

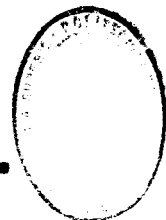


\*D-10020\*



T  
551.48  
A481  
C.21

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias de La Tierra**



BIBLIOTECA



“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA BAJA  
DEL RIO MANGLARALTO,  
PROVINCIA DEL GUAYAS.”

COORDENADAS:	LONGITUD	OESTE	80°	45'	00"
	LATITUD	SUR	010	51'	00"
	LONGITUD	OESTE	80°	36'	00"
	LATITUD	SUR	010	47'	00"

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN GEOLOGIA**

Presentada por:

**Juan Carlos Amado Garzaro**

Cuayaquil - Ecuador

1990

## DEDICATORIA

A MI MADRE : MARTA OLGA

A MI ESPOSA: SONIA

A MIS HERMANAS: KARLA Y BRENDA

A MI FAMILIA

DECLARACION EXPRESA



BIBLIOTECA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Amado".

JUAN CARLOS AMADO GARZARO

.....  
Ing. Jorge W. Calle Garcia  
DIRECTOR DE TESIS

.....  
Ing. Enrique Luna  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....  
Ing. Edison Navarrette  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## RESUMEN

En el presente estudio, se ha establecido que la cuenca del río Manglaralto, presenta una morfología sencilla, con un relieve en la que su parte montañosa es la que proporciona la mayor cantidad de agua al sistema fluvial. Geologicamente está constituido por cinco unidades litoestratigráficas; Fm. Cayo, Calizas Javita, Fm. Socorro, Miembro Dos Bocas y Depósitos no consolidados. El esquema estructural es sencillo, sin desarrollo de estructuras favorables para el almacenamiento de agua. Las unidades litológicas desde el punto de vista hidrogeológico pueden ser agrupadas mayoritariamente como rocas impermeables y una mínima proporción como rocas permeables correspondiendo estas últimas a los depósitos no consolidados.

Los factores hidrológicos y climatológicos presentes en esta región permiten asegurar una periódica renovación del recurso, al sistema acuífero establecido en los depósitos no consolidados, desarrollados marginalmente en los cursos inferiores de la red hidrográfica existente.

La investigación geoelectrica y geosismica permitió el establecimiento, delimitación y caracterización del acuífero existente en la cuenca baja del río Manglaralto.

Parámetros hidráulicos fueron reevaluados, para así determinar su modo de explotación, potencial y fluctuaciones.

El inventario de puntos de agua permitió además de determinar la óptima calidad del agua subterránea, la utilización a que es sometida, esto es, abastecimiento para la red de agua potable, riego, actividad avícola y ganadería.



BIBLIOTECA

La investigación establece un acuífero de  $6 \times 10^7$  metros cúbicos de volumen, considerando una cobertura superficial de aproximadamente  $4 \text{ km}^2$  y un espesor promedio de 15 m., el mismo que permite un almacenamiento de  $1.8 \times 10^7$  metros cúbicos de agua.

Factores que deben considerarse en la determinación del precio del agua se presentan en el análisis económico, así como también se da cuenta de las consideraciones económicas a nivel general en la realización de un proyecto hidrogeológico.

## INDICE GENERAL

	<u>Pag.</u>
RESUMEN	
INDICE GENERAL	VI
INDICE DE ABREVIATURAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE FORMULAS	XVIII
INTRODUCCION	
OBJETIVO	21
AREA DE ESTUDIO	21
METODOLOGIA	22
HISTORIA DE LA HIDROGEOLOGIA	25
EL HOMBRE Y EL AGUA	28
AGUA SUPERFICIAL	32
AGUA SUBTERRANEA	35
ESTUDIOS ANTERIORES	41
I.    GEOGRAFIA Y MORFOLOGIA	
1.1    SITUACION GEOGRAFICA	46
1.2    RELIEVE	46
1.3    RED HIDROGRAFICA	49
II.   GEOLOGIA	
2.1    ESTRATIGRAFIA	56
2.2    ESTRUCTURAS	59

### III. FACTORES HIDROLOGICOS Y CLIMATOLOGICAS

3.1	PRECIPITACION	62
3.2	EVAPORACION-TRANSPIRACION	68
3.3	TEMPERATURA	76
3.4	HUMEDAD	77
3.6	VIENTO	80
3.7	HELIOFANIA	82

### IV. INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

4.1	CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS	86
4.2	ZONIFICACION HIDROGEOLOGICA	90
4.3	CARACTERISTICAS DEL TERRENO	92
4.3.1	Porosidad	92
4.3.2.	Permeabilidad	99
4.3.3.	Coeficiente de Almacenamiento	106
4.4	ESTUDIO GEOFISICO	120
4.4.1	Método de Resistividad Eléctrica	121
	A. Sondeos Geo-eléctricos Verticales	131
	B. Determinación de la Superficie Piezométrica	144
	C. Determinación de la Porosidad Efectiva	146
4.4.2	Método Sísmico	153
	A. Sondeo Geo-sísmico de Refrac-	



Paq.

	ción	169
	B. Determinación del Potencial de Almacenamiento	174
4.5	INVENTARIO Y REEVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS	
4.5.1	Inventario de puntos de Agua	179
	A. Tipo de Pozo	180
	B. Sistemas de Explotación	180
4.3.2	Parámetros Hidráulicos Subterráneos	181
	A. Transmisibilidad y Coeficiente de Almacenamiento	182
	B. Coeficiente de Permeabilidad	186
	C. Caudal de Explotación	187
	D. Potencial del acuífero y fluctuaciones	191
	E. Dirección de Flujo	195
4.6	INTRUSION MARINA	196
V.	CALIDAD DE AGUA	
5.1	ANALISIS QUIMICO	203
5.2	ANALISIS FISICO	208
5.3	ANALISIS BACTERIOLOGICO	209
VI.	UTILIDAD DEL AGUA	
6.1	TIPO DE PLANTAS	217

	<u>Pag.</u>
6.2 CANTIDAD DE RIEGO	219
6.3 CALIDAD DEL SUELO	219
6.4 CLIMA LOCAL	220
VII. ANALISIS ECONOMICO	221
7.1 COSTO DE LA PERFORACION	223
7.2 COSTOS GENERALIZADOS EN PROYECTO HIDRO- GEOLOGICO	227
7.3 SITUACION EN LA CUENCA ESTUDIADA	229
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	233
ANEXOS	238
BIBLIOGRAFIA	

## INDICE DE ABREVIATURAS



BIBLIOTECA

abat.	:	abatimiento
aprox.	:	aproximadamente
cal.	:	calorias
cm.	:	centímetro
cm. <sup>2</sup>	:	centímetro cuadrado
CEDEGE	:	Comision para el Estudio y Desarrollo de la Cuenca del rio Guayas
dist.	:	distancia
Fm.	:	Formacion
Fig., fig.	:	figura
h.	:	hora
IEOS	:	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias
INAMHI	:	Instituto Nacional de Metereologia e Hi- drologia
INERHI	:	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
INECEL	:	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
Km.	:	Kilómetro
Km. <sup>2</sup>	:	Kilómetro cuadrado
M.	:	Miembro, Metro
m.	:	metro
mm.	:	milímetro
m <sup>3</sup>	:	metro cúbico
^	:	elevado a la potencia
m/s	:	metro por segundo

N,S,E W,etc.:	:	puntos cardinales
OHM, ohm	:	ohmio
s, seg.	:	segundo
t.	:	tiempo
V., v.	:	velocidad
vs.	:	versus

## INDICE DE FIGURAS

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
1	CICLO HIDROLOGICO	37
2	MAPA DE UBICACION	47
3	EVAPORIMETRO DE PICHE	71
4	VARIACION DE LA CAPACIDAD DE RETENCION ESPECIFICA DE LOS ALUVIONES CON EL DIAMETRO DE LOS GRANOS (segun Eckis)	98
5	ABACO PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD DEL AGUA EN FUNCION DEL RESIDUO SECO EN EQUIVALENTES NaCl Y DE LA TEMPERATURA	126
6	DISTRIBUCION DE LAS LINEAS DE CORRIENTE Y DE LAS EQUIPOTENCIALES EN LA SUPERFICIE DE UN MEDIO HOMOGENEO	126
7	CUADRIPOLO CUALQUIERA (GEO-ELECTRICO)	130
8	PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION GEO-ELECTRICA	132
9	DISPOSITIVO SIMETRICO (GEO-ELECTRICO)	133
10	ABACOS PATRON PARA SONDEOS ELECTRICOS DE DOS CAPAS	136
11	CURVAS QUE DAN LA POROSIDAD TOTAL DE UNA FORMACION ACUIFERA SATURADA EN FUNCION DEL FACTOR DE FORMACION	148
12	RECORRIDOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ONDA	157
13	DIFERENTES TRAYECTORIAS POSIBLES DE LAS ONDAS Y CURVAS TIEMPO-DISTANCIA	160

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
14	CASO DE 3 CAPAS, GRAFICO-TRAYECTORIA DE LAS ONDAS	166
15	DISPOSITIVO UTILIZADO (GEO-SISMICO)	170
16	DIAGRAMA QUE DA LA POROSIDAD TOTAL DE ALUVIONES SATURADOS NO ARCILLOSOS EN FUNCION DE LA VELOCIDAD	177
17	DIBUJO IDEAL INTERFACE AGUA DULCE- AGUA SALADA	199
18	CUNA DE AGUA SALADA EN UN ACUIFERO CONFINADO	199

## INDICE DE TABLAS

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
I	EL AGUA EN EL MUNDO	31
II	CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS	50
III	CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS por AYON-DOMIN- GUEZ	50
IV	AFOROS EN EL RIO MANGLARALTO	55
V	EVAPOTRANSPIRACION REAL CALCULADA CON LA FORMULA DE TURC	74
VI	POROSIDAD DE DIFERENTES MATERIALES SEDIMENTA- RIOS	95
VII	RESISTIVIDAD DEL AGUA Y ROCAS COMUNES	125
VIII	INTERPRETACION ATLAS-COPCO, PIRETTI-GIORGETTI Y MODELO FINAL (GEO-ELECTRICO)	140
IX	NIVEL PIEZOMETRICO EN LOS DIFERENTES POZOS	145
X	RESISTIVIDAD EL AGUA	150
XI	RANGOS DE VELOCIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE FORMACIONES	156
XII	INTERPRETACION GEO-SISMICA	173
XIII	POROSIDAD TOTAL	176
XIV	TRANSMISIBILIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENA- MIENTO (POZO 2)	183
XV	TRANSMISIBILIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENA- MIENTO (POZO 7)	183
XVI	CATIONES Y ANIONES MAS COMUNES	207

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
XVII	TSD UTILIZANDO LAS FORMULAS V.2 Y V.3	207
XVIII	CLASIFICACION DEL AGUA SEGUN SU CONCENTRACION TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS	208
XIX	NORMAS PARA LA CALIDAD DE AGUA SEGUN EL SER- VICIO PUBLICO DE SALUD DE LOS ESTADOS UNIDOS	211
XX	NORMAS ESPANOLAS PARA LA POTABILIDAD DE LAS AGUAS	212
XXI	CALIDAD DEL AGUA SEGUN % Na	214
XXII	CALIDAD DEL AGUA SEGUN SAR	214
XXIII	TOLERANCIA DE ALGUNAS PLANTAS A LA CONCENTRA- CION SALINA	218
XXIV	GASTOS DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE MAN- GLARALTO. AÑO 1989	231



## INDICE DE FORMULAS

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
In. 1	BALANCE DEL AGUA	34
I.1	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	54
III.1	CAPA DE AGUA MEDIA CAIDA SOBRE UNA CUENCA (ISOYETA)	66
III.2	CAPA DE AGUA MEDIO CAIDA SOBRE UNA CUENCA (THIESEN)	67
III.3	EVAPORACION (PICHE)	72
III.4	EVAPOTRANSPIRACION REAL	73
III.5	RADIACION GLOBAL INCIDENTE	83
III.6	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	84
IV.1	POROSIDAD TOTAL	94
IV.2	POROSIDAD EFICAZ O EFECTIVA	96
IV.3	COEFICIENTE DE RETENCION ESPECIFICA	96
IV.4	ECUACION EQUILIBRADA DE LAS POROSIDADES	96
IV.5	POROSIDAD EFECTIVA (SATURACION DE AGUA)	97
IV.6	LEY DE DARCY	99
IV.7	PERMEABILIDAD	100
IV.8	ECUACION DE EQUILIBRIO (ACUIFERO LIBRE)	102
IV.9	ECUACION DE EQUILIBRIO (ACUIFERO CONFINADO)	103
IV.10	PERMEABILIDAD (MANTO LIBRE, DUPUIT)	104
IV.11	PERMEABILIDAD (MANTO CONFINADO, THIEM)	105
IV.12	TRANSMISIBILIDAD	106
IV.13	TRANSMISIBILIDAD (DARCY)	108

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
IV.14	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO DE THEIS	109
IV.15	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO (RESUMEN)	111
IV.16	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO DE JACOB	113
IV.17	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO (RESUMEN)	113
IV.18	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO (RESUMEN)	114
IV.19	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO (MET. ABAT.-DIST.)	116
IV.20	REGIMEN DE NO EQUILIBRIO (MET. RECUPERACION)	118
IV.21	RESISTIVIDAD	122
IV.22	PARAMETROS DE DAR ZAROUK	127
IV.23	POTENCIAL EN UN PUNTO M	128
IV.24	DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS PUNTOS M,N	129
IV.25	RESISTIVIDAD	129
IV.26	COEFICIENTE GEOMETRICO	130
IV.27	COEFICIENTE GEOMETRICO (SCHLUMBERGER)	132
IV.28	COEFICIENTE GEOMETRICO (WENNER)	133
IV.29	PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION (RESISTIVIDAD)	135
IV.30	RESISTIVIDAD	146
IV.31	FACTOR DE FORMACION	146
IV.32	POROSIDAD-RESISTIVIDAD	147
IV.33	POROSIDAD-RESISTIVIDAD (HUMBLE-WYLLIE)	147
IV.34	LEY DE SNELL	157
IV.35	LEY DE SNELL (REFRACCION TOTAL)	158
IV.36	TRAYECTORIA DIRECTA	161
IV.37	TRAYECTORIA REFLEJADA	161
IV.38	TRAYECTORIA REFRACTADA	162

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
IV.39	RELACION FRECUENCIA-ESPESOR	162
IV.40	ESPESOR, CASO 1 CAPA	167
IV.41	ESPESOR, CASO 2 CAPAS	167
IV.42	LEY DE SNELL (VELOCIDADES)	167
IV.43	LEY DE SNELL (VELOCIDADES) GENERAL	168
IV.44	ESPESOR, CASO 1 CAPA, PUNTOS DE RUPTURA	168
IV.45	ESPESOR, CASO 2 CAPAS, PUNTOS DE RUPTURA	168
IV.46	COEFICIENTE DE AJUSTE (VELOCIDADES)	168
IV.47	ESPESOR, CASO 2 CAPAS, PUNTOS DE RUPTURA GENERAL	169
IV.48	COEFICIENTE DE AJUSTE (VELOCIDADES) GENERAL	169
IV.49	POROSIDAD - VELOCIDAD	175
IV.50	CUNA DE AGUA SALADA - AGUA DULCE	198
V.1	DUREZA TOTAL	205
V.2	CONCENTRACION TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS	206
V.3	RESISTIVIDAD A 25°C	206
V.4	INDICE DE ADSORCION DEL SODIO	210
V.5	PORCENTAJE DE SODIO	213

## INTRODUCCION

### OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es la definición del acuífero existente en el aluvial del río Manglaralto a lo largo de su cuenca baja, con énfasis en la capacidad de almacenamiento y sus características hidráulicas. Y obtener los argumentos básicos para establecer la explotación mas conveniente, y aprovechar este recurso natural de agua subterránea en condiciones óptimas con fines agrícolas y domésticos (incluyendolo como suministro de agua potable de la zona).

### AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de tesis fue realizado en la Cuenca del río Manglaralto, localizado en la parroquia de Manglaralto del Canton de Santa Elena de la Provincia del Guayas.

La cuenca del río Manglaralto ha sido dividida en dos,

cuenca baja y cuenca alta, determinandose como el límite entre ambas la población de Dos Mangas.

Para tener una mejor comprensión del Área de estudio, se investigó la geología de la cuenca, sus características morfométricas, climatológicas e hidrológicas.

La cuenca alta es la zona que proporciona la mayor cantidad de agua al sistema fluvial, que en su parte superior está cubierta por una espesa vegetación en un ambiente muy húmedo.

El estudio hidrogeológico aquí presentado se efectuó en la cuenca baja del río, siendo esta la zona más propicia para la localización de acuíferos. El estudio en sí está localizado sobre el depósito aluvial, el cual tiene un área de aproximadamente 4,5 kilómetros cuadrados.

## METODOLOGIA

Los pasos utilizados en el presente estudio fueron:

### 1. Investigación Bibliográfica

En esta fase del estudio se recavaron todos los datos existentes relacionados con estudios realizados sobre

agua subterránea como también la base teórica necesaria para la elaboración de la presente memoria.

## 2. Investigación de Campo

Aquí se procedió en primera instancia a localizar y delimitar la zona de estudio estableciendo para ello algunos parámetros morfométricos de la cuenca. Luego, se estableció la Geología e Hidrogeología del lugar. Conjuntamente se inventariaron los puntos de agua de la zona.

Con el fin de localizar y delimitar el acuífero existente en el aluvial del río Manglaralto se planearon dos campañas geofísicas, eléctrica y sísmica respectivamente.

- Eléctrica, en esta campaña, se utilizó el método de Resistividad Eléctrica, en el cual se realizaron 11 sondeos eléctricos, a los que se sumaron 5 sondeos realizados anteriormente.
- Sísmica, se utilizó el método de Sísmica de Refracción, en la que se ejecutaron 10 sondeos sísmicos, generando la onda sísmica con el "multipulso".

### 3. Trabajo de Oficina

Como primer paso, se procedió al ploteo de la información obtenida en el campo, para la elaboración de los diferentes mapas y perfiles, procediéndose luego a su respectiva interpretación y evaluación. Mapas geológicos, hidrogeológicos, perfiles geofísicos entre otros fueron ejecutados.

Para la interpretación de los datos geofísicos eléctricos se utilizó un medio mecánico, es decir se usaron dos programas para interpretación geo-eléctrica, uno existente en la Facultad en Ciencias de la Tierra de la ESPOL, de los autores Fioretti y Giorgetti; y el otro programa utilizado, fue elaborado por la Compañía ATLAS COPCO ABEM y la Universidad de Lulea en Suecia, proporcionado por el departamento de geofísica de INECEL.

Ahora bien, la interpretación de los datos sísmicos se la hizo en forma manual de acuerdo a la teoría aquí presentada.

Se reevaluaron algunos parámetros hidráulicos del acuífero utilizando informes técnicos de limpieza y construcción de algunos pozos efectuados en la zona.

Finalmente se procedio a la redacci6n de la presente memoria.

## HISTORIA DE LA HIDROGEOLOGIA (12,24)

Hasta finales del siglo XVIII no se conocia la fórmula de la constituci6n del agua pero con la ayuda de las experiencias y estudios de grandes hombres de ciencia como Lavoiser, Bouquet, Laplace y Monge se fueron descubriendo nuevos conocimientos de la física y la química del agua. No fue hasta el año de 1802 que el Naturalista frances Lamarck, utiliza por primera vez el término de HIDROGEOLOGIA que es parecido al término de GEOLOGIA HIDRICA utilizado por Powell el cual enuncia que: "la Geologia Hidrica es el estudio de los fenómenos de degradaci6n (erosi6n) y depositaci6n geol6gica a la acci6n del agua".(12)

Sin embargo, estos términos no fueron utilizados por sus contemporáneos, por lo que algunos dicen que no se les puede atribuir en rigor la paternidad de dichos términos. Por esto, fue Lucas que en 1879 utiliz6 el término de HIDROGEOLOGIA para designar al estudio geol6gico de agua subterráneas. Y la mayor difusi6n del término fue conseguida por Mead publicando en 1919 su clásico libro sobre la Hidrogeologia. Mead defini6 este termino como: "El



estudio de la leyes relativas a la existencia y movimientos de las aguas subterráneas".(12)

En 1930 Imbeaux, manteniendo la idea de la definición de Mead, define la hidrogeología como: "La ciencia de las aguas que se encuentran en el interior del suelo".(12)

Posteriormente Meinzer (1939), propuso los términos Hidrología de Superficie e Hidrología Subterránea (o Geohidrología). Para Meinzer, la hidrología es la ciencia que se ocupa específicamente del estudio del ciclo hidrológico completo del agua, desde el momento en que cae desde la atmósfera a la tierra hasta que desemboca en el mar y vuelve a la atmósfera.

En el siglo XX se ha incrementado la actividad en los estudios hidrológicos del agua subterránea, muchos europeos han participado con publicaciones especializadas o trabajos generales; los nombres de R. Dachler, E. Imbeux, K. Keilhack, W. Koehne, J. Kozeny, E. Prinz y C. Thiem son bien conocidos, pero muchos de los progresos de la Hidrología Subterránea en este siglo han sido atribuidos al Dr. O. E. Meinzer. Actualmente es aceptado que el término Hidrogeología puede ser definido como: "El estudio de las aguas subterráneas cuyo énfasis especial recae sobre su aspecto químico, circulación y circunstancias

geológicas condicionantes". (12)

En resumen, si repasamos toda la bibliografía hidrogeológica existente podremos observar que cada autor tiene su propio concepto de este término por lo tanto puede ser aplicable desde diferentes puntos de vista. Hay, sin embargo, un acuerdo en todas las definiciones dadas y es la existencia de un conjunto de conocimientos que conciernen al agua en su sentido más amplio desde el agua atmosférica pasando por las aguas continentales, superficiales y subterráneas hasta las aguas marinas. Consecuentemente su estudio necesita del concurso de una serie de especialistas y metodologías, por lo que Llopis (24) propuso la siguiente división de la hidrogeología:

- a) Hidrogeología Química: estudia la composición del agua y su origen.
- b) Hidrogeología Física: se dedica a la física y dinámica del agua subterránea.
- c) Hidrogeología Estructural: relaciona el agua y la tectónica.
- d) Hidrogeología Carstica: estudia las aguas que circulan en calizas y rocas afines.

e) Hidrogeología Aplicada: estudia captaciones y sondeos.

f) Hidrogeología Termomineral: conocimiento de las aguas  
minero-medicinales.

El presente trabajo de acuerdo a Llopis cae dentro de la hidrogeología aplicada.

#### EL HOMBRE Y EL AGUA (12,22)

Desde mucho tiempo atrás el hombre ha necesitado del agua para poder sobrevivir, tanto es así que se ha visto que si al hombre se le negara su alimento podría sobrevivir durante días, pero si le negáramos el agua su muerte sobrevendría en pocas horas, solo la falta de aire lo aniquilaría más rápidamente. Es por esto que el agua ha sido desde los principios de la humanidad el impulso vital de todas las civilizaciones, sin olvidar su necesidad de alimentación.

El cuerpo humano necesita de aproximadamente 2.5 litros de agua diariamente, si se trata de una persona que tiene una vida moderadamente activa y que habite en un clima templado (22). También los procesos fisiológicos se hallan ligados a la presencia de esta cantidad de agua, podríamos decir que la vida depende del agua, desde

nuestro nacimiento el agua constituye la protección del embrión, también sirve de regulador de la temperatura del cuerpo, de la respiración, del funcionamiento de las glándulas, de la digestión y de la lubricación de las articulaciones, es por esto que si el agua faltara para la realización de todos estos procesos fisiológicos, el hombre perdería su apetito, desnutriéndose e incapacitándose hasta que la muerte le sobrevenga.

Por otro lado, no solo el cuerpo humano tiene necesidad del agua, existen otras necesidades básicas que exigen de esta, como lo son los alimentos que el suelo produce.

En la actualidad, un habitante de una zona urbana industrializada puede llegar a consumir entre cinco y veinte millones de litros de agua a lo largo de toda su vida (12), considerando también la parte que consume el sistema agrícola, industrial y recreativo, la suma total llegara fácilmente a unos cuarenta millones de litros comparandolo con un individuo que viviera bajo unas condiciones de vida primitiva y que pudiera sobrevivir con un consumo de doscientos mil litros y que cubra sus necesidades higiénicas y sanitarias con una cantidad igual a la anterior. De hecho el hombre moderno exige la provisión de este recurso en cantidades muy grandes, si consideramos la población actual, y su distribución sobre la

tierra, así como la ocurrencia del recurso que siendo abundante, sin embargo, no distribuido uniformemente en todas las regiones, es que se ha promovido la creación de una serie de organizaciones que tienen como finalidad hacer el Inventario General de la cantidad de agua disponible sobre y cerca de la superficie terrestre. La tabla I muestra los resultados de uno de estos inventarios.

De la tabla podemos observar que existen solo dos fuentes de agua a disposición del hombre ya que la otra posibilidad (Otras Aguas) resulta económicamente imposible el trasladar (casquetes polares y glaciares) o físicamente impotable (océanos) o ambos, pero probablemente en un futuro no muy lejano estas dificultades puedan ser salvaguardadas pudiendose así tener otra fuente de abastecimiento de este vital líquido, por lo que en la actualidad el agua subterránea y el agua superficial son las únicas fuentes de abastecimiento de este fluido.

Es así como el hombre a pesar de haber conquistado el tiempo, el espacio y la distancia, és y seguirá siendo dependiente de una substancia superior, el agua.

<u>AGUAS SUPERFICIALES</u>	<u>% DE AGUA TOTAL</u>
Lagos de agua dulce	0.009
Lagos salados y mares internos	0.008
Almacenamiento temporal en ríos y canales	0.0001
 <u>AGUAS SUBTERRANEAS</u>	
Aguas vadosas (incluida la humedad del suelo)	0.005
Agua subterránea almacenada hasta una profundidad de 1 km. (algunas de estas aguas son saladas)	0.33
Agua subterránea mas profunda (mas salada e impotable)	0.29
 <u>OTRAS AGUAS</u>	
Casquetes polares y glaciares	2.15
Atmósfera	0.001
Océanos	97.2

Tabla I : EL AGUA EN EL MUNDO  
(Datos procedentes del U.S. Geological Survey)  
(12)

## AGUA SUPERFICIAL (8,12,15,22,26,27)

Desde la antigüedad, una de las fuentes de agua más comúnmente utilizada para el consumo humano, agrícola e industrial ha sido el agua superficial. El agua superficial comprenden todas aquellas aguas que se encuentran sobre la superficie terrestre, más específicamente aquellas precipitadas directamente e indirectamente sobre la superficie libre del agua, las que se hallan fluyendo libremente o en áreas de drenaje que envían el agua hacia embalses, y las que se encuentran estancadas sobre el terreno. Dentro de estas aguas también se incluye el agua hipodérmica, que es aquella agua que se infiltra a poca profundidad y fluye lateralmente por las capas superficiales del suelo. Ejemplos claros podemos observarlos en: la lluvia, lagos, lagunas, ríos, riachuelos, represas, estanques, etc.

Entre el agua superficial y el agua subterránea existe siempre una estrecha relación, ya que algunas aguas superficiales nacen de aguas subterráneas, manantiales que alimentan a ríos, e inversamente aguas superficiales alimentan a las aguas subterráneas, ríos que desaparecen, debido todo esto a las interconexiones hidráulicas existentes entre ambas. El agua de lluvia, al llegar a la superficie terrestre, se divide en tres partes: una corre

por el suelo hacia las quebradas, barrancos, etc. dirigiéndose al cauce de los rios para luego llegar al mar; otra se evapora y vuelve a la atmosfera; y la otra se infiltra en el suelo y constituye el agua subterránea.

El agua superficial es de facil acceso y su utilización es inmediata. Al estudio del agua superficial de una region se le llama ESTUDIO HIDROLOGICO y comprenden una serie de recavación de datos y análisis, todo esto para establecer el potencial maximo de explotación y uso que puede darsele a este recurso. En un estudio de esta categoria se consideran las condiciones, fisiográficas hidrológicas y climatológicas.

Para el estudio de las condiciones fisiográficas se requiere el concurso de la Geología, que seña la encargada de determinar: tipo de terreno existente como tambien su secuencia, la existencia de estructuras post o pregenéticas (fallas, diaclasas) y otras; y el uso de la Geomorfología para la determinación: de la forma de la cuenca, de la dirección de flujo del drenaje, de la densidad del drenaje, del area de la cuenca, etc.

En las condiciones climatológicas se analizan, temperatura, evaporación (transpiración), regimen de vientos y la heliofanía.



En las condiciones hidrológicas se hace necesario el estudio de las aportaciones medias, anuales y mensuales de la cuenca hidrográfica.

Un estudio hidrológico trata de contabilizar todos los aportes y pérdidas de agua para establecer su capacidad de uso sin llegar a agotarla, para lo cual se utiliza la fórmula del balance del agua, la cual se expresa en forma general como:

$$P = R + E + I \quad [\text{In.1}]$$

Donde: P = la altura de precipitación media en milímetros (la suma de pluviosidad, niviosidad y precipitaciones ocultas).

R = la escorrentia en superficie expresada en milímetros.

E = la evapotranspiración real expresada en milímetros.

I = la infiltración expresada en milímetros.

En resumen el agua superficial es la fuente de agua natural mas facil de adquirir y a un bajo costo, pero ha sido

el hombre en su afán de superación, que se ha olvidado de protegerla, es así como el hombre es el causante de que esta fuente esté en constante degradación ya que en la actualidad la contaminación es tan grande, y ha avanzado hasta el punto de no poderla potabilizar para el consumo humano y dejarla inhabil hasta para el uso industrial; es por esto, que si se sigue afectando al agua superficial indiscriminadamente, el agua subterránea será la única fuente de agua disponible para el consumo humano, siempre y cuando no descuidemos a esta también.

#### AGUA SUBTERRANEA (12,15,22,27)

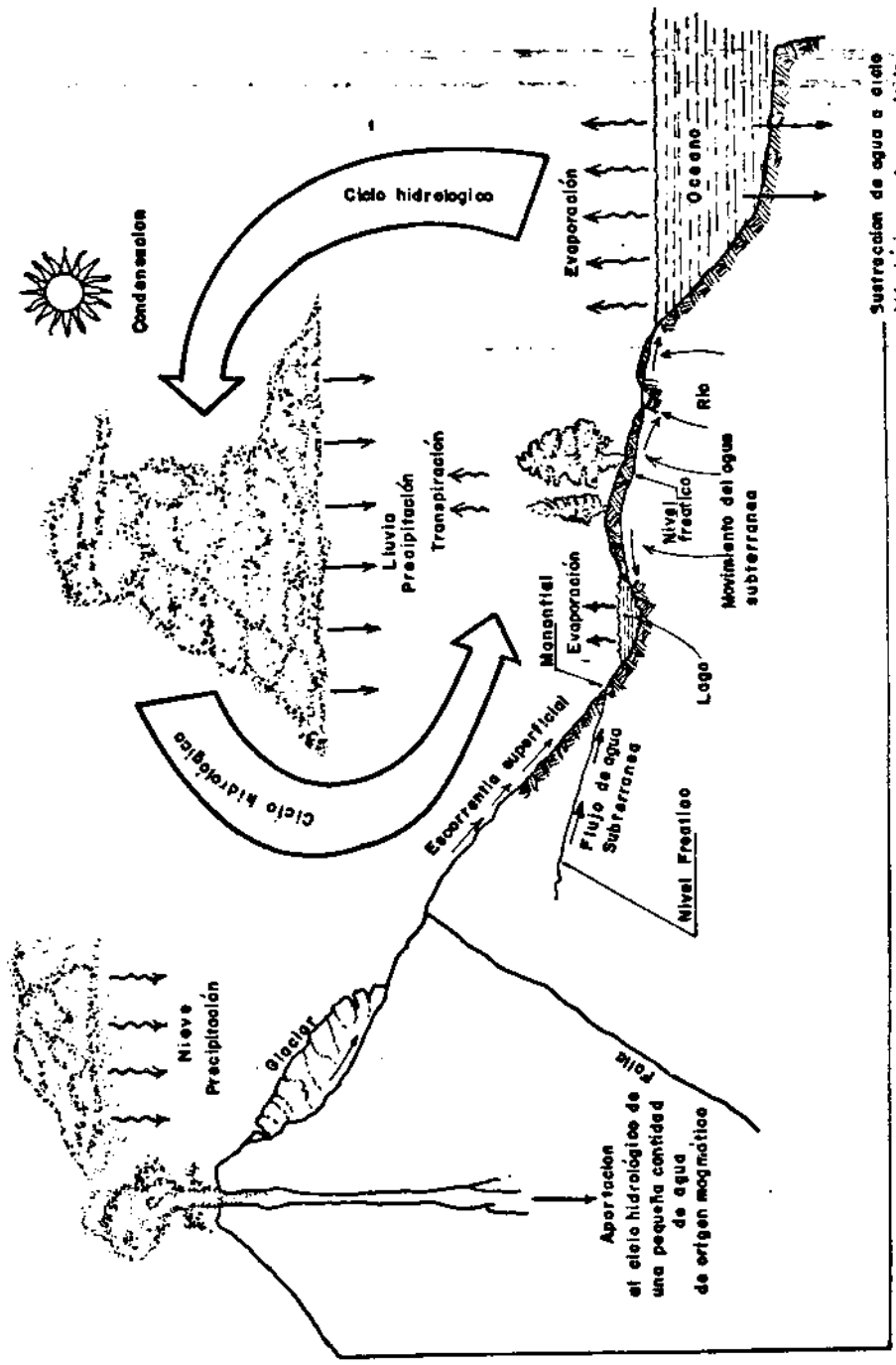
Escritores y filósofos, griegos y romanos fueron los primeros que trataron de explicar el origen de los manantiales y del agua subterránea, sus teorías van desde la más pura fantasía hasta un acercamiento a la realidad. Homero y Platon, tenían la hipótesis de que los manantiales se formaban del agua del mar que era conducida a través de canales subterráneos debajo de las montañas, luego eran purificadas y llevadas a la superficie. Aristóteles sugirió la idea de que el aire entraba en las frías cavernas del interior de las montañas donde se condensaba en agua y así contribuía a los manantiales. El Arquitecto romano Marco Vitruvius, fue el que aportó mejores fundamentos explicando la teoría de la infiltra-

ción, en la cual exponía que las montañas reciben grandes cantidades de agua, por medio de las lluvias, estas penetran a través de los estratos rocosos y luego emergen de la base de la montaña para formar ríos.

En la actualidad se tiene una mejor idea del origen y comportamiento del agua subterránea. El agua subterránea puede ser definida como el agua que ocupa los espacios vacíos existentes de un estrato geológico en donde se distinguen: una zona saturada de agua (agua subterránea) y otra no saturada o de aireación, donde los espacios vacíos se llenan con agua y aire (agua subsuperficial). El agua contenida en las zonas saturadas es de vital importancia para trabajos de ingeniería, estudios geológicos y suministros de agua, en cambio las zonas no saturadas normalmente se encuentran por encima de las saturadas y son de vital importancia para la agricultura, botánica y estudios de suelos.

El agua subterránea constituye una porción del agua que circula por la tierra y casi toda su totalidad se la puede considerar como parte del ciclo hidrológico. La figura 1 nos ilustra de forma esquemática este ciclo.

Se observa en el gráfico que las fuentes de recarga natural del agua subterránea son : la precipitación, el flujo



**FIGURA 1: CICLO HIDROLOGICO**  
(12.27)

de corriente (ríos), lagos y reservorios construídos por el hombre. Otra clase de contribución, lo constituye la recarga artificial que ocurre por exceso de riego, filtración de canales y el agua utilizada con el propósito de aumentar la reserva de agua subterránea (inyección de agua). El agua del mar también puede introducirse bajo la tierra a lo largo de las costas, donde el gradiente hidráulico penetra en la dirección del interior de la tierra. El movimiento del agua en el interior de la tierra se produce bajo la acción de la gravedad, en la zona no saturada y en la zona saturada el movimiento del agua viene determinado por la situación hidráulica próxima. (22)

La descarga natural del agua subterránea se efectúa por medio de los manantiales, ríos y lagos, mientras la mejor descarga artificial la constituye el bombeo de los pozos. La fabricación de los mismos ha sido una técnica utilizada desde la antigüedad que con el tiempo ha ido evolucionando, estos tienen el fin de obtener agua del subsuelo, ya que existen algunas regiones que durante la mayor parte del año, el agua bombeada de los pozos representa la única fuente de agua superficial.

El agua subterránea se encuentra en formaciones geológicas permeables conocidas con el nombre de acuíferos, la

palabra acuifero tiene origen latino "Aqui-s" que significa agua y "Fer" que viene de "ferre" que significa sostener o portar, por lo tanto la palabra acuifero significa literalmente portador de agua. En la actualidad, se denomina acuiferos a aquellas formaciones o estratos comprendidos dentro de la zona de saturación, de los cuales se puede obtener agua con fines utilitarios, es decir un acuifero es un horizonte geológico saturado de agua capaz de almacenar y suministrar agua a pozos y manantiales, los que a su vez puede funcionar como fuentes de abastecimiento del vital líquido. Otros términos que tambien se utilizan en lugar de acuifero son los de formación almacenadora o depósitos de agua subterránea. Para que una formación geológica pueda ser calificada como un acuifero, debe contener poros o intersticios suficientemente grandes interconectados llenos de agua para que permitan que el agua se desplace hacia los pozos y manantiales a caudal apreciable. Cuando una roca no almacena ni transmite agua se le llama acuífugo (12), y si solo almacenan agua pero no la trasmiten en cantidades significativas se le llama acuicludo (12). Algunos autores denominan acuitardo a aquellas formaciones geológicas que aunque almacenan agua y la transmiten en cantidades significativas a escala regional, no son suficientes para abastecer por sí mismas instantaneamente a los pozos (12).

Basado en Davis se establece que el agua subterránea es preferida al agua superficial por las siguientes razones:

- 1) El agua subterránea generalmente no contiene organismos patógenos aunque algunas veces necesita ser tratada previamente para usos industriales o domésticos.
- 2) El agua subterránea no posee ni turbidez, ni color y es de temperatura constante.
- 3) Su composición generalmente suele ser constante y casi igual al agua superficial existente en la zona, aunque depende esencialmente de la clase de litología existente en el subsuelo por donde circula, la que puede hacerla variar considerablemente.
- 4) El agua subterránea en algunas regiones de clima seco puede constituir el único recurso de abastecimiento de agua.
- 5) Con un uso debido, el agua subterránea tiene un tiempo de duración de explotación indefinido.

Pero esta tiene el inconveniente de que el costo de su exploración y explotación es mucho mayor al costo del aprovechamiento de agua superficial.

Puesto que las aguas de la superficie son de fácil acceso y tangibles, fuertes sumas de dinero han sido gastadas en construir represas, diques, embalses artificiales, acueductos y canales de riego, todas obras visibles, resulta lo más natural que nos inclinemos a pensar que este recurso constituye la mayor fuente para satisfacer las necesidades del mundo, pero en realidad algo menos del 5% de la disponibilidad de agua dulce fluida de nuestro planeta corresponde a ríos y lagos y en cambio el 95% restante de agua dulce se encuentra en el subsuelo (basado en la tabla I), aunque no toda la cantidad de esta agua puede ser extraída del subsuelo por el alto costo que ello supone. Finalmente, se debe puntualizar que las reservas de agua subterránea es varias veces mayor que el agua superficial, y de hecho constituye en algunas regiones la única fuente de abastecimiento.

#### ESTUDIOS ANTERIORES

El acuífero existente en la cuenca del río Manglaralto no ha sido estudiado ni controlado exhaustivamente, es por esto que un estudio más afondo proporcionará mejores criterios para determinar su localización, capacidad de almacenamiento, producción y explotación.

Para el presente estudio se cuenta con pocos trabajos



realizados por entidades privadas y estatales.

Datos morfométricos de la zona de estudio, se presentan en estudios morfométricos de las cuencas hidrográficas de la vertiente meridional de la cordillera Chongon-Colonche.(4)

Estudiantes de la Facultad en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politecnica del Litoral han realizado trabajos de mapeo geológico en la zona, también existe un trabajo realizado por esta institución dentro del proyecto de Investigación para la elaboración de mapas geológicos escala 1:50000, de algunas zonas de la Provincia de Santa Elena. (14)

La cuenca del río Manglaralto en la actualidad no cuenta con ninguna estación Climatológica completa, es por esto que datos hidrológicos y climatológicos importantes como la evaporación, temperatura del aire, humedad relativa media, nubosidad, frecuencia y fuerza del viento, y heliofania no pueden ser medidos y controlados, el único factor que se mide es la precipitación de la cual se tienen datos desde el año de 1961 hasta la actualidad, cabe indicar que esta cuenca tuvo una estación climatológica pero fue levantada en el año de 1969, año hasta el cual existen estos datos los que han sido tomados y

compilados primero por I.N.A.M.H.I., luego el I.N.E.R.H.I., y por ultimo la CEDEGE, que continua con esta tarea.

En la cuenca existe una estación limnimetrica que en la actualidad está abandonada, es por esto que el rio Manglaralto no cuenta con datos de aforo, solo cuenta con pocos datos que fueron tomados en los años de 1972, 1973, 1975 y 1976 año en que se dejo de recavarlos.

En agosto del año de 1974, la compañía COTESA perforó un pozo de 26 metros de profundidad, del cual actualmente se extrae agua potable para abastecer la region, este pozo ha quedado a cargo del I.E.O.S. por lo que cuenta con dos informes técnicos de labores de limpieza (17,18), realizados en mayo de 1980 y en agosto de 1984, los informes contienen pruebas de bombeo, y cálculo de los parámetros hidraúlicos de la formación acuífera.

Mas tarde en octubre de 1982 el I.E.O.S. por medio de su división de aguas subterráneas, perforará un pozo a aproximadamente un kilometro del anterior con la finalidad de abastecer de agua a la población de Cadeate. (19)

En la actualidad los dos pozos administrados por el I.E.O.S., abastecen de agua potable a las poblaciones de

Manglaralto, Montañita, Río Chico, Cadeate, San Antonio y Simón Bolívar.

En Diciembre de 1984 el I.E.O.S. y el Consejo Provincial del Guayas, mediante un convenio de cooperación técnica efectuaron un estudio de Prospección Geofísica en las localidades indicadas por el Consejo Provincial (19), con el fin de determinar las posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas para abastecimiento del sistema de agua potable en la Península de Santa Elena. Este estudio concluye con la existencia de un acuífero explotable en la cuenca del río Manglaralto, con una calidad de agua apta para el consumo humano, cabe indicar que en el estudio se llega a la conclusión de que existe incrustación salina hasta el poblado de Pajisa, lo cual no concuerda con los datos y pruebas sacadas de los pozos administrados por el I.E.O.S., parece ser que han generalizado en la interpretación de los sondeos eléctricos verticales que existe una resistividad aparente  $< 4 \Omega\text{-m}$  que corresponde a un acuífero afectado por intrusión salina. En el presente estudio se establece que este horizonte no es un acuífero afectado por intrusión salina sino más bien un estrato de arcillas, posiblemente se trate del miembro Dos Bocas de la Formación Tosagua o alguna variación dentro del Grupo Ancon de la Formación Socorro. En todo caso la intrusión salina se produce mas

cerca de la línea de costa a aproximadamente a menos de un kilómetro.

En enero de 1989 el I.N.A.M.H.I. presenta un inventario de puntos de agua en la Península de Santa Elena (20), el inventario fue realizado con datos que ellos tenían y complementado con datos proporcionados por el I.E.O.S. y la CEDEGE. En la zona de este estudio según este inventario existen solo 3 puntos de agua, parece ser que las fuentes de información en que se basó este informe no están bien actualizadas, ya que en el inventario de puntos de agua realizado para el presente estudio se encontraron 29 puntos de agua de los cuales 11 son perforados con maquinaria y 18 excavados a mano.

En toda la información recopilada, el acuífero de la cuenca del río Manglaralto no ha sido estudiado a fondo, solo se ha llegado a establecer algunos de los parámetros hidráulicos de este, pero sin miras a un mejor aprovechamiento del recurso de agua, es por esto que el presente estudio dará una mejor idea de la capacidad de este acuífero, así como también de su delimitación y modo de explotación.

## CAPITULO I

### GEOGRAFIA Y MORFOLOGIA

#### 1.1 SITUACION GEOGRAFICA

La cuenca del río Manglaralto esta localizada al norte de la Peninsula de Santa Elena en la Provincia del Guayas entre los meridianos  $80^{\circ} 36'$  y  $80^{\circ} 45'$  de longitud oeste y entre los paralelos  $1^{\circ} 47'$  y  $1^{\circ} 51'$  de latitud sur (fig. 2) o entre los puntos con coordenadas de mercator (hojas Delicias y Manglaralto), 280965 y 442018. La cuenca está limitada por las cuencas de los rios Olon al norte y Atravezado al sur. El río Manglaralto nace en la cordillera de Chongon-Colonche a 700 m. sobre el nivel del mar, su cuenca es alargada en direccion NE-SW.

#### 1.2 RELIEVE

El río Manglaralto tiene un recorrido de aproximadamente 18 km. desde la parte montañosa hasta la costa, con dirección noreste-sur oeste. La parte montañosa

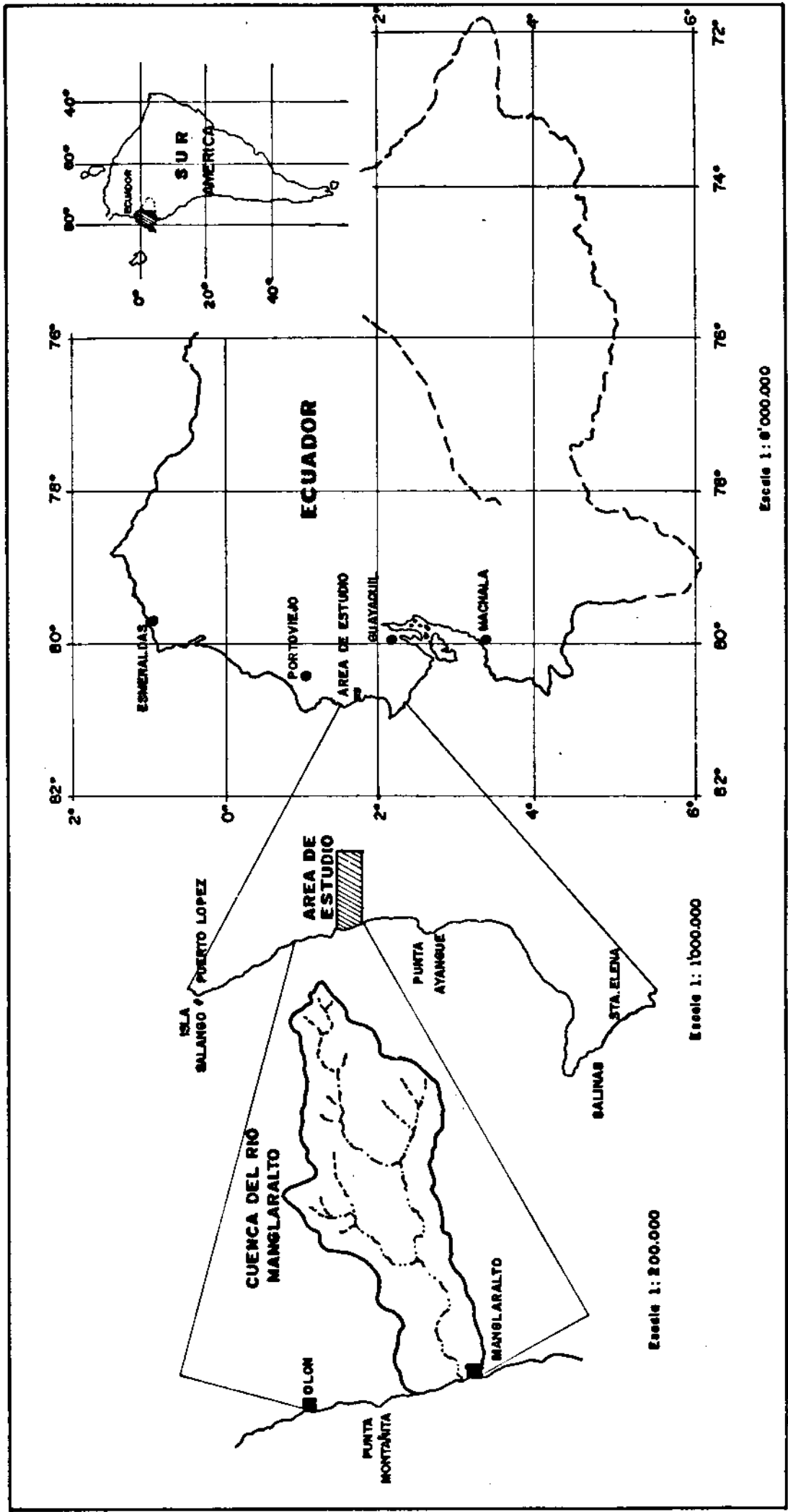


FIGURA 2 : MAPA DE UBICACION

formada por los cerros Los Araujos, El Gallo, Culebra, San Martín, Los Lobos, Colonche y las Montañas de Olon que tienen elevaciones que oscilan entre los 200 y 700 metros, con pendientes de más del 40%. A medida que nos acercamos a la costa las elevaciones y pendientes van disminuyendo. A partir de la población de Dos Mangas se estructura el valle propiamente dicho, el mismo que tiene una pendiente suave menor al 20% (mapa 1).

La cuenca del río Manglaralto tiene un área de 56 km<sup>2</sup> con un perímetro de 43 km.; la forma es aproximadamente rectangular con una longitud axial de 16.5 km. y con ancho medio de 3.5 km. teniendo en algunas partes hasta 5.5 km. de ancho máximo.

Áreas de pendientes arriba del 40% corresponden a una litología resistente a la erosión (lutitas silicificadas) mientras las pendientes medias (20-40%) están relacionadas con terrenos menos resistentes a la erosión (areniscas) y las pendientes menores al 20% corresponden a litologías fácilmente erosionables (lutitas arcillosas). Los terrenos más altos están cubiertos por una espesa vegetación con predominio de especies autoctonas (maderas: Guayacan, Laurel, Figueroa, Gigua Prieta y Moral; frutas: mamey, fruta de

pan; otras: cade (tagua), cabuya, toquilla etc.), mientras que en los terrenos bajos, esto es el valle propiamente dicho, predominan las especies introducidas aguacate, naranajas, mandarinas, limones, cafe, ciruelas, toronjas, guineo, platano, caña, choclo, maracuya, espárragos, tomate, badea, papaya, y hortalizas en general.

### 1.3 RED HIDROGRAFICA (4,26)

El río Manglaralto es de régimen casi permanente con caudales que aumentan en las épocas de invierno. En los años secos su caudal ha llegado a ser cero, siendo la parte montañosa de la cuenca la que aporta la mayor cantidad de agua. El río Manglaralto recibe una serie de afluentes que llevan nombres característicos del lugar por donde corren (río culebra, río de las pajisas, río colin ,etc). Algunas de las características morfométricas de la cuenca están representadas en las tablas II y III. Datos que fueron analizados en las hojas topográficas 1:50000 de Manglaralto y Delicias (mapa 2), la tabla III muestra los resultados de los estudios de la misma cuenca realizados por el Ing. geólogo Hector Ayon Jo y la geóloga Maritza Dominguez publicados en octubre de 1983 (4).



Para las tablas siguientes los parámetros medidos son:

$u$  = tipo de orden de cauce

$N_u$  = # de cauce de tipo  $u$

$R_b$  = relación de bifurcación

$L_u$  = longitud total de los cauces de orden  $u$

$L_{\bar{u}}$  = longitud media de los cauces de orden  $u$

$R_l$  = relación de longitud

$u$	$N_u$	$R_b$	$L_u$	$L_{\bar{u}}$	$R_l$
1	13	4.33	18.00	1.38	4.21
2	3		17.50	5.83	
3	1	3.00	10.50	10.50	1.80
			$\Sigma L_u = 46.00$		

TABLA II: CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

$u$	$N_u$	$R_b$	$L_u$	$L_{\bar{u}}$	$R_l$
1	243	3.00	63.00	0.26	1.27
2	81		27.00	0.33	
3	27	3.00	19.00	0.70	2.12
4	9	3.00	15.00	1.67	2.38
5	3	3.00	11.00	3.67	2.19
6	1	3.00	8.00	8.00	2.17
			$\Sigma L_u = 143.00$		

TABLA III: CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS POR AYON-DOMINGUEZ

La notable diferencia entre los resultados obtenidos radica que en el trabajo de Ayon-Dominguez se llego a la conclusión, observando las fotografías aéreas y los mapas topográficos, que el primer orden de los cauces que aparece en los mapas topograficos muchas veces corresponde al 3er o 4to orden de cauce en las fotografías aéreas, además de que ellos extrapolaron los numeros de cauce de 1er, 2do y a veces 3er orden de cauce utilizando metodos convencionales de regresión exponencial (de la forma  $y=ae^{bx}$ ). De cualquier modo los resultados obtenidos de las dos maneras nos dan una idea cualitativa más que cuantitativa. Si se desea representar más exactamente la cuenca y sus características morfométricas es necesario hacer un levantamiento topografico a una escala conveniente.

En todo caso los resultados nos indican que se trata de un sistema fluvial ya que su relación de bifurcación se encuentra entre los valores de 3 y 5, que es el característico de este sistema.

Tomando los datos de la tabla II y conociendo el area, longitud axial, ancho máximo, ancho medio y perimetro de la cuenca otros parametros morfométricos importantes pueden ser obtenidos:

## a) Densidad de drenaje: (D)

Se define como el cociente de la sumatoria de las longitudes de cauce de todos los ordenes para el area total de la cuenca. La densidad de esta cuenca es aproximadamente 1 (0.82), lo que significa que existe casi kilometro de cauce por cada kilometro cuadrado de terreno. Este resultado indica que tiene muy poca densidad de drenaje, que facilmente se explica observando la litologia presente, ya que esta presenta la caracteristica de no ser facilmente erosionable, otro factor que interviene es la existencia de terrenos con cierta capacidad de infiltración (areniscas) como tambien la existencia de una espesa cobertura vegetal, mas importante en su parte montañosa. En este parametro los trabajos de Ayon-Dominguez difieren un poco ya que para ellos la densidad de drenaje es del orden de los 2.6, pero este resultado llevado a un esquema general representa casi lo mismo, si lo tomamos de una forma cualitativa mas que cuantitativa.

## b) Factor forma: (F)

f

Se define como la relación del area para la longi-

tud axial al cuadrado, cuando el valor de este coeficiente se acerca a la unidad la forma de la cuenca se asemeja a un cuadrado perfecto en caso contrario, se va tornando rectangular ( $F = 0.2$ ).  
 f  
 Efectivamente se comprueba que su forma es alargada.

c) Índice de alargamiento: ( $I_a$ )

Este índice fue definido por Horton como el cociente de la longitud axial para el ancho máximo. Al igual que el Factor Forma nos da la idea de la figura geométrica de la cuenca, si el valor se acerca a 1 es de forma cuadrada y si se aleja de forma rectangular. ( $I_a = 3$ )

d) Sinuosidad: ( $S$ )

Se define como la relación entre la longitud del cauce principal ( $L$ ) y la longitud axial. En este caso  $S = 0.64$  que es el valor que le corresponde a una cuenca que se encuentra en su etapa de vida final de juventud o comenzando su madurez.

e) Coeficiente de compacidad: ( $K_c$ )

Este es un índice de forma que relaciona el perímetro de la cuenca (p) con el perímetro de un círculo de área equivalente al área (A) de la cuenca, cuando los valores difieren de cero nos referimos a cuencas alargadas.

$$K_c = \frac{p}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} = 1.62 \quad [1.11]$$

La cuenca de este río no ha sido controlada, existen algunos datos en la CEDEGE disponibles al público, datos que fueron tomados en los años 72-73-75-76 con caudales que oscilan entre 0.01 y 0.84 m<sup>3</sup> /seg.

Con el fin de obtener datos más recientes, se efectuaron cuatro aforos a lo largo del cauce del río (tabla IV), obteniéndose como es lógico caudales más pequeños aguas arriba, sin embargo parece ser que entre los puntos de aforo 2-3 existe algún fenómeno de infiltración, ya que el caudal antes y después de la unión del río Manglaralto con el río De Las Pajisas permanece constante. La localización de las estaciones de aforo se encuentra en el mapa 2.

# DE AFORO	Ap (m <sup>2</sup> )	ep (m)	tp (s)	Vp (m/s)	Qp (m <sup>3</sup> /s)
1	0.727	21.75	32.12	0.677	0.492
2	0.694	10.00	22.25	0.449	0.312
3	0.665	10.00	21.04	0.475	0.316
4	0.281	10.00	22.00	0.454	0.127

TABLA IV: AFOROS EN EL RIO MANGLARALTO

(Ap:area promedio; ep:distancia promedio;  
 tp:tiempo promedio; Vp:velocidad promedio;  
 Qp:caudal promedio)

## CAPITULO II

### GEOLOGIA

Los resultados de la investigación geológica presentados en este capítulo están basados en estudios realizados por la Escuela Superior Politecnica del Litoral, en el Proyecto de cartografiado regional en la Provincia del Guayas; así como también, se utilizó el trabajo de interpretación de los alumnos que realizaron en esta zona, la práctica de la materia Geología de Campo. (año lectivo 88-89, II semestre) y trabajos de chequeo de campo realizados para el efecto.

#### 2.1 ESTRATIGRAFIA

En la cuenca del río Manglaralto están presentes las siguientes unidades litoestratigráficas. (mapa 3)

##### a) Formacion Cayo (Cretáceo superior)

Esta formación ocurre en la parte montañosa de la

cuenca. Está constituida de una serie potente de sedimentos duros y resistentes a la erosión formada por lutitas arcillosas, tobáceas y lutitas silicificadas de color verde obscuro a gris verdusco, frecuentemente de color verde pálido a gris ceniciento en los afloramientos y por areniscas conglomeráticas de color pardo a negro. En algunos lugares se observan grauvacas de color verdoso.

b) Calizas Javita (Eoceno medio)

Se trata de una serie de calizas arrecifales de aproximadamente 60 metros de espesor compuesta de calcarenitas de color crema a gris-café de grano grueso alternando con conglomerado o brecha.

Ocurre al norte, descansando sobre la formación Cayo, en el cerro de los Llovedores.

c) Grupo Ancon (Fm. Socorro) (Eoceno superior)

Está constituida por areniscas grauvaquicas de color gris verdoso, semi duras y cementadas por calcita y material argiláceo y bien fracturadas. En otros lugares se presentan areniscas pardo amarillentas de grano fino a grueso con presencia

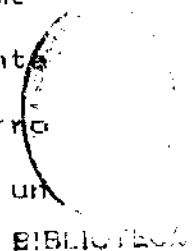


de material orgánico, característico de Punta Ancón. En la parte Sur-este de la cuenca se observa un conglomerado basal con alternancia de areniscas grises, esta unidad fue definida por Sigal como el Miembro Dos Mangas, que se encuentra sobre la Formación Socorro; en cambio, el proyecto de cartografiado regional realizado por la ESPOL dice que se trata de areniscas grises, conglomeráticas, calcáreas, alternantes con lutitas y limolitas perteneciente a la base de la Fm. Socorro (Miembro San Pablo).



d) Formación Tosagua, Miembro Dos Bocas (Mioceno inferior-Mioceno medio)

Se trata de lutitas color chocolate con concreciones calcáreas, bastante fracturadas, las fracturas muchas veces presentan rellenos de yeso secundario. Estas lutitas se presentan en el centro de la cuenca y en el corte de la carretera en las inmediaciones de Manglaralto. Se debe tomar en cuenta que en la parte noroeste de la cuenca, en el Cerro Colorado, las lutitas de esta unidad adquieren un color rojo ladrillo característico.



e) Aluvial

Está compuesto de una alternancia de limos y gravas o gravillas, haciéndose hacia el tope mas potentes los limos. Los horizontes de grava y gravilla varían tanto en el diámetro de sus partículas como en el espesor de sus capas, que al parecer se relacionan con el modo de depositación que se debe fundamentalmente a las variaciones de la capacidad de transporte del río.

La grava es subangular a redondeada, y de diámetro aproximado entre 1 cm. y 10 cm.; a veces existen bloques de mas de 10 cm., la gravilla en cambio varía entre 3 mm. y 1 cm.. La matriz de estos horizontes es arenosa, lo cual los convierte en un terreno de excelentes condiciones para ser un acuífero de buena calidad. Los clastos son fragmentos de las formaciones existentes en la parte alta de la cuenca, clastos de lutitas silicificadas, areniscas, tobas y nódulos de calcedonia y chert, se encuentran siempre presentes. En el lecho del río ocurren bloques de hasta 40cm. de diámetro, lo que nos indica que en las épocas de invierno el caudal que corre es considerable.

## 2.2 ESTRUCTURAS

La Formación Cayo siendo parte de la cordillera de Chongon-Colonche tiene estratos con rumbos de  $310^{\circ}$  a  $350^{\circ}$  azimut, y con buzamientos que van de  $9^{\circ}$  a  $24^{\circ}$  SW, a lo largo del contacto de esta Formación con el Grupo Ancon (Formación Socorro) existen pliegues, en el caso del anticlinal ubicado en el río Culebra el eje del mismo parece tener una orientación de  $160^{\circ}$  azimut (ver mapa 3).

Las capas del Grupo Ancon (Formación Socorro) buzán paralelamente a las capas de la Formación Cayo, aunque cerca del poblado de Pajisa, en el contacto entre esta Formación y el Miembro Dos Bocas de la Formación Tosagua, las capas buzán entre  $25^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  SE con rumbo de  $15^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  azimut.

En el Miembro Dos Bocas, no se puede definir el rumbo y buzamiento, debido a que en los afloramientos se presenta como un material fracturado y diaclasado sin ninguna dirección preferencial.

Existen dos sistemas de fallas que afectan la zona, uno de dirección NW-SE relacionado posiblemente con el sistema de la falla Cascol y otro de dirección NNE-SSW que puede variar a N-S y que parece más antiguo que el anterior, según datos del proyecto de cartografiado de la ESPOL. Siguiendo el rumbo del

primer sistema anotado, existe en la zona de Dos Mangas una falla detectada por medios geofísicos en este trabajo, que pone en contacto las unidades Socorro y Dos Bocas.

Sobre el lecho del río Manglaralto, en afloramientos de la unidad Dos Bocas y afectando también el aluvial, se pueden observar pequeñas fallas de buzamiento entre  $40^\circ$  y  $50^\circ$  hacia el Este y con rumbos de Norte Sur o con  $20^\circ$  de azimut, pertenecientes al segundo sistema de fallas.

## CAPITULO III

### FACTORES HIDROLOGICOS Y CLIMATOLOGICOS

En un estudio hidrogeológico existen una serie de factores que deben ser analizados y tomados muy en cuenta y que en la mayoría de los casos se tornan indispensables.

#### 3.1 PRECIPITACION (8,23,25)

La Precipitación es uno de los factores mas importantes para esta clase de estudio. Esta es definida como la cantidad de agua meteórica total, líquida o sólida, que cae sobre una superficie horizontal determinada llamada sección pluviométrica, se expresa por medio de la altura de precipitación. La altura es el espesor que alcanzará una capa de agua si se dejara acumular todas las precipitaciones que cayeren sobre una sección pluviométrica determinada. Las dimensiones de este factor son de longitud y se expresan habitualmente en milímetros.

Cuando lo que medimos es la cantidad de agua se llama pluviometría y si lo que medimos es la cantidad de nieve se llama niviosidad.

