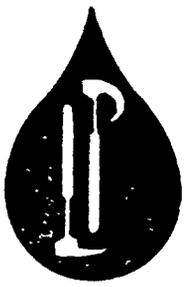
## OBJETO

Dando cumplimiento al contrato CVC 3508, la compañía LUIS EDUARDO PADILLA & CIA exploró la región de Tumaco (N) para calificar la potencialidad de la existencia de estratos acuíferos en el subsuelo, capaces de abastecer parcial ó totalmente la demanda del acueducto de la ciudad de Tumaco (N) y localidades circunvecinas. El anteproyecto fué concebido por la Sección de Aguas Subterráneas de la CVC, con base en visitas preliminares de campo y de información geológica disponible. La ejecución del proyecto estuvo a cargo del PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL COSTA PACÍFICA - PLADEICOP - a cargo del Doctor FERNANDO ORTIZ, Jefe División Programación y Control; la Interventoría a cargo del Doctor LUIS EDUARDO SUAREZ, contando con la constante asesoría y apoyo del Doctor SIGIFREDO TENJO G., Jefe de la Sección Aguas Subterráneas.

## INTRODUCCION

Llama poderosamente la atención la existencia de extensísimas áreas recubiertas por depósitos Cuaternarios en la zona del llano costero, ubicado al este de la ciudad de TUMACO (N). Este cuadro geológico, aunado a la gran pluviosidad de la zona (unos 3.000 mm/año, véase Clima), hizo recomendable la ejecución de un estudio hidrogeológico completo, el cual comprendió la toma e interpretación de diecinueve (19)\* sondeos geoeléctri-

*\*Quince (15) sondeos iniciales y cuatro (4) aprobados posteriormente por la Interventoría del proyecto.*



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

2

cos con distancia interelectródica ( $L/2$ ) de 300 m y ocho (8)\* sondeos de refracción sísmica con gran espaciamento fuente-receptor, para lograr gran profundidad exploratoria. Los estudios geológicos realizados abarcaron una extensión superior a la estipulada en los términos de referencia, debido a que las formaciones volcánicas poseen gran desarrollo en el piedemonte oeste de la cordillera Occidental en la región de El Diviso y Junín y se extienden casi inconmensurablemente hacia el occidente por debajo de una delgada capa de sedimentos volcánicos de edad muy reciente. Las exploraciones geofísicas indican la existencia de rocas volcánicas con matriz tobácea ("acuicierra"), a profundidades relativamente pequeñas. La parte superior, Reciente, está conformada por arcillas y rocas volcánicas piroclásticas estratificadas ("ash-flow", "ash-fall" y "nuée-ardentes")\*\* con abundante material de restos de madera y hojas, enmascarando regionalmente la tectónica pre-Cuaternaria, pudiéndose diferenciar sólo macro-rasgos tales como fallas regionales y diaclasas tec-

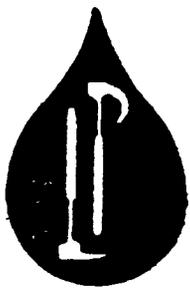
\*Seis (6) sondeos iniciales y dos (2) aprobados posteriormente por la Interventoría del proyecto.

\*\*Ash-fall : Lluvia de cenizas volcánicas que fueron elevadas por el viento a partir de una nube volcánica. Ceniza volcánica resultante de una lluvia de ceniza y que yace sobre la superficie del suelo.

Ash-flow : Nube de ceniza; avalancha de ceniza volcánica, generalmente una mezcla a elevadas temperaturas de gases volcánicos y cenizas que descienden por los flancos de un volcán ó a lo largo de la superficie del terreno. Depósito de ceniza volcánica y otros restos, resultante de una nube ardiente.

Nuée-ardente : Nube ardiente y turbulenta que se mueve con rapidéz, a veces incandescente, expelida desde un volcán y que contiene ceniza y otros piroclásticos en su parte inferior.

Diccionario de Términos Científicos y Técnicos, 1981. Edit. McGraw-Hill.



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

3

tónicas orientadas al NE-SE, circunstancia que sugiere la existencia de esfuerzos compresivos orientados  $N45^{\circ}W$ , ( $S45^{\circ}E$ ). Los resultados obtenidos mediante técnicas geológicas y geofísicas son acordes con los resultados obtenidos en estudios de suelos agrícolas realizados por el ICA en la estación experimental de río Mira en Tangareal, los cuales señalan la persistente presencia en el subsuelo de un hidroapoyo de tobas volcánicas y/o cenizas "soldadas" (MORALES, 1972) a profundidades variables, pero siempre del orden de pocos metros.

#### PROGRAMA

Para adelantar el proyecto se decidió iniciar "corriendo" los doce (12) sondeos geoelectrónicos en una zona inmediata a la planta de tratamiento del acueducto, hasta lugares ubicados a 1,3 km al sur de la misma, cerca, y en el poblado de Inguapi del Guadual. Estudiados preliminarmente los sondeos, se iniciaron las exploraciones geológicas de campo, previa interpretación de la imagen de RADAR. No pudo utilizarse imágenes aerofotográficas pancromáticas convencionales ni imágenes de satélite LANDSAT, debido a la alta nubosidad permanente en el área en porcentajes del 80-90% (Earth Resources Observation Systems-EROS; comunicación escrita, 1985)\*. La interpretación de la imagen de radar dió a conocer la gran magnitud de los depósitos volcánicos catalogados genéricamente como Lahares\*\*, los cuales se ex-

\*EROS DATA CENTER; Sioux Falls, South Dakota 57198

\*\*LAHAR : Colada de fango de piroclásticos que tiene lugar en el flanco del volcán. Depósito de lodo ó relieve formado por dichos procesos. Dicc. Términos Científicos y Técnicos. McGraw-Hill.



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

4

tienden hacia el oeste donde quedan recubiertos por depósitos Recientes. Realizada la etapa de fotointerpretación se viajó a Tumaco y se inició en la región de El Diviso, Rio Güisa, el reconocimiento de campo; posteriormente Las Pavas, Guayacana, Llorente, Rio Güisa, Laspriella, Tangareal, Candelillas, Rio Mira aguas arriba y aguas abajo, Descolgadero, Rio Mira aguas arriba y aguas abajo, Chilvi, Robles, Santa María, Rio Caunapí, El Salto, Rio Rosario, Estero Mexicano, Punta Cenizo, Costa, Tumaco, Isla El Morro, levantando columnas litoestratigráficas y correlacionando. Finalizada la etapa de geología de campo se procedió a adelantar la comisión hidrogeológica, etapa que se adelantó con visitas a la región de Chilvi, granja "ICA-Rio Mira", Candelillas, Palma-Tumaco, Descolgadero, Robles, Rosario, Tumaco, El Morro, identificándose nuevamente estratos de lahar con matriz ó "pasta", prácticamente impermeable. Se tomaron dos (2) muestras de agua, una en la estación del HIMAT en rio Mira al oriente de Candelillas y otra en un aljibe tipo "molino de viento" ubicado cerca a la granja experimental del ICA en Tangareal para análisis isotópico; desafortunadamente, los laboratorios del Instituto de Asuntos Nucleares - IAN (Bogotá) no realizaron los ensayos, perdiéndose datos valiosos que hubieran podido lograrse. Informada la Interventoría y Asesoría de los resultados hasta ese momento obtenidos, se decidió adelantar una etapa extra de geofísica en las zonas de Candelillas y Descolgadero lugares donde la columna litoestratigráfica aflora claramente; pudiéndose luego correlacionar con los resultados obtenidos previamente en la zona del acueducto; se organizó dicha comisión y los resultados encontrados concuerdan en forma general con los obte-



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

5

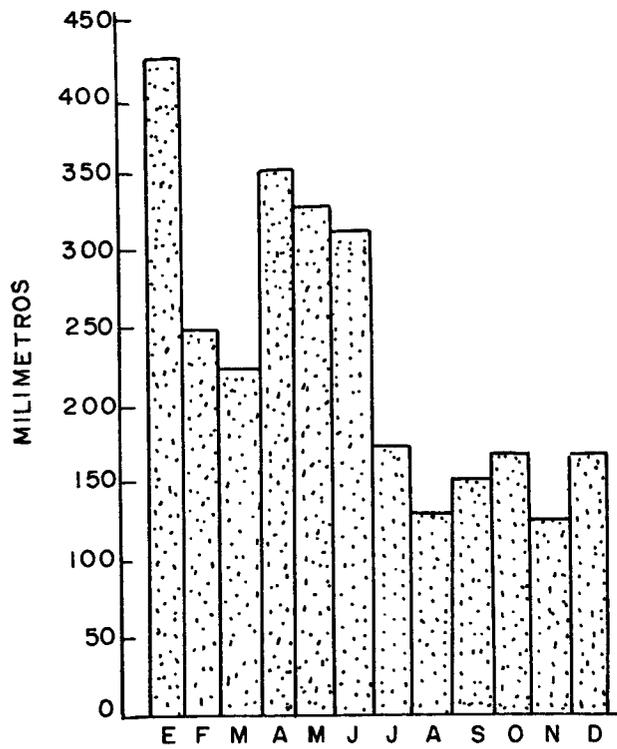
nidos inicialmente; es decir, debajo de una capa relativamente delgada de arcillas, limos, arenas, gravas y volcánicos ("ash-flow", "ash-fall", etc) se encuentran los depósitos de lahar de gran espesor, constituyendo un acuicierre.

#### CLIMA

La zona costera de Tumaco (N) está caracterizada por una serie de factores los cuales cambian paulatinamente hacia el oriente; los datos siguientes se han extractado de GOOSEN, D. y Otros\*, 1960 y MORALES, J.M., 1972\*\* : La lluvia es alta pero variable; el promedio anual en Tumaco fluctúa entre 2.796 y 2.849 mm, aumentando hasta unos 6.600 mm en el sector de El Diviso y La Guayacana (Fig.Nº 1 ). La temperatura promedio para el período 1933 1946 fué de 26°C, con mínima de 22°C y máxima de 30°C; humedades relativas muy altas, del orden del 100% en la noche y de 70-75% durante el día, igualmente la nubosidad es muy alta (80-90%, según EROS DATA CENTER) con sólo cinco horas de sol diarias, dominado por vientos de baja velocidad con dirección del oeste ó del suroeste. No hay deficiencia de humedad en ninguna época del año existiendo, por el contrario, un exceso, el cual se manifiesta como escorrentía (Fig.Nº 2 ). La vegetación es de bosque tropical húmedo con árboles de alturas hasta de 40 m y diámetros entre 2 y 3 m; las principales especies son tangaré, árbol del pan, ceiba, pácora, lechero, platanillo, chanul, guayacán, sande, palma; la vegetación artificial es casi exclusiva-

\*GOOSEN, D; Otros, 1960. Levantamiento General de los Suelos en la región del río Mira, Dpto. del Nariño. Publ.Nº LG-1-IGAC.

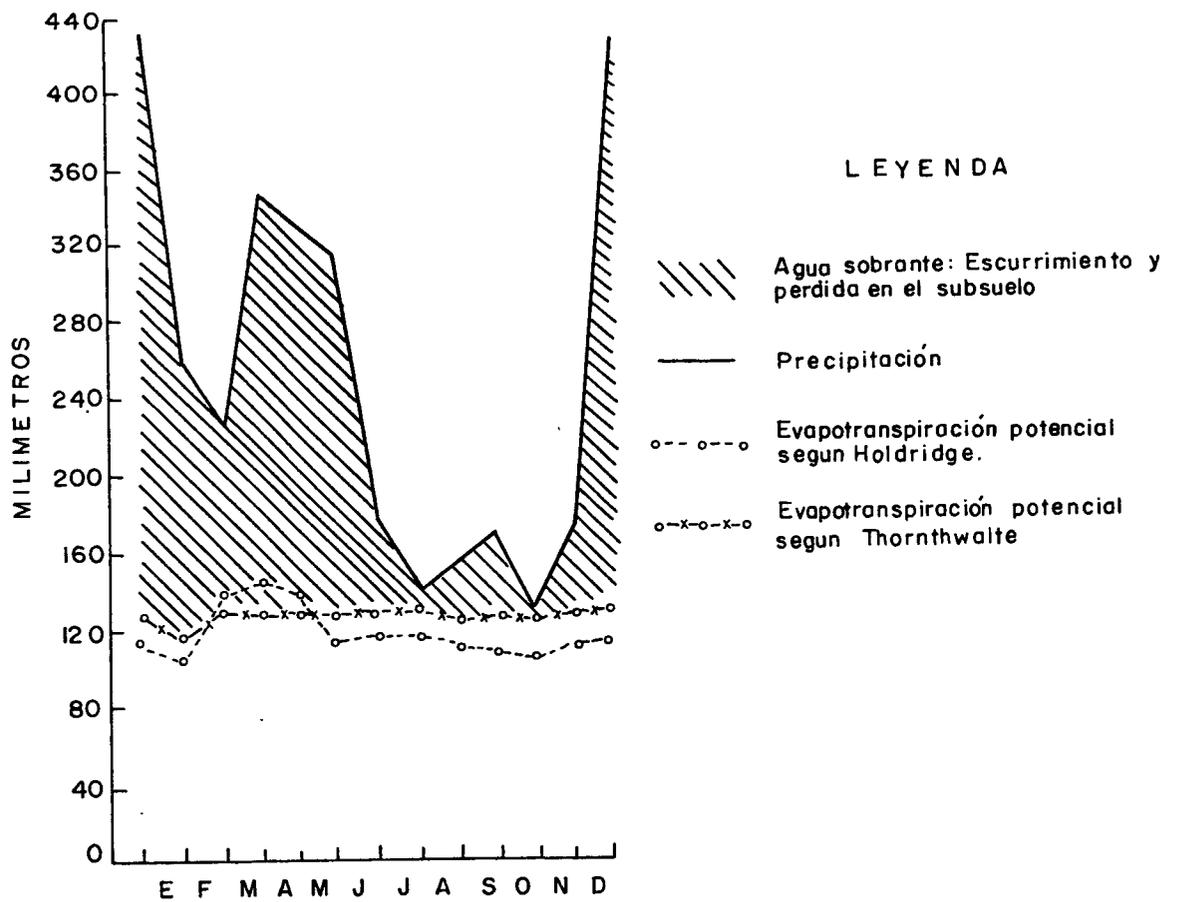
\*\*MORALES, J.M., 1972. Reconocimiento detallado de los suelos de la granja experimental del río Mira. Inf. ICA



PRECIPITACION PROMEDIA ANUAL

PERIODO 1.933-1.946

FIGURA Nº 1



### EVA POTRANSPIRACION POTENCIAL EN TUMACO(3)

PERIODO 1933-1946



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

6

mente de palma de aceite y cocotero.

Datos promedios colectados en las oficinas de la estación experimental del ICA, rio Mira en Tangareal para Julio de 1985 son los siguientes :

- Horas brillo solar total : 74.1
- Temperatura del termómetro seco : 24.7°C
- Humedad relativa : 87%
- Presión a nivel de la Estación : 1011.1 Mbs
- Presión a nivel medio del mar : 1012.1 Mbs
- Tensión del vapor : 26,6 dc/mb
- Precipitación total : 79, 6 mm
- Número de días con precipitación : 24 días
- Número de días con precipitación  $\geq$  a 1mm : 18 días
- Precipitación máxima en 24 horas : 13,5 mm el día 21
- Temperatura máxima : 30,6°C el día 20
- Temperatura mínima : 20,5°C el día 29

Así mismo, las precipitaciones mensuales durante el año 1.985, según el reporte de la misma estación, son :

ENERO	221 mm
FEBRERO	200 mm
MARZO	272 mm
ABRIL	230 mm
MAYO	280 mm
JUNIO	284 mm



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

7

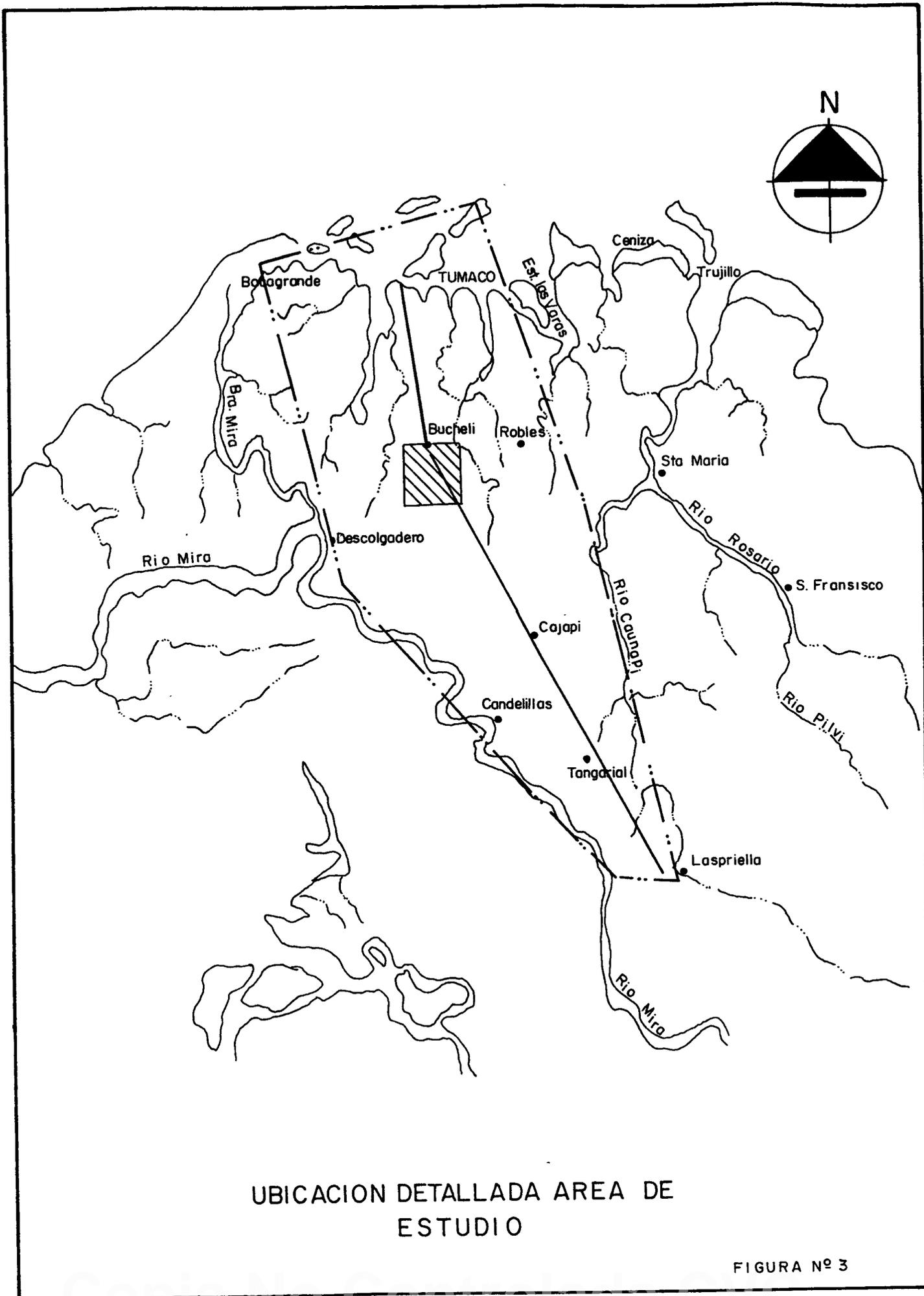
#### UBICACION

El área propuesta en los términos de referencia corresponde a una zona delimitada según una figura geométrica aproximadamente rectangular cuyos vertices se ubican en las siguientes localidades (Fig. N° 3 ) :

Al oriente la localidad de Laspriella es el punto de arranque, continúa al occidente hasta Candelillas para descender por el rio Mira, hacia el oeste, hasta la zona del Descolgadero desde donde se dirige al nor-noroeste hasta Bocagrande en las playas marinas; continúa por el mar hacia el nor-noreste hasta la isla El Morro, desde donde se dirige al sur-sureste bordeando el rio Caunapí hasta cerrar nuevamente en el punto de partida Laspriella. Debido a la necesidad de comprobar la gran extensión de los depósitos volcánicos, las investigaciones geológicas se ampliaron hasta El Diviso al oriente y San Francisco, rio Rosario, al norte.

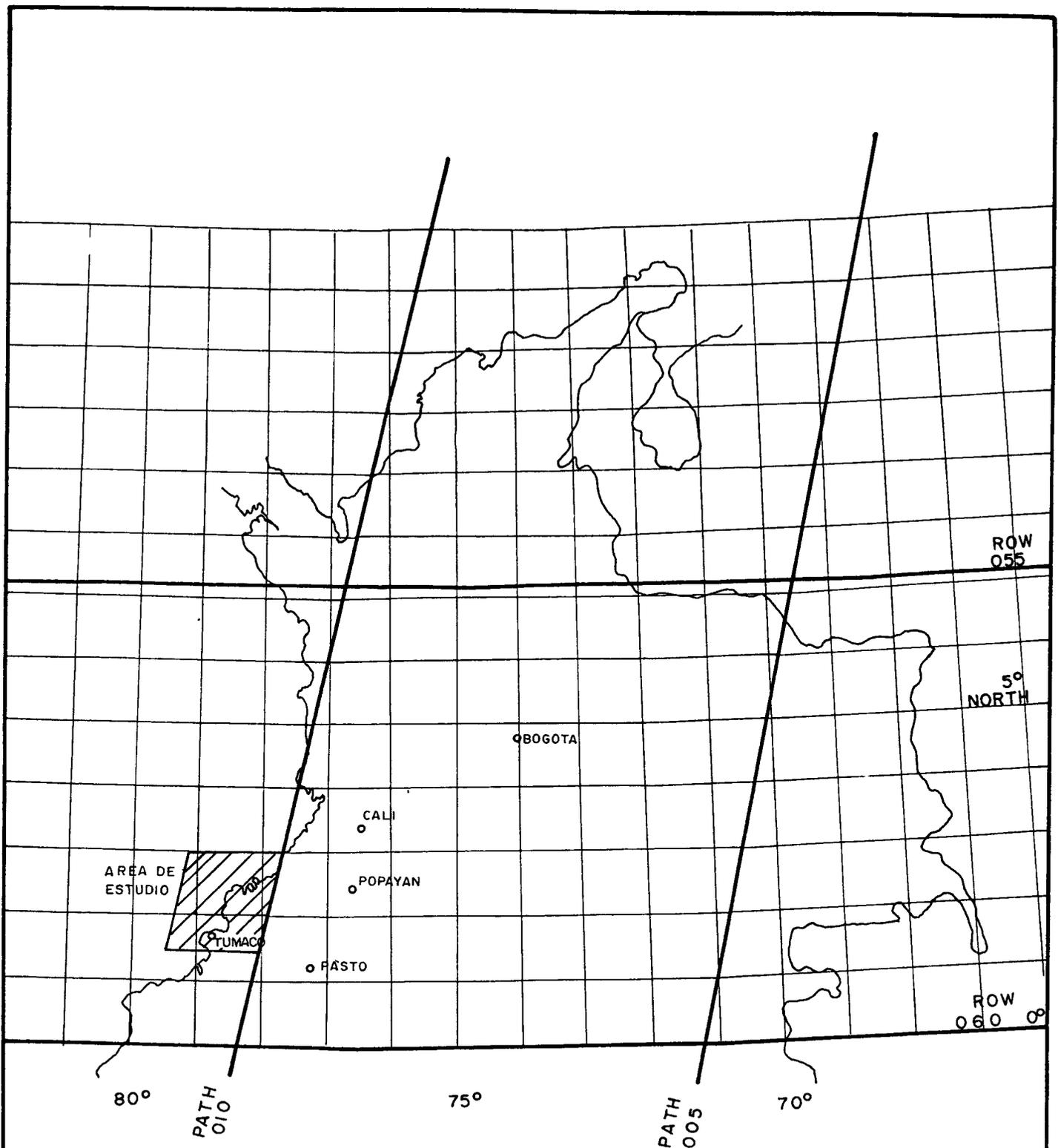
Según el WRS ("Landsat Worldwide Reference Systems") del USGS\*, la zona de estudio queda demarcada entre 1° y 2° N y entre 78° y 79°E, en una cuadrícula de imagen LANDSAT definida por los "Path" 010-011 y los "Row" 059 a 058 del mismo sistema WRS (Fig. N° 4 ).

\*EROS DATA CENTER; 1985. Comunicación escrita.

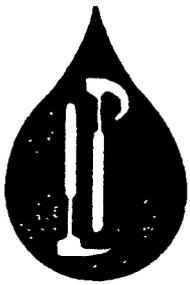


UBICACION DETALLADA AREA DE ESTUDIO

FIGURA Nº 3



MAPA DE UBICACION REGIONAL

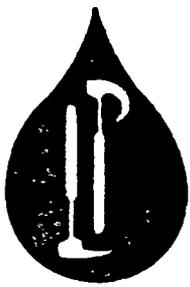


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

8

## GEOMORFOLOGIA

La actividad volcánica Neoterciaria (en el sentido de GROSSE, 1935) caracteriza al extremo suroccidental de Colombia, indicándose que el "Complejo Volcánico de Nariño-Patía" es el resultado de la actividad de un límite de placas activo, originado por la interacción de las placas Pacífica y Andina (MEISSNER, FLUH, STIBANE & BERG, 1977; MURCIA, 1981), la cual permite la formación del magma primario por fusión del manto y posterior contaminación cortical durante su ascenso (MURCIA & JAMES, 1982). Desde este punto de vista puede afirmarse que inicialmente la "formación" volcánica de Popayán-Patía-Mercaderes-Nariño constituía una sola unidad (GROSSE, 1935; p.184) y que su apariencia actual de "retazos" se debe a los efectos posteriores de la erosión. El levantamiento epeirogénico de toda la zona suroccidental de Colombia está marcada por la existencia intermontana de pisos de terrazas las cuales tienden paulatinamente hacia el nivel base de erosión actual. La zona de Tumaco corresponde al mayor avance, hacia el occidente, del vulcanismo tipo andesítico (MURCIA & JAMES, op.cit) de la cordillera Andina. La pendiente general del terreno es de dirección noroeste-oeste presentando una divisoria, muy baja, que sigue en general, el trazo de la vía Tumaco-Pasto; esta divisoria origina dos vertientes : Los arroyos que fluyen al sur-oeste hacia la cuenca del río Mira, y los que van al noroeste hacia la cuenca del río El Rosario. El patrón de dre-



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

9

naje es dentrítico con modificaciones al subangular, indicando este último control estructural debido principalmente a diaclasas y subparalelo (consecuente) controlado por la pendiente del terreno; la densidad de los arroyos es alta y localmente tiene modificaciones al drenaje pinnado. Morfológicamente pueden diferenciarse las siguientes unidades geomorfológicas : COLINA, TERRAZA, ALUVIAL Y MANGLAR.(Fig.Nº 5).

