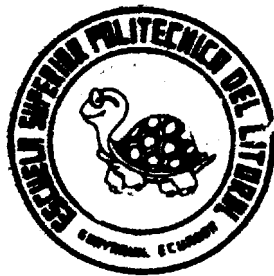


T
551.48072
C579



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**“Comportamiento Hidrogeológico del Cono de
Deyección del Río Chimbo”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERA EN GEOLOGIA**


Presentada por:

Alba Zobeida Cisneros Barros

Guayaquil, Ecuador

1989

A la ESPOL, en especial a la

 FACULTAD DE ICT por brindarme una

formación profesional que por lo

pronto se refleja en este aporte:



.....

ING. MIGUEL ANGEL CHAVEZ

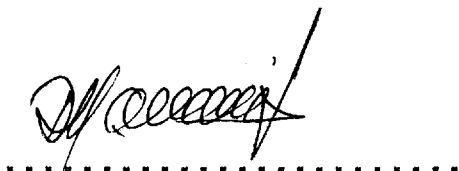
Subdecano de la FICT



.....

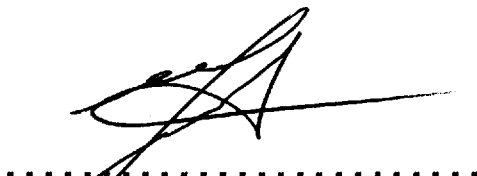
ING. JORGE CALLE GARCIA

Director de Tesis



.....

Miembro del Tribunal



.....

Miembro del Tribunal

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

Zobeida Cisneros B.
.....

Alba Zobeida Cisneros Barros

RESUMEN

El cono de deyección del río Chimbo comprende el esparcimiento actual de varios abanicos aluviales en la Cuenca del Río Guayas, que se extienden longitudinalmente entre los 79°08' y 79°40' longitud oeste, y entre los 2°05' y 2°18' latitud sur.

Se trata de un cono de deyección cuyo registro estratigráfico ha sido ampliamente favorecido por las condiciones tectónicas reinantes en el contexto regional, gobernadas por el sistema de grietas Carnegie-Galápagos, activo en los últimos 10 m.a. Localmente se ha generado fallamientos de rumbo NO-SE (fallas más antiguas), ENE-OSO, N-S, NNO-SSE Y NNE-SSO (responsables de fracturar cuencas ya existentes). Producto de esta tectónica de fallamiento es la estructura que limita la extensión de la zona de estudio, comprendida entre una falla NNO-SSE hacia el oeste, otra de rumbo ENE-OSO hacia el sur, una de rumbo NO-SE hacia el norte, y una posible falla paralela al flanco oeste de la Cordillera Occidental hacia el este. Tal disposición de fallas ha constituido un horst, en la actualidad cubierto con depósitos acarreados por

los abanicos aluviales, que en dicho ambiente de movimiento relativo (cordillera hacia arriba y sustrato hacia abajo) han sido protegidos de la erosión y preservados para contener un gran volumen de depósitos no consolidados de granulometría y litología variada y distribuidos erráticamente, que han propiciado la existencia de un gran yacimiento acuífero con excelentes características hidrogeológicas.

El procesamiento de la información hidrológica, litológica, hidráulica y estructural, dio como resultado un mapa que muestra las zonas constituyentes del cono: la de cabeza-intermedia con extensión de $2214 \cdot 10^5 \text{ m}^2$ y la terminal con extensión de $4425 \cdot 10^5 \text{ m}^2$, las mismas que fueron caracterizadas según el cuadro a continuación.

Un análisis de la estructura del basamento al sur de la zona de estudio permite inferir la influencia favorable del sustrato rocoso en la circulación del agua a lo largo de las líneas de isopropundidad 400 y 700 m, y verificar la hipótesis de la Compañía General de Geofísica de Francia que propone la existencia de dos acuíferos: el primero aproximadamente regular entre los 4 m (tabla media de agua) y los 136 m (profundidad probada cerca de Milagro), y el segundo entre los 190 y 295 m. La caracterización hidrogeológica corresponde exclusivamente al acuífero superior pues los registros más profundos analizados:

pozos 11, 21 y 33 de 148, 122 y 130 m respectivamente, atraviesan en sus últimos, niveles predominantemente arcillosos de condiciones acuíferas muy deficientes.

CARACTERIZACION DEL ACUIFERO

	zona 1	zona 2
Transmisibilidad ponderada [m ² /s]	9.43·10 ⁻²	4.4·10 ⁻²
Coefficiente de almacenamiento	1.06·10 ⁻⁵	4.95·10 ⁻⁶
Precipitación anual [mm]	2508.9	1692.1
Evapotranspiración real anual [mm]	857.7	840.7
Volumen de agua disponible en un año [m ³]	3655·10 ⁵	3767·10 ⁵
Gradiente hidráulico	5.06·10 ⁻⁴	5.06·10 ⁻⁴
Caudales esperados [m ³ /s]	estándar 0.716 óptimo 2.0	0.534 2.0
Porcentaje de agua a explotarse del volumen total disponible	estándar 6.2 óptimo 17.25	4.47 16.74
Capacidad reservorio del acuífero [m ³]	8754·10 ⁶	1616·10 ⁷

INDICE



BIBLIOTECA

	pág.
RESUMEN	5
INDICE GENERAL	8
INDICE DE FIGURAS	14
INDICE DE TABLAS	16
ABREVIATURAS	17
INTRODUCCION	21
I. GENERALIDADES	23
1.1 Trabajos previos	23
1.2 Ubicación y acceso	25
1.3 Ubicación geológica.....	25
II. GEOLOGIA E HIDROLOGIA	26

2.1 Geología	26
2.1.1 Fm. Macuchi	26
2.1.2 Fm. Yunguilla	27
2.1.3 Fm. Alausí	27
2.1.4 Fm. Turi	27
2.1.5 Intrusivos	28
2.1.6 Terrazas	28
2.1.7 Depósitos coluviales	28
2.1.8 Depósitos aluviales	29
2.1.9 Marco estratigráfico	29
2.1.10 Marco tectónico y rasgos estructurales	29
2.1.11 Historia geológica	31
2.2 Geomorfología	34
2.3 El ciclo hidrológico y sus parámetros	34
2.3.1 Precipitación pluvial	35
2.3.2 Evapotranspiración	36
2.3.3 Capacidad de infiltración y factores que la controlan	37
2.3.4 Recarga del acuífero	39
 III. ABANICOS ALUVIALES	 41
3.1 Evolución y geometría	41
3.2 Abanicos aluviales húmedos	45
3.3 Depósitos de abanico aluvial	47
3.4 Depósitos de agua clara	51

3.4.1 Depósitos debidos a corrientes	
laminares	52
3.4.2 Depósitos de canal de corriente	53
3.4.3 Depósitos de tamiz	53
3.5 Depósitos de flujo de detritos	53
3.6 Geometría estratigráfica de un abanico ..	54
3.7 Relación de depósitos de abanicos	
aluviales con ambientes deposicionales	
adyacentes	56
3.8 Abanicos aluviales en el registro	
estratigráfico	58
3.9 El cono de deyección del Chimbo	59
IV. EL AGUA EN EL SUBSUELO	60
4.1 Distribución del agua en el subsuelo.....	61
4.2 Movimiento del agua en el subsuelo	61
4.2.1 Influencia de la base impermeable	61
4.2.2 Movimiento como función del tiempo ..	64
4.3 Algunos conceptos de Darcy	66
4.3.1 Valores de permeabilidad	66
4.4 Transmisibilidad	68
4.4.1 Determinación del gradiente	
hidráulico	69
4.5 Hidráulica de pozos.....	70
4.6 Hipótesis admitidas para las fórmulas de	
Dupuit	71

	10
4.7 Mecanismo de flujo hacia un pozo	73
4.8 Planteamiento de C. V. Theis	74
4.9 El método de Jacob	76
4.9.1 Caso de penetración parcial	77
4.10 Acuíferos libres.....	77
4.11 Curva de remonte	78
4.12 Determinación de la transmisibilidad en la zona de estudio	80
 V. DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DEL BASAMENTO ...	 96
5.1 Correcciones dinámicas	97
5.2 Raíz de la velocidad media cuadrática	100
5.2.1 Programa para el cálculo de profundidades a partir de velocidades de procesamiento	109
5.3 Selección del horizonte guía	111
5.4 Tablas de resultados	112
5.5 Análisis de la estructura del basamento	112
5.6 Correlación con la interpretación de sondeos eléctricos de la Compañía General de Geofísica de Francia	117
 VI. CORRELACION Y CARACTERIZACION DEL ACUIFERO	 120
6.1 Perfil 1	124
6.1.1 Comentarios del perfil 1	128

6.2 Perfil 1'	129
6.2.1 Comentarios del perfil 1'	134
6.3 Perfil 2	134
6.3.1 Comentarios del perfil 2	141
6.4 Perfil 3	142
6.4.1 Comentarios del perfil 3	147
6.5 Perfil 4	148
6.6 Perfil 4'	154
6.6.1 Comentarios de los perfiles 4 y 4' ...	157
6.7 Perfil 5	158
6.7.1 Comentarios del perfil 5	162
6.8 Perfiles transversales	163
6.8.1 Comentarios del perfil A	165
6.8.2 Comentarios del perfil B	165
6.8.3 Comentarios del perfil C	171
6.9 Mapa resultante de la correlación de litología, basamento y zonificación del cono de deyección	174
6.10 Transmisibilidad ponderada	178
6.11 Coeficiente de almacenamiento	179
6.12 Estimación de los volúmenes de precipitación, evapotranspiración y recarga	181
6.13 Reservas según la zonificación	184
6.13.1 El acuífero superior	188
6.13.2 El acuífero inferior	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	193

APENDICES	197
BIBLIOGRAFIA	250

INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 2.1: SITUACION DE LA TECTONICA DE PLACAS EN EL PACIFICO SURORIENTAL	30
Figura 3.1: VISTA SUPERIOR Y PERFIL RADIAL DE UN ABANICO ALUVIAL	43
Figura 3.2: LITOFACIES EN UN ABANICO ALUVIAL	48
Figura 3.3: DISTRIBUCION DE VARIOS TIPOS DE DEPOSITOS Y CLASES DE SEDIMENTOS EN EL ABANICO DEL RIO TROLLHEIM	49
Figura 3.4: GEOMETRIA ESTRATIGRAFICA DE UN ABANICO ALUVIAL	57
Figura 4.1: DISTRIBUCION DE AGUA EN EL SUBSUELO ...	62
Figura 4.2: ZONAS DE UN MANTO ACUIFERO	62
Figura 4.3: BASE IMPERMEABLE CERCA DE LA SUPERFICIE	65
Figura 4.4: BASE IMPERMEABLE BASTANTE SUPERFICIAL / BUZANTE	65
Figura 5.1: CASO DE UN REFLECTOR BUZANTE	98
Figura 5.2: TRAYECTORIAS PARA REFLEXIONES REALES - HIPOTESIS DEL RAYO RECTO	101
Figura 5.3: ESQUEMA DE TRAYECTORIAS REALES QUE CUMPLEN LA LEY DE SNELL	102

Figura 5.4: INTERPRETACION DE UN LOG ELECTRICO CERCA DE MILAGRO	118
Figura 6.1: DIAGRAMA BLOQUE DE LA DISPOSICION DEL CONO DEL RIO CHIMBO	177

INDICE DE TABLAS

	pág.
TABLA I: CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEGUN SU PERMEABILIDAD	69
TABLA II: VALORES DE TRANSMISIBILIDAD RESULTANTES .	94
TABLA III: DIMENSIONES DEL ESPARCIMIENTO LONGITUDINAL DEL CONO DE DEYECCION DEL RIO CHIMBO	178
TABLA IV: PARAMETROS DE EVALUACION HIDROGEOLOGICA .	184
TABLA V: ESTIMACION DE LAS RESERVAS RENOVABLES SEGUN LA ZONIFICACION	185
TABLA VI: CUADRO COMPARATIVO DE RECARGAS ESTANDAR Y OPTIMAS	187
TABLA VII: ZONA 1 ACUIFERO SUPERIOR	189
TABLA VIII: ZONA 2 ACUIFERO SUPERIOR	190

ABREVIATURAS

- d: promedio del tamaño de poros del medio
- de / e: espesor de la columna de depósitos considerada
- dH: diferencia de altura de carga del agua
- dh: abatimiento registrado al bombear el pozo
- dk: distancia interválica de viaje de la onda entre dos fases
- E: este / evapotranspiración
- Er: evapotranspiración real
- fig.: figura
- Fm.: formación
- H: espesor de un acuífero libre
- H': carga sobre el fondo del acuífero cautivo
- I: infiltración
- i: gradiente hidráulico
- K: coeficiente de permeabilidad del material
- L: longitud
- m: pendiente de una recta
- N: norte
- O: oeste
- P: precipitación
- Q: caudal

Q_0 : caudal óptimo

Q_s : caudal estándar

R : escorrentía

r : radio de acción del bombeo

S : sur / superficie atravesada por el flujo de agua

s : coeficiente de almacenamiento

T : transmisibilidad / tiempo idel de reflexión

$^{\circ}T$: temperatura

$T_{0,S} / T_0$: tiempo para un registro de reflexión con la fuente y el detector juntos

t : tiempo de bombeo

t' : tiempo de recuperación del nivel dinámico del pozo

t_k : tiempo interválico de viaje de la onda entre dos fases

t_0 : tiempo registrado para un abatimiento nulo

T_R : tiempo de viaje de la onda hasta el reflector

μ : viscosidad

V : velocidad de procesamiento de datos de sísmica de reflexión

v : velocidad con que el agua atraviesa una columna de depósitos

V_k : velocidad interválica de viaje de la onda entre dos fases

V_{int} : velocidad interválica de reflexión

V_m : velocidad media aritmética desde un plano de referencia hasta una interfase

\bar{V} : raíz de la velocidad media cuadrática

V_{rmc}: raíz de la velocidad media cuadrática hasta una interfase

V : velocidad hasta el reflector
R

W(u): función del pozo

X: distancia fuente-detector variable entre 0 y X

y: peso específico del líquido

SIGLAS

CEDEGE: Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas

CEPE: Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, ahora PETROECUADOR

CGGF: Compañía General de Geofísica de Francia

IEOS: Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INERHI: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos

UNIDADES

km: kilómetros

km²: kilómetros cuadrados

l: litros

m: metros

m³: metros cúbicos

ohm: ohmios

s: segundos

INTRODUCCION

Una caracterización hidrogeológica del cono de deyección del río Chimbo obtenida del procesamiento de información dispersa en varias instituciones públicas y privadas, era precisa para sentar una base que sustente la explotación satisfactoria y organizada de agua subterránea en esta región de elevado potencial agrícola y ganadero.

Se pretendió principalmente definir las zonas constituyentes del cono, caracterizándolas a partir de calidad y abundancia de determinada litología, magnitud de precipitaciones, evapotranspiración, recarga, caudales y características hidráulicas como transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento. Una vez que fue posible conseguir registros sísmicos que cubren parcialmente la zona, se planteó el objetivo adicional de describir la estructura de la cuenca hidrogeológica y su influencia en el comportamiento del acuífero.

La hipótesis central gira alrededor del concepto "en la mayoría de los casos un cono de deyección es un excelente acuífero"; el presente trabajo pretende comprobar que

efectivamente este caso satisface tal propuesta. Para este efecto se compiló bibliografía, datos e informes geológicos, geofísicos, meteorológicos y de hidráulica de pozos, que en conjunto procesados cumplieron satisfactoriamente los objetivos.

El desarrollo de esta tesis se presenta en seis capítulos organizados de manera tal que introducen inicialmente la geología regional, describen luego características más bien generales de un cono de deyección como potencial acuífero y características hidrogeológicas e hidráulicas, y proponen finalmente la caracterización hidrogeológica acompañada del análisis de la estructura del basamento. De los últimos capítulos se obtiene un conjunto de conclusiones y recomendaciones para seguir una correcta utilización de los recursos hídricos subterráneos.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 TRABAJOS PREVIOS

La zona de estudio forma parte de la cuenca baja del Guayas, en la cual se ha practicado importantes investigaciones por instituciones como el INERHI, CEDEGE o IEOS. Proyectos en extenso son ejecutados por el INERHI, el mismo que compila información de instituciones afines.

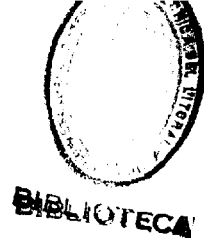
El informe presentado al INERHI por Martin Mifflin denominado "Informe Hidrogeológico de la Cuenca Baja del Guayas" y el "Proyecto Banco de Arena" del año 1977 son dos buenos aportes al conocimiento hidrogeológico de la zona. Investigación de carácter regional ha sido ejecutada por la Asociación Consultora Gilbert-Brown & Caldwell-Ribadeneira en su trabajo "Plan Maestro de Agua Potable para Guayaquil y su Area de Influencia 1980-2000". Un conocimiento más

exhaustivo local es el desarrollo de pozos con que cuenta el Ingenio San Carlos, con una producción de agua subterránea que evidencia las excelentes condiciones acuíferas en ese sector.

El "Proyecto Banco de Arena" es el primero en dar cuenta de las características estratigráficas de la zona calificándolas de complejas y casi deltaicas.

Por su parte, Mifflin hace hincapié en que se debe programar una campaña hidrogeológica efectiva con el objeto de establecer el modelo acuífero y enfatiza la no conveniencia de perforar hacia el oeste de Milagro, en especial a grandes profundidades, para evitar una posible contaminación -intrusión- de agua salobre.

Algunas características geológicas de la región que afectan el comportamiento del acuífero están expuestas por Núñez del Arco, Dugas y Labrouse en su trabajo presentado al "III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleos" y en el informe de la campaña de resistividades eléctricas de la Compañía General de Geofísica para CEDEGE en 1976 se detalla ciertas características morfológicas del basamento, las mismas que definen el confinamiento del cono de deyección en estudio.



1.2 UBICACION Y ACCESO

La zona de estudio está ubicada al pie de la Cordillera Occidental, ocupando la parte oriental de la cuenca del río Guayas, y comprende un triángulo aproximadamente, * que se extiende hacia el oeste, desde Bucay hacia Milagro al NO y hacia El Triunfo al SO.

El acceso al área de trabajo es generalmente posible, por vía férrea, carreteras de todos los órdenes y eventualmente por vía fluvial, aunque en época de lluvia se produce inundaciones de tal magnitud que impiden el normal desarrollo del transporte.

1.2 UBICACION GEOLOGICA

El área de estudio abarca la extensión actual de unos cuantos abanicos a los que se designará en general como cono de deyección del río Chimbo y comprende además parte de la llanura aluvial que se extiende a continuación hacia el oeste. El desarrollo de este cono de deyección está confinado entre dos ejes de resistencia anómala, determinados por la campaña de la CGGF, que unen aproximadamente a Bucay con Mariscal Sucre (Milagro) al NO y con El Triunfo al SO.

CAPITULO II

GEOLOGIA E HIDROLOGIA

2.1 GEOLOGIA (4) (5) (13)

Los depósitos de abanicos aluviales en la zona estudiada provienen de formaciones sedimentarias y volcano-sedimentarias del Cretácico superior y de algunas intrusiones graníticas que constituyen las rocas fuente, distribuidas en un extenso sector de la Cordillera Occidental de los Andes ecuatorianos, las que dan una litología variada que influye grandemente en las condiciones generales de estructuración del cono de deyección del río Chimbo.

2.1.1 Fm. Macuchi - Cretáceo-Eoceno

Es la formación más ampliamente distribuida dentro del área y está constituida por rocas volcano-clásticas de grano grueso, con clastos que alcanzan un metro de diámetro, areniscas volcánicas silíceas con estratificación masiva,

andesitas porfiríticas y lutitas masivas de grano fino intercaladas con grauwacas, conjunto todo que buza hacia el oeste.

La parte superior pasa a la Fm. Yunguilla concordante y transicionalmente.

2.1.2 Fm. Yunguilla = Cretáceo superior

Ocurre en una extensión considerable de la Cordillera Occidental y su litología predominante es de una argilita negra que se presenta en capas bien estratificada de espesor centimétrico a decimétrico con areniscas de grano fino asociadas, capas milimétricas de tobas oscuras y ocasionalmente material calcáreo.

2.1.3 Fm. Alausí = Paleógeno

Esta formación se presenta en dos pequeñas áreas y está constituida por lavas andesíticas, riolitas y en pequeña proporción por toba riolítica y aglomerados andesíticos.

2.1.4 Fm. Turi = Pleistoceno

Está constituida por un complejo interestrati-

ficado de lutitas y areniscas fluviales que se extienden a lo largo de cierto tramo del flanco occidental de la cuenca de Cuenca.



2.1.5 Intrusivos

BIBLIOTECA

Intruyendo la Fm. Piñón en el contacto con la Fm. Yunguilla ocurre un cuerpo de composición granodiorítica, de extensión limitada y en un avanzado estado de meteorización.

2.1.6 Terrazas - Cuaternario

Se encuentran en tres niveles principales y están compuestas por material conglomerático poco consolidado, con clastos de roca volcánica redondeados con diámetro que varía de 2 a 15 cm.

2.1.7 Depósitos coluviales - Holoceno

Están representados por material conglomerático con clastos andesíticos, diabásicos y basálticos (derivados de la Fm. Macuchi), que varían de 5 a 12 cm de diámetro en una matriz de arcilla de color café oscuro.

2.1.8 Depósitos aluviales = Holoceno

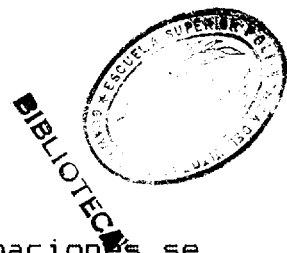
Se localizan en los niveles más bajos y están formados por arenas, gravas y limos.

2.1.9 Marco estratigráfico (17)

En la zona del río Guayas, las formaciones se encuentran rellenando cuencas sucesivas e imbricadas que demuestran una repetición de ciclos sedimentarios en áreas hundidas. En orden cronológico sobre el basamento cretácico de tipo corteza oceánica -Fm. Piñón- y su cubierta sedimentaria Cayo y Estancia se asientan las cuencas Ancón, Progreso, Guayas y el golfo de Guayaquil rellenas con sedimentos que muestran una disminución de la profundidad pasando del tipo turbidítico a sedimentos litorales y fluviátiles.

2.1.10 Marco tectónico y rasgos estructurales (2) (17)

El marco tectónico regional nos lleva indiscutiblemente a la actividad de las placas tectónicas, con atención especial a los últimos 10 m.a. en los que ha estado activo el sistema de grietas Carnegie-Galápagos (figura 2.1), gene-



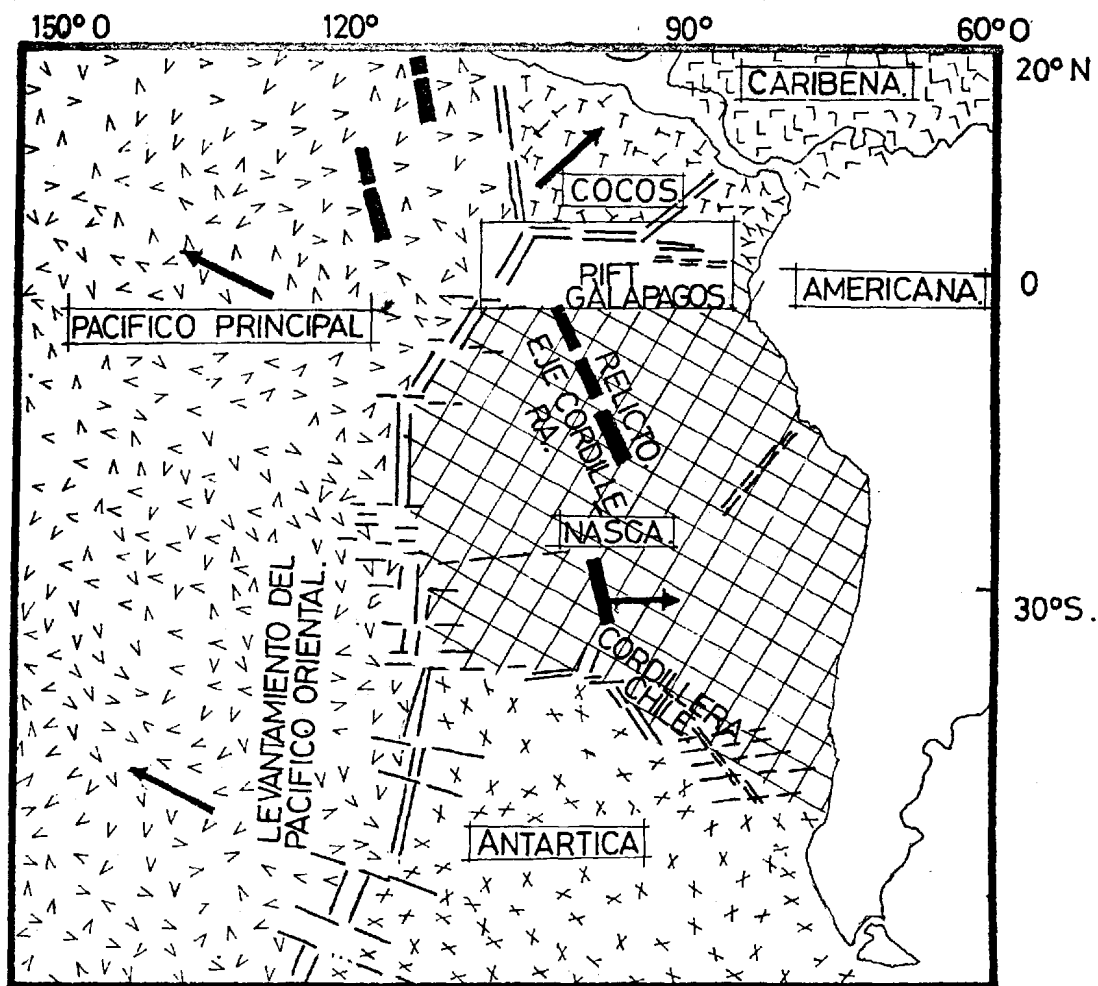


FIG. 21 SITUACION DE LA TECTONICA DE PLACAS EN EL PACIFICO SURORIENTAL (2)

rando esfuerzos de compresión y distensión en dirección E-O que han propiciado en el suroeste de la costa eucatoriana una clara evidencia de tectónica de fallamientos sucesivos de bloques inclinados diferentemente a lo largo de la historia estructural de la región. Se distingue dos familias de fallas, la primera más antigua, de rumbo NW-SE que delimita el flanco sur de la cordillera Chongón-Colonche y la segunda, más reciente, responsable de haber fracturado a las cuencas existentes. Esta segunda familia de rumbo ENE-WSW, así como N-S, NNW-SSE y NNE-SSW ha formado junto a la primera familia de fallas, una región de bloques fallados dispuesta en horsts y grabens que afectan la península de Santa Elena, las cuencas de Progreso, del Guayas y el golfo de Guayaquil.

2.1.11 Historia geológica (5) (13) (17)

Durante el Cretáceo hubo importantes acumulaciones de rocas volcánicas asociadas con sedimentos en un arco de islas en agua de profundidad mediana al oeste del continente, lo cual vendría a constituir la formación Macuchi. Una vez que el volcanismo cesó, los sedimentos de la Fm. Yunguilla se depositaron

concordantemente sobre la Fm. Macuchi en la parte más superior del Cretáceo y a continuación hubo un levantamiento con la intrusión de cuerpos graníticos. Paralelamente a la formación de un nuevo arco volcánico, las secuencias estratigráficas y los intrusivos sufrieron tectonismo y se produjo el levantamiento de la cordillera andina sobre la primitiva cuenca del Guayas. El bloque elevado sufrió erosión y ya en el Terciario se depositó una gran cantidad de material volcánico produciéndose una secuencia desde la Fm. Alausí hasta rocas pleistocénicas en la parte alta de los Andes.

En el suroeste de la costa ecuatoriana, por su parte, se presenta el cuadro siguiente.

Hace unos 80 m.a. se produjo el hundimiento de la plataforma oceánica de poca profundidad debido a una paleosubducción intraoceánica que formó un posible arco volcánico que originó la cordillera de Chongón-Colonche. En esta amplia depresión se acumularon sedimentos de consistencia silicea y carácter turbidítico que constituyen los miembros Cayo y Guayaquil. Al principio del Paleoceno se levantó la

cordillera Chongón-Colonche y a continuación se produjo una depositación tipo flysch en la amplia cuenca disponible, sobre una pendiente de talud continental hacia el oeste correspondiente a la Fm. Estancia. Con el levantamiento de la cordillera, posteriormente, en el Oligoceno Superior aparecieron las cuencas Progreso, Guayas y el golfo de Guayaquil que fueron rellenadas por sedimentos de tipo molásico de aproximadamente 5000 m de espesor. A continuación durante el Mioceno Superior emergió la cuenca de Progreso mientras que una sedimentación más litoral siguió en la cuenca del Guayas.

Ya en el Cuaternario, luego de una transgresión en las zonas bajas, se produjo un levantamiento general que dio como resultado la emersión de la cuenca del Guayas, de algunas islas y de áreas litorales dando a la costa su aspecto actual.

A partir de estos últimos eventos, los productos de la erosión de los terrenos del flanco occidental de la Cordillera Occidental han continuado depositándose en las cuencas y en los valles de los ríos.

2.2 GEOMORFOLOGIA (7)

La cuenca del Guayas, consecuencia de la orogenia aún activa, está ubicada al oeste de la cadena montañosa de los Andes occidentales ecuatorianos. En esta zona, las mayores subcuencas de escurrimiento son las de los ríos Chimbo y Chanchán, Bulubulu y Boliche, las cuales drenan hacia el oeste transportando y depositando sedimentos en gran extensión sobre la llanura aluvial para luego, ya como río Guayas, drenar al sur hacia el golfo de Guayaquil.

En el sector de Bucay la pendiente es algo escarpada y hacia el oeste el relieve adquiere una pendiente suave hasta convertirse prácticamente en plano, desarrollando así la gran llanura del río Guayas.

2.3 EL CICLO HIDROLOGICO Y SUS PARAMETROS (14)

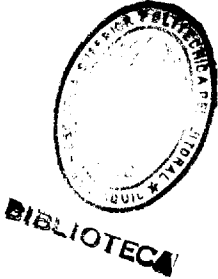
El agua precipitada sobre la superficie de la Tierra (P) es distribuida de manera tal que una parte retorna a la atmósfera a través de la evapotranspiración (E), otra escurre superficialmente (R) y el resto se infiltra (I). Así:

$$P = E + R + I$$

es la ecuación del ciclo hidrológico en su forma más simple (ecuación fundamental del balance hidrológico).

Dos de estos factores son de suma importancia en su relación a la presencia, distribución y comportamiento del agua subterránea, a saber, la evapotranspiración y la infiltración de los cuales se hablará más adelante.

2.3.1 Precipitación pluvial



Para efectos de estudios hidrogeológicos no es preciso un conocimiento en extremo detallado del régimen pluviométrico, es preciso una estimación de la precipitación en base a registros de varios años (en lo posible 20 - 30 años) pues el volumen de recarga que recibe un acuífero guarda cierta relación con la magnitud de la precipitación pluvial. De manera general, se puede esperar mayor recarga en años lluviosos que en años secos, pero lo cierto es que los acuíferos actúan como enorme recipientes reguladores que atenúan las variaciones hidrológicas superficiales.

La disponibilidad de agua subterránea en una

zona está determinada en gran parte por la rapidez con que se renueve el recurso, siendo un factor principal la magnitud y la distribución de la precipitación pluvial. El otro factor dominante es de carácter geológico (litología fundamentalmente).

2.3.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de todas las pérdidas en agua que experimenta el ciclo hidrológico por transformación en vapor, para lo cual intervienen varios factores.

El poder evaporante de la atmósfera, por un lado, por la acción de la temperatura, la velocidad y turbulencia del viento, la presión barométrica y el déficit higrométrico y, por otra parte, la superficie evaporante, para este caso del suelo, con su granulometría, porosidad, naturaleza litológica, manto vegetal y humedad en superficie, son los factores de mayor control.

Para el cálculo de la evapotranspiración real, es decir la que considera un posible desabastecimiento de las reservas en agua, L.

Turc estableció una fórmula considerando que ésta está ligada a la humedad del suelo y que debe intervenir por tanto la magnitud de las precipitaciones. Se tiene entonces que:

$$Er = \frac{P}{[0.9 + P^2 / (300 + 25T + 0.05T^2)]^{1/2}}$$

donde P= altura de precipitación anual en mm

T= temperatura anual media del aire en °C

Er= evapotranspiración real anual en mm

Los cálculos así obtenidos han demostrado ser satisfactorios al ser comparados con las mediciones reales en unas 254 cuencas alrededor de todo el mundo.

2.3.3 Capacidad de infiltración y factores que la controlan

Se llama capacidad de infiltración a la facilidad con que un suelo permite la entrada del agua hacia niveles inferiores. Esta capacidad, se ha demostrado, decrece exponencialmente desde un valor máximo al inicio de la infiltración hasta un valor

aproximadamente constante, lo cual depende de la estructura del suelo, la acción de las fuerzas capilares, la presencia de aire atrapado en el interior del suelo y la cobertura vegetal.

La estructura del suelo varía a medida que se va saturando. Al comienzo el sistema de grietas se encuentra despejado facilitando ampliamente la infiltración, pero conforme aumenta su contenido de humedad las arcillas y coloides se expanden provocando el cierre de las grietas y disminuyendo su conductividad hidráulica. Las fuerzas capilares y el aire atrapado en el suelo tienen un efecto contrario al de la estructura pues oponen menos resistencia con el tiempo. Por su parte, la cobertura vegetal favorece la infiltración al proteger al suelo del impacto directo de la lluvia que introduce partículas finas en los poros y grietas y lo compacta. Además, las raíces de las plantas mantienen abierta la estructura del suelo.