Los instrumentos especiales para la medición de estos parametros se llaman pluviómetros o nivómetros. Los datos obtenidos por estos aparatos pueden ser representados en: tablas y gráficos cronológicos, curvas de alturas de precipitación acumulada o clasificada, y tablas y datos estadísticos. De estas tres clases de representaciones analizaremos la última, ya que las dos primeras se refieren a métodos de graficación de representación de datos.

#### Tablas y Datos Estadísticos:

El objetivo de establecer parámetros estadísticos es agrupar una serie de observaciones en un valor medio que sea característico y que permita establecer ciertas comparaciones. Los cuatro parámetros mas utilizados son:

- a) Precipitación Media Anual o Módulo Pluviométrico Anual, que es la media aritmética de las alturas de precipitación anuales.

b) Precipitación Mensual Media, es la altura de precipitación mensual para el mes del año estudiado, pero muchas veces se desea conocer la media aritmética de las alturas de precipitación del mes considerado sobre un gran número de años, que es lo que se llama la precipitación media mensual.

c) Índice de Pluviosidad, es el cociente de la altura de precipitación anual por el módulo pluviométrico anual, también puede definirse el índice pluviométrico mensual, que será la relación entre la precipitación mensual y la precipitación media mensual.

d) Coefficiente Pluviométrico Mensual Relativo, que es el cociente de la altura de precipitación mensual "P" para la precipitación mensual ficticia, siendo esta última:  $(P/365) \cdot n$ , donde n es el número de días del mes y "P" es la precipitación Anual.

\* En hidrología el valor medio de un factor hidrológico es siempre igual a la media aritmética de las mediciones efectuadas en un intervalo de tiempo lo más largo posible, es por eso que la media anual se calcula generalmente sobre una base de 30 años, a la media así calculada se le suele llamar módulo.

Hay que hacer notar que el módulo pluviométrico ha sido establecido sobre una base de 29 años.

Con los parámetros anteriores una cuenca puede ser controlada y analizada, y lo que es más importante, se puede calcular la cantidad de agua media que ha caído sobre su superficie durante cualquier espacio de tiempo, y generalmente se la expresa en milímetros sobre una unidad de área, lo que es fundamentalmente necesario para el cálculo de la capacidad de un acuífero. Frecuentemente el cálculo de la capa media se lo hace por medio de tres métodos:

a) Media Aritmética de las Precipitaciones.

Este método es el más sencillo pero a su vez es el de menor confiabilidad, ya que aquí se calcula la media aritmética de las alturas de precipitación medidas en el mismo espacio de tiempo en las diversas estaciones de la cuenca, sin tomar en consideración ciertos factores de corrección en los límites de la cuenca.

b) Con la utilización de Isoyetas, que no son más que mapas elaborados en donde se representan curvas de igual precipitación, este método es más preciso



que el anterior pero tiene el inconveniente de ser demasiado tedioso. Obtenida la superficie entre cada par de isoyetas contiguas se aplica la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\frac{P_1+P_2}{2} \cdot S_1 + \frac{P_2+P_3}{2} \cdot S_2 + \dots + \frac{P_n+P_{n+1}}{2} \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad [III.1]$$

en donde P = capa de agua media caída sobre la cuenca.

$P_1, P_2, P_3 \dots P_n$  = valores de las isoyetas consecutivas.

$S_1, S_2, S_3 \dots S_n$  = superficies de las isoyetas consecutivas.

c) Método de Thiessen, este método es preciso y mas corto que el método de las Isoyetas, por lo que este se utiliza mas. Consistè en colocar todas las estaciones pluviométricas en un mapa, luego se unen todas las estaciones mas cercanas por medio de líneas, en el punto medio de cada de una de estas líneas se trazan perpendiculares a estas, las intersecciones de estas nuevas líneas forman

polígonos con una estación pluviométrica en el centro. La cantidad de agua media caída sobre la cuenca es calculada mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{A_1}{A} \cdot P_1 + \frac{A_2}{A} \cdot P_2 + \dots + \frac{A_n}{A} \cdot P_n \quad [\text{III.2}]$$

donde  $P$  = capa de agua media sobre la cuenca

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = area de los poligonos

$A$  = area total de la cuenca

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = precipitación medida en cada estación central de cada polígono.

Utilizando datos obtenidos en la CEDEGE (Anexo A) se procedió a calcular los respectivos parámetros de precipitación de la cuenca, obteniéndose los resultados siguientes:

- a) El valor de la precipitación media anual o Módulo Pluviométrico Anual fue de 508.4mm.
- b) La precipitación mensual media se puede observar en el Anexo A. Con los valores obtenidos en este,

se procedio a recalcular la precipitación media anual para asi comprobarla, el resultado obtenido fue de 508.3mm.

- c) Para el cálculo de la capa de agua caída sobre la cuenca se utilizo el método de las Isoyetas. (mapa 2), siendo este el más idoneo ya que no se cuenta con una amplia red de estaciones sobre la cuenca. Este resultado no es 100% acertado ya que se basa en el mapa de isoyetas realizado por la CEDEGE, para los años de 1961 a 1969, pero que al ser comparado con el resultado obtenido de la precipitación media anual en la estación de Manglaralto hasta 1989 este parece no haber variado en mucho. Utilizando la fórmula III.1 se obtuvo entonces que: para la cuenca del Río Manglaralto, se ha tenido una capa media de agua anual de 554.4mm. Si el área de la cuenca es de 56 km<sup>2</sup>, el volumen caído sobre esta cuenca asciende a  $3.105 \times 10^7$  metros cúbicos ( $3.105 \times 10^{10}$  litros) al año.

### 3.2 EVAPORACION - TRANSPIRACION (8,25)

En el balance hidrológico de una cuenca, la evaporación y transpiración representan factores muy importantes, ya que ellos intervienen siempre en el ciclo

hidrológico del agua, por lo que son esenciales para un estudio hidrológico o hidrogeológico.

La evaporación es un fenómeno físico en la que el agua se transforma en vapor, por lo que la evaporación medida en una cuenca representa la sumatoria de las pérdidas de agua por transformación de esta a vapor.

En cambio, la transpiración es un fenómeno de tipo biológico debido tanto a los animales como también a la cobertura vegetal existente. Se define como la pérdida de agua que es transformada en vapor de agua por acción de los seres vivos.

Para el estudio de la evaporación se analizan una serie de parámetros como por ejemplo, el tipo de superficie evaporante, ya sea de agua libre, o nieve, o hielo, o suelo desnudo. También se estudia a la atmósfera cerca de la superficie evaporante, mas claramente el poder evaporante de la atmósfera.

Este poder evaporante de la atmósfera es la evaporación expresada en mm de agua y depende de una serie de factores que son: el deficit higrométrico, la temperatura del agua y del aire, la insolación, la

velocidad y turbulencia del viento, la presión barométrica, la calidad de agua y la altitud.

Existen aparatos especiales diseñados para poder medir la evaporación, y son:

a) Los evaporímetros.

b) Las cuencas experimentales o depósitos de evaporación.

c) Las Vidrieras.

De estas 3 clases solo nos referiremos a los evaporímetros. Un evaporímetro esencialmente está constituido por una superficie porosa empapada, que se encuentra en equilibrio constante con la atmósfera, colocado de tal manera que la evaporación medida es únicamente condicionada por las características meteorológicas existentes.

El evaporímetro mas conocido es el de PICHE, este se basa en el principio de la evaporación de una superficie de papel humedo. (fig. 3)

Existen tambien fórmulas empíricas que permiten

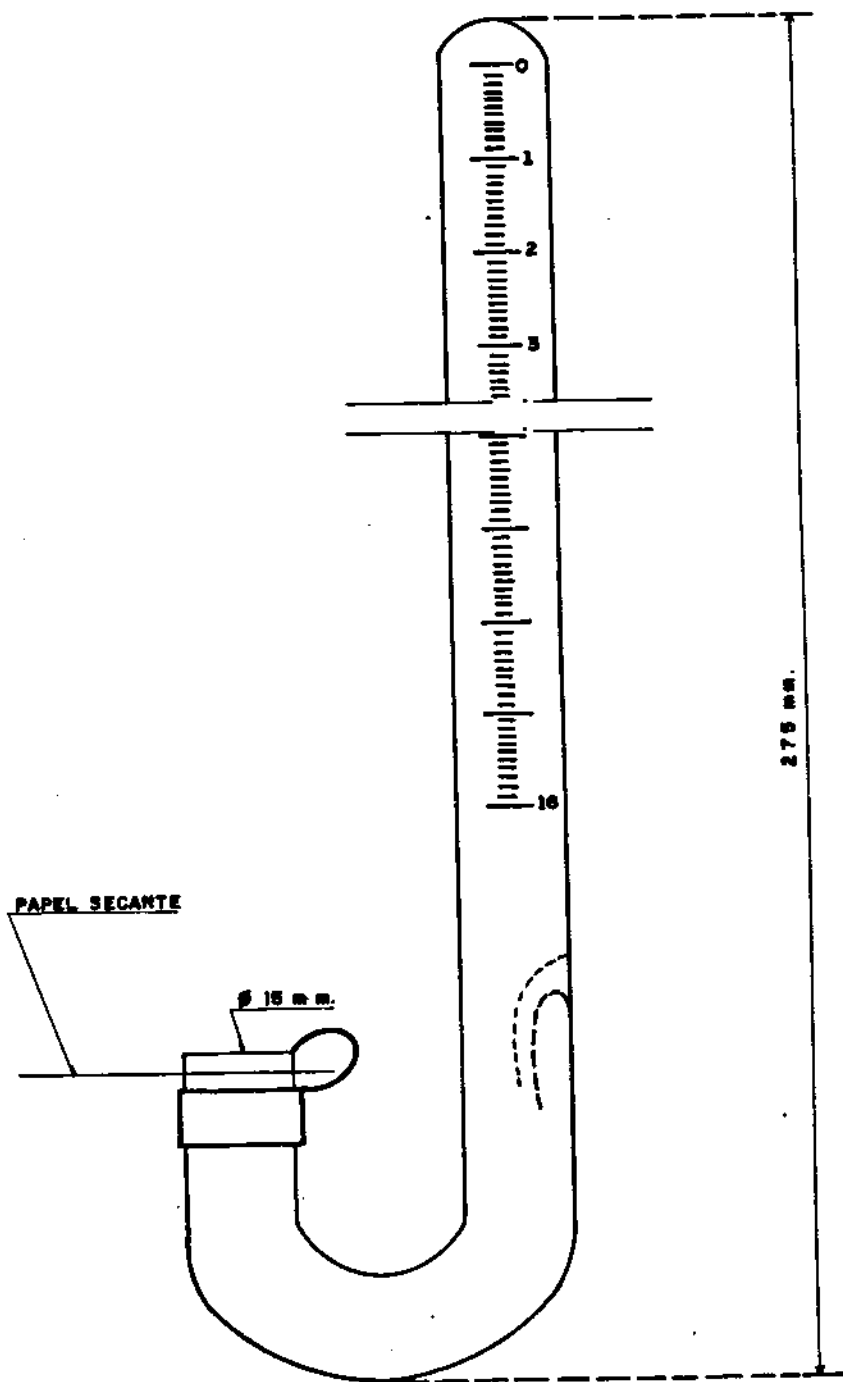


FIGURA 3: EVAPORIMETRO DE PICHE.

(8)

calcular el poder evaporante de la atmósfera a partir de datos metereológicos, a continuación presentamos una de estas fórmulas:

FORMULA DE A. COUTAGNE, la cual se expresa como:

$$E = \varphi \cdot (1 + A \cdot V) \quad [III.3]$$

donde: E = evaporación PICHE diaria en mm.

$\varphi$  = diferencia psicrometrica en grados.

V = velocidad del viento en m/s.

A = coeficiente (esta entre 0.10-0.15)

Ahora bien la transpiración por ser un fenómeno netamente fisiológico efectuado por los seres vivos es un poco difícil de calcular, existen ciertos métodos que han sido desarrollados para el efecto como por ejemplo observacion de terrenos con cierta cobertura vegetal.

En realidad estos dos términos, evaporación y transpiración se unen es un solo término llamado EVAPOTRANSPIRACION ,y representa todas las pérdidas de agua por transformación de esta a vapor. Existen dos

clases de evapotraspiración: real y potencial.

La evapotranspiración real puede ser medida con diversos procedimientos experimentales, el más utilizado es el uso de lisímetros.

Otro método de evaluación de la evapotranspiración real es el del cálculo de este por medio de fórmulas empíricas. A continuación se presenta la fórmula de C. Turc la cual se expresa como:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + (P^2/L^2)}} \quad [III.4]$$

donde  $E_r$  = evapotranspiración real anual en mm

$P$  = la altura de precipitación anual en mm

$L = 300 + 25 \cdot T + 0.05 \cdot T^3$

siendo  $T$  = la temperatura media del aire anual  
en °C.

Con los datos disponibles obtenidos en la CEDEGE se efectuó la tabla V.



ANO	TEMPERATURA ANUAL ( C )	L	PRECIPITACION ANUAL (mm)	EVAPOTRANSPIRACION REAL ANUAL (mm)
1961	23.4	1525.6	382.3	389.6
1962	23.4	1525.6	346.9	355.6
1963	23.2	1504.4	147.5	154.7
1964	23.0	1483.4	351.5	359.5
1965	24.2	1613.6	378.1	386.9
1966	23.5	1536.4	327.5	336.8
1967	23.1	1493.8	847.6	766.8
1968	22.9	1472.9	169.3	177.2
1969	24.3	1624.9	339.6	349.6
1970	23.4	1525.6	838.7	764.9
1971	23.4	1525.6	623.1	603.3
1972	23.4	1525.6	1237.6	991.5
1973	23.4	1525.6	1057.4	900.0
1974	23.4	1525.6	347.7	356.4
1975	23.4	1525.6	861.8	780.5

1976	23.4	1525.6	727.9	685.5
1977	23.4	1525.6	326.4	335.6
1978	23.4	1525.6	329.3	338.5
1979	23.4	1525.6	354.0	362.5
1980	23.4	1525.6	300.9	310.5
1981	23.4	1525.6	346.7	355.4
1982	23.4	1525.6	221.3	230.6
1983	23.4	1525.6	1439.8	1076.0
1984	23.4	1525.6	379.1	386.6
1985	23.4	1525.6	222.9	232.2
1986	23.4	1525.6	226.5	235.9
1897	23.4	1525.6	594.0	579.2
1988	23.4	1525.6	233.5	243.0
1989	23.4	1525.6	784.0	726.7
TOTAL			14742.9	13771.3
PRECIPI. Y EVAPOTRANS. ANUAL			508.4	474.9
CANTIDAD PARA INFILTRACION Y ARROYAMIENTO				33.50

TABLA V: EVAPOTRANSPIRACION REAL

Se observa que la diferencia entre las medias aritméticas obtenidas para este lapso de tiempo es de 33.5 mm. que para un área de 56 km<sup>2</sup> que tiene la cuenca daran  $1.9 \times 10^6$  metros cúbicos de agua al año ( $1.9 \times 10^9$  litros) que estan destinados a infiltración y escurrimiento.

### 3.3 TEMPERATURA (26)

La temperatura del aire es un parámetro metereológico importante porque determina factores esenciales en un estudio climatológico y por ende para un estudio hidrológico e hidrogeológico. Como se puede observar en la fórmula III.4, la temperatura del aire interviene para poder evaluar la evapotranspiración. La temperatura de esta forma representa el poder evaporante de la atmósfera. Por lo general, la temperatura esta estrechamente relacionada con todos los efectos climatológicos y metereológicos como por ejemplo la humedad del aire, la nubosidad, la precipitación, etc. Es por esto que la temperatura del aire siempre es medida en las estaciones metereológicas con instrumentos llamados termógrafos o en su defecto simples termómetros, la ventaja que tiene los primeros es que se obtiene un registro continuo de la temperatura en el tiempo, que es marcado sobre una hoja de

papel adecuadamente dimensionada, en cambio con el termómetro se efectúan lecturas cada cierto lapso de tiempo. Las unidades de medida que se utilizan son grados Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) o grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) y muy raras veces grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), pero muchas veces esto depende del equipo utilizado. En el anexo A se presentan datos de la temperatura del aire en la cuenca en la cual se observa que la temperatura promedio para los años 1963 al 69 es de  $23.4^{\circ}\text{C}$ .

Como la temperatura del aire es un parametro mesurable en cualquier parte sobre la superficie de la tierra, esta puede ser correlacionada con las temperaturas medidas en las diferentes estaciones metereológicas y obtenerse así un mapa de temperaturas, es decir un mapa de isotermas. Estos mapas pueden ser de tipo diário, semanal, mensual o anual. Generalmente el Servicio Metereológico de la región elabora este tipo de mapa.

### 3.4 HUMEDAD (26)

En metereología el termino Humedad corresponde a la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera. La atmósfera tiene un limite en su capacidad de contener vapor de agua, este limite varía de acuerdo

a la temperatura del aire y se lo denomina punto de saturación.

A la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua que se encuentra en la atmósfera y la cantidad de vapor máximo que esta pueda contener se le llama Humedad Relativa y generalmente se lo expresa en porcentaje (%). Esta humedad relativa puede variar por dos razones:

- 1) cuando existe una superficie de agua libre expuesta a la evaporación o en su defecto una superficie expuesta a la evapotranspiración;
- 2) y cuando varía la temperatura del aire, ya que la humedad relativa se comporta de una forma indirectamente proporcional a esta temperatura, es decir si la temperatura aumenta la humedad relativa disminuye y vice versa.

La temperatura a la cual la atmósfera llega a su punto de saturación (100% humedad relativa) se le llama crítica y por debajo de esta ocurre la condensación del vapor de agua. A este valor se lo conoce como punto de rocío.

La humedad el aire puede medirse experimentalmente de dos formas:

- 1) con el uso de un higrómetro
- 2) y con el uso de un psicrómetro.

En el primer caso la lectura de la humedad relativa se la hace directamente sobre una escala graduada, si este higrómetro realiza mediciones continuas registradas en un papel continuo se le llama higrógrafo. En el segundo caso el instrumento consta de dos termómetros en donde la diferencia entre sus lecturas esta relacionada con la humedad relativa. Existen tablas elaboradas que indican el valor de la humedad relativa para la diferencia entre las lecturas.

Para el ser humano la temperatura en combinación con la humedad relativa presentan un cierto grado de comodidad o incomodidad en su desenvolvimiento diario es así que para una temperatura atmosférica de 27 °C y una humedad relativa de 20%, el ambiente en el cual se desenvolvería sería sumamente fresco y agradable, no así si la humedad relativa fuera del 90% en la cual se haría insoportable.(26)

En el Anexo A se presenta una tabla con la humedad relativa media medida en la estación de Manglaralto en los años 1963 al 69. Se observa que la humedad relativa anual tiene un promedio de aproximadamente 83%, lo cual indica que con un pequeño descenso de la temperatura del aire o con un aumento en la cantidad de vapor de agua se pueden producir precipitaciones, lo cual se confirma observando los datos de precipitación que son rara vez nulos.

### 3.5 VIENTO (11,23)

Las masas de aire son impulsadas por efecto de los gradientes b́aricos a que dan lugar las diferencias de presi3n entre dos puntos en la atm3sfera. Este movimiento se conoce con el nombre de Viento. El viento, que no es m3s que aire en movimiento, es un factor de mucha influencia en procesos metereol3gicos. Siendo la humedad y el calor transmitidos por el aire, en donde este aire adopta las condiciones de temperatura y humedad de la superficie con las cuales tiene contacto tiene como consecuencia que el viento ejerce una considerable influencia en los procesos de evaporaci3n y fusi3n de hielo y nieve, como tambien es de gran importancia en la producci3n de la precipitaci3n, ya que s3lo con la continua entrada de aire

humedo a las nubes se puede mantener la precipitación constante.

El viento puede ser caracterizado por la medición de dos parámetros, estos son: su velocidad y su dirección. La dirección del viento es la dirección de donde proviene el viento y se expresa usualmente en terminos de las 16 combinaciones cardinales (N, NNE, NE, ENE, etc.) llamada Rosa de Los Vientos, esto para mediciones en la superficie, y para los vientos de altura se le mide en grados a partir del norte, en dirección de las manecillas del reloj. La velocidad del viento esta dada generalmente en metros por segundo, millas por hora o nudos.

Los instrumentos con los que se mide la velocidad del viento se llaman anemómetros, y el anemómetro de 3 o 4 copas, con un eje vertical de rotación, es el mas comunmente utilizado para realizar observaciones oficiales.

Se ha observado que la velocidad el viento varia considerablemente con la altura sobre el nivel del terreno. Es por esto que las diferencias en la velocidad del viento con la altura a la cual se encuentra el anemómetro, que puede variar en un rango de 10 a



mas de 30 metros sobre el nivel del mar, conducen con frecuencia a errores debidos a diferencias del instrumento, errores que pueden ser corregidos con fórmulas establecidas para el efecto. No existen valores de este parámetro.

### 3.6 HELIOFANIA (11)

La heliofania representa el número de horas que el sol ha iluminado la faz de la tierra durante el transcurso del día, es entonces un factor que condiciona la cantidad de radiación que ejercen los rayos del sol sobre la tierra, a la cual se le conoce con el nombre de radiación global incidente.

El aparato diseñado para poder medir este número de horas se llama heliógrafo, el cual gráfica sobre un papel continuo y correctamente dimensionado este parámetro, existen una gran variedad de heliógrafos, pero uno de los mas utilizados en una estación meteorológica, es el modelo de Campbell-Stokes, el cual consiste de una esfera de cristal optico, esta esfera recibe los rayos solares y va graficando la curva correspondiente sobre un papel especial.

Empíricamente se ha encontrado una forma para calcu-

lar la radiación global incidente, aunque solo es válida para latitudes entre 0-60° y su representación es:

$$R_i = R_a \cdot (0.29 \cdot \cos \alpha + 0.52 \cdot n/N) \quad [III.5]$$

en donde  $R_i$  = radiación global incidente sobre una superficie horizontal a nivel del suelo en  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ .

$R_a$  = intensidad teórica de radiación incidente sobre una horizontal suponiendo que no existe atmósfera en  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ . (Este valor se lo encuentra en tablas)

$\alpha$  = latitud del lugar

$n$  = número de horas de insolación medidas con el heliógrafo.

$N$  = número máximo de horas de insolación según su latitud y fecha. (Este valor se lo encuentra en tablas)

Ya que en esta cuenca no se ha medido la heliofanía, este factor no pudo ser establecido.

El objetivo principal para la medición de la radiación global incidente es poder con este valor calcular la evapotranspiración potencial que Turc en su versión más moderna (1961) y para una humedad relativa de más del 50% encontró que:

$$E_p = 0.40 \cdot \frac{t}{t + 15} \cdot (R_i + 50) \quad \text{[III.6]}$$

siendo  $E_p$  = Evapotranspiración potencial en mm/mes

$t$  = temperatura media del mes en °C

$R_i$  = radiación global incidente media diaria del mes en cal/cm<sup>2</sup>·día

Para el mes de febrero el factor 0.40 se sustituye por 0.37. Para esta expresión Custodio ha observado que los valores obtenidos son más altos que los medidos experimentalmente.

Ya que el valor de  $R_i$  no pudo ser establecido por ende tampoco el valor de  $E_p$ , es por esto que solo se utilizó la evapotranspiración real para compararla con la precipitación, y así poder establecer la cantidad de agua destinada para la infiltración y escurrimiento.

## CAPITULO IV

### INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

La búsqueda del agua subterránea se la puede conducir de diferentes maneras y con distintos métodos, pero por sobre todos ellos el conocimiento geológico es una de las actividades que resultan más económicas y en regiones de geología compleja es la única manera de localizar zonas acuíferas. (12)

En la conducción de esta fase, el geólogo se vale de la petrografía, la estratigrafía, de la geología estructural, y de la geomorfología y en menor grado de otras especialidades geológicas y herramientas auxiliares, especialidades que le permiten como es lógico identificar las distintas litologías, establecer la correcta disposición estratigráfica, definir las estructuras que afectan a las distintas unidades y sobre todo incursionar a distancia en terrenos y formas Pleistocénicas y recientes, en especial, estos últimos con los cuales se relacionan las principales unidades acuíferas.

En síntesis, la investigación geológica aplicada a la búsqueda de agua subterránea establecerá las dos unidades fundamentales para una zonificación hidrogeológica, esto es la presencia de terrenos permeables e impermeables.

#### 4.1 CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Los terrenos de la cuenca del río Manglaralto están constituidos por materiales isotrópicos y anisotrópicos, condiciones con las que se relacionan los principales parámetros hidrogeológicos: la porosidad, permeabilidad, transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento, los mismos que se analizan a continuación:

##### Formación Cayo

Esta unidad ocurre con una amplia exposición al oriente de la cuenca y su litología ya descrita permite establecer que su porosidad de carácter intersticial es mayoritariamente, de media a alta, pero con una baja permeabilidad debido a la silicificación preponderante, por ende con un prácticamente nulo coeficiente de almacenamiento, observando que las exposiciones de arenisca, las condiciones aunque no excelentes, varían un poco a las lutitas silicificadas.

das, por lo general debido a su posición topográfica y a su aspecto litológico se trata mas bien de una Formación que permite una alta escorrentia superficial, con desarrollo de un buen drenaje, sin tener una condición hidrogeológica favorable que permita la ocurrencia de Áreas acuíferas.

#### Caliza Javita

Aunque de una litología favorable, puesto que se trata de calizas arrecifales y calcarenitas, que permiten el desarrollo de buenas características hidrogeológicas, sin embargo, por su posición topográfica, esto es ocurrir en el tope de una elevación, por consiguiente, constituir una área de fuerte escorrentia superficial, es que no se le presto mayor atención en la investigación.

#### Grupo Ancon

Esta unidad ocurre con dos exposiciones separadas por la Formación Tosagua y concretamente corresponde a terrenos de la Formación Socorro, con una litología generalizada de areniscas en su mayoría de grano fino con matriz arcillosa, condición que aunque las torna de buena porosidad, no les permite una excelente

permeabilidad, y debido a su desarrollo morfológico mas bien alomado, hace que sean terrenos de buena escorrentia superficial y por consiguiente no son susceptibles de permitir el desarrollo de zonas acuíferas ni si quiera bajo las áreas cubiertas por los aluviales donde hacen de basamento.

#### Formación Tosaqua

Esta unidad esta representada por el Miembro Dos Bocas, y ocurren en el centro y extremo Oeste de la cuenca, y se trata de lutitas muy fracturadas con relleno de yeso, circunstancia que le imprime una alta porosidad y permeabilidad secundaria (estructural). Al parecer relativamente superficial aunque la unidad en si es impermeable, y el fracturamiento existente le permite una capacidad de almacenamiento relativamente baja, sin embargo el relieve alomado desarrollado sobre esta unidad que favorece una buena escorrentia superficial hace improbable la existencia de alguna zona acuífera en ella.

#### Aluvial

Estos depósitos ocurren en las inmediaciones de los ríos Culebra, Quiros, Colín, de las Pajisas y Muñ

glaralto, siendo los de este último los mas importantes, tanto por su espesor como por su extensión superficial y contener las principales zonas acuífera de la cuenca.

Los depósitos estan constituidos por una alternancia de grava, gravilla y limo el mismo que hacia el tope y hacia la desembocadura se vuelve más potente y más extenso. Los cantos son de litología variada y derivados de los distintos terrenos aflorantes en la cuenca y son de chert, arenisca, lutita, caliza, tobas, etc..

Estos terrenos debido a que son incoherentes tienen las mejores condiciones hidrogeológicas, de las existentes en la cuenca, pues son altamente porosos, con elevada permeabilidad, alta capacidad de almacenamiento y buena transmisibilidad, con excepción lógica de la cubierta superficial limosa que mas bien confina a los depósitos antes mencionados.

Los terrenos son de relieve llano, baja pendiente por consiguiente con debil escorrentia superficial, y así mismo con baja capacidad de infiltración directa, por lo que la recarga mayoritaria del acuífero se produce directamente a partir del cauce del río, en



las zonas donde afloran los horizontes de grava y lógicamente por los contactos laterales en el borde del aluvial.

## 2 ZONIFICACION HIDROGEOLOGICA

De acuerdo con las condiciones hidrogeológicas establecidas, la cuenca del río Manglaralto debe considerarse constituida básicamente por dos unidades:

- Terrenos Acuíferos
- Terrenos No acuíferos

Los terrenos acuíferos están representados por depósitos aluviales relacionados a los ríos de la cuenca desde su curso medio hasta la línea de costa como sucede con el Río Manglaralto, estos terrenos ocupan aproximadamente 4 1/2 kilómetros cuadrados con una potencia promedio de 15 metros prevaleciendo las gravas y gravillas sobre los limos que los recubren, estableciendo así un sistema acuífero confinado no surgente debido al gradiente hidráulico muy reducido de 0.02 a 0.04.

La zona tiene un relieve plano, de baja escorrentía superficial, y mínima recarga directa, con buena

porosidad, excelente permeabilidad, elevada capacidad de almacenamiento y buena trasmisibilidad, por tanto, constituye el acuífero fundamental de la cuenca.

Los terrenos no acuíferos están representados por casi todas las unidades existentes en la cuenca, aunque no todos son de carácter impermeable sin embargo para propósitos prácticos se los considera como tales, a más que la investigación de campo ha puesto de manifiesto la poca o ninguna aptitud acuífera de los mismos.

Estos terrenos ocupan mayoritariamente la cuenca, y están constituidos por lutitas tobáceas, lutitas silíceas, areniscas grauvaquicas y lutitas con yeso, estructurando una zona de relieve alomado a acusado, que permite una buena circulación por una red hidrográfica bien desarrollada que aporta sus aguas al océano a través del río Manglaralto.

Constituye en general una zona con porosidad intersticial baja, con un desarrollo relativo de permeabilidad por fracturas en general bajo, consecuentemente de baja permeabilidad y poca o ninguna capacidad de almacenamiento, por lo que sus terrenos en general han sido considerados como no acuíferos.

#### 4.3 CARACTERISTICAS DEL TERRENO

Un terreno, suelo o roca puede llegar a ser un acuífero, gracias a ciertas características que son: la porosidad, la permeabilidad, su capacidad de almacenamiento y su coeficiente de transmisividad o también llamado por algunos autores coeficiente de transmisibilidad o transmitividad.

Siendo, por tanto, los coeficientes de transmisividad y almacenamiento los que definen las características hidráulicas de la formación acuífera.

##### 4.3.1 Porosidad (2,3,8,22,27)

El agua subterránea al igual que cualquier fluido se transporta por los espacios interconectados existentes dentro de las rocas, estos espacios reciben el nombre de intersticios o poros. Las interconexiones forman verdaderos canales conductores de agua, por lo que su estudio adquiere gran importancia para la comprensión del movimiento del agua subterránea.

Los espacios vacíos son caracterizados por su tamaño, forma, distribución e irregularidades

que dependen del tamaño y distribución del grano. Existen dos tipos de poros: los producidos en el momento de la formación de la roca, poros primarios ; y los producidos después de la formación de la misma, poros secundarios (fracturas, fisuras, etc.). Cuando se toma cuenta los poros primarios se habla de una porosidad primaria y si utilizamos los otros se habla de una porosidad secundaria.

Segun Todd se pueden clasificar los poros por su tamaño en:

**Poros capilares:** poros suficientemente pequeños para que las fuerzas de tensión superficial mantengan el agua dentro.

**Poros subcapilares:** Las fuerzas adhesivas mantienen el agua en ellos.

**Poros supercapilares:** son mas grandes que los capilares y son los que transportan el agua subterránea.

La estructura que adquiere un conjunto de poros puede ser aislada o continua, es decir poros que se encuentran en zonas aisladas o un sistema de poros interconectados en forma de malla, este último es el aprovechado en el movimiento del agua subterránea.

Si se compara la cantidad de poros en un volumen determinado se hablara de porosidad. Se distinguen dos tipos de porosidad:

a) Porosidad Total (Porosidad verdadera)

La porosidad total (Pt) puede ser definida como: la relación del volumen de agua en una muestra que es igual al volumen de espacios vacios (Vv) para el volumen total (Vt) de la muestra que matemáticamente se expresa en tanto por ciento así:

$$\frac{V_v}{V_t} \cdot 100 = Pt \quad [IV.1]$$

Y al igual que los poros, está depende de la forma, dimensión e intercomunicación de poros que a su vez depende de las caracte-

ísticas del grano: disposición, dimensión ; y por la compactación y cementación de la roca. Por lo que para diferentes materiales se tiene diferentes porosidades. (tabla VI)

MATERIAL	POSOSIDAD %
SUELOS	50 - 60
ARCILLA	45 - 55
LIMOS	40 - 50
ARENAS GRANDES	35 - 40
ARENAS MEDIAS	30 - 40
ARENAS FINAS	30 - 35
GRAVAS	30 - 40
GRAVAS Y ARENAS	20 - 35
ARENISCAS	10 - 20
PIZARRAS	1 - 10

TABLA VI: POROSIDADES DE DIFERENTES MATERIALES SEDIMENTARIOS.  
(27)

b) Porosidad Eficaz ó Efectiva (Fe)

Esta es definida como el volumen de agua contenida en una roca que puede ser liberada por la acción de la gravedad (Ve) para el volumen total de la muestra (Vt) expresado

en porcentaje, así:

$$\frac{V_e}{V_t} \cdot 100 = P_e \quad \text{[IV.2]}$$

En la realidad no toda el agua que se encuentra en los espacios vacíos puede ser extraída por medio de la gravedad, existe un parámetro que relaciona estos dos tipos de porosidad y es el coeficiente de retención específica (B), el cual es definido como: el volumen de agua retenida en la roca por acción de las fuerzas de capilaridad y atracción molecular después de haber salido el agua gravífica ( $V_r$ ) para el volumen total de la roca expresado en porcentaje, así:

$$\frac{V_r}{V_t} \cdot 100 = B \quad \text{[IV.3]}$$

Por lo que la ecuación equilibrada de las porosidades queda como:

$$B + P_e = P_t \quad \text{[IV.4]}$$

Este coeficiente de retención específica ha

sido calculado por Eckis, el cual ha construido una gráfica para la obtención del mismo para diferentes tipos de tamaño de grano. (fig 4)

La porosidad efectiva también está relacionada con la saturación de agua ( $S_w$ ) mediante la expresión:

$$P_e = \frac{1}{S_w} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot \rho_e}{\rho_t}} \quad [IV.5]$$

donde  $P_e$  = porosidad efectiva

$\rho_e$  = resistividad del agua

$\rho_t$  = resistividad de la formación con saturación de agua  $S_w$ .

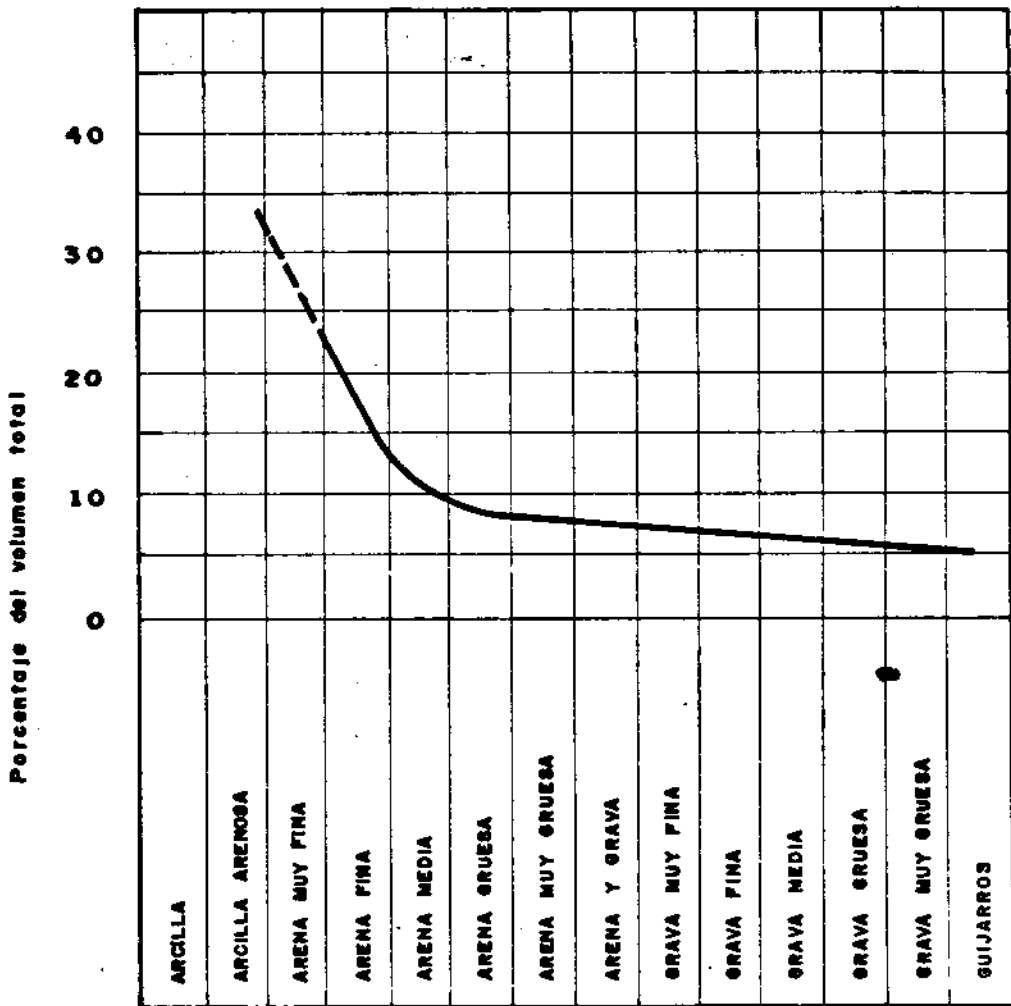
$S_w$  = saturación de agua

$A$  = coeficiente

Para una formación consolidada  $A = 1$ , y para una formación de areniscas y arenas  $A = 0.82$ .

La saturación de agua se define como el volumen





**FIGURA 4 : VARIACION DE LA CAPACIDAD DE RETENCION ESPECIFICA DE LOS ALUVIONES CON EL DIAMETRO DE LOS GRANOS (Segun Eckis)**

de poros vacíos interconectados llenos con agua para el volumen total de la roca. (2)

#### 4.3.2 Permeabilidad (8,22,27,29)

A la capacidad de un medio poroso para transmitir agua se le llama permeabilidad, este exige un traslado de agua de un lugar a otro, dicho movimiento se realiza gracias a una diferencia de presiones entre ambos puntos. Fue Darcy (1856) quien investigando el flujo de agua a través de lechos filtrantes de arena postuló su famosa ley, conocida en la actualidad como la ley de Darcy, la cual enuncia que: el caudal (Q) que atravieza un Área transversal (A) es directamente proporcional a esta Área, directamente proporcional a la diferencia de alturas (h), directamente proporcional a un coeficiente (K) e inversamente proporcional a la distancia entre ambas alturas, es decir:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\delta h}{\delta l} \quad [IV.6]$$

donde: Q = caudal que atravieza una sección A

$A$  = la sección transversal

$\delta h$  = diferencia de alturas

$\delta l$  = diferencia de distancias que separan las alturas.

A la expresión  $\delta h/\delta l$  se le denomina GRADIENTE HIDRAULICO (I).  $K$  es entonces el denominado coeficiente de permeabilidad o permeabilidad o conductividad hidráulica, entonces la expresión queda como:

$$K = \frac{Q}{A \cdot I} \quad [IV.7]$$

El Servicio Geológico Americano ha definido a la permeabilidad en una forma estandar ( $K_s$ ) como: el flujo de agua a 60 °F en galones por día a través de un medio que tenga una sección de un pie cuadrado y bajo un gradiente hidráulico igual a uno.

En el sistema métrico se definiría como: el flujo de agua a 15.5 °C en metros cúbicos por día a través de una sección de un metro cuadra-

do bajo un gradiente hidráulico igual a uno.

En investigaciones de campo se suele utilizar la definición de la permeabilidad de campo ( $K_f$ ) como el caudal en galones por día a través de una sección de un pie y una milla de largo bajo un gradiente de un pie por milla a la temperatura ambiente, a esta definición algunos le denominan Meinzer, pero no es adoptada universalmente.

Existen varias formas para calcular la permeabilidad de un terreno, básicamente se limitan a dos tipos:

a) Pruebas de laboratorio

b) Pruebas en el campo

En las pruebas de laboratorio se mide la cantidad de fluido que pasa por un medio poroso saturado cuya permeabilidad quiere ser medida, estas pruebas tienen el inconveniente que a veces se induce a errores, ya que en el laboratorio no se consiguen tener las mismas condiciones existentes en el campo.

En el campo se pueden utilizar varios tipos de pruebas:

a) Por inyección de colorantes o sales químicas en un pozo, para luego analizar la llegada de la aparición de los efectos producidos por esta inyección en un pozo de observación, o medir por métodos eléctricos de superficie la variación que se produce en el estrato al cual se le quiere medir su permeabilidad. A estas sustancias colorantes o sales se les denomina sustancias trazadoras.

b) Utilización de las formulas de descarga de un pozo en un régimen de equilibrio.

Para un manto libre (acuifero libre) se expresa como: (22)

$$Q = 1.36 \cdot K \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r} \quad [IV.8]$$

donde  $Q$  = caudal de bombeo en  $m^3/h$

$K$  = coeficiente de permeabilidad en

$$m^3/h/m^2$$

H = espesor saturado del acuífero antes del bombeo en m

h = profundidad del agua en el pozo durante el bombeo en m (distancia del nivel diámico a la base del acuífero).

R = radio del cono de depresión en m

r = radio del pozo en m

\* Cuando se trabaja en galones/min/pie, el valor 1.36 se reemplaza por 1/1055.

Para un manto confinado (acuífero confinado) se expresa como: (22)

$$Q = 2.72 \frac{K \cdot m \cdot (e - h)}{\log R/r} \quad [IV.9]$$

donde m = espesor del acuífero en m

e = carga estática sobre el fondo del

acuifero en m (distancia del nivel piezométrico a la base del acuifero).

Todos los otros parámetros se mantienen

\* Cuando se trabaja con gal/min/pie el valor 2.72 se reemplaza por 1/528.

Si se tiene dos pozos de observación, las fórmulas de equilibrio cambian a:

1) caso de un manto libre (Dupuit)

$$K = \frac{Q \cdot \log d_2/d_1}{1.36 \cdot (E_2^2 - E_1^2)} \quad [\text{IV.10}]$$

donde  $d_2$  = distancia al pozo de observación más lejano en m

$d_1$  = distancia al pozo de observación más cercano en m

$E_2$  = espesor saturado en el pozo más lejano en m

$E_1$  = espesor saturado en el pozo más cercano en m

Todos los otros parámetros se mantienen.

2) Caso de un manto confinado (Thiem)

$$K = \frac{Q \cdot \log d_2/d_1}{2.72 \cdot m \cdot (e_2 - e_1)} \quad [\text{IV.11}]$$

donde  $e_2$  = carga estática en el pozo más lejano en m

$e_1$  = carga estática en el pozo más cercano en m

Todos los otros parámetros se mantienen.

Todas las fórmulas anteriores pueden ser utilizadas solamente cuando el pozo que es bombeado ha alcanzado su estado de equilibrio es decir, cuando el caudal de recarga compensa el de bombeo.



c) Otra forma de calcular la permeabilidad es por medio del cálculo del coeficiente de transmisibilidad, ya que éste es el producto de la permeabilidad (K) por el espesor saturado (m) del acuífero:  $T = K \cdot m$ . [IV.12]

#### 4.3.3 Coeficiente de almacenamiento (8,22,29)

Como ya se ha mencionado, en las rocas pueden existir espacios vacíos, que suelen estar ocupados por dos tipos de agua: agua de retención que es la fijada por las fuerzas de tensión superficial, adhesión molecular y adsorción, y especialmente el agua gravífica que es la que se mueve por gravedad dando origen a las aguas subterráneas.

En los acuíferos libres, el coeficiente de almacenamiento está relacionado con el volumen de agua que puede ser liberado efectivamente a través de una sección transversal igual a la unidad de un trozo de material acuífero, que causa la baja del nivel piezométrico en una unidad y se expresa en porcentaje.

Puesto que el coeficiente de almacenamiento

determina el volumen de agua liberada por bombeo éste puede entonces relacionarse con la porosidad eficaz, que para acuíferos libres se puede decir que son equivalentes. Generalmente este coeficiente adquiere valores entre 0.01 y 0.35.

Los hidrogeólogos americanos denominan al coeficiente de almacenamiento "storativity" o "storage coefficient".

Ahora bien, para un acuífero cautivo o confinado el coeficiente de almacenamiento se lo define de igual forma pero el mecanismo de extracción es diferente, es decir, en los acuíferos libres es por la acción de la gravedad, en cambio en los acuíferos confinados intervienen otros efectos como lo son: la compresión del acuífero y la expansión del agua contenida en éste, ya que las capas suprayacentes ejercen una carga o presión que influye en el movimiento del fluido. Generalmente este coeficiente adquiere valores de  $1 \cdot 10^{-5}$  a  $1 \cdot 10^{-3}$ .

El coeficiente de almacenamiento está estrechamente relacionado con el coeficiente de trans-

misibilidad (T). Este último fue definido por C.V. Theis en el año de 1935 como la razón de flujo en  $m^3/día$  a través de una sección transversal vertical del acuífero cuya altura es igual a su espesor y cuyo ancho es de un metro. Sustituyéndola en la ecuación de Darcy, se tendría:

$$T = \frac{Q}{I \cdot w} \quad [IV.13]$$

donde  $w$  = ancho del acuífero en m

Estos dos coeficientes son de vital importancia ya que ellos definen las características hidráulicas de una formación acuífera, en donde el coeficiente de T indica la cantidad de agua que se mueve a través de la formación y el coeficiente de almacenamiento indica la cantidad que puede ser obtenida por bombeo o drenaje.

El cálculo de estos dos coeficientes se hace por medio de pruebas de bombeo y utilizando las fórmulas de régimen de no equilibrio de Theis o las fórmulas modificadas de no equilibrio de

Jacob o Chow.

A) Las fórmulas de régimen de no equilibrio de THEIS para un pozo en donde se efectúa el bombeo y uno o varios pozos de observación en su forma más sencilla son:

$$s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(u) = 0.0796 \cdot \frac{Q}{T} \cdot W(u)$$

y  $W(u)$  = función de pozo que es igual a:

$$W(u) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du = -0.577216 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots$$

[IV.14]

$$u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t}$$

\* si se utiliza gal/día/pie las constantes 0.0796 se reemplaza por 114.6 y el 1/4 de la fórmula de  $u$  se reemplazara por 1.87.

donde  $s$  = abatimiento registrado en cualquier punto de la vecindad de un pozo que esta bombeando a caudal

constante en m.

$Q$  = caudal bombeado ( $m^3/h$ )

$r$  = distancia desde el pozo de bombeo al punto en que se mide el abatimiento.

$T$  = transmisibilidad ( $m^3/h/m$ )

$S$  = coeficiente de almacenamiento

$t$  = tiempo que dura el bombeo en h.

Para obtener los valores de los coeficientes  $S$  y  $T$ , Theis desarrolló varios métodos gráficos para su resolución, los cuales son:

- a) por medio de la graficación de  $s$  vs  $t$  o  $s$  vs  $1/t$ .
- b) por medio de la graficación de  $s$  vs  $t/r^2$  o  $s$  vs  $r^2/t$ .
- c) por medio de la graficación de  $s$  vs  $1/r^2$ .

El método c) solo se lo puede utilizar cuando se han obtenido los datos en tres o mas pozos de observación. Todos estos metodos se grafican en papel doble logaritmo y para cada uno de ellos se han realizado sus respectivas curvas patron o tipo.

Los gráficos que se obtendrán serán líneas rectas (sin tomar en cuenta mucho los principios de cada curva) y con la utilización de los abacos especiales por medio de la superposición de estos se podrán encontrar los parámetros necesarios (  $W(u)$ ,  $u$ ,  $r^2/t$  ( $t/r^2$ ), y  $s$  ), para poder sustituirlos en las fórmulas siguientes:

$$T = \frac{0.0795}{s} \cdot Q \cdot W(u)$$

$$S = \frac{4 \cdot u \cdot T}{r^2/t} \quad \text{o} \quad 4 \cdot u \cdot T \cdot t/r^2$$

[IV.15]

La derivación de las fórmulas anteriores se basa en las siguientes suposiciones:

- 1) Todo el acuífero se considera homogéneo e isotrópico.
- 2) El espesor saturado del acuífero es uniforme.
- 3) El acuífero es de una extensión superficial infinita.
- 4) El acuífero no recibe ninguna recarga.
- 5) El pozo de bombeo penetra totalmente y recibe agua de todo el espesor saturado del acuífero.
- 6) El agua liberada del acuífero es descargada instantáneamente al descender la superficie piezométrica.

Estas suposiciones son también válidas para las fórmulas de equilibrio tomando en cuenta la consideración de que los niveles del agua dentro del área del cono de depresión no necesitan haberse estabilizado o alcanzado su equilibrio.

## B) Fórmulas Modificadas de No Equilibrio

## 1) Metodo de Jacob

Jacob observó que para "u" suficientemente pequeños, "t" grandes y "r" pequeños, las fórmulas de Theis pueden expresarse de la manera siguiente sin cometer un gran error:

$$s = \frac{2.30 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \log \cdot \frac{2.25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S} \quad [IV.16]$$

A partir de ella estableció un método gráfico para la interpretación y obtención de los valores de T y S, en la que se construye una curva de abatimiento vs tiempo en papel semilogaritmico, obteniéndose como resultado una recta. La transmisibilidad se obtiene a partir del cálculo de la pendiente de la recta con la ayuda de la ecuación siguiente:

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{s} \quad [IV.17]$$

donde T = coeficiente de transmisibilidad



$s$  = pendiente de la recta que se expresa como la distancia de abatimiento entre dos valores del tiempo cuya relación es de 10 en la escala logarítmica (un ciclo) de la gráfica de  $s$  vs  $t$ .

\* si se trabaja con galones/día/pie la constante 0.183 se reemplaza por 264.

El coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) se lo encuentra por medio de:

$$S = 2.25 \cdot T \cdot t_0 / r^2 \quad \text{[IV.18]}$$

donde  $t_0$  = tiempo correspondiente a la intersección de la prolongación de la recta del gráfico en el eje del abatimiento nulo.

$r$  = distancia al pozo de observación.

\* si se trabaja con gal/d/pie la constante 2.25 se reemplaza por 0.3.

A medida que en las gráficas de abat. vs tiempo la pendiente de la recta se suaviza, nos indica que existe recarga en el acuífero, y esta al volverse cero indicará que ha alcanzado su estado de equilibrio, lo que significa que la descarga producida por el bombeo en el pozo tiene una recarga de igual magnitud. Ahora bien si la pendiente de la recta tiende a acrecentarse, indicará la existencia de algún tipo de barrera en las cercanías del pozo, la cual puede ser localizada mediante la suposición de pozos imaginarios en el sitio del quiebre de la pendiente para luego obtener la distancia a este punto mediante las fórmulas anteriores.

Otra clase de gráfico utilizado para la obtención de estos coeficientes es la graficación semilogarítmica del abatimiento vs la distancia que existe hasta los pozos de observación, siempre y cuando se tengan mas de 1 pozo de observación. Las fórmulas ha utilizarse son las mismas que las anteriores, y solo varia

la constante 0.184 que será reemplazada por 0.366, en donde estas quedan como:

$$T = \frac{0.366 \cdot Q}{s} \quad [IV.19]$$

Y :

$$s = 2.25 \cdot T \cdot \frac{t}{r^2}$$

donde  $t$  = tiempo medido desde que se inicio el bombeo en el momento del abatimiento

$r$  = distancia a la que la prolongación de la recta del gráfico intercepta el eje de abatimiento nulo.

Si analizamos las ecuaciones anteriores se puede observar que existe una relación entre el gráfico de dist.-abat. y tiempo-abat. en la que las pendientes se relacionan por un factor de 2, es decir, la pendiente del primer gráfico es el doble de la pendiente del segundo gráfico. Utilizando esta relación podemos graficar las dos clases de rectas conociendo solo

la pendiente de una, este concepto es el utilizado para encontrar la distancia a una barrera en las cercanías de un pozo de bombeo.

## 2) Método de Chow

Consiste esencialmente en medir al igual que Jacob y Theis el abatimiento en un pozo de observación, graficando estos valores versus el tiempo de abatimiento, en donde existe una función  $f(u) = s/\hat{h}$ , donde  $\hat{h}$  es la diferencia vertical de un ciclo en el tiempo. Esta función está relacionada en un abaco o curva tipo con la función  $W(u)$  y  $u$ , obteniéndose de este modo los parámetros necesarios para poder reemplazarlos en las fórmulas de equilibrio de Thies.

3) Otro método es la obtención de T y S por medio de los resultados de los datos de recuperación de la prueba de bombeo, en el mismo pozo o en los pozos de observación. Utilizando las fórmulas Modificadas de no equilibrio.

En este caso el coeficiente de transmisibilidad puede ser calculado por medio de dos clases de gráficos:

a) la graficación semilogarítmica de la recuperación del pozo vs. el tiempo medido desde el cese del bombeo y en donde  $s$  es el abatimiento medido desde la curva de bombeo extrapolada y  $s'$  es la diferencia entre el nivel estático original y la profundidad del agua en cada instante del período de recuperación llamado abatimiento residual.

b) la graficación semilogarítmica del abatimiento residual ( $s'$ ) vs.  $t/t'$  en donde  $t$  es el tiempo a partir del inicio del bombeo y  $t'$  es el tiempo a partir del cese del bombeo.

En ambos casos se obtiene la pendiente y se sustituye en:

$$\text{para: a) } T = 0.183 \cdot \frac{Q}{(s-s')}$$

[IV.20]

$$b) \quad T = 0.183 \cdot \frac{Q}{s'}$$

De estos dos tipos de gráficos el segundo presenta un menor porcentaje de error que el primero debido a que este no depende de una extrapolación del abatimiento del bombeo.

Para la determinación de S se utiliza la misma ecuación y solo se puede obtener por medio de la graficación semilogarítmica de la recuperación vs. el tiempo, ya que el valor de  $t_0$  no puede ser establecido en el otro tipo de gráfica ya que el eje horizontal  $t/t'$  sería adimensional e imposible de establecer.

Los datos obtenidos por los métodos de recuperación en el pozo resultan más exactos que los obtenidos por los métodos de abat.-tiempo o abat.-distan., debido que a los datos de abat. residual son más precisos, ya que durante el período de recuperación las medidas del nivel del agua pueden medirse sin la interferencia

de la vibración producida por la bomba en el momento de la descarga.

Con el uso de todos los conocimientos expuestos anteriormente se podría predecir el comportamiento del abatimiento del pozo en cualquier tiempo, el abatimiento en el acuífero a diversas distancias del pozo, el abatimiento del pozo para cualquier caudal de descarga y otros factores necesarios para el emplazamiento de nuevos pozos.

#### 4.4 ESTUDIO GEOFISICO

La geofísica se vale de diferentes métodos para el estudio del subsuelo y los más empleados para la búsqueda de agua subterránea son:

El Método de Resistividad Eléctrica y El Método de Prospección Sísmica de Refracción. Los hidrogeólogos utilizan más estos dos tipos de métodos ya que con ellos es posible caracterizar fácilmente los diferentes estratos en el subsuelo en búsqueda de acuíferos y así poder determinar su profundidad, espesor, extensión, porosidad y otros parámetros importantes para poder calcular la posible reserva de agua exis-

tente en el subsuelo.

#### 4.4.1 Método de Resistividad Eléctrica (2,3,13)

Los métodos de prospección eléctrica pueden clasificarse de manera general en dos tipos:

Los que utilizan una fuente de corriente natural y los que utilizan una fuente de corriente artificial. El método de resistividad eléctrica cae dentro de la segunda clasificación y consiste en:

Para una mejor comprensión de este método definiremos primero algunos parámetros importantes que intervienen y que caracterizan las rocas y estratos geológicos, desde un punto de vista eléctrico.

Las rocas al igual que algunos materiales tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica, a esta propiedad se le llama conductividad eléctrica. Esta propiedad puede ser representada mediante dos parámetros: la conductividad propiamente dicha ( $C$ ) y su inversa, la resistividad ( $@$ ), en donde  $C = 1/@$ .



La resistividad en su forma más general representa la resistencia que ofrece un cilindro de longitud (L) y sección (S) unitarias. Matemáticamente se la representa como:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{L} \quad [\text{IV.21}]$$

donde  $\rho$  = resistividad (ohm-m)

R = resistencia (ohm)

L = longitud (m)

S = sección transversal (m<sup>2</sup>)

De esta expresión se puede observar que la resistividad se expresa en ohm-m<sup>2</sup>/m pero generalmente se usa su forma abreviada ohm-m o en su defecto ohm-cm que equivale a una centésima de ohm-m.

La conductividad en las rocas puede ser de tipo metálica o electrolítica, la metálica es la que se caracteriza por el transporte de electrones en la matriz de la roca, ejemplo : menas metá-

licas o esquistos grafitosos. Y la conductividad electrolítica es aquella en la que los iones contenidos en el agua de imbibición de la roca (agua subterránea) son los que se desplazan. Este segundo tipo de conductividad es la que presentan la mayoría de las rocas.

La resistividad de las rocas que tienen conductividad electrolítica dependen de:

- a) la porosidad total comunicante
- b) la conductividad del agua de imbibición
- c) la distribución y forma de los poros y fisuras

En rocas estratificadas, la resistividad varía con la dirección de la corriente, es decir los valores de la resistividad máximos y mínimos se obtienen cuando la corriente circula perpendicular o paralelamente a la estratificación. Este fenómeno ocurre en rocas llamadas anisótropas en donde se puede hablar de micro o macroanisotropía, según que el espesor de los estratos sea de algunos milímetros (gneis) o

de algunas decenas de centímetros (alternancia de arcillas y arenas).

En la tabla VII se puede observar el orden de las magnitudes de la resistividad para algunos tipos de agua y rocas más comunes.

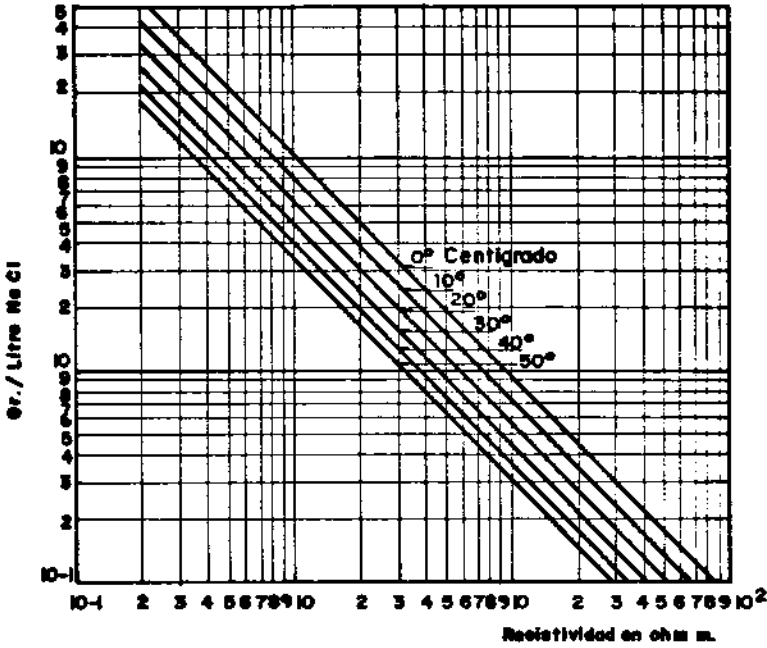
La resistividad del agua de imbibición o agua subterránea disminuye cuando aumenta la cantidad de sales disueltas o la temperatura como también depende de la naturaleza de estas sales. Existen ábacos, como el de la figura 5 que permiten calcular la resistividad del agua cuando se conoce el equivalente ClNa del residuo seco y la temperatura.

Con esta figura y conociendo la composición química del agua, el equivalente ClNa del residuo seco puede ser calculado convirtiendo las concentraciones del ClNa con los factores siguientes encontrados por H. F. Dunlop.

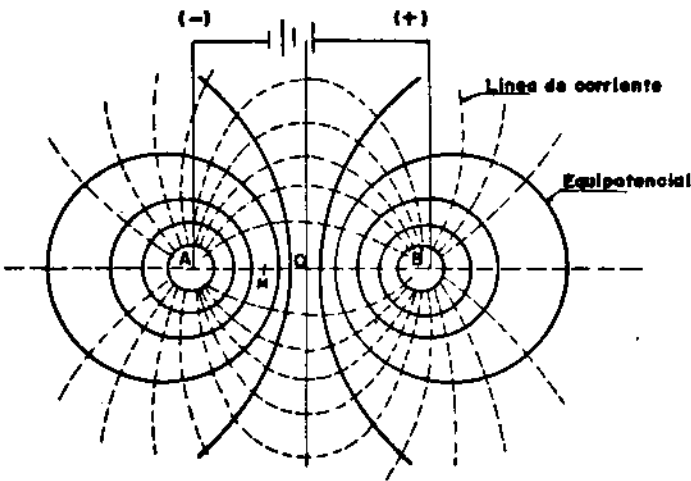
Na: 1.00	Ca: 0.95	Mg: 2.00
Cl: 1.00	SO <sub>4</sub> : 0.50	CO <sub>3</sub> H: 0.27
	4	3
CO <sub>3</sub> : 1.26		
3		

TIPOS DE AGUA Y ROCAS COMUNES	RESIST. (OHM-M)
AGUA DE MAR	0.2
AGUA DE ACUIFEROS ALUVIALES	10-30
AGUA DE FUENTES	50-100
ARENAS Y GRAVAS SECAS	1000-10000
ARENAS Y GRAVAS CON AGUA DULCE	50-500
ARENAS Y GRAVAS CON AGUA SALADA	0.5- 5
ARCILLAS	2-20
MARGAS	20-100
CALIZAS	300-10000
ARENISCAS CUARCITAS	300-10000
ARENISCAS ARCILLOSAS	50-300
CINERITAS, TOBAS VOLCANICAS	20-100
LAVAS	300-10000
ESQUISTOS GRAFITOSOS	0.5- 5
ESQUISTOS ARCILLOSOS O ALTERADOS	100-300
ESQUISTOS SANDS	300-3000
GNEIS, GRANITO ALTERADO	100-1000
GNEIS, GRANITO SAND	1000-10000

TABLA VII: RANGOS DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA Y  
ALGUNAS ROCAS COMUNES  
(3)



**FIGURA 5 : ABACO PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD DEL AGUA EN FUNCION DEL RESIDUO SECO EN EQUIVALENTES NaCl Y DE LA TEMPERATURA.**  
(3)



**FIGURA 6 : DISTRIBUCION DE LAS LINEAS DE CORRIENTE Y DE LAS EQUIPOTENCIALES EN LA SUPERFICIE DE UN MEDIO HOMOGENEO.**  
(3)

Conociendo entonces la resistividad de una roca ya sea saturada de agua o no y su espesor otros parámetros importantes pueden ser calculados:

a) la conductancia longitudinal (S)

b) la resistencia transversal (T)

en donde :

$$S = e/\rho \quad \text{y} \quad T = e \cdot \rho \quad [\text{IV.22}]$$

y S = conductancia (m/ohm-m = mhos)

T = resistencia ( ohm-m<sup>2</sup> )

e = espesor de la formación de resistividad

$\rho$  = resistividad (ohm-m)

A estos dos factores se les llama parámetros de Dar Zarrowk.

Por ultimo, definiremos el potencial medido en un punto cualquiera (M) debido a la inyección de una corriente (I) en un par de electrodos A

y B. (fig 6)

En donde el potencial medido en M es igual a :

$$V_m = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} (1/MA - 1/MB) \quad [IV.23]$$

donde  $V_m$  = potencial medido en el punto M

$\rho$  = resistividad

I = intensidad de corriente

MA, MB = distancias desde M a A y B

Esta expresión fue obtenida por medio de la aplicación de los principios de superposición de la distribución de las corrientes y el de imágenes eléctricas a la Ley de OHM, para un sistema en donde se introduce corriente a través de dos electrodos A y B situados sobre la superficie de un terreno y donde se mide el potencial en un punto M.