La COLINA está constituida por rocas volcánicas extrusivas de tipo andesítico (cuarzo-andesitas a dacitas, según los análisis de MURCIA & MARIN, 1980)\* dispuestas en capas subhorizontales (1°-3°, hacia el oeste), conformando terrazas de pendiente transversal escalonada y en la que los escarpes, por corte de quebradas y rios, tienen pendientes próximas a la vertical; corresponde parcialmente a la unidad morfológica CORDILLERA OCCIDENTAL propuesta por ARANGO & PONCE (1982)\*\* , está bien desarrollada sobre el piedemonte oeste de la cordillera Occidental en las localidades de El Diviso, Las Pavas y en los alrededores de Junín y Altaquer, estando caracterizada por disección profunda, drenaje poco denso (baja frecuencia), vegetación boscosa primaria y alta, rios y quebradas controlados por diaclasas no tectónicas, las cuales se atribuyen a contracción por enfriamiento de los materiales volcánicos. La segunda unidad, corresponde a una extensa zona plana de unas 32.000 hectáreas, con inclinación muy baja al oeste, del orden de 0,05% (GOOSEN, et al, 1960; MORALES, 1972, p.48) denominada TERRAZA; correspondiendo a la subunidad de TERRAZAS y

\*MURCIA & MARIN, R.P., 1980. *Petrología y Petroquímica en lavas recientes de algunos volcanes en Colombia. I Sem. Cuat. Col.*

\*\*ARANGO, J.L.: PONCE, A.: 1980. *Reseña explicativa del Mapa Geológico del Dpto. de Nariño. Inf. Ingeominas 1818.*

# MAPA GEOMORFOLOGICO



FIGURA Nº 5

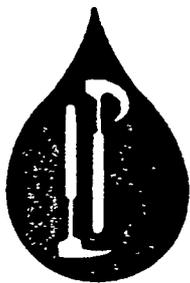


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

10

AREAS BAJAS NO INUNDABLES propuesta por ARANGO & PONCE, (1982), muy bien definida en las imágenes de radar, atravezada por rios de cauces sinuosos poco profundos; posee ondulaciones denominadas "guandales" con encharcamiento fuerte debido al mal drenaje de los suelos por la presencia de un hidroapoyo constituido por tobas volcánicas cementadas y ubicadas a profundidades del orden de 1 metro (MORALES, op.cit.p.72); la unidad está bien expuesta en los rios Mira y Caunapí, Tangareal y Chilvi. Los análisis químicos y físico-químicos de los suelos de la región (GOOSEN, op.cit.; MORALES, op.cit.) no presentan diferencias, aún en los ubicados a lado y lado de los grandes rios; este resultado sirvió para que GOOSEN (1960) opinara que "la terraza es más bien una formación sub-reciente de material volcánico transportado por rios y el mar" (op.cit; p.51), a semejanza de plataforma marina. En nuestra opinión, la unidad TERRAZA corresponde a estratos volcánicos esparcidos regionalmente, conformando una extensa llanura volcánica ("volcanics-plains", THORNBURY, 1965; p.507)\* recubierta por sedimentos fluviales de llanura de inundación ya que los resultados geoelectricos no detectaron ningún sondeo que denotase agua salada ó salobre, como cabría esperar si su origen fuése marino; el alto contenido de materia orgánica reconocida desde hace mucho tiempo en los estratos aluviales (GROSSE, 1935) parece limitar la calidad del agua subterránea atrapada en este conjunto. ALUVIAL es la tercera unidad y corresponde a los depósitos de playa, barras ("point-bar"), de laguna de buy ("clay-plug"), y albardones naturales que bordean los rios meándricos mayores como

\*THORNBURY, W.D., 1965. *Principles of Geomorphology*.



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

11

el rio Mira y el Caunapí; es correlacionable con la subunidad LLANURA DE INUNDACION propuesta por ARANGO & PONCE (1982); por su poca magnitud en espesor no presenta gran potencial acuifero, utilizable para la construcción de aljibes, siendo además fuente de material, de buena calidad, para el afirmado de la carretera Pasto-Tumaco, como actualmente acontece con las gravas del área de Candelillas. La cuarta zona, MANGLAR (idem, según ARANGO & PONCE, 1982) está restringida a las zonas de marera donde la vegetación de mangle es predominante; su importancia para el proyecto es mínima en razón a su contenido de agua salobre.



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

12

## GEOLOGIA

El área está formada por rocas volcánicas y piroclásticas, yacentes discordantemente sobre un basamento antiguo constituido por diabasas, basaltos, chert y peridotitas masivas, poco fracturadas. Los volcánicos consisten de aglomerados, brechas volcánicas, lluvias de cenizas, lahares y algunos depósitos delgados de rellenos de canal. La actividad volcánica del "Complejo de Nariño" ha ocurrido, como se verá más adelante, en tres eventos diferenciables tanto por génesis como por petrografía.

### Basamento

Constituido por diabasas, basaltos, basaltos amigdaloides, espilitas (GROOSE, 1935; p.155)\* areniscas grauváquicas y chert, de color verde, verde oscuro aún negruzco, ligeramente epidotizados, masivos, densos y poco fracturados. Este tipo de roca se halla intruído por diques peridotíticos, estudiados fuera del área de trabajo. Los afloramientos de río Güisa se correlacionan con el Cretáceo Porfirítico de GROOSE (1935) y parcialmente con los grupos Dagua y Diabásico (NELSON, 1957)\*\* de la zona del Patía y Valle del Cauca. Se encuentra recubierto dis-

\*GROOSE, E., 1935. *Acerca de la Geología del Sur de Colombia, II Comp. Estudios Geológicos Oficiales de Col. Tomo III.*

\*\*NELSON, W.A., 1962. *Contribución al conocimiento de la cordillera Occidental, sección Cali-Buenaventura. Bol. Geol. vol. 10 n. 1-3*



cordantemente por espesos depósitos volcánicos, como se observa en el cañón del río Güisa. (Fig. N° 6).

### Capas Táficas de Nariño

Como lo habían advertido GROOSE (1935) y HUBACH (1957)\*, refiriéndose a las Capas Táficas de Nariño : "... La composición de los estratos es en ambos lados de la cordillera Occidental, más ó menos idéntica e igual a la del Pleistoceno de Popayán.. ." (GROOSE, 1935, p.185), las investigaciones geoquímicas e isotópicas lo han comprobado (MURCIA & JAMES, 1982)\*\* . Corresponden a flujos de cenizas, lahares, areniscas tobáceas, aglomerados, lapillis, bombas y en general cineritas de composición andesítica (cuarzo-andesitas a dacitas, según MURCIA & MARIN, 1980)\*\*\* con algunos rellenos delgados de canal, los cuales presentan estratificación gruesa con signos de haber sufrido un tectonismo muy leve, razón por la cual se la correlaciona° con la formación Galeón (LEON, PADILLA & MARULANDA, 1973)\*\*\*\*; aflora

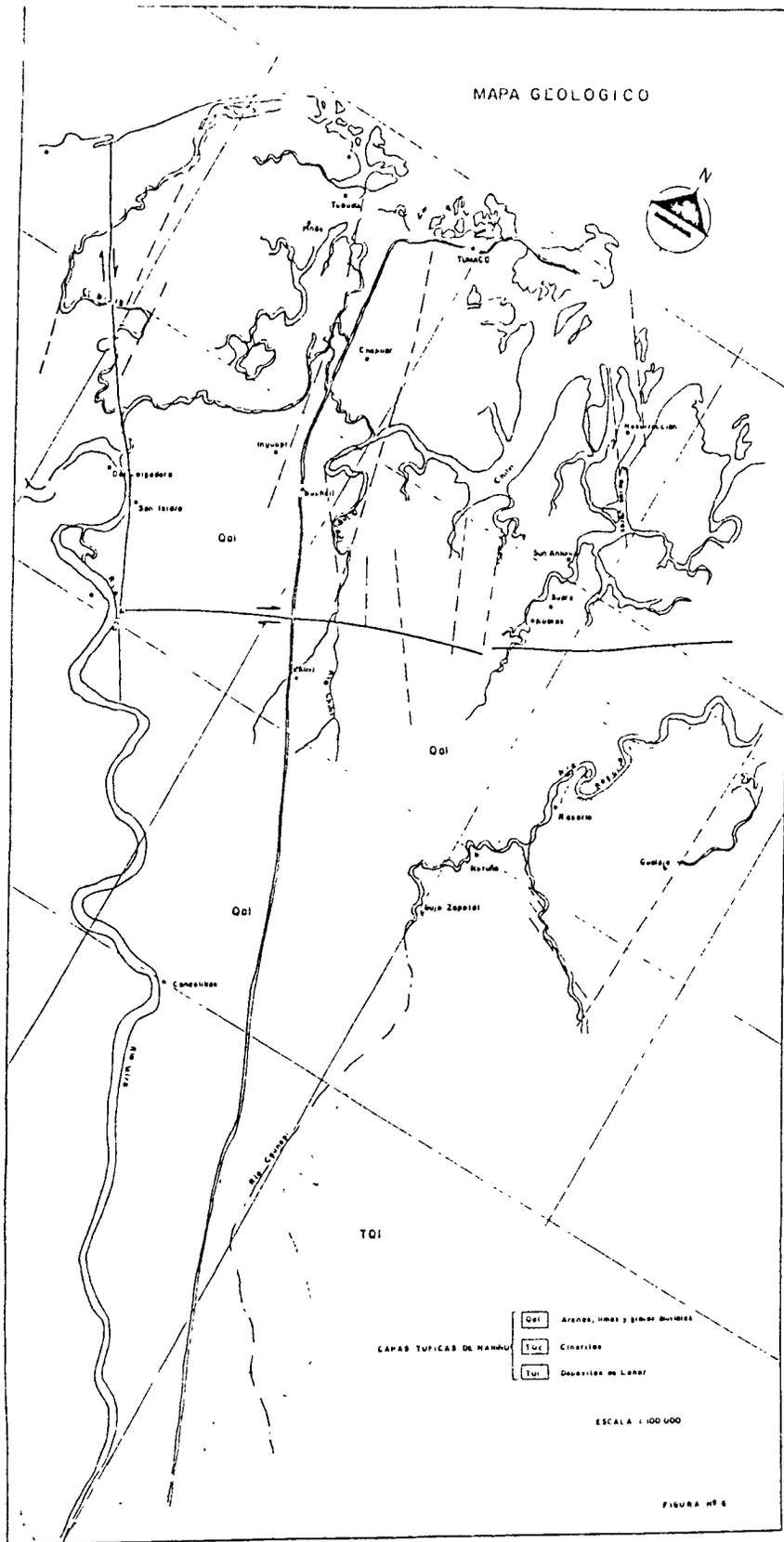
\*HUBACH, E., 1957. *Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia*. Serv. Geol. Nal. Inf. No. 1212.

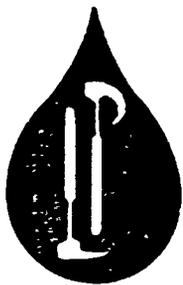
\*\*MURCIA, A; JAMES, D.; 1982. *Estudios Geoquímicos e Isotópicos del Vulcanismo Moderno de los Andes Colombianos y Relación con la Tectónica Regional*. IV Congreso Colombiano de Geología, Cali.

\*\*\*MURCIA, A; MARIN, P.; 1980. *Petrología y Petroquímica en lavas Recientes de algunos volcanes en Colombia*. I Seminario Cuatern. en Col.

\*\*\*\*LEON, L.A.; PADILLA, L.E.; MARULANDA, N; 1973. *Geología, Recursos Minerales y Geoquímica del NE cuadrángulo 0-5. El Bordo, Dpto. del Cauca*. Inf. Ingeominas 1652.

°Se aclara que es la parte más inferior de las Capas Táficas de Nariño, ya que la superior corresponde a la Formación Popayán.





en el piedemonte occidental de la cordillera Occidental, en la llanura costera, los cortes de quebradas y rios, aún en la isla El Morro, rio Rosario y Vuelta-Larga, lugares donde se presenta, como ya se anotó, algo tectonizada y por tanto diaclasada. Esta unidad ( en el sentido de grupo)\* corresponde al mayor avance conocido hacia el occidente de la actividad volcánica del Terciario superior. Morfológicamente se destaca formando colinas alargadas asimétricas con un drenaje tipo subangular, controlado por diaclasas de dirección noreste-noroeste denotando una permeabilidad de los terrenos relativamente baja. Dentro de las Capas Táficas de Nariño ó Formación Nariño (HUBACH, op. cit;p.6), pueden distinguirse algunos conjuntos litológicos, los cuales, se relacionan con la evolución misma de los volcanes de la zona (Fig.Nº 6).

#### Brecha Andesítica

De color gris verdoso con abundantes fragmentos líticos con diámetros entre pocos centímetros y varios metros, angulares a subangulares, de diabasas, basaltos amigdaloides, basalto olivínico, dunitas, peridotitas, andesitas, chert y escorias, incluidos en una matriz tobácea "soldada", dura e impermeable. En inmediaciones de El Diviso y sobre el rio Güisa tiene un espesor de 100 m y 40 m respectivamente, separados por una intercalación de 17,5 m de lapilli altamente meteorizada la cual conforma suelos blancuzcos caoliníticos muy notorios. Posee morfología aterrazada de escarpes verticales, bien expuestos a lo

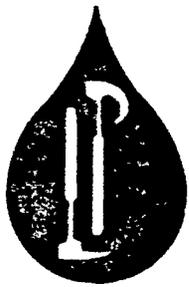
\*Artículo 8. Código de la Nomenclatura Estratigráfica, 1961.



largo de la vía a Pasto; la edad Reciente o aún actual de estos flujos de brechas andesíticas está justificada por los destacados cambios que ha producido en la dirección de los cauces de algunos rios, como por ejemplo sobre el rio Güisa en cercanías de la localidad de Las Pavas. Corresponde morfológicamente a la unidad COLINA (Fig.Nº 5, 6).

#### Lahares

Debido, muy posiblemente, a la alta relación de agua en la actividad piroclástica del volcán Azufral ó actividad hidromagmática, se originaron depósitos ("freatofitas") constituídos por delgadas capas de lapilli, de espesor variable, dependiente de la paleotopografía, intercalados con gruesas y extensas capas de lahar, las cuales se han regado por toda la zona; se presentan además intercalaciones delgadas de capas de pumita, lapilli y cineritas ("ash-flow", "ash-fall", "nuée-ardente"). Estos depósitos hidrovulcánicos ocupan la parte superior de la columna litoestratigráfica, suprayaciendo al conjunto de brechas volcánicas; conforman un abanico cuyo ápice está en inmediaciones de El Diviso y su frente se extiende unos 60 km hacia el oeste, alcanzando localidades tan lejanas como Chilvi, Candelillas lugares donde fué reconocida en la exploración de suelos agrícolas (GOOSEN op.cit.; MORALES op.cit.) y aún zonas cercanas a Tuma-co. Su parte superior, altamente meteorizada está conformada por depósitos gruesos de cineritas las cuales representan la última etapa piroclástica del volcán Azufral, muy posiblemente



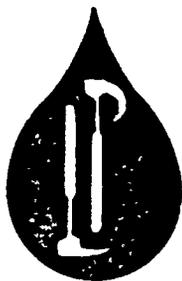
de edad Reciente. Afloran por la vía a Laspriella y El Diviso, lugares donde están meteorizadas a arcillas blancuzcas blandas y plásticas. Las exploraciones para suelos agrícolas en la zona de Tangareal permitió fijar su presencia a muy poca profundidad constituyendo un hidroapoyo (GOOSEN y OTROS, 1960, op.cit; MORALES, 1972, op.cit). Por su posición horizontal a subhorizontal conforma planicies extensas ("volcanic-plains", THORNBURY, 1965; p.507)\* y colinas suaves y bajas redondeadas, con drenaje muy denso el cual geomorfológicamente denota su impermeabilidad, corresponde a la unidad denominada TERRAZA. La actividad volcánica que origina los lahares y cineritas ha sido explicada por SHERIDAN & WOHLTZ (1981)\* y la asociación petrogenética observada en la región de El Diviso corresponde evolutivamente a la "quinta etapa" del esquema explicativo de estos depósitos. Los lahares y cineritas han sido recubiertos por depósitos aluviales Recientes (Fig.Nº 6).

### Depósitos Aluviales

Corresponde a una delgada cobertura la cual recubre los últimos vestigios volcánicos del Azufral. Representa una formación típica de llanura de inundación con desarrollo de capas de arcillas, arcillas-limosas, limos-arcillosos, arenas, de laminación fina y ocasionalmente estratificación cruzada, además gravas lenticulares en forma de paleocanales; característicamente contiene a-

\*THORNBURY, W., 1965. *Principles of Geomorphology*. John Willey & Sons.

\*SHERIDAN & WOHLTZ; 1981. *Hydrovolcanics Exploptions. The Systematic of Waters Pyroclásticos Rocks*. Nature Physical Science. p.241-264.



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

17

bundantes restos de maderas, hojas y materia orgánica la cual le comunica su color gris oscuro, típico de ambientes reductores de poca profundidad y circulación. Las observaciones de campo, por ejemplo en Candelillas, Palma-Tumaco, Descolgadero, Robles, San Francisco, rio Rosario, El Salto, dejan ver claramente que ésta cubierta aluvial muy extensa (miles de hectáreas) posee espesores de sólo decenas de metros, factor que ha sido aclarado por otros autores (GOOSEN, 1960, op.cit; MORALES, 1972, op.cit; ARANGO & PONCE, 1982, op.cit). La anterior conclusión permite pensar que sólo unos pocos metros de acuíferos libres potencialmente ricos podrán aprovecharse en la unidad morfológica TERRAZA, anticipándose que el alto contenido en materia orgánica podrá reflejarse en una mala calidad de agua subterránea, la cual y ha juzgar por la gran cantidad de letrinas técnicamente mal construídas (GASS, 1984)\* y esparcidas por toda la región, se encuentra, muy posiblemente, contaminada bacteriológicamente, especialmente los horizontes superiores.

\*GASS, T.; *Criterios para ubicación de pozos equipados con bombas manuales.* Water Well Journal. Edic. en Español. 1984.



## GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Aunque el área de estudio está ubicada en una de las zonas de mayor tectonismo, conocida como "borde ó límite activo de placa" en donde se registran grandes terremotos acompañados aún por maremotos (MEISSNER, FLUH, STIBANE & BERG, 1977; MURCIA, 1981: MURCIA & JAMES, 1982 op.cit., RAMIREZ, 1975)\*; las rocas de edad Reciente correspondientes a la "Capas Táficas de Nariño" están poco fracturadas, factor atribuible segura y principalmente a su poca edad geológica. Una gran depresión tectónica, controlada por grandes fallas se observa al oeste de Laspriella, cerca a la confluencia de los rios Mira y Güisa, prolongándose al norte por la confluencia de los rios Pisandé y Telembí; estas fallas, de tipo inverso y rumbo N30°E se extienden en una longitud, observada, de 50 km; un segundo tipo de fracturamiento bien marcado corresponde a las fallas de dirección regional E-W (asociables a grandes fallas de transformación) con variaciones locales N70°W, (S70°W) y desplazamiento principalmente de rumbo, moviéndose relativamente hacia el oeste el bloque sur (falla dextral); el tercer sistema de fracturamiento corresponde a una serie de fallas y diaclasas mayores las cuales controlan parcialmente la dirección de rios y quebradas y aún las bocanas de los esteros siendo su dirección predominante N15° a 30°W; este sistema corresponde al más denso y desarrollado del área de estudio, pero sólo se estudian

\*MEISSNER, R.D.; FLUH, E.R., STIBANE, F.: BERG, E., 1977. *Dynamics of the Active plates boundary in SW Colombia, according to recent geophysical measurement.* Inst. Geof. de los Andes.

\*MURCIA, A, 1981. *Rasgos Morfológicos de la Tectonica Cuaternaria en el SW de Colombia.* Rev. NORANDINA N°4.

\*RAMIREZ, J.E., 1975. *Historia de los Terremotos en Colombia.* IGAC.



claramente en los cauces y esteros profundos , donde los arroyos han destapado la última actividad volcánica explosiva hidromagmática la cual cubrió las fracturas, causando su sellamiento con materiales de baja permeabilidad, circunstancia que conjuntamente con un espaciamiento mayor de 6 m ó, extremadamente espaciadas, según la clasificación de la INTERNATIONAL. SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (1978)\*, le restan importancia al macizo rocoso como agente permeable\*\*. Un análisis de esfuerzos deducido de un estereograma ploteados en una red de Wulf\*\*\* (Fig. 7 ) muestra que el esfuerzo principal estaba localizado en un plano horizontal, orientado N45°W (S45°E) y que por ende se originó un gran número de fracturas y aún diaclasas mayores, con ángulos menores de 30° con respecto al esfuerzo principal, las cuales, se conocen en la literatura como fracturas conjugadas; las cuales han sido comprobadas en anteriores investigaciones geológicas regionales (MOJICA & SCHEIDEGGER, 1980)\*\*\*\*.

\*INTERNATIONAL SOC. FOR ROCK MECHANICS, 1980. *Suggested Methods for the quantitative description of discontinuity in rock masses.* II Semin.Col. de Geotecnia.

\*\*Roca impermeable con diaclasas de 0,1 mm separadas 1 m, posee una permeabilidad de  $8 \times 10^{-4}$  cm/seg; Stagg & Zienkiewicz, 1970. *Mechanica de Rocas en la Ingeniería Práctica.* Edit.BLUME

\*\*\*PHILIPS, F.C., 1975. *La aplicación de la Proyección Estereográfica en Geología Estructural.* Edit.BLUME.

\*\*\*\*MOJICA, J.: SCHEIDEGGER, A., 1980. *Diaclasas Recientes en Colombia y su significado Tectónico.* III Cong.Col.de Geol; Medellín.

# ESTEREOGRAMA DE FRACTURACION REGIONAL

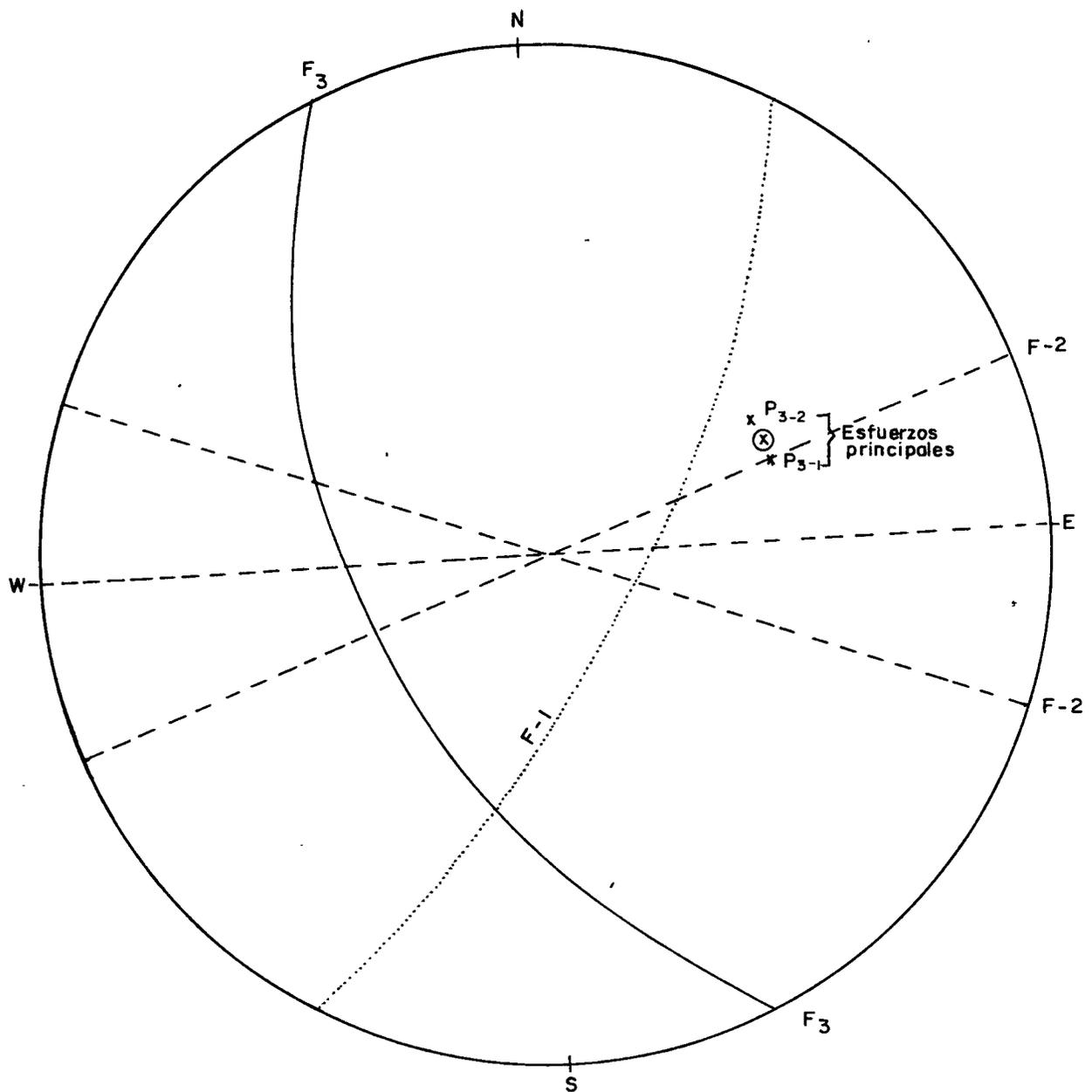


FIGURA N° 7



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

20

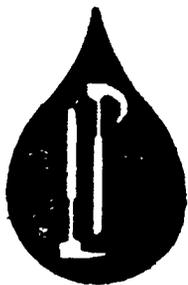
## GEOFISICA

Las exploraciones geofísicas comprendieron la utilización de métodos combinados geoeléctricos y sísmicos, con el objeto de aprovechar la información que cada metodología puede aportar : La geoeléctrica es un buen marcador litológico, ya que..."permite no sólo la localización de lentejones arcillosos, en el seno de los aluviones, sino que además, proporciona información sobre las características de los aluviones permeables" (ASTIER, 1982, p.217)\*; la sísmica por refracción se utiliza generalmente para determinar la profundidad del substrato ya que determina en forma general el caracter de roca ó sedimento que allí se encuentra. En el proyecto Tumaco, se aplicaron, como ya se dijo, ambas metodologías, las cuales se discutirán por aparte, para luego condensar la información obtenida de cada interpretación particular.