Una vez que cierto volumen de agua se infiltra, parte de él es interceptado por los sucesivos estratos -hablando siempre de ambientes

sedimentarios- para satisfacer su déficit de humedad; el resto continúa su movimiento descendente, disminuyendo su volumen y llega finalmente a la zona de saturación, (ver figura 4.1).

Terminada la infiltración, la acción de la evapotranspiración induce un flujo ascendente en la zona de aereación (ver fig.4.1) que puede iniciarse desde la superficie del acuífero en caso de existir continuidad hidráulica.

2.3.4 Recarga del acuífero (7) (14) (16)

La recarga es el medio por el cual se renuevan los recursos del acuífero, de manera que su cuantificación es un parámetro representativo de la disponibilidad permanente de agua subterránea en una zona. Es importante conocer lo más certeramente su orden de magnitud puesto que se refiere concretamente al volumen de agua infiltrado a la zona de saturación, que es la que debe considerarse al contemplar el aprovechamiento de un acuífero.

En el área de Bucay, zona de piedemonte e inicio del cono de deyección, la acumulación de

derrubios cubre grandes extensiones constituyendo una zona de recarga inicial puesto que la elevada permeabilidad existente requiere un mínimo de precipitación para iniciar la infiltración. Según Davis, experimentos practicados en la Universidad de Stanford han demostrado que la cantidad de agua que exceda 0.2 mm de precipitación queda disponible para la percolación profunda y puede canalizarse subterráneamente a través de zonas preferenciales sin necesidad de tener que humedecer toda la formación hasta llegar a la superficie del sustrato rocoso, con lo cual se puede esperar una recarga inicial de gran magnitud considerando las elevadas precipitaciones en la zona, (ver apéndice C).



Capitulo III

ABANICOS ALUVIALES (8) (11)

Según William Bull, se da un ambiente favorable para la depositación y preservación de depósitos de abanico aluvial donde varios abanicos aluviales coalescen en un área tectónicamente activa. A lo largo de cadenas montañosas a menudo se desarrolla planos de falla provocando un movimiento relativo en el que los abanicos se hundien; es en estos casos en los que se produce depósitos de considerable espesor y son preservados luego como facies marginales de la cuenca de depositación que constituyen en muchas áreas los reservorios más importantes de agua subterránea y son alimentados a través de los abanicos que limitan la cuenca.

3.1 EVOLUCION Y GEOMETRIA DE ABANICOS ALUVIALES

Un abanico es un depósito cuya superficie semeja un segmento de cono que se desarrollo pendiente abajo, desde el punto en que la corriente del río abandona las montañas; de aquí la denominación equivalente de



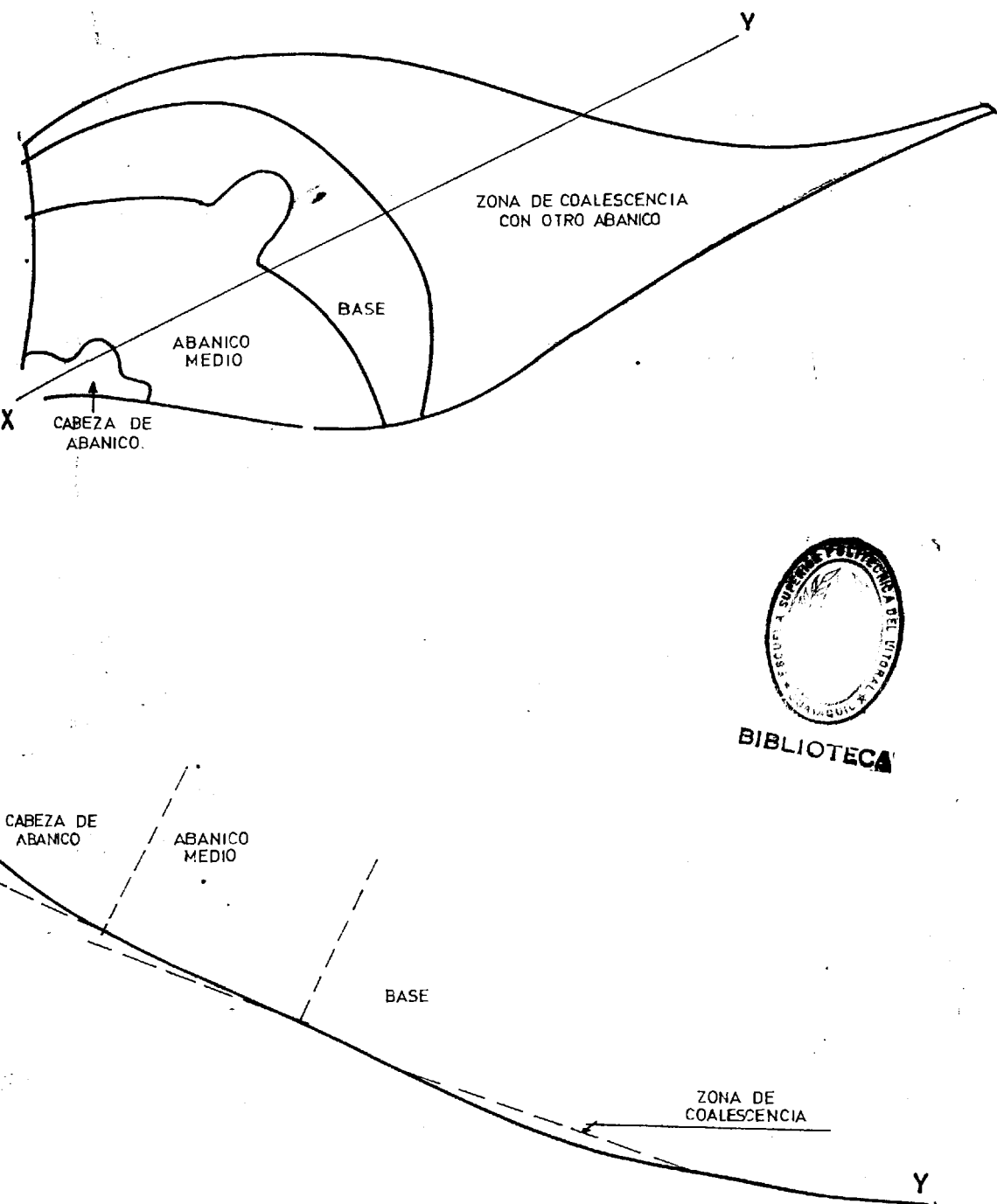
cono de deyección de un río.

BIBLIOTECA

Aunque en algunos lugares del mundo esta superficie se preserva, lo común es que no se conserve como tal en el registro estratigráfico, mas es posible reconocer los conjuntos característicos de depósitos de abanico aluvial.

Cada abanico se deriva de un área fuente en la que actúa un trabajo de drenaje que transporta los productos erosionados hacia el abanico en una corriente principal única. La vista en planta del depósito formado tiene comúnmente forma de abanico y los contornos se doblan pendiente abajo desde el ápice del mismo.

Bull encontró que la generalidad de perfiles es ligeramente cóncava pendiente arriba pero que las pendientes no decrecen en proporción uniforme pendiente abajo desde los ápices. En cambio, el perfil radial de la mayoría de los abanicos usualmente consiste en tres segmentos de línea recta bien definidos, a saber, la zona de cabeza del abanico, la zona intermedia y la zona terminal. La superficie representada por cada segmento hace una banda de pendiente aproximadamente uniforme y corre concéntricamente al ápice del abanico, (ver figura 3.1).



BIBLIOTECA

FIG.3.1. VISTA SUPERIOR Y PERFIL RADIAL DE UN ABANICO ALUVIAL (8)

La evolución y geometría de abanicos aluviales está fuertemente controlada por el clima, litología y ambiente tectónico. Según Bull, la litología de la roca fuente es el factor de mayor control para la forma y tamaño del abanico; si las rocas fuente son limolitas y argilitas, los abanicos aluviales son mucho más inclinados y duplican las dimensiones de aquellos cuyas rocas fuente son areniscas.

El clima es otro factor importante; si la precipitación es alta, las pendientes de los abanicos son suaves pues el flujo de agua desvía los sedimentos y disminuye la pendiente. En climas áridos las pendientes son mayores.

Para el caso del abanico aluvial en estudio, considerando la variedad de la roca fuente, conviene clasificarlo como "de dimensión media" y por otra parte, tomando en cuenta los valores elevados de precipitación (apéndice C), pertenece a la clase de "pendiente suave".

Las condiciones principales para la formación de abanicos aluviales son un súbito cambio en la pendiente del terreno y/o acción de corrientes intermitentes en algunos casos; tales corrientes intermitentes pueden ser el resultado de lluvias -tormentas-

estacionales pesadas en un clima árido o bien el resultado de fusión de nieve en montañas altas con el comienzo del verano, por ésto tal fenómeno se presenta comúnmente en regiones áridas a semiáridas y regiones subárticas. En climas húmedos también se desarrollan abanicos aluviales pero con características sedimentológicas distintas.

La causa principal para la depositación de detritos en abanicos aluviales es la disminución en profundidad y en velocidad del flujo del río como resultado del incremento en amplitud debido al esparcimiento de flujo desde el ápice.

Posteriormente la depositación se mantiene por la infiltración de agua en detritos sueltos (loose debris), causando una disminución del volumen del flujo original -con sólo agua- y una pronunciada disminución de la pendiente de un canal de corriente que abandona la montaña.

3.2 ABANICOS ALUVIALES HUMEDOS

Un abanico aluvial húmedo, que es el caso particular de este estudio, es formado por una corriente perenne y posee un área de cabeza de abanico muy corta,

mientras el resto del abanico está caracterizado por corrientes trenzadas fuertemente variantes. Un canal trenzado corre desde el ápice hacia el borde terminal y arrastra sistemáticamente lo que encuentre sobre la superficie del abanico.

Los abanicos aluviales húmedos pueden ser considerados como depósitos de corrientes trenzadas esencialmente, que se desarrollan sin confinamiento lateral. Generalmente abanicos adyacentes son los encargados de restringir la extensión lateral de depósitos individuales, por ello, la mayoría de depósitos de abanco aluvial ocurren como series de conos aluviales coalescentes que forman una pendiente de piedemonte llamada a veces bajada.

El caso del abanico del río Kosi -citado por Gole y Chitale como un delta intracontinental- es un buen ejemplo. El río drena desde los Himalayas transportando grandes cantidades de sedimentos y construye un área de abanico de grandes dimensiones para luego drenar hacia el río Ganges. En el área de cabeza consiste de cantos y gravas que llegan a extenderse unos 15 km corriente abajo. Desde este punto el río adquiere una amplitud de unos 6 km y se vuelve muy divagante debido a que el gradiente decrece de 0.9 m/km en el área de cabeza hasta

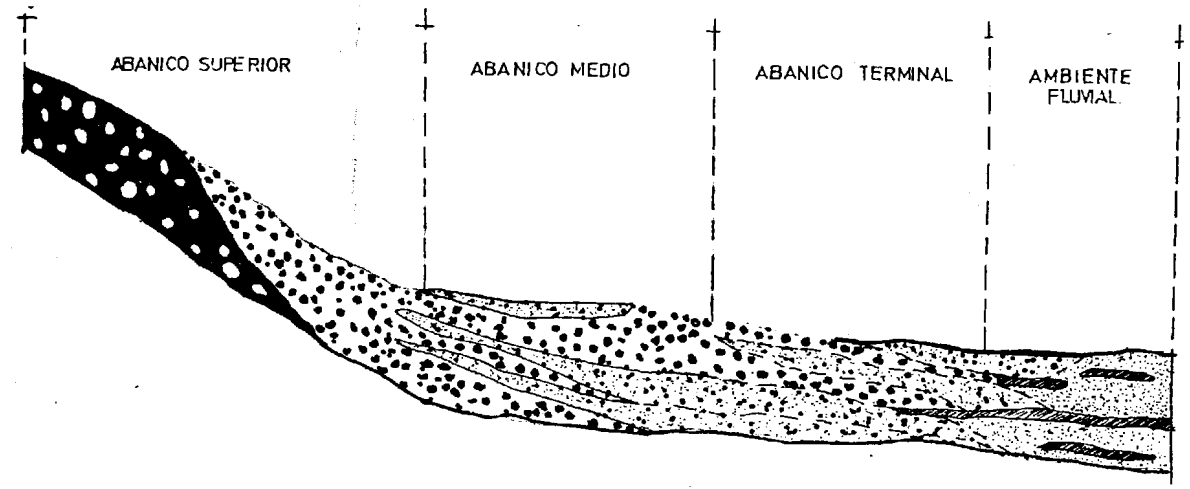
0.19 m/km. Siguiendo corriente abajo se divide en varios canales y cubre una extensión transversal de 15 km.





En los últimos 200 años el río se ha movido progresivamente hacia el oeste y ha trabajado los sedimentos en un área aproximada de 9000 km², lo cual da una idea de la magnitud de un potencial acuífero.

Para el presente trabajo se denominará cono de deyección al conjunto de abanicos aluviales presentes en la zona de estudio.

3.3 DEPOSITOS DE ABANICO ALUVIAL

El entrenzamiento antes mencionado se traduce en áreas deposicionales que se desvían de un lado a otro durante el proceso de construcción del depósito en forma de cono y en la medida en que ésto ocurre, se da periodos alternantes de depositación y formación del perfil del suelo que son característicos en la mayoría de abanicos aluviales. En las figuras 3.2 y 3.3 se puede apreciar la variabilidad de depositación que rige en un ambiente de abanico aluvial. Las características físicas que gobiernan la depositación son las que proveen los medios más seguros en la identificación de depósitos de abanicos aluviales en



-  CONGLOMERADO DENTRO DE MATRIZ
-  CONGLOMERADO
-  ARENA Y GRAVA
-  ARENA Y LIMOS

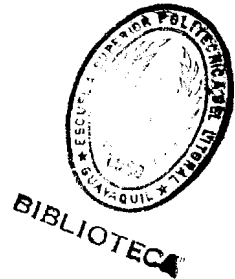
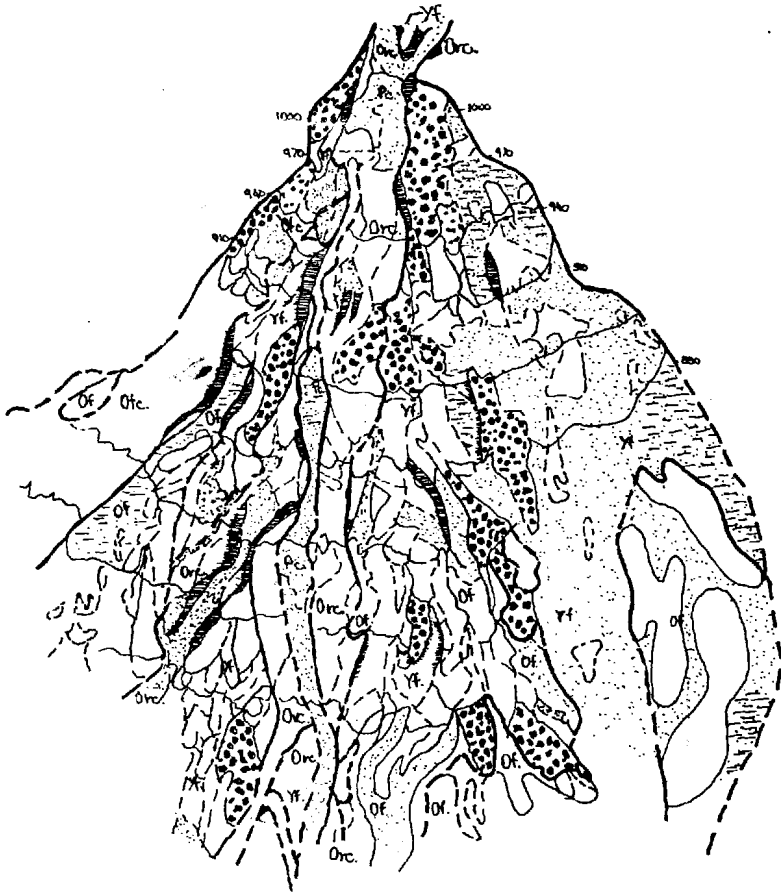











FIG. 32. LITOFACIES EN UN ABANICO ALUVIAL (8)



TAMAÑO DEL MATERIAL

-  GUIJARROS-CANTOS.
-  LIMOS-GUJARROS.
-  CANTOS-BLOQUES.

SIMBOLOGIA

-  PROBABLES LOBULOS DE FLUJO
-  LOBULOS DE FLUJO
-  POSIBLES DEPOSITOS DE CRIVA
-  CONTACTO DE EDADES.
-  CONTACTO ENTRE UNIDADES DIFERENCIADAS
POR TOPOGRAFIA O TAMAÑO DEL MATERIAL.
-  BANCOS EROSIONADOS

EDAD RELATIVA.

- Pc CANAL ACTUAL
- Ovc CANAL DE INUNDACION
- Orc CANAL ANTIGUO
- Ofc CANAL MAS ANTIGUO
- Yf SUPERFICIE MAS RECIENTE
- Of SUPERFICIE MAS ANTIGUA

FIG.33. DISTRIBUCION DE VARIOS TIPOS DE DEPOSITOS Y CLASES DE SEDIMENTOS EN EL ABANICO DEL RIO TROLLHEIM. (8)

el registro estratigráfico.

Algunos modos de depositación de abanicos aluviales son comunes en otros ambientes deposicionales, así, depósitos de canal de corriente se encuentran en varios ambientes pero depósitos de flujo laminar y de tamiz son más fáciles de ser preservados en depósitos de abanico aluvial como se verá más adelante. También pueden ocurrir flujos de detritos en varios ambientes como pendientes de colinas y valles de río, sin embargo, puesto que ocurre poca erosión en un abanico aluvial que crece activamente, el ambiente de abanico es ideal para la preservación del flujo de detritos en el registro estratigráfico.

Un factor guía es la tendencia, de la mayoría de modos de depositación de abanicos, de ocurrir como láminas, lo cual provee una geometría diagnóstica de estratificación que ayuda a identificar modos de depositación -como flujos de lodo- que ocurren en abanicos aluviales antes que en algún otro ambiente deposicional.

Los abanicos aluviales tienen litologías que varían ampliamente; algunos consisten de limo orgánico y otros principalmente de guijarros hasta bloques sin presencia de finos y además la mayoría tiene más de

un modo de depositación que puede hacer variar los depósitos tanto verticalmente como pendiente abajo desde el ápice del abanico. Cada estrato de un abanico representa un evento de depositación individual que ha resultado de un amplio espectro de eventos de precipitación y erosión dentro del área fuente. La escorrentía que es suministrada al canal de corriente principal propio del abanico puede ser el resultado de caída de lluvia sobre la cuenca entera. Por ello, las diferencias en características de escorrentía, fuente y cantidad de carga de sedimentos, modo de transporte y otros factores varían grandemente y están reflejados en los estratos individuales preservados en un abanico. Particularmente, la uniformidad en el decrecimiento del tamaño de las partículas está grandemente afectada por la cantidad de invasiones de canales temporales, lo cual causa un parche deposicional (loci de depositación) en diferentes puntos a lo largo de una línea radial dada.

Los abanicos consisten en dos tipos de depósitos básicamente, a saber, depósitos de agua clara y de flujo de detritos.

3.4 DEPOSITOS DE AGUA CLARA (WATER-LAID DEPOSITS)



La mayoría de sedimentos depositados por agua consiste en láminas de arena, limo y grava depositados por el trabajo neto de canales distributarios trenzados. Otro tipo consiste en rellenos en canales de corriente que fueron temporalmente introducidos al abanico y existe un tercer tipo denominado depósitos de tamiz.

3.4.1 Depósitos debidos a corrientes laminares

La depositación es causada por un ensanchamiento del flujo dentro de bandas o láminas poco profundas y el concurrente decrecimiento en profundidad y velocidad del flujo, antes que por un cambio en el gradiente al final del canal de corriente. Las profundidades de agua generalmente son menores a 0.35 m de manera que los canales distributarios someros se llenan fácilmente con sedimentos y luego se desvían una pequeña distancia hacia otra posición. El depósito resultante está comúnmente constituido por arena, grava o limo con poca arcilla visible, está bien clasificado, tiene forma de lámina y está atravesado por canales someros que repetidamente se dividen y vuelven a unir. La divagación origina un depósito bastante

uniforme sobre toda la superficie del abanico si la duración del proceso es lo suficientemente larga.

3.4.2 Depósitos de canal de corriente

Los depósitos que rellenan los canales de corriente que entran a un abanico temporalmente, generalmente son de grano grueso y más pobremente clasificados que las láminas de sedimentos de agua clara depositadas por el trabajo de canales distributarios invasores. Los espesores de estratos individuales van desde pocos centímetros a hasta más de 1.5 m pero los más comunes están entre 0.05 a 0.6 m. Los depósitos adyacentes consisten principalmente de láminas de arena con arcilla depositada por flujos de lodo y el relleno del canal contiene estratos de grava y arena arcillosa.

3.4.3 Depósitos de tamiz

Si el área fuente suministra poca arena, limo y arcilla al abanico, los depósitos pueden ser suficientemente permeables para permitir que penetre enteramente el agua de una descarga, antes de que se aproxime al borde del abanico.

Tales condiciones promueven la depositación de lóbulos de grava. Hooke (1967) estudió estos depósitos en detalle y los llamó depósitos de tamiz (sieve deposits). Señala que, puesto que el agua pasa a través de estos depósitos antes que sobre ellos, éstos actúan como tamiz, permitiendo pasar al agua mientras retienen el material grueso que es transportado. Las áreas fuente para estos depósitos están constituidas por rocas como cuarcitas y los clastos suministrados al abanico son bloques subangulares antes que grava bien redondeada.

La clasificación excelente con que cuentan da como resultado un estrato masivo y contactos pobremente definidos entre estratos.

En general, estos depósitos son los menos comunes pero son tal vez los más singulares.

3.5 DEPOSITOS DE FLUJO DE DETRITOS

Son producidos por corrientes cargadas con gran cantidad de partículas finas, con lo cual adquieren una gran densidad y una gran viscosidad; debido a estas características son capaces de transportar fragmentos de gran tamaño que pueden llegar a las

dimensiones de un bloque.

Los depósitos están formados por fragmentos con tamaños desde cantos a bloques incluidos en una matriz de grano fino con lo cual presentan una mala clasificación. Vistos en planta muestran una forma lobulada con la superficie superior plana y los bordes pendientes siendo frecuente que el material más grueso se localice en el frente del lóbulo. En ocasiones el fango puede ser erosionado posteriormente, quedando como testigos del depósito diques de material grueso.

Los depósitos de flujo de detritos antiguos consisten comúnmente en lóbulos superficiales y diques de guijarros y cantos rodados porque el lavado ha removido mucho de su matriz de fango.

Hay algunas características que ayudan en el reconocimiento de depósitos de flujo de detritos en el registro geológico, siendo lo más interesante la uniformidad en espesor de las partes centrales de los depósitos de forma laminar que produce estratos que son marcadamente consistentes en espesor cuando se los observa en corte.

Aunque existen abanicos formados sólo por este tipo

de depósito es más frecuente que aparezcan asociados a acumulaciones producidas por otros tipos de depósito. Las proporciones de depósitos de agua clara y de flujo de detritos varían grandemente de abanico a abanico y pueden cambiar durante la historia de acumulación de los depósitos de un abanico único. Donde las condiciones del área fuente no son favorables a la producción de flujo de detritos, los depósitos del abanico consisten enteramente de sedimentos de agua clara; otros consisten principalmente de flujos de detritos aunque lo común es que se encuentren ambos tipos de depósitos en proporciones variables.

3.6 GEOMETRIA ESTRATIGRAFICA DE UN ABANICO

La geometría general de un abanico aluvial refleja la acumulación de un vasto número de estratos que difieren en extensión y espesor y en cambios areales (in loci) de depositación causados por la invasión y relleno de un canal de corriente principal. La geometría típica se muestra en la figura 3.4.

El área esquematizada es una donde el reciente levantamiento a lo largo de un límite de falla ha inducido una rápida acumulación de depósitos de abanico aluvial adyacentes al frente de la montaña. La su-



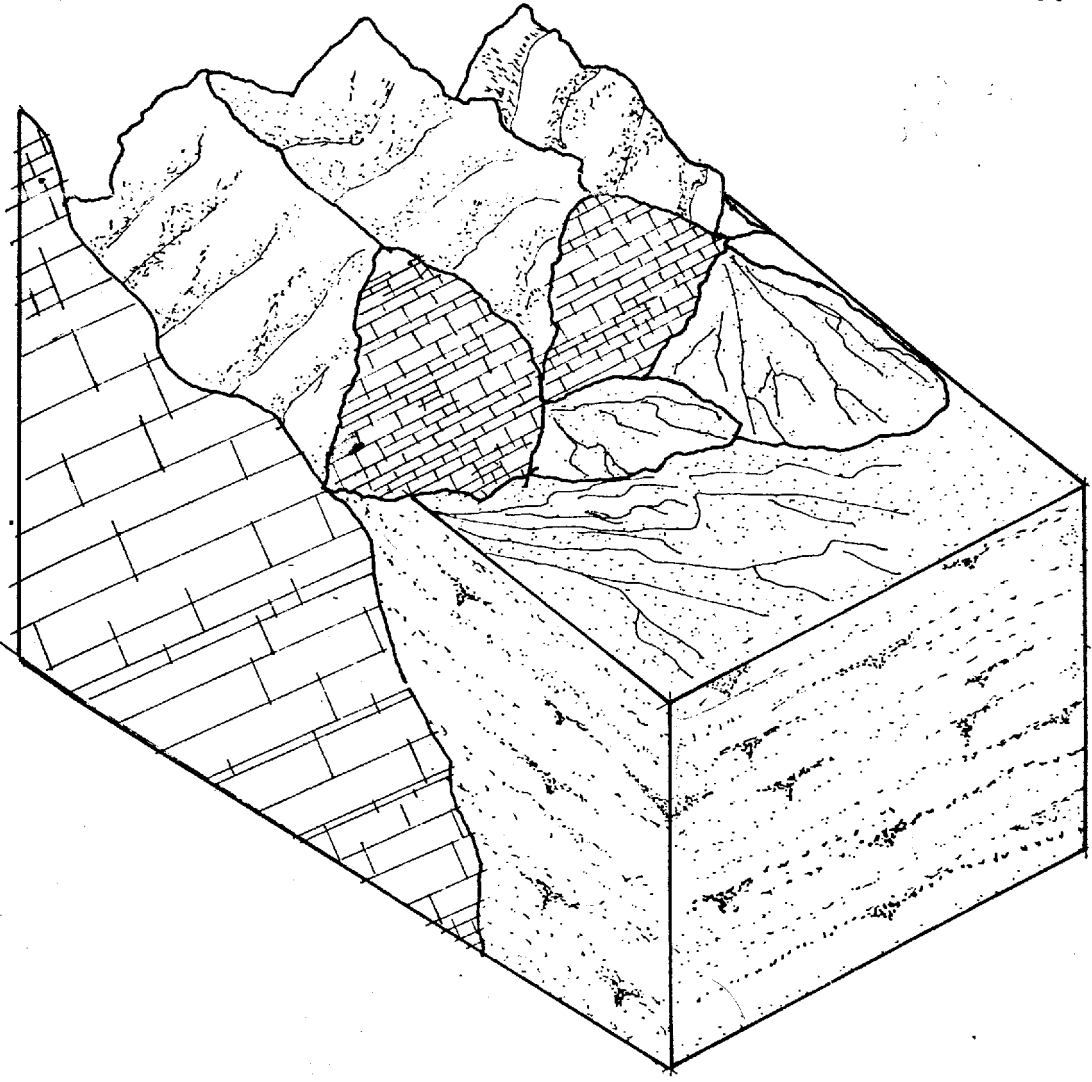


FIG. 34. GEOMETRIA ESTRATIGRAFICA
DE UN ABANICO ALUVIAL (11)

perficie del abanico no está invadida y está atravesada por un trabajo de corrientes distributarias entrelazadas. Existe una considerable variedad en las relaciones estratigráficas radiales y transversales del abanico. A lo largo de las secciones radiales, se puede trazar estratos individuales por distancias largas mientras los depósitos de relleno de canal son raros. En contraste, las secciones transversales revelan superposición de estratos de extensión limitada que son interrumpidos por estructuras de corte y relleno.

3.7 RELACION DE DEPOSITOS DE ABANICO ALUVIAL CON AMBIENTES DEPOSITACIONALES ADYACENTES

Depósitos de abanico aluvial están comúnmente en contacto con depósitos adyacentes de otro abanico o depósitos de terraza de flujo y ambientes lacustres.

Los depósitos de abanicos aluviales individuales aparecen interdigitados en zonas de coalescencia.

La tendencia hacia iguales proporciones de depositación entre abanicos coalescentes y entre abanicos y la playa en una cuenca cerrada ha sido descrita por Hooke (1968), quien sugiere que las áreas de acumulación de depósitos de abanico y playa

son directamente proporcionales a los volúmenes de material que se suministran a cada abanico y a la playa, por unidad de tiempo. Usando el modelo de Hooke, el contacto playa-abanico será interdigitado, como también lo será el contacto entre abanicos coalescentes si las avenidas de sedimentos fluctúan.

3.8 ABANICOS ALUVIALES EN EL REGISTRO ESTRATIGRAFICO

Consideremos nuevamente que los abanicos aluviales de gran espesor son depósitos orogénicos, no solamente porque el levantamiento crea áreas montañosas que proveen detritos y aumentan la competencia de las corrientes, sino también porque el área deposicional (loci) de depositación en los abanicos aluviales está controlada grandemente por la velocidad y magnitud del levantamiento de las montañas adyacentes (Bull, 1964b, 1968). Ocurren condiciones óptimas para la acumulación de grandes espesores de secuencias de depósitos de abanico donde la velocidad de levantamiento excede la velocidad de corte hacia abajo del canal de corriente principal en el frente de la montaña. Esta interpretación orogénica de depósitos de abanico se aplica particularmente a las secuencias de gran espesor encontradas en el registro estratigráfico.

3.9 EL CONO DE DEYECCION DEL RIO CHIMBO

El caso del río Chimbo es el de un abanico aluvial húmedo, por tanto, con un área de cabeza muy limitada, compuesto por una serie de abanicos coalescentes que forman una gran bajada, preservada en el registro estratigráfico por condiciones favorables de orogenia bastante activa aún actualmente.

Lo antes mencionado sugiere la existencia de un potencial reservorio de agua subterránea, el mismo que, de ser explotado adecuadamente, establecería un balance hidrogeológico favorable en el área de estudio.



CAPITULO IV

EL AGUA EN EL SUBSUELO

4.1 DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL SUBSUELO (1) (6)

En el caso de un terreno permeable, homogéneo -de granulometría uniforme- e isotrópico -de permeabilidad uniforme-, que yace sobre un sustrato impermeable y horizontal se tiene un esquema de distribución del agua en el subsuelo como el de la figura 4.1. Por consiguiente en este esquema el manto acuífero de interés se localiza en la zona de saturación.

4.2 MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUBSUELO (1) (15) (16)

Cuando las superficies confinantes del medio a través del cual circula el agua subterráneamente se mantienen fijas a lo largo del tiempo en el que se produce el movimiento, estamos en presencia de un manto cautivo. Es el caso de un estrato permeable atrapado entre dos impermeables que alguna vez o en algún lugar distante recibió recarga y cuyo contenido

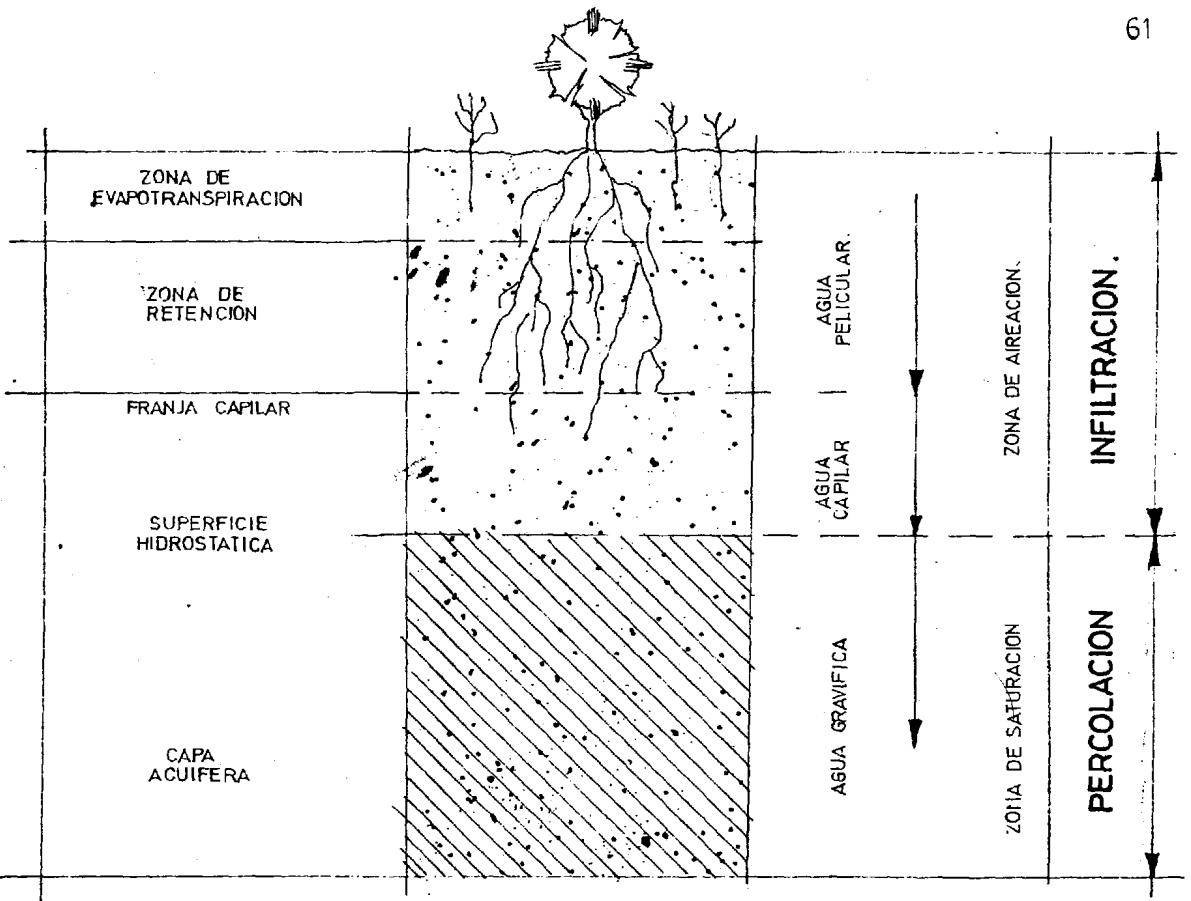


FIG.41. DISTRIBUCION DE AGUA EN EL SUBSUELO (6)

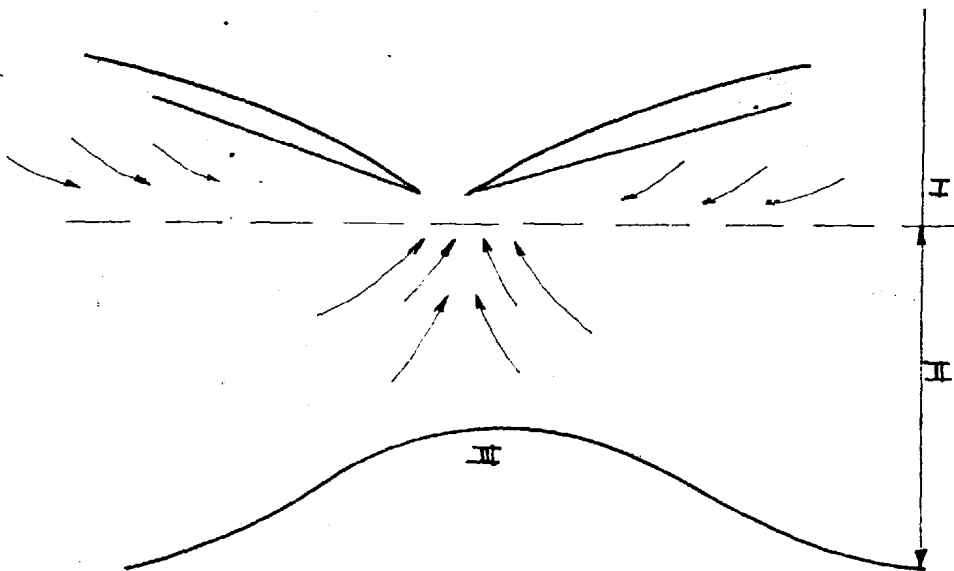


FIG.42. ZONA DE UN MANTO ACUIFERO (1)

en agua entra en movimiento al producirse una descarga súbita como por ejemplo a través de una obra de captación.