Conociendo los parámetros anteriormente definidos, el método de resistividad eléctrica con-

siste en:

Utilizando un cuadripolo cualquiera AMNB (fig 7). En donde por los electrodos A y B se inyecta corriente continua de intensidad I a un terreno y midiendo la diferencia de potencial entre dos electrodos M y N debido a esta corriente, se tiene que al aplicar la formula de el potencial en un punto cualquiera y para un terreno homogéneo e isotrópico resulta que:

$$V = V_m - V_n = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot (1/MA - 1/MB - 1/NA + 1/NB)$$

[IV.24]

de donde la resistividad buscada será:

$$\rho = K \cdot \frac{V}{I}$$

[IV.25]

y  $\rho$  = resistividad en ohm-m

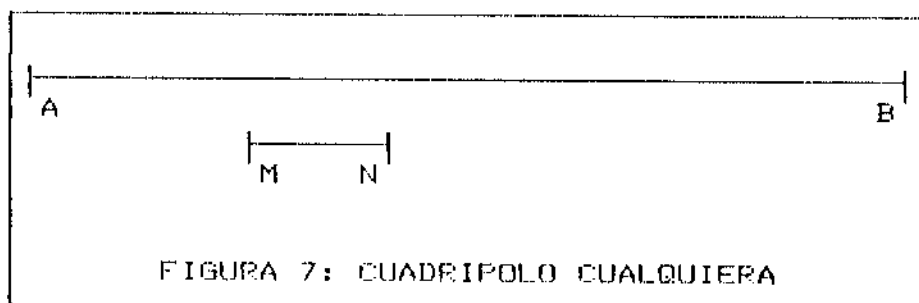
V = diferencia de potencia entre M y N en milivoltios

I = intensidad en miliamperios



Aquí el factor  $K$  depende nada más de la posición relativa de los cuatro electrodos, a este factor se le conoce con el nombre de Coeficiente Geométrico.

$$K = \frac{2 \cdot \pi}{1/MA - 1/NA - 1/MB + 1/NB} \quad [IV.26]$$



Ya que un terreno no es totalmente homogéneo e isotrópico la resistividad medida es llamada resistividad aparente ( $\rho_a$ ), esta suele ser definida como la resistividad verdadera de un terreno imaginario, homogéneo e isotrópico, equivalente al terreno real heterogéneo.

Entonces el método de resistividades consiste en el estudio de la medición en corriente continua de las variaciones de esta resistividad aparente, en los diferentes tipos de terrenos.

Este estudio puede llevarse acabo por medio de dos técnicas: Sondeos Electricos (sondeos geo-eléctricos) y Calicatas Eléctricas. De estas dos técnicas solo nos referiremos a la primera para efectos del presente trabajo.

#### A) Sondeos Geo-eléctricos Verticales (2,3,13)

Un sondeo eléctrico ( o geo-eléctrico ) vertical consiste básicamente en la obtención de la curva de variación entre la profundidad y la resistividad aparente, mediante la medición en superficie de la resistividad aparente, utilizando un dispositivo de cuatro electrodos AMNB antes mencionado. Para posteriormente ser comparadas con curvas teóricas y así poder establecer los diferentes espesores y resistivades de los terrenos. Y en donde la profundidad de Investigación depende de la separación entre los electrodos A Y B y de la intensidad de corriente enviada por ellos. (fig 8)

Generalmente a este tipo de sondeo se le denomina con las siglas S.E.V. o S.E. (Sondeo Electrico Vertical).

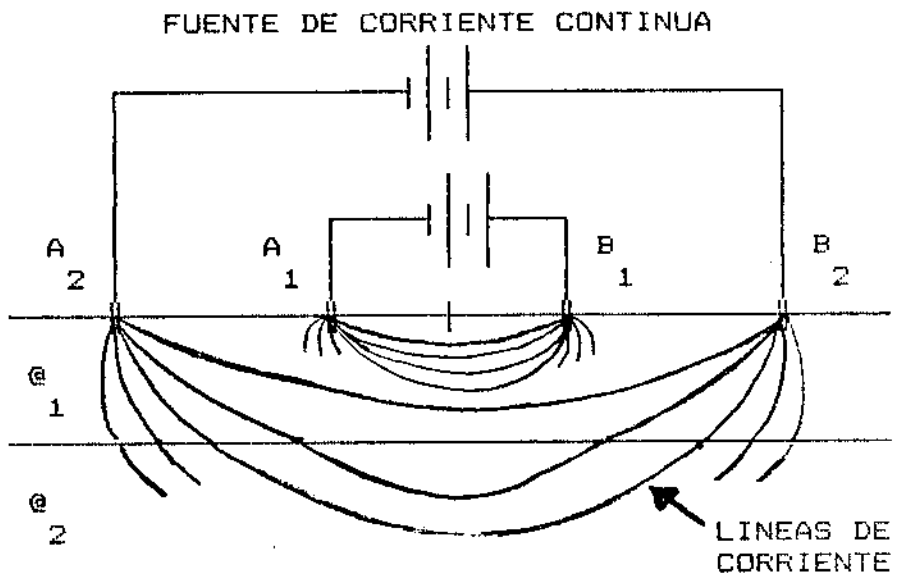
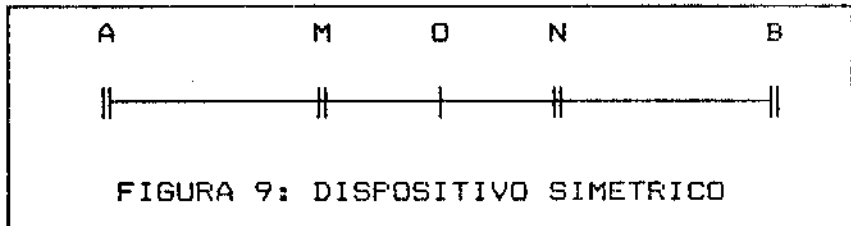


FIG 8: PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION  
 $(@_2 > @_1)$  (3)  
 2 1

Existen dos tipos de dispositivos en la posición de los electrodos que más se utilizan:

- el dispositivo SCHLUMBERGER
- y el WENNER

Ambos dispositivos son rectilíneos y simétricos, en donde los cuatro electrodos están alineados y el punto O es el centro común de AB y MN (fig 9).



En el dispositivo WENNER se mantiene una relación de  $AB/MN$  constante e igual a 3, en cambio en el dispositivo SCHLUMBERGER esta relación es de  $4 \leq AB/MN \leq 20$ , si la medida de la diferencia del potencial  $V$ , que es proporcional a la distancia  $MN$ , se hace muy pequeña, la distancia entre estos se aumenta.

Para estos dos tipos de dispositivos el coeficiente geométrico queda como:

$$\text{SCHLUMBERGER} \quad K = \pi \cdot \frac{AM \cdot AN}{MN} \quad [\text{IV.27}]$$

$$\text{WENNER} \quad K = 2 \cdot \pi \cdot MN \quad [\text{IV.28}]$$

Durante largo tiempo, algunos prospectores han preferido el uso del dispositivo Wenner, ya que con él la medida de la diferencia del potencial  $V$  resulta mas facil de determi-

nar, al ser mayor la distancia MN, sin embargo, con el instrumental existente hoy en día, esta ventaja ha perdido su razón de ser y el dispositivo Schlumberger es hoy en día el más empleado por las siguientes razones:

- entre dos medidas sucesivas sólo se desplazan dos electrodos, lo que refleja un ahorro de tiempo.
- las perturbaciones locales debidas a heterogeneidades locales en las proximidades de los electrodos MN o AB, son facilmente eliminadas, llegando así a no cometer errores de interpretación, lo cual con el metodo de Wenner si sucede.

Es por esto que la escuela de la Schlumberger ha elaborado un método de interpretación cuantitativa de los datos obtenidos en el campo, aunque no es el único método, en la actualidad es el mas utilizado, incluso para elaborar softwares o programas especiales se utilizan sus fundamentos. Este método consiste en la graficación logarítmica de la resistividad aparente  $\rho_a$  (resistividad medi-

da en el campo) versus la distancia  $AB/2$  (distancia del centro del dispositivo a los electrodos de corriente), siempre tomando en cuenta que el valor de  $AB/2$  en las abscisas no implica ninguna relación con la profundidad de investigación, pero si existe una relación de la distancia  $AB$  con la profundidad de investigación ( $P$ ) igual a:

$$P = AB/4 \quad [IV.29]$$

Pero esto ocurre realmente solo en casos excepcionales.

Una de las ventajas mas justificativas para el uso de las coordenadas logarítmicas es que en la interpretación cuantitativa el uso de abacos patrón pueden representar cualquier modelo real de campo mediante el traslado de estos en forma paralela al eje de las abscisas y ordenadas. Es por esto que la escuela Schlumberger para este tipo de interpretación ha elaborado una serie de abacos patrón (fig 10) para dos, tres o cuatro capas, que por medio de la superposición de estos sobre la curva obtenida con los datos

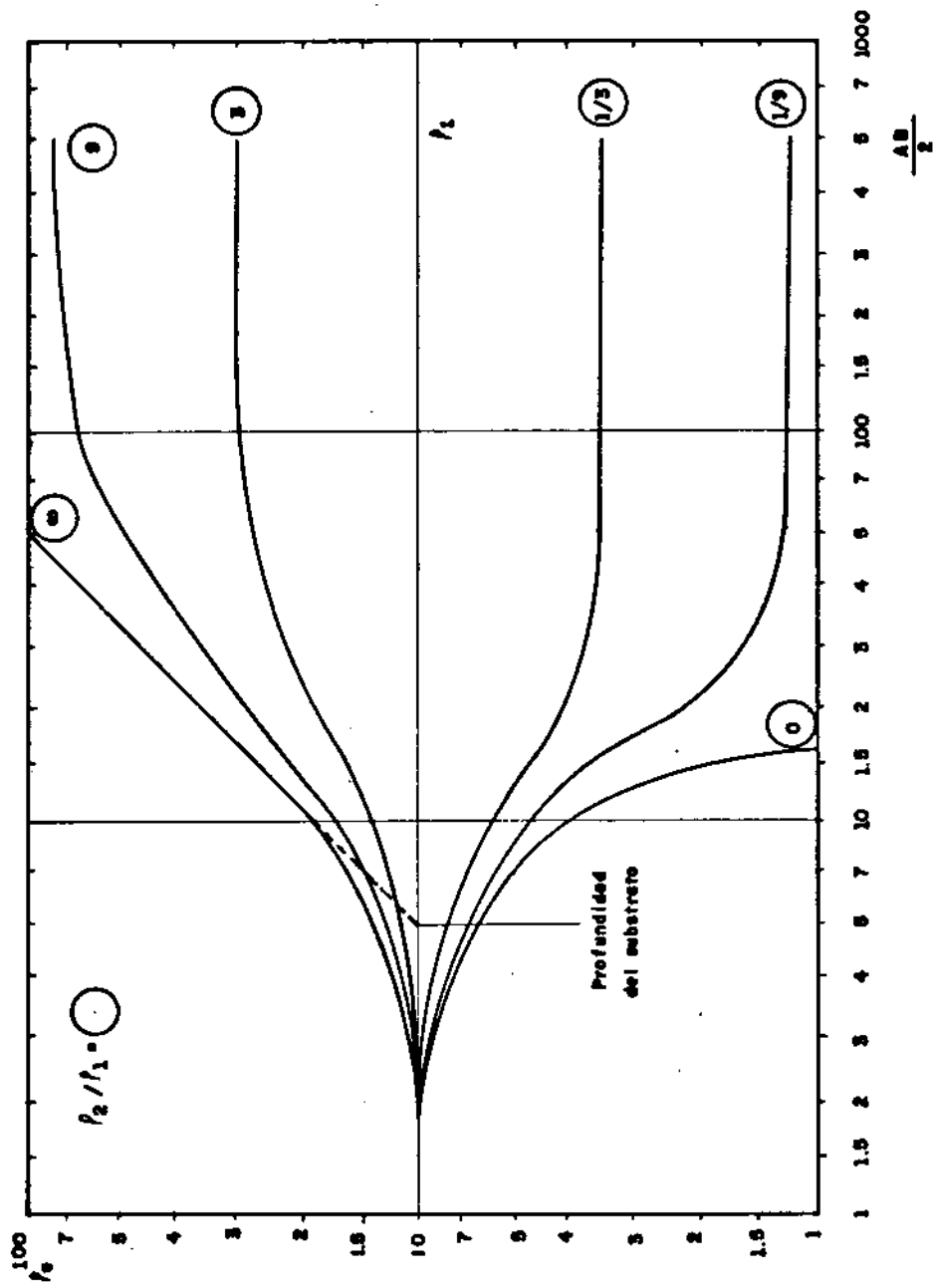


FIGURA 10: ABACOS PATRON PARA SONDEOS ELECTRICOS DE DOS CAPAS.

(3)

de campo, se establecieron los valores de resistividad y profundidad de las diferentes capas, cuando se trata de sondeos eléctricos sobre capas isótropas horizontales.

Ahora bien cuando la interpretación se la hace sobre capas inclinadas que tienen una inclinación mayor a  $12^\circ$ , hay que tener en cuenta la siguiente consideración:

- la profundidad obtenida de las capas es perpendicular a ellas y no según la vertical.

En base a la teoría antes mencionada se procedió a realizar una campaña geofísica, elaborandose en primera instancia una tabla de datos (Anexo B) en donde estarían las especificaciones para el dispositivo eléctrico a utilizarse, es decir las distancias AB y MN con sus correspondientes coeficientes geométricos. Este dispositivo tiene una profundidad de investigación de aproximadamente 50 m. Luego se efectuaron 11 sondeos eléctricos verticales en la zona de estudio, todos localizados sobre el aluvial en estur-



dio (mapa 5), en la cuenca baja del río Manglaralto.

Para dicho trabajo se utilizó el equipo de geofísica marca ABEM TERRAMETER SAS 300B, este tipo de aparato proporciona el valor de  $\rho/I$ , que colocado en la tabla antes mencionada y con la ayuda del coeficiente geométrico antes calculada se establecerá la resistividad aparente (los datos obtenidos se encuentran en el Anexo B) y así elaborar la curva de campo para la subsiguiente interpretación. Para dicha interpretación de las curvas de campo se utilizaron dos softwares (programas) para microcomputadores, uno elaborado por la compañía ATLAS COPCO ABEM y la Universidad de LULEA SWEDEN; y el otro, por dos italianos, Poretta y Giorgetti.

Además de los 11 sondeos realizados se tienen datos de 5 más, que fueron elaborados por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (I.E.O.S.), en un estudio realizado en 1984 para la determinación de posibles acuíferos en la zona. (20)

Un ejemplo de las interpretaciones realizadas por cada uno de los programas se encuentra en el Anexo B.

Los resultados obtenidos por medio de los programas se muestran en la tabla VIII.

Con los resultados obtenidos se procedió a elaborar un modelo final (tabla VIII) y así graficar un perfil estructural del aluvial para determinar la localización del acuífero (Perfil # 1).

Según el modelo final el acuífero se encuentra localizado, en la parte Oeste de la cuenca baja del río, debajo de una capa de limos de  $4\Omega$ -m de resistividad y sobre un estrato probablemente arcilloso de  $3\Omega$ -m de resistividad, el techo del acuífero se encuentra a una profundidad de 20 m., a 800 m. del margen de la playa, y con un espesor de 25 m., pero a medida que se aleja de la costa, el acuífero se hace menos profundo y con un menor espesor, llegando a encontrarse en algunos sitios a 10m. de profundidad con 5 m. de espesor, pero debido al perfil que

# SEV	# C A P A	MODELO ATLAS COPCO		MODELO ITALIANO		MODELO FINAL	
		@ AP. ( $\Omega$ -m)	e (m)	@ AP. ( $\Omega$ -m)	e (m)	@ AP. ( $\Omega$ -m)	e (m)
1	1	0.99	7.67	0.95	8.17	1.00	8.00
	2	2.24	23.50	2.01	33.35	2.20	23.00
	3	0.78		0.76		0.80	
2	1	8.36	2.93	8.26	3.06	8.30	3.00
	2	2.38	34.00	2.20	27.90	2.30	20.00
	3	5.54		4.92		5.50	
3	1	19.18	2.25	18.02	2.48	18.00	2.40
	2	4.87	24.00	4.46	22.78	4.50	13.00
	3	6.26		6.54	32.16	6.50	32.00
	4			5.13		4.00	
4	1	11.92	2.37	11.98	2.13	12.00	2.30
	2	3.95	11.61	4.25	14.30	4.30	11.00
	3	7.61	27.71	7.31	29.38	7.60	27.00
	4	3.46		3.51		3.50	
5	1	13.22	1.06	13.35	2.48	18.00	2.40
	2	5.11	8.01	5.22	22.78	4.50	13.00
	3	10.29	20.00	10.39	32.16	6.50	32.00
	4	4.87		4.83		4.00	
6	1	11.60	0.94	11.31	1.04	11.60	1.00
	2	5.18	14.23	5.05	11.11	5.10	12.00
	3	10.81	26.09	9.30	20.28	10.80	24.00
	4	3.33		4.85		4.80	
7	1	12.73	1.04	13.07	0.95	13.00	1.00
	2	7.08	11.02	7.10	10.19	7.00	11.00
	3	12.02	25.00	11.59	25.25	12.00	25.00
	4	5.96		5.45		5.40	

8	1	16.82	0.67	17.08	0.64	17.00	0.65
	2	5.06	0.70	5.01	0.69	5.00	0.70
	3	6.55	3.78	6.84	3.85	6.70	3.80
	4	4.43	34.54	4.32	34.95	4.40	34.80
	5	2.67		2.62		2.70	
9	1	31.81	0.87	30.58	0.85	31.00	0.90
	2	11.05	0.98	10.86	1.00	11.00	1.00
	3	8.24	2.84	8.37	2.93	8.30	2.90
	4	4.23	32.79	4.13	32.41	4.20	32.60
	5	3.39		3.03		3.20	
10	1	23.63	0.95	24.14	0.98	24.00	1.00
	2	11.61	11.50	11.38	14.87	11.50	12.00
	3	6.01	22.00	4.70	18.16	4.70	20.00
	4	2.86		3.03		3.00	
11	1	46.51	0.33	68.20	0.36	40.00	0.40
	2	9.65	1.05	8.69	0.92	9.10	1.00
	3	14.02	3.52	14.65	3.13	14.60	3.30
	4	10.54	34.66	10.50	31.96	10.50	33.00
	5	1.90		2.91		2.90	
12	1	11.29	0.56	12.91	13.62	13.00	3.10
	2	15.50	2.68	4.32		9.65	18.00
	3	9.65	18.31			4.00	
	4	4.04					
13	1	13.40	1.42	13.41	1.18	13.40	1.30
	2	8.67	10.15	9.08	8.48	9.00	11.00
	3	2.48		2.86		3.00	
14	1	30.68	1.52	31.11	1.44	31.00	1.50
	2	6.49	11.37	6.76	9.42	6.60	10.00
	3	2.14		2.48		2.50	
15	1	2.66	0.40	3.50	0.83	3.00	1.00
	2	5.22	21.89	5.49	16.42	5.50	20.00
	3	2.68		2.97		3.00	
16	1	8.50	1.50	8.43	1.91	8.50	1.70
	2	3.00		3.12		3.00	

TABLA VIII: MODELO FINAL OBTENIDO COMPARANDO LOS PROGRAMAS DE LA ATLAS COPCO Y EL DE LOS ITALIANOS

presenta el río que ha erosionado un cauce de 5 o 6 m. de profundidad, el acuífero puede ser encontrado a 4 o 5 m. si se lo hace cerca de las orillas del río, el acuífero presenta un rango de resistividad de 5.5  $\Omega$ -m a 12  $\Omega$ -m.

El acuífero esta compuesto de grava y gravilla con una matriz arenosa, característica de la depositación fluvial que allí se ha efectuado, el tamaño de la grava va de algunos centímetros a algunas décimas de centímetros y el tamaño de la gravilla es de aproximadamente 3-5 mm. de diámetro encontrándose de forma normalmente gradada.

Segun la localización del acuífero en el perfil correspondiente, la zona de recarga ha sido establecida sobre el lecho del río, siendo este quien alimenta el acuífero. Por lo que dicho acuífero esta supeditado a la recarga del río, si este se secara el acuífero solo podría abastecer de agua una cantidad determinada por su capacidad de almacenamiento.

Ahora bien, en la parte Este de la cuenca baja del río el acuífero se comporta de forma diferente, ya que se encuentra debajo de pequeñas capas de suelo y limo, por lo tanto el techo del acuífero se encuentra a aproximadamente 1-5 m. de profundidad y con un espesor de 2-5m. En esta zona se dedujo la existencia de una falla (coordenadas 533;9798.1) que tiene aproximadamente una dirección de N30W, esta falla tiene la característica que no corta los estratos superiores del aluvial, es decir unas pequeñas capas de suelo y limos, pero si el acuífero en estudio, esta falla causó que la pendiente natural del acuífero converja hacia ella, podemos suponer dos cosas:

- 1) que la falla se comporta como un conducto de escape del agua o
- 2) que esta sirva de sello y así formar dos pequeños reservorios de agua que por su tamaño no podrán almacenar gran cantidad de agua.

La falla en el marco geológico encaja per-

fectamente en el contacto de las Formaciones, Tosagua (M. Dos Bocas) y el Grupo Punta Ancon (Socorro), en la que Socorro siendo del Eoceno superior sobresalio al Miembro de Dos Bocas del Mioceno medio, debido a la formación de la cadena montañosa de Chongon-Colonche.

#### B) Determinación de la Superficie Piezométrica

Para la determinación de la superficie piezométrica en la zona de estudio, se utilizaron los datos obtenidos en un inventario de pozos hecho para el efecto, y el perfil estructural realizado con el método eléctrico. El resultado puede ser observado en el Perfil # 1. Con la ayuda de la tabla IX se elaboró el mapa de isopiezas (mapa 6), que servirá mas adelante para la determinación de la dirección de flujo del agua del acuífero y su respectiva pendiente hidráulica.

POZO #	NIVEL ESTATICO (m.)	NIVEL DEL TERRENO (m.)	N. SUP. PIEZOME. (m.) *
2	7.00	10.00	3.00
3	6.45	10.00	3.55
5	1.90	16.00	14.10
6	2.10	18.00	15.90
8	6.20	24.00	17.80
9	6.70	25.00	18.30
10	5.20	39.00	33.80
11	5.75	40.00	34.25
12	1.75	38.00	36.25
13	2.00	54.00	52.00
14	1.00	54.00	53.00
15	1.00	55.00	54.00
16	3.85	4.00	0.15
17	0.60	0.80	0.20
20	6.00	66.00	60.00
21	2.00	55.00	53.00
22	1.00	55.00	54.00
23	1.00	56.00	55.00

TABLA IX: NIVEL PIEZOMETRICO EN LOS DIFERENTES POZOS (\* nivel de la superficie piezométrica).



## C) Determinación de la Porosidad Efectiva (3)

El orden de magnitud de la porosidad de un acuífero puede ser determinada por medio de su resistividad. Esta porosidad será la total e igual al volumen de vacíos, expresada en %, del volumen total de la roca, tomando en cuenta que las vacuolas no influirán, y lo que se obtendrá será la porosidad total comunicante.

Para una formación acuífera saturada no arcillosa, G. E. Archie experimentalmente estableció que existe una relación entre la resistividad ( $\rho$ ) de la formación acuífera saturada no arcillosa; la resistividad ( $\rho_e$ ) del agua contenida en el acuífero; y la porosidad total  $P_t$ , en donde:

$$\rho = F \cdot \rho_e \quad [IV.30]$$

$$F = 1 / P^m \quad [IV.31]$$

donde  $F$  es el factor de formación y  $m$  el coeficiente de cementación o coeficiente de distribución de los poros. Al combinar la

ecuación 31 y 32 se tendrá que:

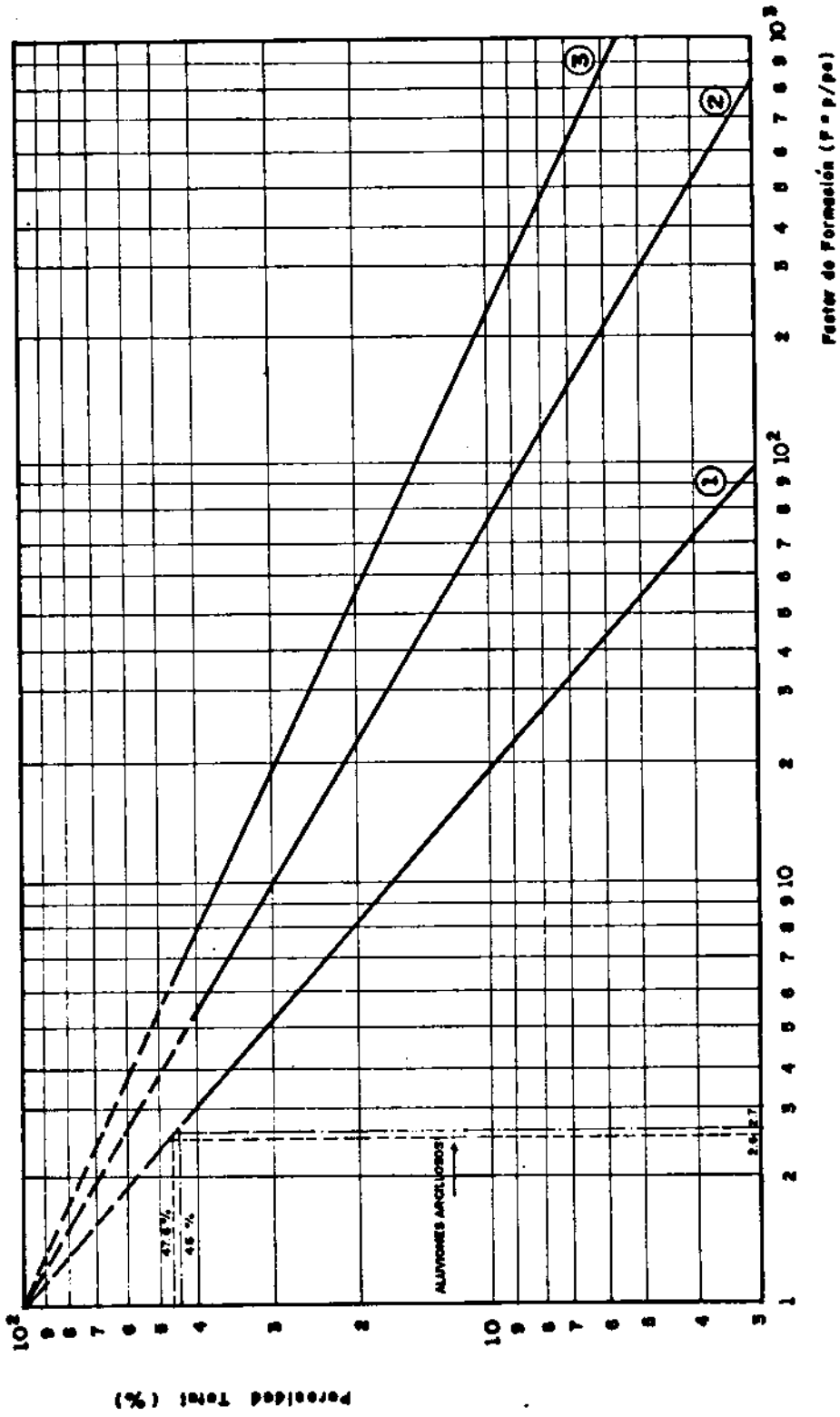
$$P^m = @e / @ \quad [IV.32]$$

Otros autores como Humble y Wyllie han demostrado que se obtiene un mejor resultado utilizando la fórmula:

$$P^m = a \cdot @e / @ \quad [IV.33]$$

Sin embargo, esta última fórmula es utilizada solo cuando se poseen datos de laboratorio, referentes a la porosidad, que permitan calcular los coeficientes  $a$  y  $m$ , de lo contrario se pueden utilizar tres curvas patrón (fig 11), que fueron trazadas con el uso de la fórmula (32), en la cual se tomó en cuenta los valores para " $m$ " dependiendo de:

- cuando se trate de una formación suelta, se utilizará la curva # 1. ( $m = 1.3$ )
- cuando se trate de una roca consolidada con una porosidad de tipo intersticial, se utilizará la curva # 2. ( $m = 1.9$ )



**FIGURA 11: CURVAS QUE DAN LA POROSIDAD TOTAL DE UNA FORMACION ACUIFERA SATURADA EN FUNCION DEL FACTOR DE FORMACION F.**

- 1 : FORMACION SUELTA.
- 2 : ROCA CONSOLIDADA DE POROSIDAD INTERSTICIAL.
- 3 : ROCA CONSOLIDADA DE POROSIDAD DE FISURACION.

-y si se trata de una roca consolidada en la que la porosidad es debida mas a la fisuración que a los intersticios se utilizara la curva # 3. ( $m = 2.35$ )

Teóricamente la porosidad total de los aluviones no consolidados no puede sobrepasar el 47.6%, que corresponde a la porosidad teórica de un modelo de granos esféricos con distribución cúbica. Por lo que segun la curva patrón # 1 de la fig 11, esta porosidad límite corresponde a un factor de formación de 2.6, si el factor de formación tiene una relación menor a 2.6, los aluviones son forzosamente arcillosos, y otra forma de calcular la porosidad total debe ser utilizada.

#### Cálculo de la Resistividad del agua ( $\rho_w$ )

La resistividad del agua del acuífero fue determinada por medio de un muestreo de agua en 6 diferentes pozos del área en estudio, y una muestra del agua del río. Con la utilización de la sonda del Terrametter SAS 300B, se estableció que la resistividad del agua

fue: (tabla X)

POZO #	RESISTIVIDAD e (OHM-M)	TEMPERATURA T (°C)
2	10.60	31.20
5	9.20	31.40
7	10.65	31.40
23	9.40	31.40
24	6.35	31.50
25	4.32	30.50
RIO	14.51	31.20

TABLA X: RESISTIVIDAD DEL AGUA

Para determinar la resistividad del agua, se escogió de la tabla X el promedio de resistividades de los pozos 5 y 23, ya que representan en mejor forma el agua del acuífero, ya que se encuentran a una temperatura (°t) de 31.4 , y porque no se pueden utilizar los demás datos ya que los pozos de agua # 2 y 7 son utilizados por el I.E.O.S. para suministrar agua potable a los poblados cercanos, por lo que utilizan cloro para desinfectar un poco el agua del acuífero ; y los pozos 24 y 25 se encuentran muy cerca de la línea de costa, debido a esto su baja resistivi-

dad. La resistividad promedio es de 9.30 ohm-m.

Se puede observar que la resistividad del agua del río es de aproximadamente 14.6 ohm-m, por lo que debe existir un fenómeno de disolución de sales en profundidad lo que causa la disminución de la resistividad del agua del acuífero a 9.30 ohm-m.

#### Cálculo de la Resistividad del Estrato Acuífero (e)

La resistividad del estrato acuífero se estableció por medio de un perfil de resistividad (registro eléctrico normal largo) efectuado en uno de los pozos del I.E.O.S. cuando fue construido.

La resistividad según el registro eléctrico es de 25.2 ohm-m.

#### Cálculo del Factor de Formación (F)

Utilizando la fórmula [IV.30], el factor de formación es igual a:

$$F = @ / @e ; \text{ si } @ = 25.2 \text{ ohm-m}$$

$$@e = 9.30 \text{ ohm-m}$$

$$\text{entonces } F = 25.2 / 9.30 = 2.71$$

#### Cálculo de la Porosidad Total (Pt)

Con la utilización de la fig 11, y para una formación suelta ( $m = 1.3$ ), con la curva patron # 1, la porosidad total que corresponde a un factor de formación de 2.71 es 46%.

#### Cálculo de la Porosidad Efectiva (Pe)

Con el uso de la ecuación de equilibrio de las porosidades [IV.4], la porosidad efectiva es:

$$Pe = Pt - B$$

donde B = capacidad específica de retención

$$Pt = \text{Porosidad Total}$$

$$F = @ / @e ; \text{ si } @ = 25.2 \text{ ohm-m}$$

$$@e = 9.30 \text{ ohm-m}$$

$$\text{entonces } F = 25.2 / 9.30 = 2.71$$

#### Cálculo de la Porosidad Total (Pt)

Con la utilización de la fig 11, y para una formación suelta ( $m = 1.3$ ), con la curva patron # 1, la porosidad total que corresponde a un factor de formación de 2.71 es 46%.

#### Cálculo de la Porosidad Efectiva (Pe)

Con el uso de la ecuación de equilibrio de las porosidades [IV.4], la porosidad efectiva es:

$$Pe = Pt - B$$

donde B = capacidad específica de retención

Pt = Porosidad Total



Si la capacidad específica de retención para un acuífero de estas características es 8% (fig 4), tendremos que la porosidad eficaz es:

$$P_e = P_t - B = 46 - 8 = 38\%$$

Esta porosidad eficaz intervendrá más adelante en el cálculo de reservas de agua del acuífero.

#### 4.4.2 Método Sísmico (2,3,13)

La prospección sísmica se basa en el estudio de los tiempos de propagación de una onda en terreno desde un punto en el que se provocan ondas hasta puntos de recepción de dichas ondas.

Existen varias clases de ondas elásticas u ondas de deformación que se propagan por un terreno, y estas son:

- 1.- Ondas longitudinales o de compresión y dilatación (ondas P). Estas ondas tienen su plano de vibración paralelo a la dirección

de ellas.

2.- Ondas transversales o de cizalla (ondas S).

En estas el plano de vibración es perpendicular a la dirección de las ondas.

3.- Ondas de superficie, que son aquellas en que su amplitud disminuye con la profundidad, es por esto que viajan en y cerca de la superficie. Existen dos tipos:

a.- Ondas Rayleigh, su trayectoria es elíptica.

b.- Ondas Love, estas son de dispersión.

Estas dos clases de ondas se diferencian por su tipo de movimiento y avance.

Generalmente las velocidades de las ondas transversales son aproximadamente la mitad de la velocidad de las ondas longitudinales siendo las ondas de superficie todavía más lentas. Actualmente, en un estudio sísmico solo se consideran las ondas longitudinales para efectuar la interpretación.

La velocidad de propagación de las ondas elásticas varía dependiendo del tipo de terreno, grado de compactación, alteración, fisuración y fracturación; y aumentan con la profundidad y edad geológica.

Algunos rangos de velocidades de ondas elásticas en diferentes tipo de medio o formaciones se presentan en la tabla XI.

Se ha observado que las leyes de propagación de las ondas elásticas son idénticas a las leyes de óptica geométrica. Los fundamentos de esta similitud se encuentran descritos en los principios de Huyghens y Fermat, por lo que en el sistema representado en la fig 12, en donde se han producido ondas elásticas, mediante un disparo, podemos observar que existen 4 clases de recorridos efectuados por dichas ondas:

- a.- un recorrido hecho por la onda reflejada.
- b.- un recorrido efectuado por la onda refractada.
- c.- un recorrido de la onda en la que hubo

FORMACIONES	VELOCIDADES (Km/S)
AIRE	0.33
AGUA DULCE	1.45
LIMOS	0.20-0.6
CAPA SUPERFICIAL NO CONSOLIDADA	0.20-0.6
ALUVIONES SECOS	0.60-1.2
ALUVIONES HUMEDOS	1.60-2.4
ARCILLAS	1.80-2.2
TOBAS VOLCANICAS	1.80-2.5
MARGAS, CRETA	2.00-3.0
ARENISCAS	2.00-3.5
LAVAS	2.50-4.0
CALIZAS Y DOLOMIAS	3.00-5.0
ESQUISTOS, MICAESQUISTOS	3.00-4.5
GNEIS, CUARCITAS	3.50-5.0
GRANITOS	4.00-6.0

TABLA XI: RANGOS DE VELOCIDADES DE DIFERENTES FORMACIONES  
(3)

refracción total.

d.- un recorrido hecho por la superficie.

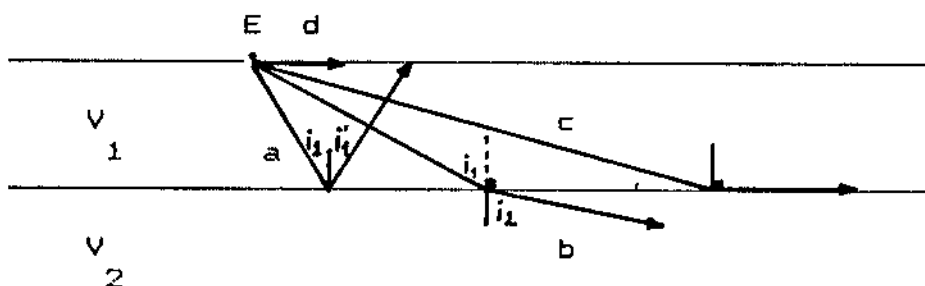


FIGURA 12: RECORRIDO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ONDAS. (3)

Observando la figura 12, podemos notar que el ángulo de reflexión ( $i'1$ ) es igual al de incidencia ( $i1$ ). Haciendo uso de la ley de Snell tenemos que :

$$\frac{\text{sen } i1}{\text{sen } i2} = \frac{V1}{V2} \quad \begin{array}{l} i1 = \text{ángulo de incidencia} \\ i2 = \text{ángulo de refracción} \end{array}$$

[IV.34]

Esta es también la llamada ley de refracción, cuando el ángulo de incidencia  $i1$  se convierte en  $i$  (incidencia crítica) y la velocidad de  $V2 > V1$ , se produce que  $i2 = 90^\circ$ , por lo que la

expresión anterior queda como:

$$\text{sen } i = \frac{v_1}{v_2} \quad [\text{IV.35}]$$

Entonces se dice que existe refracción total.

Todo lo anteriormente expuesto es válido siempre y cuando se supongan las siguientes condiciones:

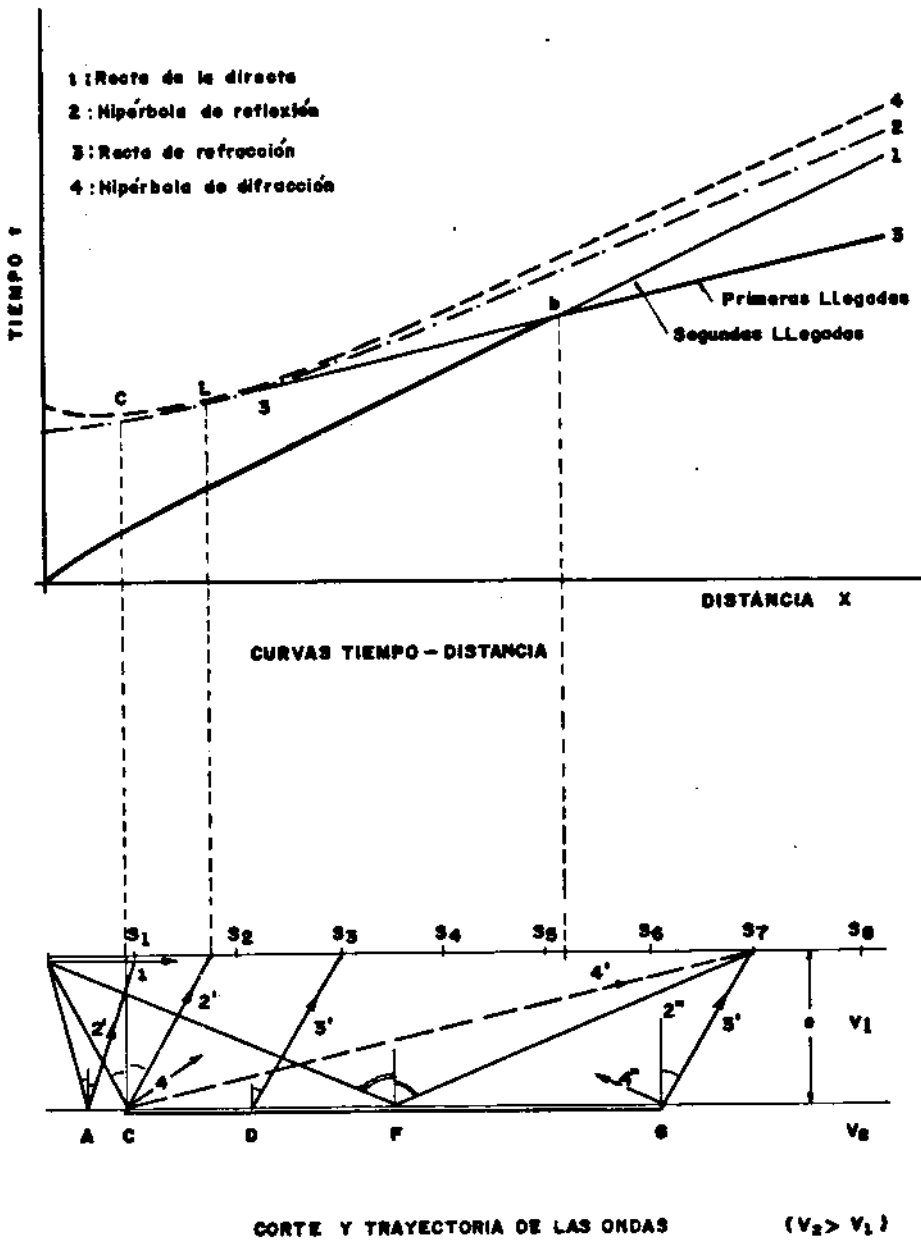
- las diferentes capas del subsuelo son homogéneas e isotrópicas.
- el dispositivo sísmico constituido por puntos de tiro (producción de las ondas elásticas) y los receptores (geófonos) es rectilíneo.
- los contactos geológicos o interfaces admiten un solo plano perpendicular que pasa por el dispositivo sísmico y solo se consideran las trayectorias sísmicas contenidas en este plano.

En conclusión las ondas generadas por un disparo (E) pueden llegar a los receptores (geófonos)

segun 4 trayectorias: (fig 13)

- 1.- una trayectoria directa a lo largo de la superficie del suelo.
- 2.- una trayectoria que se refleja en el contacto de los dos medios ( $V_1, V_2$ ).
- 3.- una trayectoria que ha sufrido una refracción total y que ha seguido a lo largo de una cierta distancia, el techo del segundo medio.
- 4.- y una trayectoria difractada en el techo de la interfaz.

Ahora bien, si los tiempos ( $t$ ) empleados por las ondas elásticas en llegar a los geófonos se grafican contra la distancia a la cual se encuentran colocados dichos geófonos, se obtendrá un conjunto de curvas y rectas características tiempo-distancia correspondiente a las cuatro trayectorias efectuadas por las elásticas. (fig 13). Las gráficas de las trayectorias refractada y reflejada se llaman Dromocrónica e Indicatriz respectivamente.



**FIGURA 13 : DIFERENTES TRAYECTORIAS POSIBLES DE LAS ONDAS Y CURVAS TIEMPO - DISTANCIA.**

- 1: TRAYECTORIA DIRECTA; 2, 2' 2'': TRAYECTORIAS REFLEJADAS;  
 3, 3': TRAYECTORIAS REFRACTADAS;  
 4, 4', 4'': TRAYECTORIAS DIFRACTADAS

(3)



De la fig. 13 podemos observar que solo apartir del punto brillante aparecen las ondas refractadas por los que estas no pueden llegar a ningun receptor antes de él.

Las ecuaciones de estas cuatro curvas y rectas características en su forma mas sencilla son:

1.- Trayectoria Directa (recta)

$$t = \frac{x}{V_1} \quad \text{[IV.36]}$$

donde  $t$  = tiempo de llegada a los geófonos

$x$  = distancia hasta los geofonos

$V_1$  = velocidad del primer medio

2.- Trayectoria Reflejada (hipérbola)

$$t = \sqrt{\frac{x^2}{V_1^2} + \frac{4e^2}{V_1^2}} \quad \text{[IV.37]}$$

Donde  $e$  = espesor del primer medio

## 3.- Trayectoria Refractada (recta)

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2e \cdot \cos i}{V_1} \quad \text{[IV.38]}$$

Donde  $V_2$  = velocidad del segundo medio

$i$  = angulo de incidencia critica

## 4.- Trayectoria Difractada (hipérbola)

Teoricamente existen infinitas curvas para las trayectorias difractadas, estas son hipérbolas cuyas asíntotas son rectas de pendiente  $\pm 1/V_1$ .

Por otro lado, existe una relación entre la velocidad del medio, el espesor y la frecuencia en la que viaja la onda, donde para que la vibración de la onda sea bien transmitida, el espesor del medio debe ser igual a la velocidad sobre la frecuencia, es decir:

$$e = V / f \quad \text{[IV.39]}$$

donde  $e$  = espesor del medio

$V$  = velocidad del medio

$f$  = frecuencia de la onda elástica

Generalmente se utilizan frecuencias de 3-100 hertz para transmitir ondas refractadas, de 10-150 hertz para transmitir ondas reflejadas a gran profundidad y de 30-500 hertz para ondas reflejadas a poca profundidad.

La prospección sísmica puede ser llevada a cabo por medio de dos métodos de estudio:

- Sísmica de Refracción
  
- Sísmica de Reflexión

En ambos casos el procedimiento de estudio consiste en colocar un dispositivo sísmico compuesto de un punto de disparo y una serie de receptores llamados geófonos colocados equidistantemente sobre la superficie del terreno. En el punto de disparo se provoca una sacudida del suelo que crea vibraciones, las cuales se

transmiten por las diferentes capas del subsuelo y suelo, estas vibraciones pueden ser provocadas mediante el uso de explosivos o por medios mecánicos como: por percusión (caída de un peso) o por vibración (vibroseis).

La transmisión y registro del instante de disparo y las sucesivas llegadas de las ondas a los geófonos, se lo hace en un aparato especialmente diseñado para esto, y es una especie de sismógrafo que produce registros o sismogramas (Anexo C) con los que se realiza la interpretación para poder caracterizar los diferentes estratos del subsuelo y así poder realizar un corte estructural del lugar de estudio.

En el presente trabajo se utilizó el método de refracción, que es el más utilizado para la búsqueda de agua subterránea, por lo que se hará referencia solo a este método.

#### A) Sondeo GeoSísmico de Refracción

En un estudio de sismica de refracción siempre se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- la velocidad de la capa infrayacente es siempre mayor que la capa suprayacente, por lo que la velocidad de las capas aumenta con la profundidad.
- los tiempos que se muestran en el grafico tiempo versus distancia son los correspondientes a las primeras llegadas a cada uno de los geófonos.
- del gráfico anteriormente mencionnado se sacará la información necesaria para calcular la profundidad de las diferentes capas como tambien su posible naturaleza.

Supongamos el caso en el que se presentan 3 capas separadas por planos paralelos a la superficie del suelo, para indicar como se procederá a su interpretación:

- Primero se dibujará el gráfico tiempo-distancia, tomando en cuenta las primeras llegadas de los tiempos registrados en cada geófono (s#), uniendo los puntos se obtendran tres diferentes rectas (fig 14).

- Obtenida la gráfica se sacarán las respectivas velocidades ( $V$ ) de los diferentes estratos ( $n$ ), por medio de calcular el inverso de la pendiente de cada recta formada.

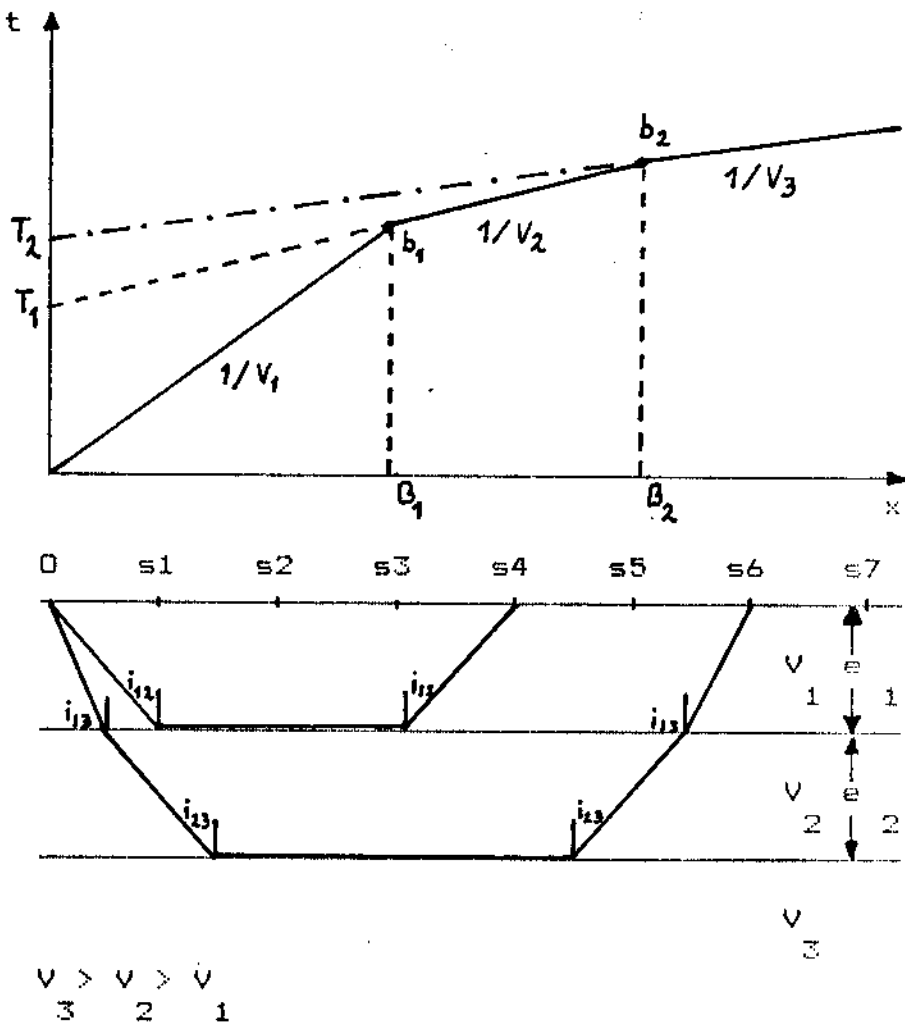


FIGURA 14: CASO DE TRES CAPAS

- luego se procederá a calcular los espesores ( $e_n$ ), este cálculo puede ser efectuado básicamente por dos formas:

a) por medio de las ordenadas en el origen ( $T_1, T_2$ ) donde:

$$e_1 = \frac{T_1 \cdot V_1}{2 \cdot \cos i(1,2)} \quad [\text{IV.40}]$$

$$e_2 = \frac{T_2 \cdot V_2}{2 \cdot \cos i(2,3)} - e_1 \cdot \frac{V_2 \cdot \cos i(1,3)}{V \cdot \cos i(2,3)} \quad [\text{IV.41}]$$

siendo  $T_1$  y  $T_2$ , las intercepciones de las proyecciones de las rectas con el eje de las ordenadas, conociendo que:

$$\text{sen } i(1,2) = \frac{V_1}{V_2} \quad [\text{IV.42}]$$

$$\text{sen } i(1,3) = \frac{V_1}{V_3}$$

y en general

$$\text{sen } i(n-1,n) = \frac{V_{n-1}}{V_n} \quad [\text{IV.43}]$$

$i$  = ángulo de incidencia crítica

$V_n$  = velocidad del medio

b) por medio de los puntos de ruptura  
( $b_1, b_2$ ) donde:

$$e_1 = \frac{B_1}{2} \cdot \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \quad [\text{IV.44}]$$

$$e_2 = \frac{B_2}{2} \cdot \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} - e_1 \cdot Q(1,2) \quad [\text{IV.45}]$$

conociendo que:

$$Q(1,2) = \frac{\sqrt{1 - (V_1/V_3)^2} - \sqrt{1 - (V_1/V_2)^2}}{\sqrt{(V_1/V_2)^2 - (V_1/V_3)^2}} \quad [\text{IV.46}]$$

NOTA : para el caso de  $n+1$  capas el espesor se obtiene:



$$e_n = \frac{B_n}{2} \cdot \sqrt{\frac{V_{n+1} - V_n}{V_{n+1} + V_n}} - e_{n-1} \cdot Q(n-1, n)$$

[IV.47]

$$- e_{n-2} \cdot Q(n-2, n) - \dots - e_1 \cdot Q(1, n)$$

y

$$Q(a, b) = \frac{\sqrt{1 - (V_a/V_{b+1})^2} - \sqrt{1 - (V_a/V_b)^2}}{\sqrt{(V_a/V_b)^2 - (V_a/V_{b+1})^2}}$$

[IV.48]

Estas fórmulas varían un poco cuando las capas del subsuelo tienen planos inclinados con respecto a la superficie del terreno, es por esto que en las fórmulas aparecerán ángulos de inclinación de las capas, en general para capas que tienen poca pendiente de menos de unos 5° pueden ser analizadas con las fórmulas anteriores. Si la pendiente sobrepasa los 5° consulte publicaciones especializadas.

En la fase de investigación del presente trabajo, se efectuó una campaña de sísmica de refracción, interpretación que más tarde

sera comparada con el resultado obtenido con el método eléctrico de resistividad y obtener así mas y mejores criterios para su mejor localización del acuífero.

Para el efecto, se utilizó un aparato de sísmica (Ultralette SX-12) con el que se realizaron 10 sondeos . El dispositivo sísmico utilizado consistió en la colocación de los geófonos cada 5 m. y cinco puntos de disparo que estaban colocados a 5 y 45 m. de los geófonos 1 y 12 con un disparo en el centro. (fig 15)

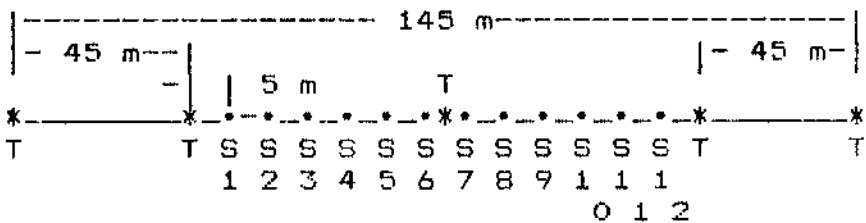


FIGURA 15: DISPOSITIVO UTILIZADO

Los disparos fueron realizados con la ayuda de un equipo llamado vibroside, que consiste en una placa metálica que se coloca sobre el terreno a la cual se golpea con un martillo, este golpe sobre la placa produce las ondas

elásticas necesarias.

El presente dispositivo sísmico alcanza una profundidad de investigación de aproximadamente 33 m., que es la tercera parte de la distancia del tiro mas lejano al geófono mas lejano.

La interpretación de los resultados obtenidos se hizo en base al procedimiento anteriormente descrito en donde:

- a) del registro proporcionado por el Ultrallette SX-12 se sacaron los tiempos de llegada. (Anexo C)
- b) construcción del gráfico distancia versus tiempo.
- c) cálculo de la pendiente de las diferentes rectas para determinar la velocidad de los diferentes estratos.
- d) Se calcularon los diferentes espesores de las distintas capas utilizando el método de los puntos de ruptura.

e) elaboración del corte estructural correspondiente.

Los resultados de la interpretación sísmica pueden observarse en la tabla XII.

Con los resultados obtenidos con este método se elaboró el Perfil # 2. En la parte Oeste de la cuenca el techo del acuífero, se encuentra a 10 m. de profundidad y con un espesor de aproximadamente 30 m., a 800 m. de la línea de costa. A medida que nos alejamos de la línea de costa la profundidad del techo del acuífero y por consiguiente el acuífero mismo se acercan a la superficie, llegando a estar en algunos lugares a 3 o 4 m. de la superficie con un espesor de 10 m. El acuífero se caracteriza por tener rangos de velocidades de 677 - 2083 m/s. Cabe indicar que este método no diferencia entre el estrato de suelo y una capa de limo, que de acuerdo a observaciones hechas en afloramientos y el resultado obtenido con el anterior método, en cambio presenta un horizonte que tiene un rango de velocidades de 211 - 333 m/s.

# SSV	# C A P A	MODELO ESTABLECIDO	
		VELOCIDAD (m/s)	ESPESOR (m.)
1	1	333	7.60
	2	1834	25.38
	3	5000	
2	1	232	5.98
	2	1540	13.34
	3	2400	
3	1	218	6.09
	2	1785	14.89
	3	5000	
4	1	250	7.00
	2	2083	14.13
	3	5000	
5	1	237	4.79
	2	1422	9.13
	3	2750	

# SSV	# C A P A	MODELO ESTABLECIDO	
		VELOCIDAD (m/s)	ESPESOR (m.)
6	1	254	4.37
	2	957	12.10
	3	3125	
7	1	211	5.09
	2	1322	6.84
	3	2436	11.46
	4	5000	
8	1	288	2.30
	2	677	6.63
	3	1989	11.98
	4	5000	
9	1	219	3.93
	2	1638	10.83
	3	2431	
10	1	224	4.22
	2	1583	16.78
	3	3750	

TABLA XII: RESULTADOS SISMICOS EN LA INTERPRETACION GRAFICA REALIZADA PARA EL EFECTO.

Ahora bien sobre la parte Este de la cuenca baja, el acuífero se comporta de forma diferente, ya que se encuentra a pocos metros de la superficie teniendo un espesor de 5 m., y al igual que con el método eléctrico se dedujo la existencia de una falla, que corta el acuífero, dividiéndolo en dos parte, en donde el acuífero localizado al Oeste de la falla es de menor espesor que el que está al Este.

#### B) Determinación de la Porosidad Efectiva (3)

Al igual que la resistividad la magnitud de la porosidad total puede ser determinada por medio de la velocidad del estrato al cual quiere medirse la porosidad, esta velocidad es la obtenida por medio de los sondeos de sísmica de refracción.

Para los aluviones que se encuentran saturados de agua y que no son arcillosos, la fórmula de Wood simplificada es la que servirá para calcular la porosidad total, esta es:

$$\frac{1}{V^2} = \left[ \frac{P}{V_e^2} + \frac{1.6 \cdot (1-P)}{V_s^2 \cdot \sigma} \right] \cdot \left[ P + (1-P)\sigma \right]$$

[IV.49]

donde  $P$  = porosidad total del aluvión  
acuífero

$V$  = velocidad de las ondas sísmi-  
cas en el aluvión acuífero.

$V_e$  = velocidad de las ondas sísmi-  
cas en el agua.

$V_s$  = velocidad de las ondas sísmi-  
cas en la parte sólida del  
aluvión.

$\sigma$  = densidad de la parte sólida  
del aluvión.

pero generalmente:  $V_e = 1.45$  km/s

$V_s = 5.00$  km/s

$\sigma = 2.6$

por lo que la fórmula queda como:

$$\frac{1}{V^2} = 0.064 + (1.13 \cdot P) - (0.72 \cdot P^2)$$

[IV.49]

Con esta fórmula se estableció el gráfico de la figura 16 en donde conocida la velocidad de los aluviones se puede determinar directamente la porosidad total. Utilizando dicho gráfico se determinaron las porosidades de la tabla XIII.

# DE SONDEO	VELOCIDAD DEL ACUIFERO Km/S	POROSIDAD TOTAL %
1	1.834	24.25
2	1.540	44.00
3	1.785	26.50
4	2.083	16.50
5	1.422	-
6	0.957	-
7	1.322	-
8	0.677	-
9	1.638	35.00
10	1.583	40.00

TABLA XIII: POROSIDAD TOTAL

De la tabla XIII se puede observar que la porosidad total es variable, y que adquiere



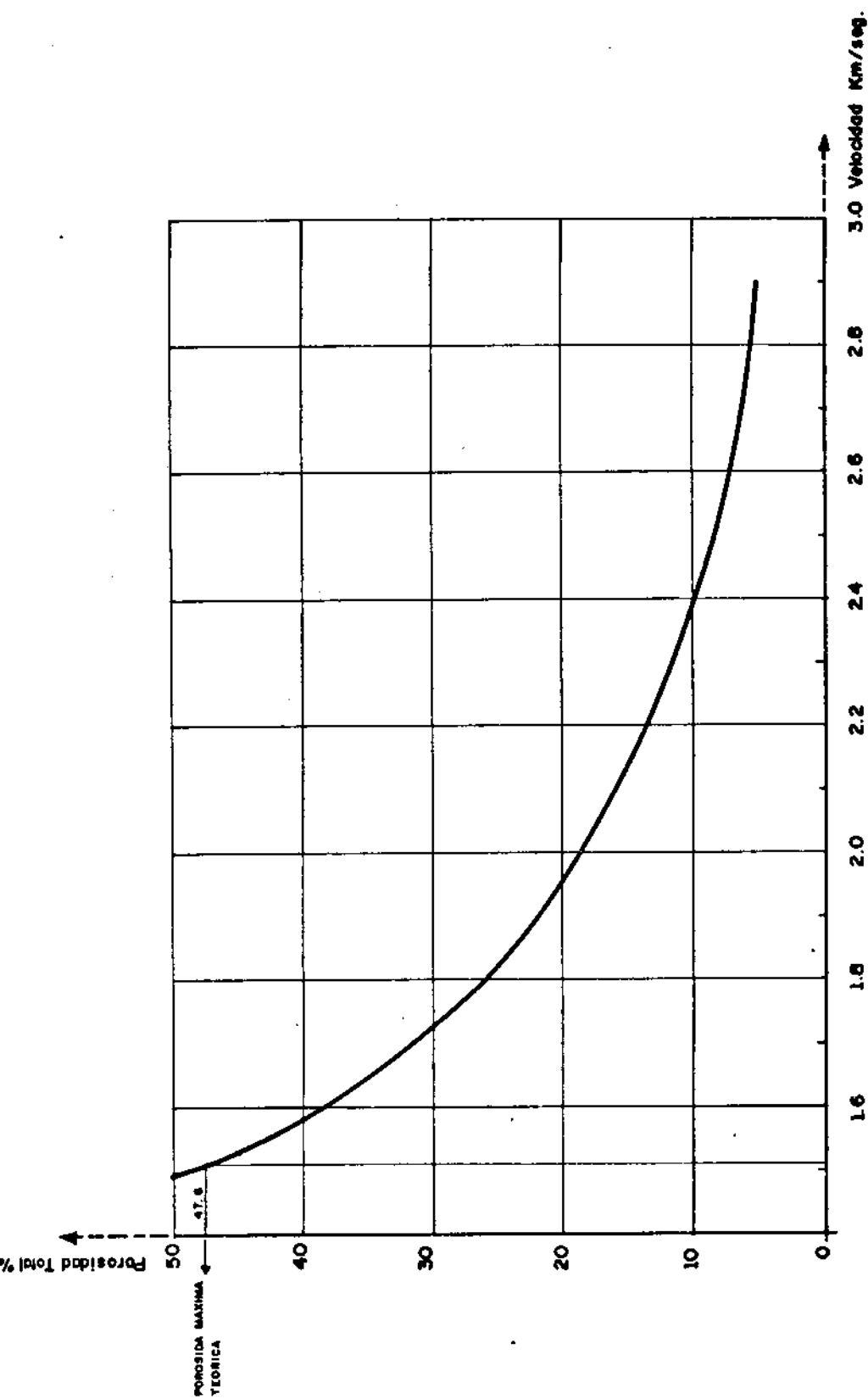


FIGURA 16 : DIAGRAMA QUE DA LA POROSIDAD TOTAL DE ALUVIONES SATURADOS NO ARCILLOSOS EN FUNCION DE LA VELOCIDAD.