## GEOELECTRICA

El equipo utilizado es un georesistivímetro digital, TELESAN, de corriente continua y 500 wtt de potencia, usando distancias interelectródicas (L/2) de 300 m, según el dispositivo SCHLUMBERGER, consistente en un ordenamiento rectilíneo y simétrico en el cual los cuatro electrodos están alineados con respecto a un centro común. El resultado obtenido es un sondeo eléc-

\*ASTIER, J.L., 1982. *Geofísica Aplicada a la Hidrogeología*. Edit. PARANINFO.

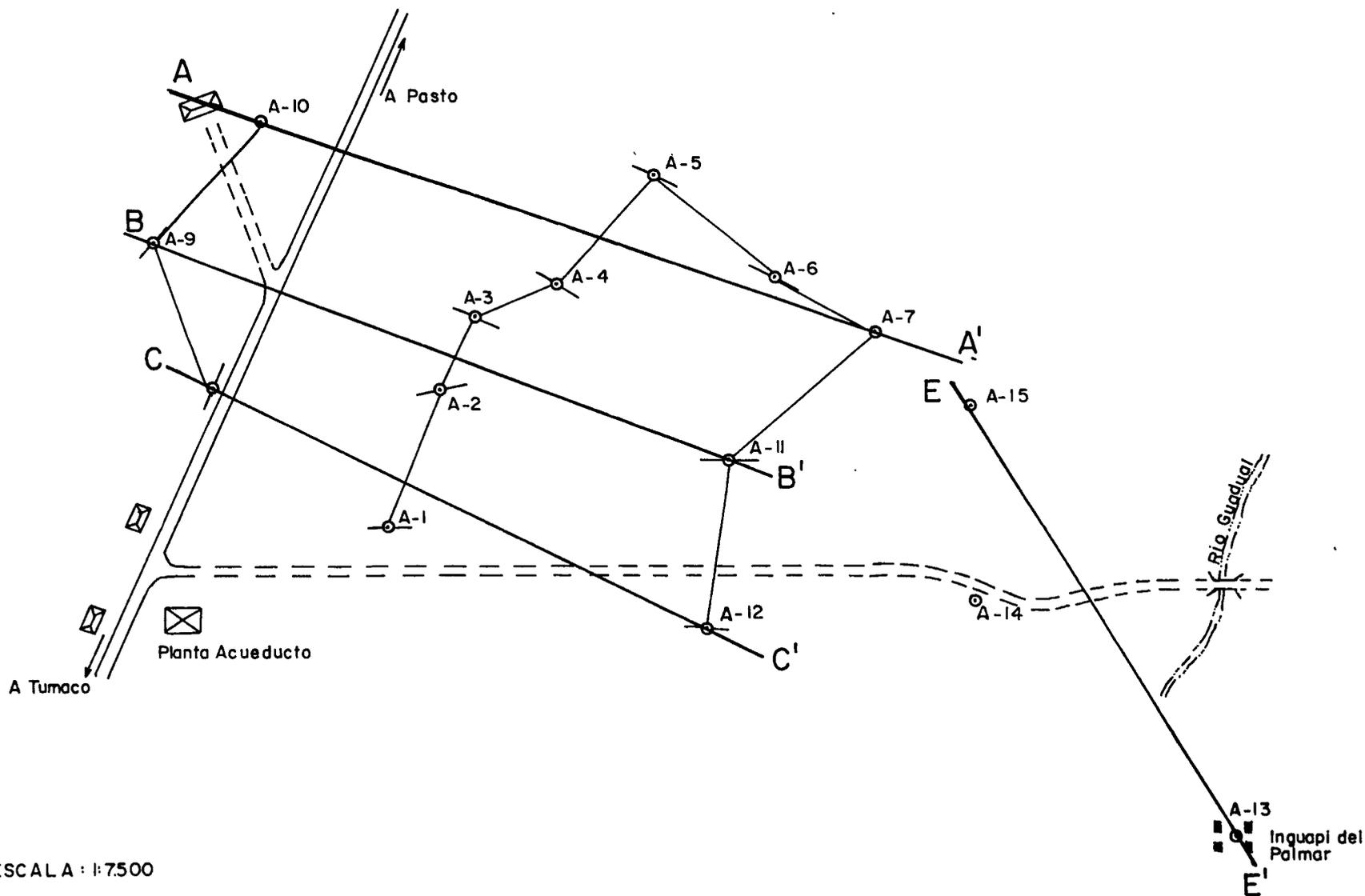


**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

21

trico el cual consiste en establecer la curva de variación, con la profundidad, de la resistividad aparente de un terreno a través de medidas en superficie realizadas con ayuda de un dispositivo de cuatro electrodos (ASTIER, 1982,p.77); la escuela SCH-LUMBERGER expresa la resistividad aparente en función de la distancia entre los electrodos de corriente y la graficación se realiza sobre papel doble logarítmico (véase anexo). La ubicación de los sondeos geoelectricos se dá en las figuras N° 8 y N° 13 , levantados a brújula y cinta. A continuación se presenta los resultados de la interpretación, mientras que las curvas de campo interpretadas, mediante el empleo de programas de computador se adjuntan al final (véase Anexo).

# LOCALIZACION SONDEOS GEOELECTRICOS



ESCALA : 1:7500

FIGURA N°8



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

22

## INTERPRETACION DE LOS SONDEOS GEOELECTRICOS

Los sondeos se ejecutaron en el área de la planta de tratamiento del acueducto, encontrándose en todos una capa de resistividad mayor, subyaciendo las cineritas\* meteorizadas y plásticas Cuaternarias que cubren la zona; estas, a su vez están recubiertas por delgados depósitos aluviales y suelos arcillosos orgánicos. En la zona del Descolgadero se presentan, igualmente, cineritas meteorizadas a arcillas plásticas, por debajo de una delgada capa aluvial, mientras que en Candelillas se presenta el lahar a muy poca profundidad, recubierto por gravas gruesas acuíferas, las cuales son aprovechadas actualmente para la construcción de la carretera Pasto-Tumaco. Como se verá más adelante (véase Correlación Regional) los datos aportados por la geoelectrónica concuerdan con las condiciones geológicas regionales, indicando que la paleotopografía pre-actual era ondulada y que dichas ondulaciones fueron rellenadas por cineritas provenientes del vulcanismo piroclástico del Azufral.

*\*Cineritas ("ashtone") : Roca compuesta de fina ceniza volcánica; las partículas son inferiores a 0,06 mm de diámetro. Dicc. de Términos Científicos y Técnicos, 1981. Edit. McGraw-Hill.*

*Nótese que las cineritas corresponden al último evento en la evolución volcánica de la zona (véase Geología).*



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

23

SEV. 1

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,6	0	13	Suelo areno-arcilloso
2	3,7	0,6	58	Arena, algo de arcilla; agua de calidad aceptable
3	17,7	4,3	5,8	Cineritas*
4	46	22	2,2	Cineritas meteorizadas a arcillas
5	39	68	35	Lahar
6	-	107	4	Cineritas



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

24

SEV. 2

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,85	0	11	Suelo areno arcilloso
2	4,15	0,85	56	Arenas saturadas
3	97	5	2,4	Cineritas meteorizadas a arcillas
4	-	102	29	Lahar.

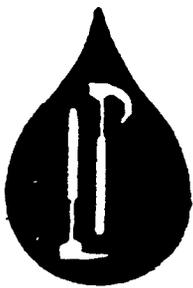


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

25

SEV. 3.

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,20	0	16	Suelo areno-arcilloso
2	2,0	1,20	160	Arenas saturadas
3	92,80	3,20	1,8	Cineritas meteorizadas a arcillas
4	-	96	30	Lahar



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

26

SEV. 4

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1	0	12	Suelo areno-arcilloso
2	3	1	50	Arenas finas saturadas
3	12	4	4,2	Cineritas
4	30	16	1,1	Cineritas meteorizadas a arcillas
5	-	46	30	Lahar



**LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS**

27

SEV. 5

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,75	0	13	Suelo areno-arcilloso
2	3,75	0,75	70	Arenas saturadas
3	20,5	4,5	4,3	Cineritas
4	73	25	2	Cineritas meteorizadas a arcillas
5	-	98	21	Lahar



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

28

SEV. 6

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,95	0	11	Suelo areno-arcilloso
2	4,05	0,95	46	Arenas saturadas
3	33	5	2,7	Cineritas meteorizadas
4	92	38	3,8	Cineritas
5	-	130	29	Lahar



**LUIS E. PADILLA Y CIA.**  
**GEOLOGOS**

29

SEV. 7

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,85	0	7	Suelo arcilloso
2	1,7	0,8	72	Arena arcillosa, saturada (agua lluvia)
3	3,9	2,5	2,4	Cineritas meteorizadas
4	12,6	6,4	7	Cineritas
5	37	19	2	Cineritas meteorizadas
6	10	56	6,2	Cineritas
7	34	66	2,5	Lahar meteorizado
8	-	100	30	Lahar



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

30

SEV. 8

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,9	0	12	Suelo saturado (agua lluvia) areno-arcilloso
2	4,1	0,9	48	Arena arcillosa
3	17	5	4	Cineritas
4	59	21	1,3	Cineritas meteorizadas a arcillas
5	-	80	30	Lahar



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

31

SEV. 9

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,9	0	15	Suelo areno-arcilloso
2	7,6	0,9	46	Arenas finas, media y gruesa
3	33,5	8,5	1,4	Cineritas meteorizadas a arcillas
4	68	42	1,2	Cineritas meteorizadas
5	-	110	29	Lahar



**LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS**

32

SEV. 10

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,1	0	17	Suelo areno-arcilloso
2	4,4	1,1	52	Arenas fina-media
3	20,5	5,5	2,6	Cinerita meteorizada
4	74	26	2,0	Cinerita meteorizada
5	-	100	30	Lahar

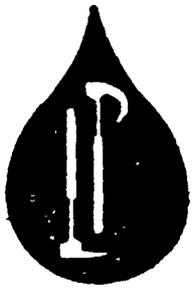


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

33

SEV. 11

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,48	0	7	Suelo arcilloso
2	5,82	0,48	21	Arena arcillosa
3	47,7	6,3	1,2	Cineritas meteorizadas a arcillas
4	56	54	1,8	Cineritas meteorizadas a arcillas
5	-	110	30	Lahar

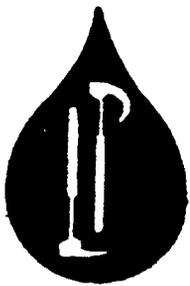


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

34

SEV. 12

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,8	0	11	Suelo arcilloso
2	5,7	1,8	34	Arenas fina, media y gruesa
3	48,5	7,5	1,5	Cineritas meteorizadas a arcillas
4	44	56	2	Cineritas meteorizadas
5	-	100	30	Lahar



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

35

SEV. 13

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,1	0	13	Suelo areno-arcilloso
2	15,9	1,1	49	Arenas media-gruesas
3	26	17	6,2	Cineritas
4	-	43	42	Lahar



**LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS**

36

SEV. 14

No interpretable.



**LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS**

37

SEV. 15

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,2	0	15	Arena arcillosa
2	0,5	1,2	19	Arena arcillosa
3	12,3	1,7	85	Arena media-gruesa
4	52	14	2,3	Cineritas meteorizadas
5	44	66	35	Lahar
6	-	110	11	Lahar meteorizado (?)



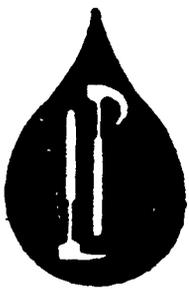
LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

38

CANDELILLAS

SEV. 16

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1	0	460	Capa superficial
2	8,6	1	1.300	Gravas-arenas, saturadas agua de buena calidad
3	78,4	9,6	86	Lahar fresco
4	(?)	88	26	Lahar meteorizado



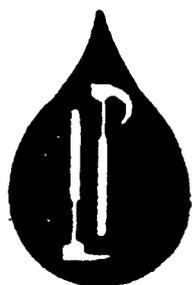
LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

39

CANDELILLAS

SEV. 17

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1	0	48	Capa superficial
2	9,5	1	1.350	Gravas-arenas con agua dulce
3	119,5	10,5	90	Lahar fresco
4	(?)	130	28	Lahar meteorizado



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

40

DESCOLGADERO

SEV. 18

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	1,2	0	140	Capa superficial
2	18,8	1,2	18	Arcilla arenosa
3	(?)	20	1	Cinerita meteorizada, agua posiblemente salobre.



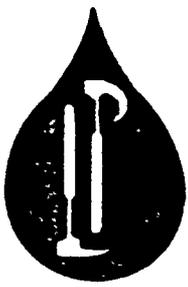
LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

41

DESCOLGADERO

SEV. 19

Capa	Espesor (m)	Profundidad Techo (m)	Resistividad (ohm.m)	Correlación Litológica
1	0,85	0	100	Capa superficial
2	29,15	0,85	15	Arcilla-arenosa
3	(?)	30	1	Arcilla- agua de mala calidad



## CORRELACION AREA PLANTA ACUEDUCTO

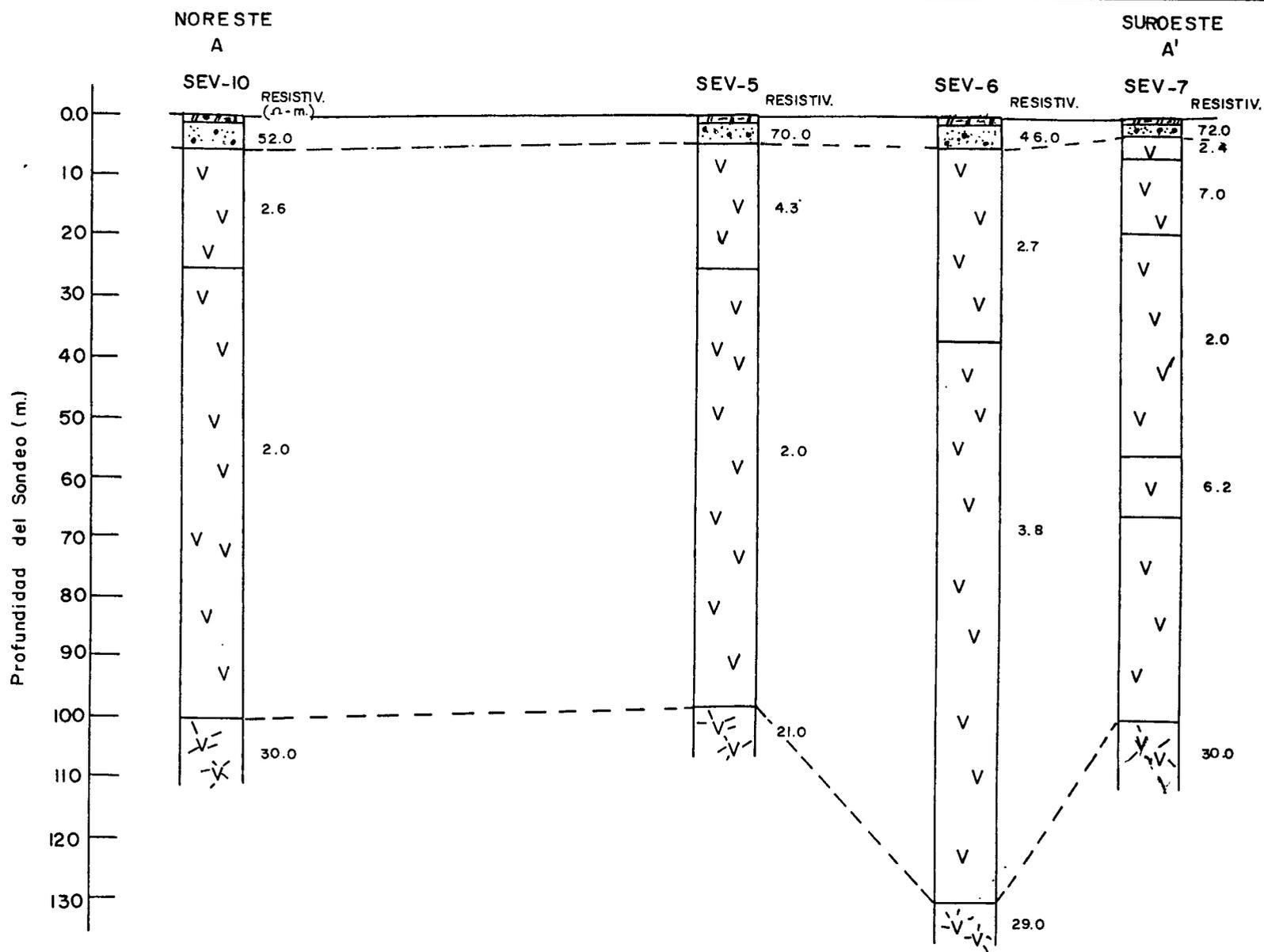
Contando con la información dada por la solución en computador de las curvas geoelectricas de campo (sondeos 1 a 15) se adelantará a continuación la correlación de los distintos sondeos según diferentes líneas a saber:

### Línea AA'

Orientada al noreste-sureste, enlaza los sondeos geoelectricos 10, 5, 6 y 7 efectuados al este de la planta de tratamiento del acueducto (Fig.Nº 8). La correlación de los perfiles con la geología regional permite establecer la siguiente estratigrafía (Fig.Nº 9) :

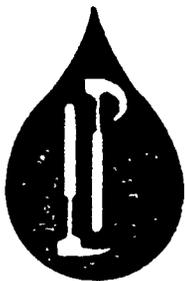
Superficialmente (1-2 m) existe un suelo orgánico saturado. Una segunda capa de resistividad relativamente alta (46-72 ohm.m) se correlaciona con sedimentos sueltos de caracter arenoso, gravo-arenoso, areno-limo-arcillosos, posiblemente con abundante material maderable y orgánico, tal como se observa sobre los barrancos de los rios Mira, Rosario y Caunapí; su espesor varía entre 5-10 m (Fig.Nº 9); constituye acuíferos libres potencialmente ricos, aunque posiblemente con CO<sub>2</sub>, gas metano y hierro (Fe<sup>++</sup>).

Debajo se define entre 8 y 100 m, aproximadamente (Fig.Nº 9), una capa de resistividad muy baja, entre 1,2-1,8 ohm.m, la cual y acogiéndonos a la evolución geológica de la zona, corresponde a cineritas y cineritas meteorizadas a arcillas plásticas. Su constitución litológica la descarta, definitivamente,



CORRELACION ESTRATIGRAFICA LINEA A - A'

ESCALA HORIZONTAL  
1: 5.000



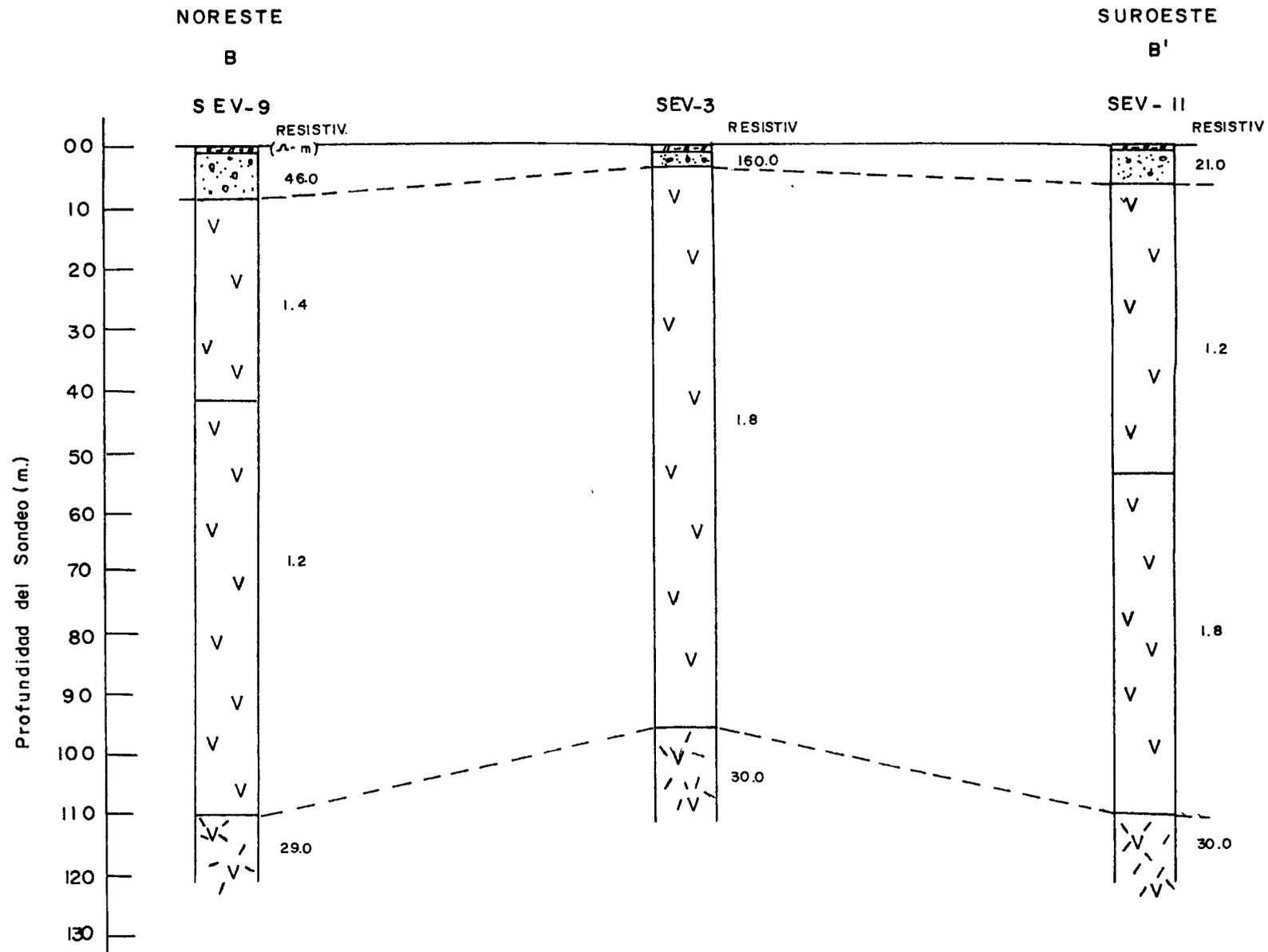
como capa acuífera.

Por debajo de los 100 m, se define una capa con resistividades entre 29-30 ohm.m, la cual se correlaciona con estratos de lahar meteorizado, basados en la geología regional, estudiada sobre los barrancos de los rios Mira y Güisa, en los cuales puede verse que por debajo de cineritas meteorizadas horizontales (1-5° al W), afloran intercalaciones de lahar, fresco y meteorizado. Aunque su espesor total no pudo definirse, en las curvas de campo puede apreciarse que se extiende aún a profundidades mayores de 200 m (véase Anexo 1).

#### Línea BB'

Esta línea también corrida en el sector de la planta de tratamiento del acueducto, se orientó noreste-suroeste (Fig.N° 8). La correlación litoestratigráfica con base en los estudios geológicos se establece de la siguiente manera (Fig.N° 10) :  
Superficialmente (1-2 m) existe un suelo orgánico arcilloso. Una segunda capa se extiende a profundidades de 5-10 m; por sus valores de resistividad relativamente altos (21-160 ohm.m) se correlaciona con sedimentos de textura arenosa, gravo-arenosa, areno-limo-arcillosa, constituyendo acuíferos libres potencialmente ricos aunque, muy posiblemente, con CO<sub>2</sub>, gas metano y hierro (Fe<sup>++</sup>), debido al alto contenido de materia orgánica, como se observa en los barrancos de los rios Mira, Rosario y Cau napí.

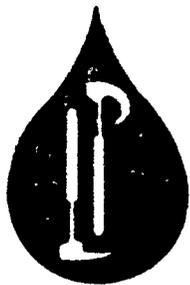
Debajo se define, entre 10 y 100 m (Fig.N° 10) una capa de re-



CORRELACION ESTRATIGRAFICA LINEA B - B'

ESCALA HORIZONTAL  
1:5000

FIGURA Nº 10



resistividad muy baja (1,2-1,8 ohm.m), la cual se correlaciona de acuerdo con la geología regional, con una secuencia de cineritas, frescas y meteorizadas. Su constitución litológica la descarta, definitivamente, como capa acuífera.

A profundidades mayores de 100-110 m, hasta mayores de 200 m (véase Anexo 1), se define una capa espesa con resistividades entre 29-30 ohm.m, la cual se correlaciona con estratos de lahar meteorizado, aflorantes sobre los barrancos del río Mira en el Descolgadero y zonas aledañas.