Si por el contrario la superficie suprayacente varía litológicamente, pasando a un estrato permeable según se prolonga el movimiento del agua en el tiempo, se está en presencia de un manto libre, en el que característicamente la superficie piezométrica varía.

Concretándose al segundo caso, cuando el nivel del manto se eleva por encima de la superficie límite de equilibrio hidrostático, el exceso de agua circula por los exutorios -manantiales- de modo que parte del agua acumulada entra en movimiento. Para determinar cuál es esta parte y el camino que siguen los hilos líquidos se ha hecho numerosos experimentos; de manera general el principio de Pennick y Andrimont señala que si el agua circula en el manto es que existe, entre dos puntos de ese manto, una diferencia de presión que provoca la afluencia del agua hacia el lugar de menor presión.

En un manto acuífero se distingue tres partes según la figura 4.2, a saber, las zonas activa, pasiva y estancada. La primera se sitúa por encima de la superficie de equilibrio hidrostático y en ella se

provoca el inicio del movimiento por el peso mismo del agua. En la segunda el agua asciende debido a la presión ejercida por la zona activa y queda inmóvil de no existir esta influencia. En la zona estancada, finalmente, no existe movimiento de los hilos líquidos aún siendo evidente un punto de menor presión.

Por otra parte, el agua que desciende, al llegar al manto acuífero no circula verticalmente sino que los hilos de fluido se desplazan oblicuamente al pasar de una capa a otra y al llegar finalmente a la superficie del manto acuífero; sucede algo similar a un rayo de luz que atraviesa dos medios de distinto índice de refracción.

4.2.1 Influencia de la base impermeable

Si la base impermeable se encuentra situada por debajo de la zona estancada no tiene influencia alguna en el movimiento del agua, mas si por el contrario se sitúa cercana a la superficie toda la masa entra en movimiento, incluyendo la parte de la zona estancada pues su nivel se eleva por encima de la superficie de equilibrio hidrostático, ver figura 4.3.

Si la base impermeable está aún más superficial

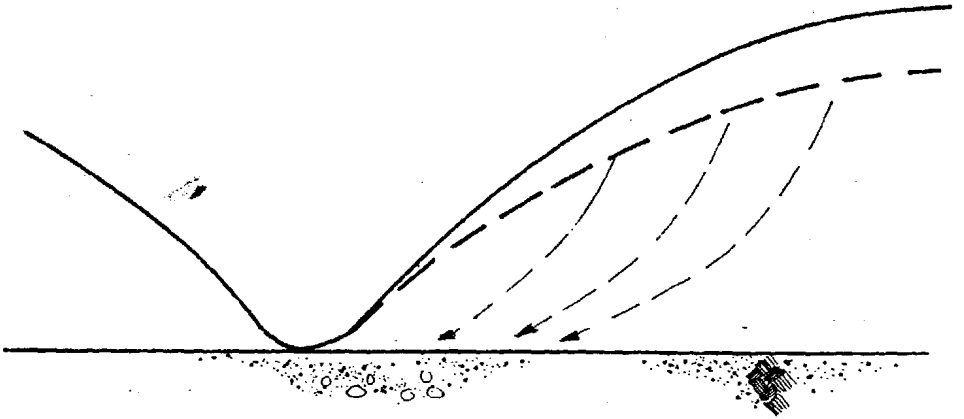


FIG.43. BASE IMPERMEABLE
CERCA DE LA SUPERFICIE (1)

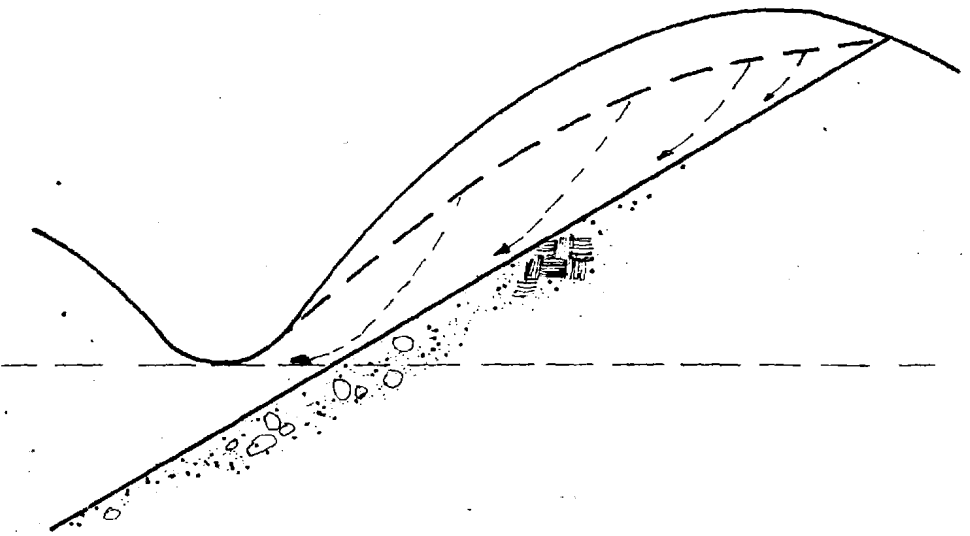


FIG.44. BASE IMPERMEABLE
BASTANTE SUPERFICIAL/BUZANTE (1)

los hilos líquidos de la zona pasiva quedan modificados en su trayectoria y algo similar sucede en caso de una base muy buzante según la figura 4.4.

4.2.2 Movimiento como función del tiempo

Las características que gobiernan el movimiento del agua en el subsuelo son velocidad, presión, densidad y temperatura del agua; éstas constituyen las incógnitas que varían en cada punto de la formación y pueden además variar con el tiempo.

"Si las incógnitas dependen solamente del punto, es decir, de las variables independientes x , y , z , el movimiento tiene lugar en régimen estacionario. Por el contrario, si las incógnitas dependen también del tiempo, el movimiento tiene lugar en régimen no permanente o variable."

1

4.3 ALGUNOS CONCEPTOS DE DARCY (6) (16)

El flujo de las aguas subterráneas, considerando el medio homogéneo e isotrópico, el sustrato horizontal

(1) S. N. Davis y R. De Wiest, Hidrogeología (Edición en lengua castellana; Barcelona: Ediciones Ariel, 1971), p.p. 211

y el movimiento en régimen laminar, obedece a la ley de Darcy, quien experimentando con un flujo a través de un tubo vertical lleno de arena determinó que:

$$Q = K \cdot S \cdot dH/de$$

donde Q = caudal en m^3/s

dH = diferencia de altura de carga del agua

S = superficie perpendicular al flujo

K = coeficiente de proporcionalidad ligado a la naturaleza de la arena en cm/s

de = espesor de la columna de arena considerada

$dH/de = i$ = gradiente hidráulico

La velocidad con que el agua atraviesa dicha columna será:

$$v = Q/S \quad \text{o bien} \quad v = K \cdot i.$$

Por otra parte, considerando el movimiento uniforme en canales abiertos, Dupuit dedujo esta misma ecuación, comprobando la similitud que existe entre las dos clases de movimiento.

La constante K mencionada se determina actualmente, considerando la estratificación, el empaquetamiento, la disposición de los granos, la distribución según la granulometría y la porosidad, representados por un



parámetro adimensional C, de manera que se tiene:

$$K = C \cdot d^2 \cdot \gamma / \mu$$

donde d = promedio del tamaño de los poros del medio

γ = peso específico del líquido

μ = viscosidad que varía ampliamente con la temperatura

En las condiciones habituales de un acuífero, si embargo, las variaciones térmicas son pequeñas.

4.3.1 Valores de permeabilidad (6)

Los valores de permeabilidad de las rocas varían ampliamente según la tabla I propuesta por Castany. En realidad la impermeabilidad absoluta no existe, a escala de los tiempos geológicos todas las rocas son permeables.

"Por ejemplo, una arcilla tiene un coeficiente de permeabilidad de $5 \cdot 10^{-8}$ cm/s. En la naturaleza, un manto acuífero cubierto por una capa de 50 m de espesor constituida por esta arcilla, recibiría a través de ella un caudal de 200 l/s para 1000 km^2 (un círculo de 18 km de diámetro), si la carga hidráulica fuese de 20 m)

2

(2) G. Castany, Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas (Barcelona: Ediciones Omeda, S.A., 1971), p.p. 211

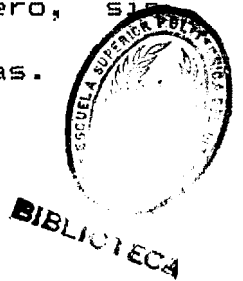


TABLA I

CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEGUN SU PERMEABILIDAD EN cm/s

10^{-2}	10	10^{-3}	10^{-7}	10^{-9}
Gravas	Arenas puras	Arenas muy finas		
Gravillas desprovistas de elementos finos	Arenas y gravas desprovistas de elementos finos	Limos y mezclas de arenas y arcillas		Arcillas homogéneas
Muy buena	Buena	Mala		Impermeable

4. TRANSMISIBILIDAD

Si se considera la sección de flujo de un horizonte acuífero de longitud L y espesor H -en caso de un manto libre- o H' -en caso de un manto cautivo-, la ley de Darcy queda expresada como:

$$Q = K \cdot i \cdot H \cdot L \quad \text{o bien} \quad Q = K \cdot i \cdot H' \cdot L$$

H = espesor saturado del acuífero antes del bombeo

H' = distancia del nivel piezométrico al fondo del acuífero o carga estática sobre el fondo del mismo

El producto $K \cdot H$ o $K \cdot H'$ se denomina transmisibilidad -de acuerdo a Theis, 1935- y es por tanto el producto de la permeabilidad por la potencia del horizonte acuífero en la sección transversal considerada. Con este nuevo concepto la ley de Darcy puede expresarse como:

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Esta transmisibilidad se expresa en unidades varias de $L^2 \cdot T^{-1}$ y permite calcular muy rápidamente las reservas de un manto, al menos con una aproximación suficiente, si se conoce el ancho del manto y el gradiente hidráulico.

4.4.1 Determinación del gradiente hidráulico (7)

Para el cálculo del gradiente hidráulico se consideró un mapa de niveles estáticos contenido en el Plan Maestro de Agua Potable para Guayaquil e incluido en el apéndice A. Se tomó dos lecturas para determinar un gradiente hidráulico promedio en la zona de estudio.

Si $dH = 1 \text{ m}$

$del = 5 \text{ mm} = 2631.6 \text{ m}$

$$de2 = 3 \text{ mm} = 1578.9 \text{ m}$$

entonces

$$i1 = 3.79 \cdot 10^{-4}$$

$$i2 = 6.33 \cdot 10^{-4}$$

y se obtiene un gradiente hidráulico promedio:

$$i = 5.06 \cdot 10^{-4}$$

4.5 HIDRAULICA DE POZOS (15)

El comportamiento del acuífero se estudia exhaustivamente una vez que se dispone para su explotación, efectuando pruebas de bombeo. Estas proporcionan una idea del tipo de acuífero y valores de sus características hidráulicas en el área de influencia del bombeo, al observar los efectos provocados en la superficie piezométrica mientras se extrae un caudal conocido.

Detalles sobre la elección del sitio de prueba, profundidad del pozo o método a seguir en la ejecución misma de la prueba no son discutidos en este trabajo debido a que la información fue obtenida de diversas instituciones que no cuentan con informes que especifiquen tales puntos que son de suma importancia al

planearse una campaña hidrogeológica; simplemente se tomará tal información como válida para sobre esta base inferir la caracterización hidráulica subterránea del cono de deyección.

4.6 HIPOTESIS ADMITIDAS PARA LAS FORMULAS DE DUPUIT (6)

Dupuit estableció fórmulas que explican el movimiento de las aguas subterráneas hacia las obras de captación basándose en ciertas hipótesis:

- 1) Régimen estacionario. Se admite un régimen permanente, es decir, la realimentación compensa exactamente la extracción.
- 2) El agua y la roca acuífera son incompresibles.
- 3) Superficies equipotenciales planas. Se admite que la componente horizontal de la velocidad de todos los hilos líquidos es la misma en todos los puntos de una misma vertical.
- 4) La ley de Darcy es aplicable, es decir, las velocidades son proporcionales a las pérdidas de carga -gradiente hidráulico- según una relación lineal.
- 5) La componente vertical de la velocidad es casi nula en relación a la componente horizontal.
- 6) El medio es homogéneo e isotrópico. Sin embargo, esta condición no es indispensable ya que puede

asumirse un medio isotrópico ficticio.

7) Radio de acción constante y enlace de la curva de depresión con los niveles de agua libre. Suponemos que el medio permeable está limitado, hacia la zona de recarga y a una distancia r -radio de acción-, por una fosa paralela a la obra de captación que alcanza el sustrato impermeable. La curva de Dupuit enlaza sin discontinuidad el plano de agua de la obra de captación -pozo- y el de la zona de alimentación -agua libre-.

Estas hipótesis no siempre son admisibles, por ejemplo, aunque el movimiento de las aguas subterráneas hacia las obras de captación no alcanza teóricamente un estado de equilibrio, Dupuit admite que si el caudal de bombeo es constante, el radio de influencia del mismo aumenta en función del tiempo de extracción hasta alcanzar casi el equilibrio y que el movimiento permanente desencadenado por la pérdida de carga en los pozos tiende a hacerse permanente. Por otra parte, las fórmulas de Dupuit consideran que el agua de la capa acuífera es incompresible, lo cual no parece tener sentido para los mantos cautivos.

Basándose en estas consideraciones y el esquema general planteado por J. Dupuit, otros autores han establecido fórmulas de no equilibrio para los mantos

cautivos y las han hecho extensivas a los mantos libres. La solución matemática de estas fórmulas implica cálculos largos y complicados cuya expresión no es directamente representativa de modo que es preferible recurrir a representaciones y soluciones gráficas.

4.7 MECANISMO DE FLUJO HACIA UN POZO (15)

Al producirse la extracción en el pozo de prueba se produce abatimientos en la superficie piezométrica que alcanzan un máximo en el propio pozo y disminuyen al alejarse del pozo hasta eventualmente desaparecer.

Si se considera un acuífero relativamente homogéneo e isotrópico, estos abatimientos actúan por igual en todas las direcciones del pozo de manera que si se unen los puntos de mínimo abatimiento se obtiene una circunferencia -vista en planta- cuyo radio depende de las características hidráulicas y del tiempo de bombeo.

"Dado que la presión mínima se tiene en el pozo de bombeo, el agua fluye hacia él desde todas direcciones. Si el flujo es horizontal, conforme el agua se acerca al pozo, se mueve a través de superficies cilíndricas de área cada vez menor, como consecuencia, la velocidad del agua va incrementando conforme ésta se acerca al pozo. Puesto que la velocidad es proporcional al gradiente hidráulico, de acuerdo con la ley de Darcy, la pendiente de la

superficie piezométrica incrementa gradualmente hacia el pozo, lo que da a dicha superficie una forma aproximadamente cónica. Por ello, a la depresión piezométrica provocada por el bombeo se la acostumbra llamar cono de depresión."

3

Si el agua bombeada por el pozo es tomada del almacenamiento del acuífero y existe recarga en el área considerada, los abatimientos provocados por la extracción se extienden radialmente y disminuyen en magnitud hasta que la superficie piezométrica se estabiliza en las proximidades del pozo; cuando esto sucede se dice que el flujo está establecido.

4.8 PLANTEAMIENTO DE C.V. THEIS (6) (15)

Utilizando las fórmulas de Theis -desarrolladas en 1935- es posible deducir los valores de la transmisibilidad. Para ello se utiliza los abatimientos que se registran en uno o varios pozos de observación correspondientes a varios tiempos de bombeo y no es necesario esperar a la estabilización del cono de depresión.

(3) VIII Jornadas de Ingeniería Civil Segunda Etapa, Guayaquil, Julio, 1981, "Hidráulica de Pozos, por Ing. Rubén Chávez Guillén (Guayaquil: Universidad Católica de Guayaquil, 1981), p.p. 157-204

La solución de Theis es:

$$\Delta h = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(u) \quad 1)$$

$$W(u) = \int_u^{\infty} u^{-1} e^{-u} du = -0.577216 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \dots \quad 2)$$

$$u = \frac{r^2 \cdot s}{4 \cdot T \cdot t} \quad 3)$$

donde Δh = abatimiento registrado a la distancia r
del pozo de bombeo

Q = caudal bombeado

T = transmisibilidad

$W(u)$ = función del pozo

s = coeficiente de almacenamiento

t = tiempo de bombeo

En base a las expresiones mencionadas, Theis desarrolló el método gráfico-numérico para determinar las características hidráulicas de un acuífero, considerando además las siguientes hipótesis:

- 1) El acuífero es homogéneo e isotrópico.
- 2) El espesor saturado del acuífero es constante.
- 3) El acuífero tiene extensión lateral infinita.
- 4) El caudal bombeado proviene del almacenamiento del acuífero.

5) El acuífero libera el agua instantáneamente al abatirse la superficie piezométrica.

Para efectos de la interpretación se debe dar menor validez a los datos correspondientes a los tiempos más cortos pues es en esta parte de la prueba de bombeo que puede ocurrir un considerable retraso entre el abatimiento de la superficie piezométrica y la liberación del agua.

4.9 EL METODO DE JACOB (6) (15)

A partir de la tesis de Theis, Jacob observó que para tiempos suficientemente largos: $t > 5 \cdot s \cdot r^2 / T$, la ecuación 1) puede escribirse:

$$\Delta h = \frac{2.30 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \log \cdot \frac{2.25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot s}$$

y a partir de ella estableció un método gráfico de interpretación en el que construye una curva de abatimientos en escala aritmética versus tiempos de bombeo graficados en escala logarítmica. Se obtiene la transmisibilidad a partir de la pendiente m de la recta a través de la ecuación:

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{m}$$

4.9.1 Caso de penetración parcial

Si la penetración del pozo en el manto acuífero no es total se debe hacer otras consideraciones pues definitivamente esto causa una variación en la eficiencia hidráulica del pozo. Para establecer comparaciones, si un pozo capta solamente la mitad del espesor saturado del acuífero, provocará un abatimiento equivalente aproximadamente al doble del provocado por un pozo totalmente penetrante considerando un mismo caudal de bombeo. Esto complica la interpretación, en especial si no se tiene la certeza de la magnitud de la penetración del pozo.

4.10 ACUIFEROS LIBRES (15)

Como se vio anteriormente, la superficie piezométrica en un manto libre está sujeta a variaciones con el tiempo, lo cual produce fluctuaciones en el espesor acuífero; si éstas no difieren más del 20% del espesor inicial, la transmisibilidad puede considerarse constante y el análisis no cambia, de lo contrario es necesario establecer correcciones.

La hidráulica de pozos en este sistema acuífero

es muy complicada debido a que el gradiente hidráulico en la proximidad del pozo es máximo considerando que la velocidad del agua puede llegar a ser tal que el flujo pase a turbulento o tomando en cuenta el efecto producido por los impulsores y cribas que inducen un cambio brusco en la dirección del agua en movimiento, acelerándola verticalmente, lo cual se traduce en una pérdida repentina de carga en el pozo.

Sin embargo, si se asume que el manto libre tiene un espesor uniforme, que sus dimensiones horizontales son muy grandes en relación a su espesor y que su superficie piezométrica tiene un gradiente hidráulico bajo, se puede aplicar al manto libre las mismas fórmulas deducidas para los mantos cautivos.

4.11 CURVA DE REMONTE

A partir de una prueba escalonada, propuesta por Jacob, se obtiene la curva de remonte, la cual permite una segunda opinión del valor de transmisibilidad. La prueba consiste en bombear el pozo en varias etapas sucesivas, en cada una de las cuales se mantiene el caudal constante; paralelamente se anota las fluctuaciones del nivel dinámico del pozo una vez cesado el bombeo.

"Supongamos que se extrae del pozo un caudal $+Q$ hasta un instante dado t en el que se detiene la extracción. Podemos imaginar que la obra de captación continúa liberando el mismo caudal Q , pero que esta cantidad de agua en vez de extraerse se vierte instantáneamente en el pozo. Todo sucede como si un sondeo absorbente de caudal $-Q$ se superpusiese simultáneamente al flujo precedente"

4

Si se considera las expresiones propuestas por Jacob para tiempos t de extracción y t' de recuperación del pozo y se asume un descenso o ascenso h siempre constante, se puede deducir :

$$\Delta h = \frac{0.183 \cdot Q}{T} \cdot \log \frac{t}{t'}$$

Al descenso observado al cabo de un tiempo t' transcurrido desde el cese de la extracción se lo denomina descenso residual y se lo utiliza para construir la recta descenso residual -en escala aritmética- versus $\log t/t'$ -en escala logarítmica-.

En el caso de varios caudales de extracción se toma en escala aritmética el descenso residual específico $\Delta h/Q$. Esta recta satisface la fórmula de aproximación logarítmica general $y = m \cdot \log x$ y se

(4) G. Castany Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas (Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1971), p.p. 342

obtiene el valor de la transmisibilidad a partir de

la pendiente $m = \frac{0.183 \cdot Q}{T}$, o en el segundo caso,

a partir de $m = \frac{0.183}{T}$.

4.12 DETERMINACION DE LA TRANSMISIBILIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para la determinación de la transmisibilidad en el acuífero en estudio se interpretó datos de pruebas de bombeo en algunos de los pozos del área, los mismos que se hallan referidos al mapa de localización (mapa II).

4.12.1 Curvas de bombeo y resultados obtenidos

A continuación se incluye los gráficos de las pruebas realizadas en varios pozos de la zona que permiten reflejar el comportamiento del acuífero en las cercanías del pozo con datos que no se alejan significativamente de una recta, con lo cual se ajusta el modelo a las hipótesis planteadas anteriormente.

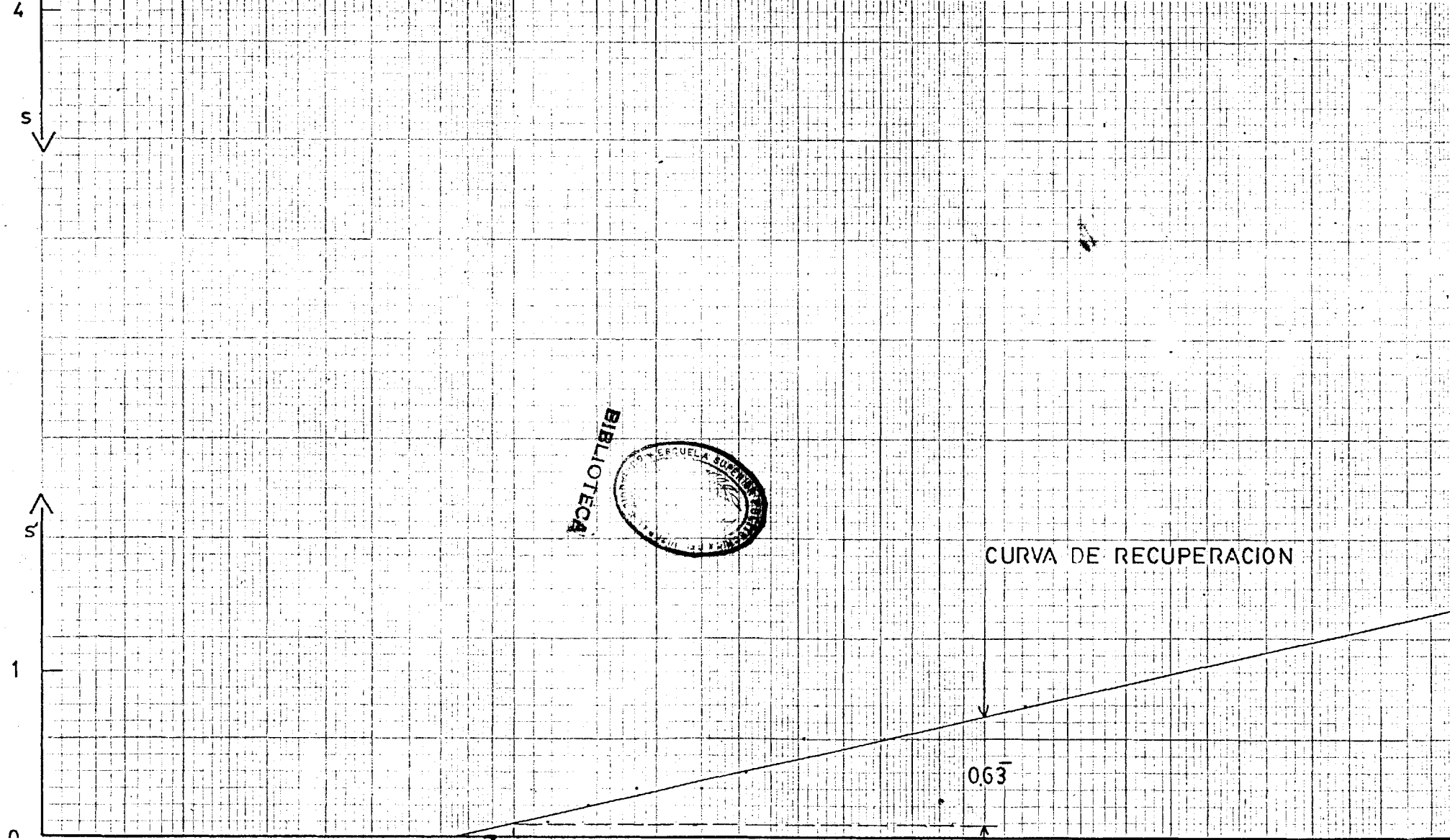
Los valores obtenidos (tabla II) indican condiciones variables de transmisibilidad en un