(13)

valores de 16.5% hasta 44%, se tomará el promedio de estos dos límites para caracterizar la porosidad total del acuífero, por lo que esta será de 30%. Ahora bien calculando la capacidad de retención específica (B) en 8% para este tipo de acuífero, tendremos que según la ecuación de equilibrio de las porosidades la porosidad efectiva es:

$$P_e = P_t - B$$

$$= 30 - 8$$

Porosidad efectiva = 22 %

Comparando este valor con el resultado obtenido mediante el método eléctrico, se puede observar que existe una notable diferencia, que fácilmente puede ser explicada aclarando que el valor obtenido con el método eléctrico no es representativo ya que se tomó en base a un solo valor local y no se tomaron en cuenta las variaciones laterales, por lo que para cualquier análisis posterior tomaremos la porosidad efectiva como el promedio de ambos resultados es decir un 30 % de

porosidad efectiva.

#### 4.5 INVENTARIO Y REEVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

A continuación se presentará el inventario de puntos de agua encontrados en la zona de trabajo, como también la reevaluación de las características hidrogeológicas, con el fin de determinar y delimitar la capacidad del acuífero para almacenar agua como también su localización.

##### 4.5.1 Inventario de Puntos de Agua

Para el presente trabajo se realizó un inventario de pozos o puntos de agua, en la cual consta, la localización y las características importantes de los puntos de agua. (Anexo D)

Dentro de las características importantes se anotaron la profundidad total del pozo como también la profundidad del nivel estático, que servirá para la determinación de la superficie piezométrica y comprobación de la localización del acuífero.

### A) Tipo de Pozo

En la región estudiada se encontraron dos tipos clásicos de pozos:

- Pozos excavados a mano (18 pozos), todos estos con un acabado de embloqueamiento, es decir con las paredes revestidas hasta la zona del acuífero. Tienen un diámetro que va de 1 a 3 m. y con una profundidad total de 4 a 12 m.
- Pozos perforados con máquina (11 pozos), la perforación de estos pozos fue hecha por compañías como COTESA (pozo # 2), el I.E.O.S. ( pozo # 7) y otras. Todos estos tienen un acabado con tubería de plástico tipo PVC con diámetro de 4 a 8 1/2 pulgadas (10.12 a 21.67 cms.) y con una profundidad total entre de 12 a 35 m.

### B) Sistemas de Explotación

El sistema de explotación del agua subterránea de esta región se la hace por medio de bombeo directamente del pozo. Este bombeo

se lo realiza generalmente por dos tipos de bombas, bombas de superficie o sumergibles, este ultima clase es la utilizada en los pozos # 2 y 7, acargo de la Junta de Agua Potable de Manglaralto y el I.E.O.S. que por medio de una tubería de 4 pulgadas envía el vital líquido a una cisterna de 300 metros cubicos de capacidad, ubicada sobre un cerro de aproximadamente 80 m. de altura localizada al sur este de la población de Manglaralto. El suministro se lo hace por medio de la gravedad.

#### 4.5.2 Parámetros Hidráulicos Subterráneos

Para la reevaluación de los parámetros hidráulicos subterráneos se utilizaron los datos obtenidos en pruebas de bombeo realizados en la zonas que constan en los informes siguientes:

- Informe de las labores de limpieza del pozo # 1 del sistema de agua potable de la parroquia Manglaralto, canton Santa Elena, Provincia del Guayas. Efectuado por el I.E.O.S. en Mayo de 1980.

- Informe Técnico de la Limpieza del pozo # 1. Efectuado por el I.E.O.S. en Agosto de 1984.
  
- Informe Técnico de la perforación del pozo # 1 Definitivo, para el abastecimiento de agua potable de la Poblacion de Cadeate, Canton Santa Elena, Provincia del Guayas. Efectuada por el I.E.O.S. en Octubre de 1982.

Con los datos de las pruebas de bombeo realizados se procedió a recalcular los parámetros hidráulicos.

#### A) Coeficiente de Transmisibilidad y Coeficiente de Almacenamiento

Aplicando los metodos de: Thies, Jacob, Recuperación ( $s-s'$ ), Abatimiento Residual y Distancia entre pozos, se procedió a recalcular el coeficiente de transmisibilidad (T) y el coeficiente de Almacenamiento (S).

Los resultados de estos análisis se encuentran en la tablas XIV y XV.

Observando los resultados de las tablas XIV

DATOS PARA EL POZO # 7	
METODO DE THEIS	T = 30.53 m <sup>3</sup> /d/m S = 6.9 X 10 <sup>-2</sup>
METODO DE JACOB	T = 37.95 m <sup>3</sup> /d/m S = no se debe
METODO DE RECUPERACION	T = 246.14 m <sup>3</sup> /d/m S = no se debe
METODO ABAT. RESUDUAL	T = 240 m <sup>3</sup> /d/m S = no se puede
METODO DISTANCIA	no hay datos de pozos de observación

TABLA XV: TRANSMISIBILIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

DATOS PARA EL POZO # 2				
	1980			1984
	# 2	OBS.1	OBS.2	# 2
METODO DE THEIS	T = 148.77 S =	88.77 3.96-2.0 x10 <sup>-3</sup>	84.96 3.79 x10 <sup>-4</sup>	107.56 3.79 x10 <sup>-4</sup>
METODO DE JACOB	T = 137.48 S =	105.33 3.15-1.6 x10 <sup>-3</sup>		128.85 no se debe
METODO DE RECUPERACION	T = 197.64 m <sup>3</sup> /d/m S = no se debe			
METODO ABAT. RESUDUAL	T = 175.64 m <sup>3</sup> /d/m S = no se puede			
METODO DISTANCIA	T = 149.51 m <sup>3</sup> /d/m S = 7.33 x 10 <sup>-4</sup>			

TABLA XIV: TRANSMISIBILIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

y XV podemos decir que la transmisibilidad (T) varía entre los rangos de  $30.53 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$  y  $148 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ , en las pruebas donde se bombea a caudal constante.

Y para las pruebas de recuperación y distancia del pozo, la transmisibilidad va de 149 a  $246 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ .

El coeficiente de almacenamiento (S), no es recomendable que sea medido en el pozo de bombeo por lo que el coeficiente establecido será en base a los pozos de observación y tiene un rango de  $1.6 \cdot 10^{-3}$  a  $3.96 \cdot 10^{-3}$ , para las pruebas de bombeo y  $7.33 \cdot 10^{-4}$  en la prueba de distancia entre pozos.

Idealmente todos los resultados de las dos tablas y en todos los métodos deberían ser iguales, pero como un acuífero no es totalmente homogéneo e isotrópico los valores varían de un lugar a otro del acuífero, ya que las fórmulas de cálculo de todos los métodos están basadas en estas suposiciones ideales, la diferencia de los resultados puede fácilmente explicarse.



El coeficiente de transmisibilidad para cálculos posteriores en el pozo # 2 (Definitivo 1) será de  $128.85 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$  siendo este el último valor obtenido en la última prueba de bombeo que se hizo en este pozo, y su coeficiente de almacenamiento será de  $2 \cdot 10^{-3}$ , que es el promedio de los resultados obtenidos en los diferentes métodos. Para el pozo # 7 (Cadeate), el coeficiente de transmisibilidad será de  $37.95 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ , siendo este el valor más idóneo por no haber más datos de otra prueba de bombeo y con un coeficiente de almacenamiento igual al pozo anterior por no tener más datos. Cabe notar que para establecer estos resultados se escogieron los valores obtenidos con el método de Jacob, para no cometer un porcentaje de error más alto por la superposición de gráficos patron, también no se escogieron los resultados con los métodos de recuperación ya que estos representan la transmisibilidad del acuífero en un estado natural y el presente estudio lo analizará bajo un estado de explotación. Cabe indicar que la transmisibilidad del acuífero aumenta a medida que se acerca a la costa.

## B) Coeficiente de Permeabilidad

Para el cálculo del coeficiente de permeabilidad, y como no se tiene datos de pruebas de laboratorio, se calculará por medio de la relación que existe entre este coeficiente y el coeficiente de transmisibilidad en donde:

$$T = m \cdot K$$

si  $T$  = transmisibilidad

$m$  = espesor saturado del acuífero

$K$  = permeabilidad

Es por esto que el pozo # 2 que tiene un  $m = 25$  metros y  $T = 128.85$  tiene una permeabilidad  $K = 5.15 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ .

Y el pozo # 7 que tiene un  $m = 16$  metros y  $T = 37.95$ , tiene una permeabilidad  $K = 2.57 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ .

Este coeficiente al igual que la transmisibilidad disminuye a medida que se aleja de

la línea de costa.

### C) Caudal de Explotación

De las pruebas de bombeo realizadas por el I.E.O.S. a los pozos # 2 y 7, se obtuvo que:

- Para el pozo # 2, en el año 1984 (16), el caudal de explotación recomendado era de 4 litros/segundo para un abatimiento de 4.65 m., y un nivel estático 5.81 m.
- Para el pozo # 7, en el año 1982 (17), el caudal de explotación recomendado era de 3 litros/segundo para un abatimiento de 7.81 m., y un nivel estático 9.00 m..

Pero en la actualidad los dos pozos están siendo explotados a 2 litros/segundo cada uno. En verano (temporada baja) la modalidad de explotación es 8 horas diarias de bombeo (8:00 A.M. a 4:00 P.M.), y el caudal explotado abastece la demanda en esta época. Encambio en invierno (temporada alta) los pozos son bombeados todo el día (24 horas), dejando de bombear solo cuando hay algun

corte en el suministro de energía eléctrica. En esta época la rata de producción no abastece la demanda.

El consumo de agua del sistema Manglaralto para el año 1987, fué de 67,806 metros cúbicos, (666 usuarios) debido al aumento poblacional de este sector, equivalente a un 29.6 % de usuarios, ha causado que para el año de 1990 se estime un consumo de 124,000 metros cúbicos. Si se considera que los pozos son bombeados 329 días al año debido a: falta de energía eléctrica y limpieza de la cisterna de almacenamiento; y bombeando 14 horas diárias para no sobreexplotar el acuífero, se necesitará una rata de producción entre los dos pozos de 7.48 litros/segundo. La Junta de Agua Potable de Manglaralto previniendo la necesidad de aumentar el caudal de explotación, ha perforado un pozo a 10 m. de distancia del pozo # 2 (pozo 2<sup>a</sup>), la prueba de bombeo correspondiente ha establecido que el pozo puede ser explotado a 6 litros/segundo, y que sumado con el caudal del pozo # 7 darán una rata de producción máxima de 8 litros/segundo, de los que se

obtendrán un volumen máximo anual de 252,288 metros cúbicos (24 horas bombeando).

A continuación se sugiere un programa de explotación del acuífero, manteniéndose las siguientes condiciones:

- 1- El nivel de agua en la cisterna de almacenamiento no debería descender más del 30% de su capacidad total.
- 2- Si existiera algún corte de energía eléctrica la reserva de agua en el tanque de almacenamiento abastecería el suministro de agua por lo menos un día.
- 3- Explotar el acuífero a una rata de 6 litros/segundo (4 litros/segundo el pozo # 29 y 2 litros/segundo el pozo # 7), para explotar el acuífero uniformemente.

El tanque almacenador es de 300 metros cúbicos, asuminedo un consumo diario de aproximadamente 340 metros cúbicos al día (3.94 litros/segundo) y explotando el acuífero a 6 litros/segundo y suponiendo que el

tanque está lleno, después de 6 horas se tendra que comenzar ha bombear hasta llenar el tanque de nuevo (se necesitan aproximadamente 11 a 12 horas de bombeo continuo) por lo que el ciclo a seguir será de 12 de bombeo y 6 horas de recuperación, tiempo suficiente para que el acuífero se estabilice a o cerca de las condiciones iniciales.

Ahora bien, cuando haya corte de energía eléctrica, se necesitan 41 horas de bombeo continuo para llenar completamente el tanque proporcionando el servicio de agua potable ó en su defecto bombear 14 horas sin prestar el servio para llenarlo completamente y seguir con el ciclo anteriormente descrito. Es aconsejable seguir el segundo procedimiento para no sobre explotar el acuífero.

Por otro lado si se asume que el consumo diario en epoca de invierno es de 400 méetros cúbicos al día (4.63 litros/segundo), para seguir manteniendo las condiciones anteriormente descritas, se necesitan bombear de 16 a 17 horas continuas. En caso de falta de energía eléctrica se recomienda bombear 14

horas sin prestar servicio hasta que se llene el tanque, y luego seguir con el ciclo anteriormente expuesto.

#### D) Potencial del Acuífero y Fluctuaciones

Tomando en consideración que el acuífero estudiado es el que se encuentra localizado al Oeste de la cuenca baja del río Manglaralto, es decir el acuífero que se encuentra desde el poblado de Fajisa hasta la Población de Manglaralto y el cual tiene una extensión igual al valle del aluvial en esa zona, tendremos entonces que:

Siendo el área del aluvial en esta zona aproximadamente  $4.0 \text{ Km}^2$  y el espesor del acuífero un promedio de 15 m., su volumen es de  $6 \times 10^7$  metros cúbicos.

De los estudios geofísicos realizados se obtuvo que la porosidad efectiva (eficaz) de este acuífero es del orden del 30 %, la capacidad máxima será de  $1.8 \times 10^7$  metros cúbicos.

De la información recavada en la zona se ha visto que este acuífero es mayormente explotado por dos pozos, que funcionan como fuente de abastecimiento de agua potable, y que extraen un caudal aproximado de 346 metros cúbicos al día (4 litros/segundo).

Si se establece que el caudal de explotación del acuífero es 500 metros cúbicos al día (6 litros/segundo), adicionando la extracción que se hace en los demás pozos de la zona para usos domésticos y agrícolas (riego de cultivos, pasto, etc.), tendremos entonces que para este acuífero a una tasa de producción de  $1.825 \times 10^5$  metros cúbicos anuales y considerándolo como un sistema cerrado, es decir, sin recarga alguna, tendrá una vida de aproximadamente 100 años. Si el bombeo mediante pozos comenzó en el año de 1980, el acuífero podría funcionar hasta el año 2080 sin recibir recarga alguna, pero como esto no sucede y el acuífero si recibe recarga, un control del mismo se hace necesario para que esta fuente de agua apta para el consumo humano, sea explotada racionalmente.



Ya que tanto el río como el acuífero no son controlados, los factores necesarios para el cálculo de la cantidad de infiltración por medio de la ecuación general del balance hidrológico no puede ser establecida. Ya que para esta ecuación se hace necesario:

- 1) un buen control de los parámetros meteorológicos en la cuenca y en las cuencas aledañas para poder así tener los mapas de precipitaciones, evapotranspiración real, etc. y los demás factores necesarios para establecer con mayor precisión la cantidad de agua que circula en el sistema fluvial y subterráneo de la cuenca. En la actualidad, apenas la precipitación se controla y no se tiene un mapa de precipitaciones anuales actualizado, aunque existe una versión preliminar de estos mapas pero que no concuerdan con los datos recavados, por lo que esta versión preliminar de algunos datos meteorológicos efectuada por el I.N.A.M.H.I. queda descartada.

- 2) un control de la descarga que hace el

rio, esto nos lleva a renovar la estación limnimétrica.

- 3) un buen control de niveles piezométricos en los pozos de la zona para determinar las fluctuaciones del sistema subterráneo.

Aunque se han establecido los parámetros de precipitación, evapotranspiración real, este último en base a la precipitación, los resultados obtenidos no reflejan en 100 % las características de la cuenca, pero por lo menos sirven para tener una idea de los rangos en el que se encuentran dichos factores.

Utilizando los pocos datos que se tiene del nivel piezométrico del pozo # 2 de informes de limpieza y construcción, se ha observado que en el año en el cual fue construido (agosto de 1974), su nivel piezométrico (nivel estático) era de 5.6 m., luego en un reporte de limpieza (mayo de 1980) su nivel descendió a 8.2 m., más tarde en otro informe de limpieza (agosto 1984), el nivel subió

a 5 m., para en julio de 1989 bajar a 7 m.

Al observar estos datos podemos decir que el acuífero tiene una tendencia de permanecer saturado, por lo que la cantidad de infiltración parece ser casi igual a la cantidad de agua que se extrae.

Como se puede notar el nivel piezométrico del acuífero fluctúa entre una profundidad de 5 a 8 m., o entre un rango de 3 m. Las fluctuaciones de el nivel piezométrico se deben muchas veces principalmente ha factores como: la cantidad de evapotranspiración, fenómenos metereológicos, en zonas costeras a la marea, cargas externas es decir estructuras pesadas sobre el acuífero, y terremotos.

#### E) Dirección de Flujo

Utilizando el mapa de isopiezas elaborado anteriormente (mapa 6) y con la ayuda de los perfiles estructurales obtenidos en los estudios geofísicos (Perfil # 1 y 2), se obtuvo que:

- 1) La dirección del flujo de agua diverje del lecho del río, lo cual indica que el lecho del río es la zona de recarga, comportandose así como un río influente o corriente afluyente (12,23).
- 2) La pendiente hidráulica es del orden de 0.026 como un promedio en los dos acuíferos, el cual tiene rangos entre 0.02 hasta 0.04.
- 3) La convergencia de la líneas de flujo en la parte Este de la zona de estudio marcan la presencia de un pequeño acuífero, el cual de acuerdo a los perfiles estructurales, debe haberse formado por la presencia de la falla existente. Este acuífero es de caracter limitado y de poca extensión.
- 4) En cambio la dirección del flujo de agua del acuífero en su parte Oeste tiende a circular en dirección Sur-Oeste, siguiendo el cauce del río Manglaralto.

Los acuíferos costeros, al estar en contacto con el océano, están expuestos a la penetración del agua salada en ellos, ha este fenómeno se le da el nombre de filtración o intrusión marina.

Cuando el agua salada llega a los pozos localizados al interior de la costa, el consumo de esta agua como fuente de agua dulce pierde su utilidad, y puede incluso hasta su uso agrícola. Es por esto que un buen control sobre los pozos sirve mucho para protegerlos y evitar así la intrusión marina.

Existe una forma de representar el fenómeno que sucede cuando se infiltra una cuña de agua salada, esta relación fue descubierta por Ghyben y Herzber y lleva el mismo nombre que sus descubridores (relación de Ghyben-Herzber).

En esta relación se llega a la conclusión de que la cuña del agua salada se encuentra a 40 veces la distancia que hay entre el nivel piezométrico y el nivel del mar, esto es cierto para acuíferos confinados, para acuíferos no confinados el nivel piezométrico se cambia por el nivel freático. (figura 17)

Otra forma de calcular la profundidad de la cuña de

agua salada es por medio de una fórmula que relaciona el caudal de descarga del acuífero con su permeabilidad, densidad del agua salada y dulce, espesor del acuífero y longitud de la cufia (figura 18). Esta relación se representa como:

$$q = \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \right] \cdot \frac{K \cdot b^2}{L} \quad \text{[IV.50]}$$

donde: q = flujo de agua dulce hacia el mar por metro del océano.

$\rho_s$  = densidad del agua salada

$\rho_f$  = densidad del agua dulce

K = coeficiente de permeabilidad

b = espesor del acuífero

L = longitud de la cufia

Para el cálculo del flujo de agua dulce por metro del océano utilizando la ley de Darcy quedaba como:

$$Q = K \cdot I \cdot A$$

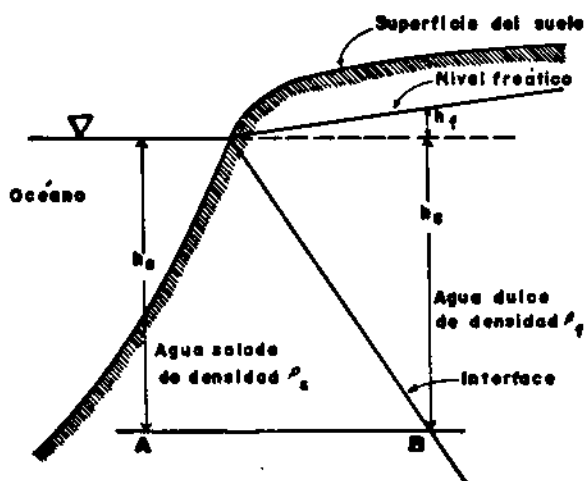


FIGURA 17 : DIBUJO IDEAL INTERFACE AGUA DULCE - AGUA SALADA. ( $h_s = 40h_f$ )

(27)

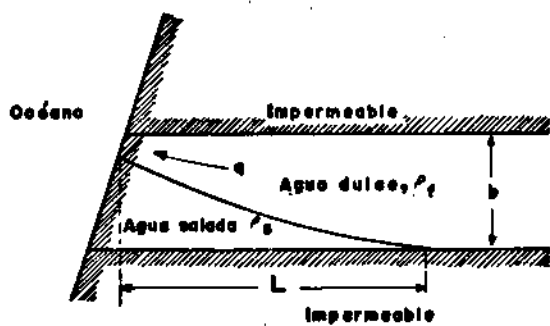


FIGURA 18 : CUÑA DE AGUA SALADA EN UN ACUÍFERO CONFINADO

(27)

siendo  $Q$  = flujo de agua dulce (descarga natural del acuífero)

$K$  = coeficiente de permeabilidad

$A$  = área vertical del acuífero

$I$  = pendiente hidráulica

Para la permeabilidad se utilizará el valor calculado en el pozo # 2 (siendo este el valor obtenido mas cercano a la costa )  $K = 5.15$  m/día, el área vertical es de  $45 \times 1000$  metros cuadrados, con una pendiente hidráulica de 0.04 por lo que:

$$Q = 5.15 \cdot 0.04 \cdot 45000 = 9770 \text{ m}^3/\text{día}$$

en donde  $q = Q/\text{largo del océano} = 9770/1000 = 9.27$

Ahora bien despejando de la fórmula anterior  $L$  se tiene entonces que:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{e_s - e_f}{e_f} \right] \cdot \frac{K \cdot b^2}{q}$$



siendo  $@s = 0.2 \Omega\text{-m}$  ;  $@f = 9.6 \Omega\text{-m}$  ;  $K = 5.15 \text{ m/día}$  ;  
 $b = 45 \text{ mts.}$  y  $q = 9.27 \text{ m}^2/\text{día}$

tenemos que  $L \approx 550.4 \text{ m.}$

Tomando en cuenta los dos formas de establecer la localización de la cuña se procedio a delimitar aproximadamente la interface de agua salada y agua dulce en el acuífero estudiado, el resultado se puede observar en los Perfiles # 1 y 2.

## CAPITULO V

### CALIDAD DE AGUA

Hoy en día existe gran importancia tanto en la cantidad como en la calidad del agua, y debido al desarrollo de la humanidad el control de calidad cada vez se hace más riguroso. A continuación, se presentan algunos criterios que sirven para la determinación de la calidad de agua.

La calidad requerida, depende del uso que se le vaya a dar, sea para consumo humano (doméstico), animal, industrial o agrícola. En el presente capítulo lo enfocaremos desde el punto de vista agrícola y doméstico.

Uno de los factores que más influyen en la calidad de agua es la salinidad, esta salinidad es debida a la gran cantidad de sales que se encuentran en el suelo como en el agua. La concentración de sales en el suelo debido a fertilizantes y a la absorción selectiva de algunas plantas modifican la concentración salina del agua infiltrada. El problema fundamental radica que en suelos con

altos contenido de salinidad implican una baja escasez de productividad generandose asi tierras áridas.

Toda agua subterránea transporta sales en disolución. Las clases y concentraciones de estas sales dependen del medio por donde se movilizan. Generalmente, se encuentran proporciones mas altas de materiales disueltos en el agua subterránea que en el agua superficial, debido que existen mas materiales solubles en los estratos geológicos del subsuelo que sobre la superficie.

Para poder determinar la calidad del agua es necesario realizar un completo conjunto de análisis, químicos, físicos, sanitarios, bacteriológicos y biológicos, sin embargo, para aguas subterráneas basta con solo los análisis físicos, químicos y biológicos, si no existe alguna razon influyente para efectuar los otros dos.

#### 5.1 ANALISIS QUIMICO (12,27)

En un análisis químico completo de una muestra de agua, se determinan las concentraciones de todas las materias inorgánicas presentes.

Las sales al disolverse en el agua subterránea se disocian en forma de iones, a los cuales se les mide

su concentración. En la tabla XVI se presentan los cationes y aniones más comunes que se encuentran en el agua subterránea.

<u>ELEMENTOS COMUNES</u>		<u>ELEMENTOS MENOS</u>
<u>CATIONES</u>	<u>ANIONES</u>	<u>COMUNES</u>
Ca	CO 3	Fe
Mg	CO H 3	Al
Na	SO 4	SiO 2
K	Cl	B
	NO 3	F
		Se

Tabla XVI: IONES MAS Y MENOS COMUNES EN EL AGUA  
(27)

En este análisis tambien deben medirse otros parámetros como: el pH, la conductividad eléctrica, la dureza y la cantidad de sólidos disueltos (TSD).

Las unidades de medida para estos análisis son:

Para la concentración de los diferentes iones se la puede expresar por peso o por su equivalente químico.

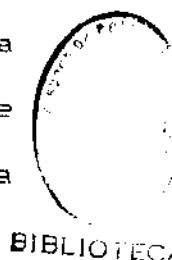
es decir, por partes por millon (ppm), que representa una parte de peso del ión en un millon de partes de peso de agua; o por miligramo equivalente por litro (meq/e) o simplemente miliequivalentes por litro, donde este ultimo es la relación de la concentración de un ion en partes por millon (ppm) para el peso equivalente del ion.

La conductividad eléctrica (EC) se mide en mhos que es el inverso de ohmios por centimetro, pero generalmente la mayoría de las aguas naturales tienen una conductividad con un orden mucho menor, por lo que se utiliza el milimhos/cm (mmhos/cm), y se lo representa así:

Ejemplo: si una muestra de agua tiene una conductividad eléctrica de 0.003285 mho/cm, se la suele representar de la siguiente manera  $3.285 \text{ EC} \times 10^{-3} \text{ mmhos/cm}$ .

La dureza total (TH) es una medida del contenido de calcio y magnesio en donde su medición se la hace de la manera siguiente:

$$\text{TH} = 2.497 \cdot \text{Ca} + 4.115 \cdot \text{Mg} \quad [\text{V.1}]$$



donde  $C_a$  = concentración del ion Ca

$Mg$  = concentración del ion Mg

Y su valor se expresa en ppm o lo que es lo mismo en mg/l (miligramos por litro).

Para medir la concentración total de solidos disueltos (TSD) generalmente se hace de dos maneras:

- 1) Sumando las concentraciones de todos los iones presentes.
- 2) Pesando el residuo seco que queda al evaporar el agua de una muestra.

Es por esto que su medición se la hace en ppm o mg/l.

Existe una relación empírica entre la resistividad del agua y la concentración total de solidos disueltos donde:

$$TSD \approx \frac{6400}{\rho_{25^\circ}} \quad [V.2]$$

$$\rho_{25^\circ} = \rho' \cdot (0.48 + 0.021 \cdot t^\circ) \quad [V.3]$$

Y:  $\rho'$  = resistividad de la muestra a la temperatura  $t^\circ$ .

La tabla XVII presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta fórmula en muestras de agua de algunos pozos de la zona.

POZO #	$\rho'$	$t^\circ$ ( $^\circ\text{C}$ )	$\rho$ 25 $^\circ$	TSD (ppm)
2	10.60	31.2	12.03	532
5	9.60	31.5	10.96	584
7	10.70	31.5	12.21	524
23	10.11	30.4	11.31	566
24	6.38	31.6	7.30	877
25	4.32	30.5	4.84	1322
RIO	14.51	31.2	16.49	388

TABLA XVII: TSD UTILIZANDO LA FORMULA V.2 Y V.3

Existe una forma sencilla de clasificar el tipo de agua en base a la concentración total de los sólidos disueltos (tabla XVIII).

De la anterior clasificación el agua dulce será la más apta para el consumo humano, comparando los resultados obtenidos en la tabla XVIII, se tiene que todas las muestras investigadas a excepción de la

muestra # 25 quedan clasificadas como agua dulce y agua salobre respectivamente. El pozo de agua salobre al parecer esta siendo afectado por la intrusión marina.

CLASIFICACION	CONCENTRACION TSD (ppm)
AGUA DULCE	0 - 1000
AGUA SALOBRE	1000 - 10000
AGUA SALADA	10000 - 100000
SALMUERA	> 100000

TABLA XVIII: CLASIFICACION DEL AGUA SEGUN SU  
CONCENTRACION DE TSD  
(12)

## 5.2 ANALISIS FISICO (12,27)

En un análisis físico de agua se medirán y anotarán, la temperatura, el color, la turbidez, el olor y el sabor.

La temperatura se tomará inmediatamente después de recoger la muestra.

El color debe ser anotado, este se debe a las materias minerales u orgánicas que lleva en disolución, por lo que se mide en ppm comparandolas con solu-



ciones estandar.

La turbidez se medirá como el peso de las materias en suspensión coloidal, tal como las arcillas, silicatos, materia orgánica y organismos microscópicos, se lo podrá medir en ppm.

El sabor y olor que provienen generalmente de las bacterias, gases disueltos, materia mineral o ácidos férricos son difíciles de establecer por los que se lo hace de forma apreciativa.

### 5.3 ANALISIS BACTERIOLOGICO (12,27)

El análisis bacteriológico consiste en una serie de exámenes para poder detectar la presencia de organismos coliformes, los cuales indicaran la calidad sanitaria adecuada para su consumo y uso.

Ya que las bacterias del grupo coliforme son relativamente fáciles de aislar los exámenes tipo para determinar su presencia o ausencia en una muestra de agua que se destine a la bebida son evaluados por medio del número más probable (MPN) de estos, para un volumen de agua dado.

Desde el punto de vista doméstico y basándonos en análisis de aguas claras realizados por el I.E.O.S a los pozos # 2 y 7 en los años de 1980 y 1982 respectivamente, y utilizando las tablas XIX y XX, se puede concluir que la calidad del agua del acuífero estudiado es aceptable para el consumo humano, ya que se encuentra dentro de los límites establecidos tanto por la Norma Española como la Norma Norte-Americana (presentada por el servicio de salud pública de ese país basada en la adopción de la American Water Works Association), e inclusive por la Organización Mundial de la Salud, esta última utilizada en los análisis efectuados por el I.E.O.S..

Ahora bien desde el punto de vista agrícola, teniendo en cuenta la concentración total de sólidos disueltos, hay que poner especial cuidado en el contenido de sodio y más aún, en el índice de adsorción del sodio (SAR). Este índice representa la relación que existe entre la concentración de los iones de sodio con la concentración de los iones de calcio y magnesio, su representación más sencilla es:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \quad [\text{V.41}]$$

CARACTERISTICAS FISICAS

TURBIEDAD	10 ppm
COLOR	20 ppm
OLOR	-
SABOR	-

CARACTERISTICAS QUIMICAS

IONES	LIMITE SUPERIOR (ppm)
Pb	0.1
F	1.5
As	0.05
Se	0.05
Cr (Hexavalente)	0.05
Cu	3.00
Fe, Mn	0.03
Mg	125.00
Zn	15.00
Cl	250.00
SO <sub>4</sub>	250.00
FENOL	0.001
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	500.00
SOLIDOS TOTALES PERMITIDOS	1000.00

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

ORGANISMOS COLIFORMES	un MPN/100 ml
-----------------------	---------------

TABLA XIX: NORMAS PARA LA CALIDAD DE AGUA SEGUN EL SERVICIO PUBLICO DE SALUD DE LOS ESTADOS UNIDOS (27)

<u>CARACTERISTICAS FISICAS</u>	CONVENIENTE (ppm)	LIMITE MAXIMO (ppm)
TURBIEDAD	5	10
COLOR	5	15
OLOR	INODORA	
SABOR	INSIPIDA	
<u>CARACTERISTICAS QUIMICAS</u>		
pH	7.5 - 8.5	6.5 - 9.2
RESIDUO SECO A 110° C	750	1500
Ca	100	200.0
Pb	0	0.1
F	1	1.5
As	0	0.05
Se	0	0.05
Cr	0	0.05
Cu	0	1.50
Fe, Mn	0.20	0.30
Mg	50	100.00
Zn	0	1.50
Cl	250	350.00
SO <sub>4</sub>	200	400.00
FENOL	0	0.001
CIANUROS	0	0.01
<u>MICROBIOLOGIA</u>		
-Numero de colonias desarrolladas en agar nutritivo a 37° C a las 24 horas		1000 por cc
-numero de bacterias coliformes		2 en 100 cc
-Bacterias potencialmente patógenas		ausencia
-bacterias anaerobias		ausencia

TABLA XX: NORMAS ESPAÑOLAS PARA LA POTABILIDAD DE LAS AGUAS (Propuesta en 1965 por el Instituto de Hidrología ). (12)

Donde la concentración es expresada en equivalentes por millón (epm), que es lo mismo que miliequivalentes por litro. A continuación se presentan los factores de conversión de Ca, Mg y Na para transformar la concentración de ppm a epm.

$$\text{Ca}(++) = 0.04990 ; \quad \text{Mg}(++) = 0.08224 ; \quad \text{Na}(+) = 0.04350$$

Otra forma de expresar la concentración del sodio es por medio del porcentajes de este, ya que los suelos que contienen alto contenido de sodio con carbonato como anion predominante, son llamados suelos alcalinos; y aquellos en los cuales los aniones predominantes son los cloruros o sulfatos se denominan suelos salinos. El porcentaje de sodio puede ser determinado mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Na} = \frac{(\text{Na} + \text{K})}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}} \cdot 100 \quad \text{[V.5]}$$

Donde la concentración de los iones se expresa en miliequivalentes por litro (meq/l).

A continuación se presentan dos clasificaciones de calidad de agua por medio del cálculo del porcentaje de sodio y el índice de adsorción del sodio :

CLASE DE AGUA	% Na
EXCELENTE	< 20
BUENA	20 - 40
PERMISIBLE	40 - 60
DUDOSA	60 - 80
INADECUADA	> 80

TABLA XXI: CALIDAD DE AGUA  
SEGUN % Na  
(27)

CLASE DE AGUA	SAR
EXCELENTE	< 10
BUENA	10 - 18
REGULAR	18 - 26
MALA	> 26

TABLA XXII: CALIDAD DE AGUA  
SEGUN SAR  
(27)

Dos efectos dañinos sobre el suelo que produce la mayor concentración de sodio en aguas para riego son: la reducción de la permeabilidad del suelo y el aumento de la dureza del terreno disminuyendo la facilidad de labranza, es decir cuando un agua con alto contenido de sodio se pone en contacto con el suelo, parte de este sodio es retenido por la arcilla existente en el suelo. La arcilla cede calcio y magnesio en intercambio con el sodio. Este intercambio es el que altera las características físicas del suelo. Por esto un agua con exceso de sodio ponde la arcilla pegajosa y escurridiza volviendola de baja permeabilidad, esta al secarse se contrae poniendose dura, tornandola dificil para cultivar. Ahora bien si el agua para riego contiene iones de calcio y magnesio en mayor cantidad que sodio, las particulas arcillosas del suelo retendrán estos iones volviendo el suelo laborable y permeable.

De los análisis realizados por el I.E.O.S. al pozo # 7, se puede observar que la suma de las concentraciones de calcio y magnesio se mantienen estables con la concentración de sodio, por lo que el agua de este acuífero no afectará mucho en la permeabilidad y facilidad de labranza del suelo, a no ser que los fertilizantes que se utilicen para cultivar aumenten o disminuyan uno de estos parámetros afectando así las características del suelo laborable.

Existe otro parámetro que en este caso, también determina la calidad del agua, y este es la calidad del agua superficial de la zona, la cual está condicionada por la contaminación ambiental. En el presente estudio se ha establecido que el agua superficial sobre el cauce del río es la fuente de recarga del acuífero existente, por lo que un control de contaminación ambiental de la zona debe comenzar a llevarse, ya que con el pasar de los años la contaminación en la cuenca se está siendo más grande.

En conclusión, el agua proporcionada por este acuífero es aceptable para el riego de cultivos, ya que queda dentro de la clasificación de las tablas XXI y XXII en donde se enmarca por un lado como una agua permisible (% Na) y por el otro lado como un agua excelente (SAR) para riego.

## CAPITULO VI

### UTILIDAD DEL AGUA

Como ya se ha observado la utilidad del agua depende de su calidad. Su uso puede ser agrícola, industrial o doméstico.

En la zona de estudio, la calidad de agua encontrada tiene características para ser utilizada tanto para riego como también para uso doméstico.

Del inventario de punto de agua realizado (Anexo D) se puede observar que 15 de los 29 pozos localizados sobre la cuenca baja son utilizados como fuente para riego, en cambio los 14 restantes están destinados para uso doméstico (7) y para abastecimiento de agua potable (7). Dos de estos últimos están a cargo de la Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto, con asesoría técnica del I.E.O.S., los cuales abastecen de agua a los poblados de Manglarato, Montañita, Río Chico, Cadeate, San Antonio y Simón Bolívar. Cabe indicar que



los poblados de Dos Mangas y Fajisa, estando en la cuenca del río Manglaralto no reciben este servicio, aunque existe en Dos Mangas un pozo perforado destinado para este fin, sin que en la actualidad funcione por falta de bomba. Por eso, estos dos poblados se abastecen de agua directamente del cauce del río, en época de invierno, y en época de verano cuando el río llega a secarse construyen pequeños pozos sobre el cauce, los cuales se rellenan en la época lluviosa.

La utilización de las aguas para riego dependen de: el tipo de plantas, la cantidad de riego, la calidad del suelo y el tipo de clima local.

#### 6.1 TIPO DE PLANTAS (12,27)

El agua subterránea utilizada para riego depende de los efectos que las materias minerales que lleva en suspensión tengan sobre las plantas y el suelo, es por esto que la presencia o ausencia de uno de estos elementos pueden dañar el desarrollo físico de las plantas.

Entre los factores que más influyen tenemos: la concentración salina y la presencia del boro. Ya que en este estudio solo se cuenta con datos de concentra-

ción salina, su análisis se hará desde este punto de vista.

Comparando la tolerancia relativa de algunas plantas frente a la concentración salina según Richard (tabla XXIII) y observando los tipos de plantas existentes en la zona: aguacate, tomate, espárragos, naranja, limón, maíz, etc., se puede decir que el agua subterránea existente y parcialmente explotada determinada como permisible y excelente para riego, sirve para regar todo tipo de cultivo, de acuerdo a la concentración de sales en el agua.

<u>TOLERANCIA BAJA</u>	<u>TOLERANCIA MEDIA</u>	<u>TOLERANCIA ALTA</u>
PERA	VID	DATIL
MANZANA	OLIVO	REMOLACHA
NARANJA	HIGUERA	ESPARRAGOS
ALMENDRA	GRANDO	ESPINACAS
ALBARICOQUE	TOMATE	CEBADA
MELOCOTON	COL	ALGODON
LIMON	COLIFLOR	
AGUACATE	LECHUGA	
RABANO	MAIZ	
APIO	ZANAHORIA	
HABA	CEBOLLA	
TREBOL	ALFALFA	
	TRIGO	
	CENTENO	
	AVENA	
	GIRASOL	

TABLA XXIII: TOLERANCIA RELATIVA DE LAS PLANTAS FRENTE A LA SAL (SEGUN RICHARD)  
(12)

### 5.2 CANTIDAD DE RIEGO (12,27)

La cantidad de agua para riego influye en la formación del tipo de terreno, fuertes dosis de riego a un terreno sirven para lavar las sales depositadas en el suelo, evitando así de esta manera la formación de suelos demasiado salinos o alcalinos. Este factor muchas veces también depende del tipo de suelo.

### 5.3 CALIDAD DEL SUELO (12,27)

La calidad del suelo es un factor fundamental para el tipo de cultivo, tanto así que por ejemplo la alfalfa crece en terrenos arenosos, en cambio los cítricos crecen en suelos arcillosos.

El tipo de terreno también determina la cantidad de riego ya que un suelo arcilloso tiene una capacidad de desague de sales muy baja, debido al pobre sistema del drenaje de esta, en cambio un terreno con una buena red de drenaje necesitará una menor cantidad de riego para obtener una mejor limpieza de sales sobre el suelo.

La cuenca presenta un suelo tipo arcilloso en algunas partes, debido a la presencia de la Formación Tosagua (Miembro Dos Bocas) y en otras partes algo arenoso

por la Formación Socorro, debido a esto tiene un gran potencial como terreno fértil y bueno para cultivar.

#### 6.4 CLIMA LOCAL

El clima en la zona de estudio la mayor parte del año es de ambiente húmedo y fresco, adecuado para la siembra de una gran cantidad de especies, es por esto que esta zona es bastante productiva.

## CAPITULO VII

### ANALISIS ECONOMICO

Entre las razones de la predilección de la explotación del agua superficial al agua subterránea, sin lugar a duda está su costo, es por esto que el agua subterránea ha tenido como objetivo en la mayoría de los casos resolver problemas particulares (abastecer poblaciones, utilizar para riego, para bebida, etc.).

Pero en las dos últimas décadas la necesidad de explotar al máximo el conjunto de recursos hídricos, con la ayuda de los progresos tecnológicos alcanzados en técnicas de localización y evaluación de dichos recursos (hidrogeología, geofísica, hidráulica subterránea, etc.) han hecho que esta razón ya no tenga su razón de ser.

Técnicas de captación de agua a menudo inspiradas en las técnicas petroleras han demostrado que el precio de las perforaciones y el costo del agua subterránea son en la mayoría de los casos, competitivos frente a los recursos

del agua superficial.

En principio las perforaciones para agua ejecutadas con máquinas de percusión encontraban numerosas dificultades dependiendo de la naturaleza de los terrenos, y a pesar del uso de diferentes métodos desarrollados, la perforación siempre era muy dura. (6)

Los resultados no podían ser previstos, en ausencia de un estudio preliminar serio, y dependían ante todo del factor suerte. El desconocimiento de técnicas especiales, la ausencia de material con características variables según los terrenos en los que circula el agua, reducían automáticamente las posibilidades de éxito, y no podían asegurar una longevidad normal a las obras llevadas a cabo. Salvo en raras excepciones, estos trabajos eran costosos y en todos los casos, limitados a captaciones en formaciones consolidadas. (6)

Luego el empleo de máquinas modernas (de rotación) para la perforación de los terrenos, ha permitido mejorar el rendimiento en cuanto a penetración; sin embargo, se han presentado entonces nuevos problemas debido al empleo de líquidos de circulación, los cuales han ido sumándose a los ya existentes. (6)

## 7.1 COSTO DE LA PERFORACION

El costo de la perforación influye en el costo del agua, la cual está condicionada por:

- el precio de la perforación. Admitiendo una vida útil de esta, que según condiciones regionales y el acuífero captado puede estar entre 20 y 30 años. (6).
- y el volumen de agua obtenido

Aunque muchas veces se considera que la cantidad del agua es un término sobre el cual no es posible intervenir y la vida útil de una perforación es un valor muy optimista el factor que determina en sí el costo del agua será ante todo el precio de la perforación.

El costo de la perforación varía en función de un gran número de elementos naturales, entre los que, principalmente, se encuentran:

- método de explotación
- la profundidad de la capa acuífera

- el espesor de la capa acuífera
- la naturaleza de los terrenos atravesados hasta alcanzar el acuífero
- la naturaleza de la formación acuífera
- la composición química de las aguas, en relación con los materiales de entubación
- el diámetro de la perforación, función del caudal
- y la situación geográfica.

A veces existe también variación del precio en función de las condiciones en las que se ejecutan es decir quien realice el servicio, una entidad privada o estatal.

En un análisis más a fondo sobre los componentes de inversión en los precios de una perforación, estos se pueden dividir fundamentalmente en costos directos e indirectos, registros eléctricos, desarrollo y aforos, y utilidad bruta.

Los costos directos son aquellos aplicables a una



obra o a conceptos de trabajo, se entenderán los resultantes de los gastos e inversiones que ejerza el contratista para ejecutar dicha obra o los conceptos de trabajo que formen parte de ella como: utilización y seguro del equipo, depreciación del equipo, reparación y mantenimiento, combustibles y lubricantes, salarios incluyendo prestaciones, fletes, acarreos y peajes, etc. (28)

Resumiendo lo anterior, el costo directo incluye todos aquellos gastos en que se incurre para proporcionar y suministrar todos los factores de producción necesarios para la ejecución directa de la obra.

Los costos indirectos son aquellos aplicables a una obra o a los conceptos de trabajo que forman parte de la misma, es decir los gastos generados que ejerce la empresa para hacer posible la prosecución de todas sus operaciones en las diversas obras a cargo. Esto es: gastos por concepto de administración, impuestos, financiamiento, seguros, transportes, comunicaciones, renta oficina, bodega y utilería, amortización, etc. El costo indirecto se suele expresar como un porcentaje referido al directo y varía entre 15 - 30 %.

(28)

En la mayoría de los casos algunas tareas son subcontratadas, se distinguen entre ellas: los registros eléctricos y desarrollo y aforos, por lo que la utilidad aquí es poca o nula y se suele expresar en porcentaje del costo directo. (28)

El cálculo de la utilidad bruta como es lógico debe ser efectuado en base al costo total y se recomienda entre 30 - 40 %. (28)

Considerando estas directrices se presenta un ejemplo en el que se desglosa los diferentes componentes en la gestión en donde los porcentajes considerados como es lógico podrán sufrir variación de acuerdo con las condiciones de cada obra.

Ejemplo:

A) COSTO DIRECTO	100 %
B) COSTO INDIRECTO	15 - 30 %
C) REGISTROS ELECTRICOS	5 - 10 %
D) DESARROLLO Y AFOROS	15 - 20 %
E) COSTO TOTAL	135 - 160 %
F) UTILIDAD BRUTA	30 - 40 %
G) PRECIO DE VENTA	165 - 200 %



BIBLIOTECA

## 7.2 COSTOS GENERALIZADOS EN PROYECTO HIDROGEOLOGICO

Se ha visto factores que intervienen en el costo de la perforación, se enfocará ahora desde un punto mas general, es decir a nivel de un estudio hidrogeológico general, para esto utilizaremos de ejemplo un proyecto realizado sobre agua subterránea en España (Proyecto del Guadalquivir), que consistía en parte, en localizar y evaluar los recursos en aguas subterráneas en la cuenca del río Guadalquivir. Este proyecto tiene la característica que la campaña de perforaciones realizadas con maquinaria y personal extranjero tiene un presupuesto prácticamente igual a los obtenido por un organismo oficial.

Para cada perforación se procedió de la siguiente manera:

- Perforación de un pozo de reconocimiento geológico, con extracción y análisis de muestras de terreno.
- Testificación eléctrica
- Estudio hidrogeológico de los acuíferos encontrados (ensayo precisando nivel hidrostático, caudal, calidad de agua, etc.)

- Transformación del pozo de reconocimiento en pozo de preexplotación, por colocación de tubería, filtros, macizo de grava y desarrollo por métodos modernos.
- Ensayo de caudal.

Al finalizar la campaña, porcentajes de las diversas operaciones en base al precio de cada perforación, fueron establecidos de la manera siguiente:

- Transporte: 10 a 25 %, variación dependiente del lugar de la perforación.
- Reconocimiento geológico: 15 a 20 % del precio total.
- Ensayo de capa: 10 % del precio del sondeo (estudio de las características hidrodinámicas de cada acuífero encontrado.
- Trabajos de reperforación para explotación: 10 a 20 %, alcanzó 40 % en lugares por perforación en calizas, pérdida total de inyección y desviación del sondeo.

- Tubería y filtros: 6 al 10 % del precio del sondeo.
- Operaciones de colocación de la tubería y cimentación: 5 a 10 %
- Desarrollo, incluyendo mejora del pozo por tratamiento: 10 % del precio total
- Ensayo de caudal: 4 a 5 %

### 7.3 SITUACION EN LA CUENCA ESTUDIADA

Tomando en consideración los análisis previos procedemos ha analizar el precio del agua de la cuenca.

Como se ha visto en el capítulo anterior se estima un consumo de agua potable de 124,000 metros cúbicos para el año 1990, la Junta de Agua Potable de Manglaralto (dos pozos en explotación) ha establecido un precio de 50 sucres el metro cúbico, lo cual indicará que el ingreso bruto máximo será de S/. 6'200,000.00 esto sin contar con ingresos de multas de reconexión, aportes comunitarios, trabajos realizados a particulares, etc.

Por otro lado tomando en consideración los gastos

realizados en el año 1989 (tabla XXIV) en la cual se observa un gasto promedio mensual de S/. 272,153.00 sucres, dos limpiezas de pozos (S/. 370,780.00-403,040.96) y una perforación de un pozo (S/. 1'190,000.00), cabe indicar que el precio de las limpiezas se estableció a partir del gasto promedio mensual el cual fue obtenido con los diez meses restantes.

Los gastos mensuales generalmente expresan el egreso por:

- hipoclorito de calcio
- energía eléctrica
- papelería y útiles de oficina
- mano de obra y materiales
- aporte al seguro social
- sueldos
- mantenimiento y arriendo

- capital amortizado

MES	GASTOS (S/.)	OBSERVACION
ENERO	642,933.60	LIMPIEZA
FEBRERO	253,695.40	
MARZO	260,695.40	
ABRIL	235,693.90	
MAYO	154,242.50	
JUNIO	265,434.30	
JULIO	419,326.20	
AGOSTO	212,185.90	
SEPTIEMBRE	675,193.96	LIMPIEZA
OCTUBRE	219,282.60	
NOVIEMBRE	310,745.90	
DICIEMBRE	1'580,609.10	PERFORACION POZO

TABLA XXIV: GASTOS DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE MANGLARALTO AÑO 1989

Cabe indicar que son cuatro personas las que trabajan en esta Junta, dos reciben su sueldo del Municipio de Santa Elena y dos de esta Junta.

Considerando que el índice del costo de la vida va aumentando, podemos estimar que para el año 1990 el gasto mensual suba en un 30 % es decir a S/. 353,800.00 sucres, que para el ingreso máximo bruto

de S/. 6'200,000.00 habrá un saldo de utilidades positivo de S/. 1'954,400.00 que representa una utilidad bruta del 46 %, parte de la cual debe ser aprovechada en la limpieza de los pozos.

Por lo que se puede concluir que el sistema de agua potable de Manglaralto, cubre por si solo los requerimientos como un sistema independiente.

Un análisis mas a fondo se necesitará en un futuro no muy lejano debido al aumento poblacional de esta region, y el reciente desarrollo turistico que está sufriendo la misma, por lo que, una red de pozos en la zona deberá ser proyectada para abastecer la demanda futura.

En este análisis se deberá considerar el diseño de una correcta red de pozos sobre el terreno aluvial, con la misma que, y a más de efectuar una explotación racional del acuífero se logrará un exhaustivo control del acuífero.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Desde el punto de vista morfológico en la cuenca del río Manglaralto se han desarrollado dos dominios fundamentales, los relieves montañosos con pedientes mayores al 40 % y los relieves llanos con pedientes menores al 20 %.
2. Se puede decir que el sistema hidrológico de la cuenca del río Manglaralto es el de más tiempo de circulación en el extremo Noroccidental de la Península.
3. Litoestratigráficamente el área es sencilla prevaleciendo las rocas de carácter sedimentario sobre las volcánicas sedimentarias donde las tobas, lutitas tobáceas, areniscas, lutitas silicificadas, grauvacas y depósitos no consolidados son las principales litologías ocurrentes.
4. Estructuralmente el área no muestra complejidad alguna sin existir alguna estructura favorable para el almacenamiento de agua subterránea. Sin embargo la falla definida por estudios geofísicos permite la presencia de dos pequeñas cubetas.

5. Las condiciones de la cuenca, goza de las mejores condiciones hidrológicas y climatológicas de la Península.
6. Hidrogeológicamente la cuenca es sencilla destacándose dos dominios, el dominio montañoso que permite una buena escorrentia y el dominio plano en el que se ha desarrollado la principal unidad acuífera.
7. Una sola unidad acuífera ha sido establecida y está relacionada a los depósitos no consolidados desarrollados marginalmente en los cursos bajos de la red hidrográfica.
8. El principal sistema acuifero está relacionado con el valle aluvial del río Manglaralto.
9. Las condiciones litoestratigráficas ocurrentes en el aluvial del río Manglaralto permiten establecer al sistema acuifero como un sistema acuifero confinado, no surgente.
10. La investigación geoelectrica permitió establecer que el principal acuifero ocurre marginal a la población de Manglaralto debajo de una capa de limos de 4 m de resistividad y sobre un estrato arcilloso de 3 m de

resistividad con un espesor de 25 m..

11. La investigación geoelectrica permitió establecer un valor de 38 % para la porosidad efectiva del sistema acuífero constituido por grava y gravilla.
12. La investigación sísmica practicamente corrobora los resultados obtenidos por el método geoelectrico, aunque por este método se establecio un valor de 22 % para la porosidad efectiva.
13. El sistema acuífero investigado tiene un volumen de  $6 \times 10^7$  metros cúbicos considerandose una cobertura superficial de aproximadamente  $4 \text{ km.}^2$  y un espesor promedio de 15 m., permitiendo un almacenamiento de  $1.8 \times 10^7$  metros cúbicos de agua, considerando como 30 % la porosidad efectiva.
14. Estableciendose una explotación de 500 metros cúbicos por día (6 litros/segundo), el acuífero permite una rata de producción de  $1.825 \times 10^5$  metros cúbicos anuales y considerandolo como un sistema cerrado tendra una vida de aproximadamente 100 años.
15. El agua presenta las condiciones óptimas de calidad a tal punto que el abastecimiento doméstico se lo hace

directamente tan solo con clorinización.

16. La investigación geoelectrica ha permitido establecer que la zona de interface (agua salada - agua dulce) avanza hasta aproximadamente menos de 1 km. desde el litoral.

De la actual investigación se desprende que se hace necesario lo siguiente:

1. Establecer una estación metereológica completa que permita la toma y establecimiento de datos muy útiles para futuras investigaciones.
2. Un riguroso control de las variaciones del nivel piezométrico para definir las condiciones óptimas de explotación.
3. Establecer una red piezométrica marginal con el fin de controlar la intrusión salina.
4. Establecer un programa de control ambiental con el fin de evitar a niveles de degradación derivada tanto del indiscriminado uso domestico como agrícola al cual estan en la actualidad mayormente utilizadas estas aguas.

5. Se debe realizar un correcto establecimiento de la red de explotación a cargo de la Junta de Agua Potable con el fin de asegurar el recurso sin afectar el sistema acuífero.
6. Se debe finalizar la obra de captación en el poblado de Dos Mangas.
7. Se debe extender el servicio de agua potable hasta la población de Pajisa.

# A N E X O : A

- PRECIPITACION
- TEMPERATURA
- HUMEDAD RELATIVA MEDIA

PRECIPITACIONES MENSUALES EN mm

ESTACION: MANGLARALTO

DATOS DEL CEDEGE

ANO \ MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	P. ANUAL
1961	56,9	89,5	44,6	49,4	17,8	18,1	18,0	17,5	17,9	17,5	17,5	17,6	382,3
1962	63,3	56,7	58,4	29,8	29,3	18,2	17,5	17,5	17,5	13,2	8,0	17,5	346,9
1963	3,0	13,6	25,3	2,6	0,0	9,2	17,9	16,8	23,2	19,3	12,0	4,6	147,5
1964	66,3	4,5	149,3	10,0	2,0	18,5	19,3	22,0	5,7	27,4	22,4	4,1	351,5
1965	36,2	39,0	143,6	31,0	14,2	2,6	4,9	1,7	10,8	58,9	29,2	6,0	378,1
1966	67,4	24,0	36,2	2,3	35,1	2,3	22,0	49,0	23,6	27,4	27,0	11,2	327,5
1967	260,0	432,8	0,8	0,0	2,1	14,3	58,6	22,8	12,2	17,4	11,1	15,5	847,6
1968	14,6	4,3	1,2	0,0	25,5	32,2	21,1	3,9	16,9	13,3	35,3	1,0	169,3
1969	30,1	1,0	31,8	16,1	25,0	33,9	54,7	61,1	36,0	23,5	20,4	6,0	339,6
1970	92,0	63,3	57,8	148,7	107,8	47,2	119,0	27,6	15,5	38,7	110,1	11,0	838,7
1971	33,2	73,9	298,7	14,8	9,7	22,9	26,7	31,1	17,3	30,3	24,5	40,0	623,1
1972	67,3	393,8	323,6	149,3	35,4	48,4	13,6	15,7	13,9	35,1	53,1	89,4	1237,6
1973	226,8	399,5	14,5	0,0	29,2	59,4	92,9	87,7	33,8	74,2	23,7	15,7	1057,4
1974	15,6	61,2	31,0	29,9	8,8	32,7	48,5	29,5	12,6	51,0	12,4	14,5	347,7

1975	90,9	185,9	307,3	17,7	6,3	64,7	62,5	20,6	15,3	30,8	42,4	17,4	861,8
1976	158,6	281,4	208,3	44,1	11,2	4,9	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	727,9
1977	63,6	45,3	41,0	1,6	0,0	33,0	6,3	24,9	19,5	71,9	16,4	2,9	326,4
1978	26,4	29,2	96,4	12,9	11,5	31,7	35,1	14,7	20,2	35,0	11,0	5,2	329,3
1979	38,9	47,7	37,7	28,1	3,8	48,2	21,0	33,5	14,2	41,4	34,3	5,2	354,0
1980	3,9	6,2	67,5	3,2	10,4	54,9	19,6	29,8	13,3	62,5	13,6	16,0	300,9
1981	22,2	55,0	21,8	9,0	6,1	14,8	103,1	46,1	14,3	36,5	10,2	7,6	346,7
1982	12,5	2,8	6,2	9,0	1,9	9,2	4,7	1,3	14,0	39,3	98,0	22,4	221,3
1983	165,5	64,7	89,0	360,9	243,2	198,4	62,4	4,6	78,5	72,5	46,9	53,2	1439,8
1984	2,1	183,6	11,0	2,8	6,7	28,3	17,8	20,8	10,3	15,2	8,3	72,2	379,1
1985	68,2	18,6	26,0	2,4	2,1	20,8	13,6	10,9	10,1	17,6	8,8	23,8	222,9
1986	64,0	3,3	10,4	16,5	4,5	2,1	0,0	0,0	36,0	53,9	34,6	1,2	226,5
1987	55,8	296,8	63,1	56,5	9,0	8,6	7,6	22,8	7,6	34,1	8,5	23,6	594,0
1988	29,5	25,9	40,1	18,5	8,0	1,6	28,2	15,1	9,6	23,6	16,6	16,8	233,5
1989	152,5	193,0	238,2	0,0	62,4	36,2	47,8	6,5	8,5	26,4	9,5	3,0	784,0
SUM: NEVADA 1987,3	3095,5	2480,8	1067,1	729,0	917,3	963,8	655,5	528,3	1007,9	765,8	523,6	14742,9	
P. FEDERAL M. 681,5	+ 106,8	+ 65,5	+ 36,8	+ 25,1	+ 31,6	+ 33,9	+ 22,6	+ 18,2	+ 34,8	+ 26,4	+ 18,1	= 508,4	



TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE EN ( C )

ESTACION: MANGLARALTO

DATOS DEL CEDESE

AÑO \ MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	T. ANUAL
1962																	23,5
1963	25,0	25,7	25,8	24,4	23,9	21,7	21,3	21,6	21,3	21,8	21,9	21,9	21,9	21,8	21,9	21,9	23,2
1964	24,6	25,6	26,3	25,6	23,4	21,9	20,4	20,8	20,8	20,8	21,3	22,2	22,2	21,3	22,2	22,9	23,0
1965	25,4	26,2	26,5	26,4	26,0	24,9	23,0	22,0	21,8	22,2	22,1	24,2	24,2	22,1	22,1	24,2	24,2
1966	25,8	26,2	26,3	25,4	24,5	22,1	21,1	21,5	21,5	21,9	22,0	23,1	23,5	21,5	21,9	22,0	23,5
1967	25,6	26,0	25,3	25,5	24,8	22,1	21,2	21,3	20,8	21,4	21,0	22,3	23,1	20,8	21,4	21,0	22,3
1968	24,5	25,1	25,1	24,8	22,5	21,5	21,6	21,4	21,4	21,3	22,3	23,4	22,9	21,4	21,3	22,3	23,4
1969	24,8	26,0	27,2	26,9	26,1	25,0	22,3	21,4	21,9	22,4	22,9			21,9	22,4	22,9	

SUMA MENSUAL	175,7	180,8	182,5	179,0	171,2	159,2	150,9	150,0	149,5	173,5	176,4	162,9	23,3				
T. MENSUAL M	25,1	25,8	26,1	25,6	24,5	22,7	21,6	21,4	21,4	21,7	22,1	23,3	23,4	22,1	22,9	23,5	23,5

HUMEDAD RELATIVA MEDIA EN Z

ESTACION: MANGLARALTO		DATOS DEL CEBEJE											
AÑO \ MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	T. ANUAL
1962										87,0	83,0	78,0	
1963	76,0	76,0	79,0	78,0	81,0	84,0	86,0	86,0	87,0	85,0	83,0	82,0	81,9
1964	82,0	79,0	80,0	80,0	79,0	84,0	87,0	87,0	85,0	86,0	85,0	78,0	82,7
1965	76,0	78,0	80,0	81,0	81,0	81,0	82,0	83,0	86,0	88,0	88,0	82,0	82,2
1966	83,0	80,0	80,0	80,0	82,0	84,0	88,0	89,0	86,0	87,0	84,0	82,0	83,8
1967	82,0	81,0	80,0	78,0	79,0	85,0	86,0	85,0	86,0	86,0	85,0	82,0	82,9
1968	81,0	79,0	78,0	79,0	84,0	86,0	86,0	84,0	86,0	86,0	87,0	81,0	83,1
1969	80,0	77,0	78,0	79,0	81,0	86,0	88,0	88,0	86,0	85,0			
SUMA MENSUAL	560,0	550,0	555,0	555,0	567,0	590,0	603,0	602,0	602,0	602,0	595,0	565,0	82,8
H. MENSUAL M	80,0	78,6	79,3	79,3	81,0	84,3	86,1	86,0	86,0	86,3	74,4	80,7	81,8

# A N E X O : B

- TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS
- DATOS DE SONDEOS ELECTRICOS
- CURVAS DE CAMPO (SONDEOS ELECTRICOS)
- EJEMPLO DE INTERPRETACION MECANICA

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: \_\_\_\_\_ COTA: \_\_\_\_\_ SONDAJE # \_\_\_\_\_  
 RUMBO AB: \_\_\_\_\_ METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: \_\_\_\_\_ EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (OHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20		7.540	
2	1.39	0.20		14.861	
3	1.93	0.20		28.941	
4	2.68	0.20		56.096	
5	3.73	0.20		108.958	
	3.73	0.50		42.923	
6	5.18	0.20		210.427	
	5.18	0.50		83.511	
7	7.20	0.50		162.075	
8	10.00	0.50		313.374	
9	13.90	0.50		606.202	
	13.90	2.00		148.605	
10	19.30	0.50		1169.426	
	19.30	2.00		289.411	
11	26.80	2.00		560.963	
12	37.30	2.00		1089.575	
13	51.80	2.00		2104.270	
	51.80	5.00		835.111	
14	72.00	2.00		4068.362	
	72.00	5.00		1620.748	
15	100.00	5.00		3133.739	
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: N. MAR                      SONDAJE #                      1  
 RUMBO AB: E - W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 528.25, 9796.35                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	142.40	7.540	1.07
2	1.39	0.20	61.20	14.861	0.91
3	1.93	0.20	30.00	28.941	0.87
4	2.68	0.20	16.50	56.096	0.93
5	3.73	0.20	10.00	108.958	1.09
	3.73	0.50	23.60	42.923	1.01
6	5.18	0.20	4.00	210.427	0.84
	5.18	0.50	13.00	83.511	1.09
7	7.20	0.50	6.00	162.075	0.97
8	10.00	0.50	4.00	313.374	1.25
9	13.90	0.50	2.00	606.202	1.21
	13.90	2.00	6.50	148.605	0.97
10	19.30	0.50	1.00	1169.426	1.17
	19.30	2.00	5.00	289.411	1.45
11	26.80	2.00	2.50	560.963	1.40
12	37.30	2.00	1.50	1089.575	1.63
13	51.80	2.00	0.20	2104.270	0.42
	51.80	5.00	0.50	835.111	0.42
14	72.00	2.00		4068.362	
	72.00	5.00		1620.748	
15	100.00	5.00	0.50	3133.739	1.57
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 08/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      2  
 RUMBO AB: N 85 E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COÓRDENADAS: 529.1; 9796.35                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I(mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1174.00	7.540	8.85
2	1.39	0.20	547.00	14.861	8.13
3	1.93	0.20	275.00	28.941	7.96
4	2.68	0.20	137.50	56.096	7.71
5	3.73	0.20	68.50	108.958	7.46
	3.73	0.50	161.00	42.923	6.91
6	5.18	0.20	24.60	210.427	5.18
	5.18	0.50	60.00	83.511	5.01
7	7.20	0.50	28.20	162.075	4.57
8	10.00	0.50	11.80	313.374	3.70
9	13.90	0.50	7.00	606.202	4.24
	13.90	2.00	21.00	148.605	3.12
10	19.30	0.50	2.00	1169.426	2.34
	19.30	2.00	9.00	289.411	2.60
11	26.80	2.00	4.50	560.963	2.52
12	37.30	2.00	3.10	1089.575	3.38
13	51.80	2.00	1.50	2104.270	3.16
	51.80	5.00	3.00	835.111	2.51
14	72.00	2.00	0.90	4068.362	3.66
	72.00	5.00	2.00	1620.748	3.24
15	100.00	5.00	1.10	3133.739	3.45
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      3  
RUMBO AB: N 30 E    METODO: SCHLUMBERGER  
COORDENADAS: 529.33; 9796.5    EQUIPO: SAS 300 B

OBSE	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I(mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1994.00	7.540	15.03
2	1.39	0.20	1140.00	14.861	16.94
3	1.93	0.20	633.00	28.941	18.32
4	2.68	0.20	310.00	56.096	17.39
5	3.73	0.20	138.50	108.958	15.09
	3.73	0.50	306.50	42.923	13.16
6	5.18	0.20	54.80	210.427	11.53
	5.18	0.50	118.40	83.511	9.89
7	7.20	0.50	48.00	162.075	7.78
8	10.00	0.50	19.30	313.374	6.05
9	13.90	0.50	9.60	606.202	5.82
	13.90	2.00	35.80	148.605	5.32
10	19.30	0.50	4.60	1169.426	5.38
	19.30	2.00	17.30	289.411	5.01
11	26.80	2.00	9.30	560.963	5.22
12	37.30	2.00	4.60	1089.575	5.01
13	51.80	2.00	3.40	2104.270	7.15
	51.80	5.00	7.70	835.111	6.43
14	72.00	2.00	1.30	4068.362	5.29
	72.00	5.00	2.90	1620.748	4.70
15	100.00	5.00	2.00	3133.739	6.27
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      4  
 RUMBO AB: N 30 W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 529.25; 9796.85                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1500.00	7.540	11.31
2	1.39	0.20	769.00	14.861	11.43
3	1.93	0.20	409.00	28.941	11.84
4	2.68	0.20	194.50	56.096	10.91
5	3.73	0.20	88.00	108.958	9.59
	3.73	0.50	216.00	42.923	9.27
6	5.18	0.20	36.30	210.427	7.64
	5.18	0.50	87.90	83.511	7.34
7	7.20	0.50	37.00	162.075	6.00
8	10.00	0.50	16.40	313.374	5.14
9	13.90	0.50	8.30	606.202	5.03
	13.90	2.00	31.40	148.605	4.67
10	19.30	0.50	4.00	1169.426	4.68
	19.30	2.00	16.50	289.411	4.78
11	26.80	2.00	9.00	560.963	5.05
12	37.30	2.00	4.80	1089.575	5.23
13	51.80	2.00	2.60	2104.270	5.47
	51.80	5.00	6.90	835.111	5.76
14	72.00	2.00	1.30	4068.362	5.29
	72.00	5.00	3.30	1620.748	5.35
15	100.00	5.00	1.70	3133.739	5.33
16	139.00	5.00		6062.017	



TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: -/XI/84                      COTA: 25 MTS.                      SONDAJE #                      5  
 RUMBO AB: W - E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 530.1; 9796.9                      DATOS OBTENIDOS POR I.E.O.S.