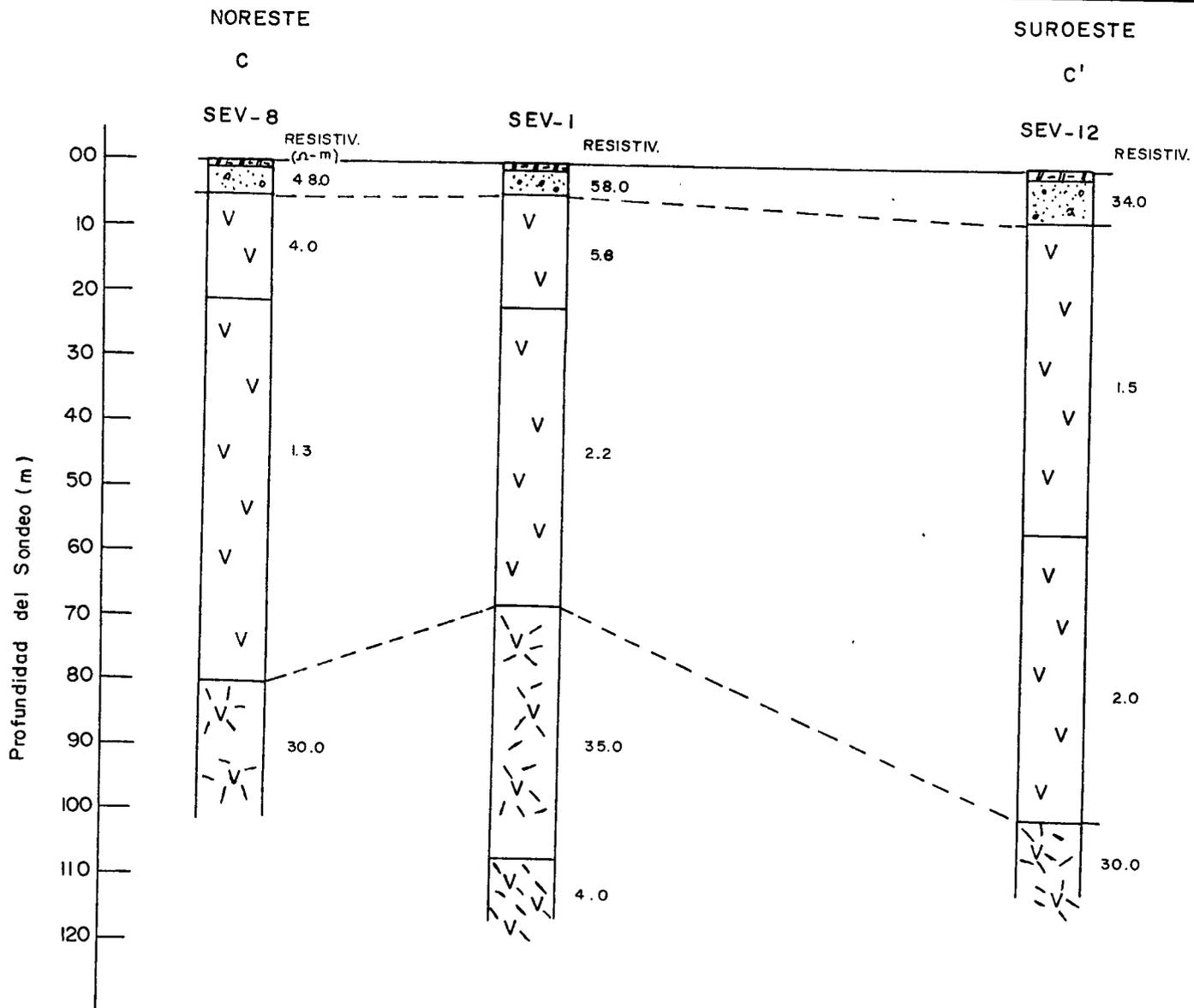
#### Línea CC'

Esta línea corrida con dirección noreste-suroeste en el sector de la planta de tratamiento del acueducto, se correlaciona de la siguiente manera (Fig.Nº 11) :

Una capa de suelos arcillosos orgánicos superficiales de 1-2 m se presenta en toda la zona.

Por debajo y hasta la profundidad de 6-10 m, se define una capa de resistividad relativamente alta (34-58 ohm.m), la cual se correlaciona con sedimentos de textura arenosa, gravo-arenosa ó areno-limo-arcillosa, constituyendo acuíferos libres potencialmente ricos aunque, muy posiblemente, con CO<sub>2</sub>, gas metano y hierro (Fe<sup>++</sup>), debido al alto contenido de materia orgánica, como se observa en los barrancos de los ríos Mira, Rosario y Caunapí.

Debajo y hasta 70-100 m se define una capa de resistividad muy baja (1,3-4 ohm.m) la cual se correlaciona, de acuerdo a la geología regional, con cineritas, frescas y meteorizadas, las



CORRELACION ESTRATIGRAFICA LINEA C-C'

ESCALA HORIZONTAL

1:5000

FIGURA Nº 11



cuales y debido a su naturaleza arcillosa, se descartan como acuífero.

A profundidades mayores de 100 m y hasta superiores a los 200 m (véase Anexo 1), se define una capa de resistividad entre 30-35 ohm.m, valores que de acuerdo a la geología regional y a los afloramientos en los barrancos del río Mira en el Descolgadero y zonas aledañas, se correlaciona con lahar meteorizado.

#### Línea DD'

Corrida en el sector de la planta de tratamiento del acueducto, se orienta oeste-este (Fig.Nº 8). Se definen las capas identificadas en las anteriores líneas de correlación; con base en la geología regional su interpretación es como sigue (Fig.Nº 12) : Una capa de suelo arcilloso orgánico define los primeros 1-2 m. Debajo se define una capa hasta profundidades de 5-8 m con valores de resistividad relativamente altos (50-160 ohm.m), la cual se correlaciona con sedimentos aluviales de textura arenosa, grava y gravo-arenosa, constituyendo acuíferos libres potencialmente ricos, aunque, muy posiblemente, con CO<sub>2</sub>, gas metano y hierro (Fe<sup>++</sup>), debido a su alto contenido en materia orgánica.

A profundidades de 40-100 m (Fig.Nº 12) se define una capa con resistividades muy bajas (1,1-5,8 ohm.m), la cual se correlaciona, de acuerdo a la geología regional con cineritas, algunas cineritas contaminadas con material aluvial de limo y/o arena (véase resistividades de 5,8 ohm.m en el SEV-1, 4,2 ohm.m





LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

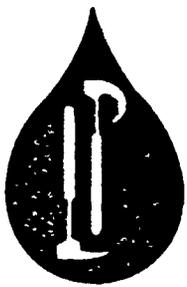
46

en el SEV-4 y 4,3 ohm.m en el SEV-5); por su naturaleza arcillosa se descarta como acuífero.

A profundidades mayores y hasta 200 m, ó aún más, (véase Anexo 1) se define una capa con valores de resistividad entre 21-35 ohm.m, la cual se correlaciona de acuerdo a la geología regional y a los afloramientos de los barrancos de río Mira en el Descolgadero y zonas aledañas, con lahar meteorizado.

En resumen, puede plantearse la siguiente columna litoestratigráfica correlativa para el área de la planta de tratamiento del acueducto de Tumaco :

0 - 1-2 m	Suelo arcilloso orgánico
2 - 10 m	Aluviones representados por arenas, gravas y arenas-limo-arcillosas.
10- 100 m	Cineritas
100-200 m	Lahar meteorizado



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

47

## CORRELACION REGIONAL

En la Fig.N°13 se dá la localización de los diecinueve (19) sondeos geoelectricos, ubicados, quince (15) en la zona de la planta de tratamiento del acueducto; dos (2) en la zona de Candelillas y dos (2) en la zona del Descolgadero. Puede verse fácilmente que la última etapa volcánica de cineritas recubrió una paleotopografía ondulada, la cual se había labrado sobre rocas volcánicas genéricamente clasificadas como lahares, las cuales y a su vez, tienen intercalaciones de cineritas, como pudo comprobarse en la sección del río Güisa en El Diviso. Por todo lo anterior, las secciones estudiadas testimonian la presencia de acuíferos libres potencialmente ricos, constituidos por arenas y gravas, de un espesor regional, entre 10 y 20 m, los cuales podrán explotarse mediante la construcción de aljibes. Los valores bajos a muy bajos de resistividad indican, sin lugar a dudas, la presencia de materiales impermeables, representados por cineritas y cineritas meteorizadas. Los valores de resistividad más altos se correlacionan con capas de lahar desde fresco, como en la zona de Candelillas, hasta meteorizado como en la zona de la planta del acueducto. Los valores obtenidos relativamente altos, por ejemplo en Candelillas, se explican por la presencia de rocas de lahar, con factor de formación alto del orden de  $m = 2,35$ , según ASTIER, (1982, p.189, op.cit.), a profundidades de unos 10 metros, resultado que es concordante con la columna litoestratigráfica que se observa sobre las orillas del río Mira en la misma localidad. (Fig.N° 13).

# CORRELACION GEOELECTRICA REGIONAL

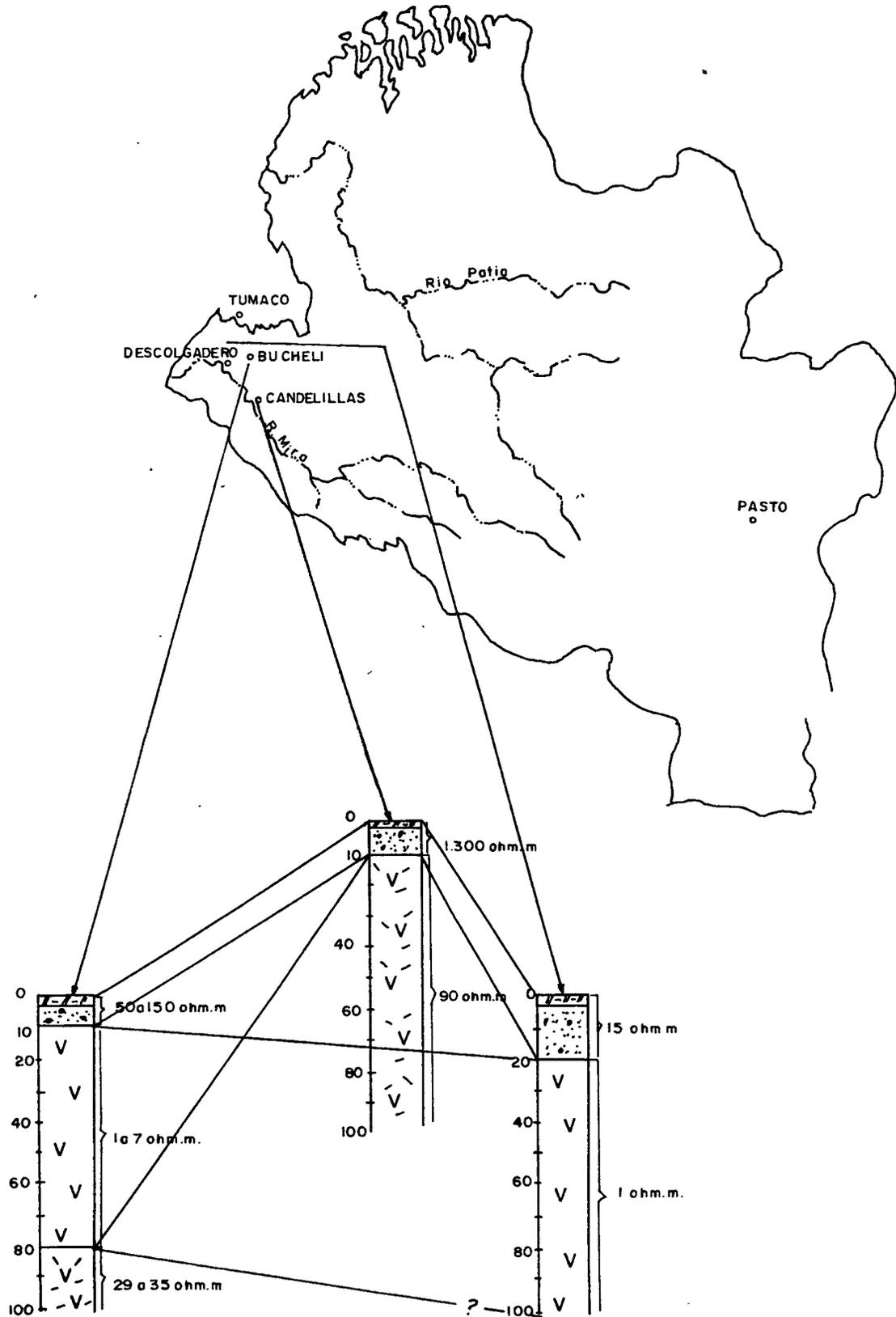
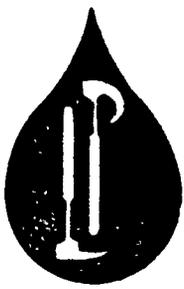


FIGURA Nº 13



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

48

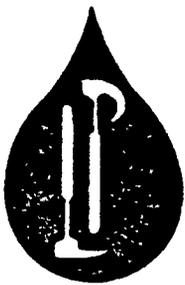
## REFRACCION SISMICA

La geofísica por refracción sísmica, tanto en la etapa de toma como de interpretación, fué adelantada para el proyecto por el Ingeniero JAIME BETANCOURTH de la Sección de Estudios Especiales de la CVC. Los sondeos sísmicos adelantados en la zona de la planta del acueducto nos fueron enviados, acompañados por su respectivo informe del cual se tratará un poco más adelante; de los sondeos "extras" corridos en la zona de Candelillas y Descolgado, se conocen únicamente la solución de los sismogramas. Contando con esta valiosa información, se discutirá, en adelante, la significación y correlación de los resultados obtenidos. El "Estudio de Refracción Sísmica, Mpio. de Tumaco; Inspección de Bucheli" (BETANCOURTH, J., 1985)\* y los de Candelillas y Descolgado fueron presentados utilizando un sismógrafo propiedad de CVC, marca NIMBUS-1210 F, equipado con doce (12) canales ajustables de registro, osciloscopio y registrador con papel electrosensitivo.

## METODO

El fundamento de la metodología consiste en que si en un punto del terreno se provoca una sacudida, ésta se propaga a través de las "formaciones", con una velocidad que depende de la natu-

\*BETANCOURTH, J.; 1985. Sección Estudios Especiales; comunicación escrita.



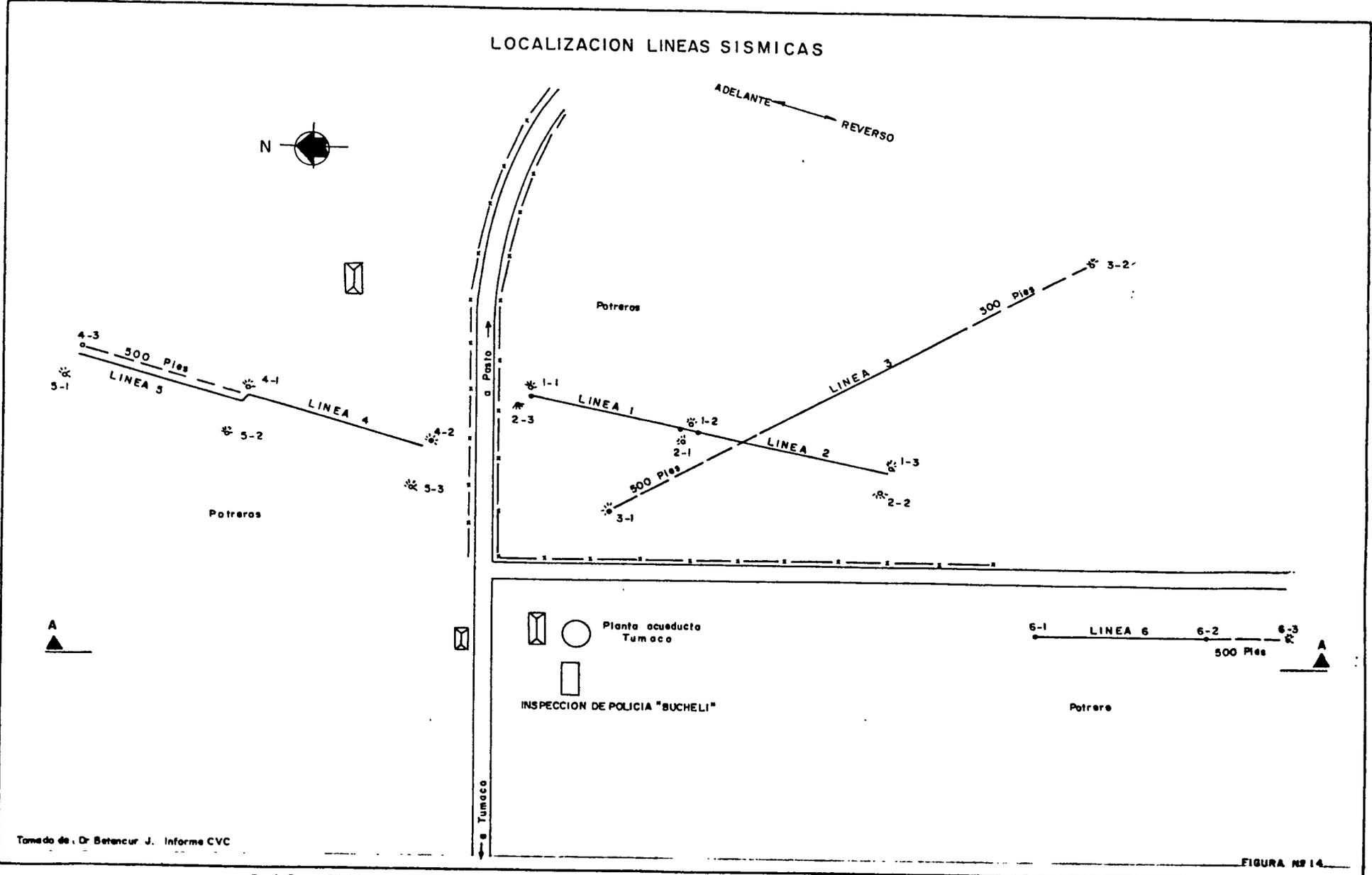
raleza y disposición de los estratos geológicos; es decir, la prospección sísmica está basada en el estudio de los tiempos de propagación de las ondas, principalmente de la onda longitudinal u onda P ( $V_p$ ), la cual corresponde a ondas elásticas de compresión y dilatación. La velocidad de propagación de las ondas elásticas varía entre amplios límites..." a veces, como sucede en los limos y terrenos superficiales secos no consolidados, menor que la velocidad del sonido y en otras, en el granito por ejemplo, alcanzan los 6 km/seg... Para un mismo tipo de roca, ésta velocidad disminuye con el grado de alteración, de fisuración y de fractura; por el contrario, aumenta con la profundidad y la edad geológica. En terrenos suelos es mayor bajo el nivel hidrostático que sobre el mismo; en la zona húmeda disminuye si aumenta la porosidad..." (ASTIER, 1982; op.cit.; p.124). Los resultados obtenidos de la solución de los sismogramas pueden dividirse en tres grupos para facilitar la interpretación y la posterior correlación de los datos (véase Anexo N°2, líneas dromocrónicas).

- Area de la planta de tratamiento del acueducto (Fig.N°14)
- Area de Candelillas (Fig.N°15)
- Area del Descolgadero (Fig.N°15)

#### Area de la planta

"Los resultados sísmicos muestran tres (3) velocidades corres-

# LOCALIZACION LINEAS SISMICAS



ADELANTE  
REVERSO



Potreros

Potreros

Potrero

Tomado de: Dr. Betencur J. Informe CVC

FIGURA Nº 14

# LOCALIZACION REGIONAL LINEAS SISMICAS

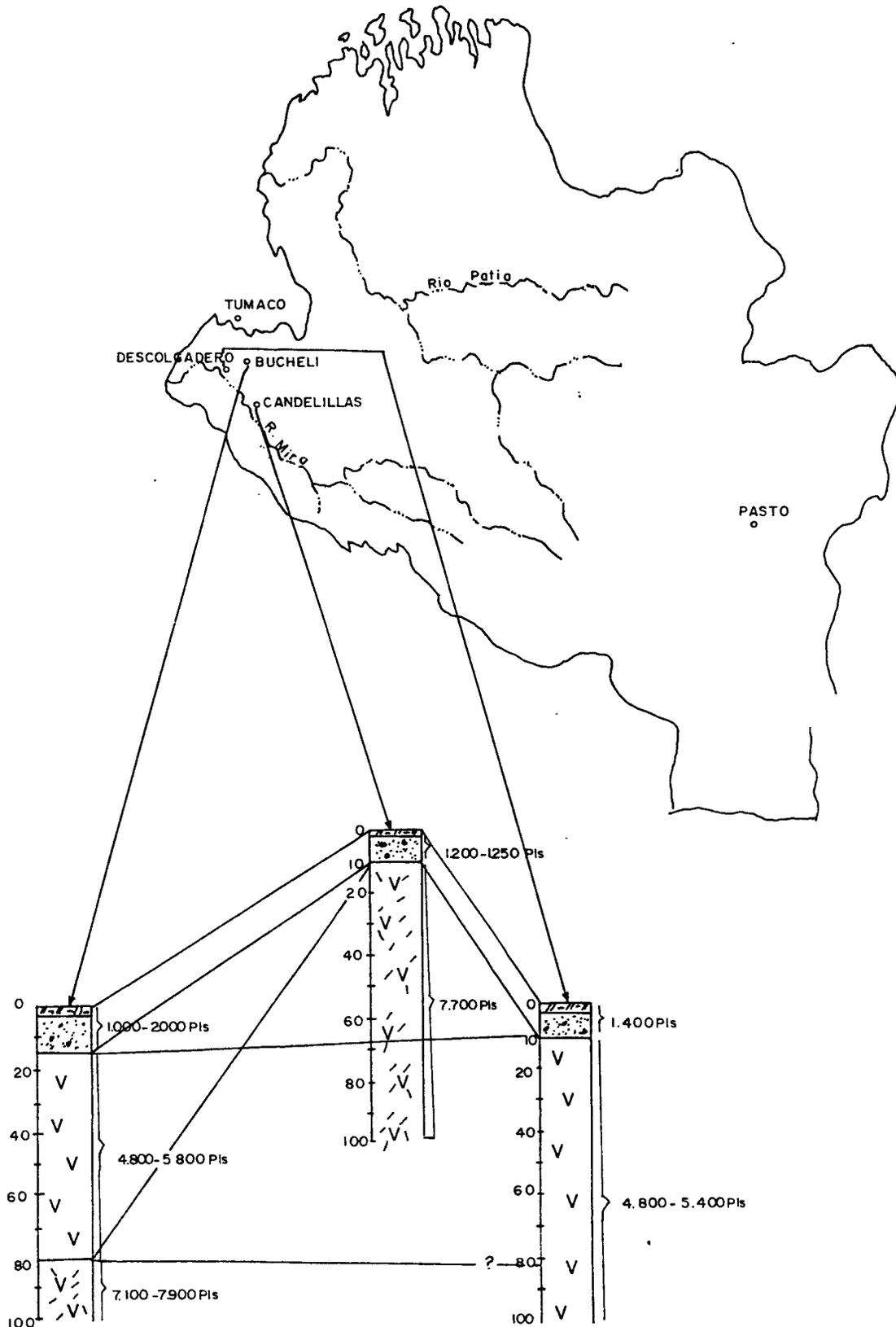
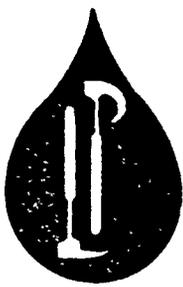


FIGURA Nº 15

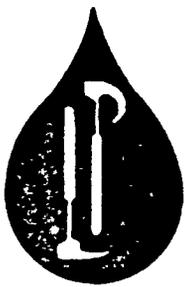


pondientes a tres capas; esto solo será corroborado por perforaciones"...(BETANCOURTH, 1985, comunicación escrita) :

- V1 : Hasta la profundidad de 15 m, corresponde a velocidades entre 1.000-2.000 p/seg.
- V2 : Hasta la profundidad de 80 m, corresponde a velocidades entre 4.800-5.800 p/seg
- V3 : Hasta profundidades mayores de 80m, corresponde a velocidades entre 7.100-7.900 p/seg.

Dado que el estudio litoestratigráfico y geológico ha mostrado una evolución volcánica característica, la cual involucra una fase de brechas volcánicas sucedidas por depósitos de lahar, finalizando con vulcanismo piroclástico de cineritas, la correlación con las velocidades se establece de la siguiente manera :

- V1 : Relleno inconsolidado
- V2 : Suelos compactados, derivados de enterramiento de cineritas, las cuales al meteorizar dan típicamente arcillas muy blandas y plásticas ("suelos residuales") de gran conductividad eléctrica ( $\rho = 1-7$  ohm. m). Debe advertirse que la presencia de estratos meteorizados entre capas de cinerita fresca ó relativamente fresca podrá causar retardo de la onda en el método sísmico y producir el fenómeno de "capa



lenta intercalada" ("blind-zone"), el cual no permite la detección de las mismas, como sí lo permite el método geoelectrico.

- V3 : Corresponden a velocidades relativamente altas, las cuales deben necesariamente correlacionarse, litoestratigráfica y geológicamente con el evento volcánico anterior a la etapa neta piroclástica, la cual y según hemos visto, corresponde con la etapa de formación de los extensos lahares (véase Geología).

#### Area de Candelillas

En la zona de Candelillas, donde aflora parcialmente la columna estratigráfica sobre el barranco del río Mira, la correlación sísmica concuerda claramente con la solución del sismograma, pudiendo entonces hacerse, la misma, desde el siguiente punto de vista :

- V1 : Corresponde a 9 m de materiales de muy baja velocidad 1.250-1.190 p/seg (381-363 m/seg) de "suelos" saturados, los cuales por geoelectrica se comprobó que corresponden a gravas saturadas con agua dulce, con valores de alta resistividad (1.300 ohm.m).
- V2 : Corresponde a una roca blanda\* de velocidad 7.700

*\*Roca Blanda : Son aquellas que pueden fallar a través de material intacto ("intact-rock") a los niveles de esfuerzos existentes , próximos a una excavación. NIETO, A., 1982. Caracterización Geotécnica de Macizos de Roca-blanda. I Cong. Suramericano de Mecánica de Rocas. Tomo I.*



p/seg (2.350 m/seg) la cual se correlaciona con una capa de lahar relativamente fresco, la cual aflora unos 10 m por debajo del relleno aluvial en el barranco del rio Mira, en Candelillas. Debe notarse que el comportamiento sísmico de ésta capa es muy uniforme, no obstante que el estrato infrayacente se encuentra posiblemente meteorizado, según se deduce de la resistividad (26-28 ohm.m) comprobada en los dos sondeos geoeléctricos allí corridos (véase Geoeléctrica).