BIBLIOTECA



CURVA DE RECUPERACION

0.63



CURVA DE BOMBEO

0.23

CURVA DE RECUPERACION

0.6

S

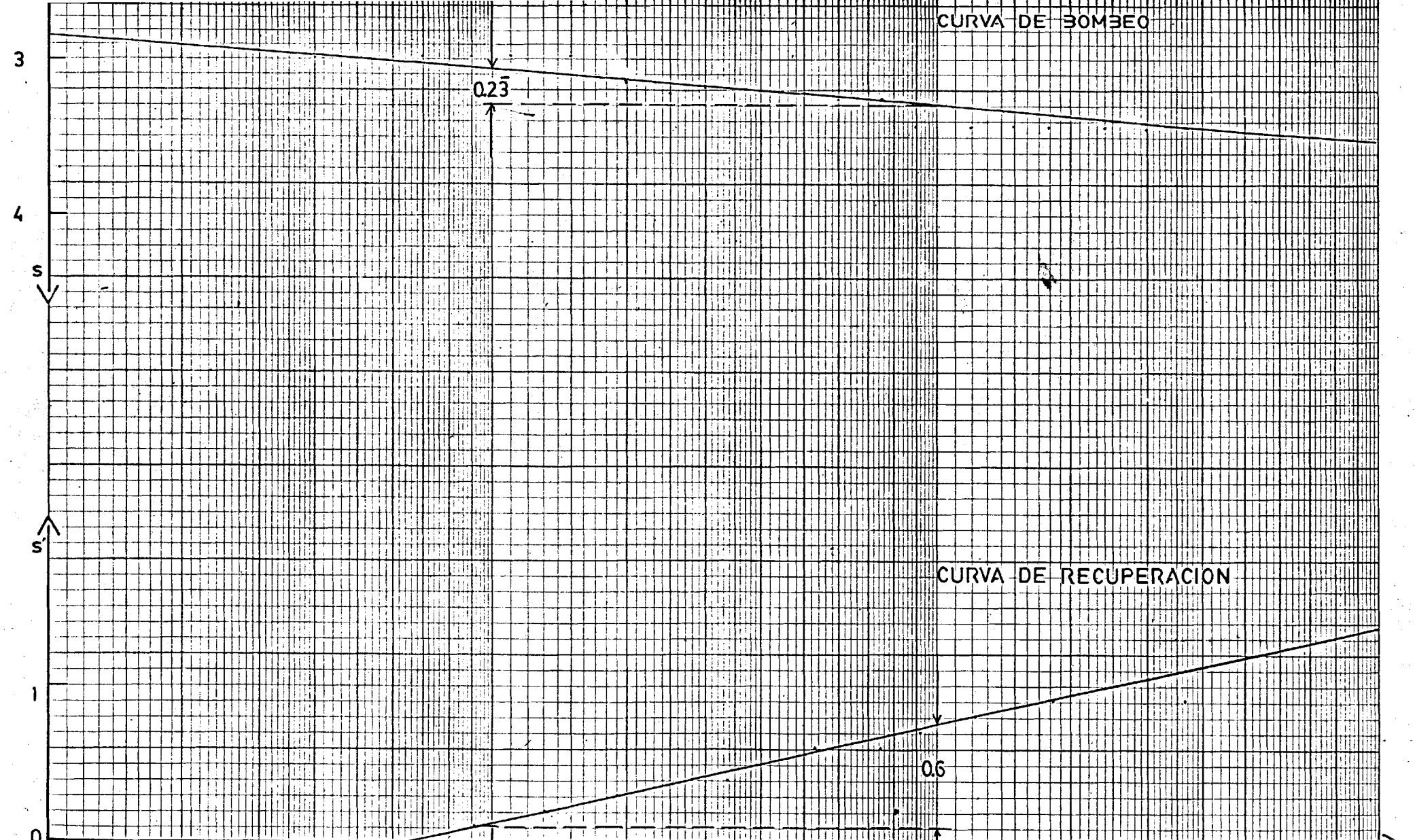
S

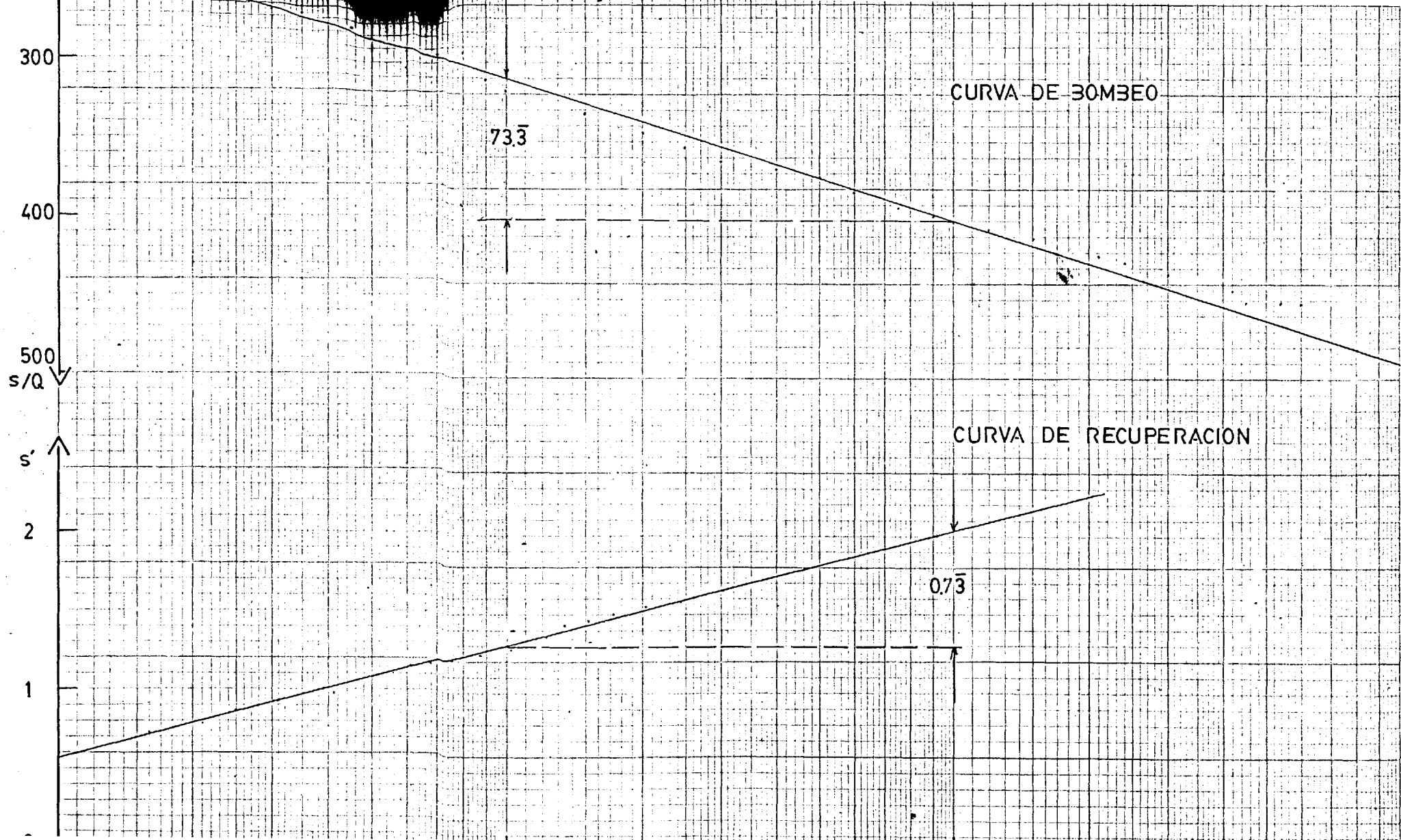
3

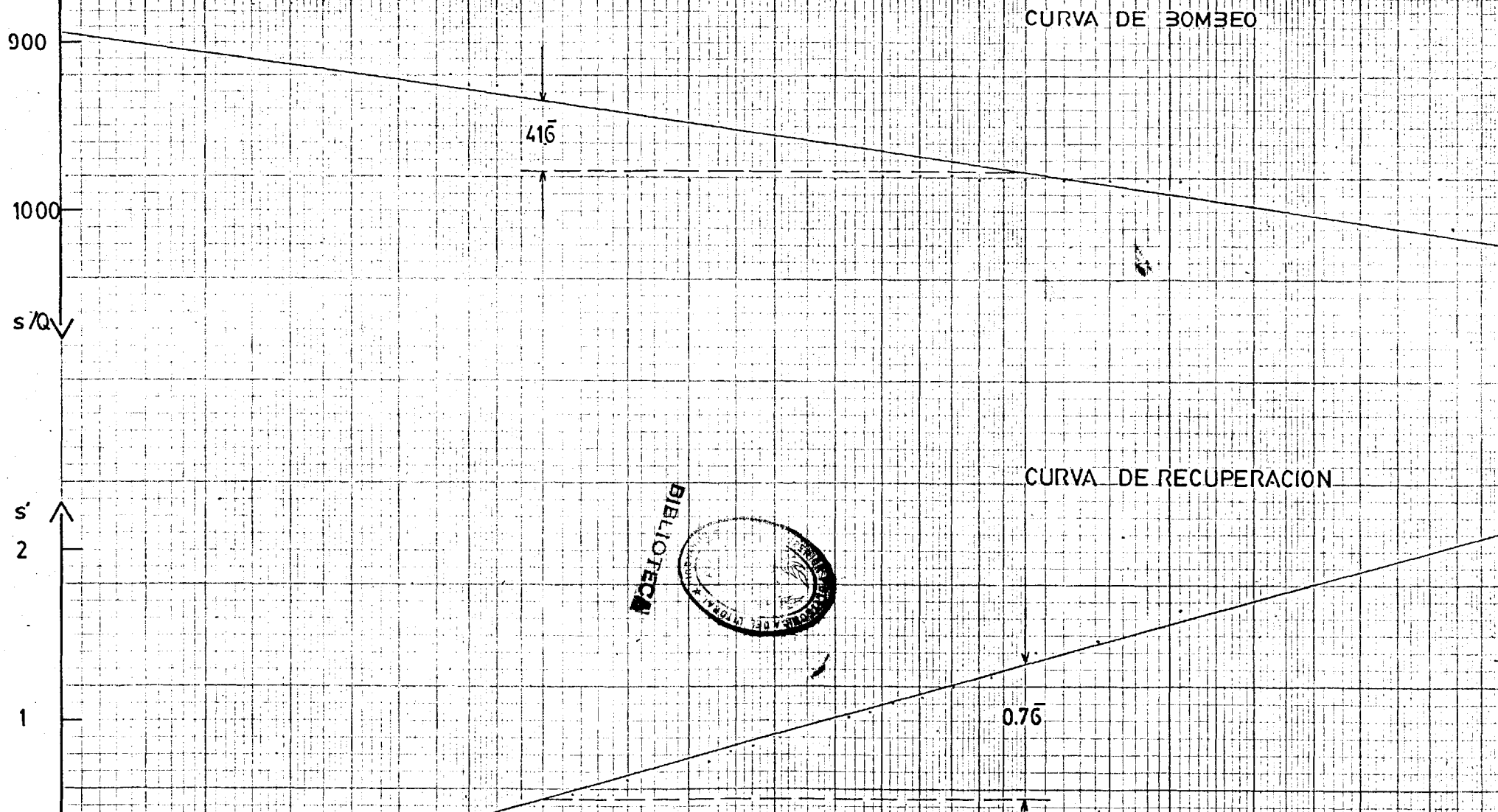
4

1

0







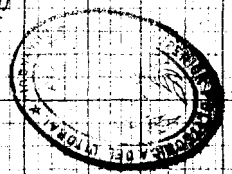
CURVA DE BOMBEO

CURVA DE RECUPERACION

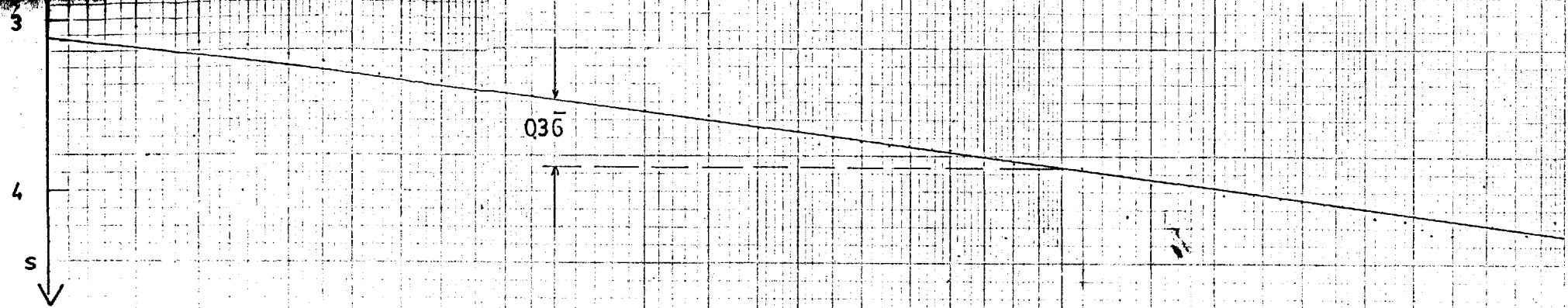
415

0.75

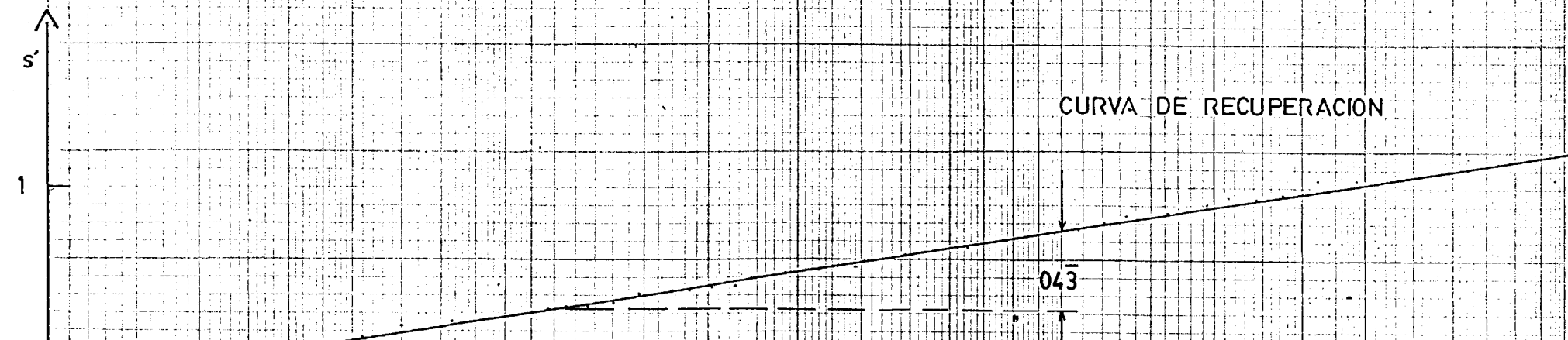
BIBLIOTECA

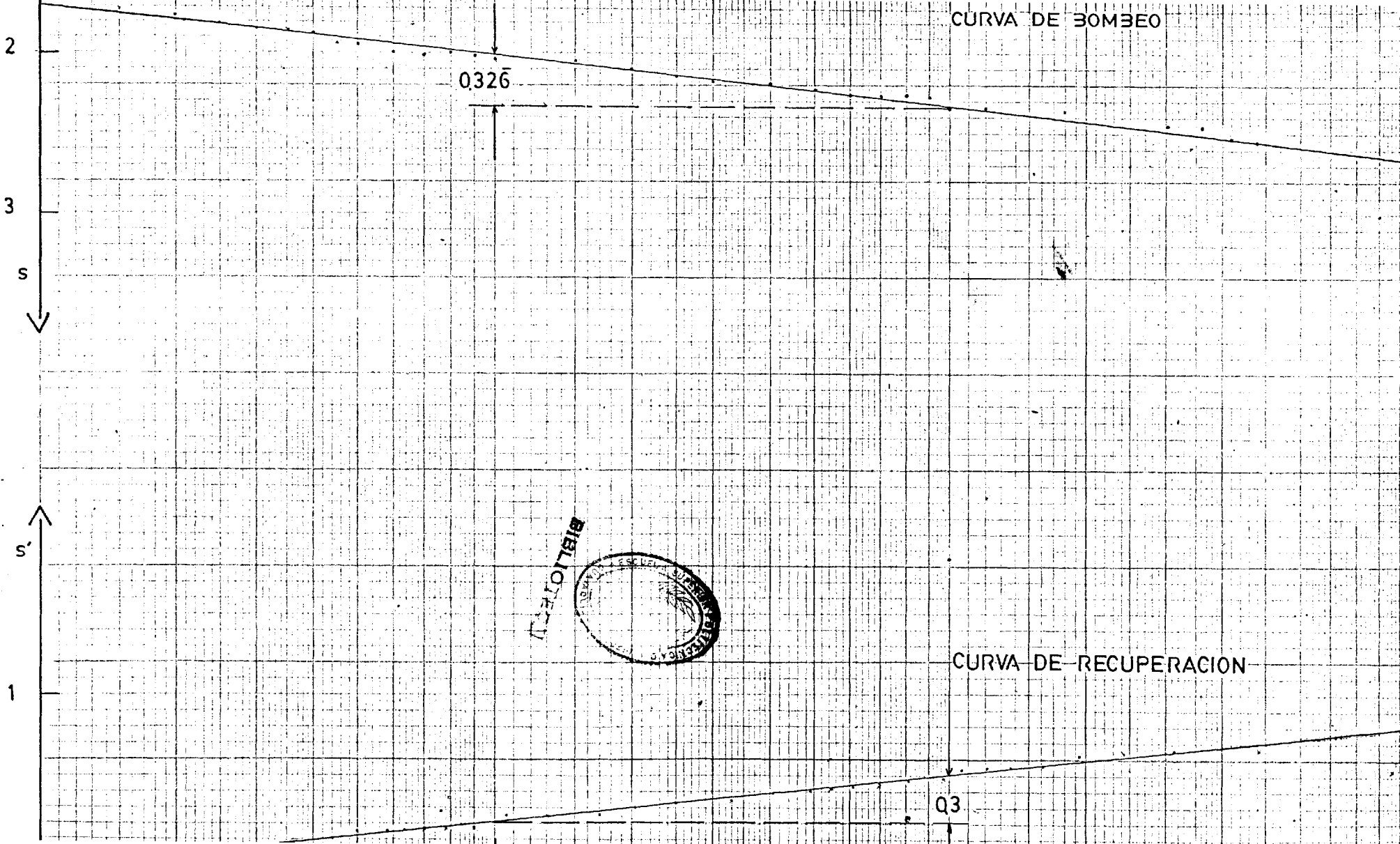


CURVA DE BOMBEO



CURVA DE RECUPERACION





CURVA DE BOMBEO

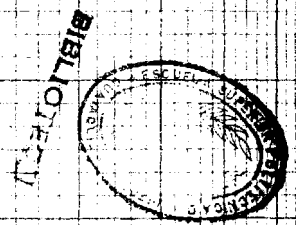
0.326

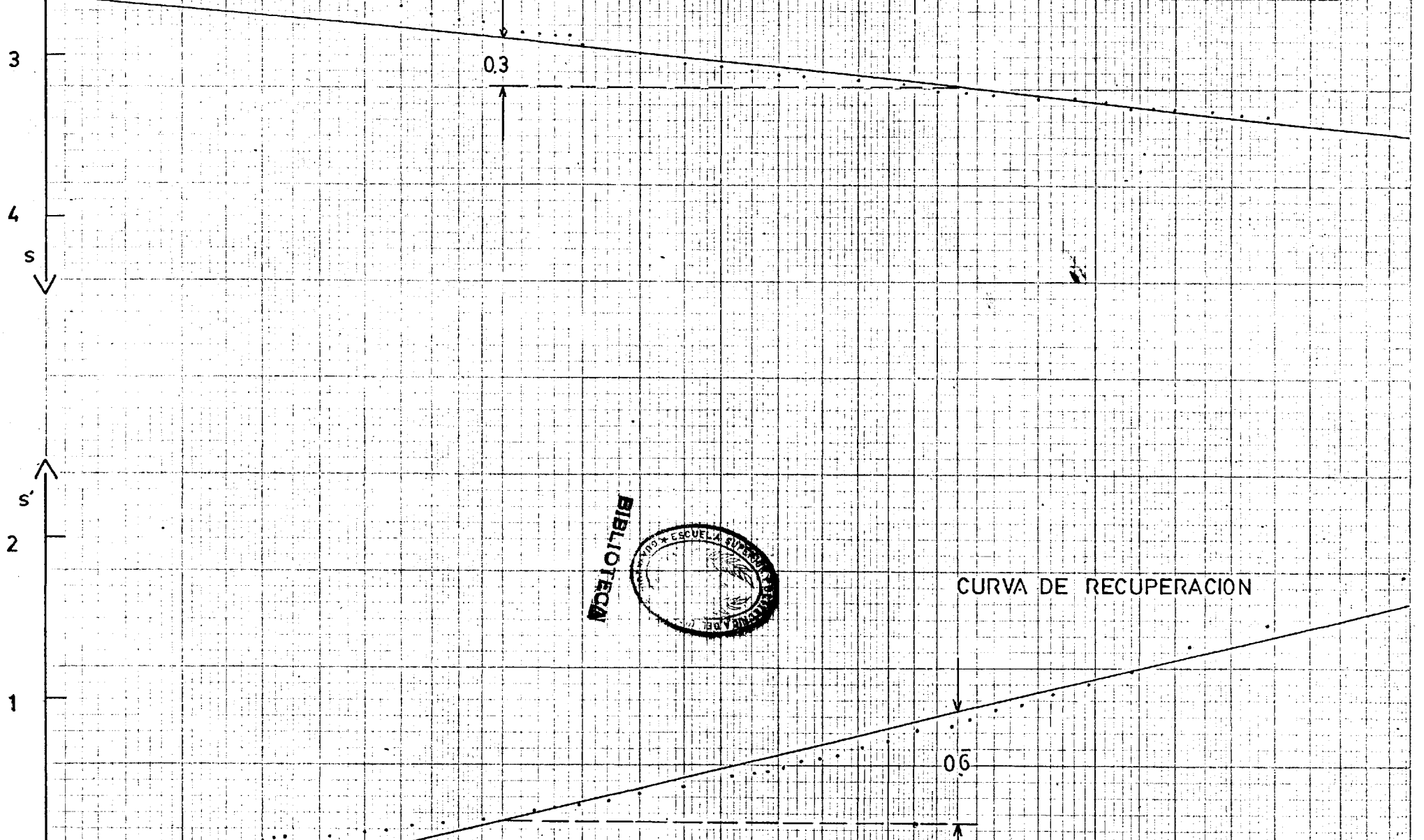
s

s'

CURVA DE RECUPERACION

0.3

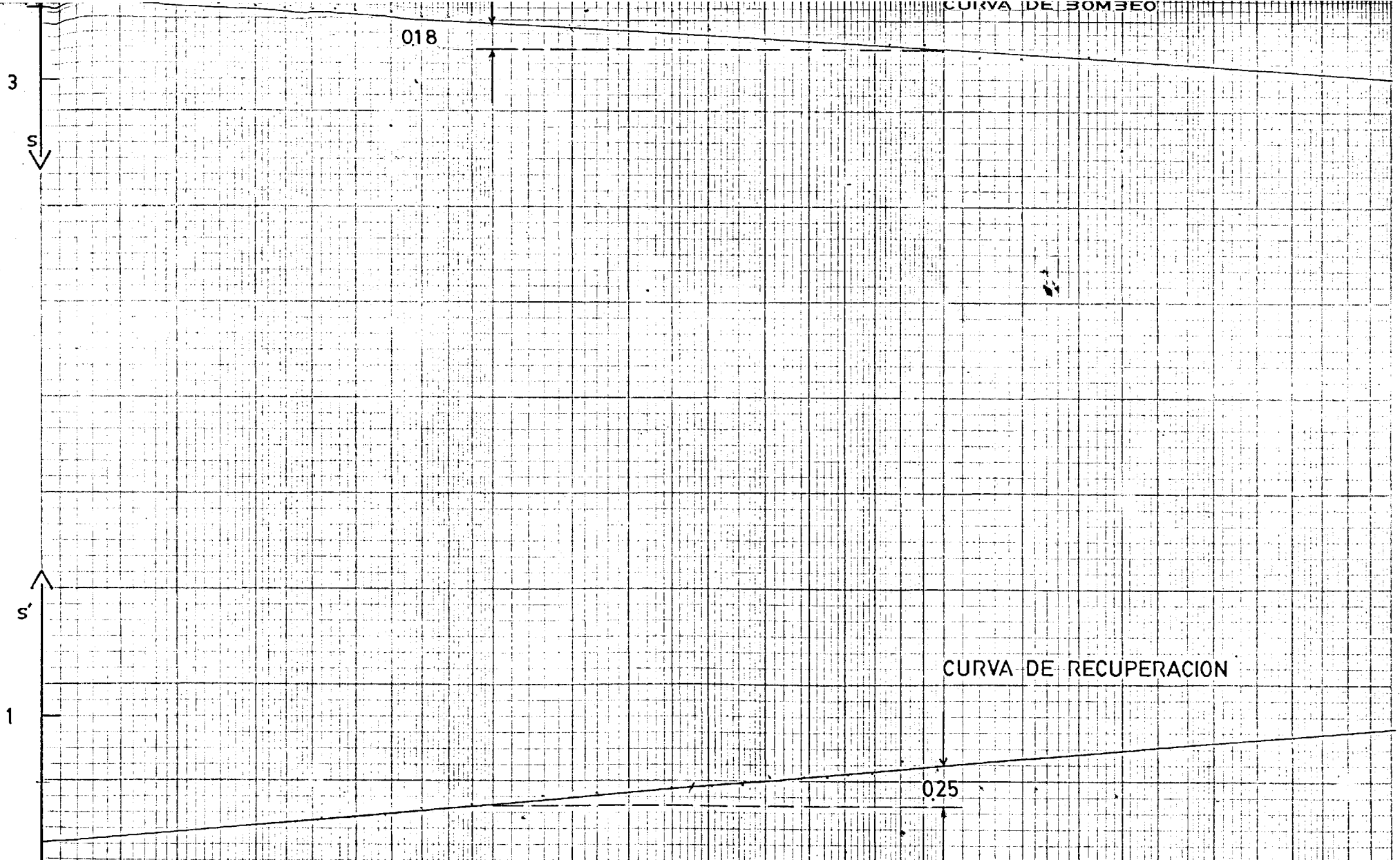




BIBLIOTECA



CURVA DE RECUPERACION



CURVA DE BOMBEO

018

3

s

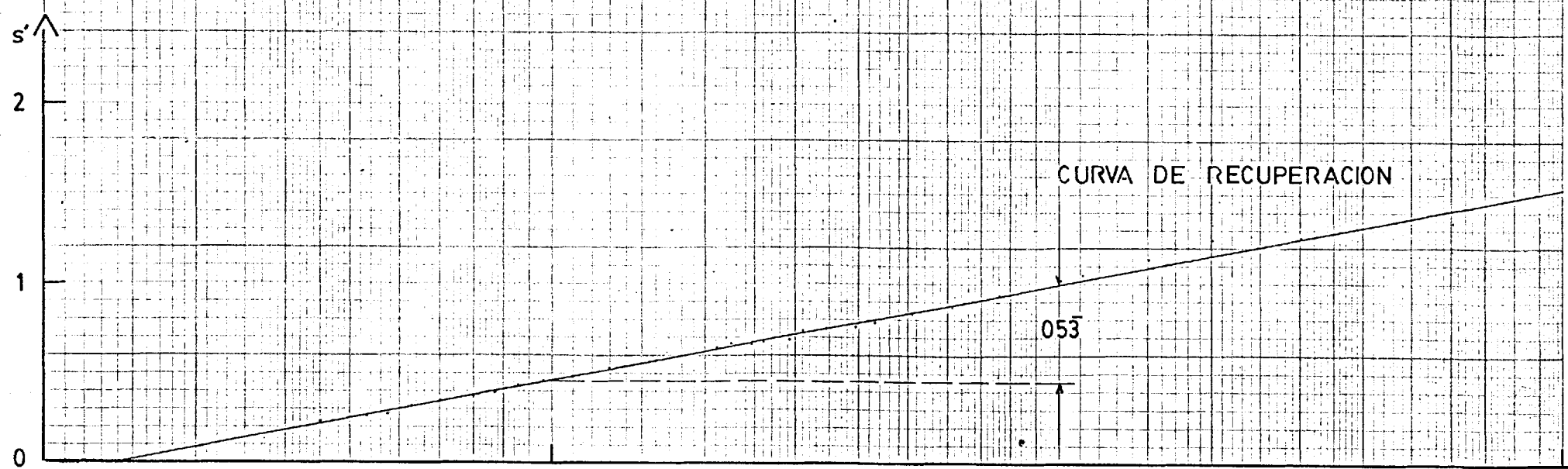
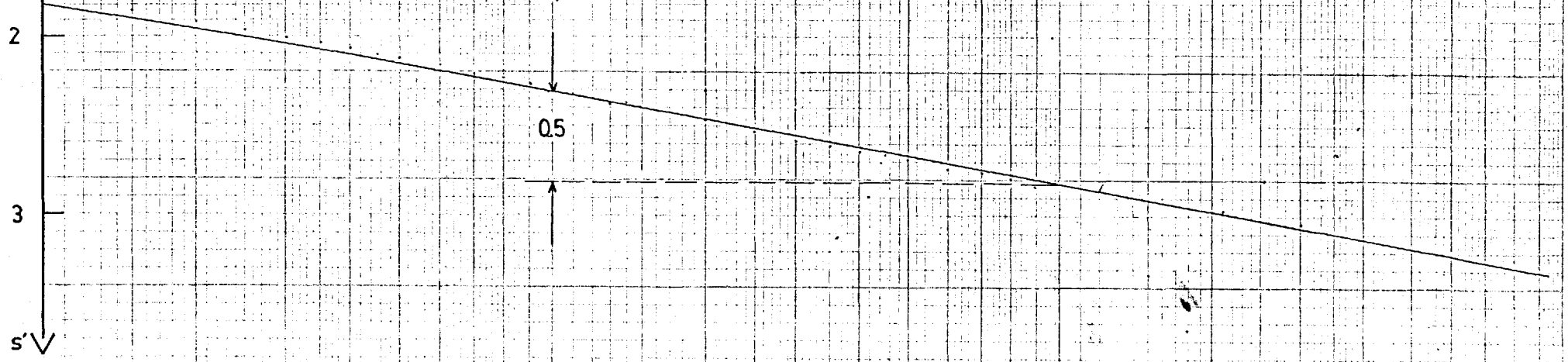
s'

1

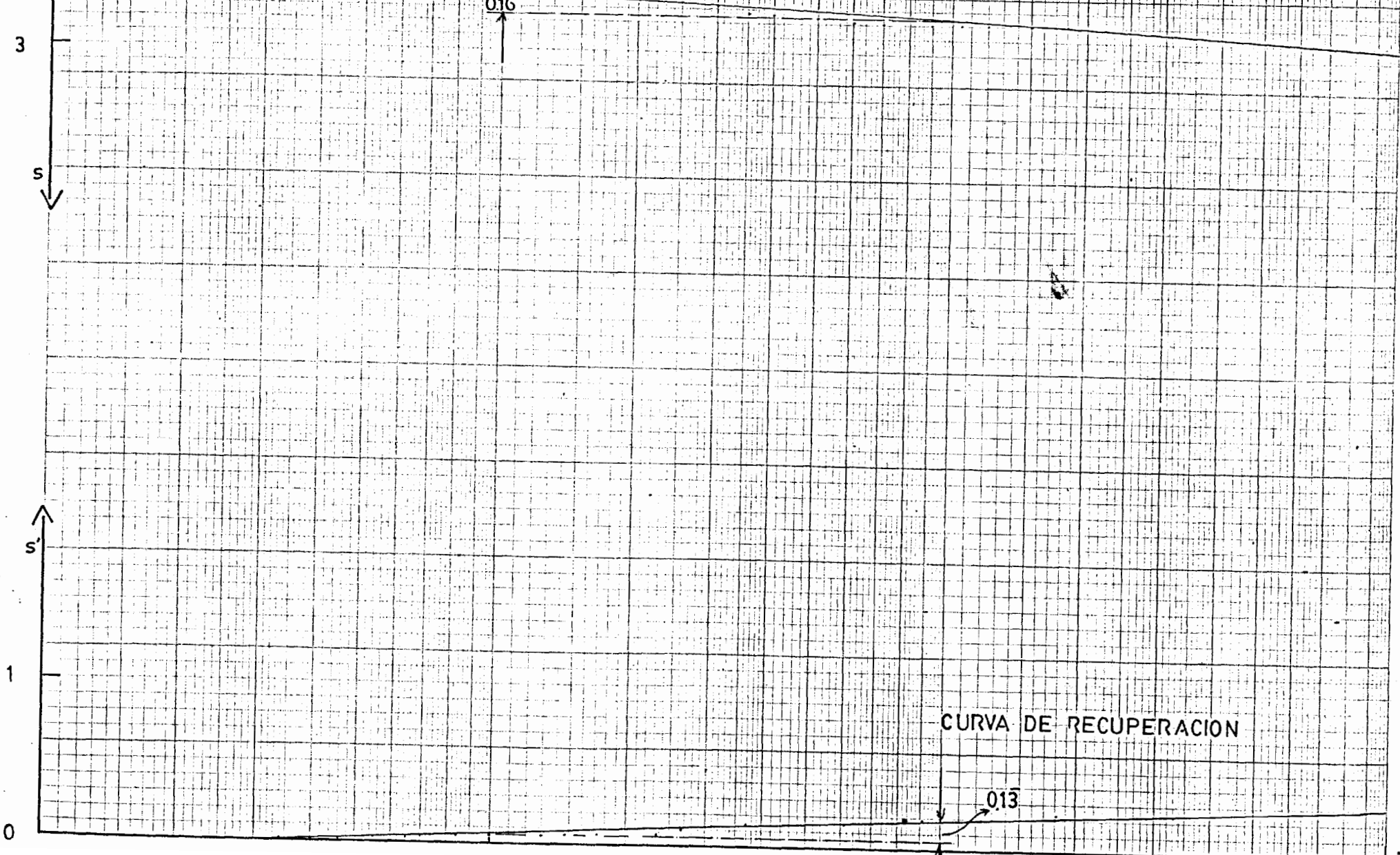
CURVA DE RECUPERACION

025

CURVA DE BOMBEO



CURVA DE RECUPERACION



3

s

s'

1

CURVA DE RECUPERACION

013

0

016

2

s

v

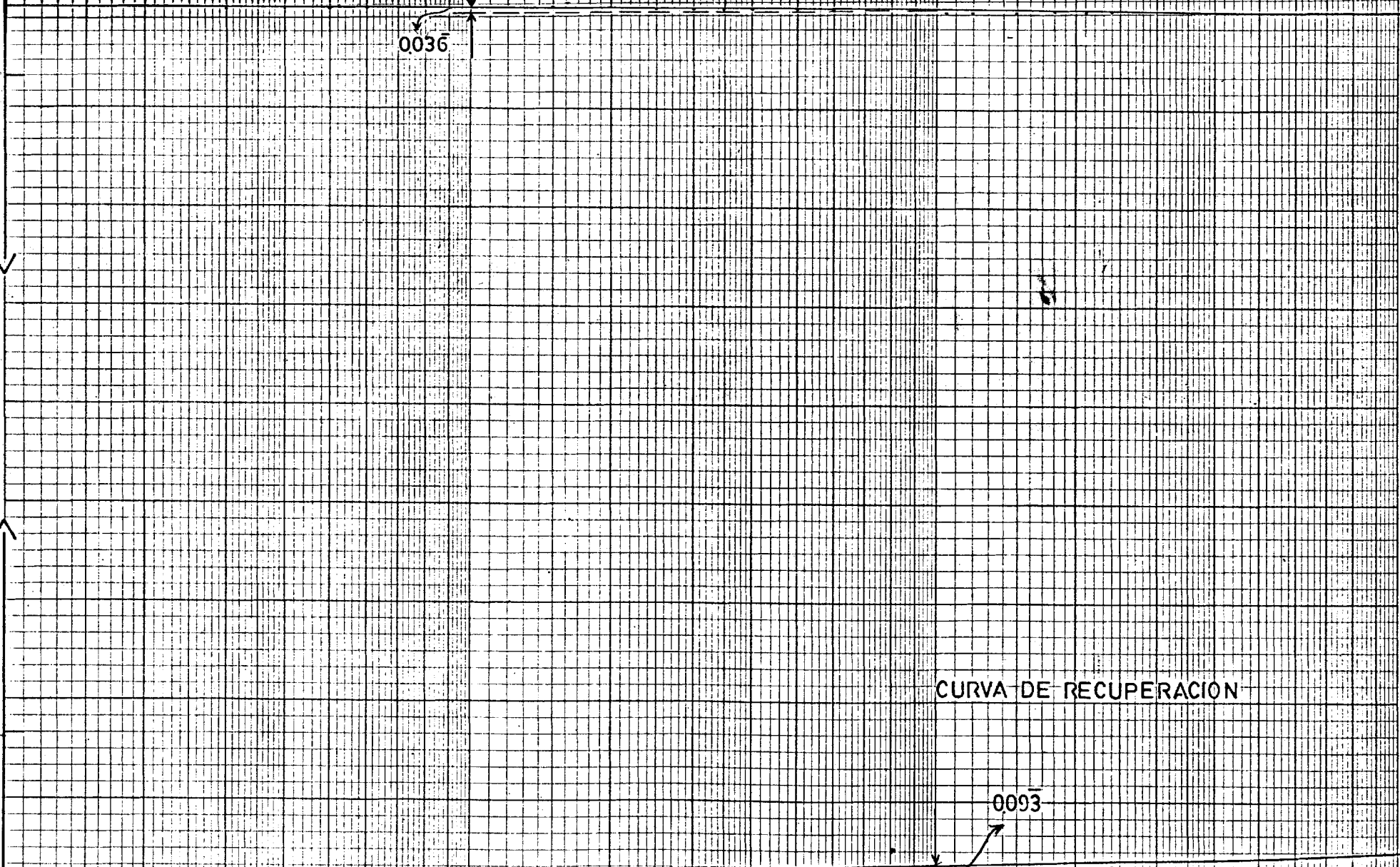
s'

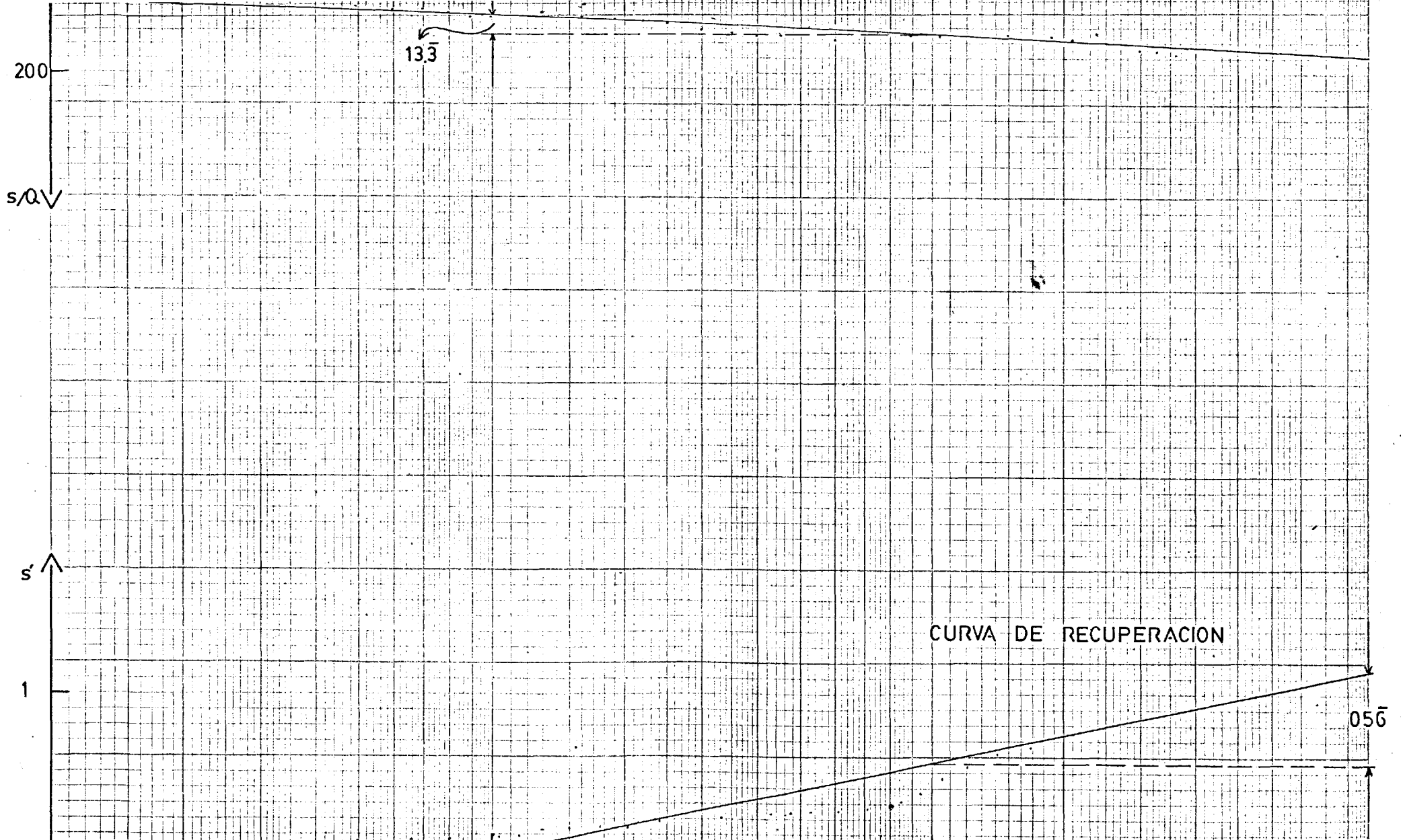
1

0036

CURVA DE RECUPERACION

0093





rango de orden de magnitud de 10^{-3} a 10^{-1} m^2/s , lo cual sugiere buenas perspectivas para el aprovechamiento del acuífero.