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I(mDHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1657.86	7.540	12.50
2	1.39	0.20	746.95	14.861	11.10
3	1.93	0.20	342.07	28.941	9.90
4	2.68	0.20	150.63	56.096	8.45
5	3.73	0.20	62.41	108.958	6.80
	3.73	0.50	158.42	42.923	6.80
6	5.18	0.20	27.33	210.427	5.75
	5.18	0.50	68.85	83.511	5.75
7	7.20	0.50	34.55	162.075	5.60
8	10.00	0.50	18.99	313.374	5.95
9	13.90	0.50	10.23	606.202	6.20
	13.90	2.00	41.72	148.605	6.20
10	19.30	0.50	5.64	1169.426	6.60
	19.30	2.00	22.80	289.411	6.60
11	26.80	2.00	12.48	560.963	7.00
12	37.30	2.00	6.75	1089.575	7.35
13	51.80	2.00	3.56	2104.270	7.50
	51.80	5.00	8.98	835.111	7.50
14	72.00	2.00	1.72	4068.362	7.00
	72.00	5.00	4.32	1620.748	7.00
15	100.00	5.00	2.06	3133.739	6.45
16	139.00	5.00	0.91	6062.017	5.50

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: N. MAR                      SONDAJE #                      1  
 RUMBO AB: E - W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 528.25, 9796.35                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSE	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	142.40	7.540	1.07
2	1.39	0.20	61.20	14.861	0.91
3	1.93	0.20	30.00	28.941	0.87
4	2.68	0.20	16.50	56.096	0.93
5	3.73	0.20	10.00	108.958	1.09
	3.73	0.50	23.60	42.923	1.01
6	5.18	0.20	4.00	210.427	0.84
	5.18	0.50	13.00	83.511	1.09
7	7.20	0.50	6.00	162.075	0.97
8	10.00	0.50	4.00	313.374	1.25
9	13.90	0.50	2.00	606.202	1.21
	13.90	2.00	6.50	148.605	0.97
10	19.30	0.50	1.00	1169.426	1.17
	19.30	2.00	5.00	289.411	1.45
11	26.80	2.00	2.50	560.963	1.40
12	37.30	2.00	1.50	1089.575	1.63
13	51.80	2.00	0.20	2104.270	0.42
	51.80	5.00	0.50	835.111	0.42
14	72.00	2.00		4068.362	
	72.00	5.00		1620.748	
15	100.00	5.00	0.50	3133.739	1.57
16	139.00	5.00		16062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 08/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      2  
 RUMBO AB: N 85 E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 529.1; 9796.35                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1174.00	7.540	8.85
2	1.39	0.20	547.00	14.861	8.13
3	1.93	0.20	275.00	28.941	7.96
4	2.68	0.20	137.50	56.096	7.71
5	3.73	0.20	68.50	108.958	7.46
	3.73	0.50	161.00	42.923	6.91
6	5.18	0.20	24.60	210.427	5.18
	5.18	0.50	60.00	83.511	5.01
7	7.20	0.50	28.20	162.075	4.57
8	10.00	0.50	11.80	313.374	3.70
9	13.90	0.50	7.00	606.202	4.24
	13.90	2.00	21.00	148.605	3.12
10	19.30	0.50	2.00	1169.426	2.34
	19.30	2.00	9.00	289.411	2.60
11	26.80	2.00	4.50	560.963	2.52
12	37.30	2.00	3.10	1089.575	3.38
13	51.80	2.00	1.50	2104.270	3.16
	51.80	5.00	3.00	835.111	2.51
14	72.00	2.00	0.90	4068.362	3.66
	72.00	5.00	2.00	1620.748	3.24
15	100.00	5.00	1.10	3133.739	3.45
16	139.00	5.00	.	16062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      3  
 RUMBO AB: N 30 E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 529.33; 9796.5                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1994.00	7.540	15.03
2	1.39	0.20	1140.00	14.861	16.94
3	1.93	0.20	633.00	28.941	18.32
4	2.68	0.20	310.00	56.096	17.39
5	3.73	0.20	138.50	108.958	15.09
	3.73	0.50	306.50	42.923	13.16
6	5.18	0.20	54.80	210.427	11.53
	5.18	0.50	118.40	83.511	9.89
7	7.20	0.50	48.00	162.075	7.78
8	10.00	0.50	19.30	313.374	6.05
9	13.90	0.50	9.60	606.202	5.82
	13.90	2.00	35.80	148.605	5.32
10	19.30	0.50	4.60	1169.426	5.38
	19.30	2.00	17.30	289.411	5.01
11	26.80	2.00	9.30	560.963	5.22
12	37.30	2.00	4.60	1089.575	5.01
13	51.80	2.00	3.40	2104.270	7.15
	51.80	5.00	7.70	835.111	6.43
14	72.00	2.00	1.30	4068.362	5.29
	72.00	5.00	2.90	1620.748	4.70
15	100.00	5.00	2.00	3133.739	6.27
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 07/IX/89                      COTA: 10 MTS.                      SONDAJE #                      4  
 RUMBO AB: N 30 W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 529.25; 9796.85                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I(mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1500.00	7.540	11.31
2	1.39	0.20	769.00	14.861	11.43
3	1.93	0.20	409.00	28.941	11.84
4	2.68	0.20	194.50	56.096	10.91
5	3.73	0.20	88.00	108.958	9.59
	3.73	0.50	216.00	42.923	9.27
6	5.18	0.20	36.30	210.427	7.64
	5.18	0.50	87.90	83.511	7.34
7	7.20	0.50	37.00	162.075	6.00
8	10.00	0.50	16.40	313.374	5.14
9	13.90	0.50	8.30	606.202	5.03
	13.90	2.00	31.40	148.605	4.67
10	19.30	0.50	4.00	1169.426	4.68
	19.30	2.00	16.50	289.411	4.78
11	26.80	2.00	9.00	560.963	5.05
12	37.30	2.00	4.80	1089.575	5.23
13	51.80	2.00	2.60	2104.270	5.47
	51.80	5.00	6.90	835.111	5.76
14	72.00	2.00	1.30	4068.362	5.29
	72.00	5.00	3.30	1620.748	5.35
15	100.00	5.00	1.70	3133.739	5.33
16	139.00	5.00		16062.017	

## TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: -/XI/84                      COTA: 25 MTS.                      SONDAJE # 5  
 RUMBO AB: W - E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 530.1; 9796.9                      DATOS OBTENIDOS POR I.E.D.S.

OBSE	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1657.86	7.540	12.50
2	1.39	0.20	746.95	14.861	11.10
3	1.93	0.20	342.07	28.941	9.90
4	2.68	0.20	150.63	56.096	8.45
5	3.73	0.20	62.41	108.958	6.80
	3.73	0.50	158.42	42.923	6.80
6	5.18	0.20	27.33	210.427	5.75
	5.18	0.50	68.85	83.511	5.75
7	7.20	0.50	34.55	162.075	5.60
8	10.00	0.50	18.99	313.374	5.95
9	13.90	0.50	10.23	606.202	6.20
	13.90	2.00	41.72	148.605	6.20
10	19.30	0.50	5.64	1169.426	6.60
	19.30	2.00	22.80	289.411	6.60
11	26.80	2.00	12.48	560.963	7.00
12	37.30	2.00	6.75	1089.575	7.35
13	51.80	2.00	3.56	2104.270	7.50
	51.80	5.00	8.98	835.111	7.50
14	72.00	2.00	1.72	4068.362	7.00
	72.00	5.00	4.32	1620.748	7.00
15	100.00	5.00	2.06	3133.739	6.45
16	139.00	5.00	0.91	6062.017	5.50

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 08/IX/89                      COTA: 25 MTS.                      SONDAJE #                      6  
 RUMBO AB: N S E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 530.4;9796.9                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1486.00	7.540	11.20
2	1.39	0.20	648.00	14.861	9.63
3	1.93	0.20	281.00	28.941	8.13
4	2.68	0.20	128.20	56.096	7.19
5	3.73	0.20	60.50	108.958	6.59
	3.73	0.50	177.00	42.923	7.60
6	5.18	0.20	27.20	210.427	5.72
	5.18	0.50	76.50	83.511	6.39
7	7.20	0.50	38.50	162.075	6.24
8	10.00	0.50	18.00	313.374	5.64
9	13.90	0.50	8.50	606.202	5.15
	13.90	2.00	37.90	148.605	5.63
10	19.30	0.50	4.50	1169.426	5.26
	19.30	2.00	20.50	289.411	5.93
11	26.80	2.00	10.80	560.963	6.06
12	37.30	2.00	6.50	1089.575	7.08
13	51.80	2.00	3.00	2104.270	6.31
	51.80	5.00	9.00	835.111	7.52
14	72.00	2.00	1.90	4068.362	7.73
	72.00	5.00	3.70	1620.748	6.00
15	100.00	5.00	2.00	3133.739	6.27
16	139.00	5.00		16062.017	





TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 09/IX/89      COTA: 55 MTS.      SONDAJE #      8  
 RUMBO AB: W - E      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 532.5; 9797.85      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	2830.00	7.540	21.34
2	1.39	0.20	631.00	14.861	9.38
3	1.93	0.20	318.00	28.941	9.20
4	2.68	0.20	123.00	56.096	6.90
5	3.73	0.20	68.00	108.958	7.41
	3.73	0.50	151.00	42.923	6.48
6	5.18	0.20	35.70	210.427	7.51
	5.18	0.50	78.10	83.511	6.52
7	7.20	0.50	37.30	162.075	6.05
8	10.00	0.50	18.20	313.374	5.70
9	13.90	0.50	8.90	606.202	5.40
	13.90	2.00	34.70	148.605	5.16
10	19.30	0.50	4.40	1169.426	5.15
	19.30	2.00	16.90	289.411	4.89
11	26.80	2.00	8.00	560.963	4.49
12	37.30	2.00	4.00	1089.575	4.36
13	51.80	2.00	2.10	2104.270	4.42
	51.80	5.00	4.90	835.111	4.09
14	72.00	2.00	0.85	4068.362	3.46
	72.00	5.00	2.40	1620.748	3.89
15	100.00	5.00	1.10	3133.739	3.45
16	139.00	5.00		16062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 09/IX/89                      COTA: 55 MTS.                      SONDAJE #                      9  
 RUMBO AB: N 25 W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 532.8; 9798.1                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	5510.00	7.540	41.54
2	1.39	0.20	1202.00	14.861	17.86
3	1.93	0.20	575.00	28.941	16.64
4	2.68	0.20	304.00	56.096	17.05
5	3.73	0.20	110.50	108.958	12.04
	3.73	0.50	240.00	42.923	10.30
6	5.18	0.20	41.70	210.427	8.77
	5.18	0.50	89.25	83.511	7.45
7	7.20	0.50	45.00	162.075	7.29
8	10.00	0.50	21.40	313.374	6.71
9	13.90	0.50	10.00	606.202	6.06
	13.90	2.00	36.50	148.605	5.42
10	19.30	0.50	4.50	1169.426	5.26
	19.30	2.00	16.30	289.411	4.72
11	26.80	2.00	7.70	560.963	4.32
12	37.30	2.00	3.60	1089.575	3.92
13	51.80	2.00	1.90	2104.270	4.00
	51.80	5.00	3.90	835.111	3.26
14	72.00	2.00	1.30	4068.362	5.29
	72.00	5.00	2.50	1620.748	4.05
15	100.00	5.00	1.20	3133.739	3.76
16	139.00	5.00		16062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 09/IX/89                      COTA: 55 MTS.                      SONDAJE #      11  
 RUMBO AB: N 15 E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 533.15; 9798.1                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSE	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	5020.00	7.540	37.85
2	1.39	0.20	888.00	14.861	13.20
3	1.93	0.20	396.00	28.941	11.46
4	2.68	0.20	202.00	56.096	11.33
5	3.73	0.20	113.50	108.958	12.37
	3.73	0.50	277.00	42.923	11.89
6	5.18	0.20	66.00	210.427	13.89
	5.18	0.50	155.00	83.511	12.94
7	7.20	0.50	79.60	162.075	12.90
8	10.00	0.50	38.00	313.374	11.91
9	13.90	0.50	18.00	606.202	10.91
	13.90	2.00	67.40	148.605	10.02
10	19.30	0.50	9.40	1169.426	10.99
	19.30	2.00	37.00	289.411	10.71
11	26.80	2.00	19.30	560.963	10.83
12	37.30	2.00	9.55	1089.575	10.41
13	51.80	2.00	4.25	2104.270	8.94
	51.80	5.00	10.35	835.111	8.64
14	72.00	2.00	1.50	4068.362	6.10
	72.00	5.00	4.40	1620.748	7.13
15	100.00	5.00	1.30	3133.739	4.07
16	139.00	5.00		16062.017	



TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: -/XI/84                      COTA: 65 MTS.                      SONDAJE # 13  
 RUMBO AB: W - E                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 533.8; 9798.2                      DATOS OBTENIDOS POR I.E.O.S.

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1724.18	7.540	13.00
2	1.39	0.20	871.44	14.861	12.95
3	1.93	0.20	442.28	28.941	12.80
4	2.68	0.20	205.00	56.096	11.50
5	3.73	0.20	96.37	108.958	10.50
	3.73	0.50	244.62	42.923	10.50
6	5.18	0.20	46.33	210.427	9.75
	5.18	0.50	116.75	83.511	9.75
7	7.20	0.50	57.07	162.075	9.25
8	10.00	0.50	27.12	313.374	8.50
9	13.90	0.50	12.37	606.202	7.50
	13.90	2.00	50.47	148.605	7.50
10	19.30	0.50	5.30	1169.426	6.20
	19.30	2.00	21.42	289.411	6.20
11	26.80	2.00	8.56	560.963	4.80
12	37.30	2.00	3.49	1089.575	3.80
13	51.80	2.00	1.50	2104.270	3.15
	51.80	5.00	3.77	835.111	3.15
14	72.00	2.00	0.66	4068.362	2.70
	72.00	5.00	1.67	1620.748	2.70
15	100.00	5.00	0.80	3133.739	2.50
16	139.00	5.00	0.41	6062.017	2.50





TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: 08/IX/89                      COTA: 70 MTS.                      SONDAJE #                      15  
 RUMBO AB: N 15 W                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 534.4; 9798.5                      EQUIPO: SAS 300 B

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	466.00	7.540	3.51
2	1.39	0.20	263.00	14.861	3.91
3	1.93	0.20	154.00	28.941	4.46
4	2.68	0.20	84.00	56.096	4.71
5	3.73	0.20	49.00	108.958	5.34
	3.73	0.50	111.40	42.923	4.78
6	5.18	0.20	27.20	210.427	5.72
	5.18	0.50	60.70	83.511	5.07
7	7.20	0.50	31.00	162.075	5.02
8	10.00	0.50	15.90	313.374	4.98
9	13.90	0.50	7.90	606.202	4.79
	13.90	2.00	34.30	148.605	5.10
10	19.30	0.50	3.60	1169.426	4.21
	19.30	2.00	16.90	289.411	4.89
11	26.80	2.00	8.00	560.963	4.49
12	37.30	2.00	4.00	1089.575	4.36
13	51.80	2.00	2.00	2104.270	4.21
	51.80	5.00	4.50	835.111	3.76
14	72.00	2.00	0.80	4068.362	3.25
	72.00	5.00	2.30	1620.748	3.73
15	100.00	5.00		3133.739	
16	139.00	5.00		6062.017	

TABLA PARA SONDAJES ELECTRICOS

FECHA: -/XI/84                      COTA: 55 MTS.                      SONDAJE #      16  
 RUMBO AB: N - S                      METODO: SCHLUMBERGER  
 COORDENADAS: 532.5; 9798.4      DATOS OBTENIDOS POR I.E.O.S.

OBSER	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (MOHM)	K (m)	@ (OHM.m)
1	1.00	0.20	1100.82	7.540	8.30
2	1.39	0.20	555.16	14.861	8.25
3	1.93	0.20	272.97	28.941	7.90
4	2.68	0.20	124.79	56.096	7.00
5	3.73	0.20	55.07	108.958	6.00
	3.73	0.50	139.78	42.923	6.00
6	5.18	0.20	24.71	210.427	5.20
	5.18	0.50	62.27	83.511	5.20
7	7.20	0.50	25.91	162.075	4.20
8	10.00	0.50	11.49	313.374	3.60
9	13.90	0.50	5.61	606.202	3.40
	13.90	2.00	22.88	148.605	3.40
10	19.30	0.50	2.82	1169.426	3.30
	19.30	2.00	11.40	289.411	3.30
11	26.80	2.00	5.70	560.963	3.20
12	37.30	2.00	2.94	1089.575	3.20
13	51.80	2.00	1.47	2104.270	3.10
	51.80	5.00	3.71	835.111	3.10
14	72.00	2.00	0.75	4068.362	3.05
	72.00	5.00	1.88	1620.748	3.05
15	100.00	5.00	0.96	3133.739	3.00
16	139.00	5.00	0.49	6062.017	3.00

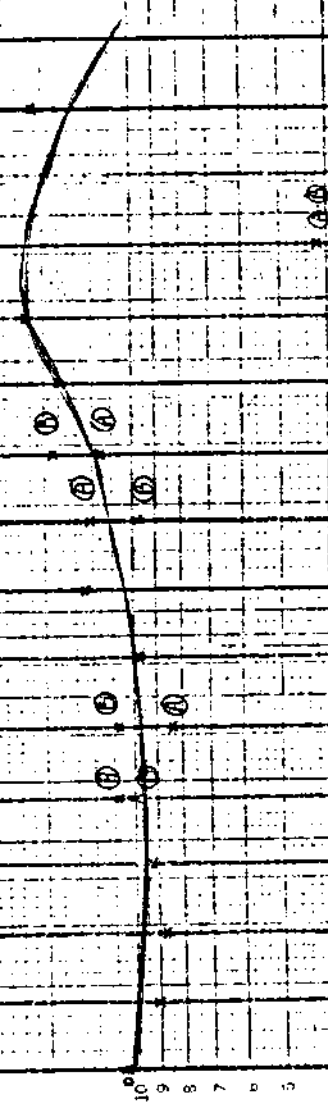


$l_2 = 1.8$   $m_2 = 34$   
 $l_3 = 0.8$   $m_3 = \infty$

FEH: 7 / IX / 87 DATA: NIVEL SOMMAIRE 1  
 METHODE: DEL  
 EQUIPE: SRS 300 B  
 COORDENATES: 5 23 57 02 6.35

DESEE: 188/2 (m) 188/2 (s) : VI (OHM) : K (m) :  $\beta$  (OHM.m)  
 m $\Omega$

1	1,00	0,20	142,4	7,540	1,07
2	1,35	0,20	61,2	14,861	0,91
3	1,93	0,20	30,0	28,941	0,87
4	2,68	0,20	16,5	56,056	0,93
5	3,73	0,20	10,0	108,858	1,09
	3,73	0,50	23,6	42,923	1,01
6	5,18	0,20	4,0	210,422	0,89
	5,18	0,50	13,0	87,511	1,09
7	7,20	0,50	6,0	162,075	0,97
8	10,00	0,50	4,0	313,374	1,25
9	13,90	0,50	2,0	606,202	1,21
	13,90	2,00	6,5	148,605	0,97
10	19,30	0,50	1,0	1169,426	1,17
	19,30	2,00	5,0	299,411	1,45
11	26,90	2,00	2,5	560,563	1,40
12	37,30	2,00	1,5	1099,575	1,63
13	51,80	2,00	0,2	12104,270	0,42
	51,80	5,00	0,5	835,111	0,42
14	72,00	2,00	0,2	14948,152	
	72,00	5,00	0,1	11623,758	
15	100,00	5,00	0,1	13133,239	1,57
16	139,00	5,00		16052,017	

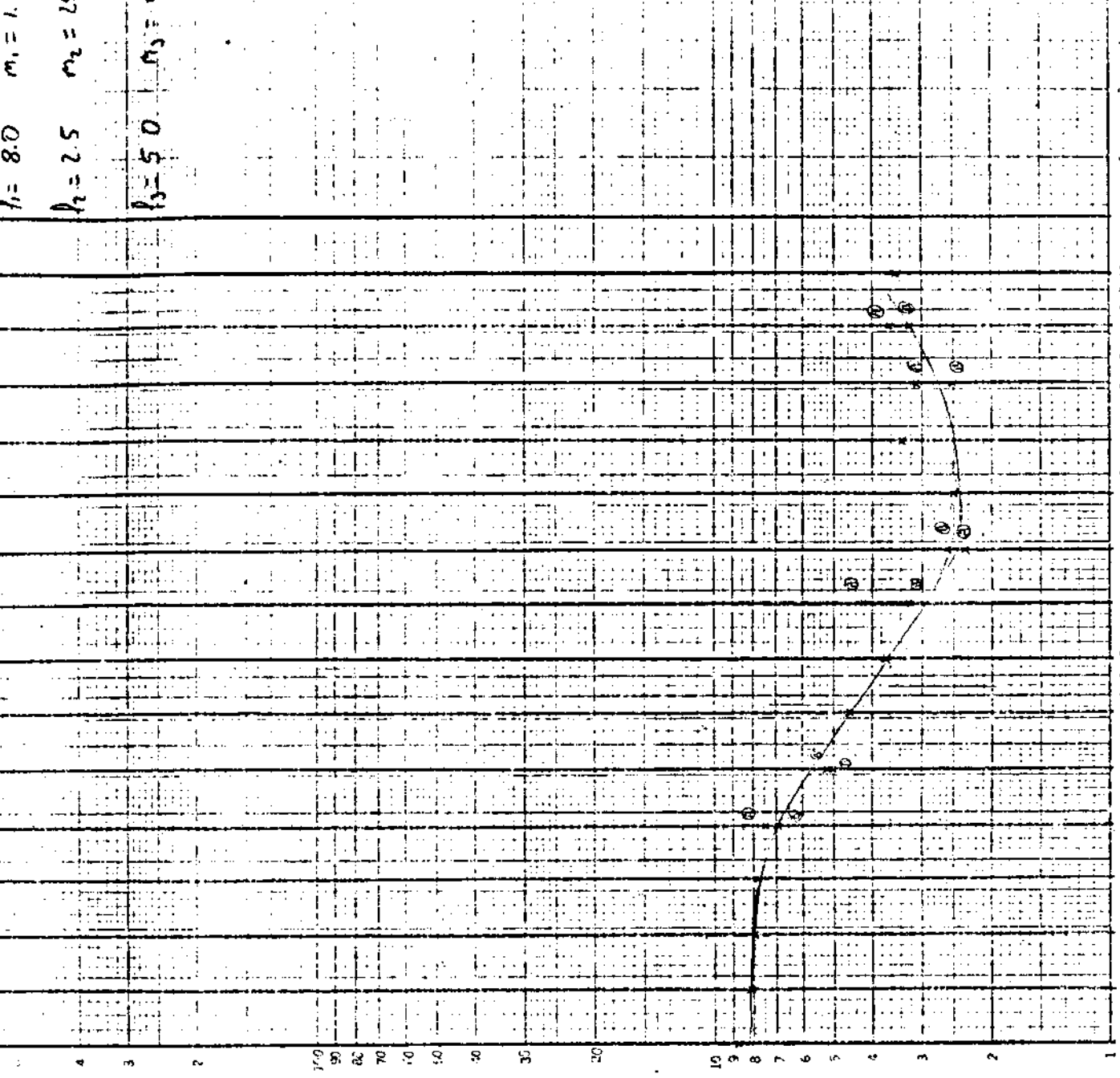


10  
 9  
 8  
 7  
 6  
 5  
 4  
 3  
 2  
 1  
 0

1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8  
 9  
 10

FECHA: 8/11/89. COTA: 10m. SURTEJE # 2  
 RU-20 48: 7.25° METODO: SCHUMBERGER  
 ESTACIONES: 27.1 / 97.96.35 EQUIPO: SAS 300 B

GSEER	IAS/2 (m)	IMN/2 (m)	V/I (GRM)	K (g)	P (GRM.m)
1	1.00	0.20	1.174	7.540	8.85
2	1.33	0.20	0.547	14.861	8.13
3	1.83	0.20	0.275	28.941	7.96
4	2.48	0.20	0.136	56.076	7.71
5	3.73	0.20	0.069	108.958	7.46
	3.73	0.50	0.101	42.923	6.91
6	5.18	0.20	0.035	210.427	5.78
	5.18	0.50	0.060	83.511	5.01
7	7.20	0.50	0.028	162.075	4.57
8	10.00	0.50	0.012	313.374	3.70
9	13.90	0.50	0.007	606.202	4.24
	13.90	2.00	0.021	148.605	3.72
10	19.30	0.50	0.002	1119.426	2.34
	19.30	2.00	0.029	289.411	2.60
11	26.80	2.00	0.005	560.963	2.52
12	37.30	2.00	0.003	1107.575	3.38
13	51.80	2.00	0.002	42104.270	3.16
	51.80	5.00	0.003	1535.111	2.51
14	72.00	2.00	0.001	14045.352	3.66
	72.00	5.00	0.001	11620.748	3.24
15	100.00	5.00	0.001	33133.739	5.15
16	150.00	5.00		15067.017	



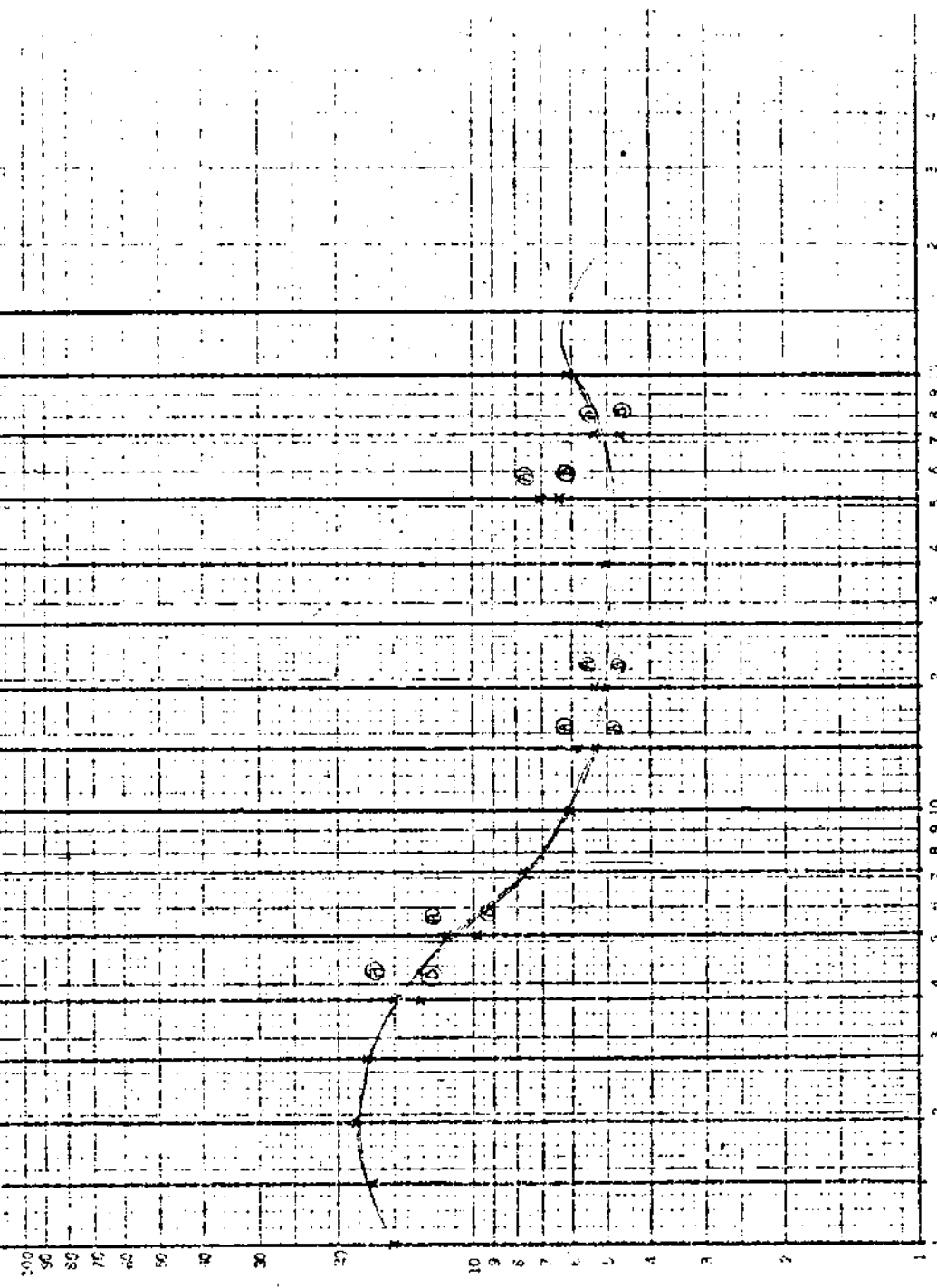
$m_1 = 1$   
 $m_2 = 2.5$   
 $m_3 = 5.0$

METHOD: SCHLUBERGER  
 EQUIP: SAS 300 B  
 CORR: 5.24.33 ; 97.96.5

BASSER 14872 (a) INW/2 (a) : V/I (OHM) : K (a) : P (OHM.a)

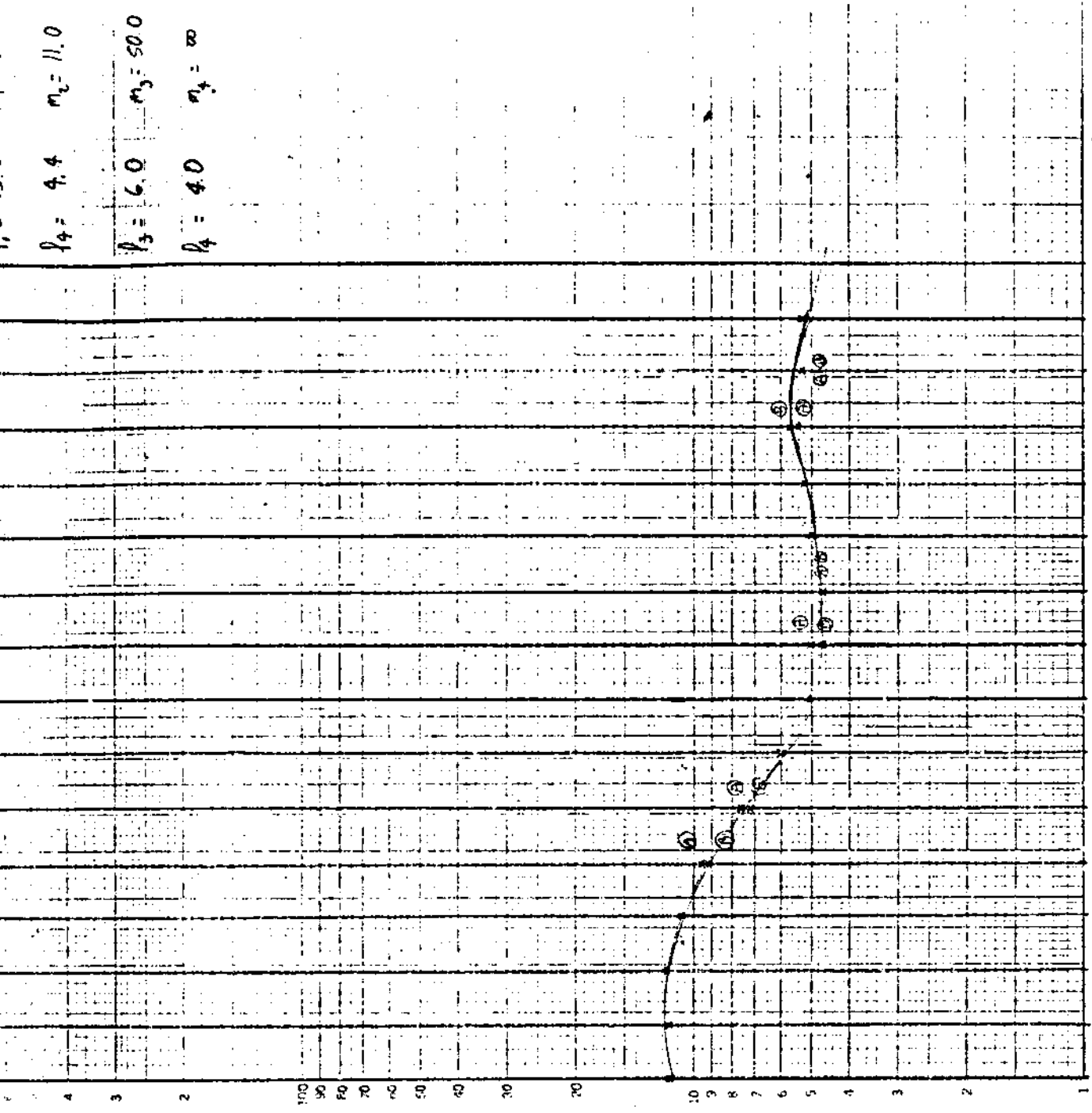
1	1.00	0.20	1.994	7.540	15.03
2	1.39	0.20	1.140	14.861	16.94
3	1.93	0.20	0.633	28.941	18.32
4	2.68	0.20	0.310	56.096	17.39
5	3.73	0.20	0.134	108.958	15.09
	3.73	0.50	0.307	42.923	13.16
6	5.18	0.20	0.055	210.422	11.55
	5.18	0.50	0.118	63.511	9.89
7	7.20	0.50	0.048	162.075	7.78
8	10.00	0.50	0.019	313.374	6.55
9	13.90	0.50	0.010	606.202	5.82
	13.90	2.00	0.036	148.605	5.32
10	19.20	0.50	0.005	1189.426	5.38
	19.20	2.00	0.017	289.411	5.01
11	26.90	2.00	0.009	560.963	5.22
12	37.30	2.00	0.005	1109.575	5.01
13	51.80	2.00	0.003	2104.279	4.58
	51.80	5.00	0.008	535.111	6.13
14	75.00	2.00	0.002	4308.352	4.17
	75.00	5.00	0.003	11623.743	4.70
15	100.00	5.00	0.001	13133.739	4.12
16	130.00	5.00	0.001	16062.017	4.12

$p_2 = 20.0$      $m_2 = 2.5$   
 $p_3 = 4.8$      $m_3 = 40.0$   
 $p_4 = 70$      $m_4 = \infty$



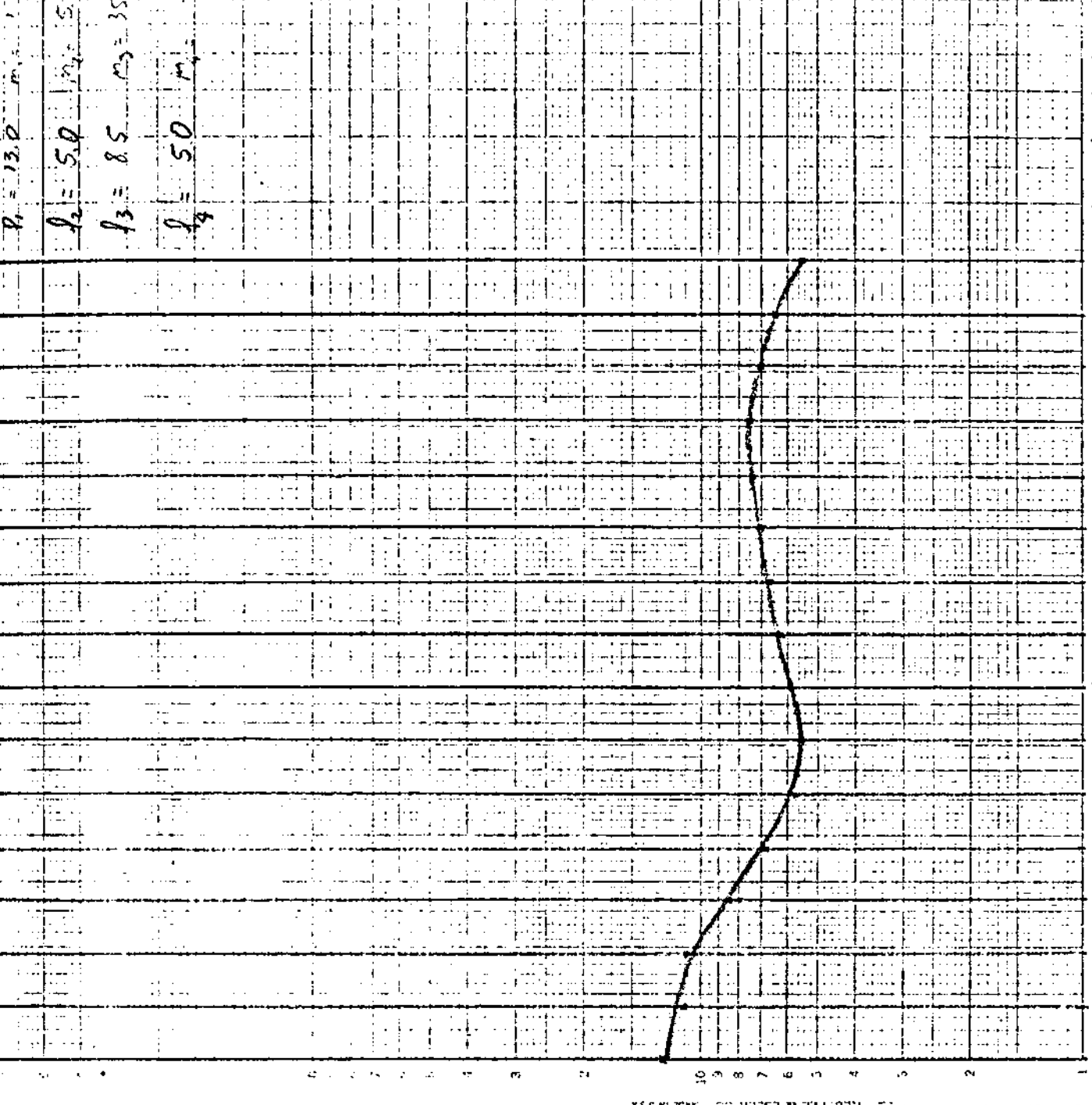
FEEL: 0.1 X 7.80. LGT: 70 mt / max. SERIE 9  
 METOD: SCHLUMBERGER  
 CODES AS: 130W (A2 330)  
 EQUIP: SAS 300 B  
 COMMENTS: 5.24.15 ; 7.06.85

DEPT (m)	INR/2 (m)	V/I (OHM)	K (g)	I P (OHM.g)	
1	1.00	0.20	1.500	7.580	11.31
2	1.39	0.20	0.769	14.861	11.43
3	1.93	0.20	0.404	28.941	11.84
4	2.68	0.20	0.195	56.096	10.91
5	3.73	0.20	0.088	108.958	9.59
	3.73	0.50	0.216	42.923	9.27
6	5.18	0.20	0.036	210.427	7.64
	5.18	0.50	0.088	83.511	7.34
7	7.20	0.50	0.037	162.075	6.00
8	10.00	0.50	0.06	313.374	5.14
9	13.90	0.50	0.008	606.202	5.03
	13.90	2.00	0.03	143.805	4.67
10	19.30	0.50	0.004	1119.426	4.68
	19.30	2.00	0.017	289.411	4.78
11	26.80	2.00	0.000	560.563	5.05
12	37.50	2.00	0.000	1108.575	5.23
13	51.60	2.00	0.003	1210.270	5.47
	51.60	5.00	0.007	635.111	5.76
14	72.00	2.00	0.000	1406.352	5.29
	72.00	5.00	0.005	1162.748	5.36
15	106.00	5.00	0.000	1333.739	5.33
16	139.00	5.00		1682.017	



$\rho_4 = 4.4$      $\rho_2 = 11.0$   
 $\rho_3 = 6.0$      $\rho_3 = 50.0$   
 $\rho_4 = 4.0$      $\rho_4 = \infty$

FED-44	DATA: 25.mar	SONDADE #			
RUNSO AB:	3705	METODO: SCHLUMBERGER			
ESCRITURAS:		EQUIPO: SAS 100 B			
DESER	IAS/2 (s)	IMU/2 (s)	V/E (GRD)	K (m)	P (GRM)
1	1,00	0,20	1,658	7,540	11,50
2	1,39	0,20	0,743	14,561	11,10
3	1,93	0,20	0,542	28,941	9,90
4	2,68	0,20	0,411	56,096	8,95
5	3,73	0,20	0,362	108,958	6,80
	3,73	0,50	0,152	42,923	
6	5,18	0,20	0,227	210,427	5,75
	5,18	0,50	0,069	83,511	
7	7,20	0,50	0,035	162,075	5,60
8	10,00	0,50	0,019	313,374	5,05
9	13,90	0,50	0,010	606,202	6,70
	13,90	2,00	0,242	148,605	
10	19,30	0,50	0,006	1169,426	6,60
	19,30	2,00	0,023	289,411	
11	26,80	2,00	0,012	560,963	7,00
12	37,30	2,00	0,007	1103,575	7,35
13	51,60	2,00	0,004	12104,270	7,50
	51,60	5,00	0,009	635,111	
14	72,00	2,00	0,002	14368,352	7,00
	72,00	5,00	0,004	14620,748	
15	100,00	5,00	0,002	13133,739	6,45
16	130,00	5,00	0,001	14662,617	5,50

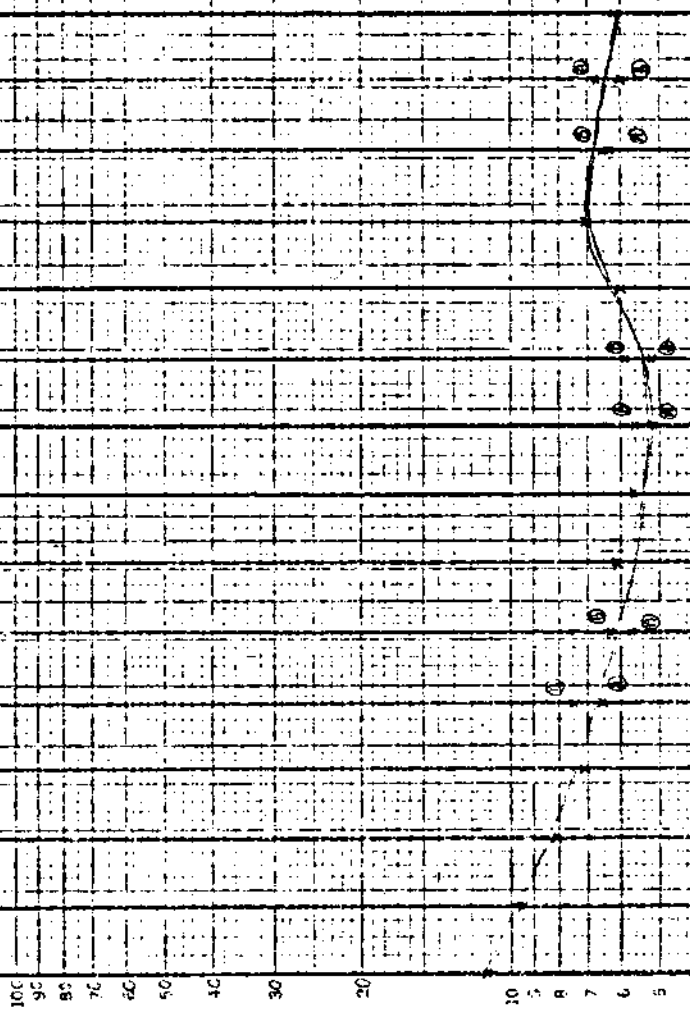


METODO: SCHLUMBERGER  
 EQUIPO: SAS 300 B  
 OBSERVADOR:

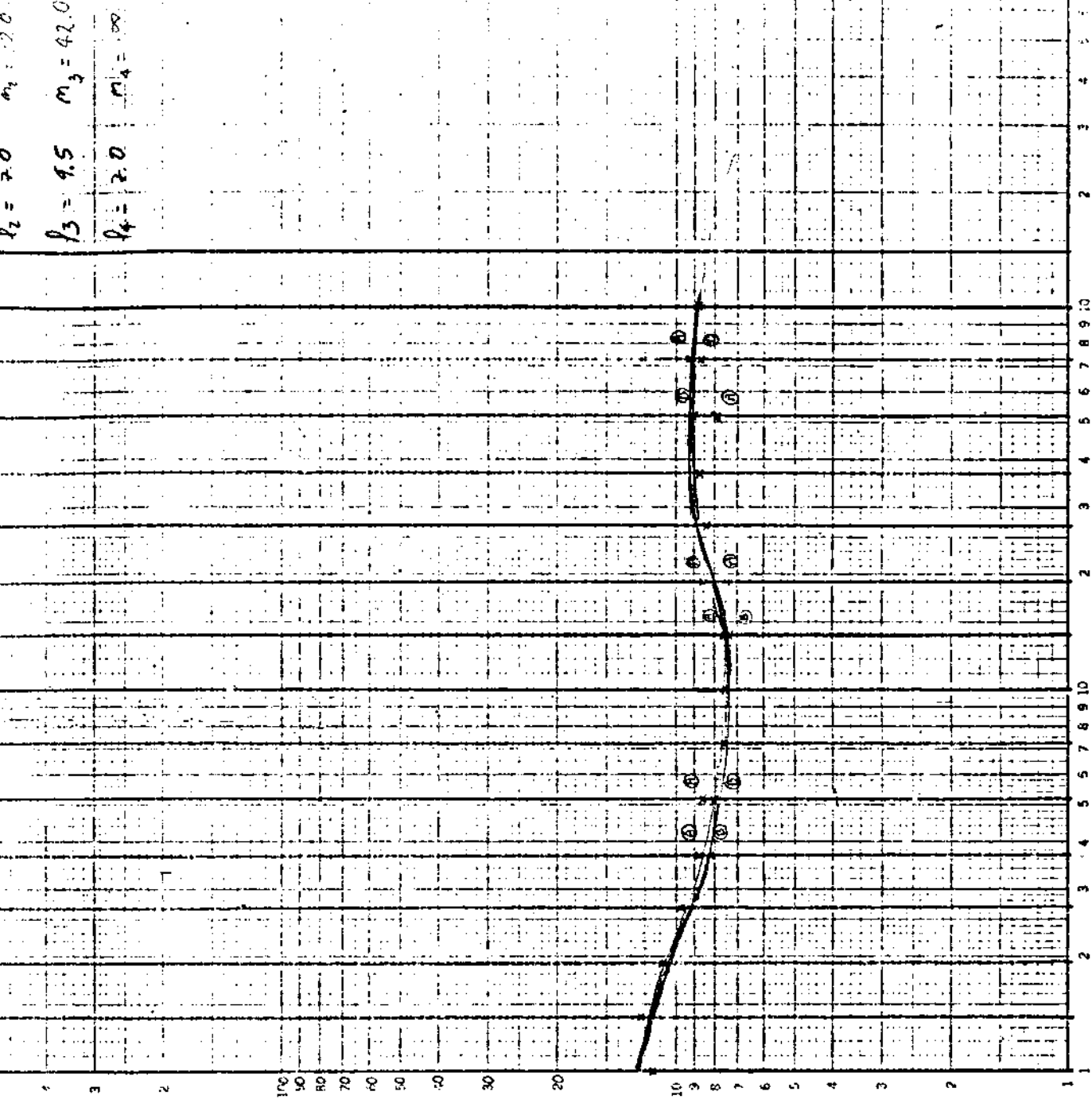
CERRER: TAB/2 (m) : VVI (OHM) : K (m) :  $\rho$  (OHM·m)

1	1,00	0,20	1,486	7,540	7,20
2	1,39	0,20	0,6-8	14,861	9,63
3	1,93	0,20	0,281	28,941	8,13
4	2,68	0,20	0,128	56,096	7,19
5	3,73	0,20	0,061	108,958	6,59
	3,73	0,50	0,177	42,923	7,60
6	5,18	0,20	0,027	210,427	5,72
	5,18	0,50	0,077	83,511	6,39
7	7,20	0,50	0,039	162,075	6,24
8	10,00	0,50	0,018	313,374	5,64
9	13,90	0,50	0,009	606,202	5,15
	13,90	2,50	0,038	148,605	5,63
10	19,30	0,50	0,005	1169,426	5,26
	19,30	2,00	0,021	299,411	5,93
11	25,60	2,00	0,011	560,563	6,06
12	37,30	2,00	0,007	1109,575	7,08
13	51,80	2,00	0,003	12104,270	6,31
	51,80	5,00	0,009	635,111	7,52
14	72,00	2,00	0,002	14068,352	7,43
	72,00	5,00	0,007	1162,748	6,60
15	109,00	5,00	0,001	13133,739	6,27
16	139,00	5,00		16062,017	

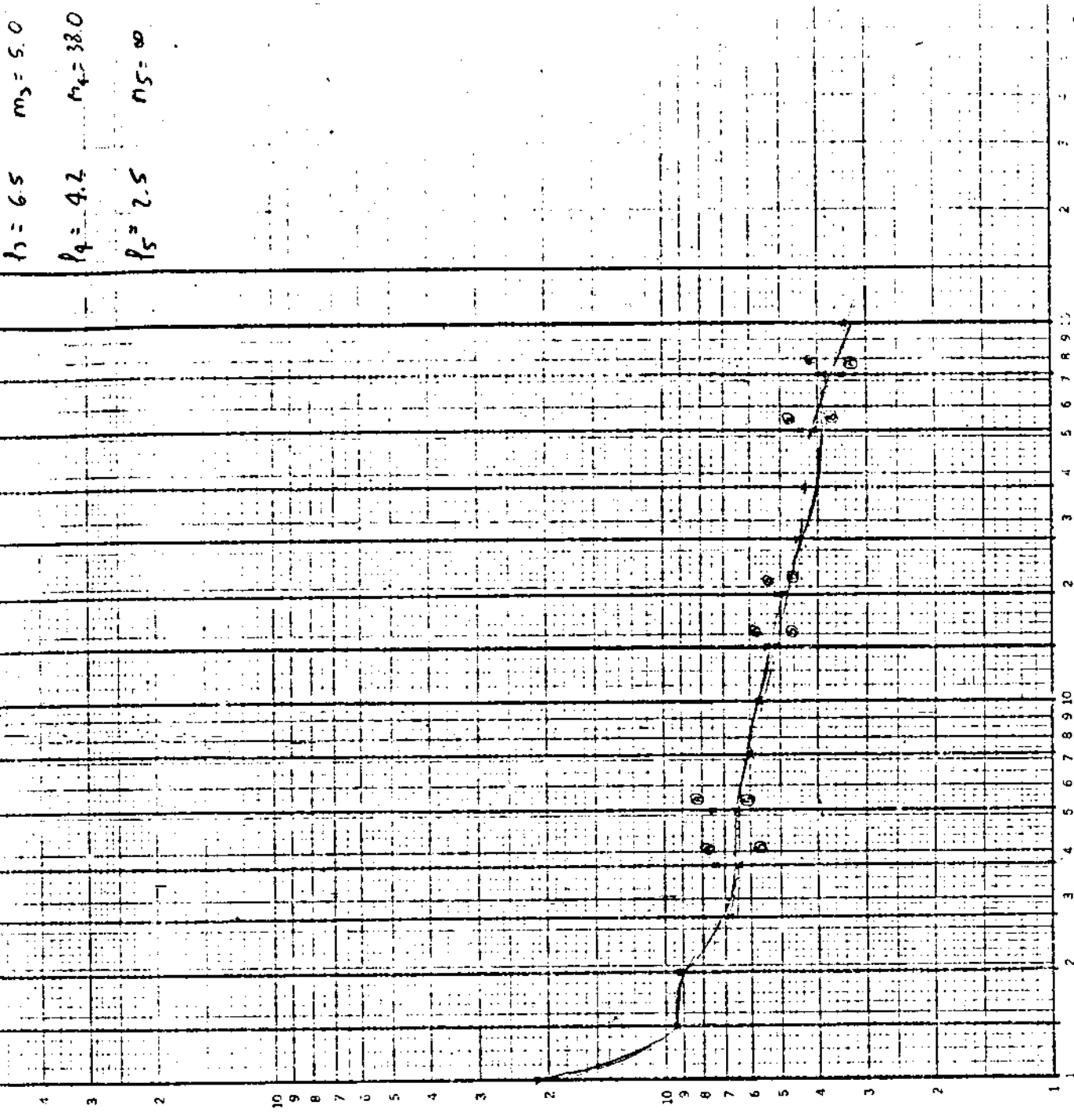
$\rho_1 = 5.0$      $m_1 = 1.0$   
 $\rho_2 = 7.5$      $m_2 = 40.0$   
 $\rho_3 = 5.0$      $m_3 = \infty$



ORDER	Q	IN/2 (m)	V/I (DMM)	K (m)	$\rho$ (OHM.m)
1	1,00	0,20	1,510	7,550	11,38
2	1,39	0,20	0,816	14,961	12,13
3	1,93	0,20	0,378	28,941	10,94
4	2,68	0,20	0,175	56,096	9,82
5	3,73	0,20	0,080	108,958	8,74
	3,73	0,50	0,140	42,923	8,16
6	5,18	0,20	0,047	210,427	8,63
	5,18	0,50	0,096	83,511	8,03
7	7,20	0,50	0,047	162,075	7,68
8	10,00	0,50	0,024	313,374	7,52
9	13,50	0,50	0,012	609,202	7,52
	13,50	2,00	0,050	148,665	7,43
10	15,30	0,50	0,006	1189,426	7,48
	15,30	2,00	0,030	289,411	8,68
11	26,80	2,00	0,015	560,963	8,36
12	37,30	2,00	0,008	1087,575	8,72
13	51,80	2,00	0,005	12104,270	8,42
	51,80	5,00	0,011	1835,111	9,10
14	72,00	2,00	0,002	14068,362	9,36
	72,00	5,00	0,005	11629,748	8,75
15	100,00	5,00	0,003	15133,739	7,83
16	139,00	5,00		16062,017	



EDIFICACIONES:	512.5	9792.85	DESER	188/2 (a)	V/I (DMM)	K (a)	P (DMM.a)
1	1,90	0,20	2.850	7,540	2134		
2	1,89	0,20	0.631	14,861	938		
3	1,93	0,20	0.318	28,941	9.20		
4	2,68	0,20	0.123	56,096	6.90		
5	3,73	0,20	0.068	108,958	7.41		
	3,73	0,50	0.151	42,923	6.48		
6	5,18	0,20	0.036	210,427	7.51		
	5,18	0,50	0.078	83,511	6.52		
7	7,20	0,50	0.037	162,075	6.05		
8	10,00	0,50	0.02	313,374	5.70		
9	13,90	0,50	0.007	605,202	5.40		
	13,90	2,00	0.030	148,605	5.16		
10	19,30	0,50	0.004	1119,426	5.15		
	19,30	2,00	0.017	289,411	4.89		
11	26,80	2,00	0.008	540,943	4.49		
12	37,30	2,00	0.003	1109,575	4.36		
13	51,80	2,00	0.002	2204,270	4.42		
	51,80	5,00	0.005	835,111	4.09		
14	72,00	2,00	0.001	4466,352	3.66		
	72,00	5,00	0.003	1620,748	3.89		
15	109,00	5,00	0.001	13133,739	2.25		
16	139,00	5,00		16052,017			

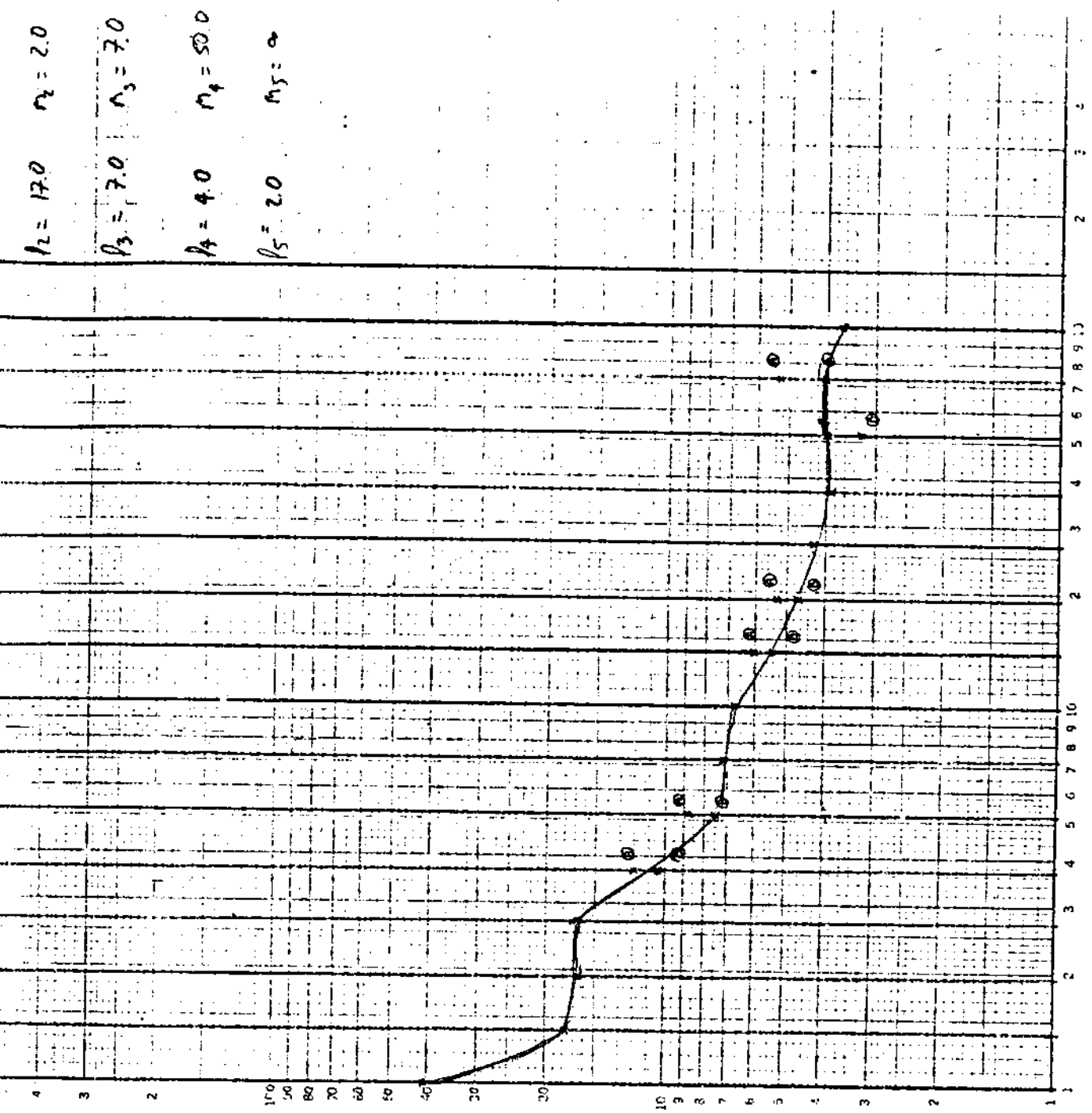


$m_3 = 5.0$   
 $m_4 = 38.0$   
 $m_5 = \infty$



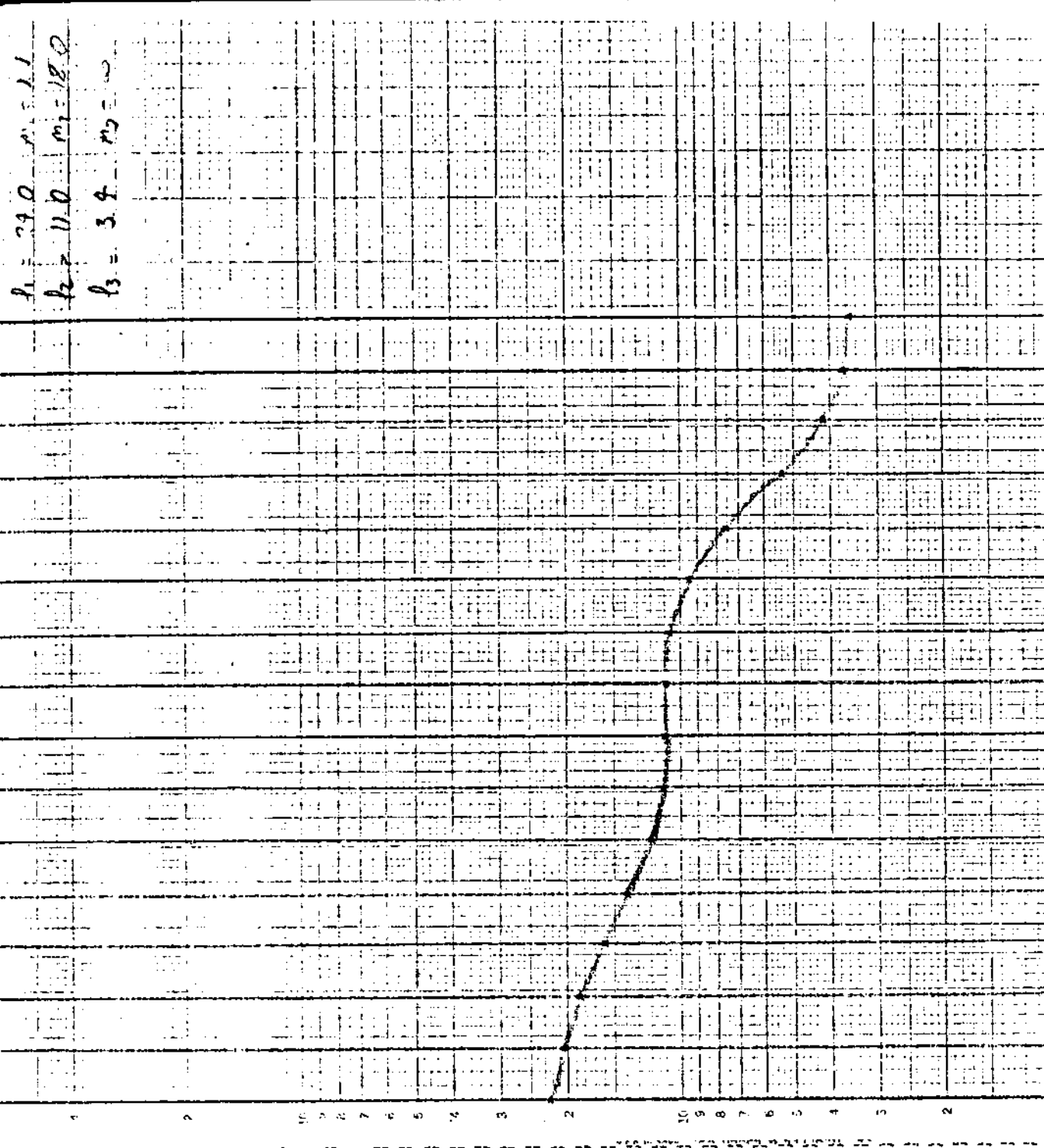
$\mu_2 = 17.0$   $\mu_3 = 7.0$   
 $\mu_4 = 4.0$   $\mu_5 = 50.0$   
 $\mu_6 = 2.0$   $\mu_7 = 0$