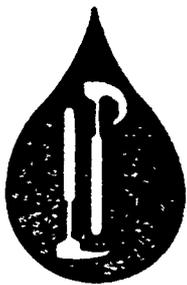
Se concluye entonces que la correlación en la zona de Candelillas, corresponde a :

- 0 - 10 m      Gravas gruesas acuíferas
- 10 - 200 m    Lahares, frescos y meteorizados, con permeabilidades muy bajas (acuicierre).

#### Area del Descolgadero

La solución del sismograma corrido en esta área, donde aflora parcialmente la columna estratigráfica, sobre el barranco del rio Mira, se ajusta claramente al modelo de las soluciones encontradas para el área de la planta de tratamiento del acueducto; es decir :

- V1    :    1.400 p/seg (423 m/seg) de sedimentos sueltos debidos a relleno aluvial, con un espesor de 8,5 m y de textura arenosa, gravo-arenosa, según la geoeléctri-

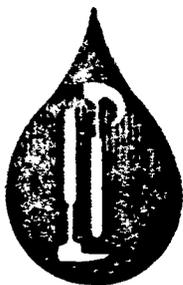


ca.

V2 : 4.800 - 5.400 p/seg (1.463-1.646 m/seg) correlacionables con cineritas meteorizadas (suelos compactados), las cuales afloran sobre el barranco del río Mira en la zona del Descolgadero. Llama la atención la persistencia en los valores encontrados de la velocidad en ambas zonas (planta del acueducto y Descolgadero), circunstancia que sugiere una fuerte uniformidad de los depósitos allí existentes, los cuales y sin lugar a dudas representan arcillas por su muy baja resistividad (1-7 ohm.m), siendo por su misma naturaleza, impermeables.

#### CORRELACION REGIONAL

Contando con la información sísmica de las zonas de la planta de tratamiento, Candelillas y Descolgadero se puede entonces correlacionar los resultados desde un punto de vista más regional (Fig. N°15). De la misma se deduce, que sobre una antigua superficie de lahar fresco, en Candelillas, y meteorizado en Descolgadero, la cual formaba una especie de batea u hondonada, se depositaron cineritas hasta rellenarla y conformar geomorfológicamente la unidad denominada TERRAZA (véase Geomorfología); en tiempos geológicos recientes dicha terraza fué cubierta con depósitos aluviales de arena, gravas, grava-arenosa y areno-limosas de unos 10 m de espesor, los cuales con-



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

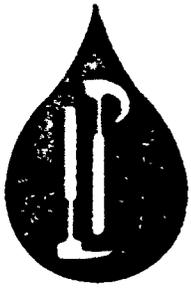
54

forman acuíferos libres potencialmente ricos.

#### INTEGRACION DE LA INFORMACION GEOFISICA

Tomando los valores geofísicos y adelantadas las respectivas correlaciones regionales, las cuales muestran sin lugar a dudas, una excelente coincidencia, se concluye que la estratigrafía en la zona de la planta de tratamiento del acueducto corresponde a :

Capa	Geoeléctrica (ohm.m)	Sísmica (p/seg)	Espesor (m)	Geología
1	46-160	1000-2000	(10-15)	Arenas arcillosas, sueltas arenas y grava, materia orgánica.
2	1,1-7,0	4800-5800	(15-80)	Arcillas débilmente litificadas (compactadas); correlacionables con depósitos volcánicos alternados frescos y meteorizados -cineritas-.
3	29-90	7100-7900	80	Roca blanda ó lahar con guijos de rocas verdes en matriz arcillosa; intercalaciones frescas y meteorizadas. Permeabilidad estimada $10^{-4}$ cm/seg.



## BALANCE HIDRICO DEL SUELO EN LA REGION DE TUMACO

De acuerdo a la información climatológica obtenida por el HIMAT, para precipitaciones y temperaturas promedios mensuales correspondientes al año 1984-1985 se determinó el balance hídrico del suelo en la región de Tumaco (N) (ver Tabla 1).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se tuvo en cuenta la fórmula desarrollada por THORNWAITE (1978)\*. En la determinación de la lámina de almacenamiento del suelo se consideró la profundidad efectiva del suelo de clase textural arcillo-limoso, con capacidad de retención de 1,6 mm/cm.

Las observaciones climatológicas permiten concluir :

- El exceso de agua es de 653 mm/año representado en la escorrentía superficial y la infiltración eficaz hacia el suelo. Al presentar la zona un drenaje pobre debido a la textura de los suelos y a la presencia de una capa impermeable ó hidroapoyo cerca de la superficie, la escorrentía superficial se considera muy elevada.
- Presenta la región de Tumaco una alta evapotranspiración equivalente al 70%.

\*THORNWAITE, W.C., 1978. *Principios y Aplicaciones del Drenaje; International Lands Research Institute. vol.II.*

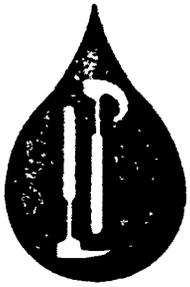
TABLA 1 : BALANCE HIDRICO DEL SUELO, DADO EN mm.

ESTACION : AEROPUERTO LA FLORIDA-TUMACO (N)

LONG 78°-45'W LAT 1°49'N ELEV 3,0 m

AÑO HIDRICO : ENERO 1984-DICIEMBRE 1984

V A R I A B L E	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PRECIPITACION	221	203	272	250	287	284	114	106	90	72	77	129	2.105
ETP	125	132	130	136	134	127	125	128	125	125	125	125	1.537
ALMACENAMIENTO	80	80	80	80	80	80	69	47	12	0	0	4	612
ETR	125	132	130	136	134	127	125	128	125	84	77	125	1.448
EXCESO	16	71	142	114	153	157	0	0	0	0	0	0	653
DEFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	48	0	89



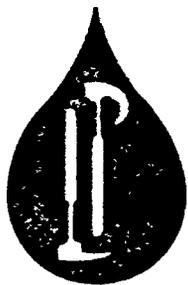
LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

57

## HIDROGEOLOGIA

Con base en la información lograda mediante visitas de campo y el análisis de la información geofísica, geoelectrica y sísmica, obtenida se pueden establecer los siguientes parámetros hidrogeológicos.

La cartografía geológica existente (GROSSE, 1935, op.cit.; ARANGO & PONCE, 1982, op.cit.) y la efectuada en el presente trabajo, señala la existencia de extensos depósitos de edad, principalmente Cuaternaria, circunstancia que en principio, puede crear falsas expectativas, cuando no se especifican y catalogan la predominancia y tipo de los depósitos existentes. Las "formaciones" del área están conformadas por materiales fino-granulares de origen primordialmente volcánico, los cuales pueden alcanzar espesores del orden de los 300 m, como en la zona de La Guayacana-río Güisa y El Diviso-río Güisa (GROSSE, 1935, op.cit.; HUBACH, 1957, op.cit.). Existen, solo localmente, niveles conglomeráticos y conglo-arenosos intercalados en los conjuntos volcánicos los cuales se deben a paleocorrientes desde el oriente (deducida de la imbricación de los guijarros), de poco espesor, 10-20 m en el río Güisa en el sector de Las Pavas en La Guayacana, y de 5-10 m en el río Mira al oriente de Candelillas, de muy poca continuidad lateral. Como ya se ha mencionado, los lahares y cineritas tienen características impermeables pudiéndoseles calificar como acuícuerpos. Las texturas y estructuras, así como la naturaleza reciente de los depósitos volcánicos, aún de aquellos susceptibles de desarrollar porosidad secunda-



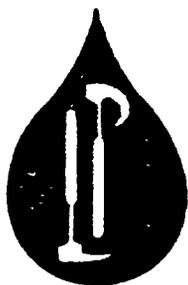
ria por fracturamiento, señalan que las posibilidades de encontrar grandes zonas falladas (megabrechas) ó intensamente diaclasadas (espaciamiento entre discontinuidades menor a 20 mm, INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS COMMISSION, 1982; op. cit.) son muy remotas (véase Geología Estructural). De otro lado, la presencia de paleocauces no es fácil de detectar, tanto por su composición como por la extensa cobertura de los mismos; lo anterior sugiere que en caso de existir, los depósitos serían "sucios" por efectos del material-parental y por la continuada acción volcánica. Debe sin embargo aclararse que existen cauces enterrados en los delgados depósitos aluviales, los cuales se ha probado que tienen espesores de unos 10m, situación acorde con los niveles-base de erosión de la cuenca y cuya potencialidad de caudal no será suficiente para colmar las necesidades del acueducto de Tumaco.

Finalmente, la recarga local por infiltración es muy baja, dadas las características del material de suelos superficiales, circunstancia que conjuntamente con la existencia de un hidropoyo, dá como resultado una gran escorrentía (véase Clima y Fig. N° 2), circunstancia que limita el intercambio hídrico en el sistema rio-acuífero (véase Balance Hídrico).

Quedaría la posibilidad de encontrar acuíferos profundos a muy profundos en rocas Terciarias, pero la constitución esencialmente arcillosa de las formaciones (cf. formaciones Naya y Guapi; VAN DER HAMMEN, 1958), prácticamente descarta la idea.

\*VAN DER HAMMEN, 1958. *Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos*; Boletín Geológico, vol. N° 1-3.





Cineritas	1-7 ohm.m
Lahar fresco	90 ohm.m
Lahar meteorizado	21-35 ohm.m

6. Sísmicamente los tres conjuntos litológicos se caracterizan por los siguientes valores de velocidad-sísmica :

Aluvión	1.000-2.000	p/s
Cineritas	4.800-5.400	p/s
Lahar	7.100-7.900	p/s

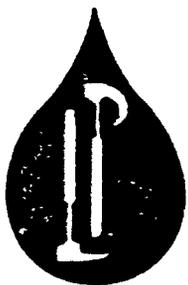
7. La correlación regional deja ver que las cineritas rellenaron antiguas hondonadas hasta constituir una morfología plana denominada TERRAZA.

8. El balance hídrico sugiere una alta escorrentía superficial

9. Hidrogeológicamente las "formaciones" estudiadas son impermeables, excepto el aluvión.

10. Se descarta la zona de la planta de tratamiento del acueducto como alternativa para aprovechar aguas subterráneas y destinarlas a copar las necesidades del municipio de Tumaco (N).

11. Los aluviones, con espesores hasta de unos 20m, podrán aprovecharse mediante la construcción de aljibes, para

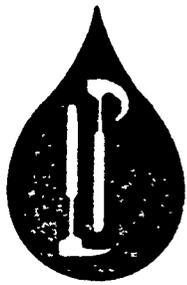


LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

61

dotar de agua a pequeños asentamientos humanos.

12. Se recomienda, de ser necesario, evaluar física y química-mente los aluviones mediante la construcción de un aljibe de estudio para conocer sus peculiaridades hidráulicas y poder, a la vez, recomendar sus usos y necesidades de tratamiento.



LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

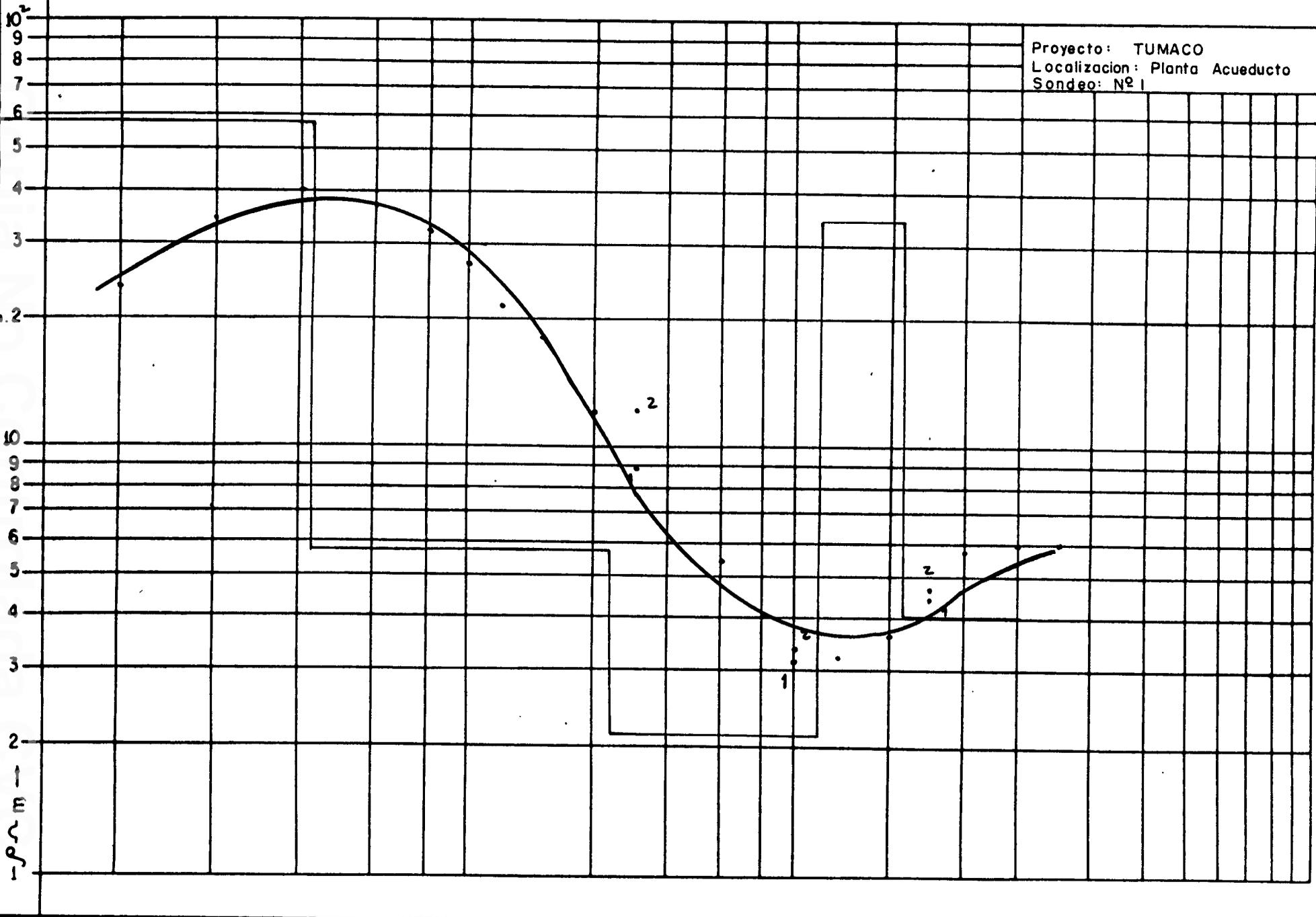
A N E X O 1

Hidrogeología . Geología de Minas . Geología General . Perforación y Mantenimiento de Pozos  
Carrera 24-A No. 3-52 . Teléfono 58 28 80 . Cali

Copia No Controlada CVC

Proyecto: TUMACO  
Localizacion: Planta Acueducto  
Sondeo: N° 1

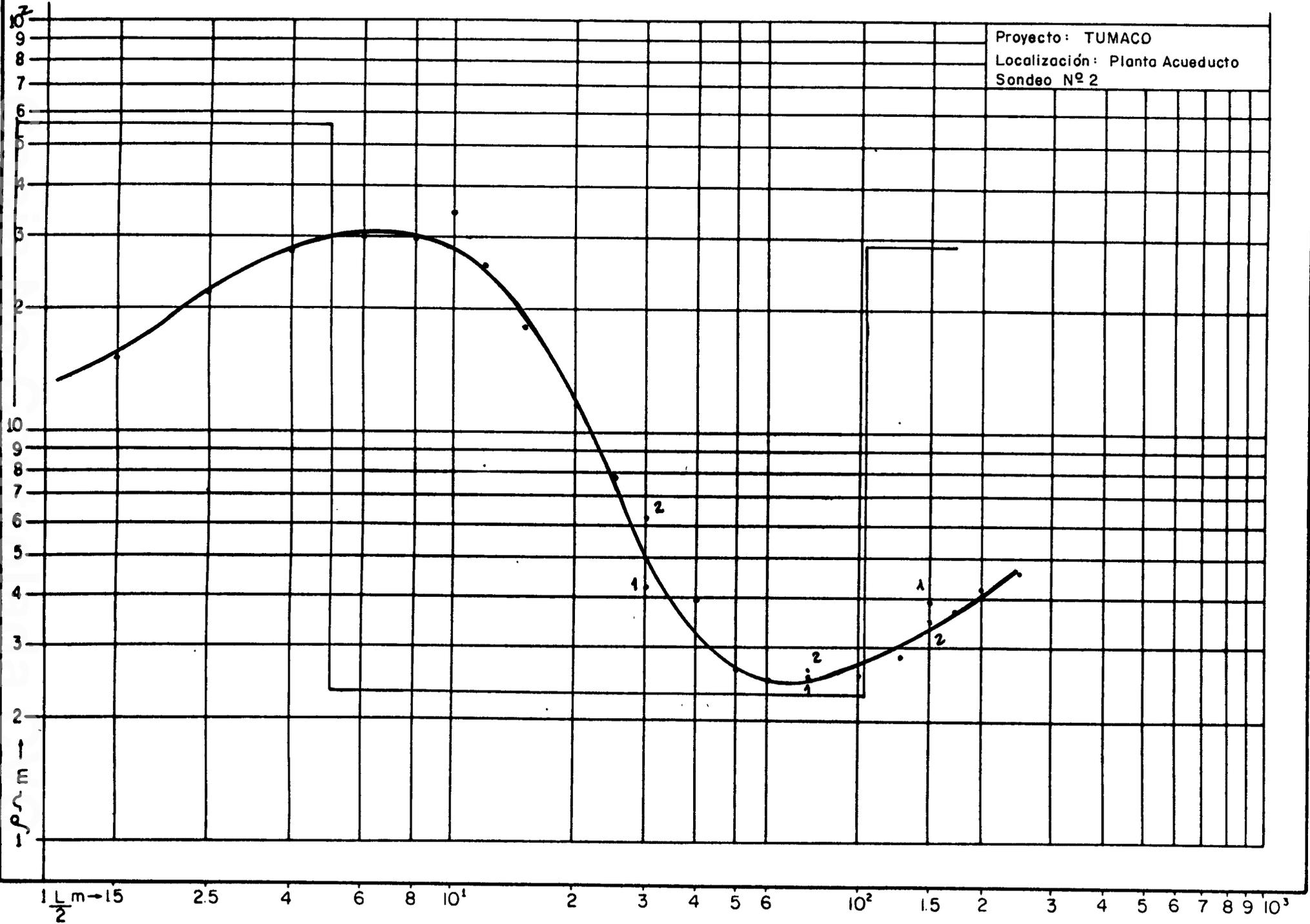
06m

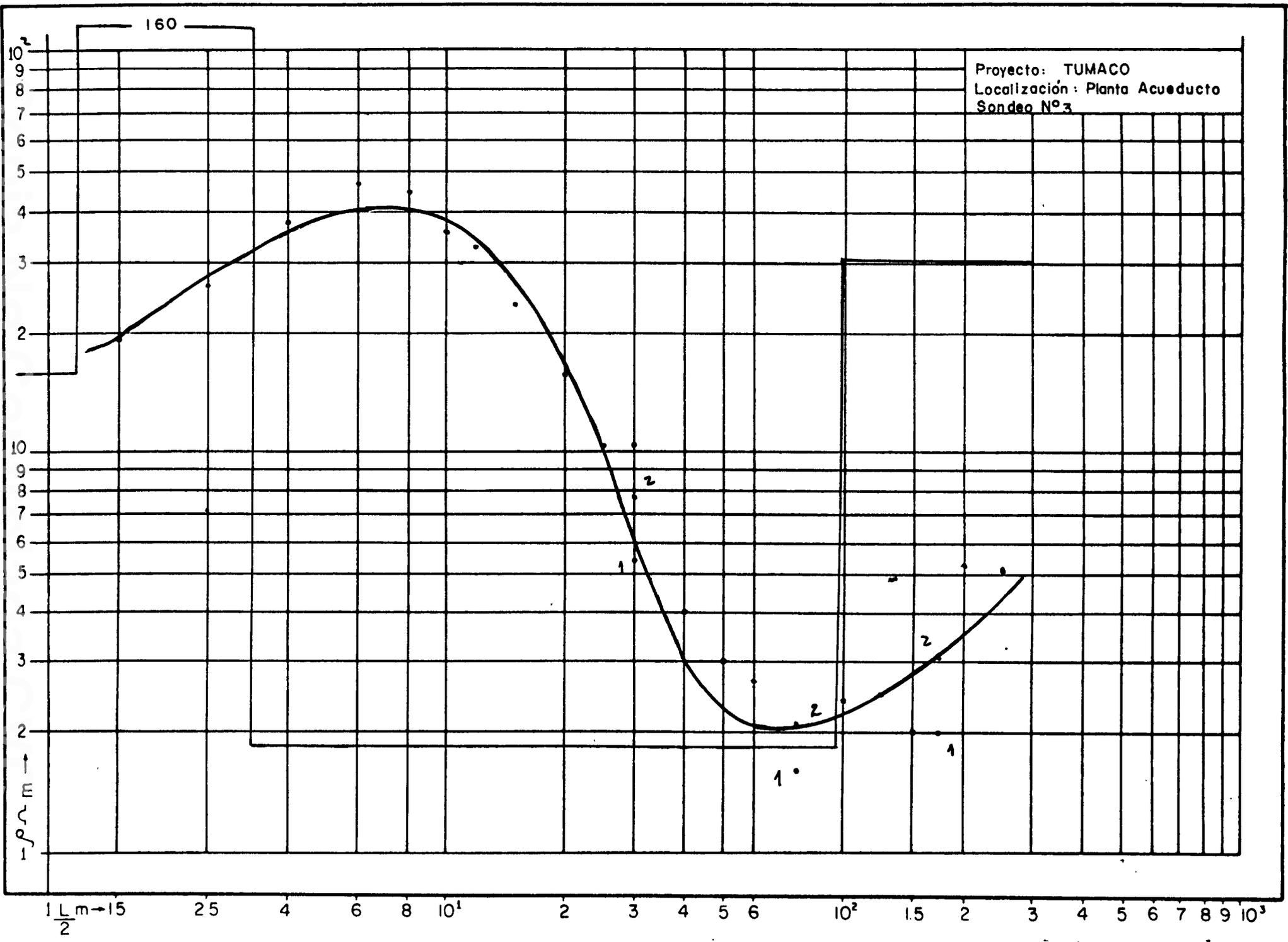


1  $\frac{L}{2}$  m - 15 2.5 4 6 8 10<sup>1</sup> 2 3 4 5 6 10<sup>2</sup> 15 2 3 4 5 6 7 8 9 10<sup>3</sup>