TABLA II

VALORES DE TRANSMISIBILIDAD RESULTANTES EN m^2/s

POZOS	T BOMBEO	T RECUPERAC	T MEDIA
1 a	*0.0341 m^3/s		
	$6.24 \cdot 10^{-1}$	$9.85 \cdot 10^{-3}$	
			$1.65 \cdot 10^{-1}$
1 b	*0.0231 m^3/s		
	$1.81 \cdot 10^{-2}$	$7.05 \cdot 10^{-2}$	
4	*0.011 m^3/s	*0.012 m^3/s	
	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$2.79 \cdot 10^{-2}$	$2.65 \cdot 10^{-2}$
6	*0.0164 m^3/s	*0.0173 m^3/s	
	$4.39 \cdot 10^{-3}$	$4.12 \cdot 10^{-3}$	$4.26 \cdot 10^{-3}$
7	*0.0158 m^3/s		
	$7.89 \cdot 10^{-3}$	$6.67 \cdot 10^{-3}$	$7.3 \cdot 10^{-3}$
8	*0.0121 m^3/s		
	$6.75 \cdot 10^{-3}$	$7.35 \cdot 10^{-3}$	$7.05 \cdot 10^{-3}$
10	*0.0157 m^3/s		
	$9.58 \cdot 10^{-3}$	$4.29 \cdot 10^{-3}$	$6.93 \cdot 10^{-3}$
11	*0.0152 m^3/s		
	$1.55 \cdot 10^{-2}$	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$1.33 \cdot 10^{-2}$
33	*0.0304 m^3/s		
	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$1.04 \cdot 10^{-2}$	$1.08 \cdot 10^{-2}$

sigue...

...viene

POZOS	T BOMBEO	T RECUPERAC	T MEDIA
36	*0.0381m ³ /s		
	3.44•10 ⁻²	4.13•10 ⁻²	3.78•10 ⁻²
39	*0.0125m ³ /s		
	6.24•10 ⁻²	2.46•10 ⁻²	4.35•10 ⁻²
44	*0.0103m ³ /s		
	1.37•10 ⁻²	8.6•10 ⁻³	1.11•10 ⁻²



CAPITULO V

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DEL BASAMENTO

La idea de conocer la profundidad del basamento de esta cuenca hidrogeológica es primeramente determinar el espesor de la columna litológica contenida en ella para verificar planteamientos de la CGGF acerca de la magnitud del acuífero; así mismo la de interpretar la morfología del sustrato impermeable para conocer de qué manera directa o indirectamente influye en el comportamiento del acuífero.

Para tal efecto se interpretó registros de sísmica de reflexión correspondientes a una campaña que la WESTERN GEOPHYSICAL realizó para la CEPE (ahora PETROECUADOR) en 1979. Las líneas cubiertas por estos registros abarcan parte del límite sur de la zona de estudio y detallan más precisamente la morfología del basamento al sur de ésta, de manera que partiendo de este resultado se infirió la estructuración del basamento hacia el norte.

Los registros de vibroseis -fuente utilizada para obtener las reflexiones- proveen la exactitud suficiente en los datos que se utilizaron para la interpretación de la estructura del subsuelo. Las especificaciones de toma de datos y de procesamiento de la información se encuentran en el membrete de un registro incluido en el apéndice B, creyéndose útil y apropiado profundizar en el análisis de las correcciones dinámicas para entender la sección sísmica y en el análisis de las velocidades para luego llegar al cálculo de las profundidades.

5.1 CORRECCIONES DINAMICAS (10)

Los registros de una sección sísmica dados en un plano $t-x$ (tiempo-espacio) presentarán una hipérbola como respuesta a un trozo de reflector recto y plano en el subsuelo, una hipérbola aproximadamente simétrica en el mejor de los casos, si no se corrigiesen las trazas alejadas de la fuente eliminando el sobretiempo o retardo normal que éstas presentan por efecto de la geometría del tramo registrador.

Esta corrección intenta modificar la traza para ponerla en una situación similar a la de una obtenida con la fuente y el receptor juntos en S de manera que según la figura 5.1 (caso de un reflector buzante) se puede escribir para este tiempo ideal T :

$$T = \left(T_{0,S}^2 + \frac{X^2}{(V/\cos\phi)^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$y \quad T - T_{0,S} = T = -T_{0,S} + \left(T_{0,S}^2 + \frac{X^2}{(V/\cos\phi)^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$T_{0,S} = T_0$ o tiempo para un registro con la fuente y detector juntos en S

X = distancia fuente-detector variable entre 0 y X

V_m = velocidad media hasta el reflector

Puede verse que es necesario obtener el valor de la velocidad dentro de la raíz, variable con T o con la profundidad y en general creciente con ellos, para efectuar las correcciones.

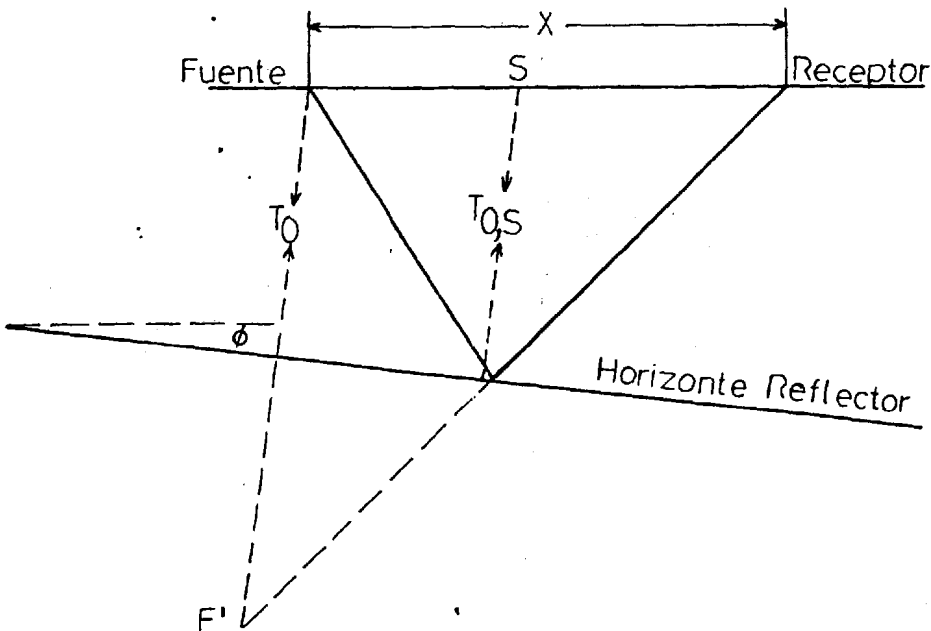


FIG. 5.1. CASO DE UN REFLECTOR BUZANTE

Con el advenimiento del sistema de cobertura múltiple se han presentado interesantes posibilidades para estimar la velocidad para la corrección dinámica previa al apilamiento. Con cobertura múltiple se obtiene reflexiones en una familia de punto común reflector que se alinean en forma hipérbolica gobernadas por la ecuación:

$$T_{R,S}^2 = T_{O,S}^2 + X^2/V^2$$

y por tanto

$$T_{R,S} = -T_{O,S} + (T_{O,S}^2 + X^2/V^2)^{\frac{1}{2}}$$

V = velocidad hasta el reflector
R

T = tiempo hasta el reflector
R

Esta V debe ser tal que ponga en fase todas las
R
señales de reflexión en la familia de punto común reflector. En este caso es crítica la elección de una velocidad lo más correcta posible pues si se comete un error las señales de reflexión en la familia se sumarán posteriormente fuera de fase y se atenuarán. Para la elección de esta velocidad óptima es práctica común barrer un espectro de velocidades

posibles, por ejemplo entre 1500 m/s y 5000 m/s, incrementando la velocidad en periodos de 50 m/s al inicio y hasta en 200 m/s a partir de los 3000 m/s para ir corrigiendo las trazas de la familia con las distintas velocidades constantes en el tiempo y conocidas para luego sumar las reflexiones en las familias y presentar los resultados para estimar las reflexiones óptimas.

De esta estimación saldrán pares velocidad óptima-tiempo de reflexión, expresión de la velocidad variable con el tiempo, a usarse para corregir aproximadamente las trazas de punto común reflector obtenidas en las inmediaciones del lugar de análisis, sumarlas -apilarlas- y representarlas en una sección.

5.2 RAIZ DE LA VELOCIDAD MEDIA CUADRATICA (10)

Considerando el esquema de la figura 5.2, cuando se hace un análisis de velocidad se determina valores:

$$V_{R1} = \frac{V_1}{\cos \phi_1} \quad \text{y} \quad V_{R2} = \frac{V_2}{\cos \phi_2}$$

donde V_{R1} y V_{R2} son las velocidades de reflexión

hasta los horizontes 1 y 2.

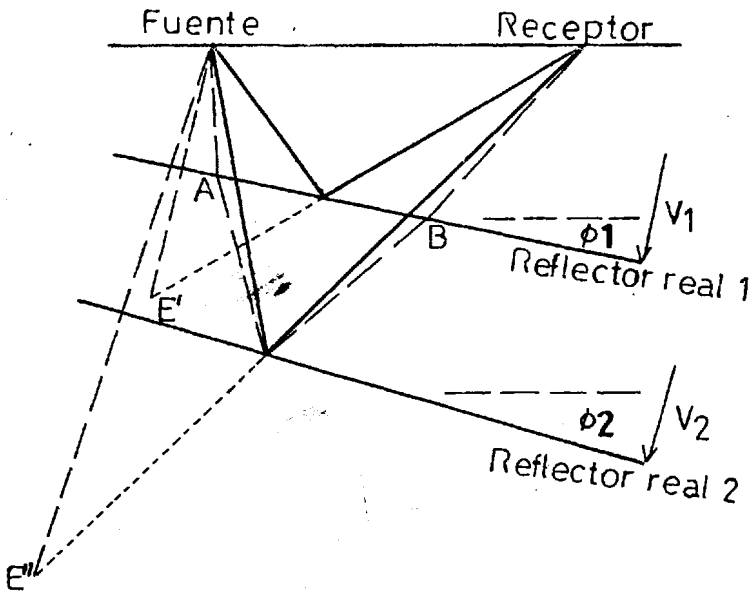


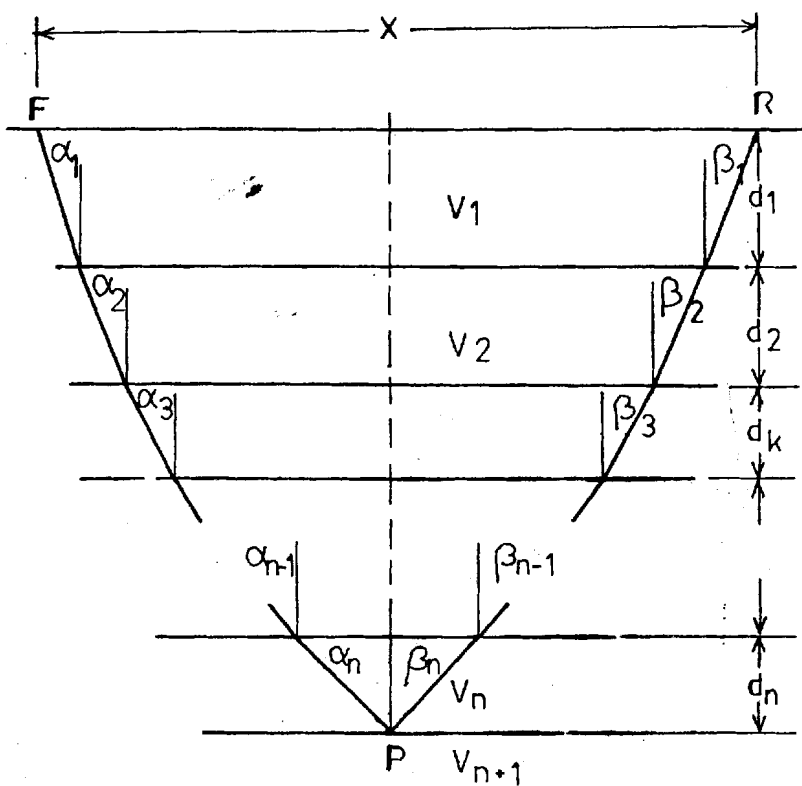
FIG. 5.2. TRAYECTORIAS PARA REFLEXIONES REALES

HIPOTESIS DEL RAYO RECTO



Con estos planteamientos, se tiene para el reflector profundo una expresión que responde a un modelo en el que se ignora la presencia del reflector uno pues no tiene en cuenta la quebradura en los puntos A, B o sus inmediaciones, es decir, no se cumple la ley de Snell.

Si ahora consideramos un modelo con capas paralelas a la superficie considerando los quiebres en las interfases como se observa en la figura 5.3 de



BIBLIOTECA

FIG. 5.3 ESQUEMA DE TRAYECTORIAS REALES QUE CUMPLEN LA LEY DE SNELL (10).

trayectorias reales para un emisor E, reflector P y receptor R, se obtendrá las siguientes ecuaciones:

$$X = 2 \sum_{k=1}^n \frac{d \left(\frac{V}{V_1} \sin \alpha \right)}{\left(1 - \left(\frac{V}{V_1} \sin \alpha \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}$$



BIBLIOTECA

Por otra parte, el tiempo para recorrer FPR será:

$$T_{\text{FPR}} = 2 \sum_{k=1}^n \frac{\left(\frac{d^2}{k} + \frac{X^2}{k} \right)^{\frac{1}{2}}}{\frac{V}{k}} = 2 \sum_{k=1}^n \frac{d \left(1 + \tan^2 \alpha \right)^{\frac{1}{2}}}{\frac{V}{k}}$$

$$T_{\text{FPR}} = T_x = 2 \sum_{k=1}^n \frac{\frac{d}{k}}{\frac{V \left(1 - \left(\frac{V}{V_1} \sin \alpha \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Estas expresiones permiten calcular X y Tx y están relacionadas a través de $\sin \alpha$, pero establecer la relación tiempo-distancia es prácticamente imposible si se elimina este parámetro. Se trata entonces de aproximar la función $T_x = f(X)$ en serie de Taylor para conseguir una expresión más sencilla:

$$T(X) = T(0) + T'(0) X + \frac{T''(0)}{2} X^2 + \frac{T'''(0)}{3} X^3 + \dots$$

donde $T_{(0)}$ es el tiempo para $X = 0$, así:

$$T_{(0)} = 2 \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{V_k}, \quad T'_{(0)} = \left. \frac{dT}{dX} \right|_{X=0}, \quad T''_{(0)} = \left. \frac{d^2T}{dX^2} \right|_{X=0}, \dots$$

Se calcula T y las derivadas de T evaluadas en 0 recordando las expresiones para X y para Tx antes mencionadas, de manera que se obtiene la expresión:

$$T = 2 \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{V_k} + \frac{1}{2 \sum_{k=1}^n d_k \cdot V_k} \cdot \frac{X^2}{2} + \text{error despreciable}$$

Si llamamos $t_k = \frac{2d_k}{V_k}$ a un tiempo interválico:

$$T = \sum_{k=1}^n t_k + \frac{1}{2 \sum_{k=1}^n t_k \cdot V_k^2} \cdot \frac{X^2}{2}$$

y si cuadramos esta expresión y eliminamos el término en X^4 tendremos:

$$T^2 = \frac{\sum_{1 k}^n t_k^2}{n} + \frac{\sum_{1 k}^n t_k \cdot v_k^2}{\frac{\sum_{1 k}^n t_k}{n}}$$

Luego, si llamamos:

$$T^2 = \frac{\sum_{1 k}^n t_k^2}{n}$$

y

$$\bar{v}^2 = \frac{\sum_{1 k}^n t_k \cdot v_k^2}{\sum_{1 k}^n t_k}$$

podemos escribir:

$$T^2 = T^2 + \frac{\sum_{1 k}^n t_k \cdot v_k^2}{\bar{v}^2}$$

donde \bar{v} es una raíz de la velocidad media cuadrática.

Esta nueva expresión que cumple con la ley de Snell en cada interfase es similar a la obtenida con la hipótesis del rayo recto, considerando que esta vez

aparece una velocidad \bar{V} obtenida de los tiempos t_k y velocidades V_k correspondientes a los diferentes intervalos de terreno en los que se produce reflexión, mientras que anteriormente se consideraba una velocidad media desde el plano de referencia hasta el reflector en cuestión. Se considera sin embargo, que los resultados obtenidos con ambas expresiones no difieren habitualmente más del 3%.

Para las velocidades obtenemos las siguientes expresiones:

$$V_m = \frac{\sum_{k=1}^n t_k \cdot V_k}{\sum_{k=1}^n t_k} = \text{velocidad media aritmética}$$

$$\bar{V} = \left[\frac{\sum_{k=1}^n t_k \cdot V_k^2}{\sum_{k=1}^n t_k} \right]^{\frac{1}{2}} = \text{raíz de la velocidad media cuadrática}$$

De estas expresiones se puede despejar valores de V_k :

$$V_{k \ 1-2} = \frac{V_{m2} \cdot T_2 - V_{m1} \cdot T_1}{T_2 - T_1}$$

$$y \quad V_{k \ 1-2} = \left[\frac{V_m^2 \cdot T_2 - V_{rmc}^2 \cdot T_1}{T_2 - T_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde $V_{k \ 1-2}$ = velocidad en el terreno entre las interfaces uno y dos

V_m = velocidad media aritmética desde un plano de referencia hasta una cierta interfase

V_{rmc} = raíz de la velocidad media cuadrática hasta una cierta interfase

T = tiempo hasta una cierta interfase una vez realizadas las correcciones dinámicas

y vemos que conocido uno de los tipos de velocidad se puede obtener el otro a través de los valores V_k .

Cuando se hace análisis de velocidades los valores que se estiman para las diferentes reflexiones que se optimizan son más cercanos a la expresión de la raíz de la velocidad media cuadrática y en general un

poco mayores debido a las aproximaciones realizadas y al buzamiento de las capas si lo hubiera.

A estas velocidades obtenidas por optimización de la suma se las denomina velocidades de apilamiento y para el proceso de corrección dinámica los pares $T_0 - V_0$ de los análisis van directamente al computador para el procesamiento de la sección sísmica.

Cuando se quiere hacer estimaciones de profundidad se debe tener cuidado respecto a las velocidades a utilizar. En general éstas deben ser las medias aritméticas y el procedimiento es corregir aproximadamente a las velocidades de apilamiento por el efecto del buzamiento si lo hubiera, considerar que estas velocidades son raíz de la media cuadrática y entonces obtener de ellas las velocidades intervállicas y con éstas calcular las velocidades medias a usar para estimar profundidades.

Así, para calcular una velocidad intervállica:

$$V_{int} = \left[\frac{\frac{\bar{V}_2 \cdot T_2 - \bar{V}_1 \cdot T_1}{2}}{\frac{T_2 - T_1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde \bar{V}_2 y \bar{V}_1 son raíces de la velocidad media cuadrática y T_2 y T_1 los tiempos T_0 para las interfaces 2 y 1.

Para obtener la velocidad media se tiene:

$$V_m = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \cdot V_{int}$$



Finalmente, recordando que la velocidad es el producto del desplazamiento por el tiempo es posible calcular el espesor hasta la primera interfase para luego obtener la profundidad hasta el horizonte de interés sumando los espesores previos:

$$\text{Espesor} = \frac{T_2 - T_1}{2} \cdot V_{int}$$

$$\text{Profundidad} = \sum_{1}^n \text{espesor}_n$$

5.2.1 Programa para el cálculo de profundidades a partir de velocidades de procesamiento

PROGRAMA PARA CALCULO DE PROFUNDIDADES

01 LBL PRFDD	17 V2 = ?	33 RCL 00	49 2	65 AVIEW	81 PROMPT
02 CLRG	18 PROMPT	34 -	50 :	66 STOP	82 GTO 01
03 T1 = ?	19 STD 09	35 1/X	51 STD 05	67 RCL 06	83 STD..
04 PROMPT	20 X ²	36 RCL 03	52 STD + 06	68 PF =	84 STOP
05 STD 00	21 RCL 02	37 †	53 2	69 ARCL X	85 END
06 V1 = ?	22 †	38 †	54 RCL 06	70 AVIEW	
07 PROMPT	23 STD 07	39 STD 04	55 †	71 STOP	
08 STD 08	24 RCL 08	40 Vint =	56 RCL 02	72 RCL 02	
09 X ²	25 RCL 09	41 RCL X	57 :	73 STD 00	
10 RCL 00	26 X < Y ?	42 AVIEW	58 Vm =	74 RCL 07	
11 †	27 GTO 02	43 STOP	59 ARCL X	75 STD 01	
12 STD 01	28 RCL 07	44 RCL 02	60 AVIEW	76 RCL 09	
13 LBL 01	29 RCL 01	45 RCL 00	61 STOP	77 STD 08	
14 T2 = ?	30 -	46 -	62 RCL 05	78 GTO 01	
15 PROMPT	31 STD 03	47 RCL 04	63 ESP =	79 LBL 02	
16 STD 02	32 RCL 02	48 †	64 ARCL X	80 V.BAJA, REPITA	

Este programa es válido para calculadoras HP de la serie 41 C - cualquier variedad de C -. Las velocidades de procesamiento, como ya se mencionó, son semejantes a las raíces de la velocidad media cuadrática y para efectos del cálculo de la profundidad se toman como tales.

Para inicializar el programa se ingresa los siguientes valores:

T1 = 0

V1 = 0

T2 = 0.001 y no 0 como se lee en el primer tiempo de procesamiento tomado del registro sísmico

V2 = primera lectura de la velocidad de procesamiento tomada del registro sísmico

5.3 SELECCION DEL HORIZONTE GUIA

Para definir el basamento se identificó un horizonte guía con un tiempo y una velocidad a la altura de Pascuales que evidenciaron una profundidad del basamento de unos pocos metros -3 m- de manera que es posible asegurar que dicho horizonte pertenece a la Fm. Piñón y que constituye el basamento.

5.4 TABLAS DE RESULTADOS

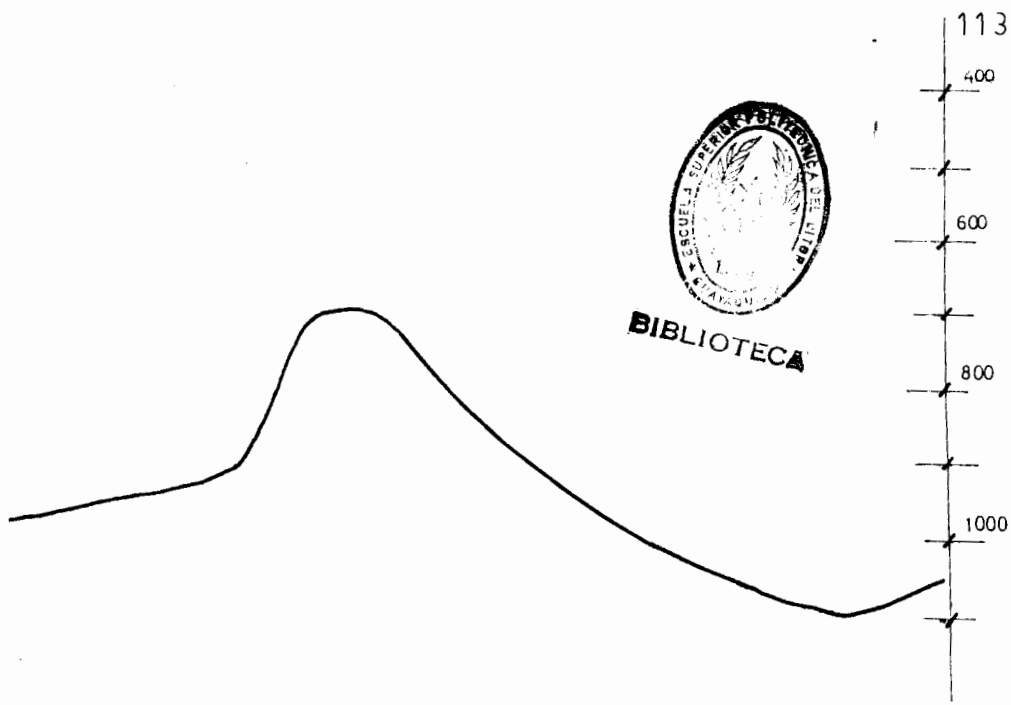
Los resultados se incluyen en el apéndice B y corresponden a las líneas de vibración LV definidas en el mapa I.

5.5 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DEL BASAMENTO

La descripción y las secciones presentadas en el mapa I y sección 1 pueden hacerse extensivas a la zona de estudio, considerando que fueron condiciones geológicas -tectónicas y sedimentarias- muy similares las que incidieron en la región.

A grandes rasgos, se observa en ambas secciones una depresión en el extremo oriental; ésta presenta hacia el este una pared escalonada, próxima al flanco de la cordillera, asociada a la orogenia aún activa y probablemente apoyada por las infiltraciones de agua en la zona principal de recarga inicial del acuífero.

Siguiendo hacia el oeste se tiene una nueva cuenca mucho más amplia con profundidades máximas de 1300 m probablemente y con una extensión aproximada de 17 km. Esta depresión presenta un flanco occidental que alcanza una cota de 400 m -bastante somera- lo cual marca un contraste en la influencia que dichas cotas ejercen en la circulación del agua en el subsuelo,



SECCIONES LONGUITUDINALES DEL BASAMENTO

REALIZADO POR _____
ZOBEIDA CISNEROS

APROBADO POR _____
ING JORGE CALLE

ESCALA _____
HORIZONTAL 1:100.000 VERTICAL 1:10.000

FECHA _____

SECCION
1

pues la estructura del basamento regula la disposición de las formaciones suprayacentes, las mismas que actúan como marco del acuífero en estudio.

Inmediatamente después, una falla que separa cotas de 700 y 1900 m permite la acumulación en sentido del bloque caído, de un espesor de depósitos de gran magnitud, (ver diagrama bloque de la figura 6.1).

Las cotas menos profundas, a saber, 400 y 700 m que limitan las varias depresiones del basamento definen probablemente una base impermeable del tipo representado en la figura 4.3, de manera que el agua de las zonas activa y pasiva se halla en movimiento favoreciendo las condiciones de explotación del acuífero en obras de captación localizadas sobre las líneas de isopropundidades tales mostradas en el mapa I. Las zonas con cotas más profundas, entre 800 y 1800 m, probablemente no ejercen influencia alguna en la circulación del agua aunque permiten por otra parte una mayor capacidad de reserva.

Hacia el oeste de la falla la profundidad del basamento alcanza 1900 m permitiendo una gran acumulación de depósitos de llanura aluvial, los mismos que con su considerable espesor regulan favorablemente la circulación de las aguas. Conviene a

efectos de explotar en la zona al oeste de la falla, agua sin influencia salina, tener en el lado oeste una cuenca de profundidad y extensión tales que regule movimientos ascendentes y laterales de aguas salinas hacia los conos de bombeo, restringiendo su circulación aunque tal posibilidad exista para niveles bajo el nivel del mar exclusivamente.

El sur de la zona presenta cotas que sugieren una posible falla de rumbo ENE-OSO que marca el límite entre las cuencas del Chimbo y la del Bulubulu. La existencia de esta falla comprobaría una vez más el hecho de que la cuenca del Guayas se compone de una serie de grabens y horsts y para el caso de estudio se tendría un horst limitado al oeste por la falla de rumbo aproximado N-S, al sur por una de rumbo E-O, al norte por un eje de sustrato altamente resistente (basamento) de rumbo NO, y al este por una probable falla paralela al flanco oeste de la Cordillera Occidental. Este horst se constituyó eventualmente en una cuenca que favoreció ampliamente la depositación y preservación en el registro estratigráfico de los sedimentos acarreados por el cono de deyección del río Chimbo.

5.6 CORRELACION CON LA INTERPRETACION DE LOS SONDEOS ELECTRICOS DE LA COMPANIA GENERAL DE GEOFISICA DE FRANCIA (3)

Los sondeos eléctricos de la CGGF, en el área este de su estudio, proponen la existencia de una serie resistente con intercalaciones conductoras, sobre una serie de resistividades tan bajas como 5 ohm-m. Hacia el oeste la resistividad de los aluviones decrece, el sustrato se hace poco profundo y no parece segura la continuidad de esta serie conductora. Suponiendo que si continúa, lo cual no es posible inferir con los registros eléctricos ni con los de sísmica de reflexión y menos aún con perforaciones -analizando estos registros independientemente-, esta serie del Mioceno o Cuaternario inferior soportaría la interpretación de un log eléctrico cercano al pozo del Colegio Técnico de Milagro, con lo cual se propone la columna de la figura 5.4. Los 5 ohm-m corresponden a una formación arcillosa o con probable presencia de agua salobre. El sustrato resistente incluye las formaciones Cayo -de resistividad aproximada de 50 ohm-m-, Piñón -de resistividad mayor 100 ohm-m, y una semimetamórfica.

En los registros de sísmica de reflexión es posible distinguir, en tramos regularmente continuos, la

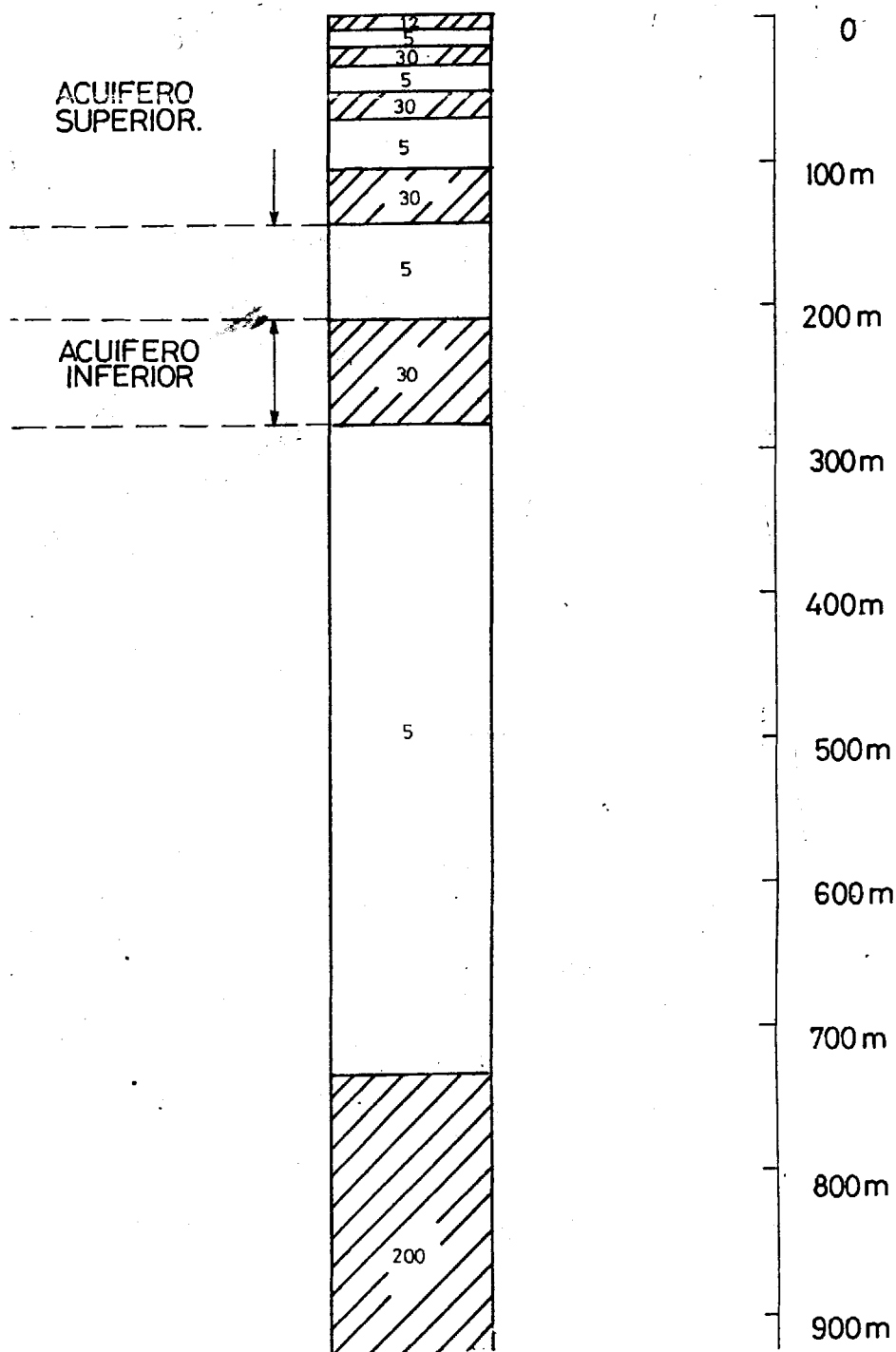


FIG.5.4. **INTERPRETACION DE UN LOG ELECTRICO CERCA DE MILAGRO** RESISTIVIDADES ASIGNADAS EN ohm m (3).

presencia de dos horizontes guía: el superior reflejando la Fm. Cayo y el inferior la Fm. Piñón; un tercer horizonte superpuesto a los anteriores no es siempre apreciable. Los valores de profundidad obtenidos para el horizonte guía más profundo, en su extrapolación hacia Milagro, corroboran la interpretación de la CGGF: efectivamente el sustrato impermeable se ha determinado a una profundidad de 700 m, de manera que se acepta la existencia de dos acuíferos separados por un estrato arcilloso según la figura 5.4.