USER	PAR/2 (e)	HM/2 (e)	V/I (OHM)	K (e)	$\mu$ (OHM.e)
1	1.00	0.20	5.510	7.500	41.54
2	1.39	0.20	1.202	14.561	17.86
3	1.53	0.20	0.575	28.941	16.57
4	2.69	0.20	0.304	56.056	17.05
5	3.73	0.20	0.111	108.958	12.04
6	3.73	0.50	0.240	42.923	10.30
7	5.19	0.20	0.542	210.427	8.77
8	5.19	0.50	0.289	83.511	7.45
9	7.20	0.50	0.045	162.075	7.29
10	10.00	0.50	0.021	313.074	6.71
11	13.90	0.50	0.010	606.202	6.06
12	13.90	2.00	0.037	148.605	5.42
13	19.30	0.50	0.005	1119.426	5.26
14	19.30	2.00	0.016	289.411	4.72
15	26.80	2.00	0.008	560.563	4.32
16	37.30	2.00	0.004	1109.575	3.92
17	51.60	2.00	0.002	12104.270	4.00
18	51.60	5.00	0.004	835.111	3.26
19	72.00	2.00	0.001	14968.352	5.29
20	72.00	5.00	0.001	1459.748	4.57
21	109.60	5.00	0.001	13133.739	3.26
22	139.60	5.00		16062.017	



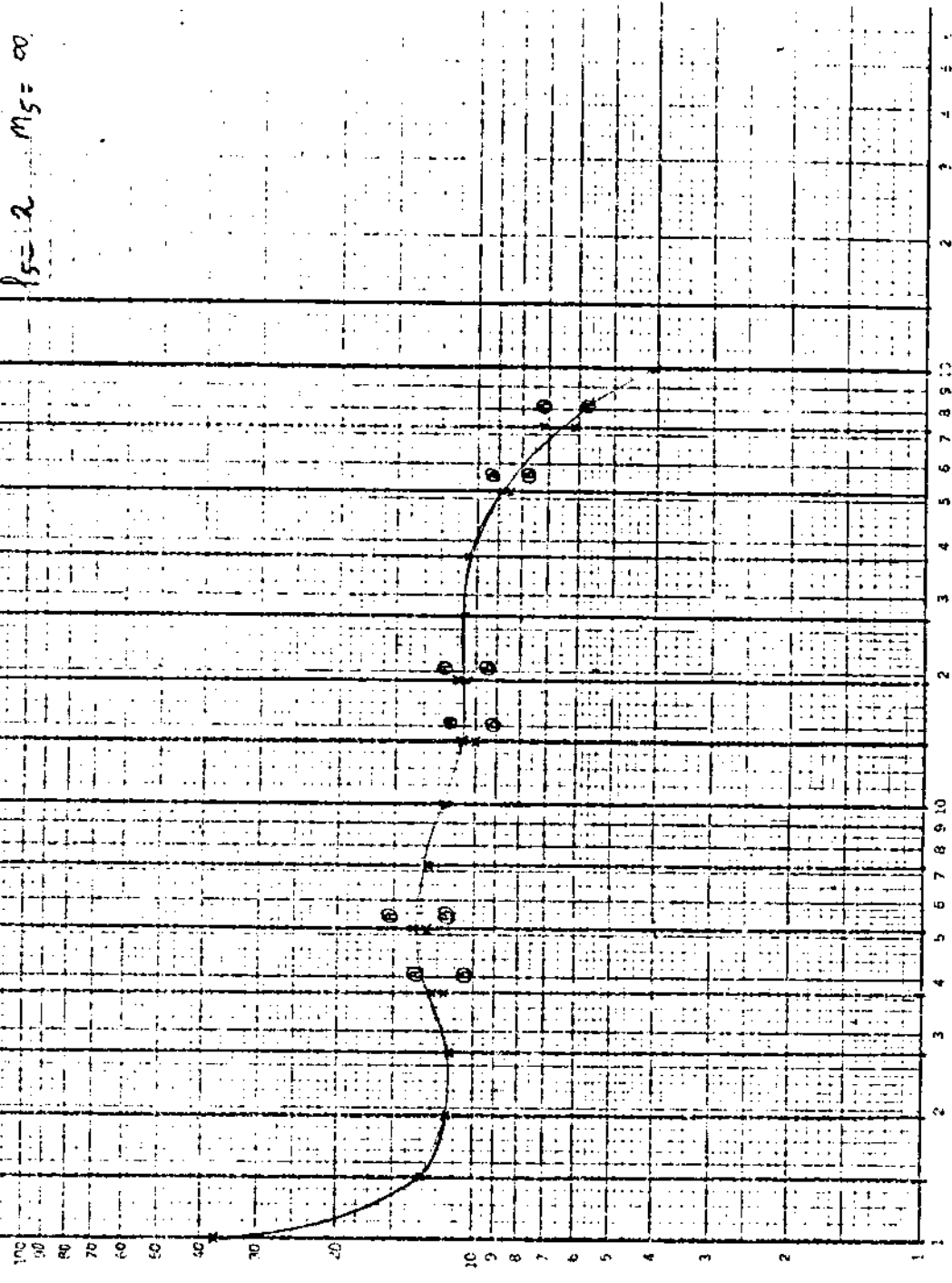
REC-4: **10**  
 DATE: 03/15/2011  
 METHOD: SCHLUMBERGER  
 EQUIP: SAS 300 B  
 COORDINATOR:

DEEP (m)	WT (kg)	K (s)	φ (GR)		
1	1,00	0,20	2,952	7,540	2,2,30
2	1,39	0,20	3,377	14,863	20,50
3	1,93	0,20	0,639	28,943	18,50
4	2,68	0,20	0,285	56,096	16,00
5	3,73	0,20	0,128	108,958	15,90
	3,73	0,50	0,229	42,923	
6	5,18	0,20	0,057	210,427	12,00
	5,18	0,50	0,117	83,511	
7	7,20	0,50	0,060	162,075	11,15
8	10,00	0,50	0,035	313,374	11,00
9	13,90	0,50	0,018	606,202	11,00
	13,90	2,00	0,074	142,605	
10	19,30	0,50	0,009	1159,426	10,50
	19,30	2,00	0,037	289,411	
11	26,80	2,00	0,017	560,903	1,45
12	37,30	2,00	0,007	1189,575	0,50
13	51,80	2,00		1204,270	5,40
	51,80	5,00		635,111	
14	72,00	2,00		1488,352	4,20
	72,00	5,00		1129,748	
15	100,00	5,00		3333,739	3,90



$p_1 = 29.0$   
 $p_2 = 10.0$   
 $p_3 = 3.9$

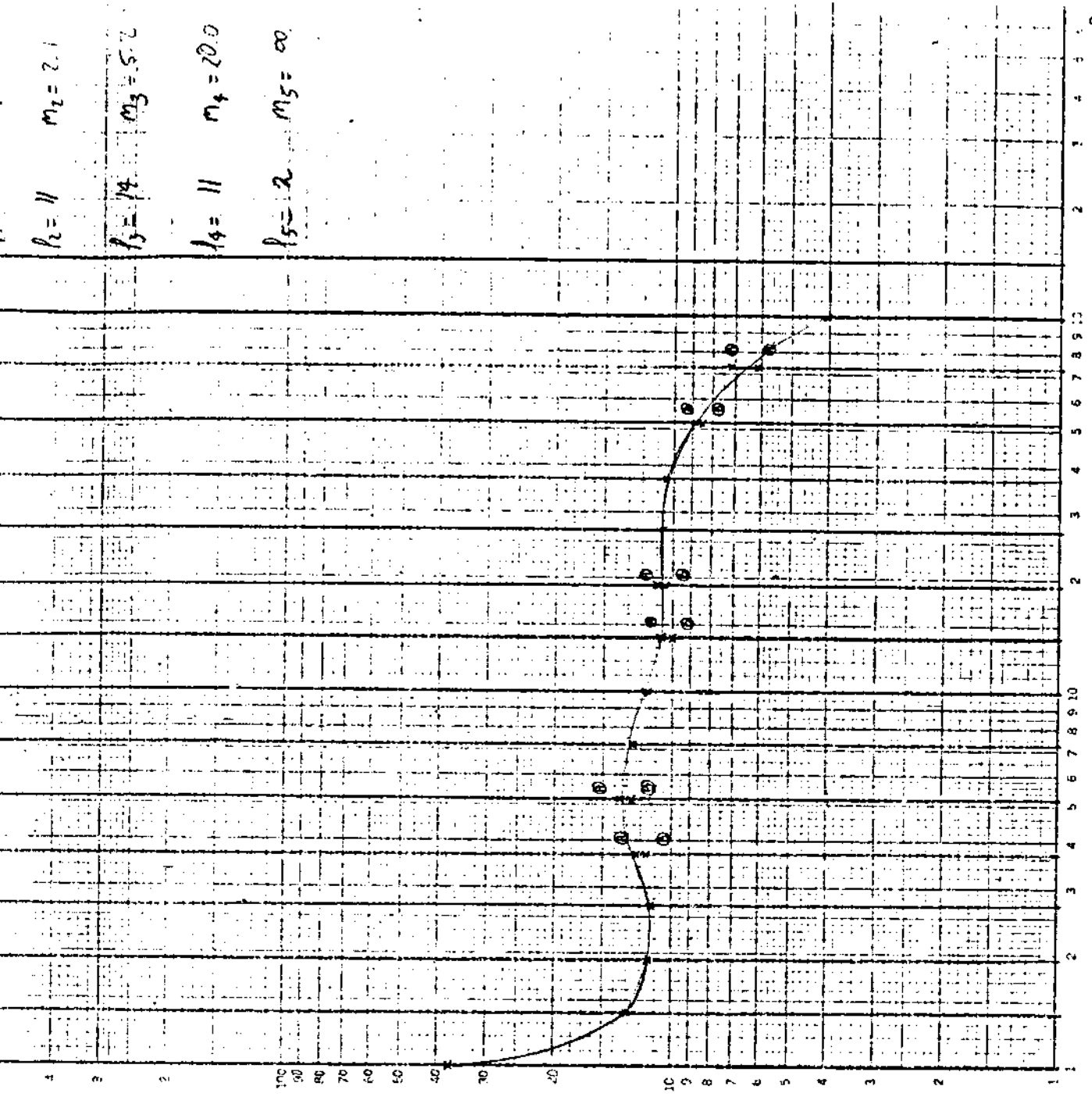
$p_2 = 11$      $m_2 = 2.1$   
 $p_3 = 14$      $m_3 = 5.2$   
 $p_4 = 11$      $m_4 = 20.0$   
 $p_5 = 2$      $m_5 = \infty$



ORDER	PAR/2 (s)	PAR/2 (s)	V/I (OHM)	K (m)	I P (OHM.m)
1	1,00	0,20	5,020	7,550	37,85
2	1,35	0,20	0,822	14,561	13,20
3	1,93	0,20	0,346	28,941	11,46
4	2,68	0,20	0,202	56,076	11,33
5	3,73	0,20	0,114	108,358	12,37
	3,73	0,50	0,277	42,923	11,89
6	5,18	0,20	0,066	210,427	13,89
	5,18	0,50	0,155	83,511	12,94
7	7,20	0,50	0,080	162,075	12,90
8	10,00	0,50	0,038	313,374	11,91
9	13,80	0,50	0,018	605,202	10,91
	13,80	2,00	0,067	148,605	10,02
10	19,30	0,50	0,009	1119,426	10,99
	19,30	2,00	0,037	289,411	10,71
11	26,50	2,00	0,019	560,963	10,83
12	37,30	2,00	0,010	1189,575	10,41
13	51,80	2,00	0,004	2104,270	9,24
	51,80	5,00	0,010	935,111	7,64
14	72,00	2,00	0,002	44066,352	6,10
	72,00	5,00	0,002	11829,748	2,13
15	100,00	5,00	0,001	13133,739	4,07
16	159,00	5,00		16962,017	

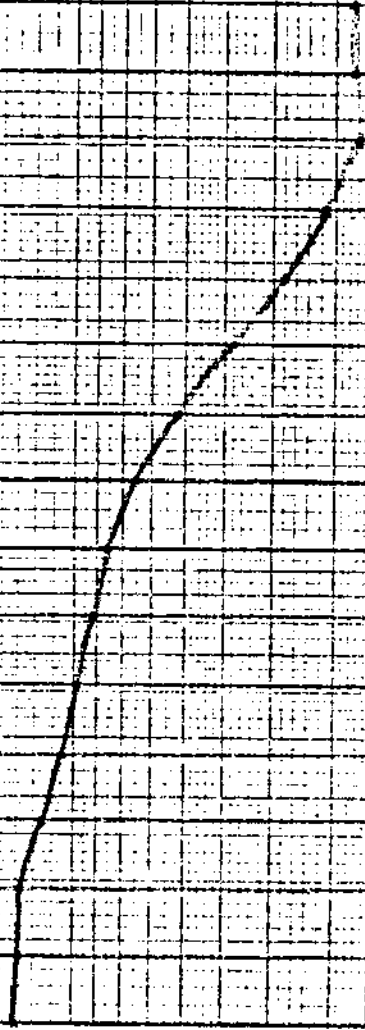
5075555989 053.75, 9798.1 EQUIPO: SAS 300 B  
 CESSER 1A2/2 (s) : V/I (DMM) : K (m) : P (DMM, m)

1	1,00	0,20	5,020	7,550	37,85
2	1,75	0,20	0,882	14,561	13,20
3	1,93	0,20	0,346	28,941	11,46
4	2,52	0,20	0,102	56,096	11,33
5	3,73	0,20	0,114	108,358	12,37
	3,73	0,50	0,277	42,923	11,89
6	5,18	0,20	0,066	210,427	13,89
	5,18	0,50	0,155	83,511	12,94
7	7,20	0,50	0,080	162,075	12,90
8	10,00	0,50	0,038	313,374	11,91
9	13,90	0,50	0,018	605,202	10,91
	13,90	2,00	0,067	148,605	10,02
10	19,30	0,50	0,009	1119,426	10,99
	19,30	2,00	0,037	289,411	10,71
11	26,50	2,00	0,019	560,953	10,83
12	37,30	2,00	0,010	1109,575	10,71
13	51,50	2,00	0,004	12104,270	9,97
	51,50	5,00	0,010	935,111	9,64
14	72,00	2,00	0,002	14068,352	6,10
	72,00	5,00	0,002	11629,748	5,13
15	100,00	5,00	0,001	13133,739	4,07
16	139,00	5,00		14062,017	



$f_2 = 90$   $m_2 = 2.8$   
 $f_3 = 2.5$   $m_3 = 2$

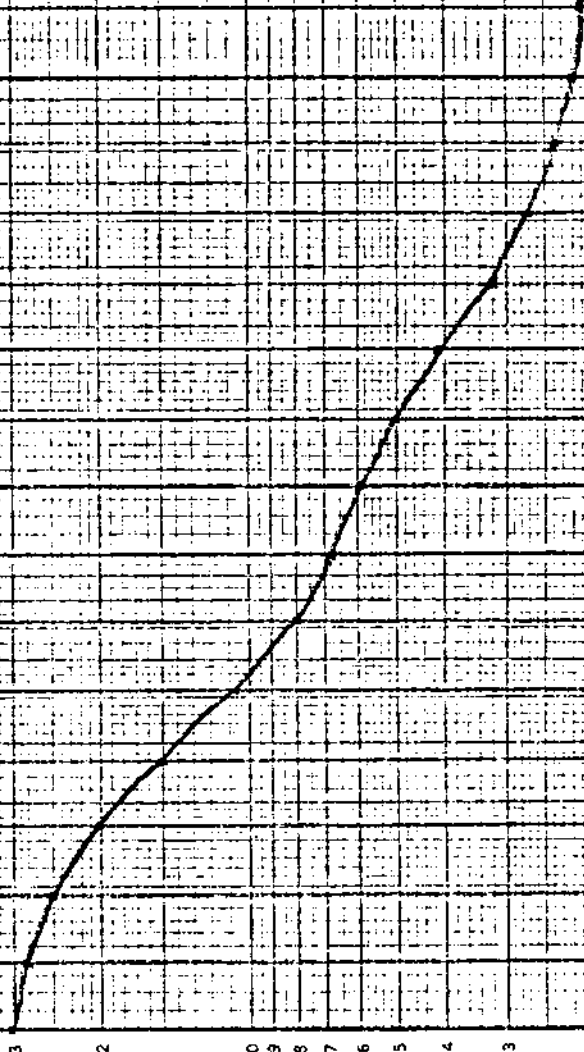
ORDER	BAR/2 (x)	1/MI/2 (y)	V/I (GSM)	K (s)	P (GSM.e)
1	1.00	0.20	1.724	7,540	13.00
2	1.39	0.20	0.871	14,561	12.95
3	1.93	0.20	0.442	28,941	12.80
4	2.62	0.20	0.205	56,096	11.50
5	3.73	0.20	0.096	108,958	10.50
6	5.18	0.50	0.117	83,511	9.75
7	7.20	0.50	0.057	162,075	9.25
8	10.00	0.50	0.027	313,374	8.50
9	13.90	0.50	0.012	605,202	7.50
10	19.30	0.50	0.005	1159,426	6.20
11	26.80	2.00	0.009	560,963	4.80
12	37.50	2.00	0.003	1108,575	3.80
13	51.50	2.00	0.001	12104,270	3.15
14	72.00	2.00	0.001	14055,352	2.70
15	100.00	5.00	0.001	13133,739	2.50
16	139.00	5.00		14652,017	2.50



MODEL AB: I 30 E  
 METHOD: SCHLUMBERGER  
 EQUIP: SAS 300 B  
 COURSE:

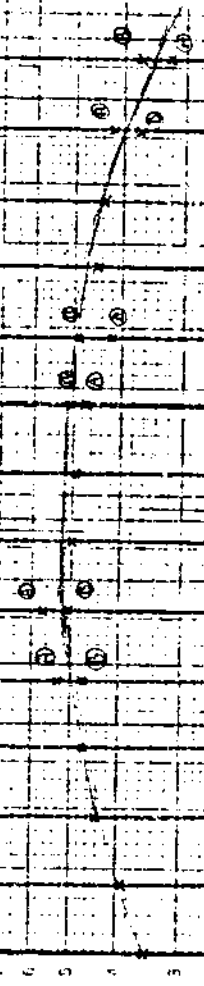
DEPTH	LOG/2 (s)	LOG/2 (m)	V/I (50%)	K (m)	P (50% $\rho$ )
1	1,00	0,20	3,979	7,540	30,00
2	1,39	0,20	1,824	14,561	28,00
3	1,93	0,20	0,864	28,941	25,00
4	2,65	0,20	0,356	56,076	20,00
5	3,73	0,20	0,138	108,958	15,00
	3,73	0,50	0,349	52,923	
6	5,18	0,20	0,052	210,427	10,85
	5,18	0,50	0,130	83,511	
7	7,20	0,50	0,013	162,075	8,00
8	10,00	0,50	0,021	313,374	6,75
9	13,90	0,50	0,010	606,202	5,95
	13,90	2,00	0,040	148,605	
10	19,30	0,50	0,004	1115,426	5,00
	19,30	2,00	0,017	289,411	
11	26,80	2,00	0,007	560,963	4,10
12	37,30	2,00	0,003	1109,575	3,20
13	51,80	2,00	0,001	2104,270	2,70
	51,80	5,00	0,003	535,111	
14	72,00	2,00	0,001	4368,352	2,35
	72,00	5,00	0,001	11629,748	
15	100,00	5,00	0,001	13133,739	2,20
16	150,00	5,00		16062,017	2,10

$f_2 = 6.9$   
 $f_3 = 2.0$



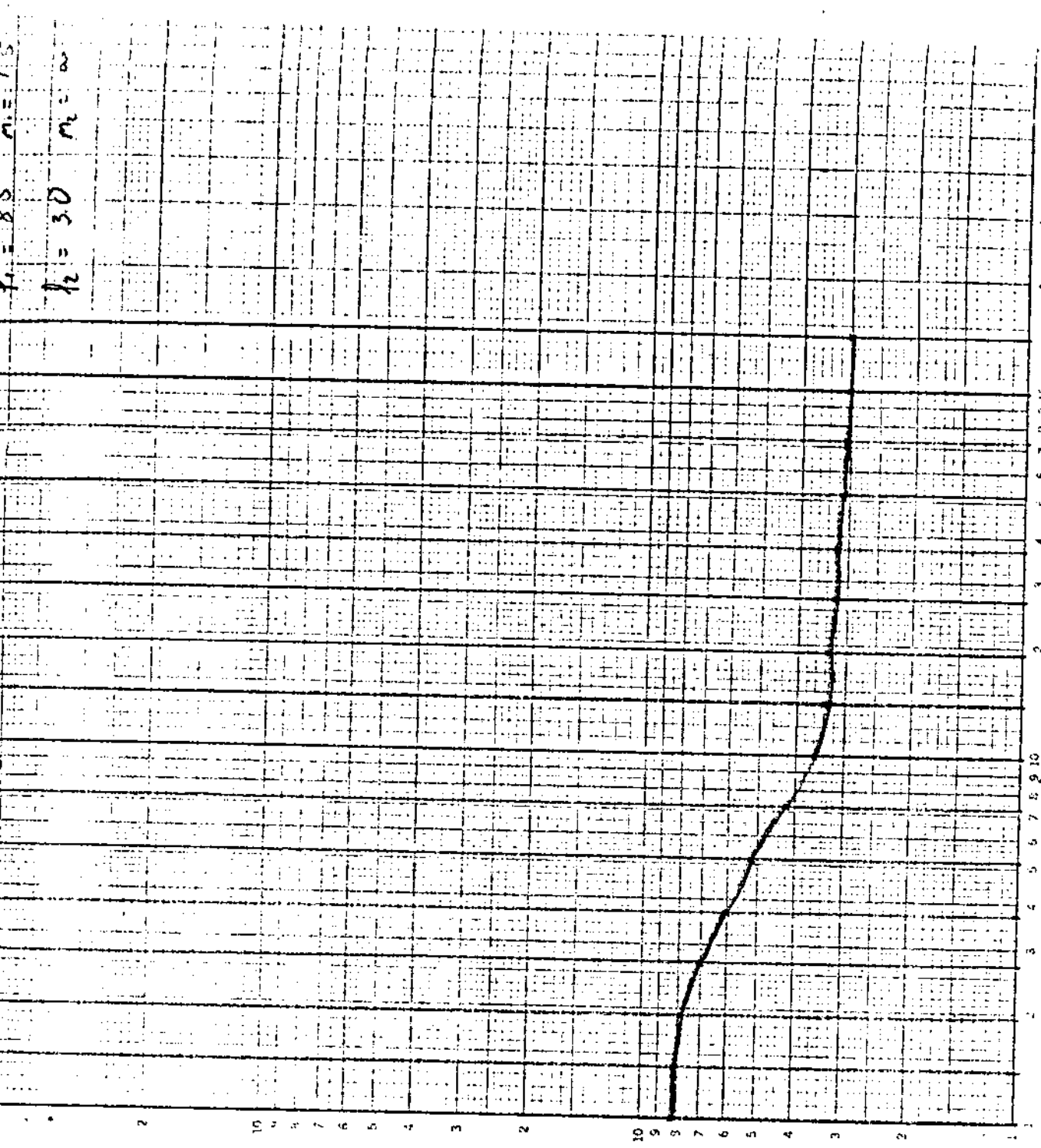
$\rho_2 = 6.0$   $m_2 = 9.0$   
 $\rho_3 = 3.0$   $m_3 = 100$

GRUP	1AB/2 (m)	KV/2 (m)	V/I (OHM)	K (e)	P (OHM.e)
1	1,00	0,20	0,166	7,540	3,51
2	1,39	0,20	0,263	14,861	3,91
3	1,93	0,20	0,154	28,941	4,46
4	2,65	0,20	0,094	55,076	4,71
5	3,73	0,20	0,099	108,758	5,34
	3,73	0,50	0,111	42,923	4,78
6	5,18	0,20	0,027	210,427	5,72
	5,18	0,50	0,051	83,511	5,07
7	7,29	0,50	0,031	162,075	5,02
8	10,00	0,50	0,06	313,374	4,98
9	13,90	0,50	0,008	606,202	4,79
	13,90	2,00	0,034	146,605	5,10
10	19,30	0,50	0,004	1157,426	4,21
	19,30	2,00	0,012	289,411	4,89
11	26,80	2,00	0,002	560,563	4,49
12	37,30	2,00	0,004	1109,575	4,36
13	51,80	2,00	0,002	12104,270	4,21
	51,80	5,00	0,005	835,111	3,76
14	72,00	2,00	0,001	14968,352	3,25
	72,00	5,00	0,002	11620,749	3,52
15	109,00	5,00	-	13133,739	-
16	139,00	5,00	-	16062,017	-



03559 122/2 (2) 122/2 (2) : W1 (DMS) : K (6) : P (56M.L.R)

1	1,60	0,20	1,70	7,540	8,30
2	1,39	0,20	0,555	14,861	8,15
3	1,93	0,20	0,273	28,941	7,90
4	2,63	0,20	0,125	54,076	7,00
5	3,73	0,20	0,055	103,958	6,00
	3,73	0,50	0,10	42,923	
6	5,16	0,20	0,225	210,427	5,20
	5,16	0,50	0,062	83,511	
7	7,20	0,50	0,226	162,075	4,20
8	10,00	0,50	0,011	313,374	3,60
9	13,90	0,50	0,006	606,202	
	13,90	2,00	0,023	148,405	3,40
10	19,30	0,50	0,003	1119,426	
	19,30	2,00	0,011	289,411	3,30
11	26,60	2,00	0,056	560,963	3,20
12	37,20	2,00	0,003	1109,575	3,10
13	51,60	2,00	0,001	12104,270	
	51,60	5,00	0,004	835,111	3,10
14	72,00	2,00	0,001	14068,352	
	72,00	5,00	0,002	11629,748	3,05
15	100,00	5,00	0,001	13133,739	3,00
16	139,00	5,00		16052,617	2,95

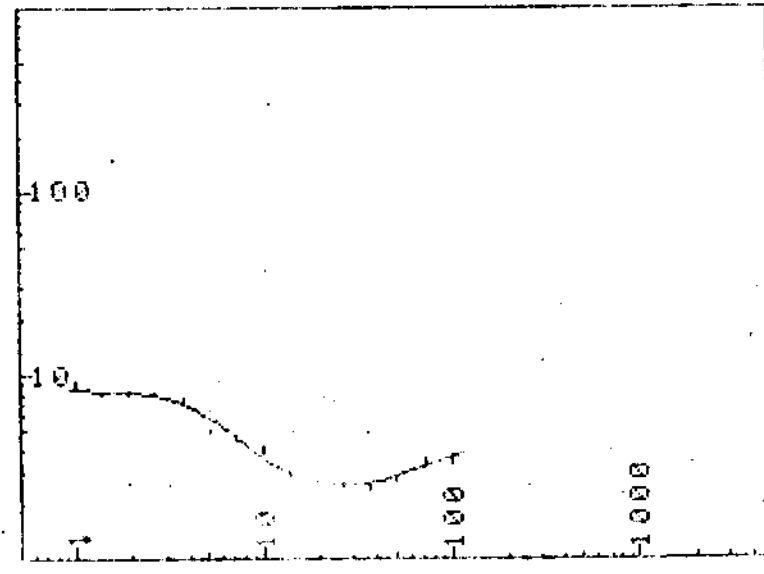




START MODEL:  
 Layer Resistivity Thickness  
 1 8.39 2.87  
 2 2.43 34.00\*  
 3 6.02

RESISTIVITY INTERPRETATION

THE MODEL AFTER ITERATION NO 1  
 FINAL MODEL  
 Layer Resistivity Thickness  
 1 8.36 2.83  
 2 2.38 34.00\*  
 3 5.54

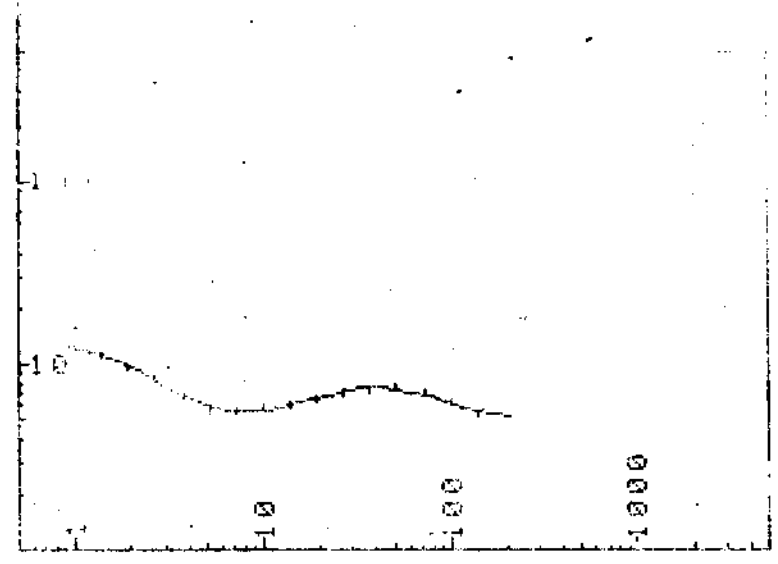


A PROGRAM FROM ATLAS COPCO ABEM  
 AND UNIVERSITY OF LULEÅ SWEDEN  
 ALL RIGHTS RESERVED

START MODEL:  
 Layer Resistivity Thickness  
 1 12.95 1.14  
 2 4.72 8.00  
 3 9.51 10.00\*  
 4 5.16

RESISTIVITY INTERPRETATION

THE MODEL AFTER ITERATION NO 1  
 FINAL MODEL  
 Layer Resistivity Thickness  
 1 13.22 1.17  
 2 4.71 8.00  
 3 10.29 10.00\*  
 4 4.87



A PROGRAM FROM ATLAS COPCO ABEM  
 AND UNIVERSITY OF LULEÅ SWEDEN  
 ALL RIGHTS RESERVED

1000

100

10

1

1

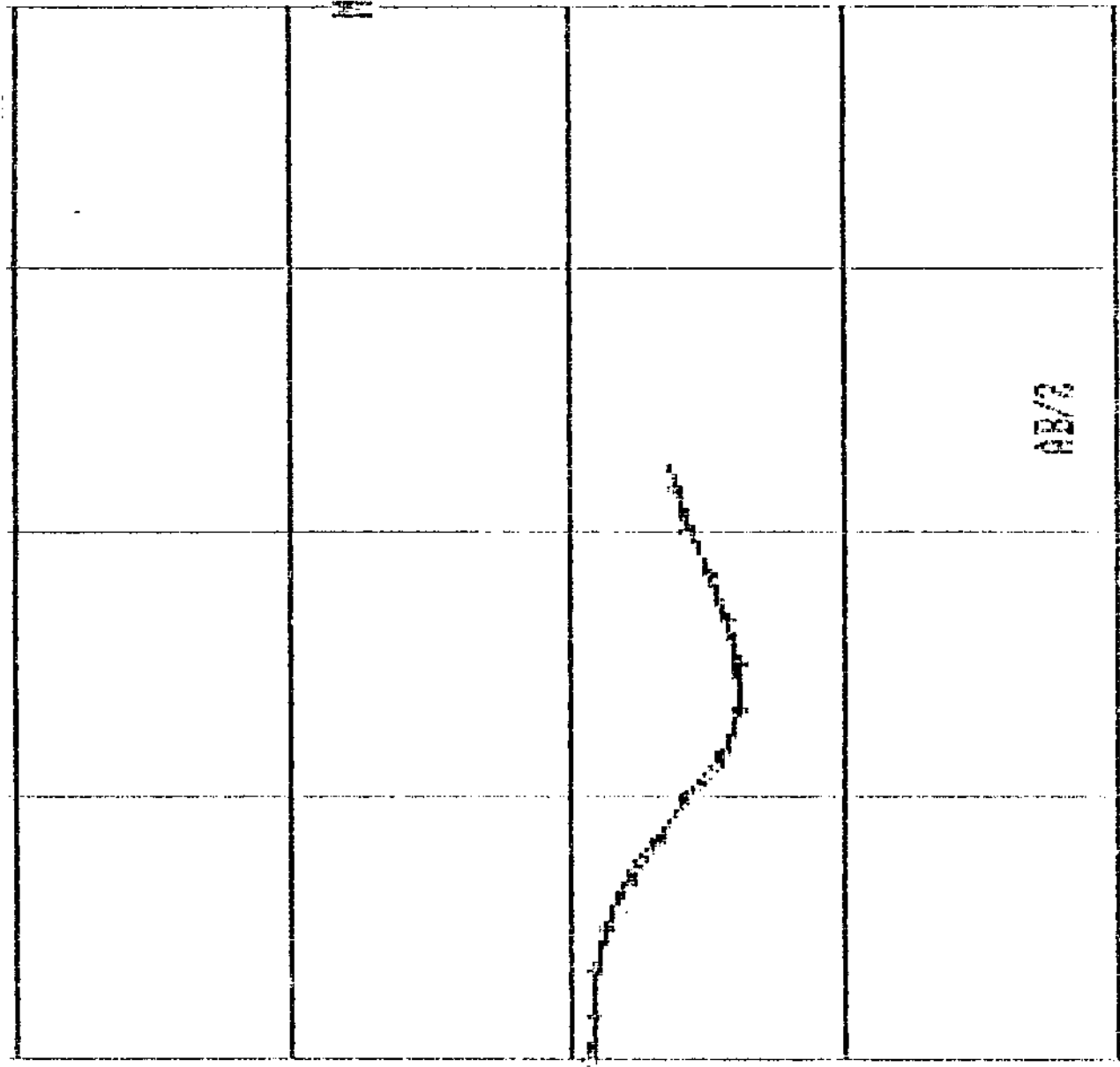
1

AREA: MANGLARALTO  
S.E.V.: 2

MODELLO OTTIMIZZATO  
SPES. RESIST.

3  
37  
3  
3

0.2  
2.2  
4.9



AB/2

1000 1000 1000 1000 1000

Piani - sorgenti interpretazioni

1000

1000

500

100

1

1

AREA: MANGLARALTO  
S. 111: 5

MODULO OTTIMIZZATO  
S. 111: 5

1000  
500  
100  
1

13/2

1000  
500  
100  
1

# A N E X O : C

- DATOS DE SONDEOS SISMICOS
- CURVAS DOMOCRONICAS
- EJEMPLO DE UN REGISTRO SISMICO

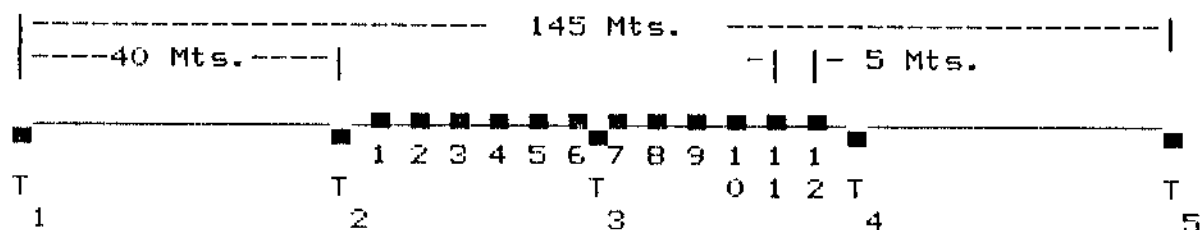
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 1

LOCALIZACION: 529.1; 9796.2

RUMBO: N 75 E

FECHA: 18/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	-	14	80	-	-
2	73	26	68	76	90
3	76	44	64	76	89
4	-	46	44	74	-
5	84	-	36	72	87
6	88	-	14	70	86
7	90	56	14	68	84
8	94	60	36	64	83
9	-	62	44	62	-
10	100	64	62	42	74
11	-	67	-	36	-
12	-	70	80	18	69

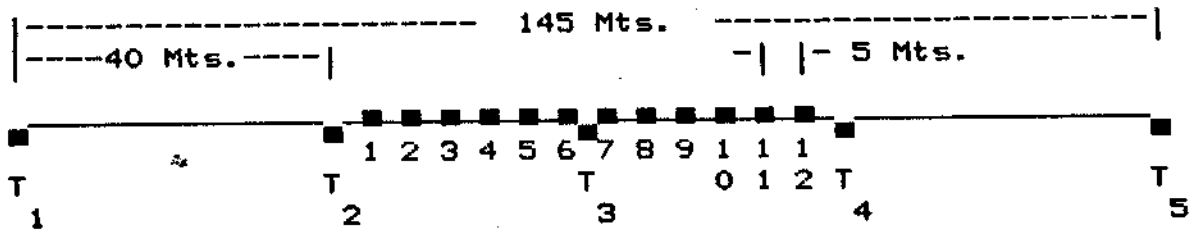
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 2

LOCALIZACION: 528.9; 9796.7

RUMBO: N 30 W

FECHA: 18/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	72	20	66	80	104
2	74	30	64	77	102
3	77	44	60	74	100
4	78	48	52	72	98
5	82	56	44	70	92
6	84	60	18	68	90
7	87	65	12	66	88
8	93	68	42	64	86
9	96	71	56	62	84
10	98	75	62	60	82
11	100	77	64	52	78
12	102	79	66	34	76

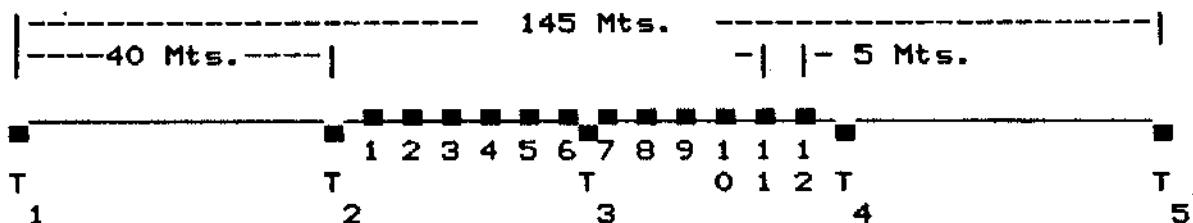
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 3

LOCALIZACION: 529.5; 9796.8

RUMBO: N 80 E

FECHA: 20/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	TIEMPO EN MILISEGUNDOS				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	79	22	70	82	106
2	83	47	64	81	102
3	87	62	60	80	102
4	90	62	50	78	99
5	92	67	38	75	95
6	97	71	12	73	93
7	98	75	12	71	89
8	101	78	38	69	85
9	105	80	50	67	83
10	107	85	58	62	82
11	108	88	68	46	80
12	110	91	70	28	78

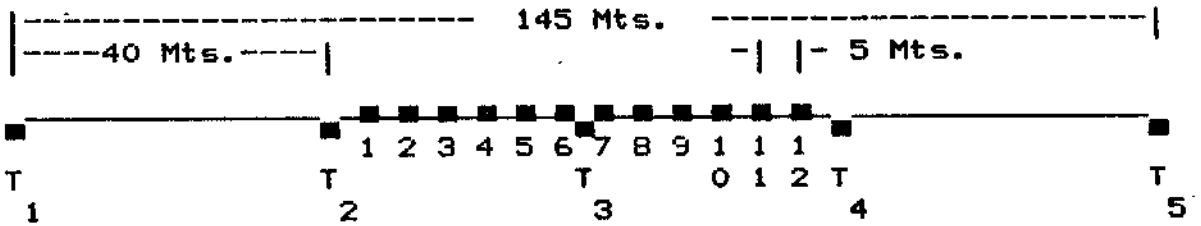
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 4

LOCALIZACION: 530.0; 9797.1

RUMBO: N -- S

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : N ----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	TIEMPO EN MILISEGUNDOS				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	-	32	58	78	-
2	-	48	56	78	-
3	-	49	54	76	80
4	-	52	26	74	-
5	-	55	24	72	-
6	-	58	8	71	77
7	-	61	6	69	77
8	-	66	24	68	76
9	-	69	50	64	76
10	-	72	58	62	75
11	-	74	60	44	-
12	-	78	62	30	74



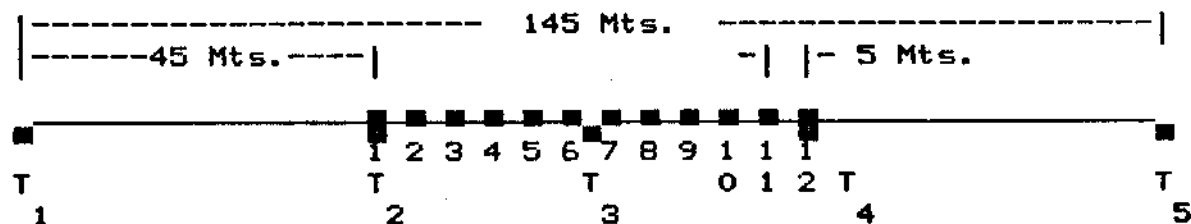
DATOS DEL SONDED SISMICO # 5

LOCALIZACION: 531.1; 9796.8

RUMBO: N 15 E

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO #      # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O   E N   M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	56	0	60	72	-
2	60	28	57	70	-
3	62	44	52	66	-
4	64	48	40	64	-
5	66	52	36	62	-
6	68	55	12	58	-
7	-	59	8	55	-
8	-	62	30	52	-
9	77	65	46	42	-
10	-	67	52	34	-
11	-	68	56	28	-
12	-	70	58	0	-

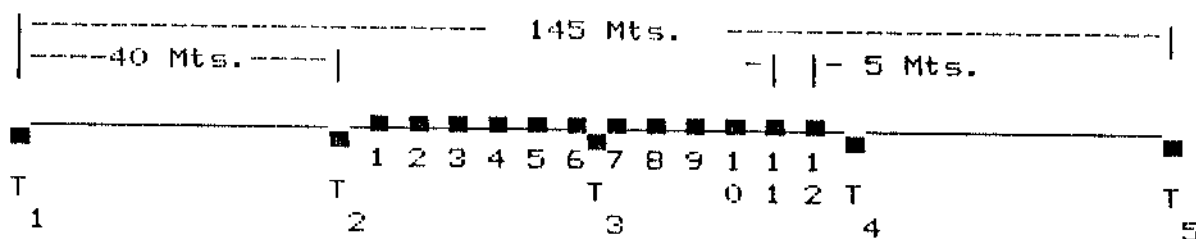
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 6

LOCALIZACION: 531.3; 9796.8

RUMBO: N 65 E

FECHA: 20/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	60	20	58	-	-
2	62	40	56	70	84
3	64	46	48	69	82
4	66	50	38	68	80
5	-	58	26	67	78
6	-	-	8	-	-
7	-	-	12	62	-
8	80	70	34	61	70
9	82	73	42	54	68
10	84	76	52	48	66
11	86	78	60	38	64
12	88	80	62	22	62

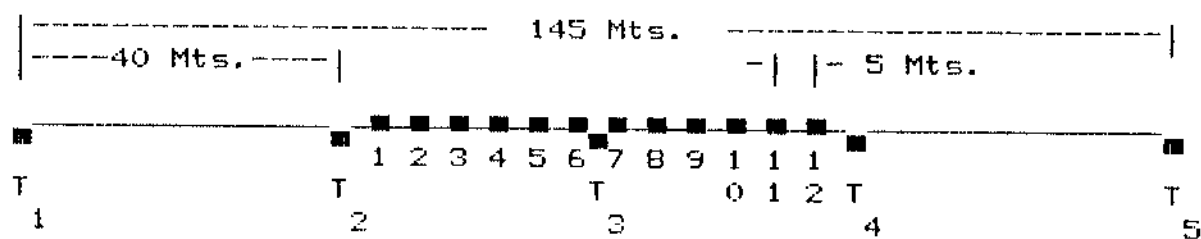
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 7

LOCALIZACION: 531.8; 9797.1

RUMBO: N 70 W

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	68	28	72	79	85
2	76	50	67	78	-
3	78	63	64	77	-
4	80	66	62	76	-
5	-	70	40	74	84
6	-	72	10	72	-
7	-	74	6	70	-
8	-	77	36	68	83
9	-	78	46	62	80
10	-	80	48	59	78
11	-	83	66	48	-
12	-	86	70	20	70

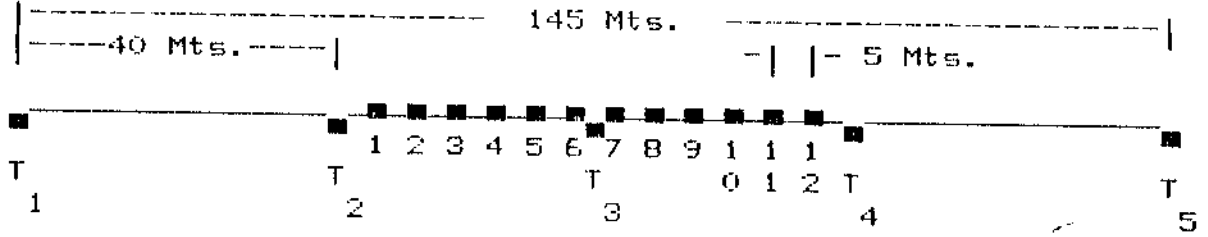
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 8

LOCALIZACION: 532.5; 9797.8

RUMBO: N 15 W

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	68	30	54	68	-
2	72	38	52	68	-
3	74	46	48	68	-
4	76	48	40	-	-
5	-	54	32	61	-
6	-	60	12	60	-
7	-	62	14	52	-
8	-	64	32	50	-
9	-	66	42	44	78
10	-	66	44	36	77
11	-	68	46	30	75
12	-	70	50	16	72

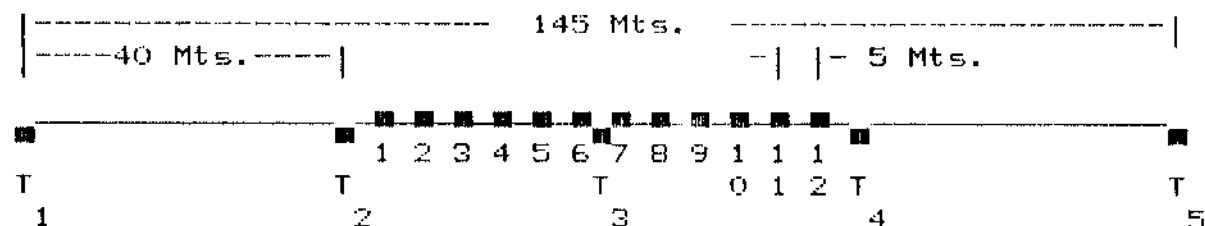
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 9

LOCALIZACION: 533.0; 9798.1

RUMBO: N 6 E

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # = GEOFONO #

# GEOFONO	T I E M P O E N M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	66	26	58	66	97
2	68	48	54	64	97
3	70	50	50	62	96
4	72	52	48	61	94
5	75	56	38	58	88
6	-	58	16	55	86
7	-	-	16	50	83
8	84	62	38	47	80
9	85	64	44	44	76
10	86	66	46	39	75
11	88	68	50	30	72
12	90	70	52	16	69

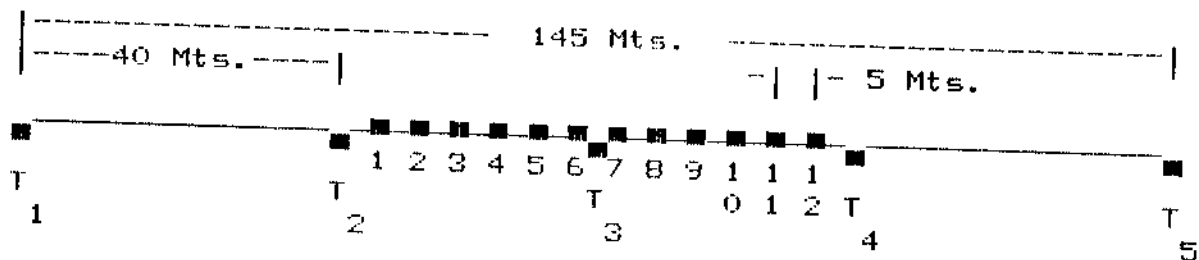
DATOS DEL SONDEO SISMICO # 10

LOCALIZACION: 533.4; 9798.3

RUMBO: N 15 W

FECHA: 19/XII/89

DIRECCION : -----



DISPOSICION DEL DISPOSITIVO SIMETRICO

T = TIRO # # = GEOFONO #

# GEOFONO	TIEMPO EN M I L I S E G U N D O S				
	TIRO 1	TIRO 2	TIRO 3	TIRO 4	TIRO 5
1	59	22	56	-	-
2	62	42	54	70	-
3	65	45	50	69	-
4	68	47	44	64	-
5	70	49	36	60	-
6	72	52	8	58	-
7	74	56	10	56	72
8	76	58	36	54	71
9	78	59	46	50	70
10	82	62	50	48	69
11	86	64	54	44	66
12	90	68	56	24	62

# 1

$V_2 = 1666 \text{ m/s}$

$V_{21} = 454 \text{ m/s}$

$V_2^{III} = 1481 \text{ m/s}$

$V_1 = 352 \text{ m/s}$

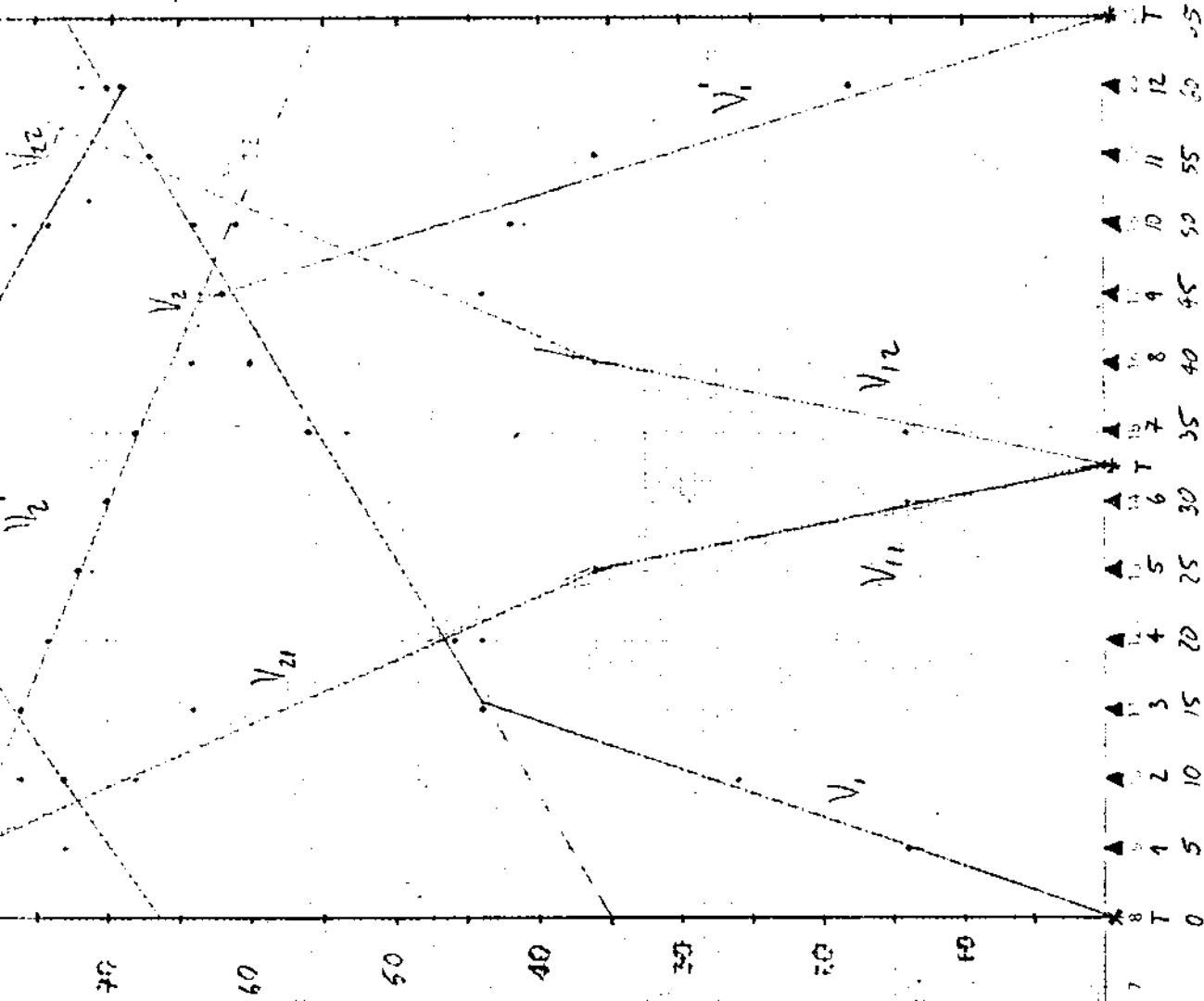
$V_{11} = 208 \text{ m/s}$

$V_2' = 2924 \text{ m/s}$

$V_{22} = 454 \text{ m/s}$

$V_1' = 322 \text{ m/s}$

$V_{12} = 208 \text{ m/s}$



8	T	0
5	▲	5
2	▲	10
1	▲	15
3	▲	20
4	▲	25
5	▲	30
6	T	35
7	▲	40
8	▲	45
9	▲	50
10	▲	55
11	▲	60
12	▲	65
13	T	70

200 (1953)





$$V_{41} = 2500 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 1500 \text{ m/s}$$

$$V_{31} = 1666 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 833 \text{ m/s}$$

$$V_{21} = 625 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 167 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 239 \text{ m/s}$$

$$V_{42} = 2000 \text{ m/s}$$

$$V_{32} = 1389 \text{ m/s}$$

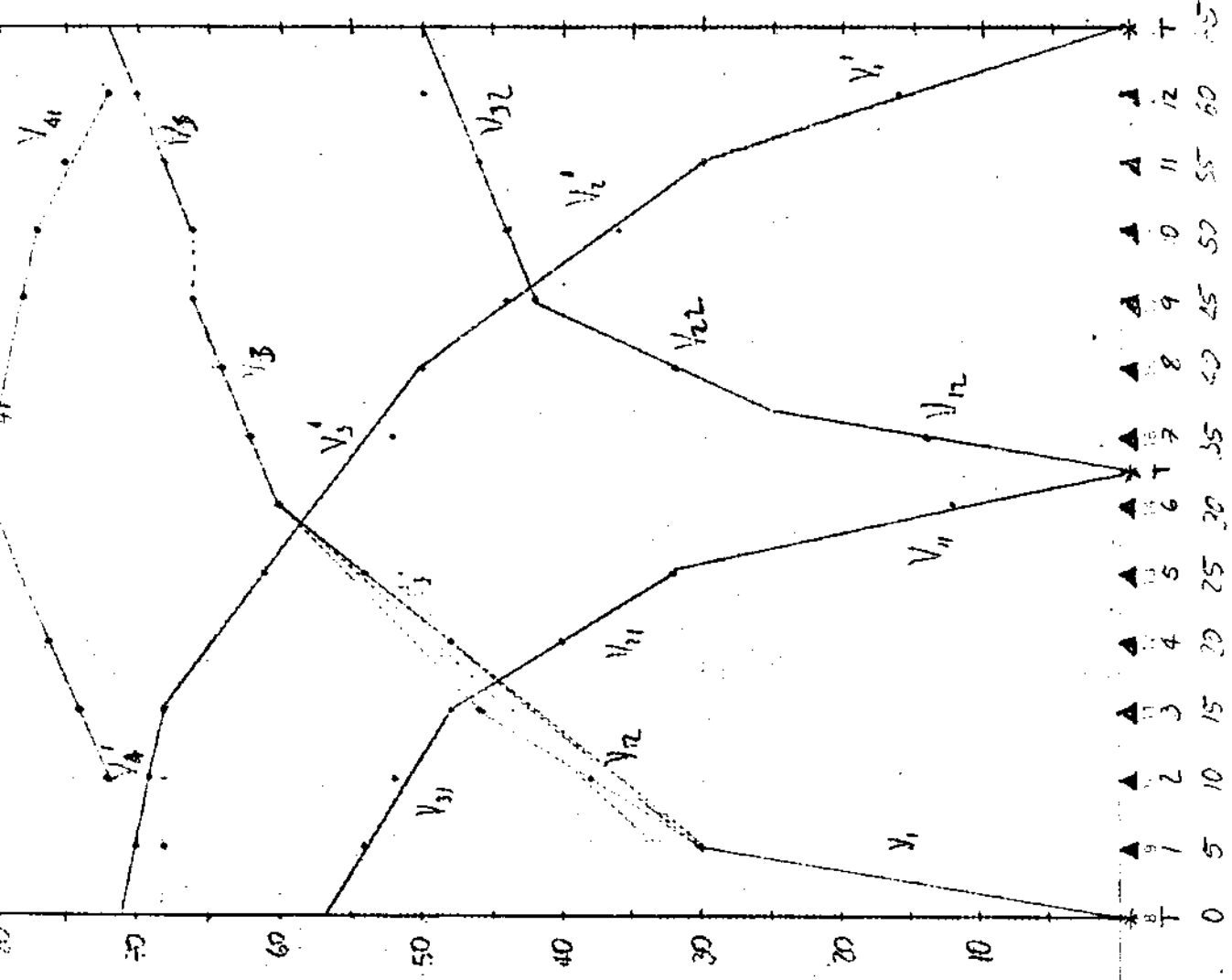
$$V_{32} = 1875 \text{ m/s}$$

$$V_{22} = 750 \text{ m/s}$$

$$V_{22} = 900 \text{ m/s}$$

$$V_{12} = 333 \text{ m/s}$$

$$V_{12} = 178 \text{ m/s}$$



Time (s)	$V_1$ (m/s)	$V_2$ (m/s)	$V_3$ (m/s)	$V_4$ (m/s)	$V'_1$ (m/s)	$V'_2$ (m/s)	$V'_3$ (m/s)	$V'_4$ (m/s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	300	150	100	50	300	150	100	50
2	200	350	250	150	200	350	250	150
3	150	400	450	300	150	400	450	300
4	100	350	500	500	100	350	500	500
5	150	250	450	550	150	250	450	550
6	200	150	350	500	200	150	350	500
7	250	100	250	400	250	100	250	400

# SISMICO # 4

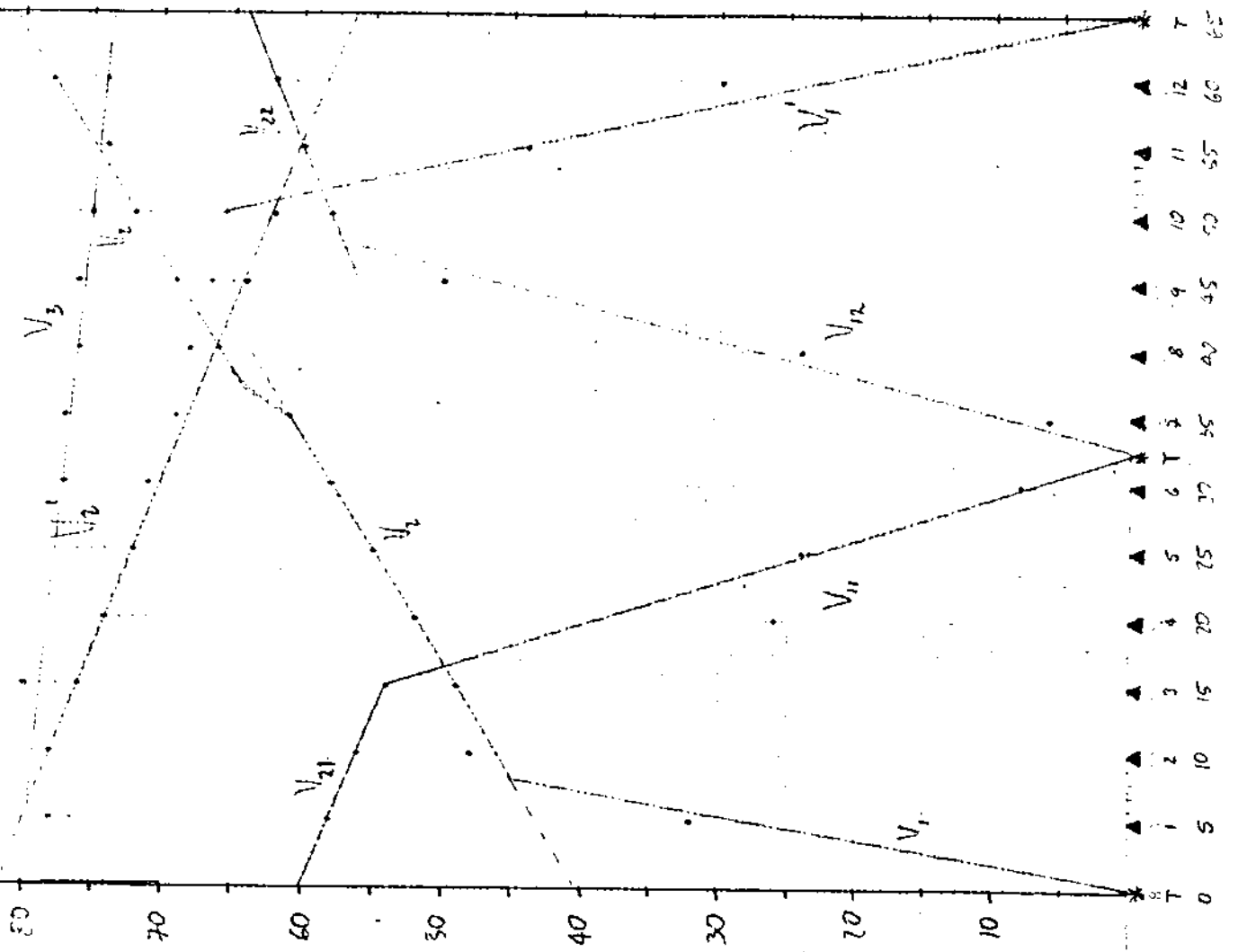
$V_2 = 1666 \text{ m/s}$   
 $V_{21} = 7500 \text{ m/s}$