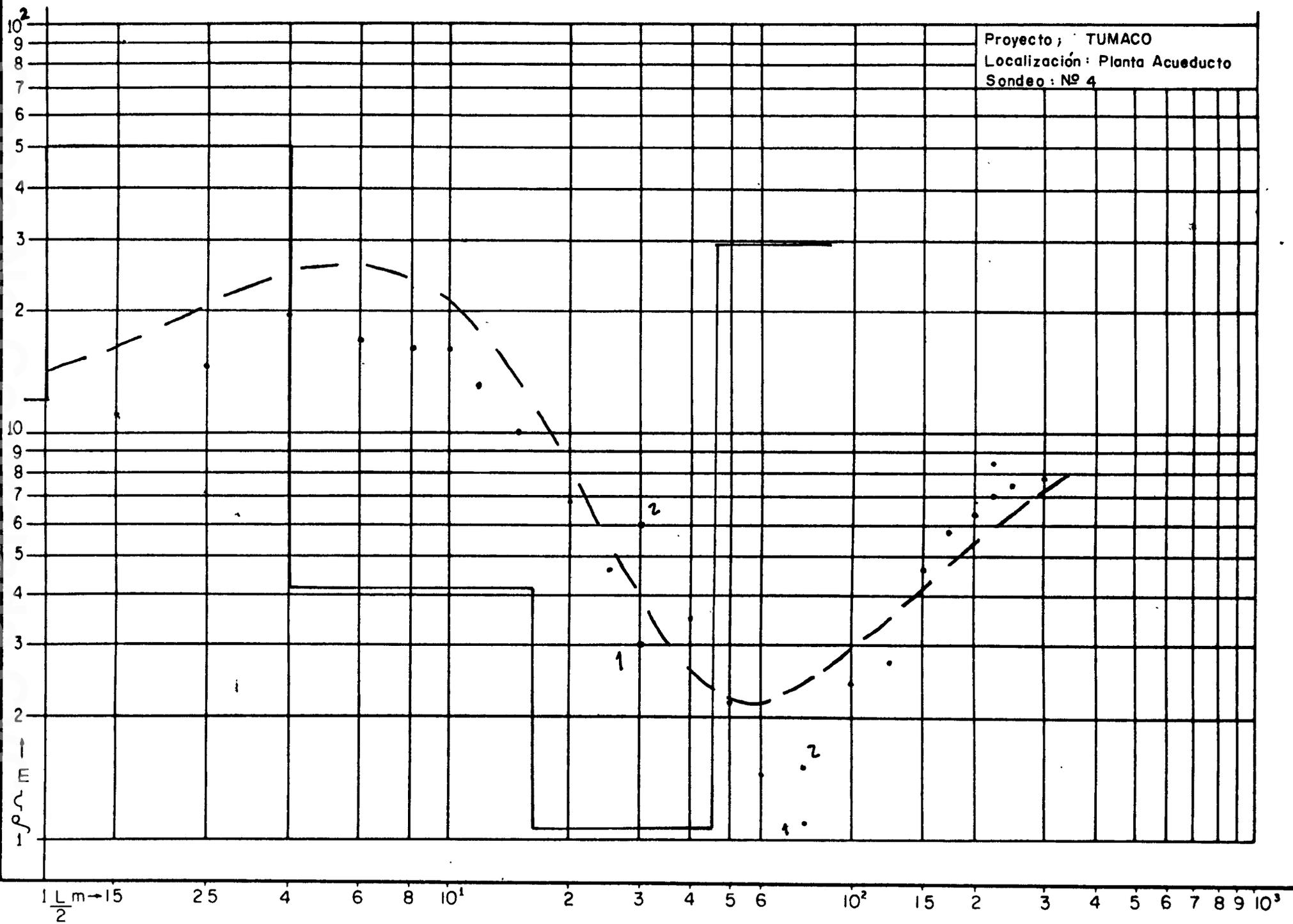
P  
M

Proyecto: TUMACO  
Localización: Planta Acueducto  
Sondeo Nº 2

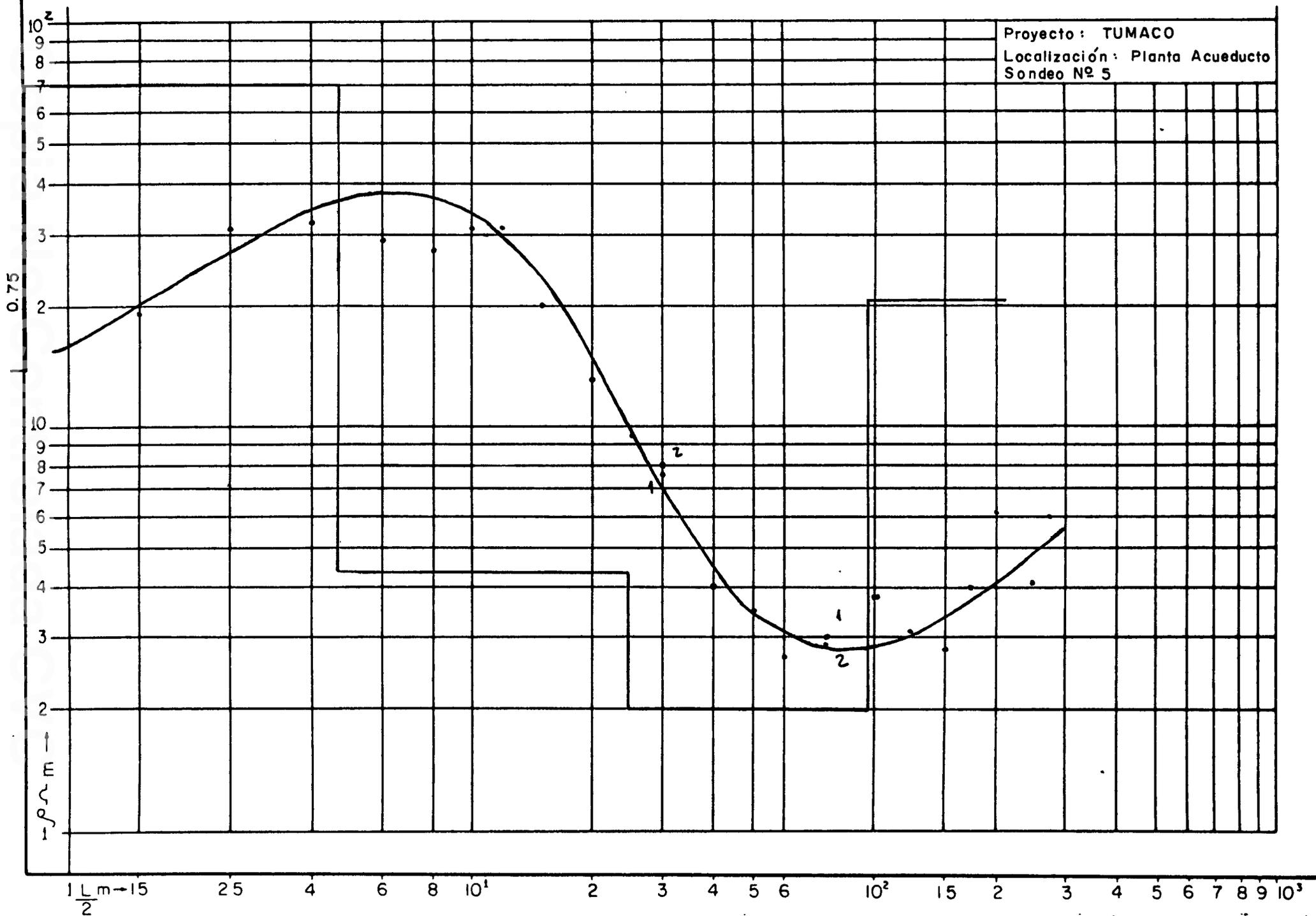




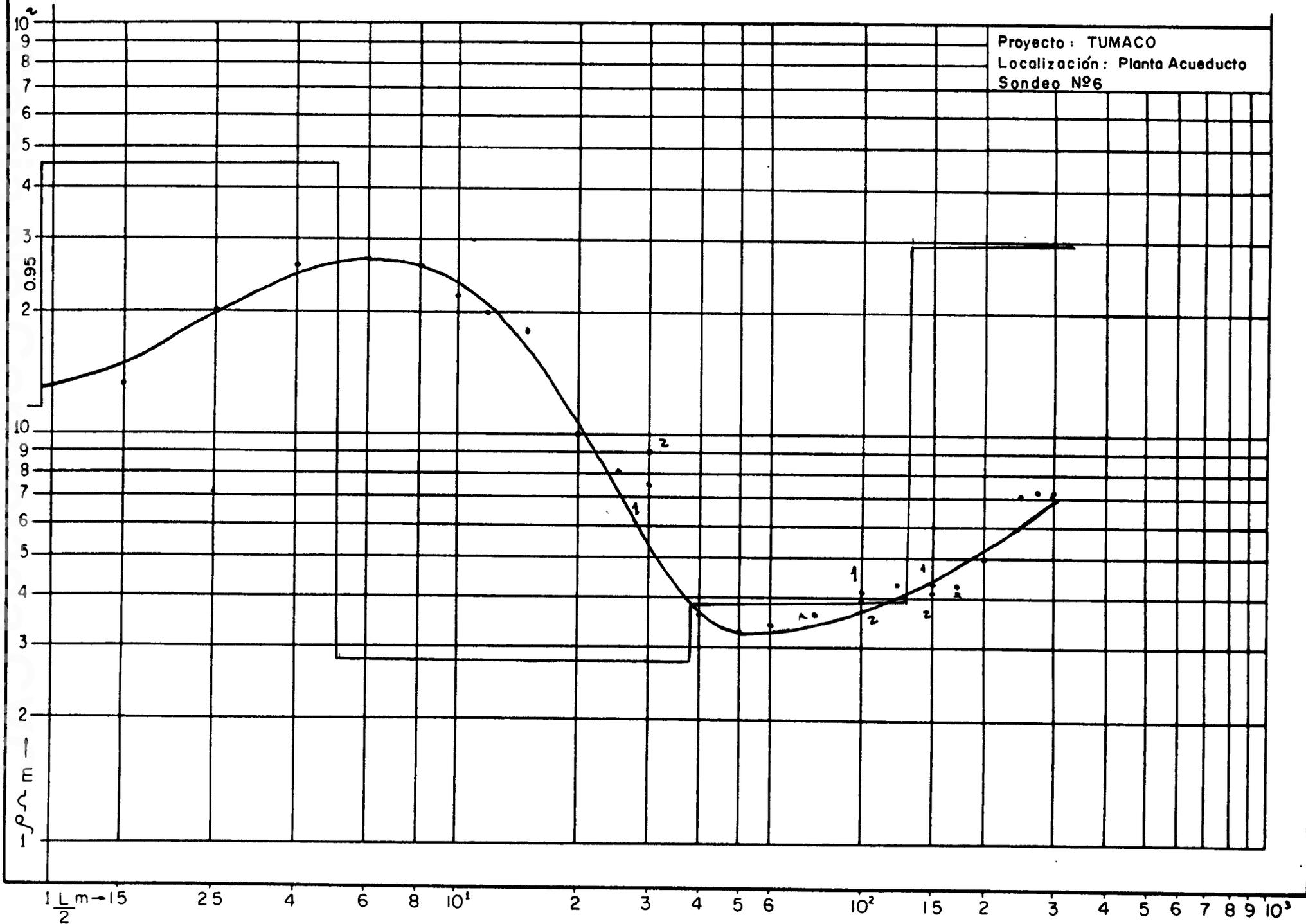
Proyecto ; TUMACO  
 Localización : Planta Acueducto  
 Sondeo : Nº 4



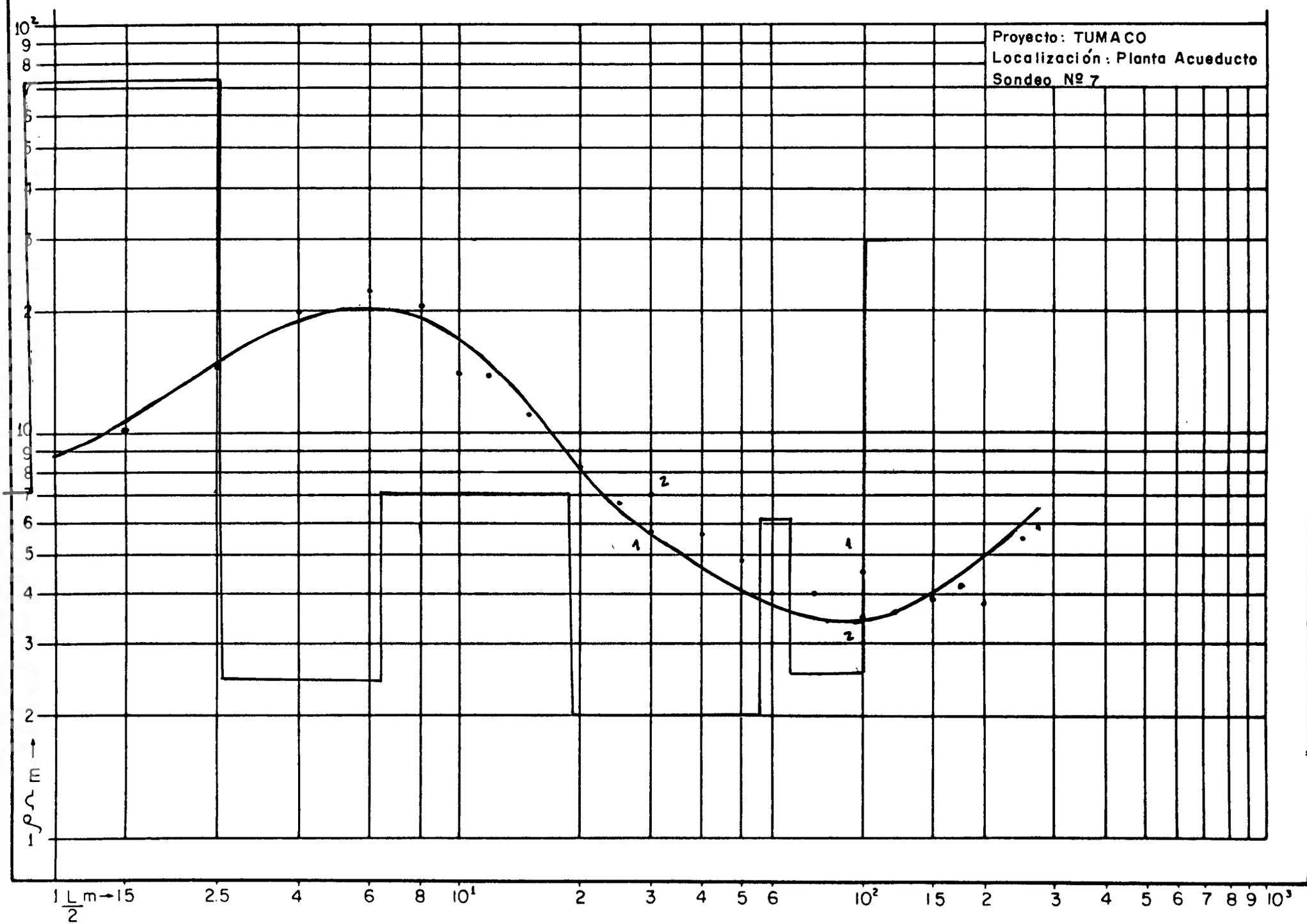
Proyecto: TUMACO  
 Localización: Planta Acueducto  
 Sondeo Nº 5



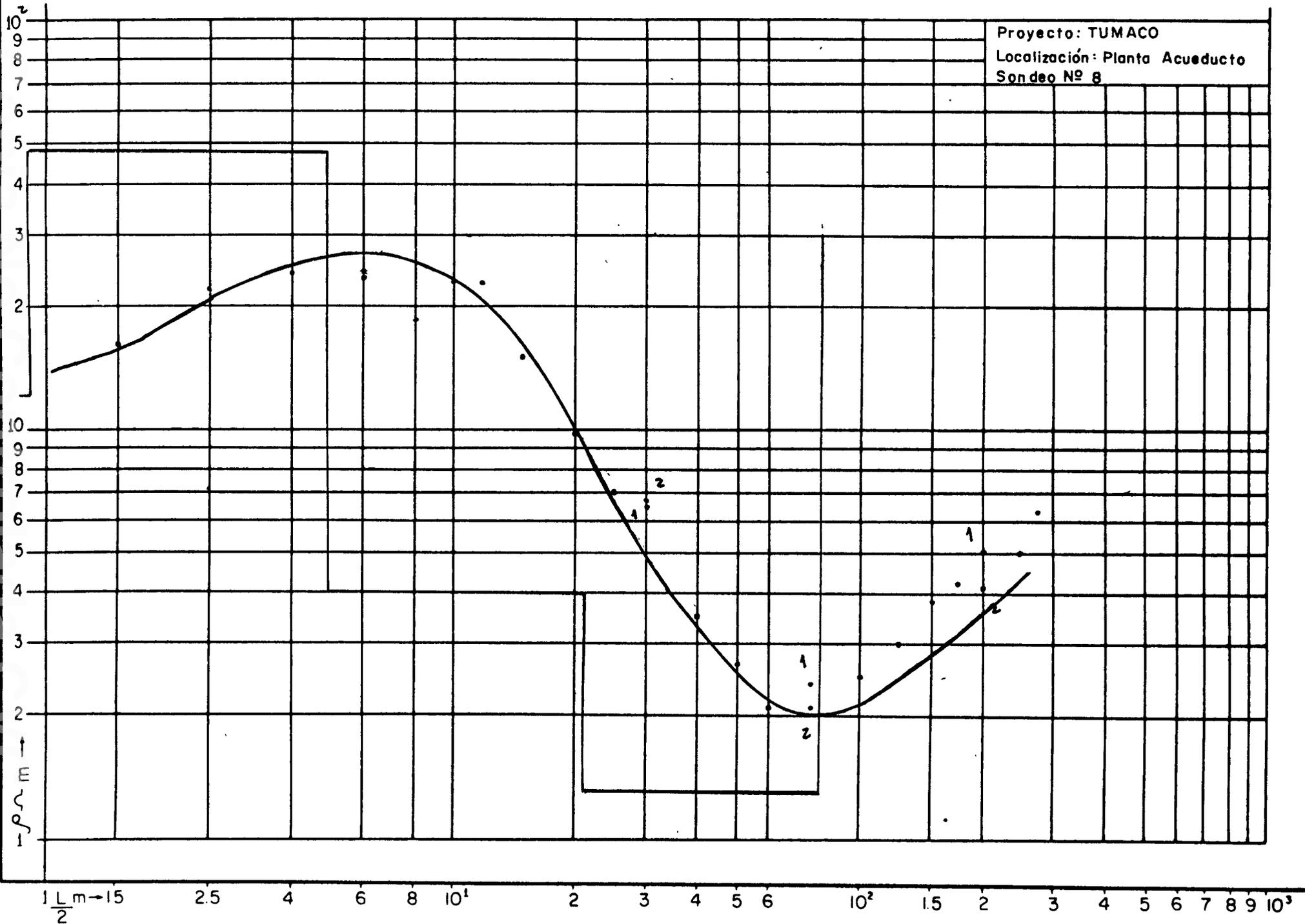
Proyecto : TUMACO  
 Localización : Planta Acueducto  
 Sondeo N°6