CAPITULO VI

CORRELACION Y CARACTERIZACION DEL ACUIFERO

Con el fin de apreciar la evolución E-W del abanico aluvial se analiza a continuación diferentes perfiles representativos del actual dominio de influencia de los principales ríos en la zona de estudio, considerando como dominio una distancia no mayor a 2 km hasta el cauce.

De esta manera, observando el desarrollo de la red hidrográfica en el mapa y la posición de los pozos perforados en la zona se tiene los siguientes perfiles longitudinales:

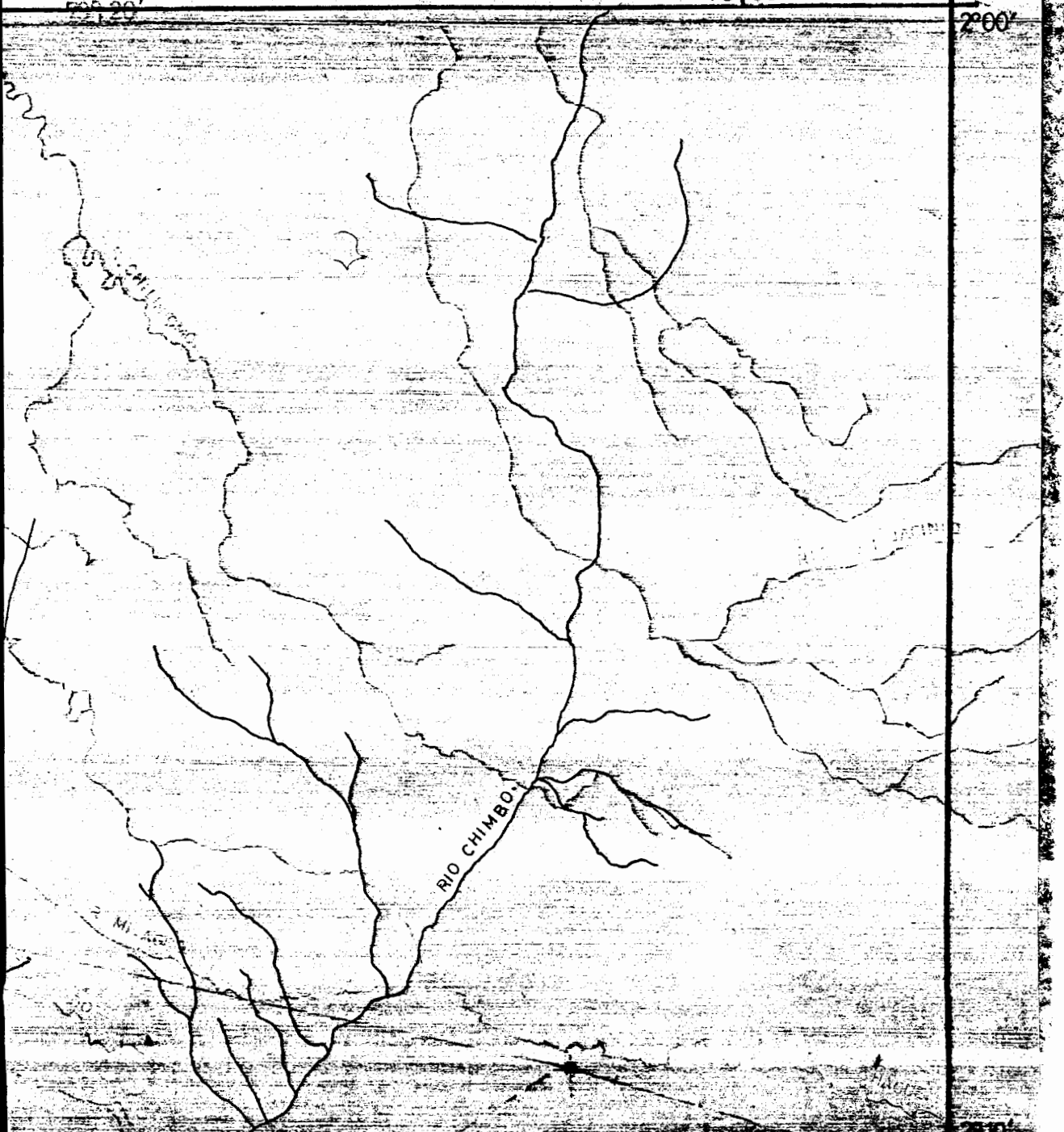
Perfil 1: cubre el dominio de los ríos Chagüe, Milagro y estero Los Chirijos con los pozos 1,2,3,4 y 5.

Perfil 1': comparte el mismo inicio que el perfil 1 y cubre el dominio del río Milagro más extensamente con los pozos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

79° 00'

121

2° 00'



2° 10'

**MAPA DE LA RED HIDROGRAFICA, POZOS,
ESTACIONES METEOROLOGICAS Y UBICA-
CION DE LOS PERFILES.**

REALIZADO POR:

APROBADO POR:

ZOBEIDA CISNEROS B.

ING: JORGE CALLE

ESCALA

1:100.000

MAPA

II

FECHA:

2° 20'

Perfil 2: cubre el dominio del río Chimbo con los pozos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.

Perfil 3: cubre el dominio del río Chanchán con los pozos 12, 22, 23, 24, 25, 26 y 27.

*Los perfiles 2 y 3 comparten el pozo 12 pues éste se encuentra muy próximo a ambos ríos.

Perfil 4: cubre exclusivamente el dominio del río Barraco una vez que éste recibe el aporte de varios esteros con los pozos 28, 29, 30, 31, 32, 33, 44 y 45.

Perfil 4': cubre varios esteros importantes, principalmente el Estero de Piedras, el río La Isla y finalmente el río Barraco con los pozos 28, 29, 34, 35 y 33.

*Los perfiles 4 y 4' difieren únicamente en el tramo central.

Perfil 5: no cubre el dominio, en los términos aquí planteados, de ningún río en particular, sirve simplemente para afinar la correlación longitudinal y sigue los pozos 36, 37, 38 y 39.

A continuación se hace un análisis de la litología encontrada en las perforaciones en los perfiles propuestos para luego concretar perfiles transversales que definan la zonificación del cono de deyección en estudio.

Según las características litológicas del registro estratigráfico, se había anotado anteriormente que un abanico contiene básicamente dos tipos de depósitos, a saber, depósitos de agua clara y de flujo de detritos. Según el rango de permeabilidad de la litología encontrada en estos depósitos se caracterizan cuatro categorías que explican la calidad del horizonte acuífero, las cuales se representan en la versión B (perfil de permeabilidades) de los perfiles mostrados.

Categoría 1: depósitos de tamiz o de corrientes laminares conteniendo únicamente grandes bloques, cantos y hasta grava limpia.

Categoría 2: depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente.

Categoría 3: depósitos de flujo de detritos.

*Categoría 3': depósitos de flujo de detritos con arcilla plástica.

Categoría 4: depósitos de arcilla suelta y/o plástica.

Para efectos del análisis las categorías se denominan C-1, C-2, C-3, C-3* y C-4.

6.1 PERFIL 1

Pozo 1

Profundidad 90 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
11%	22%	37%	——	30%

$$T = 1.66 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

Concluyentemente el 11% de depósitos de tamiz y el 22% de depósitos de canal de corriente con grandes cantos y bloques definen básicamente el valor de la T tan elevada, apoyados además por el 37% de depósitos de flujo de detritos.

Pozo 2

Profundidad 34 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
6%	59%	30%	——	6%

$$T \text{ probable del orden de } 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

El 59% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente determinan principalmente la T de este pozo, contribuyendo además el 30% de depósitos de flujo de detritos.

Pozo 3

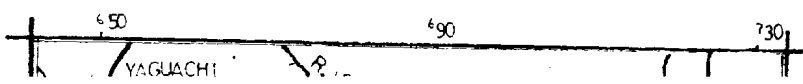
Profundidad 108 m



BIBLIOTECA

SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CUARZO
	ARENA MEDIA		MINERALES MAFICOS
	ARENA GRUESA		FELDESPATOS



PERFIL LITOLOGICO LONGITUDINAL 1/A

REALIZADO POR: _____
ZOBEIDA CISNEROS B.

APROBADO POR: _____
ING: JORGE CALLE

ESCALA VERTICAL: _____
1:500

ESCALA HORIZONTAL: _____
1:100.000

FECHA: _____

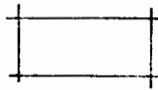
PERFIL: _____
PERFIL 1/A

SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD

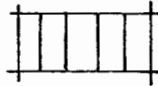
CLASIFICACION DEL ACUIFERO

IMPERMEABLE



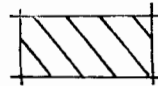
ACUICLUD

POCO / ALGO PERMEABLE



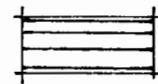
ACUITARDA / ACUIFERO POBRE

PERMEABLE



ACUIFERO : REGULAR / BUENO

MUY PERMEABLE



ACUIFERO EXCELENTE

PERFIL LONGITUDINAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO 1/B

REALIZADO POR :

ZOBEIDA CISNEROS.B.

APROBADO POR :

ING. JORGE CALLE.

ESCALA VERTICAL :

1:500

ESCALA HORIZONTAL :

1:100.000

FECHA :

PERFIL :

PERFIL 1/B

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
9%	87%	34%	—	—

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 87% de depósitos de flujo de detritos hace decrecer la T aunque no en gran magnitud gracias a la presencia de gran cantidad de grava y arena gruesa y aún de un 9% de depósitos de corrientes laminares con grava limpia.

Pozo 4

Profundidad 74 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	8%	60%	32%	—

T = $2.65 \cdot 10^{-2}$ m²/s

El 60% de depósitos de flujo de detritos define básicamente la T seguido del 8% de depósitos de corrientes laminares. Es determinante en el valor elevado de la transmisibilidad la presencia de gran cantidad de grava en los depósitos de flujo de detritos.

Pozo 5

Profundidad 116 m aunque es explotable a partir de los 16 m.

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
8%	4%	54%	34%	—

T semejante al pozo 4

Semejantemente al pozo anterior, el 54% de depósitos de flujo de detritos con abundante grava mas el 12% de depósitos de corrientes laminares favorecen las características hidráulicas.

6.1.1 Comentarios del perfil 1

En el pozo 1 predominan depósitos de canal de corriente con grandes cantos y un claro depósito de tamiz que influyen positivamente en la transmisibilidad del acuífero. En el pozo 2 siguen predominando depósitos de agua clara incluyendo depósitos de corriente laminar pero desaparecen ya los cantos grandes, prueba de que terminó ya el dominio de la zona intermedia del abanico. A partir del pozo 3 empiezan a ser más frecuentes los depósitos de flujo de detritos con la consecuente disminución de la transmisibilidad por lo cual es preciso perforar un mayor espesor; sin embargo los valores de transmisibilidad son favorecidos por la presencia de grava hasta el pozo 5 y por arena gruesa y horizontes con arcilla frecuentemente

plástica que le dan al acuífero un carácter de confinamiento parcial.

La transmisibilidad en el perfil se mantiene muy probablemente en el orden de 10^{-2} m²/s, aún a grandes distancias del ápice del abanico.

6.2 PERFIL 1'

Se describe a continuación los pozos independientes del perfil 1'.

Fozo 6

Profundidad 100 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	28%	64%	8%	—

$$T = 3.77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

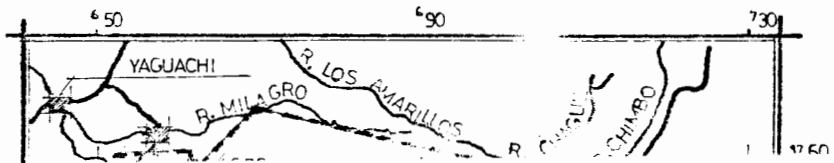
El 28% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corrientes, seguramente por la mala clasificación, unido al 64% de depósitos de flujo de detritos determinan la T de un orden de magnitud menor. Son determinantes la mala clasificación de los sedimentos y la poca presencia de detritos gruesos.

INICIO

SIMBOLOGIA



	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CUARZO
	ARENA MEDIA		MINERALES MAFICOS
	ARENA GRUESA		FELDESPATOS



PERFIL LITOLOGICO LOGITUDINAL 1/A

REALIZADO POR: _____
ZOBEIDA CISNEROS B.

APROBADO POR: _____
ING: JORGE CALLE

ESCALA VERTICAL: _____
1:500

ESCALA HORIZONTAL: _____
1:100.000

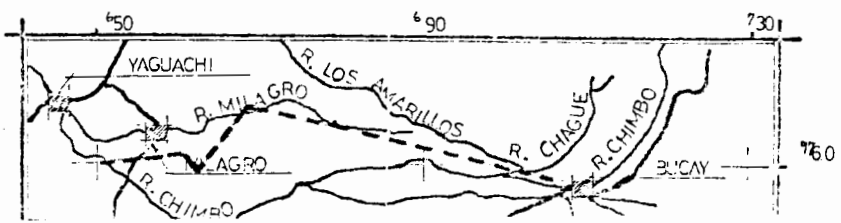
FECHA: _____

PERFIL: _____
PERFIL 1/A



SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD		CLASIFICACION DEL ACUIFERO.
IMPERMEABLE		ACUICLUDO
POCO / ALGO PERMEABLE		ACUITARDO / ACUIFERO POBRE
PERMEABLE		ACUIFERO : REGULAR / BUENO
MUY PERMEABLE		ACUIFERO : BUENO



PERFIL LONGITUDINAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO 1/B

REALIZADO POR:	APROBADO POR:
ZOBEIDA CISNEROS .B.	ING : JORGE CALLE .
ESCALA VERTICAL :	ESCALA HORIZONTAL :
1 : 500	1 : 100.000
FECHA :	PERFIL :
	PERFIL 1/B

Pozo 7

Profundidad 100 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
2%	20%	59%	19%	—

$$T = 7.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

El 22% de depósitos de corrientes laminares mas el 59% de depósitos de flujo de detritos determinan que la T sea esta vez algo más elevada por la buena clasificación de los depósitos de corrientes laminares y la presencia de grava.

Pozo 8

Profundidad 100 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
2%	34%	39%	12%	12%

$$T = 7.05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

El 36% de depósitos de corrientes laminares mas el 39% de depósitos de flujo de detritos determinan el valor de la T que decrece apenas probablemente por la menor presencia de grava.

Pozo 9

Profundidad 102 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
2%	29%	64%	2%	3%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 31% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente mas el 64% de depósitos de flujo de detritos constituyen básicamente el acuífero con un valor de la T similar al del pozo anterior probablemente.

Pozo 10

Profundidad 78 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
3%	18%	74%	5%	—

T = $6.93 \cdot 10^{-3}$ m²/s

El 21% de depósitos de corrientes laminares mas el 75% de depósitos de flujo de detritos definen el valor de la T más bien bajo encontrado en el pozo.

Pozo 11

Profundidad 148 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	15%	85%	—	—

T = $1.33 \cdot 10^{-2}$ m²/s

Básicamente el 84% de depósitos de flujo de detritos

determinan la T del acuífero apoyados por un 15% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares.

El valor de la T responde muy probablemente a la presencia de grava y al gran espesor perforado.

6.2.1 Comentarios del perfil 1'

Desde el pozo 4 -cercano a la bifurcación del río Milagro y el estero Chirijos- y hasta el pozo 10 aparecen depósitos de flujo de detritos frecuentemente con grava y horizontes de arcilla plástica, lo cual influye positivamente en el almacenamiento y transmisibilidad del acuífero. Grava y cantos se mantienen hasta el pozo 11. La transmisibilidad de este perfil varía desde valores bajos del orden de 10^{-3} m²/s, debido a la mala clasificación de depósitos de canal de corriente, hasta valores del orden de 10^{-2} m²/s en el ápice del abanico (pozo 1) y aún en el pozo 11 debido a la presencia de grava.

6.3 PERFIL 2



SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAMILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CUARZO
	ARENA MEDIA		MINERALES MAFICOS
	ARENA GRUESA		FELDESPATOS

PERFIL LITOLOGICO LONGITUDINAL 2/A

REALIZADO POR: ZOEIDA CISNEROS.B.	APROBADO POR: ING: JORGE CALLE.
ESCALA VERTICAL: 1: 500	ESCALA HORIZONTAL: 1: 100.000
FECHA:	PERFIL: PERFIL 2/A

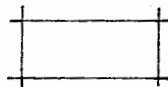


SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD

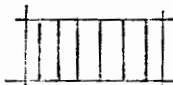
CLASIFICACION DEL ACUIFERO.

IMPERMEABLE



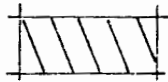
ACUCLUDO

POCO / ALGO PERMEABLE



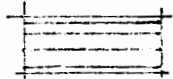
ACUITARDO / ACUIFERO POBRE

PERMEABLE

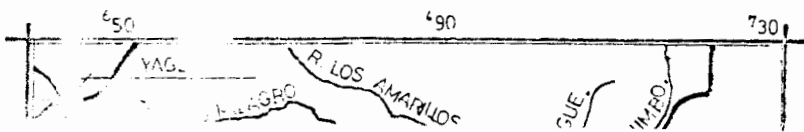


ACUIFERO: REGULAR / BUENO

MUY PERMEABLE



ACUIFERO EXCELENTE



PERFIL LONGITUDINAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO 2/B

REALIZADO POR:		APROBADO POR:	
ZOBEDA CISNEROS. B.		ING: JORGE CALLE	
ESCALA VERTICAL:		ESCALA HORIZONTAL:	
1: 500		1: 100,000	
FECHA:		PERFIL:	
		PERFIL 2/B	

Pozo 1

Profundidad 34 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	—	100%	—	—

* T probable del orden de 10^{-2} m²/s

La totalidad de la perforación registra depósitos de flujos de detritos que arrastraron grandes bloques que en algunos casos han quedado libres de sedimentos finos por erosión y que presentan muy probablemente una T elevada del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 13

Profundidad 30 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
33%	53%	7%	—	7%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 33% de depósitos de tamiz y el 53% de depósitos de canal de corriente con un granulometría variada desde arena gruesa hasta grandes cantos y bloques dan a este pozo una T probablemente elevada del orden de 10^{-2} m²/s.

* El término probable, planteado aquí y en lo sucesivo, se obtiene del análisis de porcentajes de abundancia de ciertos depósitos similares hallados en

la columna litológica de pozos en los que se practicó prueba de bombeo.

Pozo 14

Profundidad 50 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
4%	75%	17%	4%	—

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 75% de depósitos de corrientes laminares principalmente y de canal de corriente mas el 17% de depósitos de flujo de detritos determinan básicamente la T que debe tener un valor elevado del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 15

Profundidad 82 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	31%	14%	—	55%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 31% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares mas el 14% de depósitos de flujo de detritos definen las características hidráulicas del pozo.

La T esperada será del orden de 10^{-2} m²/s, dada por

la permeabilidad de los horizontes con grandes cantos y grava antes que por el espesor de ellos.

Pozo 16

Profundidad 85 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
3%	45%	5%	—	47%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 45% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente determinan básicamente las características hidráulicas en las cercanías del pozo que tendría una T del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 17

Profundidad 105

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	28%	43%	—	29%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 28% de depósitos de canal de corriente con cantos y grava mas el 43% de depósitos de flujo de detritos con grandes bloques definen una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s.

Pozo 18

Profundidad 65 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	38%	54%	—	8%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 38% de depósitos de canal de corriente con grandes cantos y grava mas el 54% de depósitos de flujo de detritos determinan una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s.

Pozo 19

Profundidad 56 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	—	88%	—	12%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 88% de depósitos de flujo de detritos con grandes cantos y grava determinan una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s.

Pozo 20

Profundidad 104 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	34%	66%	—	—

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 34% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares con grava y arena gruesa mas

el 66% de depósitos de flujo de detritos conteniendo también sedimentos gruesos definen una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s.

Pozo 21

Profundidad 122 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	13%	12%	54%	21%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 25% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente mas el 54% de depósitos de flujo de detritos definen una T elevada del orden de 10^{-3} m²/s.

6.3.1 Comentarios del perfil 2

El inicio del pozo 12 muestra depósitos de flujo de detritos con grandes bloques y grava que elevan la T en un espesor más bien pequeño. A continuación, a partir del pozo 13 se hacen comunes los depósitos de canal de corriente con grandes cantos y grava hasta el pozo 18 y con grava y arena hasta el pozo 21. Localmente hay depósitos de tamiz en el pozo 13 lo cual es evidencia de dominio de la zona intermedia del abanico aluvial. Los depósitos de corrientes

laminares con arena bien clasificada son frecuentes y aún de espesor considerable -10 m- localmente, otorgando al pozo 21 por ejemplo una T muy buena. A partir del pozo 17 empiezan a predominar depósitos de flujo de detritos con cantos de grandes dimensiones hasta el pozo 19 y a continuación, hasta el pozo 21 son aún frecuentes pero con predominancia de gravilla y arena gruesa. Además, entre los pozos 15 y 19 aparecen horizontes de arcilla y en el pozo 21 predominan horizontes de flujo de detritos con arcilla plástica, lo cual le a al acífero características de confinamiento parcial.

Los valores de la transmisibilidad de este perfil son similares a los encontrados en el perfil 1', es decir, oscilan entre 10^{-3} y 10^{-2} m²/s.

6.4 PERFIL 3

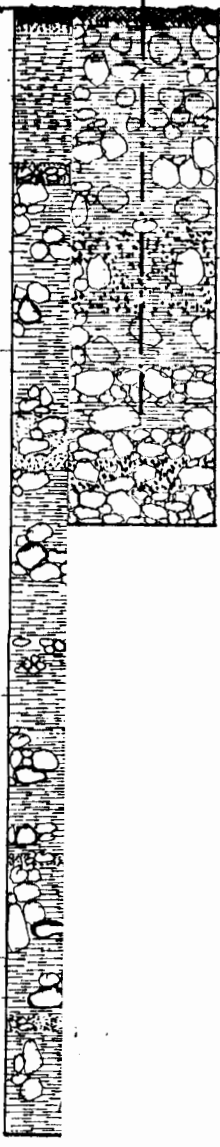
Pozo 22

Profundidad 81 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
4%	58%	10%	—	28%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

27 12

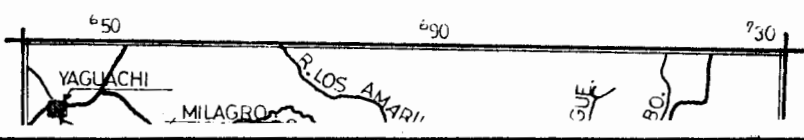


↑
INICIO



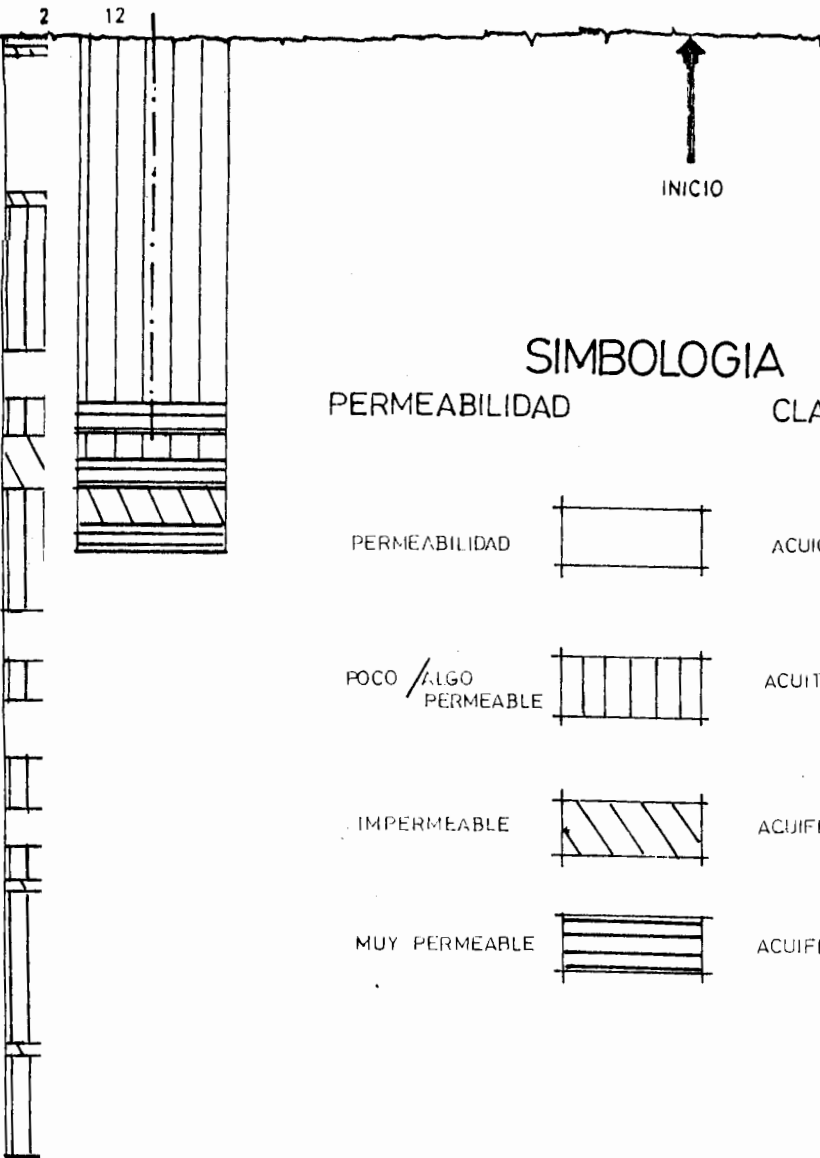
SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CONRZO
	ARENA MEDIA		MINERALES MAFICOS
	ARENA GRUESA		FELDES PATOS



PERFIL LITOLOGICO LONGITUDINAL ³/_A

REALIZADO POR: _____	APROBADO POR: _____
ZOBEIDA CISNEROS B.	ING: JORGE CALLE.
ESCALA VERTICAL: _____	ESCALA HORIZONTAL: _____
1:500	1:100.000
FECHA: _____	PERFIL: _____
	PERFIL ³ / _A

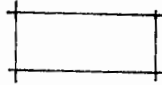


SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD

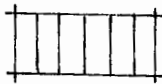
CLASIFICACION DEL ACUIFERO

PERMEABILIDAD



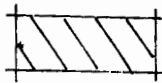
ACUICLUDO

POCO /ALGO PERMEABLE



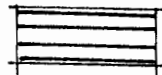
ACUITARDO / ACUIFERO POBRE

IMPERMEABLE

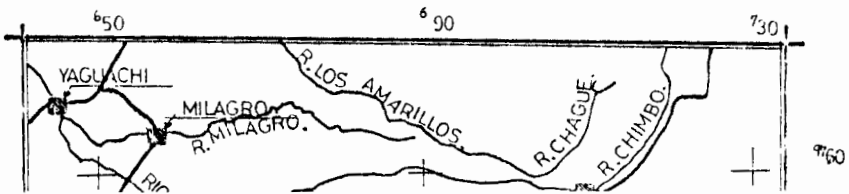


ACUIFERO : REGULAR/ BUENO

MUY PERMEABLE



ACUIFERO EXCELENTE



PERFIL LONGITUDINAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO 3/B

REALIZADO POR:

ZOBEIDA CISNEROS B.

APROBADO POR:

ING : JORGE CALLE.

ESCALA VERTICAL:

1:500

ESCALA HORIZONTAL:

1:100.000

FECHA:

PERFIL

PERFIL 3/B

El 62% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares definen una T media probablemente del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 23

Profundidad 95 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
11%	12%	23%	19%	35%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

Definitivamente el 23% de depósitos de flujo de detritos marca la clara predominancia de este tipo de depósito como acuífero que, junto al 23% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares, todos con abundante material grueso, determinan una T media probable del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 24

Profundidad 87 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
7%	32%	32%	—	29%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 39% de depósitos de corrientes laminares y de canal de corriente mas el 32% de depósitos de flujo

de detritos determinan una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s.

Pozo 25

Profundidad 76 m				
C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	34%	21%	—	45%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 34% de depósitos de canal de corriente y de corriente laminar mas el 21% de depósitos de flujo de detritos definen una T elevada probablemente del orden de 10^{-3} m²/s o bien una baja del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 26

Profundidad 101 m				
C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	12%	33%	—	55%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 12% de depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares conteniendo grava frecuentemente mas el 33% de depósitos de flujo de detritos con grava y hasta cantos determinan una T media probablemente del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 27

Profundidad 75 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	9%	68%	—	23%

T probable del orden de 10^{-3} m²/s

El 68% de depósitos de flujo de detritos con abundantes cantos de grandes dimensiones mas el 9% de depósitos de canal de corriente definen un valor de T elevada probablemente del orden de 10^{-3} o aún de 10^{-2} m²/s.

6.4.1 Comentarios del perfil 3

Como ya se anotó, el pozo 12 recibe o recibió influencia probablemente de los ríos Chimbo y Chanchán. A partir del pozo 22, ya en el dominio del Chanchán, son frecuentes los depósitos de canal de corriente y de corrientes laminares con sedimentos gruesos incluyendo grava hasta el pozo 27 inclusive, con pocas excepciones a lo largo del perfil. A partir del pozo 23 o mejor aún desde el pozo 26 se vuelven frecuentes los depósitos de flujo de detritos que arrastran sedimentos gruesos, aún bloques grandes a distancias considerables (decenas de km). Además, entre los pozos 22 y

27 abundan horizontes de arcilla, lo cual unido a la presencia de sedimentos gruesos le da a esta parte del perfil buenos valores de transmisibilidad en horizontes parcialmente confinados, lo cual facilita la explotación.

De la comparación de porcentajes de depósitos encontrados en este perfil con otros registros similares, se puede inferir valores de transmisibilidad en un rango de 10^{-3} m²/s si el punto considerado está distante del ápice a 10^{-2} m²/s si más cercano.

6.5 PERFIL 4

Pozo 28

Profundidad 94 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
13%	51%	13%	17%	6%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 51% de depósitos de canal de corriente con presencia de grandes cantos mas el 13% de depósitos de corrientes laminares con gravilla bien clasificada son prácticamente los que determinan una T elevada probablemente del orden de 10^{-2} m²/s.

El 40% de depósitos de corrientes laminares con excelente clasificación de arena constituye básicamente el acuífero en el que abundan intercalaciones de horizontes de arcilla, lo cual le da al acuífero características de confinamiento parcial.

6.6.1 Comentarios de los perfiles 4 y 4'

Entre los pozos 28 y 30 predominan los depósitos de canal de corriente. Luego, entre los pozos 31 y 32, junto a depósitos de canal de corriente, contribuyen grandemente a las características hidráulicas depósitos de corrientes laminares con muy buena clasificación que a continuación son menos frecuentes. A partir del pozo 33 es evidente el incremento en espesor perforado para conseguir mejores caudales pues empiezan a abundar depósitos de flujo de detritos con arena gruesa como máximo tamaño de grano. Una característica determinante en la transmisibilidad de ambos perfiles, entre los pozos 28 y 32 para el perfil 4 y entre 28 y 35 para el perfil 4', es la presencia de horizontes de arcilla que cubren hasta un 50% del espesor perforado. Estos horizontes le dan a ambos perfiles un carácter de confinamiento que favorece las condiciones de explota-

ción del acuífero. De hecho, el pozo 34 en el Ingenio San Carlos conteniendo depósitos de corrientes laminares con sedimentos gruesos bien clasificados atrapados en un 20% de horizontes de arcilla eleva el agua a nivel del suelo a los pocos minutos de cesado el bombeo.

La transmisibilidad a lo largo de ambos perfiles es muy buena y las condiciones de explotación se presentan muy favorables considerando el artesianismo de los pozos considerados.