$V_4 = 181 \text{ m/s}$   
 $V_{14} = 324 \text{ m/s}$

$V_3 = 10000 \text{ m/s}$

$V_2' = 2500 \text{ m/s}$   
 $V_{22} = 2500 \text{ m/s}$

$V_1' = 222 \text{ m/s}$   
 $V_{12} = 772 \text{ m/s}$



0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
T	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

# 5

$V_3 = 3000 \text{ m/s}$

$V_{31} = 2500 \text{ m/s}$

$V_2 = 1500 \text{ m/s}$

$V_{21} = 1250 \text{ m/s}$

$V_1 = 178 \text{ m/s}$

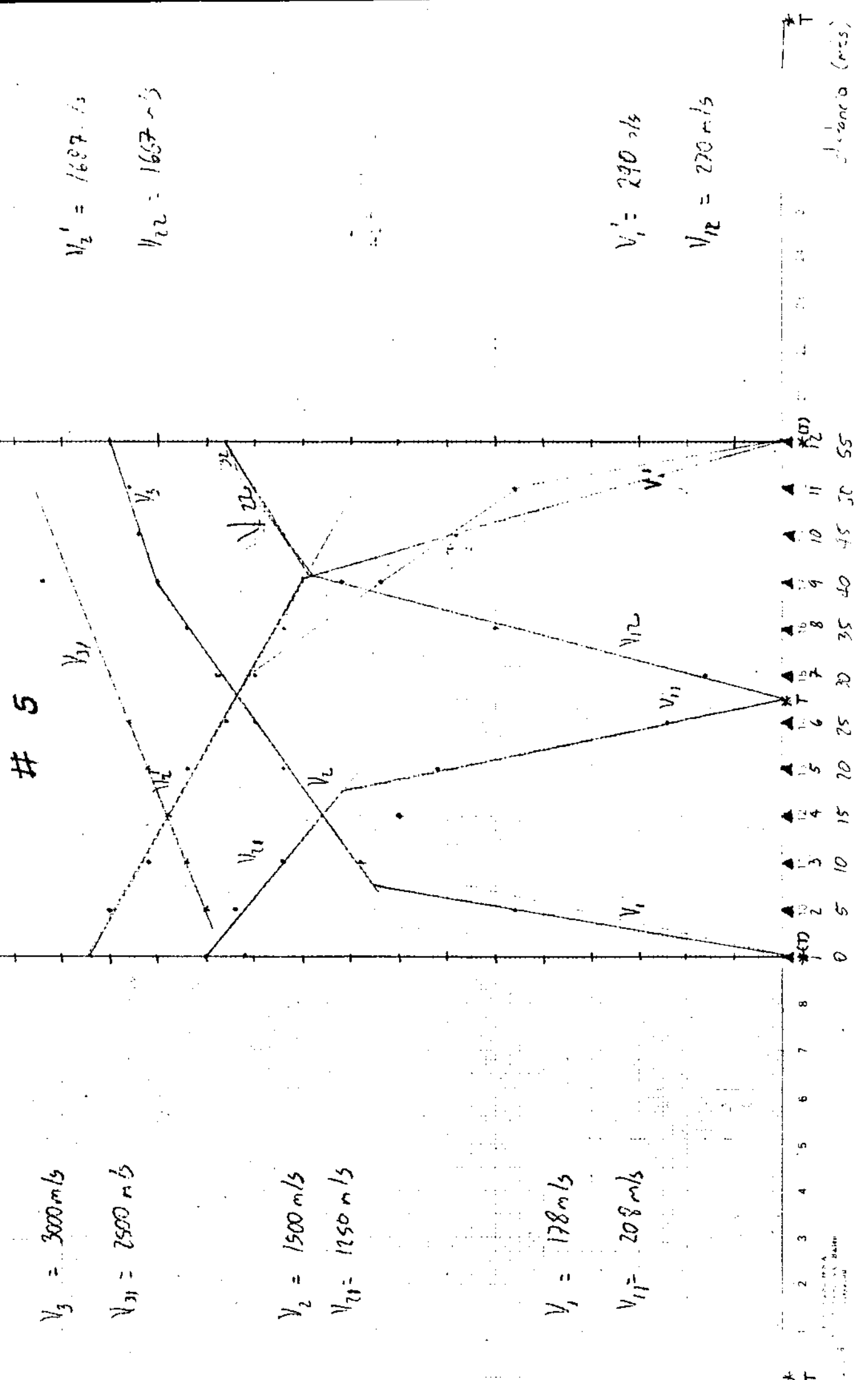
$V_{11} = 208 \text{ m/s}$

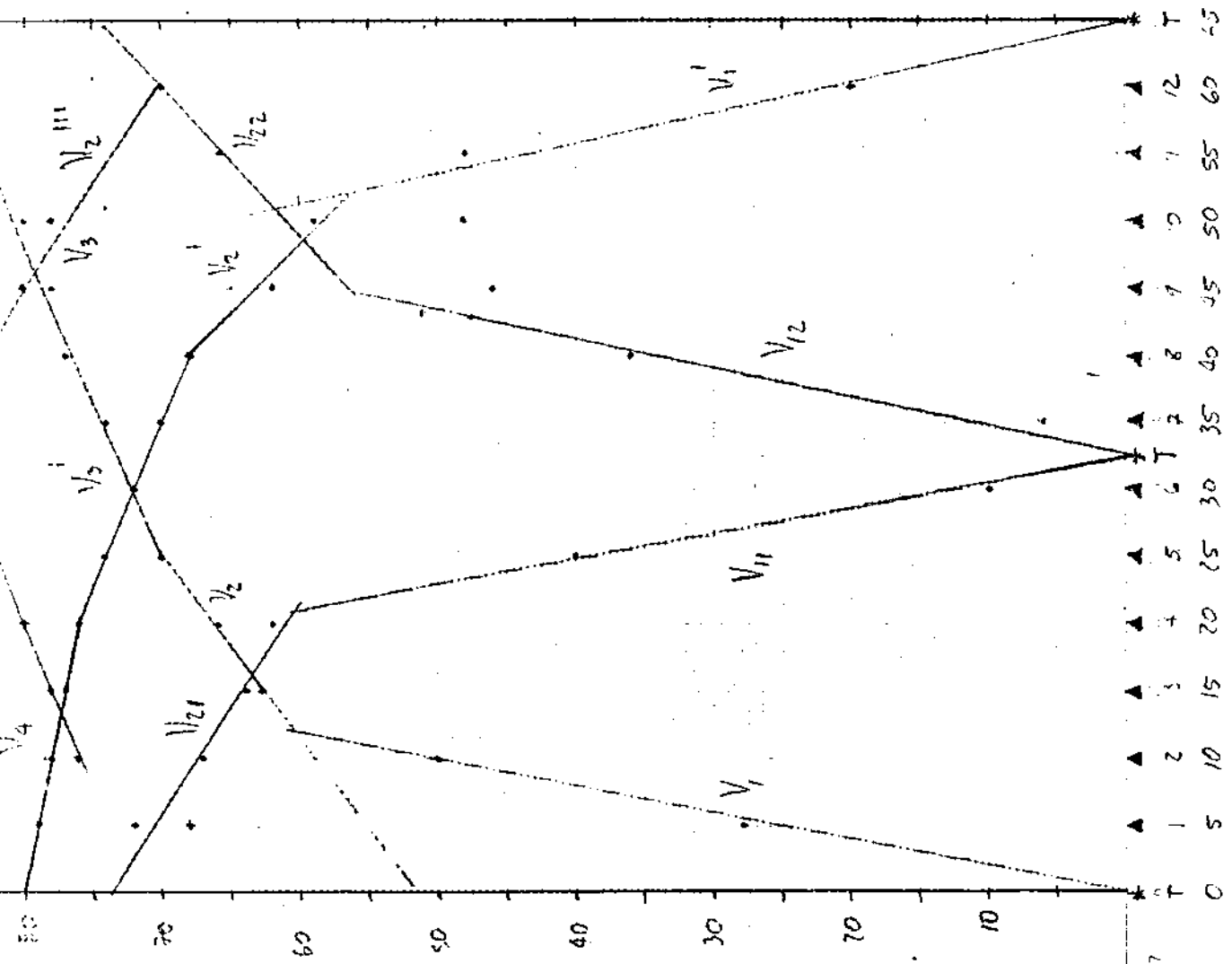
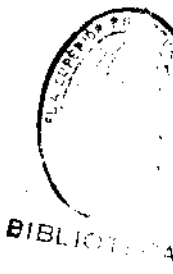
$V_{2'} = 1687 \text{ m/s}$

$V_{22} = 1667 \text{ m/s}$

$V_{1'} = 290 \text{ m/s}$

$V_{12} = 270 \text{ m/s}$





$V_3 = 2307 \text{ m/s}$   
 $V_3^{II} = 2500 \text{ m/s}$

$V_2^{III} = 1538 \text{ m/s}$

$V_2^I = 1957 \text{ m/s}$

$V_{12} = 1111 \text{ m/s}$

$V_1^I = 232 \text{ m/s}$

$V_{12} = 220 \text{ m/s}$

$V_3 = 2307 \text{ m/s}$   
 $V_3^{II} = 2500 \text{ m/s}$

$V_2 = 1333 \text{ m/s}$

$V_{21} = 1578 \text{ m/s}$

$V_{11} = 192 \text{ m/s}$

$V_1 = 200 \text{ m/s}$

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

\* T

$$V_{32} = 1770$$

$$V_3' = 2500 \text{ m/s}$$

$$V_{12}' = 1667 \text{ m/s}$$

$$V_{22}' = 1786 \text{ m/s}$$

$$V_{11}' = 312 \text{ m/s}$$

$$V_{12}' = 182 \text{ m/s}$$

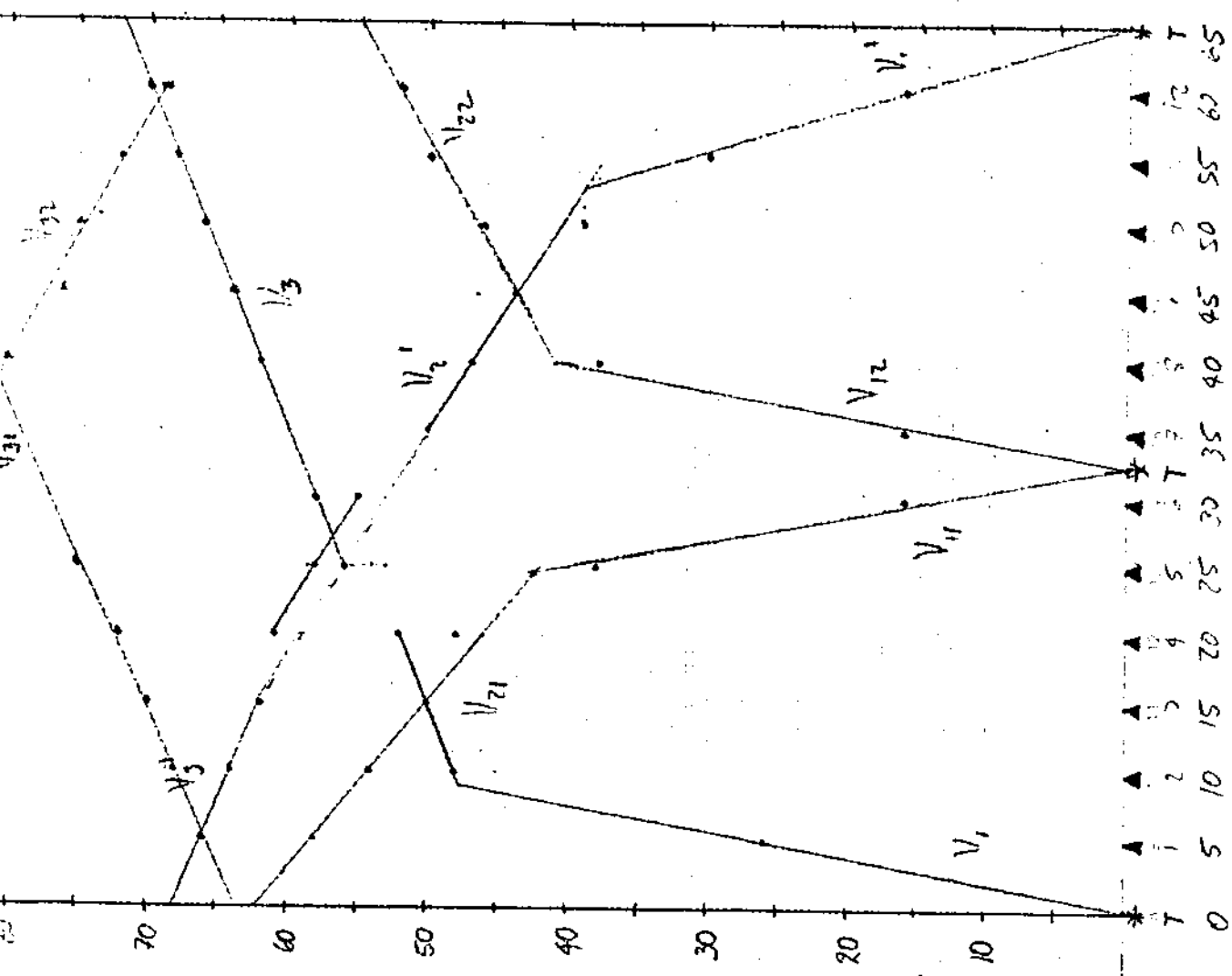
$$V_{31} = 2292 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 2500 \text{ m/s}$$

$$V_{21} = 1756 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 192 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 188 \text{ m/s}$$



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65

7 7 0

2 3 4 5 6 7

$$V_3 = 2500 \text{ m/s}$$

$$V_{23} = 1667 \text{ m/s}$$

$$V_{21} = 1947 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 1286 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 227 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 229 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 2500 \text{ m/s}$$

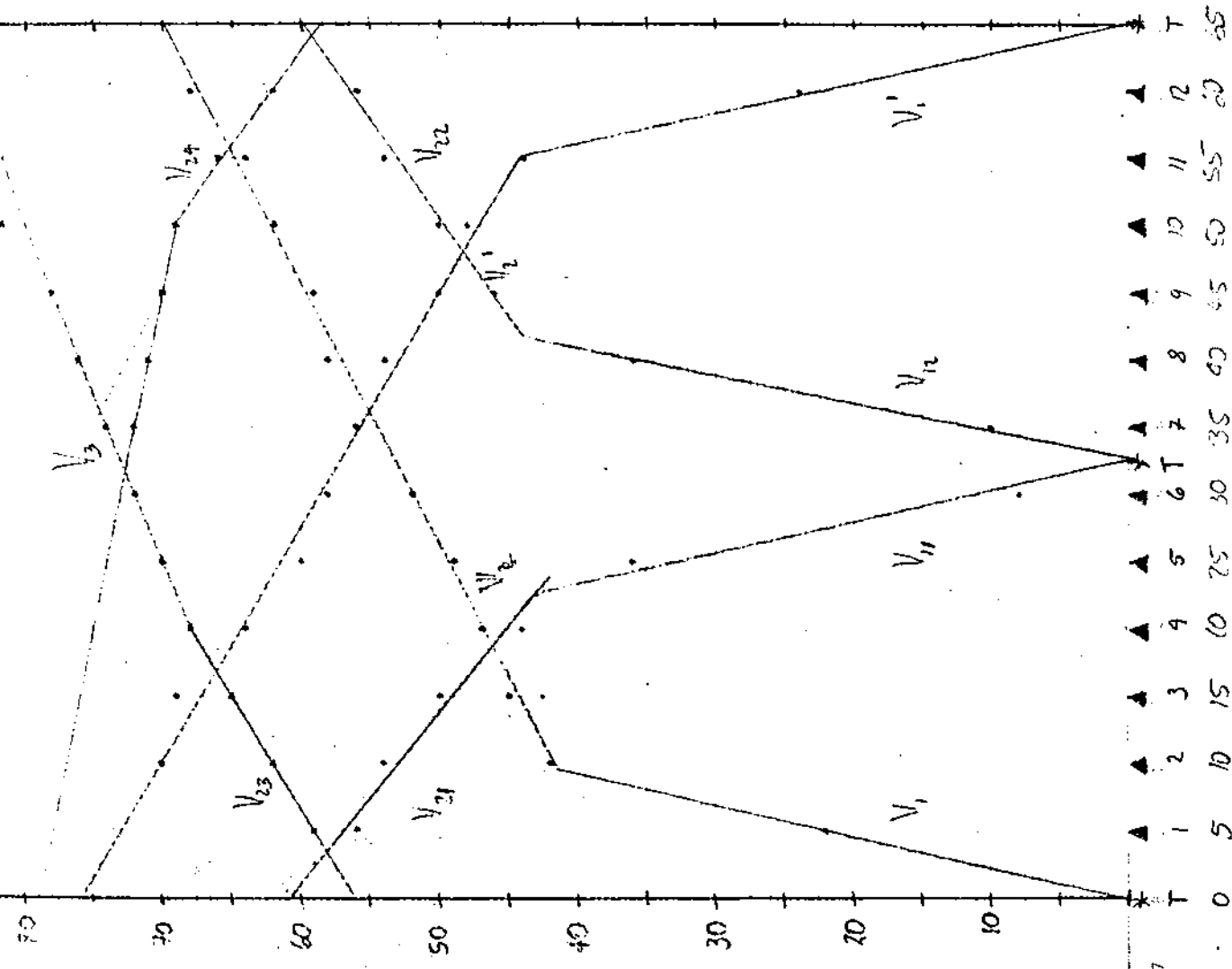
$$V_{24} = 1427 \text{ m/s}$$

$$V_{21} = 1731 \text{ m/s}$$

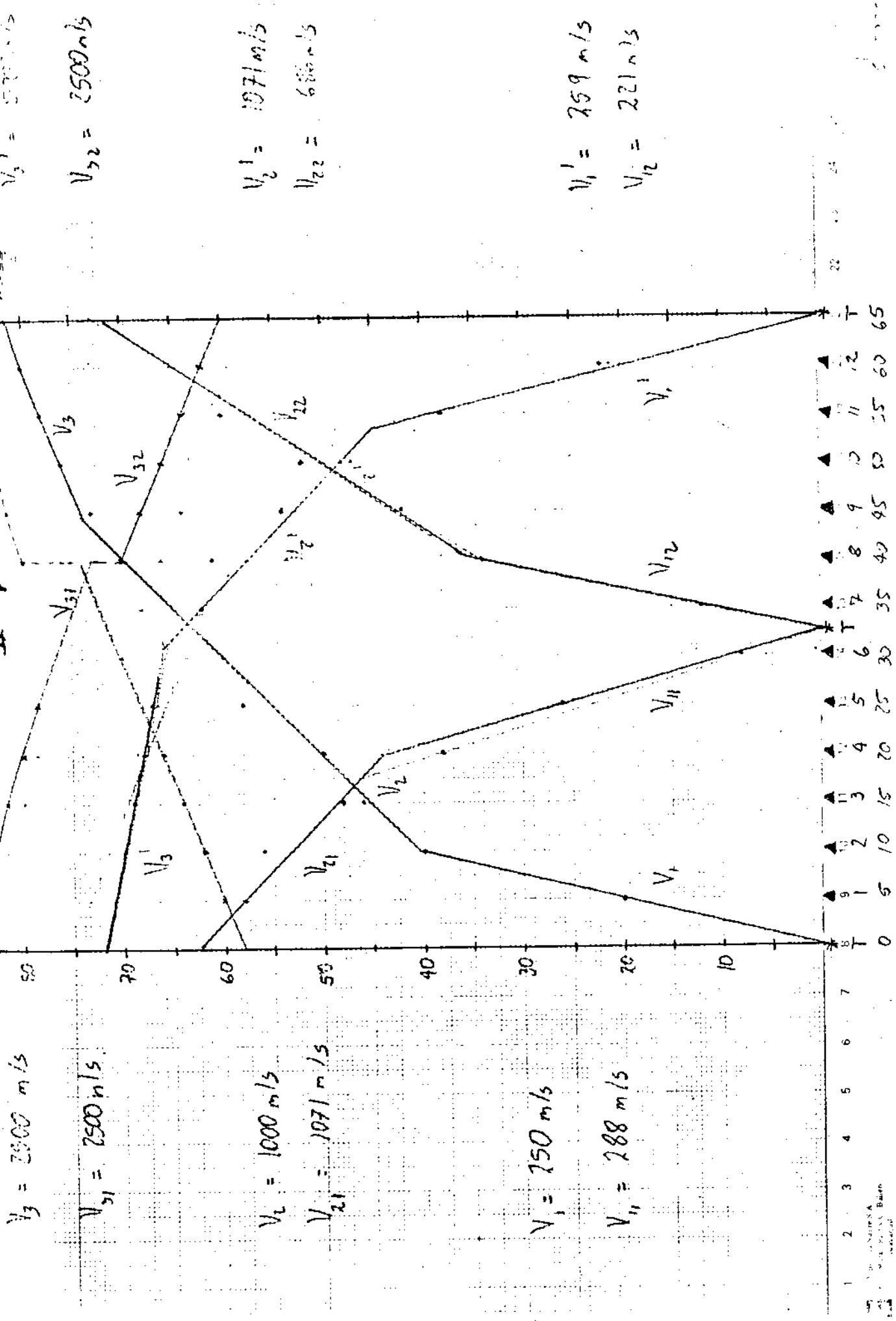
$$V_{22} = 1437 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 227 \text{ m/s}$$

$$V_{12} = 219 \text{ m/s}$$



2 3 4 5 6 7  
 T 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  
 T







# ANEXO : D

- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA
- CALCULOS DE LA TRANSMISIBILIDAD Y EL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA EN LA CUENCA BAJA DEL RIO MANGLARALTO

REALIZADO: JUAN CARLOS AMADO GARZARO

FECHA: 01/01/1990

POZO	TIPO	UBICACION	COORDENADAS	HOJA	PROF.	USO	COTA	TIPO	MARCA DE	OBSERVACIONES
			TOPOGRAFICAS	TOPOGRA. TOTAL	N. E.	N. MAR			BOMBA	BOMBA
1	PERF.	Hda. Las Añas	529.05/9796.70	MANGLAR.			10,00	RIEGO	SUPER.	se usa para cultivo
2	PERF.	Hda. Las Añas	529.20/9796.90	MANGLAR.	27,60	7,00	10,00	POTABLE	SUPER.	WISCONSIN bomba 2 litros/seg.
3	PERF.	Hda. Las Añas	529.40/9796.80	MANGLAR.	28,65	6,45	10,00	RIEGO	SUPER.	se usa para cultivo
4	PERF.	Hda. Las Añas	529.30/9796.50	MANGLAR.			10,00	RIEGO	SUPER.	se usa para cultivo
5	EXC.	Hda. Esperanza	529.70/9796.95	MANGLAR.	6,00	1,90	24,00	RIEGO	SUPER.	DENBACH DIESEL se usa para cultivo
6	EXC.	Hda. Ventura	529.90/9797.05	MANGLAR.	11,00	2,10	25,00	RIEGO		se usa para cultivo
7	PERF.	Hda. Ventura	530.05/9796.95	MANGLAR.	36,00		25,00	POTABLE	SUPER.	WISCONSIN bomba 2 litros/seg.
8	PERF.	Hda. Ventura	530.05/9796.90	MANGLAR.	22,00	6,20	25,00	RIEGO		se usa para cultivo
9	EXC.	Hda. Ventura	530.10/9796.95	MANGLAR.	9,00	6,70	26,00	POTABLE	SUPER.	ACUAJET abastece casa
10	PERF.	Parroquia	531.30/9796.85	MANGLAR.	12,00	5,20	40,00	POTABLE		uso de emergencia
11	EXC.	Parroquia	531.30/9796.90	MANGLAR.	12,00	5,75	40,00	POTABLE	SUPER.	HIDROSTAL molino de viento
12	EXC.	Hda. Río Mar	531.40/9796.95	MANGLAR.	12,00	1,75	35,00	DONES.	SUPER.	JET 51 M.
13	EXC.	Hda. Parrales	537.10/9797.40	DELICINS	4,00	2,00	55,00	RIEGO	SUPER.	HIDROSTAL se usa para cultivo

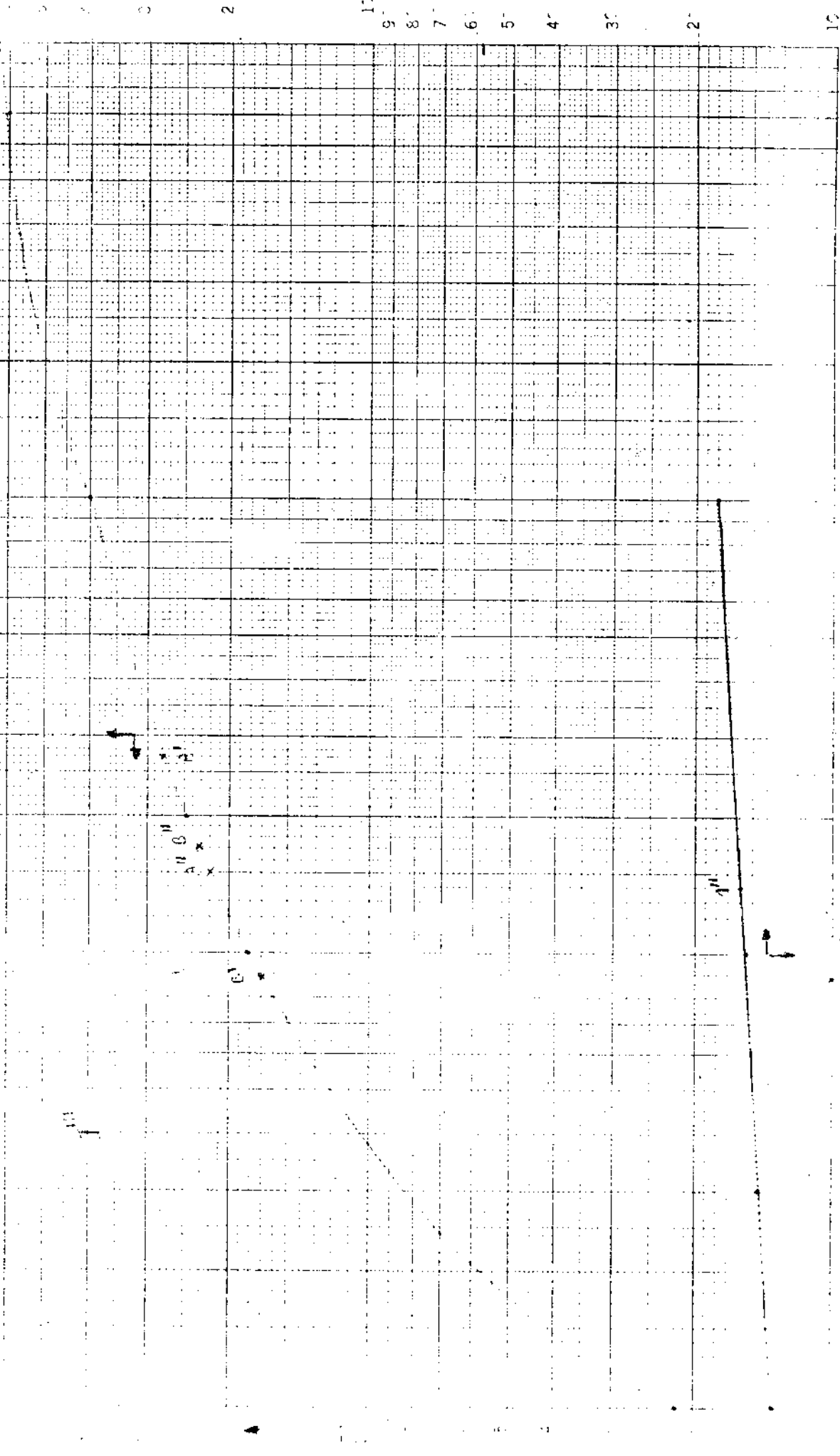
14 | EXC. | Hda. Porvenir | 532.20/9797.50 | DELICIAS: 4,50 | 1,00 | 55,00 | RIEGO | | | | | seco en tiempo seco |  
 15 | EXC. | Hda. Porvenir | 532.30/9797.70 | DELICIAS: 4,65 | 1,15 | 55,00 | RIEGO | SUPER. | MOTOREWORK | | | seco en tiempo seco |  
 16 | EXC. | IP. Manglaralto | 528.50/9796.10 | MANGLAR. | 5,00 | 3,85 | 2,00 | DOMES. | | | | fuera de uso/salada |  
 17 | EXC. | IP. Manglaralto | 528.50/9796.10 | MANGLAR. | 5,00 | 0,60 | 2,00 | DOMES. | | | | fuera de uso/salada |  
 18 | EXC. | IP. Pajisa | 532.70/9798.30 | DELICIAS: 5,00 | | 60,00 | DOMES. | | | | |  
 19 | EXC. | IP. Dos Mangas | 534.10/9798.20 | DELICIAS: | | 70,00 | DOMES. | | | | |  
 20 | EXC. | IP. Dos Mangas | 533.70/9798.20 | DELICIAS: 6,00 | 7,00 | 70,00 | RIEGO | | | | arb. papaya/badua |  
 21 | EXC. | Hda. Agropo. | 532.55/9797.05 | DELICIAS: 4,90 | 2,00 | 60,00 | DOMES. | SUPER. | HIDROSTAL | | |  
 22 | EXC. | Hda. Agropo. | 532.45/9797.90 | DELICIAS: 4,90 | 1,00 | 55,00 | RIEGO | SUPER. | | | se usa para cultivo |  
 23 | EXC. | Hda. Agropo. | 532.45/9797.60 | DELICIAS: 5,00 | 1,00 | 55,00 | RIEGO | SUPER. | | | se usa para cultivo |  
 24 | PERF. | Hda. Las Aras | 528.50/9796.70 | MANGLAR. | 27,00 | | 7,00 | DOMES. | | | | molino de viento |  
 25 | PERF. | Hda. Las Aras | 528.65/9796.80 | MANGLAR. | 35,00 | | 7,00 | RIEGO | SUPER. | | | pasto/caballerías |  
 26 | PERF. | DOS MANGAS | 533.49/9798.39 | DELICIAS: 15,00 | 5,00 | 70,00 | POTABLE | | | | falta instalacion |  
 27 | EXC. | DOS MANGAS | 533.50/9798.40 | DELICIAS: 6,00 | 3,00 | 70,00 | RIEGO | SUPER. | HIDROSTAL | | | se usa para cultivo |  
 28 | EXC. | DOS MANGAS | 532.80/9798.15 | DELICIAS: 7,00 | 4,60 | 70,00 | RIEGO | SUPER. | BOLONA | | | se usa para cultivo |  
 29 | PERF. | Hda. Las Aras | 529.00/9796.90 | MANGLAR. | 37,50 | 7,30 | 10,00 | POTABLE | SUPER. | | | posiblemente a 6 l/s |

PERF. = FOLIO PERFORADO  
 EXC. = FOLIO ENCUBADO

MANGLAR. = MANGLARALTO

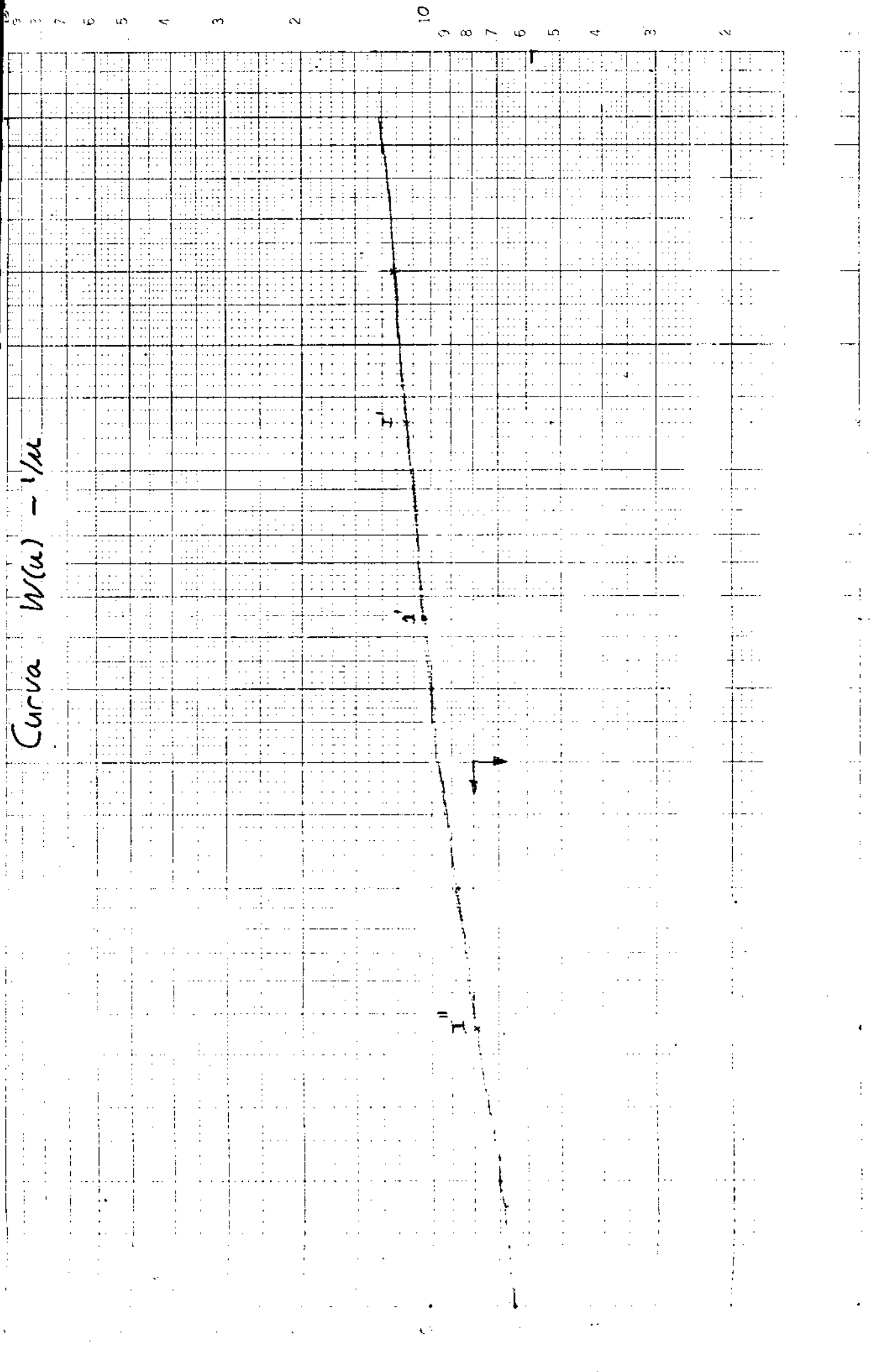
SUPER. = BOMBA DE SUPERFICIE  
 SUMER. = BOMBA SUMERGIDA

Curva Nueva - 1/16



10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10

Curva  $W(u) - 1/u$



División de Aguas Subterráneas

Proyecto  
Verificado  
Fecha

Estado de Quintana Roo

AGUA POTABLE PARA MANGLACALTO

Pozo No. 1 DEFINITIVO (POZO # 2)

N.º de Bomba No. 1 Fecha MAYO 1980

Duración 11 HORAS

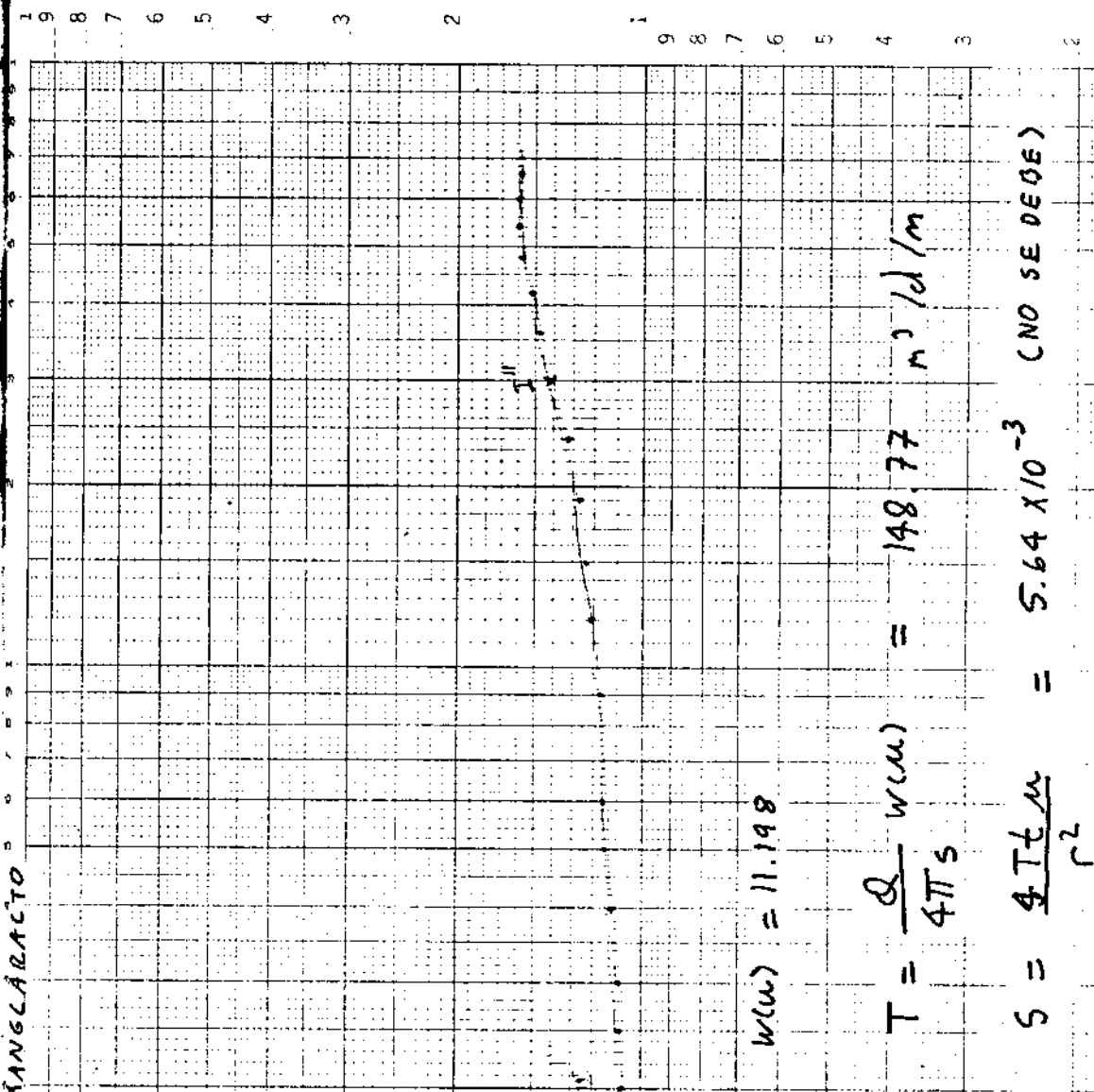
Las tomas en el Pozo

Localidad

Notaciones

FECHA Y TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO minutos	ALTURA DEL AGUA SOBRE EL CENTRO DEL ORIFICIO mts.	CAPAZ DE BOMB. Lts/Seg.	R. P. H.		NIVEL DEL AGUA EN EL POZO mts.	ASATIMIENTO mts.	Observaciones
				Bomba	Motor			
	00	0				820	0	NE. = 8.20 mts.
	01	1				808	0.88	
	01.5	1.5				803	0.93	
	02	2				804	0.94	
	02.5	2.5				805	0.95	
	03	3				806	0.96	
	03.5	3.5				807	0.97	
	04	4				808	0.98	
	04.5	4.5				809	0.99	
	05	5				810	1.00	
	06	6				811	1.01	
	07	7				812	1.02	
	08	8				813	1.03	
	09	9				814	1.04	
	10	10				815	1.05	
	15	15				816	1.06	
	20	20				817	1.07	
	25	25				818	1.08	
	30	30				819	1.09	
	40	40				820	1.10	
	50	50				821	1.11	
	60	60				822	1.12	
	70	70				823	1.13	
	80	80				824	1.14	
	90	90				825	1.15	
	100	100				826	1.16	
	110	110				827	1.17	
	120	120				828	1.18	
	130	130				829	1.19	
	140	140				830	1.20	
	150	150				831	1.21	
	160	160				832	1.22	
	170	170				833	1.23	
	180	180				834	1.24	
	190	190				835	1.25	
	200	200				836	1.26	
	210	210				837	1.27	
	220	220				838	1.28	
	230	230				839	1.29	
	240	240				840	1.30	
	250	250				841	1.31	
	260	260				842	1.32	
	270	270				843	1.33	
	280	280				844	1.34	
	290	290				845	1.35	
	300	300				846	1.36	
	310	310				847	1.37	
	320	320				848	1.38	
	330	330				849	1.39	
	340	340				850	1.40	
	350	350				851	1.41	
	360	360				852	1.42	
	370	370				853	1.43	
	380	380				854	1.44	
	390	390				855	1.45	
	400	400				856	1.46	
	410	410				857	1.47	
	420	420				858	1.48	
	430	430				859	1.49	
	440	440				860	1.50	
	450	450				861	1.51	
	460	460				862	1.52	
	470	470				863	1.53	
	480	480				864	1.54	
	490	490				865	1.55	
	500	500				866	1.56	
	510	510				867	1.57	
	520	520				868	1.58	
	530	530				869	1.59	
	540	540				870	1.60	
	550	550				871	1.61	
	560	560				872	1.62	
	570	570				873	1.63	
	580	580				874	1.64	
	590	590				875	1.65	
	600	600				876	1.66	
	610	610				877	1.67	
	620	620				878	1.68	
	630	630				879	1.69	
	640	640				880	1.70	
	650	650				881	1.71	
	660	660				882	1.72	
	670	670				883	1.73	
	680	680				884	1.74	
	690	690				885	1.75	
	700	700				886	1.76	
	710	710				887	1.77	
	720	720				888	1.78	
	730	730				889	1.79	
	740	740				890	1.80	
	750	750				891	1.81	
	760	760				892	1.82	
	770	770				893	1.83	
	780	780				894	1.84	
	790	790				895	1.85	
	800	800				896	1.86	
	810	810				897	1.87	
	820	820				898	1.88	
	830	830				899	1.89	
	840	840				900	1.90	
	850	850				901	1.91	
	860	860				902	1.92	
	870	870				903	1.93	
	880	880				904	1.94	
	890	890				905	1.95	
	900	900				906	1.96	
	910	910				907	1.97	
	920	920				908	1.98	
	930	930				909	1.99	
	940	940				910	2.00	
	950	950				911	2.01	
	960	960				912	2.02	
	970	970				913	2.03	
	980	980				914	2.04	
	990	990				915	2.05	
	1000	1000				916	2.06	
	1010	1010				917	2.07	
	1020	1020				918	2.08	
	1030	1030				919	2.09	
	1040	1040				920	2.10	
	1050	1050				921	2.11	
	1060	1060				922	2.12	
	1070	1070				923	2.13	
	1080	1080				924	2.14	
	1090	1090				925	2.15	
	1100	1100				926	2.16	
	1110	1110				927	2.17	
	1120	1120				928	2.18	
	1130	1130				929	2.19	
	1140	1140				930	2.20	
	1150	1150				931	2.21	
	1160	1160				932	2.22	
	1170	1170				933	2.23	
	1180	1180				934	2.24	
	1190	1190				935	2.25	
	1200	1200				936	2.26	
	1210	1210				937	2.27	
	1220	1220				938	2.28	
	1230	1230				939	2.29	
	1240	1240				940	2.30	
	1250	1250				941	2.31	
	1260	1260				942	2.32	
	1270	1270				943	2.33	
	1280	1280				944	2.34	
	1290	1290				945	2.35	
	1300	1300				946	2.36	
	1310	1310				947	2.37	
	1320	1320				948	2.38	
	1330	1330				949	2.39	
	1340	1340				950	2.40	
	1350	1350				951	2.41	
	1360	1360				952	2.42	
	1370	1370				953	2.43	
	1380	1380				954	2.44	
	1390	1390				955	2.45	
	1400	1400				956	2.46	
	1410	1410				957	2.47	
	1420	1420				958	2.48	
	1430	1430				959	2.49	
	1440	1440				960	2.50	

MANGLÁBACTO



(I)  $\frac{1}{u} = 1.3 \times 10^5$      $u = 7.69 \times 10^{-6}$      $w(u) = 11.198$

$t = 10$  minutos

$S = 1.035$  mt.  
 $r = 0.075$  mt.

$$T = \frac{Q \cdot w(u)}{4\pi S} = 148.77 \text{ m}^3 / \text{d} / \text{m}$$

$$S = \frac{4\pi T t u}{r^2} = 5.64 \times 10^{-3} \text{ (NO SE DEDEE)}$$

AGOTAMIENTO (mts)

PROYECTO: MANGIARALTO

# POZO 2

PRUEBA: II HORAS

POZO: N° 1 DEFINITIVO

FECHA: Mayo 27/1989

GRAFICO: TIEMPO/ABATIMIENTO

AMADO

T =

137.48 m<sup>2</sup>/h

R=0.23

IF05

S = 2.3576

S = 2.157427 + 3.1

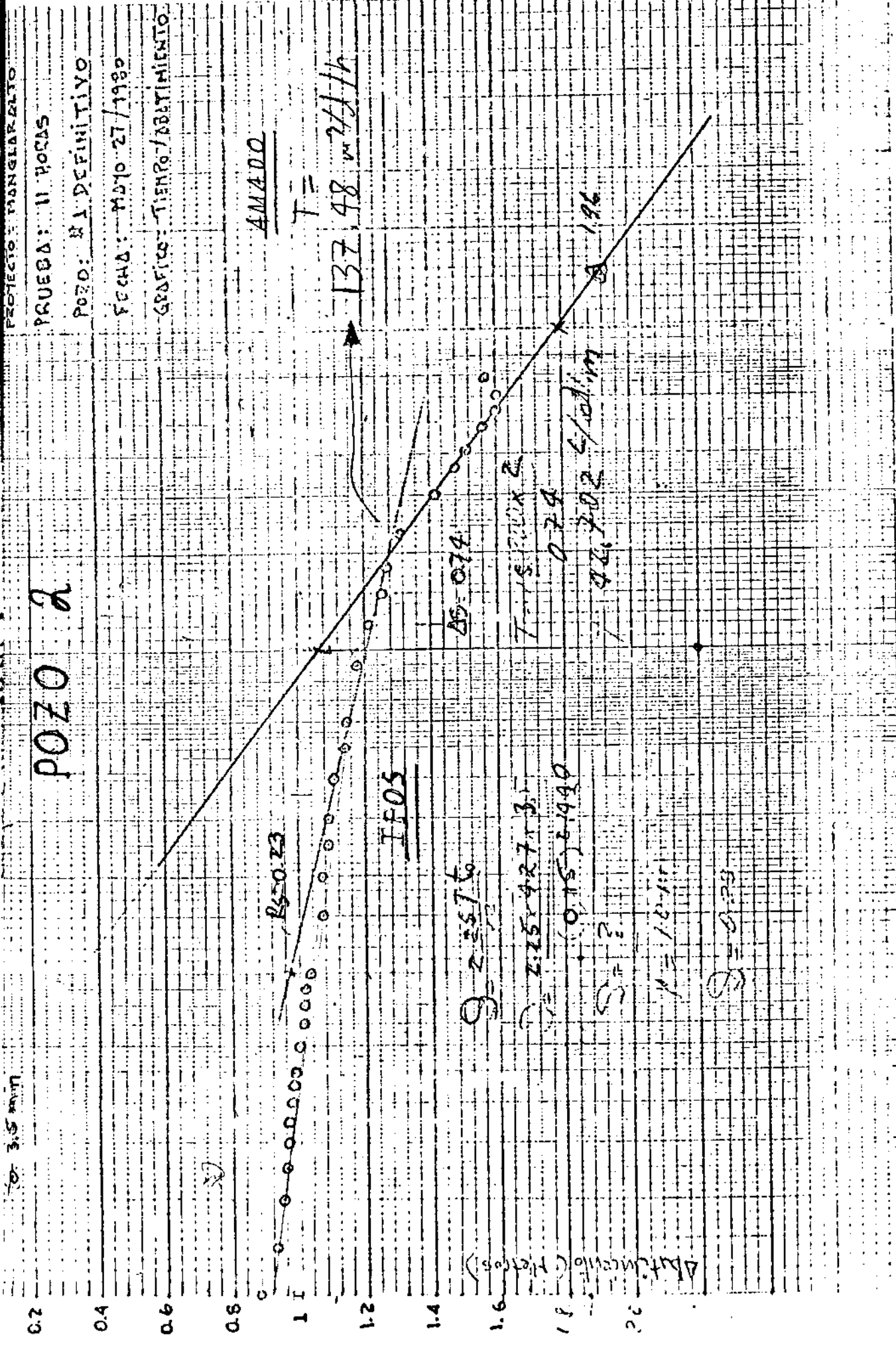
S = (0.15) 6.949

S = ?

S = 1.8415

S = 0.23

Abatimiento (Metros)





División de Aguas Subterráneas

Fecha: \_\_\_\_\_  
Verificado: \_\_\_\_\_  
Pozo: \_\_\_\_\_

Inspección de Obras Sanitarias

Nombre del Pozo: MANGLACALTO Pozo Nº: 1 DE OBSERVACION  
 No de Bombas: 1 Fecha: Mayo 23/80 Duración: 11 HORAS  
 Tipo de Bombas en el Pozo: DE OBSERVACION #1 Localizado: A 28.80 del P. de ...

FECHA Y TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO minutos	ALTURA DEL AGUA SOBRE EL CENTRO DEL ORIFICIO mts	CANTIDAD DE BOMB. Lit/Aeg.	R. P. H.		NIVEL DEL AGUA EN EL POZO mts.	ABATIMIENTO mts.	Observaciones
				Bomba	Motor			
00	0					2.61	0.00	NE. 29.61 mts.
01	1							
01.5	1.5							
02	2							
02.5	2.5							
03	3							
03.5	3.5							
04	4							
04.5	4.5							
05	5					2.72	0.11	
06	6					2.73	0.12	
07	7					2.73	0.12	
08	8					2.73	0.12	
09	9					2.73	0.12	
10	10					2.73	0.12	
15	15					2.73	0.12	
20	20					2.73	0.12	
25	25					2.73	0.12	
30	30					2.73	0.12	
40	40					2.73	0.12	
50	50					2.73	0.12	
60	60					2.73	0.12	
70	70					2.73	0.12	
80	80					2.73	0.12	
90	90					2.73	0.12	
100	100					2.73	0.12	
110	110					2.73	0.12	
120	120					2.73	0.12	
130	130					2.73	0.12	
140	140					2.73	0.12	
150	150					2.73	0.12	
160	160					2.73	0.12	
170	170					2.73	0.12	
180	180					2.73	0.12	
190	190					2.73	0.12	
200	200					2.73	0.12	
210	210					2.73	0.12	
220	220					2.73	0.12	
230	230					2.73	0.12	
240	240					2.73	0.12	
250	250					2.73	0.12	
260	260					2.73	0.12	
270	270					2.73	0.12	
280	280					2.73	0.12	
290	290					2.73	0.12	
300	300					2.73	0.12	
310	310					2.73	0.12	
320	320					2.73	0.12	
330	330					2.73	0.12	
340	340					2.73	0.12	
350	350					2.73	0.12	
360	360					2.73	0.12	
370	370					2.73	0.12	
380	380					2.73	0.12	
390	390					2.73	0.12	
400	400					2.73	0.12	
410	410					2.73	0.12	
420	420					2.73	0.12	
430	430					2.73	0.12	
440	440					2.73	0.12	
450	450					2.73	0.12	
460	460					2.73	0.12	
470	470					2.73	0.12	
480	480					2.73	0.12	
490	490					2.73	0.12	
500	500					2.73	0.12	
510	510					2.73	0.12	
520	520					2.73	0.12	
530	530					2.73	0.12	
540	540					2.73	0.12	
550	550					2.73	0.12	
560	560					2.73	0.12	
570	570					2.73	0.12	
580	580					2.73	0.12	
590	590					2.73	0.12	
600	600					2.73	0.12	
610	610					2.73	0.12	
620	620					2.73	0.12	
630	630					2.73	0.12	
640	640					2.73	0.12	
650	650					2.73	0.12	
660	660					2.73	0.12	
670	670					2.73	0.12	
680	680					2.73	0.12	
690	690					2.73	0.12	
700	700					2.73	0.12	
710	710					2.73	0.12	
720	720					2.73	0.12	
730	730					2.73	0.12	
740	740					2.73	0.12	
750	750					2.73	0.12	
760	760					2.73	0.12	
770	770					2.73	0.12	
780	780					2.73	0.12	
790	790					2.73	0.12	
800	800					2.73	0.12	
810	810					2.73	0.12	
820	820					2.73	0.12	
830	830					2.73	0.12	
840	840					2.73	0.12	
850	850					2.73	0.12	
860	860					2.73	0.12	
870	870					2.73	0.12	
880	880					2.73	0.12	
890	890					2.73	0.12	
900	900					2.73	0.12	
910	910					2.73	0.12	
920	920					2.73	0.12	
930	930					2.73	0.12	
940	940					2.73	0.12	
950	950					2.73	0.12	
960	960					2.73	0.12	
970	970					2.73	0.12	
980	980					2.73	0.12	
990	990					2.73	0.12	
1000	1000					2.73	0.12	

(A<sup>II</sup>)

$\frac{1}{M} = 15$      $u = 6.66 \times 10^{-2}$      $w(M) = 2.195$

$t = 200$  minutos

$S = 0.34$  mt.

$r = 28.8$  mt.

$T = 88.77$  m<sup>3</sup>/d/m

$S = 3.96 \times 10^{-3}$

AGUANTAMIENTO (mts)

A'  
A''

# 2

PROYECTO: MANGLARATO

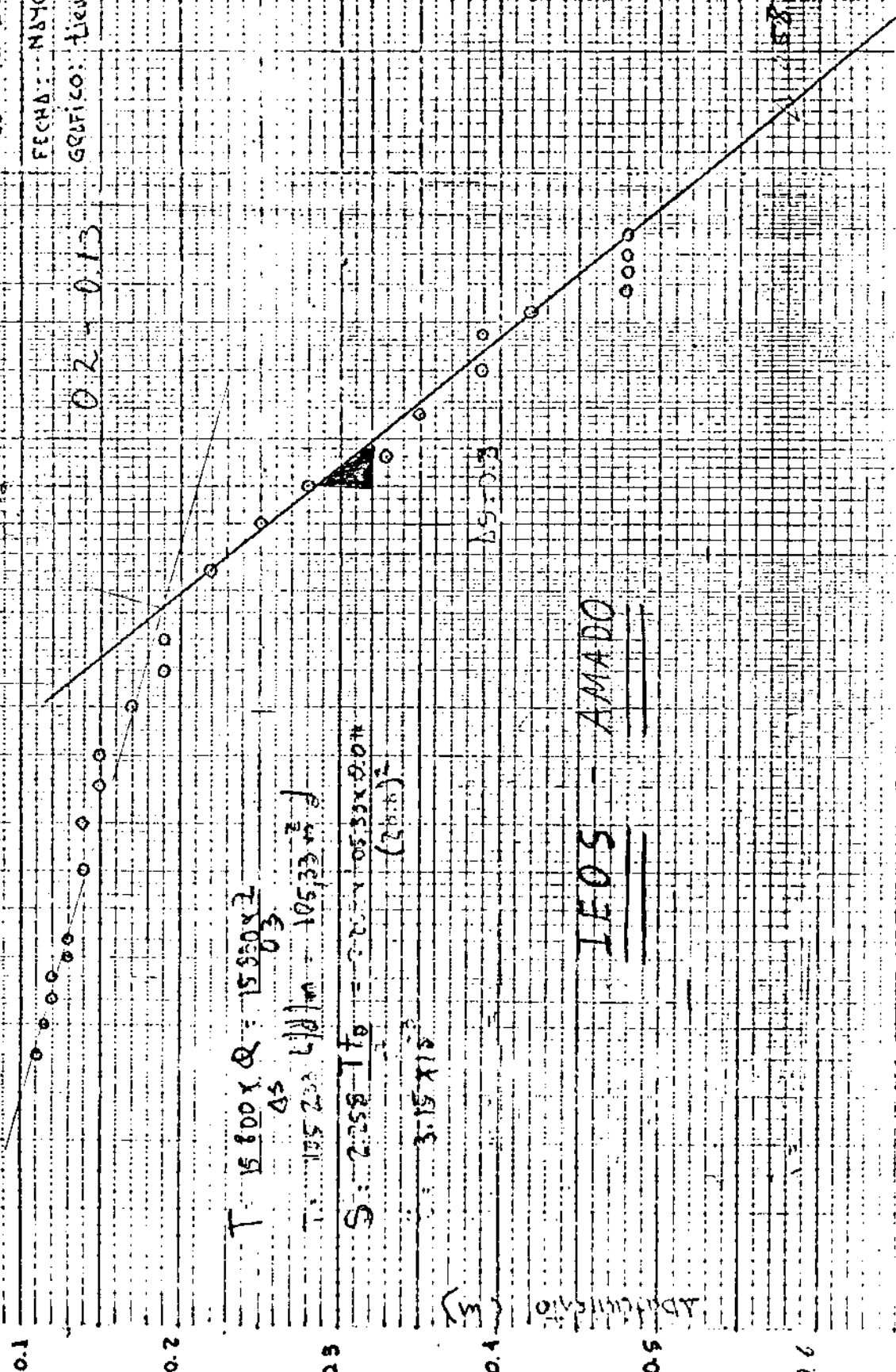
PRUEBA: 11 HORAS

POZO: #1 DE OBSERVACION

FECHA: MAYO 27 / 1980

GRAFICO: tiempo / Abatimiento

0.2 - 0.13



$$T = \frac{15800 \times Q}{\Delta s} = \frac{15800 \times 2}{0.3}$$

$$T = 105333 \text{ m} = 105333 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{2.258 \times T}{(20 \text{ m})^2} = \frac{2.258 \times 105333 \times 0.04}{400}$$

$$= 3.15 \times 10^{-3}$$

$$\Delta s = 0.3$$

IEOS - AMADO

58

MONGLARILTO

#2 DE OBSERVACION

a 51.20m del P.P.

HORA Y MIN	TIEMPO EN SEG	A. P. N.		C. EL. ADPT. DEL POZO mts.	C. EL. P. mts.	Observaciones
		Velocidad	Motor			
00	0			8.67	0.00	11. 8.67
01	1					
02	15					
03	2					
04	25					
05	3					
06	35					
07	4					
08	45					
09	5			8.75	0.03	
10	6					
11	7					
12	8					
13	9					
14	10			8.76	0.04	
15	15			8.77	0.10	
16	20			8.78	0.11	
17	25			8.78	0.11	
18	30			8.79	0.12	
19	40			8.81	0.14	
20	50			8.82	0.15	
21	60			8.83	0.16	
22	70			8.85	0.18	
23	80			8.87	0.20	
24	90			8.91	0.21	
25	100			8.95	0.28	
26	110			8.98	0.31	
27	120			9.00	0.33	
28	130			9.02	0.35	
29	140			9.08	0.41	
30	150			9.10	0.43	
31	160			9.10	0.43	
32	170			9.10	0.43	
33	180					
34	190					
35	200					
36	210					
37	220					
38	230					
39	240					
40	250					
41	260					
42	270					
43	280					
44	290					
45	300					
46	310					
47	320					
48	330					
49	340					
50	350					
51	360					
52	370					
53	380					
54	390					
55	400					
56	410					
57	420					
58	430					
59	440					
60	450					
61	460					
62	470					
63	480					
64	490					
65	500					
66	510					
67	520					
68	530					
69	540					
70	550					
71	560					
72	570					
73	580					
74	590					
75	600					
76	610					
77	620					
78	630					
79	640					
80	650					
81	660					
82	670					
83	680					
84	690					
85	700					
86	710					
87	720					
88	730					
89	740					
90	750					
91	760					
92	770					
93	780					
94	790					
95	800					
96	810					
97	820					
98	830					
99	840					
100	850					

5/2

(15<sup>1</sup>)  $1/M = 17$   $u = 5.88 \times 10^{-2}$   $w(u) = 231$

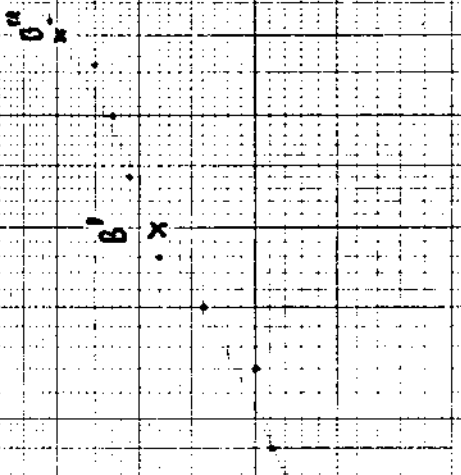
$t = 900$  minutos

$S = 0.390$  mt.

$r = 51.2$  mt.