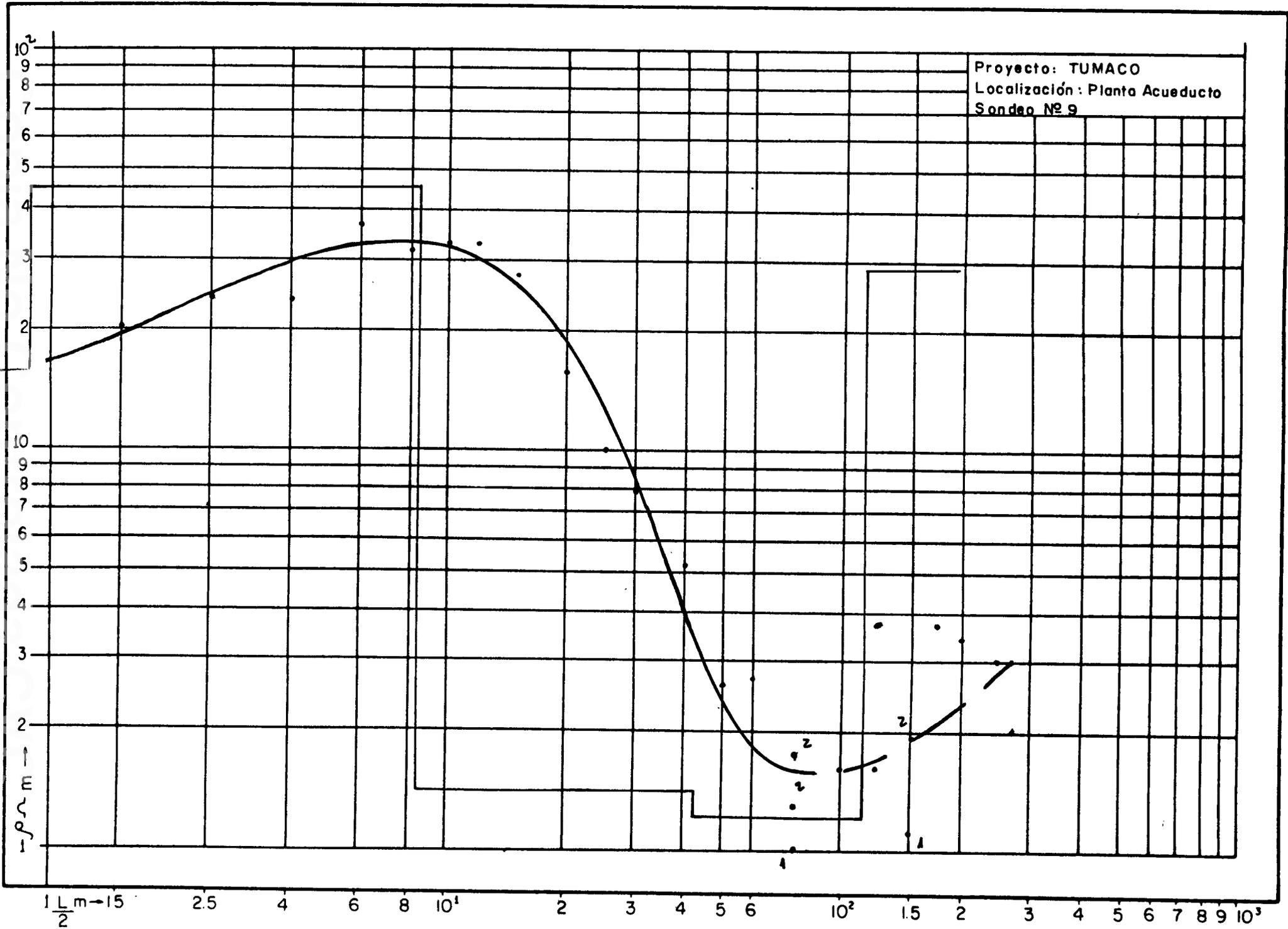


Proyecto: TUMACO  
 Localización: Planta Acueducto  
 Sondeo Nº 7

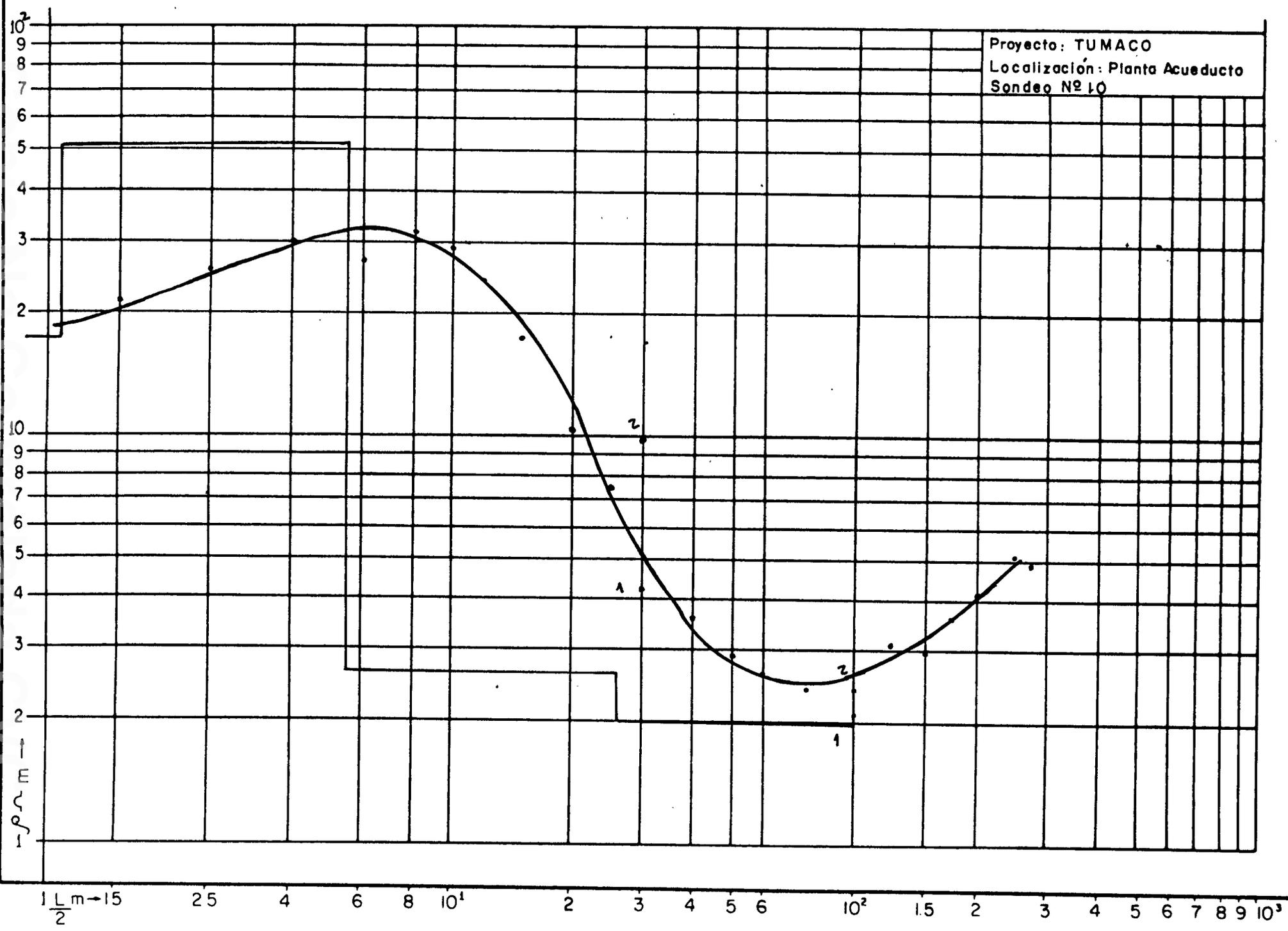


Proyecto: TUMACO  
Localización: Planta Acueducto  
Sondeo Nº 8

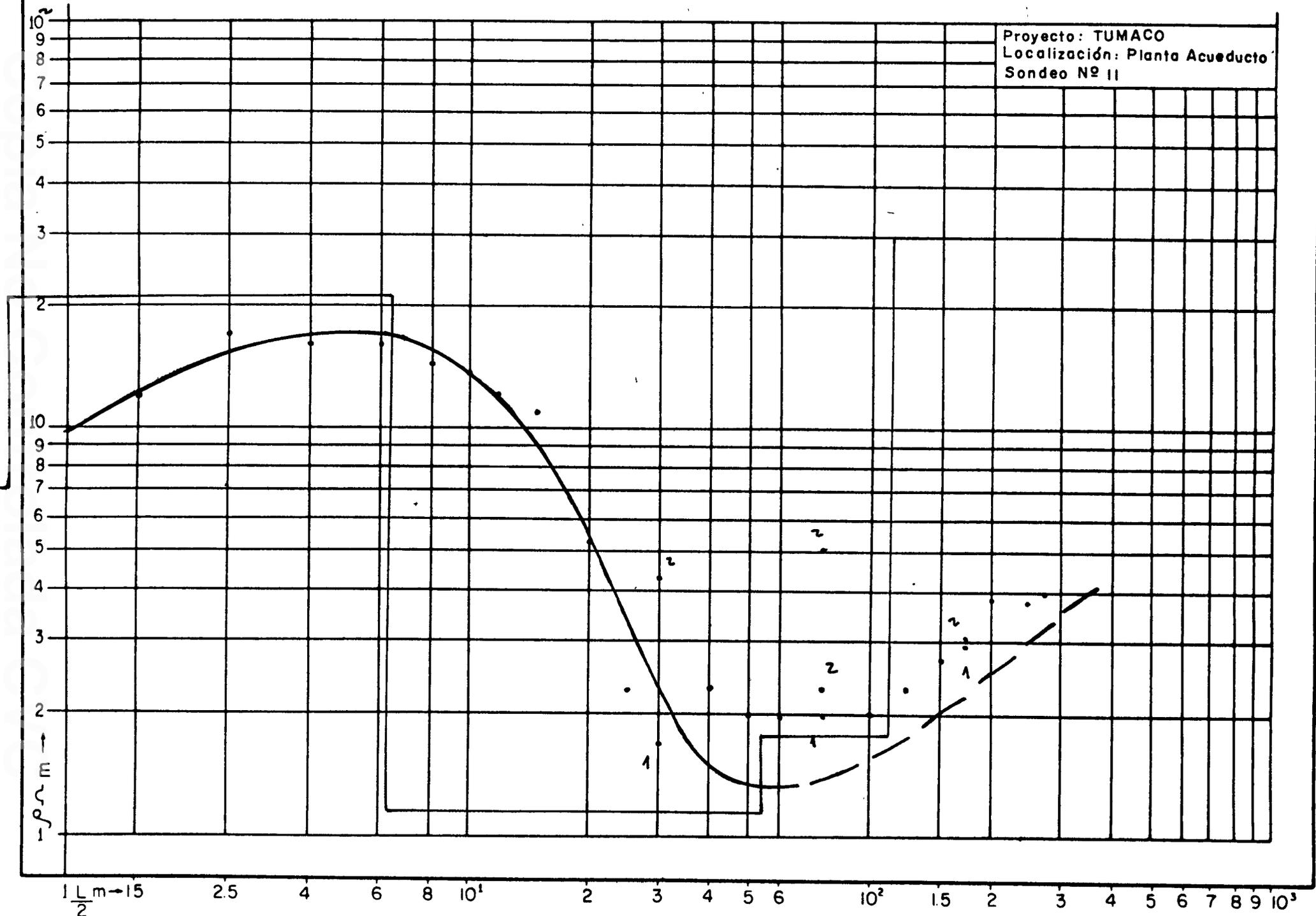




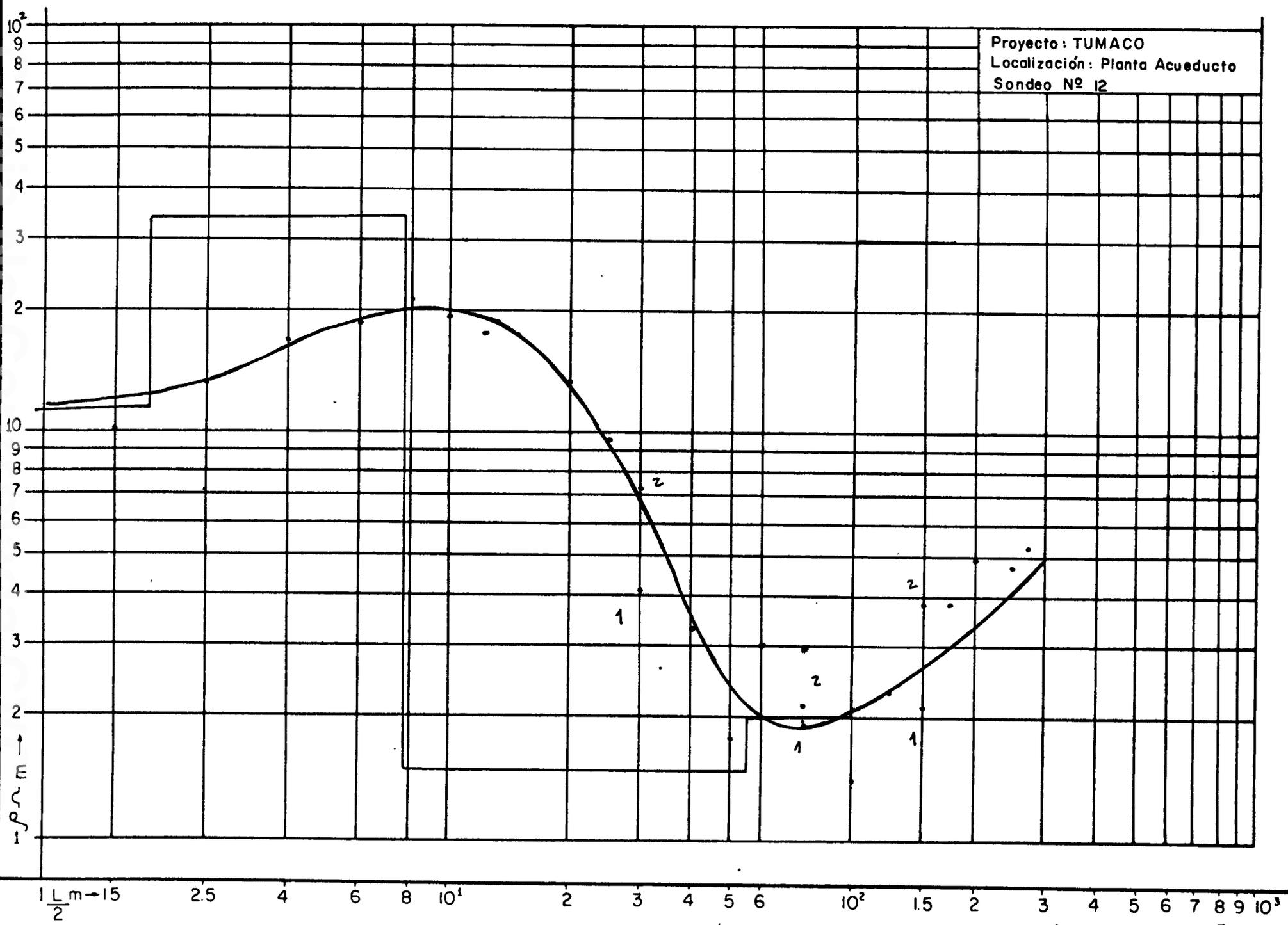
Proyecto: TUMACO  
 Localización: Planta Acueducto  
 Sondeo Nº 10

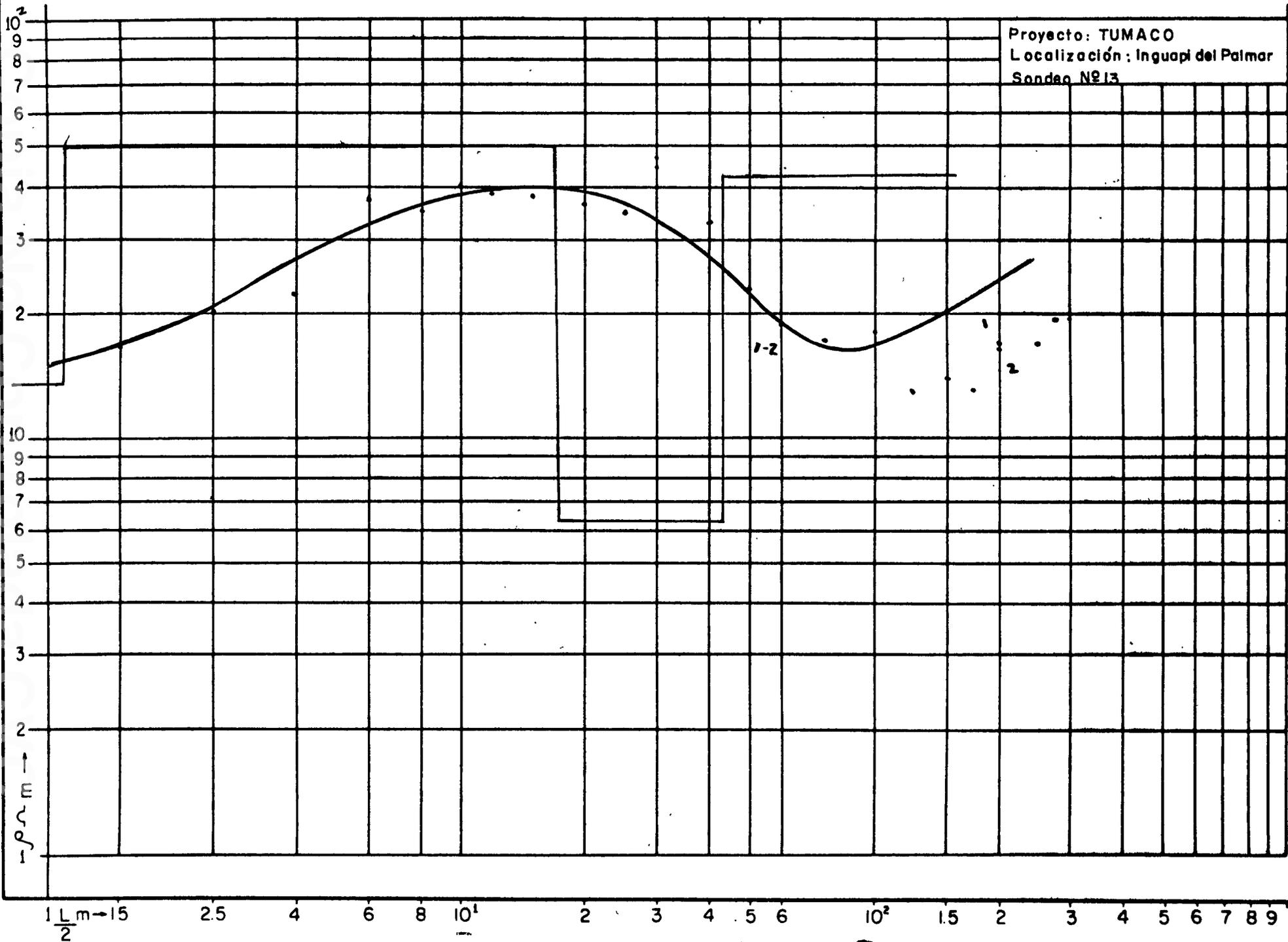


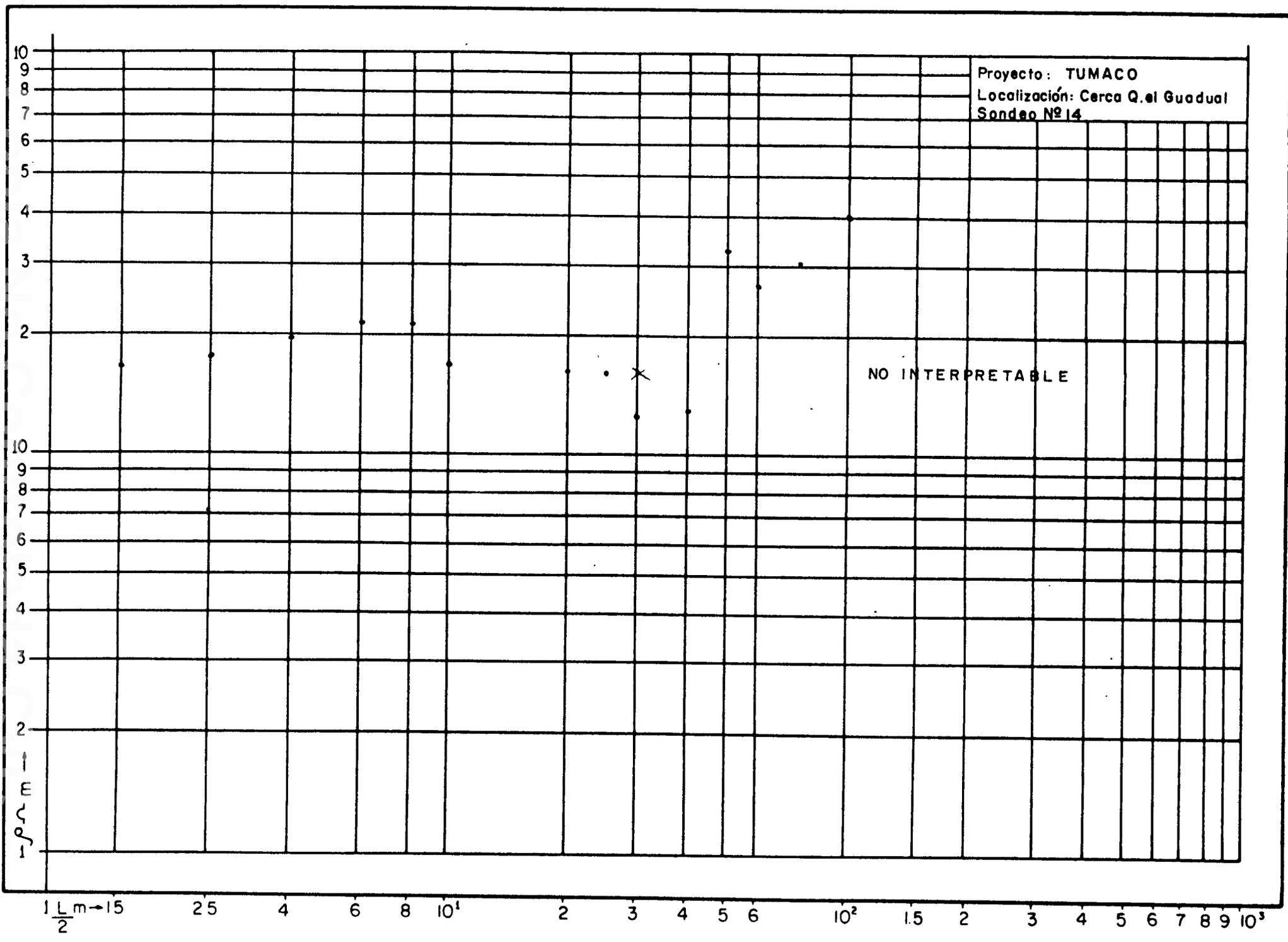
Proyecto: TUMACO  
 Localización: Planta Acueducto  
 Sondeo N° 11

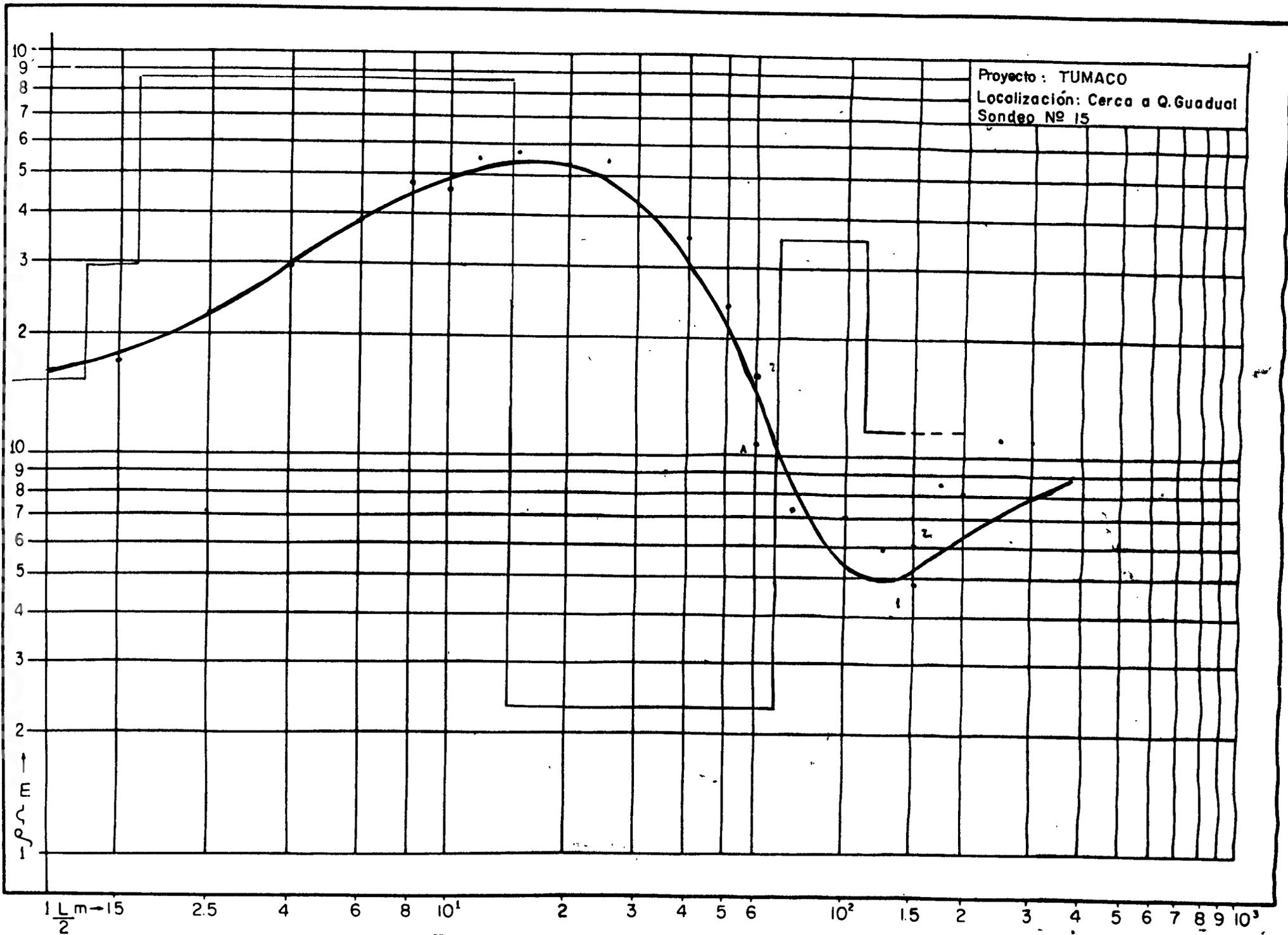


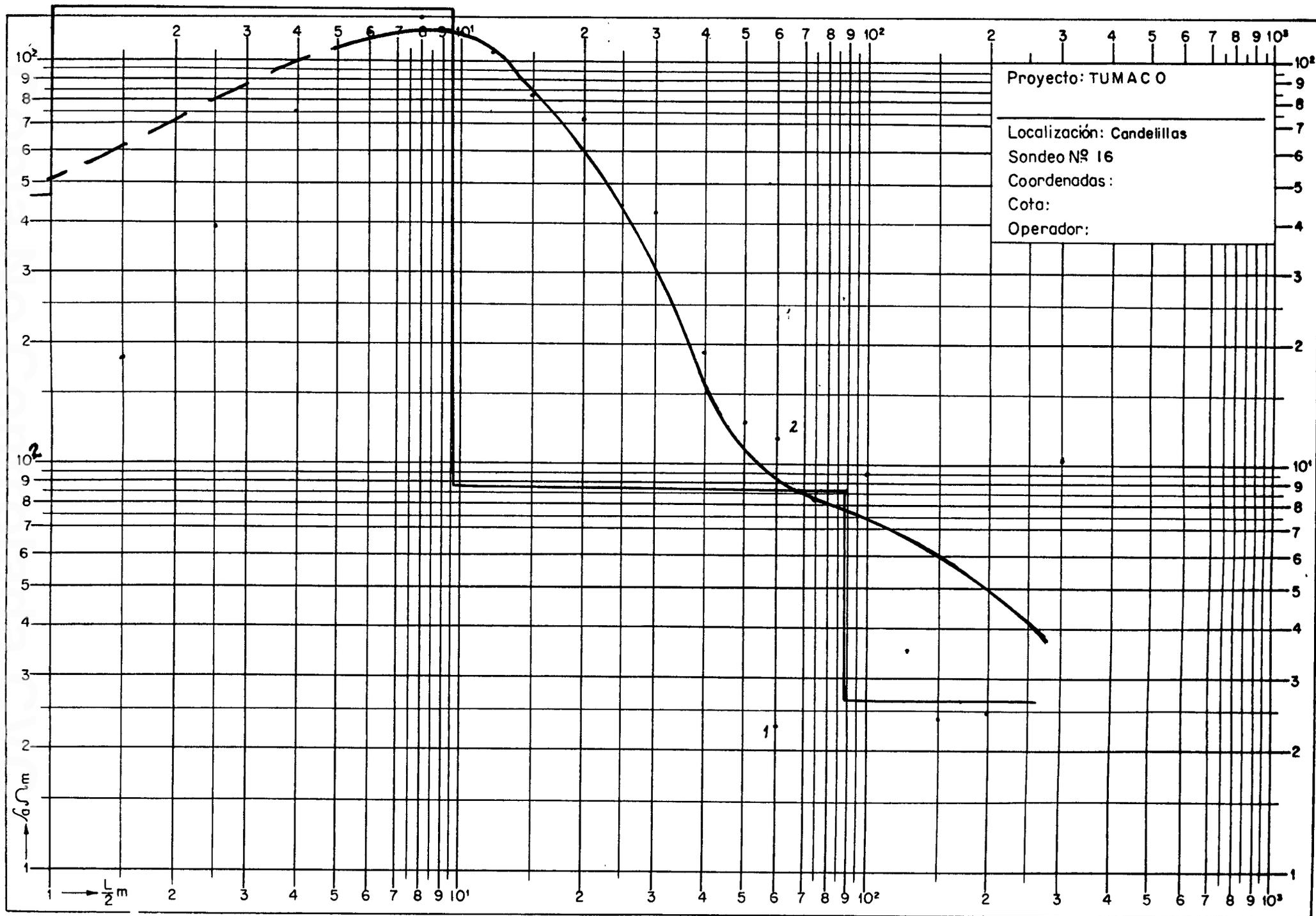
Proyecto: TUMACO  
 Localización: Planta Acueducto  
 Sondeo Nº 12