6.7 PERFIL 5

Fozo 36

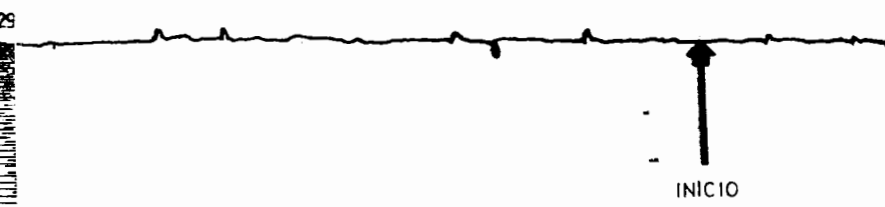
Profundidad 86 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
7%	79%	7%	—	7%

$$T = 3.78 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

El 79% de depósitos de canal de corriente con grandes cantos y grava mas el 7% de depósitos de tamiz constituyen básicamente el acuífero con una T media del orden de $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ determinada tanto por la permeabilidad de los sedimentos como por el espesor perforado.

149



SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS

Pozo 37

Profundidad 75 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	51%	15%	—	34%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 51% de depósitos de canal de corriente con grandes cantos y grava y de finos horizontes con depósitos de corrientes laminares mas el 15% de depósitos de flujo de detritos definen una T elevada probablemente del orden de 10^{-2} m²/s.

Pozo 38

Profundidad 67 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
3%	63%	21%	—	13%

T probable del orden de 10^{-2} m²/s

El 63% de depósitos de canal de corrientes con grandes cantos y de corrientes laminares mas el 21% de depósitos de flujo de detritos con grandes cantos definen el acuífero con una T elevada probablemente del orden de 10^{-2} m²/s.

Es interesante anotar que aún cuando este pozo se encuentra 11 km distante del pozo anterior, presenta mejores condiciones de permeabilidad y muy probable-

mente de transmisibilidad, lo cual evidencia la variabilidad en depositación que caracteriza a un abanico aluvial.

Pozo 39

Profundidad 48 m

C-1	C-2	C-3	C-3*	C-4
—	25%	58%	—	33%

$$T = 4.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

El 25% de depósitos de canal de corriente conteniendo grava mas el 58% de depósitos de flujo de detritos, también con grava, definen el acuífero con una T elevada probablemente del orden de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

6.7.1 Comentarios del perfil 5

Los depósitos de canal de corriente conteniendo grandes cantos y/o bloques junto a grava como mínimo tamaño de grano son evidentes en el pozo 36.

Los pozos 37 y 38 prueban la variabilidad de depositación en el abanico pues situados a 1 km de distancia entre sí y con depósitos similares, difieren grandemente en el porcentaje de horizontes o avenidas de material arcilloso.

Por otra parte, es clara la predominancia de depósitos de canal de corriente con grandes cantos de hasta 25 cm, lo cual da al perfil valores de transmisibilidad muy buenos probablemente del orden de 10^{-2} m²/s. A partir del pozo 39 predominan depósitos de flujo de detritos conteniendo grava lo cual marca el inicio de la zona de llanura aluvial aunque aún son importantes los depósitos de canal de corriente que son lo que caracterizan el acuífero en este corto perfil próximo al límite sur del cono de deyección.

6.8 PERFILES TRANSVERSALES

De las observaciones anotadas es posible deducir la geometría del cono de deyección marcando los límites de las partes constituyentes del mismo.

Esta zonificación es fundamental en el estudio hidrogeológico pues el almacenamiento y la transmisibilidad del acuífero como función de la calidad y cantidad de los depósitos en cada zona definirán los mejores lugares para la explotación del agua subterránea.

Para determinar tal zonificación se propone algunos

perfiles transversales que definan los límites. Recordando que de acuerdo con la teoría general de abanicos aluviales, el área de cabeza de los abanicos en un ambiente húmedo es restringida, se asume para el presente estudio una única zona denominada "intermedia" y que en realidad comprende la extensión de las zonas de cabeza e intermedia.

La zona intermedia del cono se extiende pues, entre el ápice y un frente con depósitos de agua clara que contenga grandes cantos y/o bloques junto a grava como mínimo tamaño de grano.

A continuación, en la zona terminal del cono se considera básicamente depósitos de agua clara con menor tamaño de grano junto a un porcentaje inferior de depósitos de flujo de detritos, de manera que a grandes rasgos, se llega al límite final de esta zona al aumentar y prevalecer el porcentaje de estos últimos depósitos e inmediatamente después se entra al dominio de la zona de llanura aluvial. Para observar esta zonificación se tiene los siguientes perfiles de N a S:

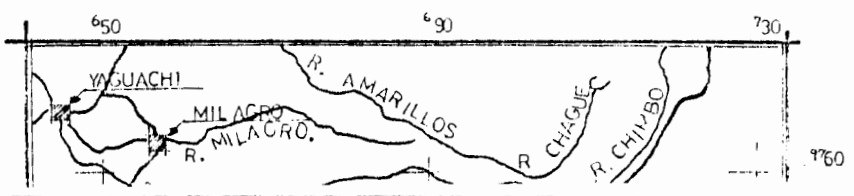
Perfil A: corre a lo largo de los pozos 1, 13 y 28.

Perfil B: corre a lo largo de los pozos 3, 17, 23 y 33*.



SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD		CLASIFICACION DEL ACUIFERO.
IMPERMEABLE		ACUICLUDO
POCO / ALGO PERMEABLE		ACUITARDO / ACUIFERO POBRE
PERMEABLE		ACUIFERO REGULAR / BUENO.
MUY PERMEABLE		ACUIFERO EXCELENTE



PERFIL LONGITUDINAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO 5/B

REALIZADO POR: ZOBEIDA CISNEROS. B.	APROBADO POR: ING : JORGE CALLE.
ESCALA VERTICAL: 1:500	ESCALA HORIZONTAL: 1:100.000
FECHA:	PERFIL: PERFIL 5/B

33* pues a 33 se lo considera en una posición más cercana al ápice a falta de un registro más representativo en ese punto.

Perfil C: corre a lo largo de los pozos 11, 21 y 45.

6.8.1 Comentarios del perfil A

Marca el límite final de la zona intermedia del cono de deyección, (ver mapa II).













Los grandes bloques de depósitos de canal de corriente presentes en el pozo 28 son evidencia de la gran energía del río Barraco con lo cual se marca una clara asimetría en el límite de la zona intermedia del cono caracterizada por la presencia de grandes bloques, cantos y grava.

Las características mencionadas sugieren una zona ideal para explotar el agua del subsuelo.

6.8.2 Comentarios del perfil B

Marca el límite entre el cono de deyección y la llanura aluvial, (ver mapa II).

SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CUARZO
	ARENA MEDIA		MINERALES

PERFIL LITOLÓGICO TRANSVERSAL B/A

REALIZADO POR: _____		APROBADO POR: _____	
ZOBEIDA CISNEROS B.		ING : JORGE CALLE .	
ESCALA VERTICAL: _____	ESCALA HORIZONTAL: _____		
1: 500	1: 100.000		
FECHA: _____	PERFIL: _____		
	PERFIL B/A		

FECHA: _____

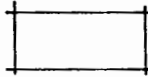
PERFIL: _____

PERFIL B/B

SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD

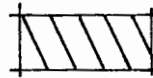
IMPERMEABLE



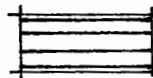
POCO / ALGO
PERMEABLE



PERMEABLE



MUY PERMEABLE



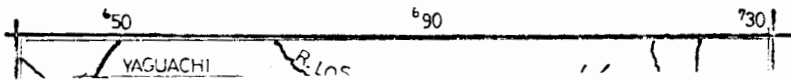
CLASIFICACION DEL ACUIFERO

ACUICLUDO

ACUITARDO / ACUIFERO POBRE

ACUIFERO REGULAR / BUENO

ACUIFERO EXCELENTE



PERFIL TRANSVERSAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO B/B

REALIZADO POR:

ZOBEIDA CISNEROS B.

APROBADO POR:

ING: JORGE CALLE

ESCALA VERTICAL:

1:500

ESCALA HORIZONTAL:

1:100.000

FECHA:

PERFIL:

PERFIL B/B

Es interesante observar que hacia el S el pozo 33 contiene depósitos de corrientes laminares con grava a poca profundidad mientras que el pozo 17 al N, situado en una posición equivalente, contiene depósitos de canal de corriente con grandes bloques y cantos lo cual evidencia la alta energía de los ríos Barraco y Chimbo en la zona terminal del cono de deyección. El límite definido por el pozo 33 en el dominio del río Barraco determina la asimetría de esta frontera, evidencia nuevamente de la gran energía de este río.

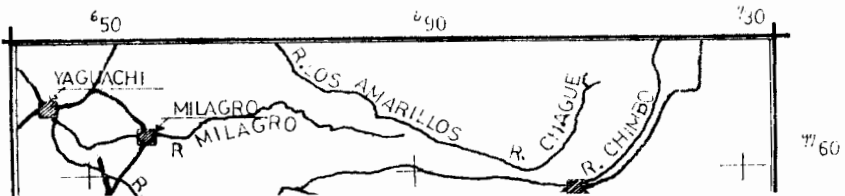
Por otra parte, si bien es cierto que son considerables los depósitos de flujo de detritos en el pozo 17, es también importante la presencia de grandes cantos en depósitos de canal de corriente que llegan incluso hasta el pozo 18 en el perfil longitudinal del río Chimbo, de manera que un límite confiable entre la zona terminal del cono de deyección y la llanura aluvial se puede seguir con los registros de los pozos 3, 19, 23 y 33, considerando la posición de este último en 33* para cubrir información no muy alejada del pozo inmediato anterior que está a 14.5 km.

45



SIMBOLOGIA

	SUELO		GRAVILLA
	TURBA		GRAVA
	ARCILLA PLASTICA		CANTOS
	ARCILLA		BLOQUES
	ARENA FINA		CUARZO
	ARENA MEDIA		MINERALES MAFICOS
	ARENA GRUESA		FELDSPATOS



PERFIL LITOLOGICO TRANSVERSAL C/A

REALIZADO POR: ZOBEIDA CISNEROS.B.	APROBADO POR: ING : JORGE CALLE.
ESCALA VERTICAL: 1: 500	ESCALA HORIZONTAL: 1:100.000
FECHA:	PERFIL: PERFIL C/A

...estros analizados indican condiciones

171

SIMBOLOGIA

PERMEABILIDAD		CLASIFICACION DEL ACUIFERO
IMPERMEABLE		ACUICLUDO
POCO / ALGO PERMEABLE		ACUITARDO / ACUIFERO POBRE
PERMEABLE		ACUIFERO: REGULAR / BUENO
MUY PERMEABLE		ACUIFERO EXCELENTE

PERFIL TRANSVERSAL SEGUN LA PERMEABILIDAD DEL DEPOSITO C/B

REALIZADO POR: ZOBEDA CISNEROS B.	APROBADO POR: ING: JORGE CALLE.
ESCALA VERTICAL: 1:500	ESCALA HORIZONTAL: 1:100.000
FECHA:	PERFIL: PERFIL C/B

Los registros analizados indican condiciones bastante favorables para explotar el agua subterránea en la zona terminal del cono de deyección estudiado.

6.8.3 Comentarios del perfil C

Se localiza en plena llanura aluvial, incluso hacia el O de la falla N-S determinada, (ver mapas I y II).

A diferencia del perfil de inicios de la llanura aluvial, desaparece la grava en los depósitos de corriente laminar y en cambio aparecen horizontes con arena gruesa bien clasificada, lo cual da a esta zona aún buenas características hidráulicas. Desaparecen también definitivamente los grandes cantos, manteniéndose únicamente grava en depósitos de flujo de detritos, los cuales por su viscosidad son capaces de cargar este tipo de sedimentos gruesos a tales distancias.

Finalmente se agotan los horizontes de arcilla con lo cual disminuye el confinamiento que solía favorecer la explotación del acuífero en la zona anterior, de manera que considerando las otras características de la zona, se puede

esperar condiciones menos favorables para explotación del agua subterránea.

6.9 MAPA RESULTANTE DE LA CORRELACION DE LITOLOGIA, BASAMENTO Y ZONIFICACION DEL CONO DE DEYECCION

El resultado final de los análisis planteados hasta ahora se resume en el mapa III, el mismo que propone tres zonas características dentro del área de estudio. Estas tres zonas pueden considerarse como acuíferos particulares, con condiciones propias de precipitación pluvial, temperatura, recarga, calidad y cantidad de depositación de sedimentos, transmisibilidad y capacidad de reserva, en las que se considera constante el parámetro gradiente hidráulico ya definido.

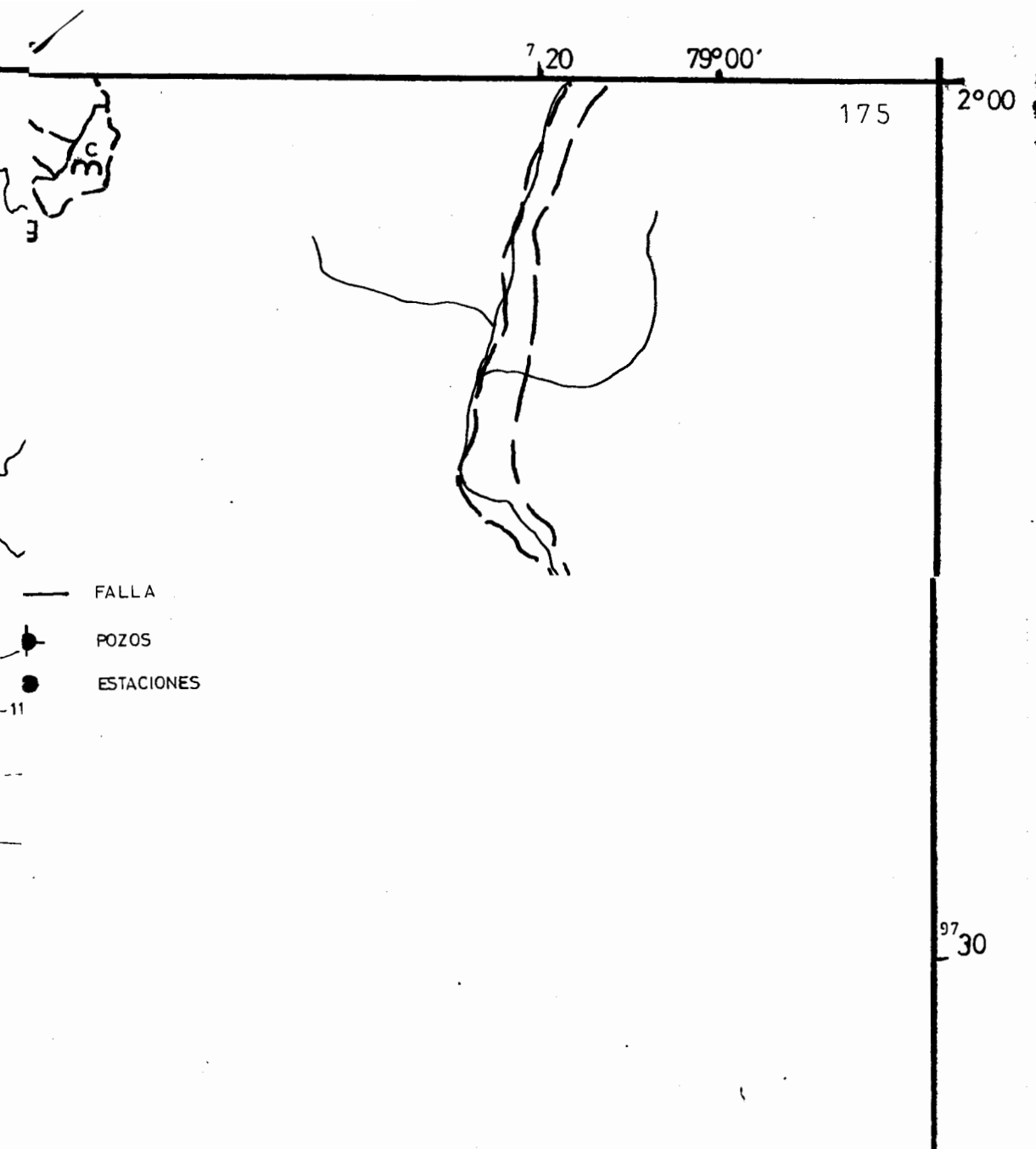
La cota 700 (sustrato) limita, al S del área estudiada, la extensión de las zonas intermedia y terminal del cono de deyección; se podría asegurar que es la cota menos profunda que limita las cuencas del Chimbo al N y del Bulubulu al S, separadas por una posible falla ENE inferida de los registros sísmicos.

Hacia el N, la presencia de un eje menos resistivo que se extiende paralelamente al río Los Amarillos inicialmente, continuando en dirección a Mariscal

Sucre (CGGF, 1976), es la evidencia más superficial del basamento que limita el esparcimiento del cono de deyección.

Hacia el O, el acuífero, en la zona de llanura aluvial está limitado por una gran falla de rumbo aproximado N-S la cual permite condiciones favorables de obtención de agua dulce. La presencia de una cuenca de depositación de grandes dimensiones al oeste de la falla, enmarcando el ambiente de llanura aluvial, regula la circulación de aguas salinas hacia los conos de bombeo de pozos practicados en ese sector, aún más, la pared de la falla constituye una barrera que impide la penetración de intrusiones de agua salina hacia el acuífero al este de la falla.

En general, el cono del río Chimbo presenta una distribución de depósitos como la mostrada en la figura 3.3 y una descripción similar a la del abanico del río Kosi (sección 3.2), según la tabla III; la figura 6.1 muestra la disposición del acuífero en el contexto regional de la Cuenca del Guayas.



MAPA RESULTANTE DE LA CORRELACION DE LITOLOGIA BASAMENTO Y ZONIFICACION DEL CONO DE DEYECCION.

REALIZADO POR _____

APROBADO POR _____

ZOBEIDA CISNEROS B.

ING : JORGE CALLE.

ESCALA _____

1:100.000

MAPA.

III

FECHA _____

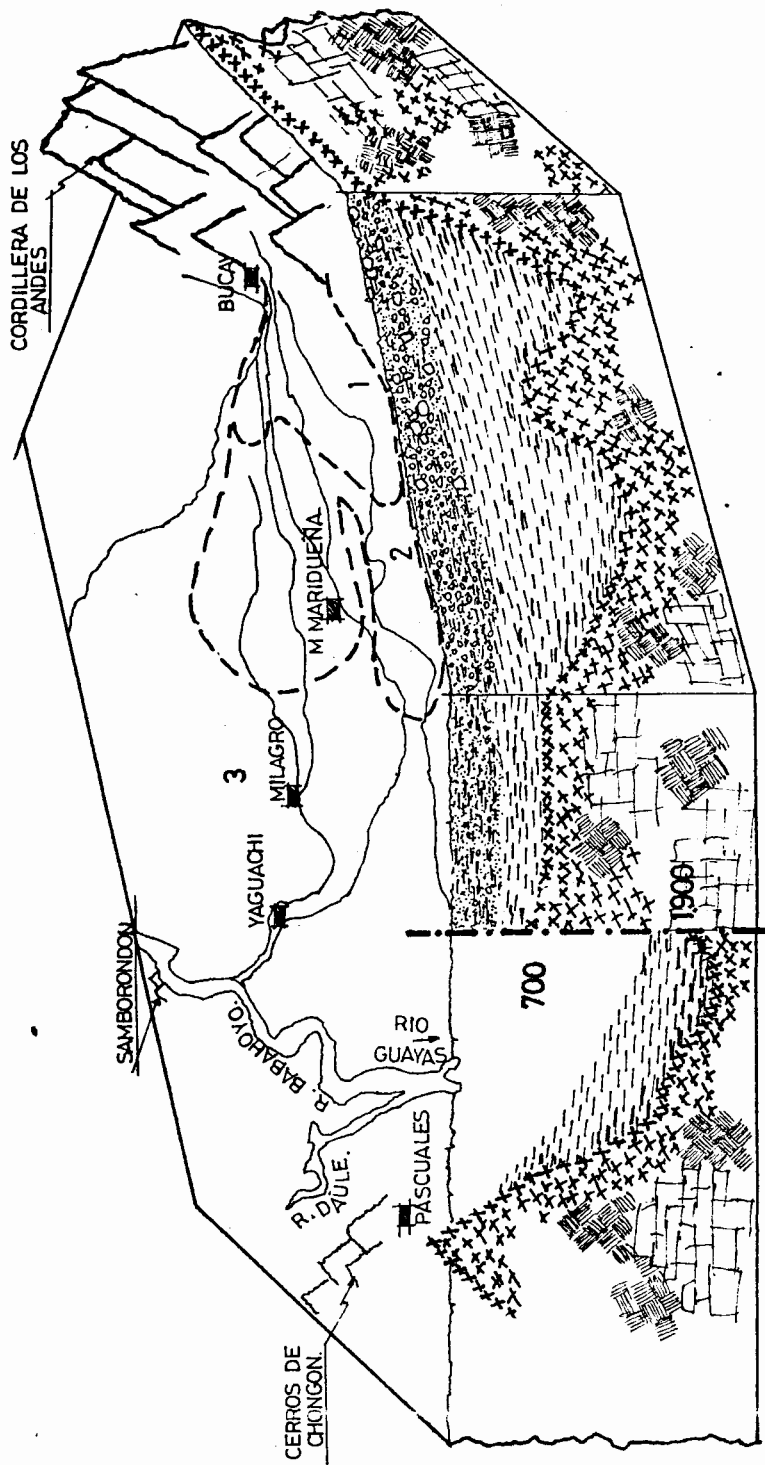


FIG. 61. DIAGRAMA-BLOQUE DE LA DISPOSICION DEL CONO DEL RIO CHIMBO

TABLA III

DIMENSIONES DEL ESPARCIMIENTO LONGITUDINAL DEL CONO DE DEYECCION DEL RIO CHIMBO

zonas/ /ríos	Limón Chagua	Chimbo	Chanchán	Esteros, río Barraco
cabeza/ intermedia	12.5 km	21.6 km	11 km	21.1 km
terminal	25.2 km	18.4 km	9 km	19.7 km e 24.8 km

6.10 TRANSMISIBILIDAD PONDERADA

Una vez determinada la zonificación es posible considerar las transmisibilidades obtenidas anteriormente a partir de pruebas de bombeo, para asignar a cada zona un valor ponderado de acuerdo al espesor acuífero (e) de los registros litológicos correspondientes, según la fórmula:

$$T' = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_i \cdot e_i}{e}}{n}$$

Para la zona intermedia del cono la transmisibilidad en m^2/s será:

$$T = \frac{63 \cdot 1.66 \cdot 10^{-1} + 80 \cdot 3.78 \cdot 10^{-2}}{143} = 9.43 \cdot 10^{-2}$$

Para la parte terminal del cono:

$$T = \frac{32 \cdot 4.4 \cdot 10^{-2}}{32} = 4.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Para la zona de llanura aluvial:

$$T = \frac{(92 \cdot 3.77 \cdot 10^{-3} + 81 \cdot 7.3 \cdot 10^{-3} + 76 \cdot 7.05 \cdot 10^{-3} + 74 \cdot 6.93 \cdot 10^{-3} + 148 \cdot 1.33 \cdot 10^{-2} + 114 \cdot 1.08 \cdot 10^{-2} + 89 \cdot 1.115 \cdot 10^{-2})}{674} = 9.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

5.11 COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (6)

No se ha realizado pruebas con pozos de observación que pudieran definir el radio de acción del pozo -obra de captación- mas es posible establecer una distancia r no mayor a 200 m, considerando casos de pozos en el Ingenio San Carlos, zona tipo del cono de deyección estudiado.

Debido a la interacción existente entre los pozos 43 y uno situado 200 m al oeste de éste, la explotación del agua subterránea debe hacerse de alguno de los dos pozos en mención mientras el otro permanece sin producir pues el cono de abatimiento de cada pozo no es independiente, el radio de influencia de cada uno

se sobrepone al del vecino. Por otra parte, pozos ubicados a una distancia equivalente próximos al río Chimbo, que tienen influencia del río muy probablemente, poseen conos de abatimiento independientes. La disposición tan variada de los depósitos no permite sugerir siquiera un valor próximo a 200 m, de manera que escoger $r = 100$ m como medida aceptable de radio de influencia para el acuífero en estudio facilitará los cálculos, aún cuando represente únicamente una aproximación del orden de magnitud.

A partir de las ecuaciones de Jacob y considerando un tiempo t_0 estandar para un abatimiento nulo en los pozos al efectuar la prueba de bombeo de magnitud 0.5 s es posible calcular el volumen de agua que puede ser efectivamente liberado por un prisma vertical en el subsuelo, de sección igual a la unidad, para una baja unidad del nivel piezométrico: s , así:

$$s = \frac{2.25 \cdot T \cdot t_0}{r^2}$$

$$s_1 = \frac{2.25 \cdot 9.43 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5}{100^2} = 1.06 \cdot 10^{-5}$$

$$s_2 = \frac{2.25 \cdot 4.4 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5}{100^2} = 4.95 \cdot 10^{-6}$$

$$s_3 = \frac{2.25 \cdot 9.2 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5}{100^2} = 1.035 \cdot 10^{-6}$$

Estos valores reflejan claramente las condiciones de "manto cautivo" reinantes debidas a la naturaleza de la depositación en un cono de deyección: típica alternancia de depósitos de agua clara y de flujo de detritos, éstos últimos con abundancia de limos y arcillas. Este factor, observado a lo largo de los perfiles propuestos, ejerce una influencia confinante sobre los horizontes acuíferos aún cuando los depósitos con arcilla abundante no se manifiestan continuos en una distancia de decenas de metros, basta la complejidad de distribución de los distintos horizontes para simular un aparente gran manto cautivo, con excelentes características hidráulicas por cierto.

6.12 ESTIMACION DE LOS VOLUMENES DE PRECIPITACION, EVAPOTRANSPIRACION Y RECARGA

La información base para la estimación propuesta fue tomada de registros del INAMHI en las estaciones de interés para este estudio. A continuación se anota

los valores promedio de precipitación anual y los de temperatura anual media del aire, calculados con datos desde el establecimiento de la estación.

Las estaciones en mención están referidas al mapa II y según su posición proveen información de las zonas 1, 2 y 3 -zona intermedia, zona terminal y llanura aluvial respectivamente-.

Zona 1:

Estación M 039

Promedio de temperatura anual media en °C = 23.2

Promedio de precipitación anual en mm = 2508.9

Zona 2:

Estación M 092

Promedio de precipitación anual en mm = 1922.8

Estación M 263

Promedio de precipitación anual en mm = 1707.1

Estación M 218

Promedio de temperatura anual media en °C = 24.9

Promedio de precipitación anual en mm = 1541.8

Estación M 859

Promedio de precipitación anual en mm = 1596.5

Zona 3:

Estación M 531

Promedio de precipitación anual en mm = 718.1

Estación M 037

Promedio de temperatura anual media en °C = 25.3

Promedio de precipitación anual en mm = 1828.3

A continuación se presenta la tabla IV con los parámetros representativos de precipitación, evapotranspiración y volumen de agua disponible para escorrentía e infiltración en cada zona, determinados a partir de las fórmulas propuestas en el capítulo IV y previa determinación de la magnitud de la superficie de cada zona.

Para la zona 1: superficie (A) = $2214 \cdot 10^5 \text{ m}^2$

Para la zona 2: superficie (A) = $4425 \cdot 10^5 \text{ m}^2$

TABLA IV

PARAMETROS DE EVALUACION HIDROGEOLOGICA

	zona 1	zona 2	zona 3
Prec. anual [mm]	2508.9	1692.1	1828.3
Evap. real anual [mm]	857.7	840.7	862.5
Prom. temp. media anual [°C]	23.2	24.9	25.3
Agua disponible en un año [mm]	1651.2	851.3	965.8
Volumen de agua disponible en un año [m ³]	3655·10 ⁵	3767·10 ⁵	----

6.13 RESERVAS SEGUN LA ZONIFICACION

A partir de la zonificación planteada y considerando cada zona como un acuífero particular, es posible calcular las reservas renovables en la zona de estudio a partir de la fórmula $Q = T \cdot i \cdot L$. Para ello se asume la geometría en superficie del cono de deyección como un triángulo cuyo centro de gravedad en el eje y -esparcimiento longitudinal del cono- se encuentra a $1/3$ de la base (ver mapa III) de manera que la longitud transversal L pueda medir-

se a este nivel, así:

Longitud zona 1 (L1) = 15000 m

Longitud zona 2 (L2) = 24000 m

La evaluación de este caudal permite responder la pregunta planteada por el Dr. Mifflin acerca de cuál sería la recarga adicional si quedase espacio disponible para la nueva alimentación en invierno, cuya respuesta indica las perspectivas de máximo aprovechamiento de los recursos hídricos en la zona de estudio, ver tabla V.

TABLA V

ESTIMACION DE LAS RESERVAS RENOVABLES SEGUN LA ZONIFICACION

	T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)
zona 1	$9.43 \cdot 10^{-2}$	$5.06 \cdot 10^{-4}$	15000	0.716 *
zona 2	$4.4 \cdot 10^{-2}$	"	24000	0.534 *
zona 3	$9.2 \cdot 10^{-3}$	-----	-----	-----

* Esta generalización no descarta valores más elevados tales como $Q = 2 \text{ o } 3 \text{ m}^3/\text{s}$ en ciertas zonas donde el basamento es más superficial o las condiciones específicas de distribución de los

depósitos así lo permiten o la explotación del agua subterránea es intensiva.

El orden de magnitud del gradiente hidráulico: 10^{-4} , es reflejo claro de la saturación del manto acuífero; de hecho la morfología de las curvas de nivel estático semeja la topografía del terreno. Una política de correcta explotación del agua subterránea induciría un mayor gradiente, facilitando con ello una recarga muy superior a la actual.

La tabla VI muestra un cuadro comparativo de recargas en base a los caudales estandar para cada zona y luego en base a un valor de caudal más elevado, verificado a partir de datos de zonas donde se da una explotación intensiva como en el Ingenio San Carlos.

TABLA VI

CUADRO COMPARATIVO DE RECARGAS ESTANDAR Y OPTIMAS

	zona 1	zona 2
$Q_s(m^3/s)$	0.716	0.534
$Q_o(m^3/s)$	2.0	2.0
$Q_s'(m^3/año)$	$2258 \cdot 10^4$	$1684 \cdot 10^4$
$Q_o'(m^3/año)$	$6307 \cdot 10^4$	$6307 \cdot 10^4$
porcentaje disponible para recarga tomado del total disponible para escorrentía e infiltración en base a Q_s (%)	6.2	4.5
porcentaje disponible para recarga tomado del total disponible para escorrentía e infiltración en base a Q_o (%)	17.25	16.74

Se observa claramente un incremento aproximado de 300% en la eficiencia de la recarga, que contribuiría a una mayor regulación de las aguas superficiales tanto en la región de abanico aluvial propiamente como en la llanura aluvial -muy susceptible de

inundación- que se extiende a continuación.

6.13.1 El acuífero superior

Una vez determinada la existencia de dos acuíferos en la sección 5.6, es posible distinguir una caracterización independiente. Los parámetros hasta ahora encontrados describen exclusivamente el comportamiento del acuífero superior ya que los registros más profundos analizados: pozos 11, 21 y 33 de 148, 122 y 130 m respectivamente, atraviesan en sus últimos niveles depósitos predominantemente arcillosos, evidenciando con ello haber alcanzado el inicio de la capa divisoria entre ambos acuíferos.

Es posible estimar una capacidad volumétrica de reserva para el acuífero superior, ponderando la calidad y abundancia de depósitos en las columnas litológicas de las distintas zonas. Para ello se empleará la fórmula:

$$V = A \cdot e \cdot \phi$$

El asignar valores para la porosidad (ϕ) en cada zona requiere primeramente la estimación

del espesor acuífero según la clasificación del material acuífero planteada a inicios del capítulo, para luego ponderar un valor representativo basado en dicho espesor.

Las tablas VII y VIII muestran los porcentajes de abundancia de material acuífero según la calidad del depósito en los pozos correspondientes a las zonas 1 y 2.

TABLA VII
ZONA 1 ACUIFERO SUPERIOR

Pozo	C-1 (%)	C-2 (%)	C-3 (%)
1	11	22	37
12	--	--	100
36	7	79	7
Abundancia relativa (%)	6	33.67	48.0
Abundancia absoluta: material acuífero referido al 100% (%)	6.8	38.4	54.8
La determinación de la porosidad se propondrá de acuerdo a la clasificación propuesta por Davis (1971)			
Porosidad total ϕ (%)	25.1	33.3	45.7

Se puede determinar por tanto una porosidad ponderada (ϕ) para la zona 1 de 39.54 % y a partir de este valor, una capacidad volumétrica de reserva, asignando al acuífero superior un espesor medio bastante conservador de 100 m que libera un margen de espesor superficial en el que el filtrado de materia contaminante aún no se ha completado. Así:

$$V = 2214 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 0.3954 = 8754 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

TABLA VIII

ZONA 2 ACUIFERO SUPERIOR

Pozo	C-1 (%)	C-2 (%)	C-3 (%)
2	6	59	30
13	33	53	7
14	4	75	17
15	--	31	14
16	3	45	5
22	4	58	10
23	11	12	23
23	7	32	32
25	--	34	21
26	--	12	33
27	--	9	68

sigue...

...viene

Pozo	C-1 (%)	C-2 (%)	C-3 (%)
28	13	51	13
29	--	43	15
30	--	44	12
31	--	34	16
32	12	21	22
34	25	17	20
35	24	16	4
37	--	51	15
38	3	63	21
39	--	25	58
<hr/>			
Abundancia relativa (%)	6.9	37.38	21.7
<hr/>			
Abundancia absoluta: material acuifero referido al 100% (%)	10.5	56.6	32.9
<hr/>			
Porosidad total ø (%)	25.1	33.3	32.9
<hr/>			

Similarmente al cálculo hecho para la zona 1, es posible determinar una porosidad ponderada (K), que para la zona 2 tendrá un valor de 36.52 % y un volumen potencial de reserva:

$$V = 4425 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 0.3652 = 1616 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

6.13.2 El acuífero inferior

El presente trabajo no caracteriza al acuífero inferior, enuncia simplemente su existencia (ver fig. 5.4) como potencial fuente de explotación de recursos hídricos cuyo aprovechamiento resulta en la actualidad sumamente costoso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presenta condiciones favorables para la preservación del cono de deyección en el registro estratigráfico debido a la tectónica de placas activa en los últimos 10 m.a. por esparcimiento del piso oceánico a lo largo del sistema de grietas Carnegie-Galápagos.