$T = 81.44$  m<sup>3</sup>/d/m

$S = 2.03 \times 10^{-3}$



(15<sup>2</sup>)

$1/M = 8.8$   $u = 1.136 \times 10^{-1}$   $w(u) = 1.73$

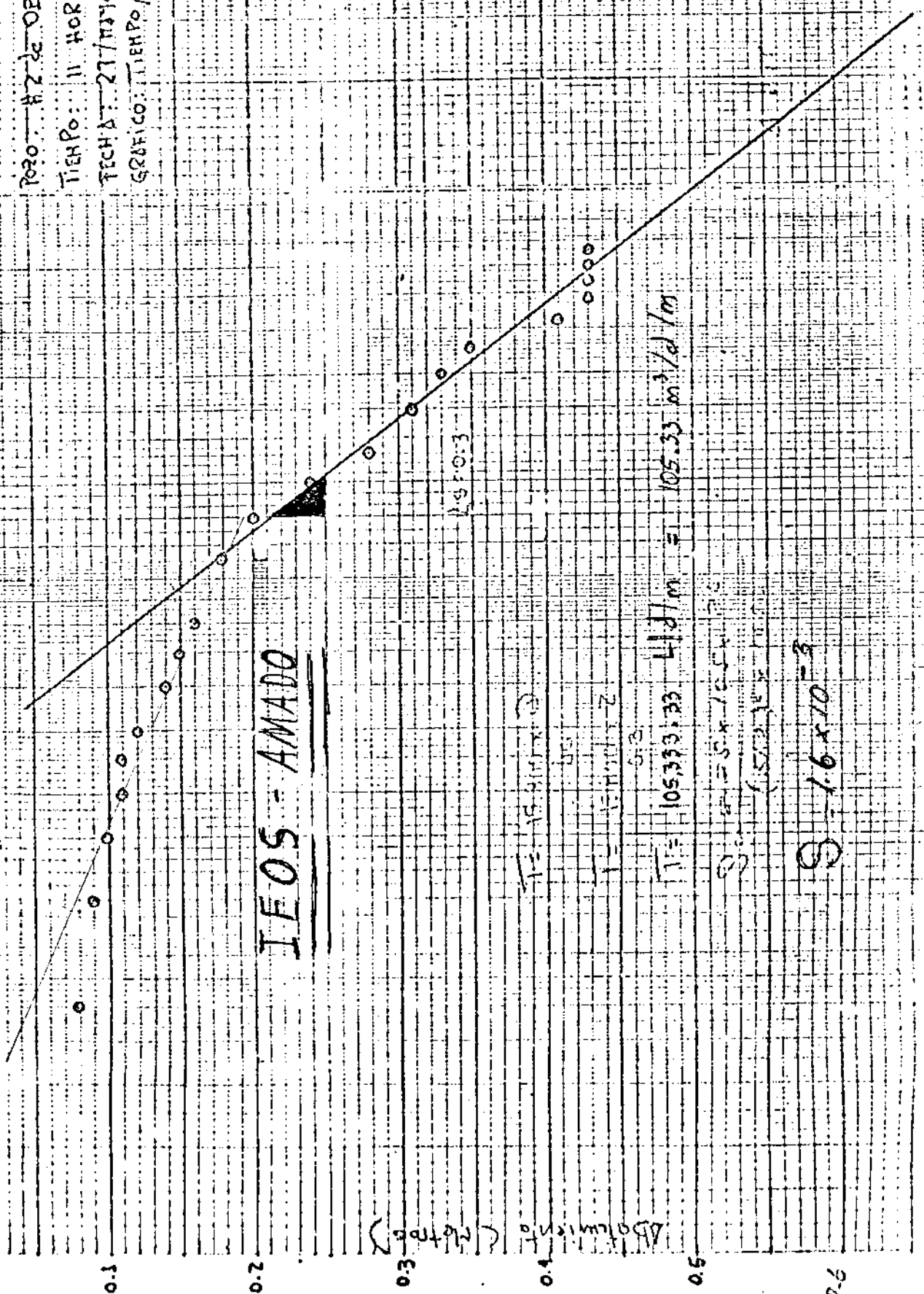
$t = 200$  minutos

$S = 0.28$  mt.

$r = 51.2$  mt.

$T = 84.96$  m<sup>3</sup>/d/m

PROYECTO: MANGLARALTO  
 POZO: H-2 de OBSERVACION  
 TIEMPO: 11 HORAS  
 FECHA: 27/Mayo/1980  
 GRAFICO: TIEMPO/ABTAMIENTO



IEOS = AMADO

1980:3

$T = 15.8 \times 10^{-3}$

$T = 15.8 \times 10^{-3}$

$T = 105333.33 \text{ H/d/m} = 105.33 \text{ m}^3/\text{d/m}$

$S = 5 \times 10^{-3}$

$S = 1.6 \times 10^{-3}$

(55333.33)

0.6

0.5

Abtamiento (m)

Tiempo (min)

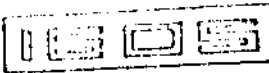
0.1

0.2

0.3

0.4

$t_0 = 2.6 \text{ min}$



INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIARIAS

ANEXO N° 1

Pag 8 de 9 pag

PROYECTO MANGLAR UNTO

CALCULADO \_\_\_\_\_

ABATIMIENTO RESIDUAL Y CALCULO DE LA RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA EN EL POZO 33 METROS DE LA RAMPA #1

COMPROBADO \_\_\_\_\_

FECHA 17/11/88

NIVEL ESTATICO DEL AGUA 3.75 m

CAUDAL PROMEDIO BOMBREADO 2.1 l/s

Tiempo desde que comienza el bombeo t minutos	Tiempo desde que cesa el bombeo t' minutos	Relación t/t'	Profundidad del agua metros	Abatimiento residual s' metros	Abatimiento desde la curva de bombeo s metros	Recuperación Calculada s - s' metros
660	0	∞	9.80	1.60	1.60	0
661	1	661	8.75	0.55	↓	1.05
662	2	331	8.68	0.48		1.12
663	3	221	8.66	0.46		1.14
664	4	166	8.65	0.45		1.15
665	5	133	8.64	0.44		1.16
666	6	111	8.63	0.43		1.17
667	7	95.3	8.62	0.42		1.18
668	8	82.5	8.61	0.41		1.19
669	9	71.3	8.61	0.41		1.19
670	10	67	8.60	0.40	1.20	
675	15	45	8.57	0.37	1.23	
680	20	31	8.55	0.35	1.25	
685	25	26.4	8.54	0.34	1.26	
690	30	23	8.52	0.32	1.28	
700	40	17.5	8.50	0.30	1.30	
710	50	14.2	8.49	0.29	1.31	
720	60	12.0	8.47	0.27	1.33	

$$T = 149.51 \text{ m}^3/d/m$$

$$S = 7.33 \times 10^{-4}$$

$$T = \frac{0.366 Q}{\Delta S}$$

$$S = \frac{225 T^2}{r_0^2}$$

$$\Delta S = 1.125 - 0.206$$

ABATIMIENTO (mts)

METODO  
DISTANCIA

Pozo # 0204

METODO DE  
RECUPERACION

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta(S-S')} = 197.69 \text{ m}^3/d/m$$

ABATIMIENTO

Distancia



# IEOS - AMADO

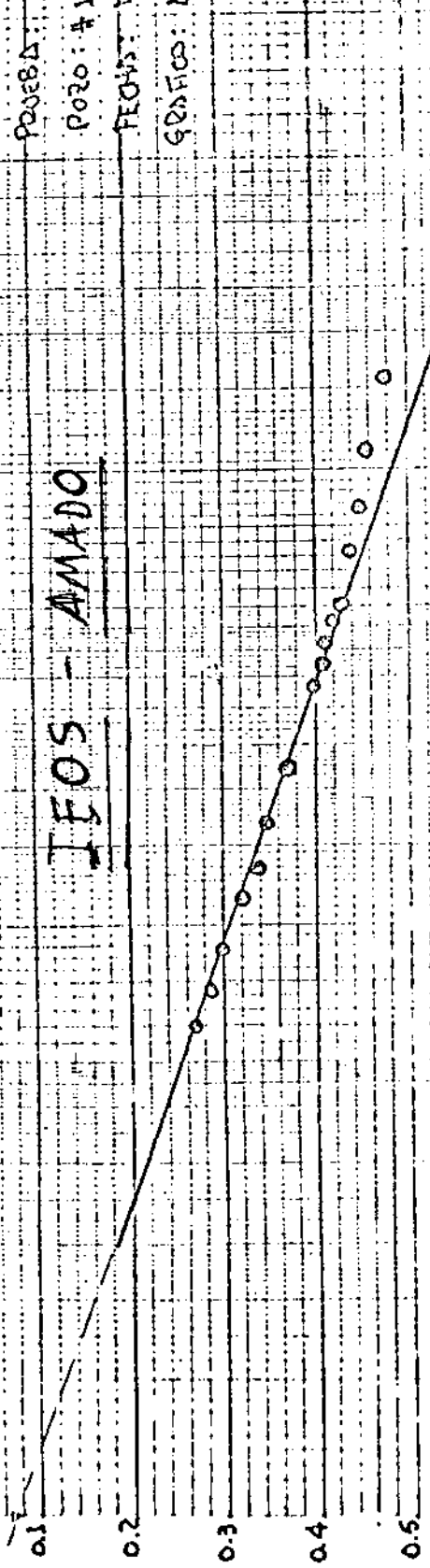
PROYECTO: MANGUARAJO

POBRES: 11 HORAS

POZO: # 1 DEFINITIVO

FECHA: 10/02/77

GENCO: ABST RESIDUAL



$\Delta s = 0.18$

$T = 15.2 \text{ m}^2/\text{d}$

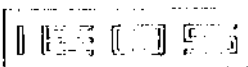
$\Delta s =$

$T = 15.2 \text{ m}^2/\text{d}$

$\Delta s = 0.18$

$\Delta s = 175.55 \text{ m}^2/\text{d} = 175.64 \text{ m}^2/\text{d}$

Abstracción Q  
s



Militar Ecuatoriano de Obras Sanitarias

Proyecto LIMPIEZA DEL POZO N° 1 MANGLARALTO Pozo N° 1

Prueba de Bombeo N° 1 Fecha AGOSTO 30/84 Duración 7 HORAS

Lecturas tomadas en el Pozo Localizado

Observaciones

FECHA Y TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO minutos	ALTURA DEL AGUA SOBRE EL CENTRO DEL ORIFICIO mts.	RATA DE BOMB Lit/seg.	R P M.		NIVEL DEL AGUA EN EL POZO mts.	AJUSTAMIENTO mts.	Observaciones
				Bomba	Motor			
	0					5.81	0.00	NE. 5.81 mts.
	1					9.38	3.57	
	1.5							
	2					9.62	3.81	
	2.5							
	3					9.76	3.95	
	3.5							
	4					9.83	4.02	
	4.5							
	5					9.90	4.09	
	6					9.93	4.12	
	7					9.97	4.16	
	8					10.00	4.19	
	9					10.02	4.21	
	10		4.73 1/3			10.04	4.23	
	15					10.13	4.32	
	20					10.20	4.39	
	25					10.28	4.47	
	30		4.73 1/3			10.33	4.52	
	40					10.39	4.58	
	50					10.45	4.64	
	60		4.73 1/3			10.51	4.70	
	90					10.54	4.73	
	120		4.73 1/3			10.68	4.87	
	150					10.74	4.93	
	180					10.82	5.01	
	240		4.73 1/3			10.86	5.05	
	300					10.91	5.10	
	360					10.92	5.11	
	420					10.94	5.12	
	480							
	540							
	600							
	660							
	720							
	780							
	840							
	900							
	960							
	1020							
	1080							
	1140							
	1200							
	1260							
	1320							
	1380							
	1440							

MANGLARALTO

(10)  $1/u = 1.4 \times 10^7$      $u = 7.14 \times 10^{-8}$      $w(u) = 15.876$   
 $t = 100$  minutos  
 $S = 4.8$  mt.

$r = 0.075$  mt.

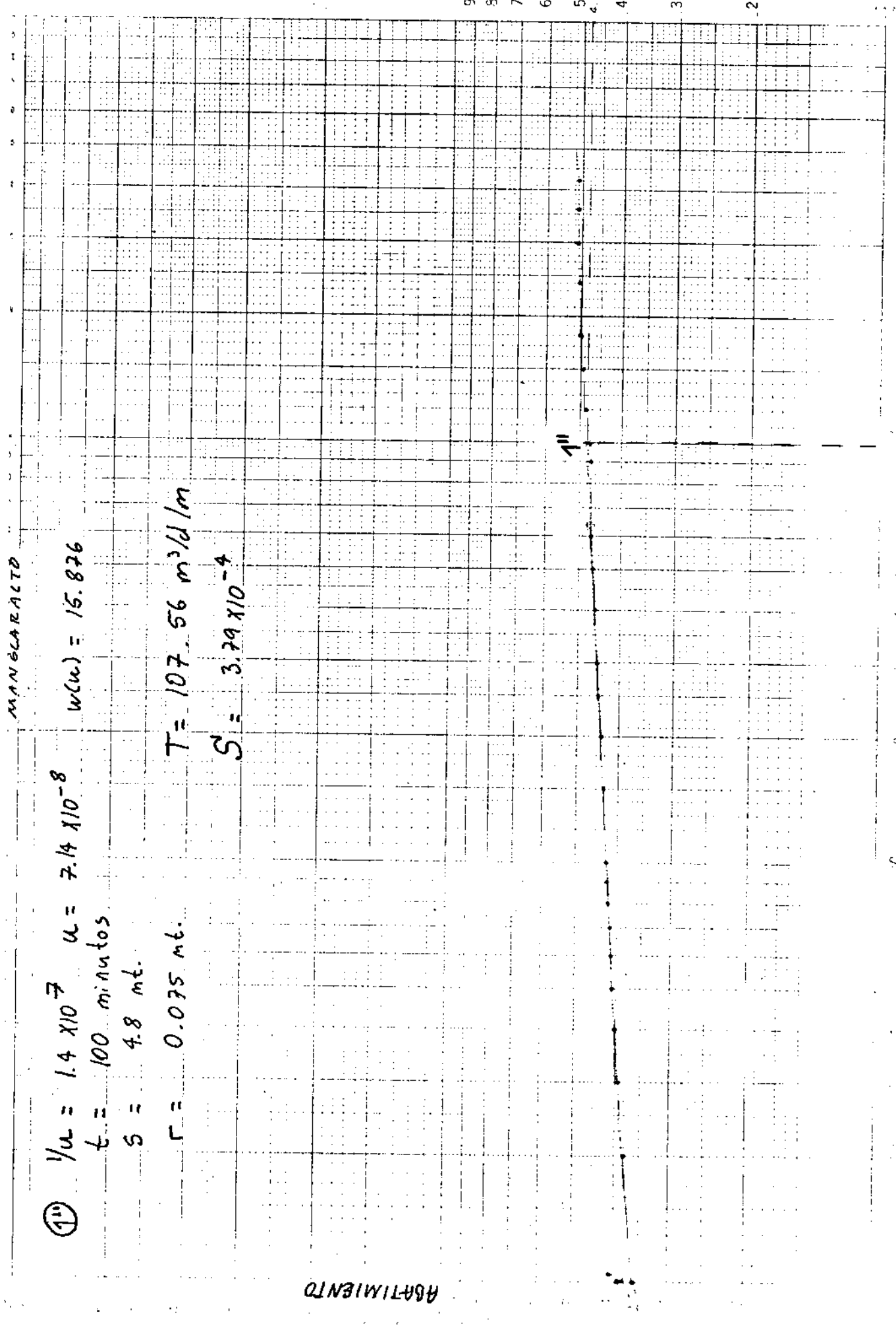
$T = 107.56$  m<sup>3</sup>/d/m

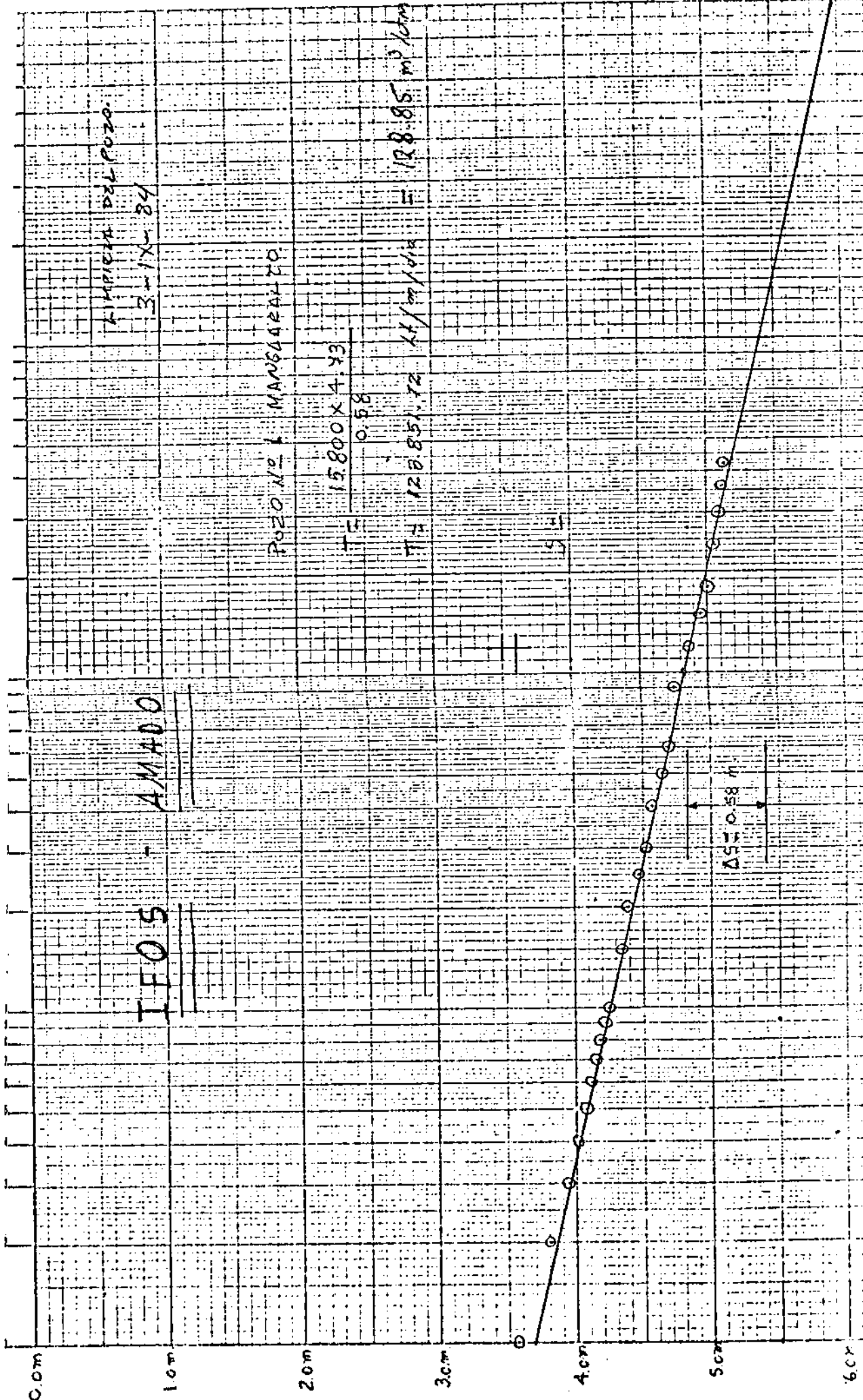
$S = 3.79 \times 10^{-4}$

AGATAMIENTO

11

tiempo (minutos)





ABATIMIENTO

0.0m  
1.0m  
2.0m  
3.0m  
4.0m  
5.0m  
6.0m



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA  
 INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS  
 DIVISION DE AGUAS SUBTERRANEAS  
 DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGIA  
**PRUEBA DE BOMBEO**

ANEXO 4 - Pozo 1 de 1 - Page 141  
 Preparado EBC  
 Verificado J.V.S.  
 Fecha 20-10-82

Proyecto MANGLARALTO Pozo Nº 1 definitivo  
 Prueba de Bombeo Nº 1 Fecha 19-08-82 Duración 9 horas  
 Lecturas tomadas en el Pozo Manglaralto Nº 1 Localizado \_\_\_\_\_  
 Observaciones Q=6" Prof: 28.22 m la bomba bajo a 26 m.

FECHA Y TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO MINUTOS	ALTURA DEL AGUA SOBRE EL CENTRO DEL ORIFICIO m.	RATA DE BOMB. Lit/seg.	M. P. M.		NIVEL DEL AGUA EN EL POZO m.	ABATIMIENTO m.	OBSERVACIONES
				Bomba	Motor			
00	0					9.00	0.00	Nivel 9.00 mts
01	1					11.9	2.9	
01.5	1.5					12.4	3.4	
02	2					12.5	3.5	
02.5	2.5					12.7	3.7	
03	3					12.8	3.8	
03.5	3.5					13.0	4.0	
04	4					13.1	4.1	
04.5	4.5					13.2	4.2	
05	5					13.3	4.3	
06	6					13.5	4.5	
07	7					13.6	4.6	
08	8					13.7	4.7	
09	9					13.8	4.8	
10	10					13.9	4.9	
15	15		2.88			14.1	5.1	
20	20					14.2	5.2	
25	25					14.3	5.3	
30	30					14.4	5.4	
40	40					14.5	5.5	
50	50					14.7	5.7	
60	60					14.8	5.8	
70	70					14.9	5.9	
80	80					15.3	6.3	
90	90					15.4	6.4	
100	100					15.45	6.45	
110	110					15.5	6.5	
120	120					15.6	6.6	
130	130					15.7	6.7	
140	140					15.8	6.8	
150	150					15.8	6.8	
160	160					15.8	6.8	
170	170					15.8	6.8	
180	180					15.8	6.8	
190	190					15.8	6.8	
200	200					15.8	6.8	
210	210					15.8	6.8	
220	220					15.8	6.8	
230	230					15.8	6.8	
240	240					15.8	6.8	
250	250					15.8	6.8	
260	260					15.8	6.8	
270	270					15.8	6.8	
280	280					15.8	6.8	
290	290					15.8	6.8	
300	300					15.8	6.8	
310	310					15.8	6.8	
320	320					15.8	6.8	
330	330					15.8	6.8	
340	340					15.8	6.8	
350	350					15.8	6.8	
360	360					15.8	6.8	
370	370					15.8	6.8	
380	380					15.8	6.8	
390	390					15.8	6.8	
400	400					15.8	6.8	
410	410					15.8	6.8	
420	420					15.8	6.8	
430	430					15.8	6.8	
440	440					15.8	6.8	
450	450					15.8	6.8	
460	460					15.8	6.8	
470	470					15.8	6.8	
480	480					15.8	6.8	
490	490					15.8	6.8	
500	500					15.8	6.8	



DIVISION DE AGUAS SUBTERRANEAS  
DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGIA

PRUEBA DE BOMBEO.....

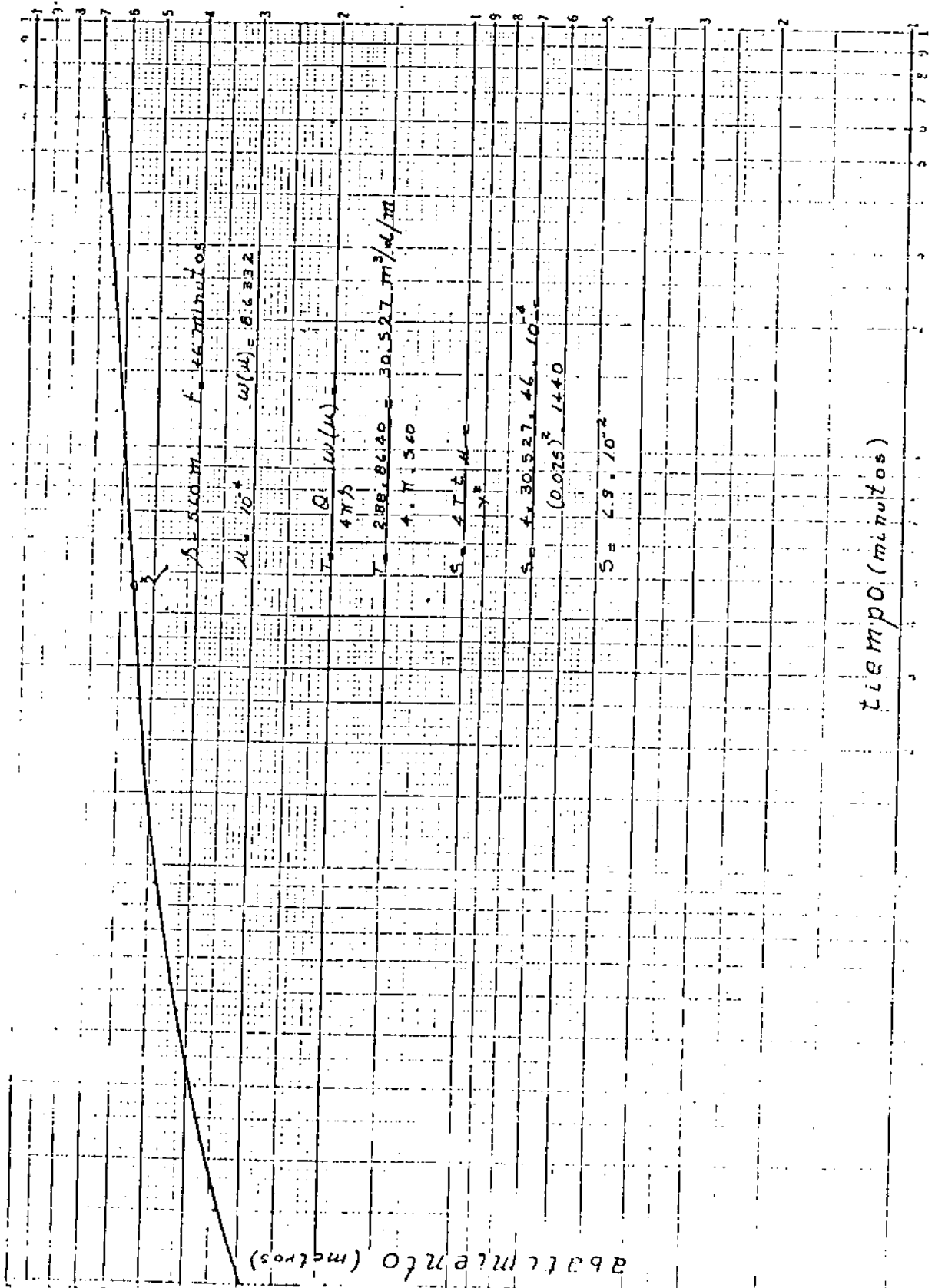
0020 # 7

ANEXO 4 - Pág 2 de 4 Pags

Preparado J. V. S.

Verificado J. V. S.

Fecha 4 - NOY - 82



tiempo (minutos)

abatimiento (metros)

METODO DE JACOB

$$\textcircled{A} \quad T = 0.183 \frac{Q}{\Delta S} = 37.946 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$$

$$\Delta S = 1.2$$

$\textcircled{B}$

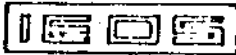
METODO DE RECUPERACION

$$T = 0.183 \frac{Q}{d(s-s')} = 246.14 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$$

$$S = 2.25 \frac{T t_0}{r^2} = \text{NO SE PUEDE}$$

Abatimiento (metros)

A D



INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS

ANEXO N° 4

Pag 3 de 4

PROYECTO MANGLARALTO

ABATIMIENTO RESIDUAL Y CALCULO DE LA RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA EN EL POZO N°4 definitivo

CALCULADO E.B.C

COMPROBADO J.V.S

FECHA 20-10-82

NIVEL ESTATICO DEL AGUA 9 m

CAUDAL PROMEDIO BOMBEO 2.88 l/s



Tiempo desde que comienza el bombeo i minutos	Tiempo desde que cesa el bombeo f minutos	Reserva iA'	Profundidad del agua metros	Abatimiento residual s' metros	Abatimiento desde la curva de Lomberg s metros	Recuperacion Calculada s-s' metros
660	0	0	15.8	6.8	6.8	0
661	1	661	11.0	2.0	6.8	9.8
661.5	1.5	441	10.4	1.4		5.7
662	2	331	9.8	0.8		6.0
662.5	2.5	265	9.7	0.7		6.1
663	3	221	9.65	0.65		6.15
663.5	3.5	189.6	9.62	0.62		6.18
664	4	166	9.59	0.59		6.21
664.5	4.5	147.7	9.57	0.57		6.23
665	5	133	9.55	0.55		6.25
666	6	111	9.54	0.54		6.26
667	7	95.3	9.53	0.53		6.27
668	8	83.5	9.525	0.525		6.28
669	9	74.3	9.52	0.52		6.29
670	10	67	9.51	0.51		6.30
675	15	45	9.48	0.48		6.32
680	20	34	9.46	0.46		6.34
685	25	27.4	9.445	0.445		6.35
690	30	23	9.42	0.42		6.37
700	40	17.5	9.41	0.41		6.38
710	50	14.2	9.395	0.395		6.4
720	60	12	9.37	0.37		6.41
750	90	8.3	9.335	0.335		6.45
780	120	6.5	9.3	0.3		6.5
810	150	5.4				6.55
840	180	4.7				
900	240	3.8				
960	300	3.2				
1020	360	2.8				
1080	420	2.6				
1140	480	2.4				
1200	540	2.2				
1260	600	2.1	10.2	1.2		9.0





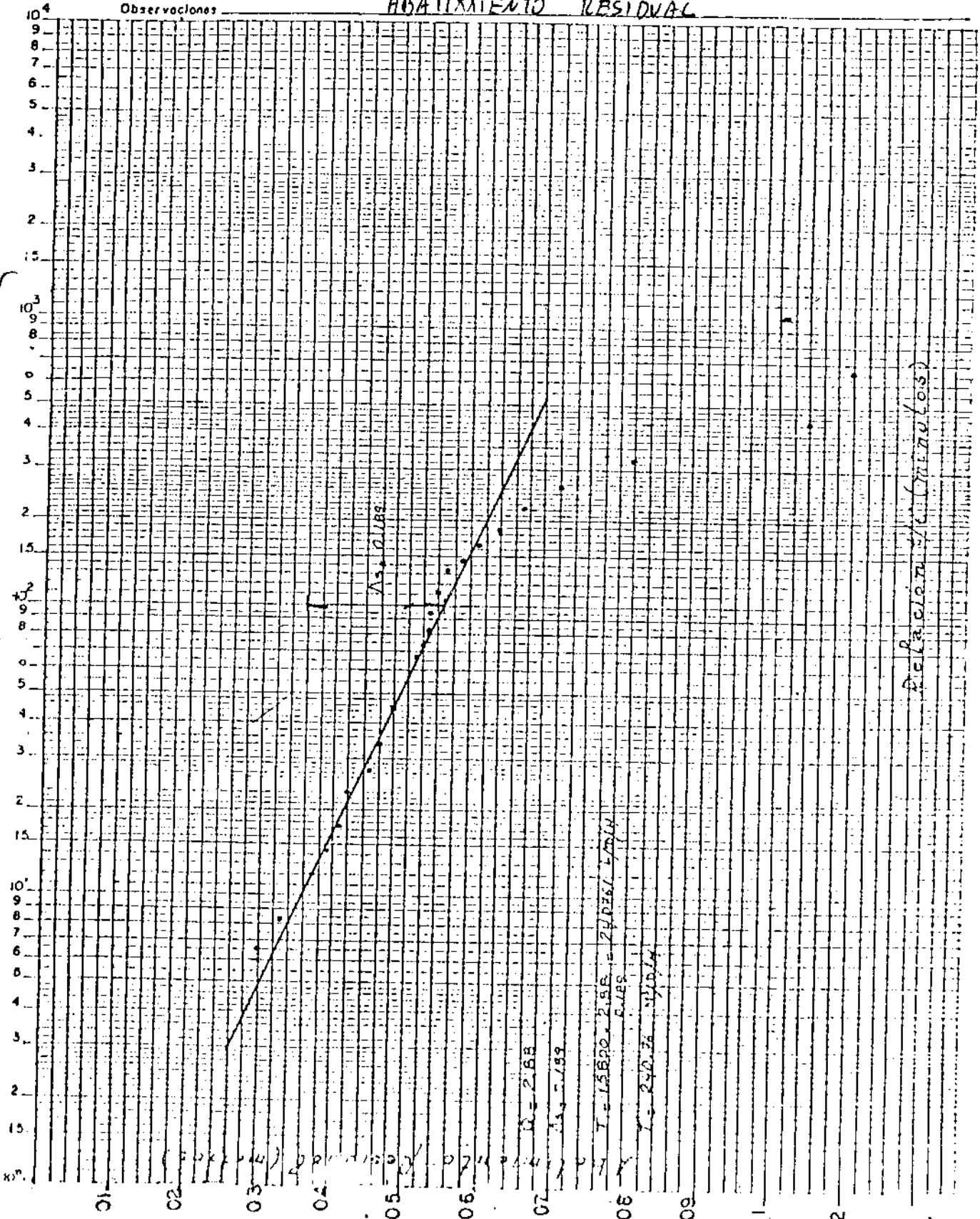
PRUEBA DE RECUPERACION

PROYECTO MANGLARALTO POZONº 7 definitivo

Localizado \_\_\_\_\_ Fecha 19-08-82

Nivel Estático 9 m Caudal Promedio Bombeado 288 L/s Duracion \_\_\_\_\_


Observaciones ABATIMIENTO RESIDUAL



## BIBLIOGRAFIA

1. ALMEDA S., ANTONIO Y QUINTERO A. INDALICID. Introducción a la Hidrogeología. Publicación Fundación Gomez-Pardo. Madrid, España. 1976. pp. 5-284.
2. ASOCIACION DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA MINAS Y PETROLEO (85-86). Geofísica General. Metodo Eléctrico y Método Sísmico. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Geología Minas y Petróleo. Noviembre 1985. pp. 1-34; 1-40.
3. ASTIER, JEAN LOUIS. Geofísica Aplicada a la Hidrogeología. 2da Edición, Paraninfo. Madrid, España. 1981. pp. 57-61; 75-101; 123-158; 187-197; 214-230; 260-267.
4. AYON JO, HECTOR Y DOMINGUEZ MARITZA. Morfometría de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente Meridional de la Cordillera Chongon-Colonche Provincia del Guayas. Revista Tecnológica, volumen 4, No. 2. Octubre 1983. pp 53-91.
5. BENITEZ, ALBERTO. Captación de Aguas Subterráneas. Editorial Dossat S.A. España, 1972. pp.

6. BOUTON, ANDRE. Técnica Económica y Organización de la Explotación de los Recursos en Aguas Subterráneas. Seminario sobre Aguas Subterráneas. Granada, España. 1971. pp. 88-96.
7. BRISTOW C. HOFFSTETTER R. Lexique Stratigraphique International. vol V. Amerique Latine, Fasc. 5 a 2, Ecuador; CNRS, Paris. 1977, pp. 79-81; 131-136; 165-166; 252-283; 313-316.
8. CASTANY G. Tratado Practico de Aguas Subterráneas. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 1971. pp. 3-510.
9. CEDEGE. Descripción Hidrográfica de la Península de Santa Elena. Reporte C159, Guayaquil, Ecuador. 1970. pp. 10-20.
10. CORREA TOLEDO, GUILLERMO Y ANDRADE VARGAS, JAVIER. Manual para el Alumbramiento de Aguas Subterráneas. Programa de Perforación con Recursos del FIRA. México, 1974.
11. CUSTODIO E., Manual de Hidrología. Barcelona, España; Capítulo 6.1 y 6.5. pp. 287-295; pp. 337-341.

12. DAVIS STANLEY N. Y DE WEIST ROGER J.M. Hidrogeología. Ediciones Ariel, Barcelona, España. 1971. pp. 27-167; 208-363; 451-499.
13. DOBRIN M.B. Introducción a la Prospección Geofísica. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España. 1975. pp. 85-123; 376-412.
14. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. Levantamiento de Completación en la Cuenca Progreso y Cordillera Chongon-Colonche. Bloques B y C del Proyecto ESPOL-ORSTROM. pp. 63-70; 75-94; 177-190. 
15. HERAS RAFAEL. Manual de Hidrogeología. Los Recursos Hídricos. Editado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y el Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. vol. III. 1972.
16. HERAS RAFAEL. Métodos Prácticos para el Estudio de Aguas Superficiales y Subterráneas. Editado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y el Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. Mayo 1972. pp. 11-370.

12. DAVIS STANLEY N. Y DE WEIST ROGER J.M. Hidrogeología. Ediciones Ariel, Barcelona, España. 1971. pp. 27-167; 208-363; 451-499.
13. DOBRIN M.B. Introducción a la Prospección Geofísica. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España. 1975. pp. 85-123; 376-412.
14. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. Levantamiento de Completación en la Cuenca Progreso y Cordillera Chongon-Colonche. Bloques B y C del Proyecto ESPOL-ORSTROM. pp. 63-70; 75-94; 177-190.
15. HERAS RAFAEL. Manual de Hidrogeología. Los Recursos Hídricos. Editado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y el Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. vol. III. 1972.
16. HERAS RAFAEL. Métodos Prácticos para el Estudio de Aguas Superficiales y Subterráneas. Editado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y el Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. Mayo 1972. pp. 11-370.



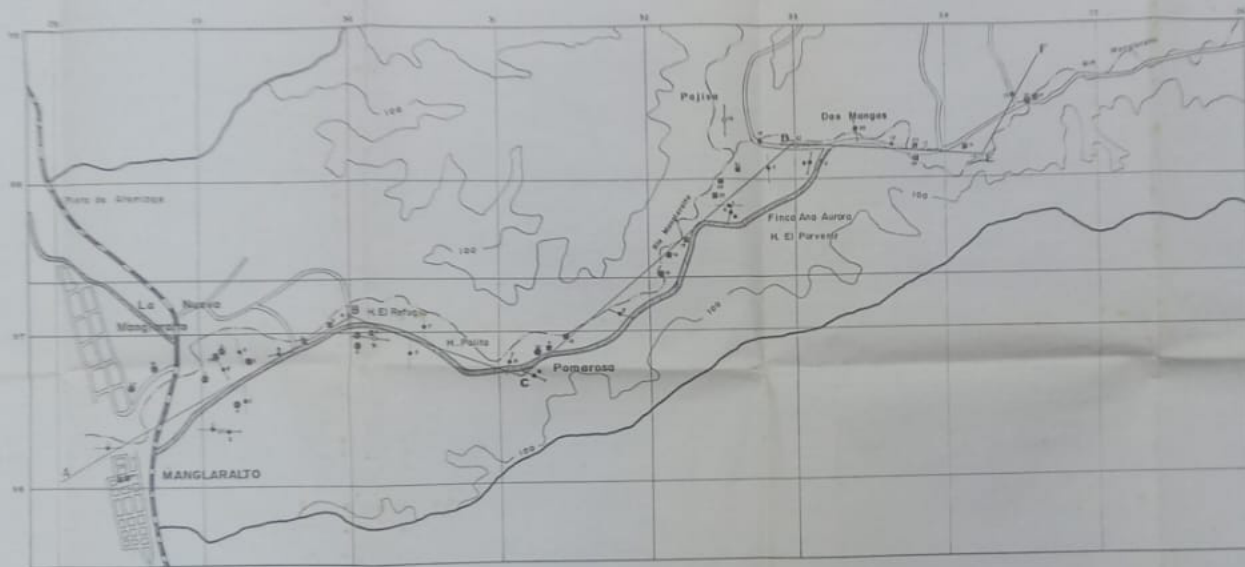
17. INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. Informe de las Labores de Limpieza del Pozo # 1. Que abastece de agua potable a la Parroquia Manglaralto del Canton Santa Elena. Provincia del Guayas, Guayaquil. Mayo 1980 pp. 1-15.
18. INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. Informe Técnico de la Limpieza del Pozo # 1. Del Sistema de agua potable de la Parroquia Manglaralto del Canton Santa Elena. Provincia del Guayas, Guayaquil. Septiembre 1984. pp. 1-5.
19. INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. Informe Técnico de la Perforación del Pozo # 1 Definitivo. Para Abastecimiento de Agua Potable de la Población de Cadeate, Canton Santa Elena, Provincia del Guayas. División de Agua Subterránea, Departamento de Hidrología, Quito 1982. pp. 1-17.
20. INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. Informe Técnico del Estudio de Prospección Geofísica. Efectuado en las Poblaciones de Dos Mangas, Pajisa, Guale, Sitio Nuevo, Conga y Suspiro de la Parroquia Manglaralto. Quito, Diciembre 1984. pp. 1-65.
21. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.

- Inventario de Pozos y Manantiales en la Península de Santa Elena. Departamento de Agua Subterránea y Sedimentología. Quito Enero 1989. pp. 1-4.
22. JOHNSON DIVISION, UOP INC. El Agua Subterránea y los Pozos. pp. 1-51; 72-162; 239-287.
23. LINSLEY RAY K., KOHLER MAW A. Y PAULHUS JOSEPH L.H. Hidrología para Ingenieros. Editorial Mc Graw-Hill. Latinoamericana S.A.. Bogota, Colombia. 1977. pp. 1-228; 347-356.
24. LLOPIS LLADO NOEL. Fundamentos de Hidrogeología Carsica. Editorial Blume. España 1970. pp. 3-5.
25. REMENIERAS G. Tratado de Hidrología Aplicada. Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona, 1974.
26. STRAHLER ARTHUR Y STRAHLER ALAN H. Elements of Physical Geography. 5ta Edición, Volumen I y II. pp. 170-174; 195-208; 449-472; 477-495; 521-539
27. TODD KEITH DAVID. Hidrogeología (Agua Subterránea). Paraninfo; Madrid, 1973. pp. 13-19; 25-48; 57-224; 246-262; 308-329

28. VARGAS A. VICENTE. Técnicas y Análisis de Costos de Pozos Profundos y Aguas Subterráneas. Editorial Limusa, Mexico 1976. pp. 11-66
29. VILLANUEVA MARTINEZ MANUEL Y IGLESIAS LOPEZ ALFREDO. Pozos y Acuíferos Técnicas y Evaluación mediante Ensayos de Bombeo. Talleres Gráficos Ibergesa, Madrid 1984. pp.17-126; 251-260
30. VILLAD YEPEZ CRISTOBAL. Investigación de la Capacidad de Explotación del Acuífero de San Juan para Abastecimiento de Agua Potable. Informe Técnico, Guayaquil, Ecuador. pp. 1-23



28. VARGAS A. VICENTE. Técnicas y Análisis de Costos de Pozos Profundos y Aguas Subterráneas. Editorial Limusa, Mexico 1976. pp. 11-66
  
29. VILLANUEVA MARTINEZ MANUEL Y IGLESIAS LOPEZ ALFREDO. Pozos y Acuíferos Técnicas y Evaluación mediante Ensayos de Bombeo. Talleres Gráficos Ibergesa, Madrid 1984. pp.17-126; 251-260
  
30. VILLAD YEPEZ CRISTOBAL. Investigación de la Capacidad de Explotación del Acuífero de San Juan para Abastecimiento de Agua Potable. Informe Técnico, Guayaquil, Ecuador. pp. 1-23



### SIMBOLOGIA

	CAJONETON DE CONCRETO DRENAJE		LINEA DE ELECTRICIDAD
	CAJONETON DE PIEDRA DRENAJE		POSTE DE ELECTRICIDAD
	CAJONETON DE TERRENO DRENAJE		LINEA DE TELEFONIA
	CARRETERA		POZO PERFORADO
	RIO - CARRERA		POZO EXCAVADO
	LINEA DE NIVEL		CANAL DE RIEGO
	LINEA DE COTA		

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

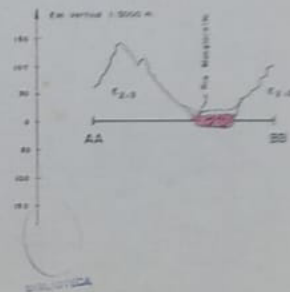
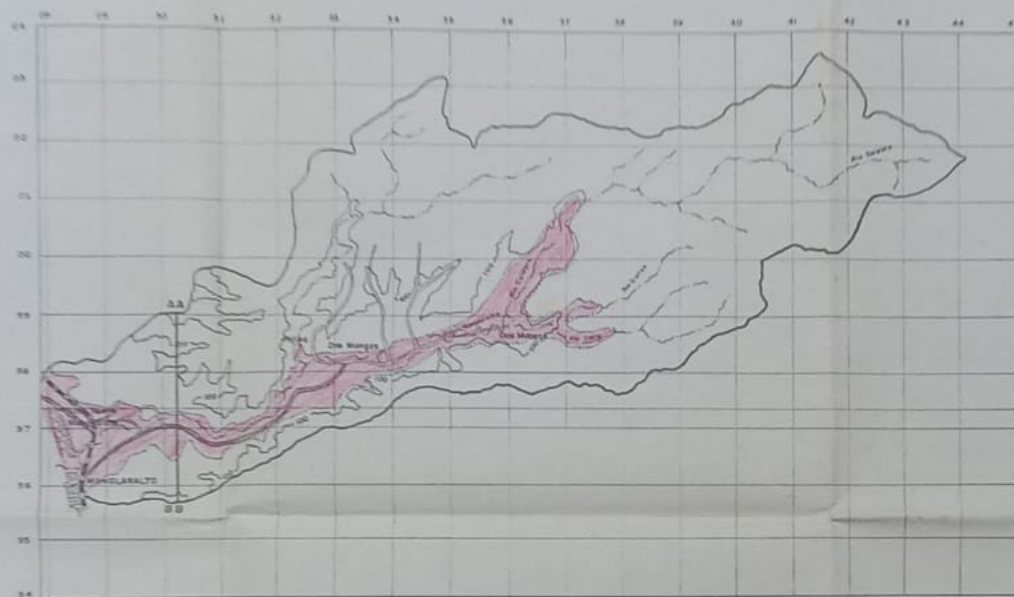
FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TITULO DE GRADO DE INGENIERIA EN GEODESIA

CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

REALIZACION DE CONTEO, DISEÑO Y PLANEO DE OBRAS

FECHA	1978	FECHA DE ENTREGA	
NOMBRE DEL ALUMNO	DR. JOSE CARLOS B.	FECHA DE CALIFICACION	
FECHA DE ENTREGA		FECHA DE CALIFICACION	



**CORTE AA-BB**  
ESCALA 1:5000

**SIMBOLOGIA**

- CARRETERA DE PRIMER ORDEN
- CARRETERA DE SEGUNDO ORDEN
- CARRETERA DE TERCER ORDEN
- RIO - QUEBRADA
- CURVA DE NIVEL
- LIMITE DE CUENCA
- ZONA DE RECARGA

**LEYENDA**

- TERRENOS ACUIFEROS (GRAVAS Y SHAVALIAS)
- TERRENOS NO ACUIFEROS (LUTITAS, LUTITAS TORACEAS, LUTITAS SILICEAS, ARCISICAS FINAS)

**PERMEABILIDAD**

- ALTA
- PRATICAMENTE IMPERMEABLE

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

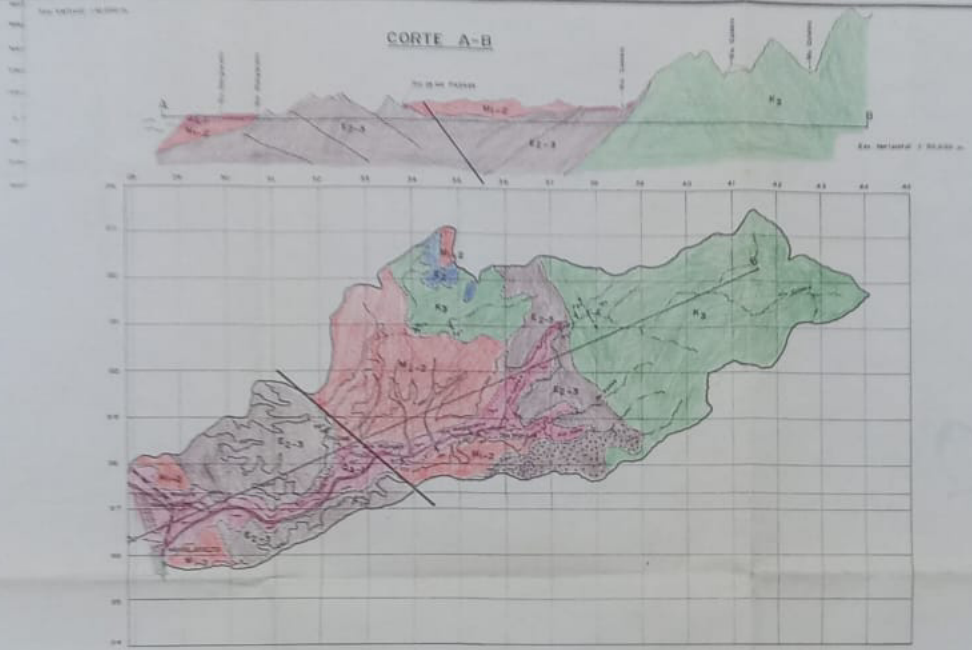
FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO DE INGENIERIA EN GEOLOGIA

CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

MAPA HIDROGEOLOGICO

AUTOR	DIRECCION DE TESIS	
JUAN CARLOS ANADO	ING. JORGE CALLE R.	
FECHA: ABRIL 1990	ESCALA 1:50.000	PÁGINA 02 DE 4



**SIMBOLOGIA**

- CONTACTO
- FALLA
- RIVERO Y SEGMENTO
- ALUVIAL
- CONGLOMERADO
- AREOLAS
- NIVEL DE NIVEL
- LITIO DE GRESA
- CARACTER DE PIEDRA SUAVE
- CARACTER DE PEDRA MEDIA
- CARACTER DE PEDRA DURA

**LEYENDA**

<b>M1-2</b>	ARENAS - GRAVILLA - LIMOS	DEPOSITOS ALUVIALES	-	HUENEGUENSE	} GUATEMALA
<b>E2-3</b>	LITIO SIN CONCRECIONES CALIZALES	Fm. TOSCA	-	MICENO MEDIO	
<b>M2-2</b>	ARENAS GRAVILLICAS, ARENISCAS CONGLOMERADAS	Fm. ESCOBAR	-	GUENO SUPERIOR	} YUCATAN
<b>E2-3</b>	CALIZAS AREOLARES, CALIZAS	CALIZAS JANTA	-	GUENO MEDIO	
<b>F2</b>	LITIO GRAVILLICO, TONDOLO Y SILICIFICADO, ARENISCAS	Fm. LATE	-	GUENO SUPERIOR	

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

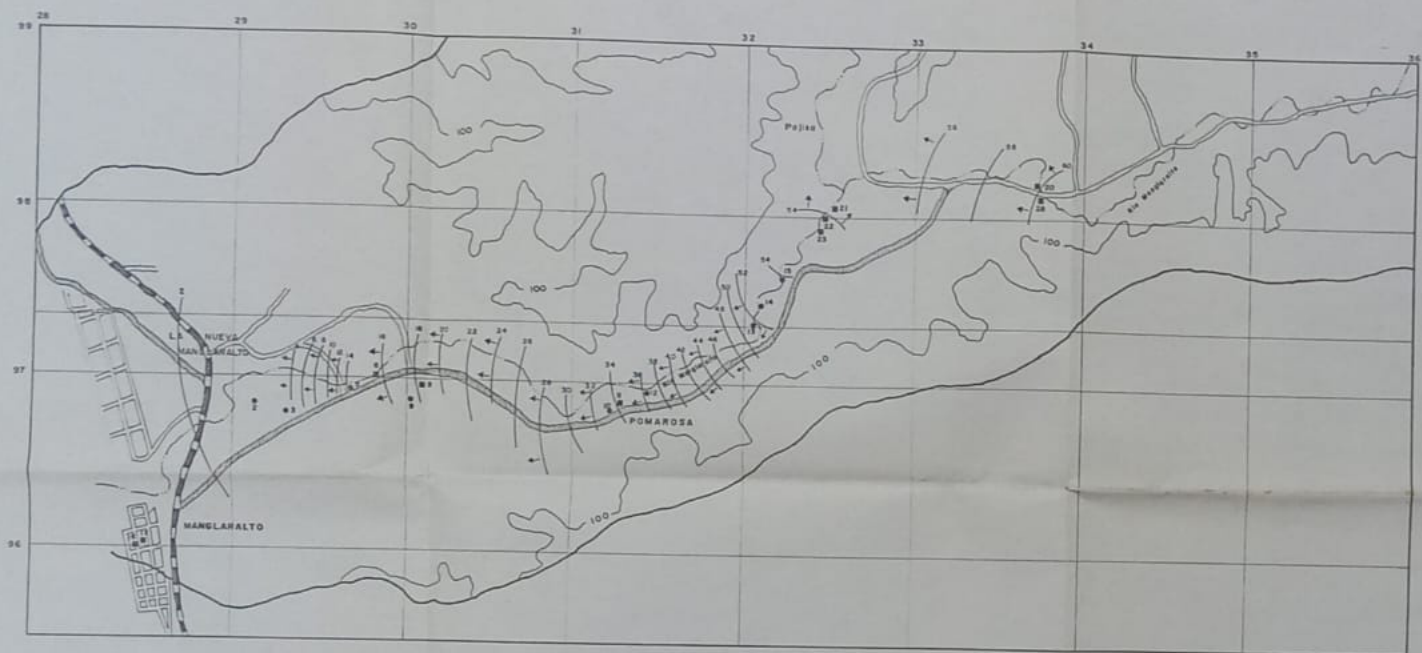
FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TERCER DE GRADO DE INGENIERIA EN GEOLGIA











CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

MAPA GEOLOGICO

FECHA	ELABORADO POR
JUNIO 1965	ING. JUAN CARLOS R.
FECHA 2001	REVISADO POR
	ING. JUAN CARLOS R.



### SIMBOLOGIA

-  CARRETERA DE PRIMER ORDEN
-  CARRETERA DE SEGUNDO ORDEN
-  CARRETERA DE TERCER ORDEN
-  RIO, QUEBRADA
-  CURVA DE NIVEL
-  LIMITE DE CUENCA
-  ISOPIEZA
-  POZO PERFORADO
-  POZO ESCAVADO
-  DIRECCION DE FLUJO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO DE INGENIERIA EN GEOLOGIA

CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

MAPA DE ISOPIEZAS

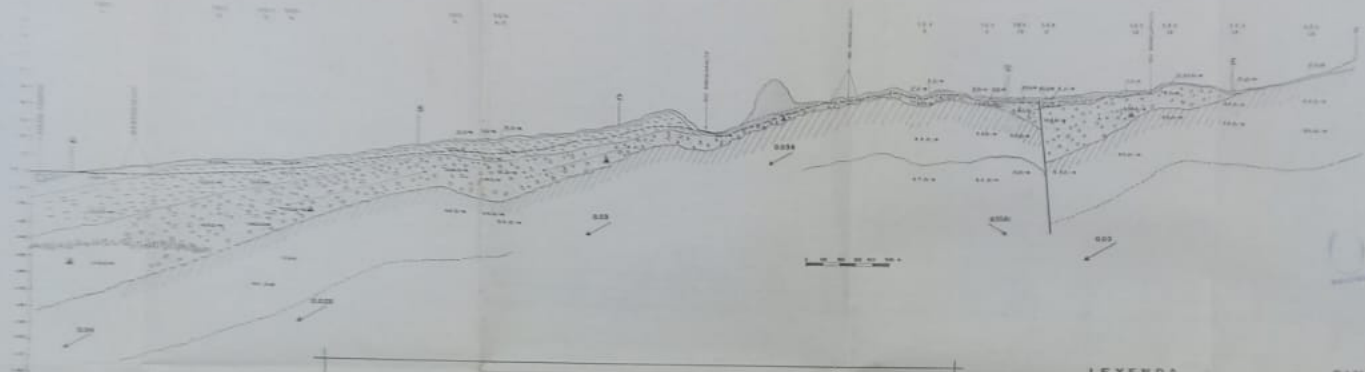
AUTOR:  
JUAN CARLOS AHADO

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. JORGE CALLE S.

FECHA: ABRIL 1990

ESCALA: 1:17000

HOJA N.º 5



**SIMBOLOGIA**

- TUBO GEO-ELECTRICO
- BANDA ELECTRICA
- BANDA ELECTRICA DEB.
- RÍO
- VERTICENTE: MARCA

CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

UBICACION DE S. E. Y.

ESCALA 1:5000

**LEYENDA**

LITOLÓGICA	RESISTIVIDAD Ω·cm
[Pattern]	50 - 100
[Pattern]	100 - 200
[Pattern]	200 - 300
[Pattern]	300 - 400

**SIMBOLOGIA**

- TUBO GEO-ELECTRICO
- BANDA ELECTRICA
- BANDA ELECTRICA DEBILITADA
- RÍO
- VERTICENTE: MARCA
- VERTICENTE: MARCA
- VERTICENTE: MARCA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

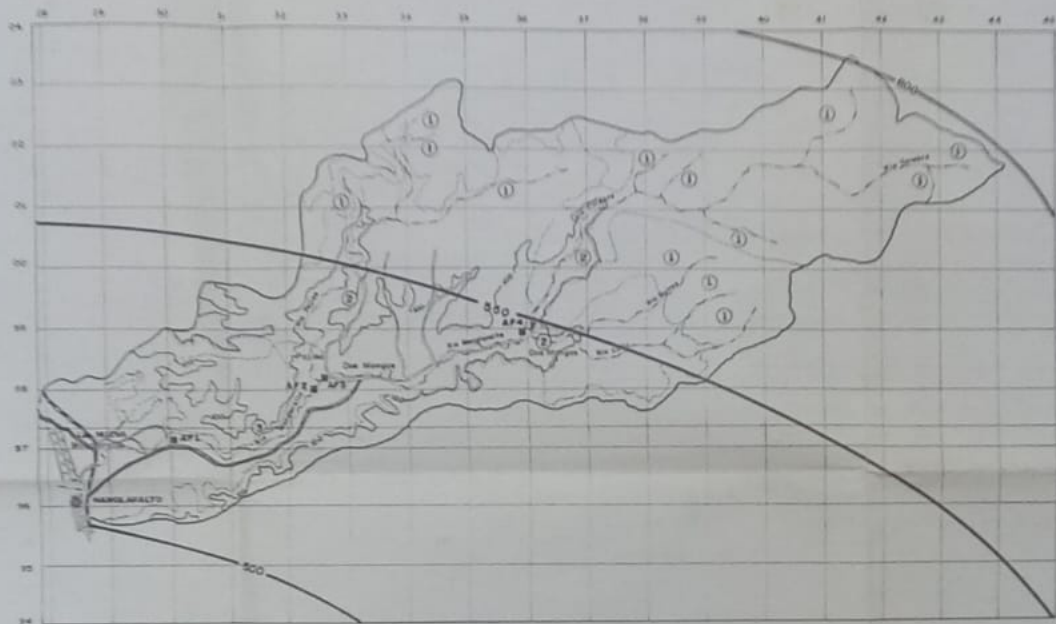
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

TUPO DE BANDO DE INGENIERO EN GEOLÓGIA












CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

PROF. GEO-ELECTRICA (RESISTIVIDAD)

FECHA	...
...	...
...	...
...	...



### SIMBOLOGIA

-  CARRETERA DE PRIMER ORDEN
-  CARRETERA DE SEGUNDO ORDEN
-  CARRETERA DE TERCER ORDEN
-  RIO - QUEBRADA
-  CURVA DE NIVEL
-  LIMITE DE CUENCA
-  ESTACION DE AFORO
-  NUMERO DE ORDEN DE CAUDE
-  ISOBETA
-  ESTACION LIMNIMETRICA
-  PLUVIOMETRO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO DE INGENIERIA EN GEOLOGIA

CUENCA DEL RIO MANGLARALTO

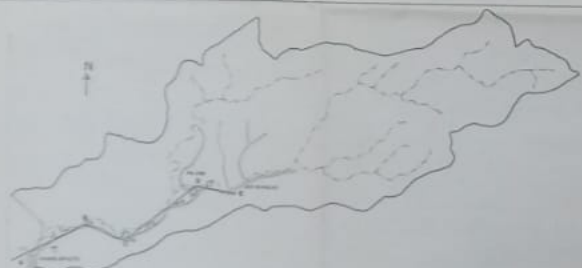
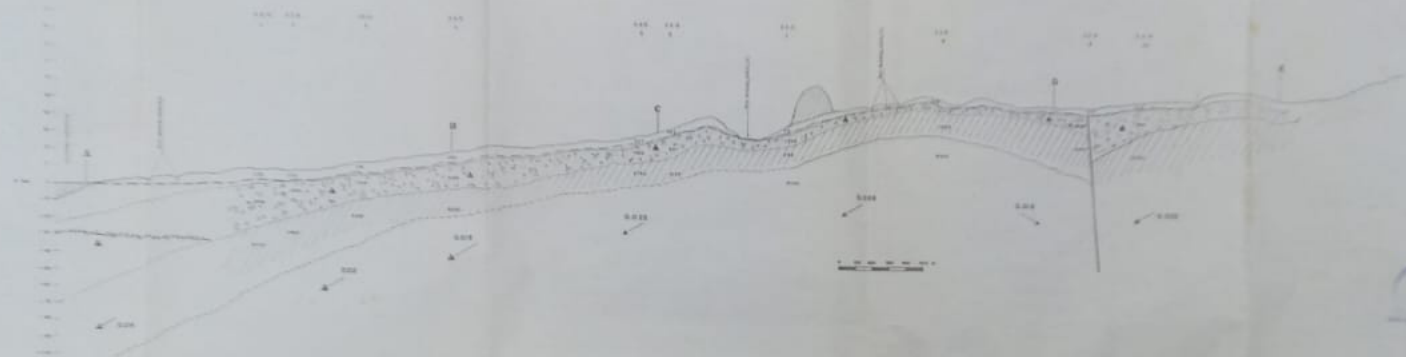
RED NIVELIMETRICA

ALUMNO  
JUAN CARLOS BRINDO

ASISTENTE DE TESIS  
DR. JORGE VALLE R.

FECHA: ABRIL 1990

ESCALA: 1:50,000  
FECHA: ABRIL 1990  
LUGAR: LITORAL



**SIMBOLOGIA**

- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto

CUENCA DEL RÍO MANGLARALTO

UBICACIÓN DE E.S.P.

ESCALA 1:5000

**LEYENDA**

LITOLOGÍA VELOCIDAD (m/s)

[Symbol]	ARENAS Y ARCILLAS	1.00 - 1.50
[Symbol]	ARENAS	1.50 - 2.00
[Symbol]	GRAVILLAS Y ARCILLAS	2.00 - 3.00

**SIMBOLOGIA**

- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto
- Límite del río Manglaralto

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INstituto de Ingeniería de la Tierra

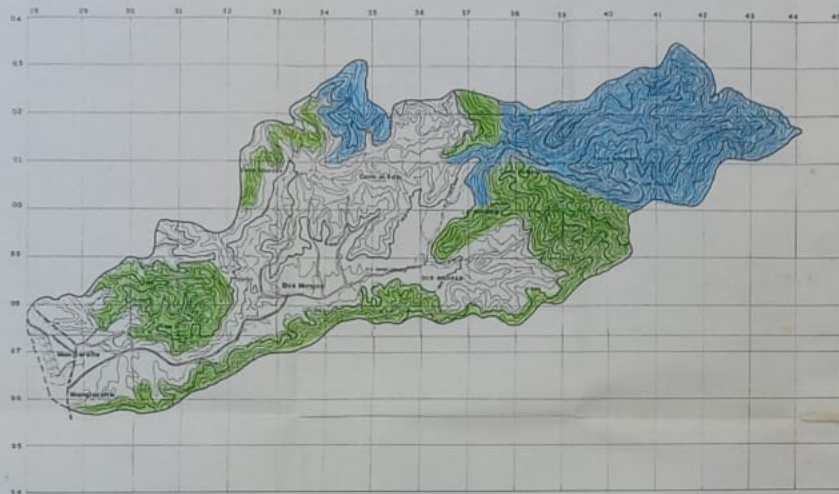
VEGA DE ORO DE MANABITA DE ECUADOR

CUENCA DEL RÍO MANGLARALTO

MAPA DEL TÍTULO

Autores	Fecha	
Asesor	Escuela	
Asesor	Escuela	
Asesor	Escuela	











### LEYENDA

- > 40% RELIEVE ACUADO
- 20 - 40% RELIEVE ADECUADO
- < 20% RELIEVE SUAVEMENTE ACUADO O LLANO

### SIMBOLOGIA

-  CARRETERA DE PRIMER ORDEN
-  CARRETERA DE SEGUNDO ORDEN
-  CARRETERA DE TERCER ORDEN
-  RIO - QUEBRADA
-  CURVA DE NIVEL
-  LIMITE DE CUENCA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO DE INGENIERIA EN GEOLOGIA

CUENCA DEL RIO MANJALARALTO

MAPA DE PENDIENTES

DISEÑO	ELABORACIÓN DE TEXTO
JUAN CARLOS ANADO	ING. JORGE CALLE B
FECHA: ABRIL 1980	ESCALA: 1:50,000
	HOJA: 12 B