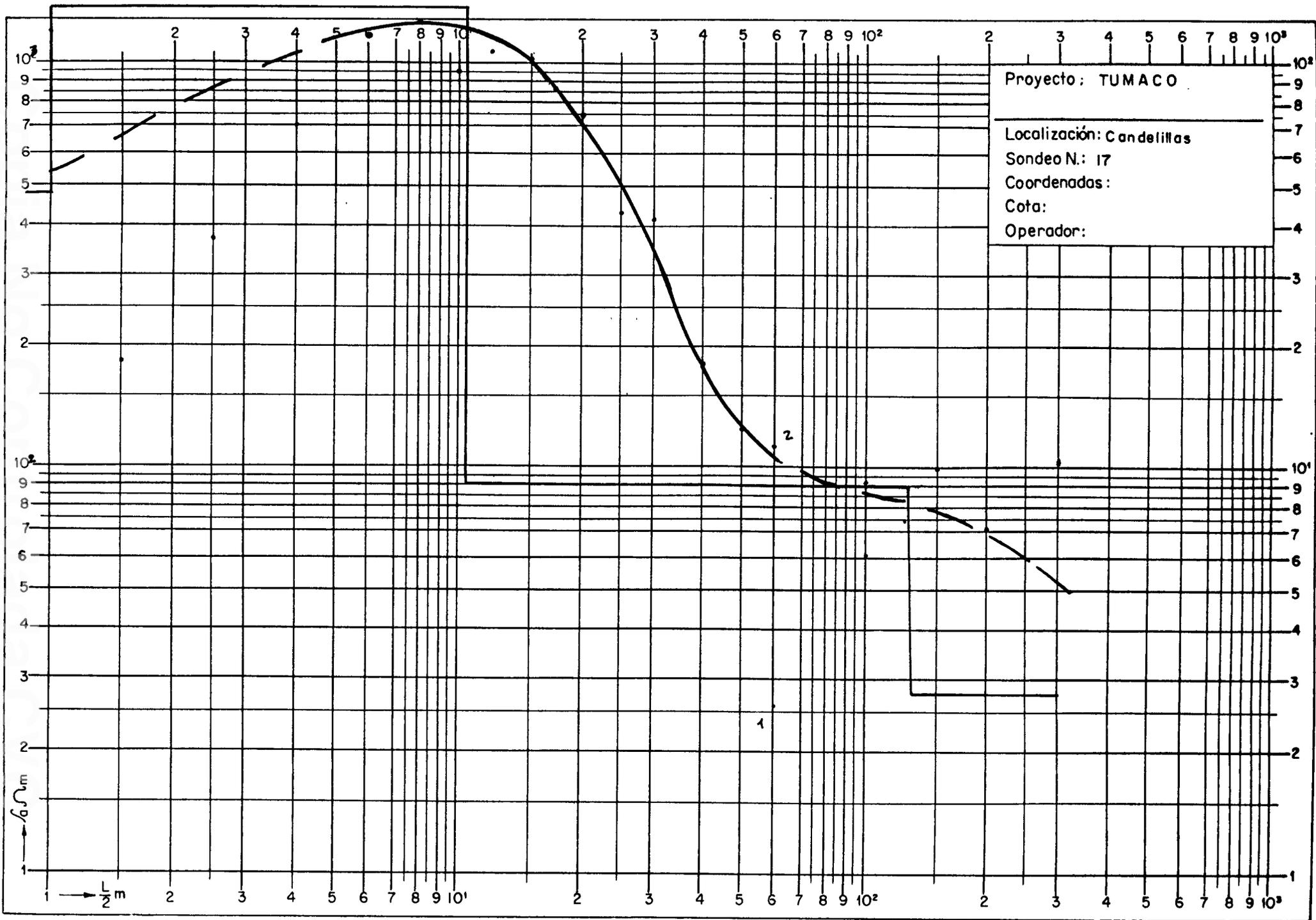


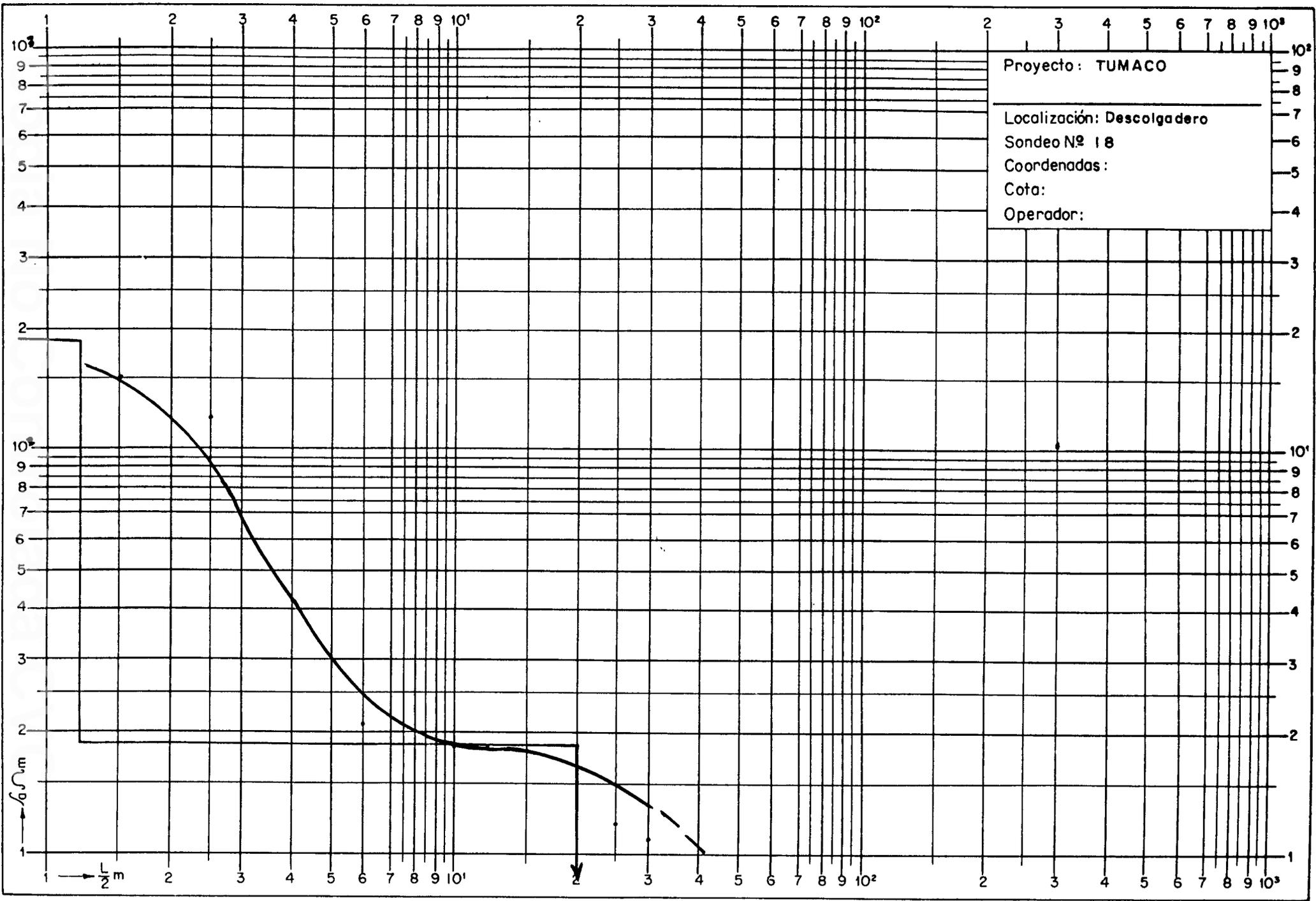




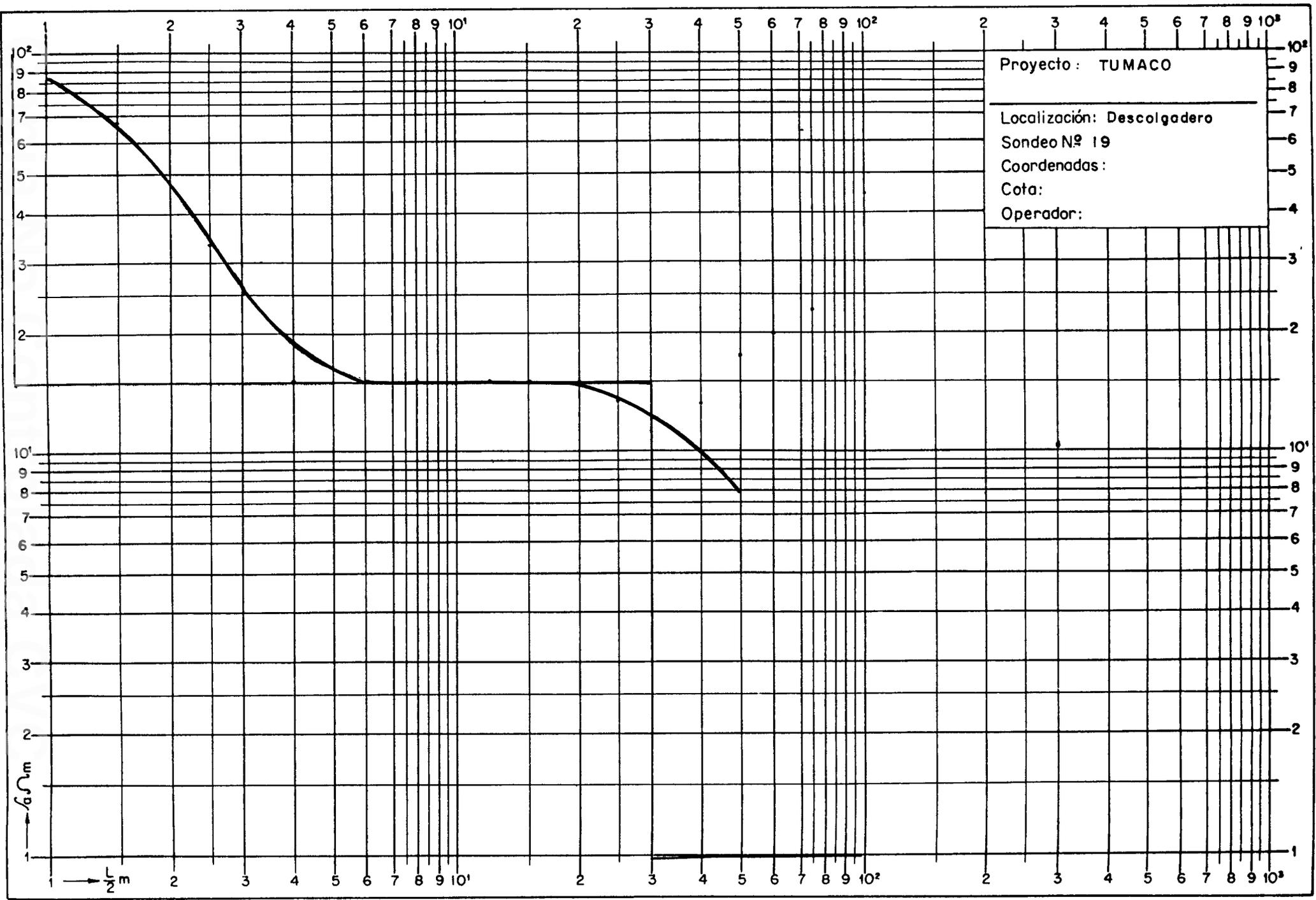


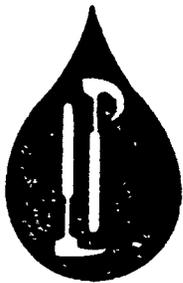






Proyecto: TUMACO  
 Localización: Descolgado  
 Sondeo N° 18  
 Coordenadas:  
 Cota:  
 Operador:

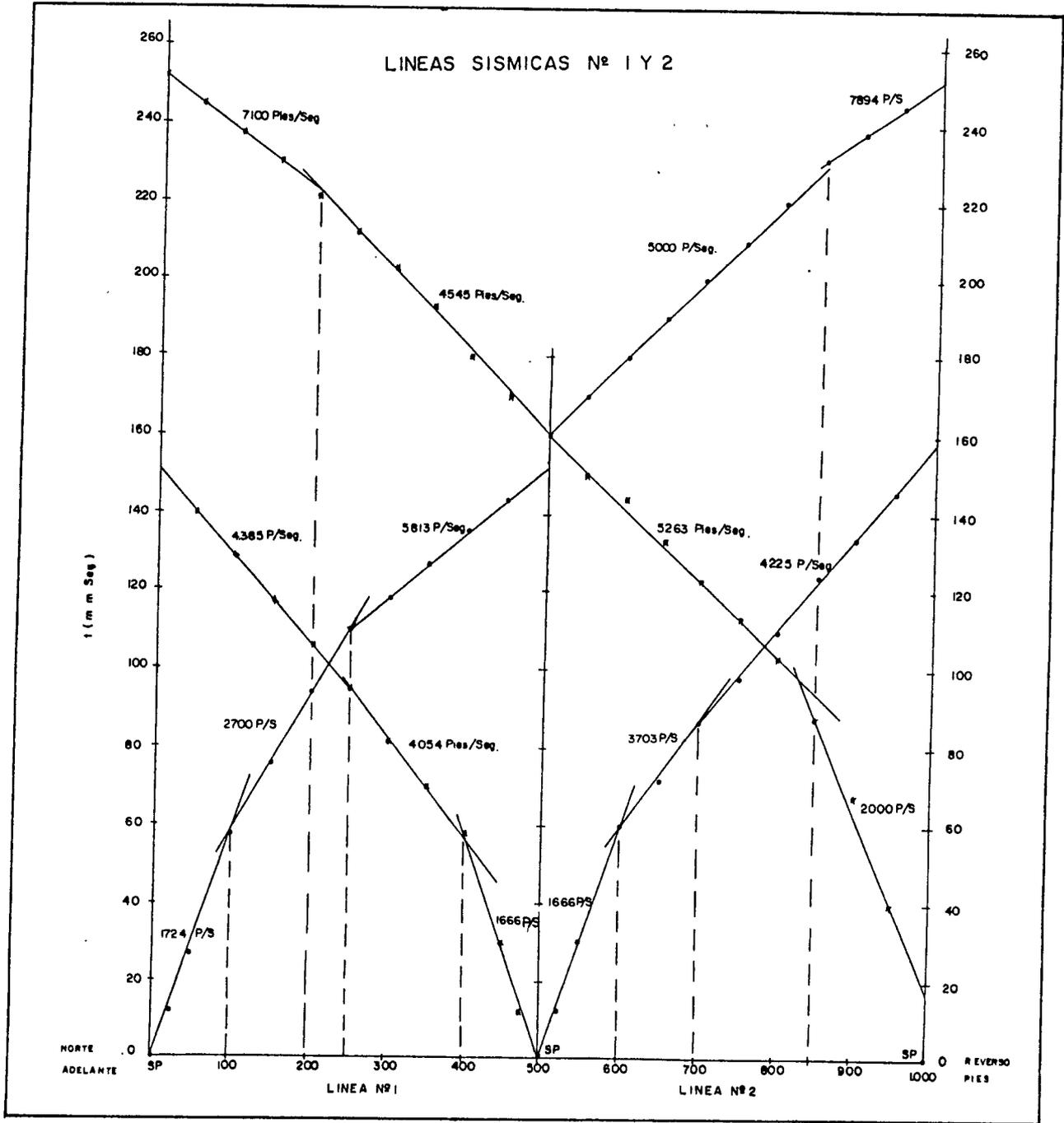




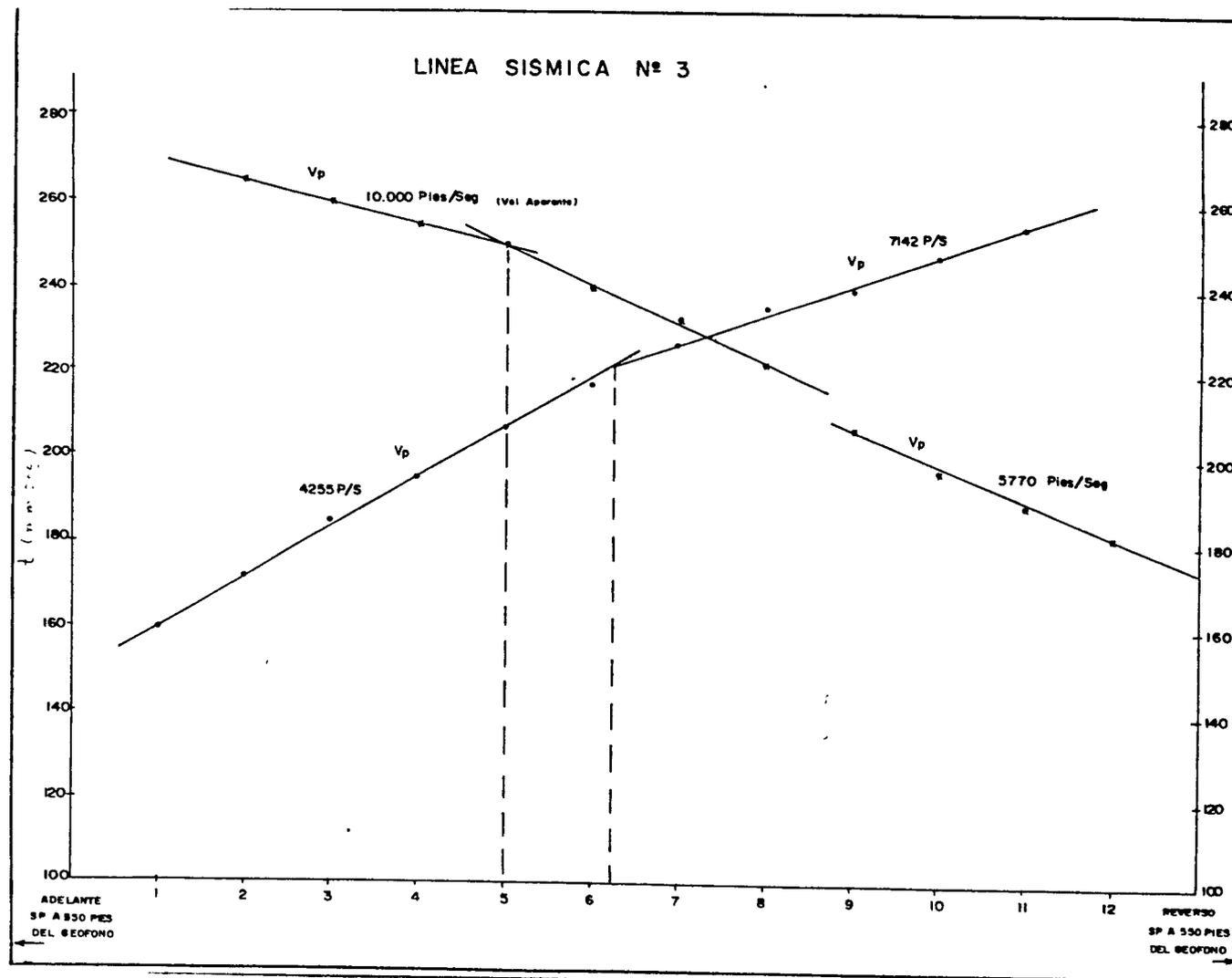
LUIS E. PADILLA Y CIA.  
GEOLOGOS

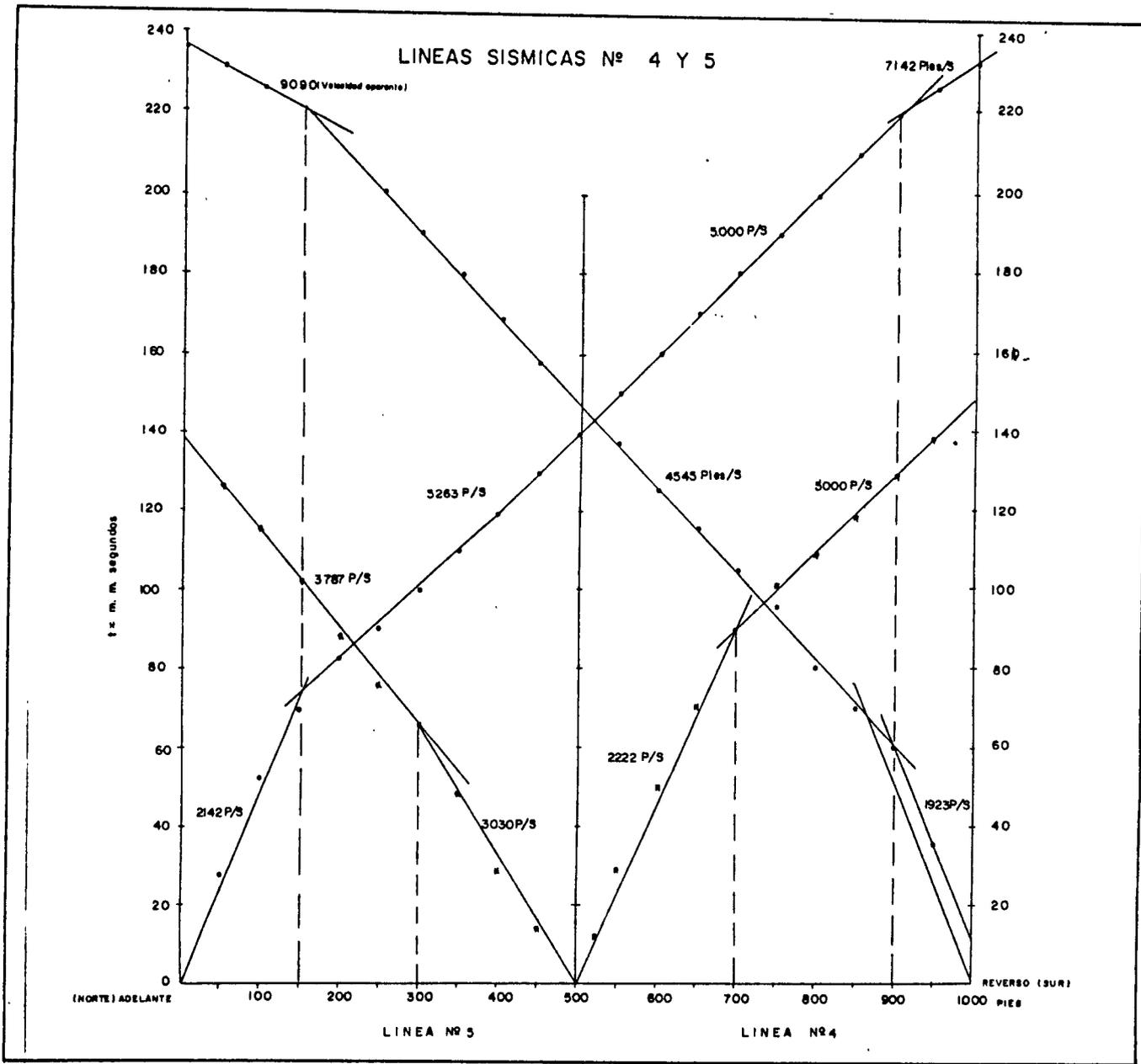
A N E X O 2

Copia No Controlada CVC



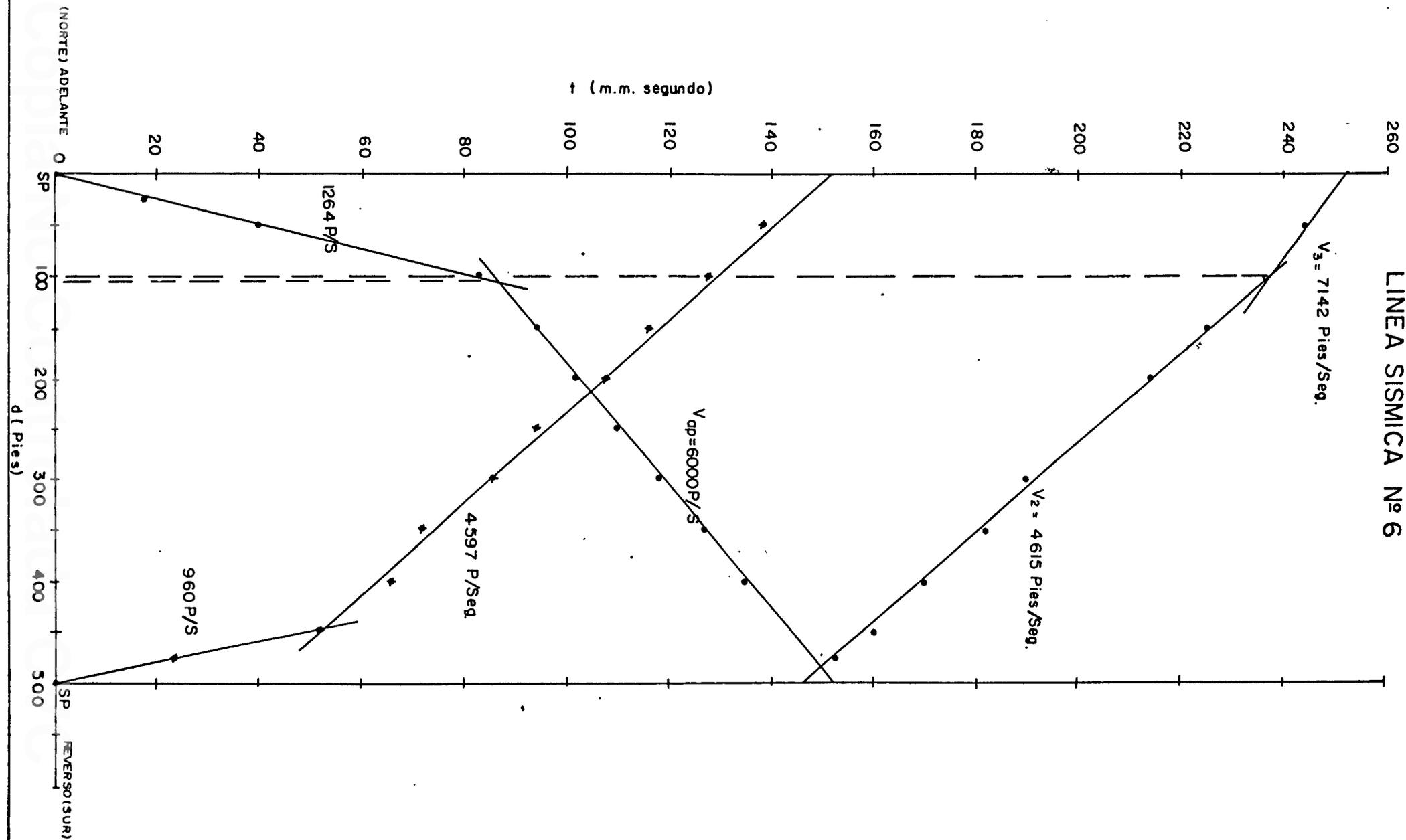
Copia No Controlada CVC



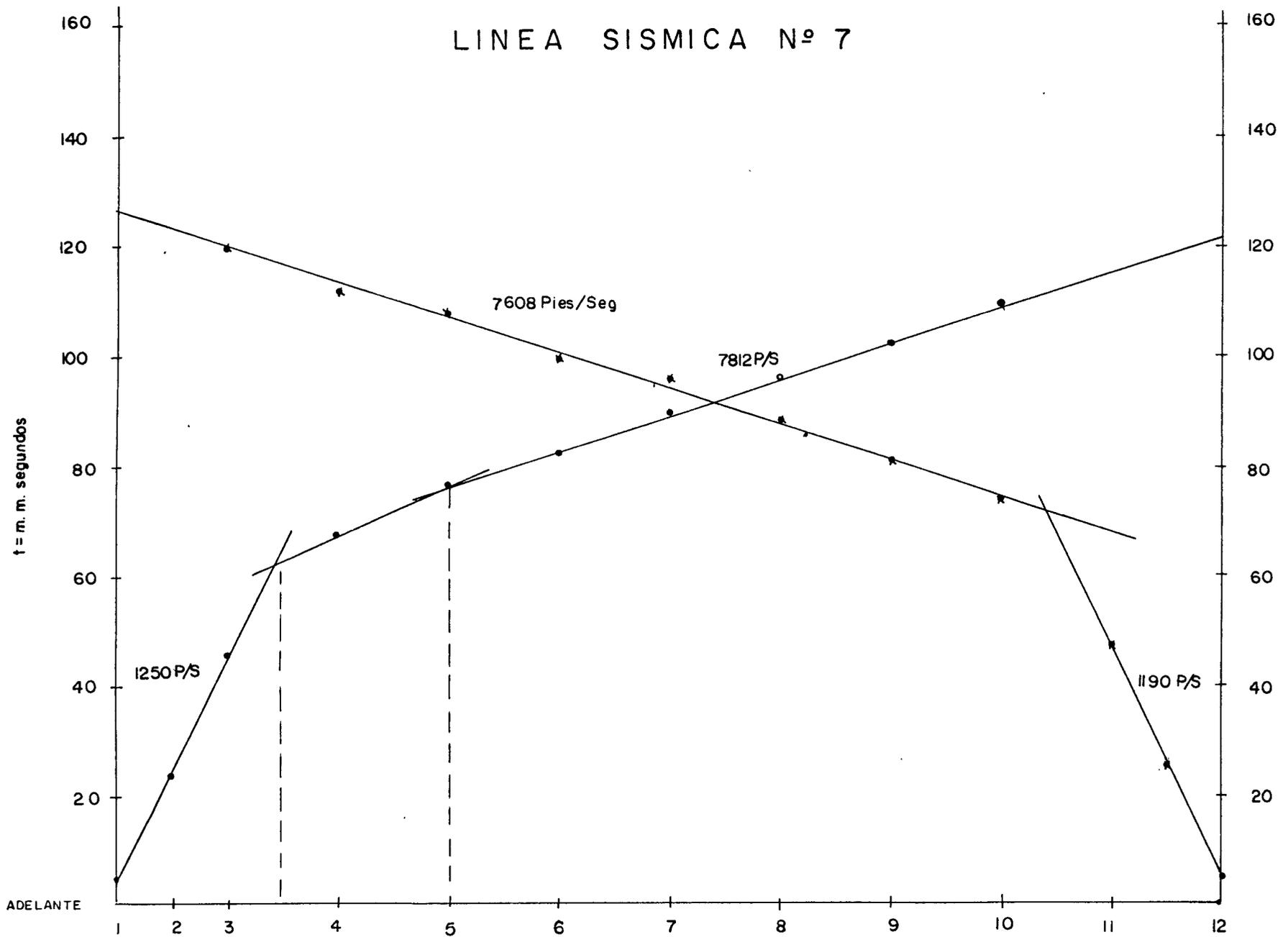


Copia No Controlada CVC

# LINEA SISMICA Nº 6



# LINEA SISMICA Nº 7



# LINEA SISMICA Nº 8