La actividad tectónica ha causado sucesivos fallamientos en el sur de la costa ecuatoriana, de manera que la zona de estudio es consecuencia directa de este fenómeno y constituye actualmente un horst -alto estructural- adosado al cual se desarrollan dos depresiones, conjunto que ha permitido una importante acumulación detrítica que constituye el reservorio regional de aguas subterráneas, enmarcado entre fallas de rumbo NO al N, una de rumbo NS al O, una ENE al S y un plano de falla paralelo al flanco oeste de la Cordillera Occidental al E.

La morfología del basamento condiciona las características del acuífero, de manera que se puede esperar

explotar agua dulce hacia el E de la falla de rumbo NS mostrada en los mapas I y III, y aún hacia el oeste de la falla, en cotas sobre el nivel del mar.

4) Las líneas de isopropfundidades más superficiales (mapas I y III) permiten definir, en superficie, una franja guía de localización de pozos que exploten el acuífero en condiciones muy favorables, considerando la circulación del agua en el subsuelo.

5) A pesar de la divagación característica de un abanico aluvial, es posible esperar un valor de transmisibilidad representativo, que para la zona cabeza-intermedia es de $9.43 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, para la zona terminal es de $4.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ y para la zona de llanura aluvial (fuera del cono) es de $9.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; así también una capacidad de reserva de $8754 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ para la zona 1 y $1616 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ para la zona 2, las que permiten una capacidad de renovación del recurso de $6307 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{año}$, lo cual evidencia las ideales condiciones del acuífero.

6) En términos generales, la presencia de estratos de arcilla -avenidas de material arcilloso- suele favorecer las condiciones de explotación del acuífero pues al propiciar un ambiente de semiconfinamiento puede generar artesianismo, eliminando así la utiliza-

ción de bombas para la explotación del acuífero.

- 7) Este artesianismo, sin embargo, dificulta las operaciones de perforación rotatoria con circulación inversa puesto que la presión de la formación impediría el avance y adicionalmente podría ocasionar el derrumbe del pozo. Sin embargo, de suceder lo antes anotado, esto es: la existencia de artesianismo, la perforación se continuaría utilizando para el efecto lodos pesados.
- 8) La magnitud de precipitaciones pluviales mas la imposibilidad de mayor reserva en el subsuelo por hallarse casi completamente saturado sugiere desde todo punto de vista el establecimiento de una política de explotación intensiva del acuífero -como de deyección- para controlar el balance hidrogeológico al favorecer la infiltración (recarga) y disminuir la escorrentía superficial que produce considerables inundaciones en época de lluvia.
- 9) Es preciso adoptar una política de incrementar la explotación de recursos hídricos subterráneos, logrando así generar periódicamente capacidad acuífera, la misma que permitiría la recarga en iguales circunstancias. Por consiguiente, la red de perforaciones necesarias daría la oportunidad de detallar aún más este tipo de investigación.

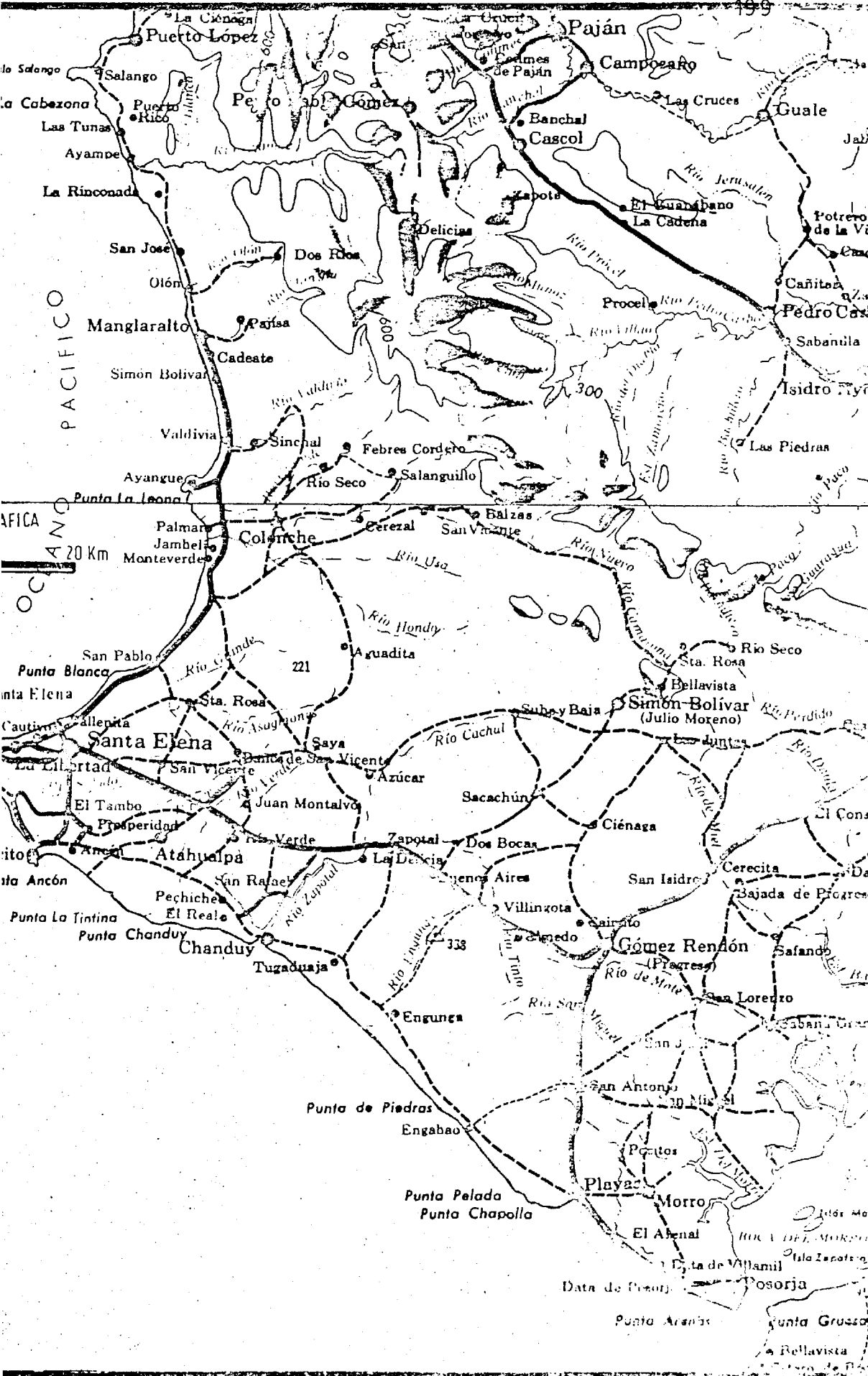
10) Es necesario así mismo, establecer una política de control de los pozos practicados en la zona para evaluar el comportamiento del acuífero de tal modo que sea posible establecer el modelo hidráulico.

A P E N D I C E S

APENDICE A

MAPA DE NIVELES ESTATICOS SEGUN EL PLAN MAESTRO DE
AGUA POTABLE PARA GUAYAQUIL Y SU AREA DE INFLUENCIA

1980 - 2000



APENDICE B

REGISTRO SISMICO DE VIBROSEIS Y RESULTADOS DEL PROCE-
SAMIENTO DE DATOS

EAST



NEVADA

Corporación
Laboratorio

WESTERN
GEOPHYSICAL

A DIVISION OF LITTON INDUSTRIES
5800 PINE HILLS CENTER, CALIFORNIA

CEPE



...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rac} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1120	0					
	560	2150.0	2675.6	2284.7	267.6	868.2
	760	2300.0	2780.5	2331.9	111.2	979.4
	840	2350.0				
1140	1320	2650.0				
	0	1700.0				
			2000.0	2000.0	289.0	280.0
	280	2000.0	2290.2	2145.1	320.6	600.6
	560	2150.0	2675.6	2284.7	267.6	868.2
	760	2300.0	2751.5	2302.4	41.3	979.5
1160	790	2318.8				
	1320	2650.0				
	0	1700.0				
			2150.0	2150.0	516.0	516.0
	480	2150.0				sigue...

...viene

PUNTO	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
VIBRACION	0		2508.2	2293.3	401.3	917.3
1160	800	2300.0	3211.8	2357.4	96.4	1013.7
	869	2375.0				
	920	2450.0				
1180	0	1700.0	2150.0	2150.0	645.0	645.0
	600	2150.0	2526.4	2244.1	252.6	897.6
	800	2250.0	3136.9	2286.6	62.7	960.4
	840	2300.0				
	1200	2750.0				
1200	0	1600.0	2000.0	2000.0	480.0	480.0
	480	2000.0	2295.9	2138.1	482.1	962.1
	900	2143.2				
	920	2150.0				
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{r_{mc}} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1220	0	1550.0				
	280	1600.0	1600.0	1600.0	224.0	224.0
	520	1800.0	2008.3	1788.5	241.0	465.0
	760	1850.0	1954.0	1840.7	234.5	699.5
	920	2050.0	2812.0	2009.6	225.0	924.5
	990	2090.8	2567.5	2049.1	89.9	1014.4
	1950	2650.0				
1240	0	1550.0				
	280	1600.0	1600.0	1600.0	224.0	224.0
	520	1800.0	2008.3	1788.5	241.0	465.0
	760	1850.0	1954.0	1840.7	234.5	699.5
	920	2050.0	2812.0	2009.6	225.0	924.4
	980	2085.0	2561.8	2043.5	76.9	1001.3
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1240	0	2650.0				
	1950	2650.0				
1250	0	1550.0				
	280	1600.0	1600.0	1600.0	224.0	224.
	520	1800.0	2008.3	1788.5	241.0	465.
	760	1850.0	1954.0	1840.7	234.5	699.
	920	2050.0	2812.0	2009.6	225.0	924.
	980	2085.0	2561.8	2043.5	76.9	1001.3
	1950	2650.0				
1273	0	1900.0				
	680	2000.0	2000.0	2000.0	680.0	680.0
	960	2300.0	2902.2	2263.2	406.3	1086.3
	1000	2423.1	4452.3	2350.7	89.1	1175.4
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1273	1480	3900.0				
1280	0	1900.0	2000.0	2000.0	680.0	680.0
	680	2000.0	2862.9	2225.1	343.5	1023.5
	920	2257.1				
	960	2300.0				
1290	0	1900.0	2000.0	2000.0	680.0	680.0
	680	2000.0	2862.9	2225.1	343.6	1023.6
	920	2257.1				
	960	2300.0				
1300	0	1900.0	2000.0	2000.0	680.0	680.0
	680	2000.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1300	0		2882.6	2244.1	374.7	1054.7
	940	2278.6				
	960	2300.0				
1320	0	1900.0				
			2000.0	2000.0	720.0	720.0
	720	2000.0				
	850	2162.5	2902.2	2138.0	188.6	908.6
880	2200.0					
1340	0	1900.0				
			2000.0	2000.0	520.0	520.0
	520	2000.0				
	715	2146.3	2494.7	2134.9	243.2	763.2
720	2150.0					
1350	0	1900.0				sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1350	0					
	520	2000.0	2000.0	2000.0	520.0	520.0
	650	2097.5	2449.0	2089.8	159.2	679.2
	720	2150.0				
1360	0	1900.0				
	450	1986.5	1986.5	1986.5	447.0	447.0
	520	2000.0				
1370	0	1900.0				
	480	2000.0	2000.0	2000.0	480.0	480.0
	600	2350.0	3407.7	2281.5	204.5	684.5
	610	2359.4	2866.6	2291.1	14.3	698.8
	760	2500.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms) 0	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1420	1240	3550.0				
1425	0	1900.0				
	740	2094.7	2094.7	2094.7	775.1	775.1
	760	2100.0				
1440	0	1900.0				
	760	2000.0	2000.0	2000.0	760.0	760.0
	815	2068.8	2854.0	2057.6	78.5	838.5
	880	2150.0				
1460	0	1900.0				
	760	2000.0	2000.0	2000.0	760.0	760.0
	800	2050.0	2837.3	2041.9	56.8	816.8
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1460	0	2150.0				
	880					
1480	0	1900.0				
	800	2150.0	2150.0	2150.0	860.0	860.0
1500	0	1900.0				
	400	2000.0	2000.0	2000.0	400.0	400.0
	770	2231.3	2456.9	2219.5	454.5	854.5
	800	2250.0				
1520	0	1900.0				
	520	2000.0	2000.0	2000.0	520.0	520.0
	750	2164.3	2496.2	2152.2	287.1	807.1
	800	2200.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1540	0	1900.0				
	720	2150.0	2150.0	2150.0	774.0	774.0
	750	2222.1	3536.3	2205.5	53.1	827.1
	1240	3400.0				
1560	0	1900.0				
	720	2150.0	2150.0	2150.0	774.0	774.0
	730	2174.0	3494.4	2168.4	17.5	791.5
	1240	3400.0				
1580	0	1900.0				
	400	2000.0	2000.0	2000.0	400.0	400.0
	680	2250.0	2565.2	2232.7	359.1	759.1
	700	2488.6	6681.4	2359.8	66.8	826.0

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1580	0	3300.0				
	1120					
1600	0	1900.0				
	640	2150.0	2150.0	2150.0	688.0	688.0
	670	2258.3	3910.0	2228.8	58.7	746.7
	1000	3450.0				
1620	0	1900.0				
	440	2000.0	2000.0	2000.0	440.0	440.0
	600	2200.0	2674.0	2179.7	213.9	653.9
	650	2266.0	2945.0	2238.6	73.6	727.5
	1320	3150.0				
1640	0	1900.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1640	0		2100.0	2100.0	546.0	546.0
	520	2100.0	2986.7	2254.8	164.3	710.3
	630	2279.8				
	1040	2950.0				
intersec. LV - 15	0	1900.0	2100.0	2100.0	546.0	546.0
	520	2100.0	2942.4	2212.3	117.7	663.7
	600.0	2230.8				
	1040	2950.0				
1660	0	1900.0	2100.0	2100.0	546.0	546.0
	520	2100.0	2957,2	2226.5	133.1	679.1
	610	2247.1				
	1040	2950.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1680	0	1900.0				
			2200.0	2200.0	616.0	616.0
	560	2200.0				
			2723.9	2226.6	40.9	656.6
	590	2229.6				
	1320	2950.0				
1685	0	1900.0				
			2200.0	2200.0	616.0	616.0
	560	2200.0				
			2723.9	2226.6	40.9	656.9
	590	2229.6				
	1320	2950.0				
1700	0	1900.0				
			2100.0	2100.0	714.0	714.0
	680	2100.0				
			3118.6	2452.6	561.4	1275.4
	1040	2500.0				
			3748.3	2625.4	299.9	1575.2
	1200	2700.0				
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms) 0	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _a (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1700	1420	2837.5	3493.5	2759.9	384.3	1959.5
	1440	2850.0				
1720	0	1900.0				
			2150.0	2150.0	645.0	645.0
	600	2150.0	3185.6	2649.9	892.0	1537.0
	1160	2700.0	3467.9	2775.3	364.1	1901.1
	1370	2831.3				
1400	2850.0					
1740	0	1850.0				
			2000.0	2000.0	280.0	280.0
	280	2000.0	2865.5	2676.2	1432.8	1712.8
	1280	2700.0	3319.6	2718.5	149.4	1862.1
	1370	2745.0				
1480	2800.0				sigue...	

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	Vrac (m/s)	Vint (m/s)	Vm (m/s)	ESP (m)	PF (m)
1760	0	1850.0				
	280	2000.0	2000.0	2000.0	280.0	280.0
	1250	2679.0	2845.0	2655.7	1379.8	1659.8
	1280	2700.0				

Hacia el este, antes del punto de vibración 1060 se distingue en el registro fragmentos de horizontes escalonados representando bloques caídos cercanos al flanco de la cordillera.

Estos bloques son producto, probablemente, de la inyección de agua o de tectonismo, ambos fenómenos como marco del ambiente de abanico aluvial estudiado, en las proximidades del ápice, donde se cuenta con el mayor volumen de recarga del acuífero y se infiere una falla paralela al flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes.

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rac} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4120	0	1600.0				
			1900.0	1900.0	475.0	475.0
	500	1900.0				
			2810.7	1982.8	70.3	545.3
	550	2000.0				
	1000	2900.0				
4140	0	1900.0				
			2536.9	2536.9	583.5	583.5
	460	2536.9				
	1300	3700.0				
4160	0	2900.0				
			3076.0	3076.0	676.7	676.7
	440	3076.0				
	500	3100.0				
4180	0	3300.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4180	0		3582.2	3582.0	841.8	841.8
	470	3582.0				
	500	3600.0				
4200	0	3300.0				
			3522.0	3522.0	651.6	651.6
	370	3522.0				
	500	3600.0				
4220	0	3100.0				
			3288.6	3288.6	394.6	394.6
	240	3288.6				
	1400	4200.0				
4230	0	3300.0				
			3390.0	3390.0	305.1	305.1
	180	3390.0				
	1200	3900.0				sigue...



BIBLIOTECA

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4240	0	3300.0				
	400.0	3500.0	3500.0	3500.0	700.0	700.0
	1200	3900.0				
4260	0	3300.0				
	410	3658.8	3658.8	3658.8	750.0	750.0
	800	4000.0				
4280	0	3300.0				
	480	3588.0	3588.0	3588.0	861.1	861.1
	1000	3900.0				
4290	0	3300.0				
	360	3516.0	3516.0	3516.0	632.9	632.9

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rac} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4290	0	3900.0				
	1000	3900.0				
4300	0	3300.0				
	260	3456.0	3456.0	3456.0	449.3	449.3
	1000	3900.0				
4320	0	3500.0				
	330	3971.4	3971.4	3971.4	655.3	655.3
	700	4500.0				
4330	0	2300.0				
	390	2690.0	2690.0	2690.0	524.6	524.6
	500	2800.0				
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4340	0	2300.0				
	500	2800.0	2800.0	2800.0	700.0	700.0
	580	2880.0	3336.8	2874.1	133.5	833.5
	1700	4000.0				
4360	0	1700.0				
	500	1900.0	1900.0	1900.0	475.0	475.0
	730	1923.0	1972.1	1922.7	226.8	701.9
	1500	3000.0				
4380	0	1600.0				
	500	1900.0	1900.0	1900.0	475.0	475.0
	710	2110.0	2541.1	2089.6	266.8	741.8
	1000	2400.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
4400	0	1600.0				
			1900.0	1900.0	475.0	475.0
	500	1900.0				
			2812.5	2356.2	703.1	1178.1
	1000	2400.0				
			3184.4	2417.6	127.4	1305.5
	1080	2466.7				
	1600	2900.0				
4420	0	1600.0				
			2100.0	2100.0	551.3	551.3
	525	2100.0				
			3003.0	2664.4	1313.8	1865.1
	1400	2700.0				
			3986.5	2792.3	290.0	2164.5
	1550	2850.0				
	2000.0	3300.0				
4440	0	1500.0				
			2100.0	2100.0	551.3	551.3
	500	2100.0				
						sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
	0		2954.7	2699.8	1477.3	2002.3
4440	1500	2700.0	4451.8	2851.2	378.4	2380.7
	1670	2926.7				
	2400	3900.0				

TABLA LV - 33

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
190	0	2000.0				
			2150.0	2150.0	387.0	387.0
	360	2150.0				
			3479.8	2439.1	174.0	561.0
	460	2500.0				
			3478.4	3051.5	1147.9	1708.9
	1120	3114.0				
	1320	3300.0				
200	0	2000.0				
			2150.0	2150.0	387.0	387.0
	360	2150.0				
			3479.8	2439.1	174.0	561.0
	460	2500.0				
			3558.5	3133.0	1334.5	1895.4
	1210	3197.7				
	1300	3300.0				
210	0	2000.0				
			2150.0	2150.0	387.0	387.0
	360	2150.0				sigue...



BIBLIOTECA

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _a (m/s)	ESP (m)	PF (m)
210	0		3479.8	2439.1	174.0	561.0
	460	2500.0	3318.5	2888.2	796.5	1357.4
	940	2946.5				
	1320	3300.0				
220	0	2000.0				
	560	2850.0	2850.0	2850.0	798.0	798.0
	940	3135.0	3513.1	3118.1	667.5	1465.5
	960	3150.0				
240	0	1900.0				
	560	2250.0	2250.0	2250.0	630.0	630.0
	840	2450.0	2807.6	2435.9	393.1	1023.1
	860	2456.3	2705.8	2442.1	27.1	1050.1
	1480	2650.0				sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	Vrac (m/s)	Vint (m/s)	Vm (m/s)	ESP (m)	PF (m)
300	0	2550.0				
	880					
320	0	1800.0				
	440	2200.0	2200.0	2200.0	484.0	484.0
	830	2453.8	2795.1	2436.4	405.3	889.3
	840	2550.0				
340	0	1800.0				
	400	2250.0	2250.0	2250.0	450.0	450.0
	720	2300.0	2361.0	2299.3	377.8	827.8
	790	2460.4	3729.4	2426.1	130.5	958.3
	960	2850.0				
360	0	1800.0				

sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	Vrac (m/s)	Vint (m/s)	Vm (m/s)	ESP (m)	PF (m)
360	0		2250.0	2250.0	450.0	450.0
	400	2250.0	2361.0	2299.3	377.8	827.8
	720	2300.0	4076.8	2743.7	489.2	1317.0
	960	2850.0	3349.3	2762.1	50.2	1377.2
	990	2866.4				
	1600	3200.0				
380	0	1800.0	2300.0	2300.0	874.0	874.0
	760	2300.0	3707.1	2544.7	296.6	1170.6
	920	2600.0	4072.3	2948.0	671.9	1842.5
	1250	3058.3				
	1280	3100.0				
410	0	1800.0	2000.0	2000.0	280.0	280.0
	280	2000.0				sigue...

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	Vrac (m/s)	Vint (m/s)	Vm (m/s)	ESP (m)	PF (m)
410	0		2769.5	2524.7	830.9	1110.9
	880	2550.0	3434.9	2772.9	566.8	1677.6
	1210	2819.0				
	1800	3300.0				
420	0	1700.0				
			1850.0	1850.0	629.0	629.0
	680	1850.0	2609.3	2071.5	365.3	994.3
	960	2100.0	3055.6	2293.7	427.8	1422.1
	1240	2350.0	2869.9	2348.4	186.6	1608.6
	1370	2404.2				
440	1600	2500.0				
	0	1650.0				
			2050.0	2050.0	943.0	943.0
	920	2050.0	2526.1	2237.9	757.8	1700.8
1520	2250.0				sigue...	

...viene

PUNTO VIBRACION	T (ms)	V _{rnc} (m/s)	V _{int} (m/s)	V _m (m/s)	ESP (m)	PF (m)
440	0		3619.3	2452.8	506.7	2207.5
	1800	2512.5				
	2160	2850.0				
460	0	1650.0				
	920	2050.0	2050.0	2050.0	943.0	943.0
	1520	2250.0	2526.1	2237.9	757.8	1700.8
	1650	2371.9	3494.6	2336.9	227.2	1928.0
	2160	2850.0				

* Hacia el este, antes del punto de vibración 190 se distingue en el registro, fragmentos de horizontes escalonados representando bloques caídos cerca del flanco de la cordillera.

Estos bloques son producto, probablemente, de la inyección de agua o de tectonismo, ambos fenómenos como marco del ambiente de abanico aluvial estudiado.

APENDICE C

DATOS METEOROLOGICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

1633
BUCAV

LATITUD: 2 11 44S LONGITUD: 79 8 00 ELEVACION: 400 MTS. PERIODO 1969-1984

***** VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION MENSUAL (mm) *****												***** VALORES ANUALES *****			
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MAXIMA	MINI-
397.1+	542.6+	562.0+	479.3+	199.7+	96.0+	51.4+	28.5+	39.3+	36.8+	35.0	117.5	2454.2	204.5	542.8FEB	28.5ENE
326.9	326.2	183.4	394.3	298.9	81.4	13.5	16.1	20.8	23.5	42.1	66.3	1736.3	148.9	474.3FEB	13.1ENE
388.8	570.0	669.5	136.7	141.7	84.1	47.3	20.8	27.0	33.5	42.3	126.1	2517.3	209.8	662.5MAR	20.9ENE
486.2	537.6	558.2	636.7	245.4	235.4	61.6	21.0+	5.6	31.2	13.5	362.3	3254.6	271.2	693.7MAR	9.8ENE
314.0	519.6+	274.3	411.3+	181.8+	89.6	15.8	22.6	53.5	29.1	23.5	40.4	2490.4	207.4	514.0ENE	15.9ENE
252.9	574.3	447.1	126.5	73.5	48.8	13.5	12.1	47.2	25.0	38.2	257.0	1832.2	168.7	574.3FEB	12.1ENE
315.5	675.6	718.7	492.3	144.2	93.3	46.1	33.3	18.9	45.1	32.7	58.5	2755.9	229.3	718.7MAR	10.5ENE
550.7	674.9	775.0	408.4	318.6	121.3	51.4	42.2	30.0	28.5	43.0	141.5	3385.5	282.1	674.9FEB	26.9ENE
356.3	538.4	629.4	267.8	61.2	40.6	14.3	9.4	21.7	13.5	21.9	77.1	1996.6	166.3	629.4MAR	8.4ENE
142.7	489.1	270.0	376.8	89.9	13.5	14.3	14.5	14.9	24.4	26.6	157.3	1636.0	136.3	489.1FEB	13.5ENE
380.0	365.0	23.8	336.2	110.3	45.1	13.0	16.1	42.5	25.8	16.1	35.6	1433.5	119.5	365.0FEB	12.1ENE
376.2	466.1	279.0	651.7	266.7	58.5	12.5	13.5	13.7	36.9	36.2	47.5	2252.5	196.2	651.7MAR	12.5ENE
132.3	414.9	658.6	248.8	22.1	13.4	23.5	19.5	28.2	32.7	26.4	117.7	1738.1	144.3	658.6MAR	13.4ENE
273.4	177.2	181.5	203.8	60.9	13.2	9.5	10.2	39.4	64.7	487.6	958.7	2371.1	197.6	858.7DIC	9.5ENE
691.9	638.1	694.8	595.8	633.7	462.1	393.6	135.2	151.2	66.3	157.5	313.0	4987.2	415.6	694.8MAR	96.2ENE
164.6	745.5	662.9	664.8	136.4	103.9	18.4	26.8	56.0	26.2	41.8	108.2	3155.5	263.0	664.8MAR	18.4ENE

DE SIGNOS : * RELLENO CON CORRELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNDANTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

***** VALORES ESTADISTICOS *****

6075.0	6507.6	7892.2	6731.8	2974.9	1597.4	697.7	440.5	600.9	578.3	1098.7	2939.3	40142.3	3345.2	10699.1	317.3
379.9	531.7	492.6	420.7	185.9	94.2	50.5	27.5	37.6	36.1	68.7	183.3	2568.9	209.1	666.7	19.8
366.5	537.7	536.1	481.3	143.0	72.8	19.0	20.1	25.1	36.1	36.6	117.6	2412.7	201.1	676.1	13.5
132.3	177.2	23.8	126.6	22.1	13.2	9.5	3.4	9.6	18.6	13.5	35.6	1433.5	119.5	326.0	8.5
614.0	674.9	862.9	664.8	633.7	406.1	393.6	135.2	151.2	66.3	487.6	958.7	4987.2	415.6	674.9	68.3
681.7	697.7	693.1	736.2	611.6	392.9	394.1	126.3	141.6	67.7	474.1	923.1	3552.7	296.1	490.5	77.3
134.3	164.1	266.6	211.0	148.9	99.3	93.2	39.1	33.9	17.1	117.1	203.5	679.5	73.3	161.3	18.7
123.5	110.0	176.5	141.4	99.8	66.6	52.4	20.1	22.7	11.5	78.5	136.3	569.3	49.1	196.1	12.3
46.1	41.0	66.7	52.7	37.2	24.8	23.3	7.5	8.5	4.3	29.3	50.9	219.9	18.3	48.3	4.7
.5	.3	.5	.5	.8	1.1	1.8	1.1	.9	.5	1.7	1.1	.4	.4	.2	.6

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

NO 39
BUCAV LATITUD: 2 11 44S LONGITUD: 79 S 04 ELEVACION: 493 HTS. PERIODO 1969-1984

***** VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION FRECUENCIAS (DIAS RR > 10,0) ***** ** VALORES ANUALES **

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA
10.+	14.+	13.+	11.+	5.+	3.+	1.+	0.+	1.+	0.+	0.	4.	63.	5.	14.550	0.000
12.	12.	5.	18.	9.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	59.	5.	19.800	0.000
13.	14.	19.	6.	3.	1.	2.	0.	0.	0.	0.	5.	61.	5.	13.800	0.000
15.	15.	16.	15.	7.	8.	2.	0.+	0.	1.	0.	16.	90.	8.	19.800	0.000
17.+	13.	14.+	8.	6.+	2.	0.	0.	1.	0.	0.	1.	59.	5.	16.800	0.000
8.	14.	10.	2.	1.	1.	0.	0.	1.	0.	0.	6.	41.	3.	14.800	0.000
12.	13.	17.	12.	3.	2.	0.	0.	0.	1.	0.	3.	69.	6.	13.800	0.000
16.	16.	21.	13.	13.	4.	3.	0.	0.	1.	1.	3.	96.	8.	21.800	0.000
12.	12.	17.	6.	3.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	58.	5.	15.800	0.000
2.	14.	8.	9.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3.	38.	3.	14.800	0.000
14.	11.	1.	10.	4.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	41.	3.	11.800	0.000
6.	11.	8.	14.	6.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	6.	48.	4.	14.800	0.000
3.	13.	13.	9.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3.	45.	4.	15.800	0.000
7.	4.	4.	13.+	1.	0.	0.	0.	0.	0.	10.	17.	56.	5.	17.800	0.000
17.	17.	18.	13.	17.	12.	14.	3.	7.	2.	1.	7.	128.	11.	18.800	1.000
5.	18.	19.	19.	4.	3.	0.	0.	2.	0.	1.	4.	75.	6.	19.800	0.000
-----0-----															

ON DE SIGNOS : * RELLENO CON CORRELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNDANTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

***** VALORES ESTADISTICOS *****

166.9	230.4	204.9	175.5	82.9	40.5	19.2	3.4	11.7	4.3	13.0	63.0	1018.7	84.9	267.4	1.1
10.4	14.4	12.8	11.0	5.2	2.5	1.2	.2	.7	.3	.8	4.1	63.7	3.3	16.7	.1
11.8	14.2	14.6	11.4	4.0	1.5	.0	.0	.0	.0	.0	3.0	59.2	4.9	17.0	.0
2.0	4.0	1.0	2.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	38.0	3.2	14.0	.0
17.0	19.0	21.0	19.0	17.0	12.0	14.0	3.0	7.0	2.0	10.0	17.0	122.0	10.7	21.0	1.0
15.0	15.0	20.0	17.0	17.0	12.0	14.0	3.0	7.0	2.0	10.0	17.0	90.0	7.5	7.0	1.0
4.5	3.8	6.1	4.6	4.5	3.2	3.5	.7	1.8	.6	2.5	4.3	23.3	1.9	2.3	.3
3.0	2.5	4.1	3.1	3.0	2.1	2.3	.5	1.2	.4	1.7	2.9	15.6	1.3	1.5	.2
1.1	.9	1.5	1.1	1.1	.8	.9	.2	.4	.1	.6	1.1	5.8	.5	.6	.1
.4	.3	.5	.4	.9	1.3	2.9	3.6	2.4	2.2	3.1	1.1	.4	.4	.1	4.0
-----0-----															

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICO 240

H263
 SAN ANTONIO-BENEFICIO CACAO LATITUD: 2 6 29S LONGITUD: 79 23 39W ELEVACION: 59 MTS. PERIODO 1968-1974

***** VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION MENSUAL (mm) *****												***** VALORES ANUALES *****			
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA
284.2+	358.5+	477.3+	334.0+	124.8+	81.5+	19.9+	3.0+	11.1+	5.0+	3.3+	4.9	1712.5	142.7	477.3MAR	3.0AGO
273.4+	344.9+	493.5	339.0	134.0	39.5	22.5	.0	3.5	15.0	4.5	29.5	1669.3	139.1	403.5MAR	.0AGO
296.5	281.0	134.0	530.5	122.5	16.0	2.5	.0	1.5	5.0	.5	74.0	1440.0	121.7	530.5MAY	.0AGO
135.1	259.7	484.8	141.3	24.0	16.6	1.2	.0	3.0	.0	4.2	23.6	1085.7	90.5	484.8MAR	.0OCT
310.3	330.0	672.1	279.2	138.0	372.8	80.8	16.6	.0	9.6	6.0	370.2	2593.6	216.1	672.1MAR	.0SEP
474.3	426.7	655.6	395.0	136.9	12.4	3.5	.0	51.9	5.2+	1.1	69.7+	2426.2	202.2	655.6MAR	.0AGO
98.1	356.0	94.8	165.8	76.3	.0	.0	.0	1.6	14.0+	6.2+	189.7+	1002.5	83.5	356.0FEB	.0AGO

IGN DE SIGNOS : * RELLENO CON COERELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNDANTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

***** VALORES ESTADISTICOS *****

.....	1669.9	2358.7	3122.1	2184.8	816.5	533.0	130.4	19.6	73.6	56.8	26.0	750.5	11949.9	995.8	3772.0	3.0
.....	267.1	337.0	443.0	312.1	116.6	76.1	18.6	2.0	10.4	8.1	3.7	198.5	1707.1	142.3	546.0	.4
A.....	264.2	344.9	477.3	334.0	124.8	16.0	3.5	.0	3.4	2.0	4.2	18.7	1665.3	139.1	403.5	.0
.....	98.1	259.7	94.8	141.3	24.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5	6.8	1002.5	83.5	356.0	.0
.....	474.3	426.7	655.6	395.0	194.0	372.8	80.8	16.6	51.9	15.0	6.2	370.2	2593.6	216.1	655.6	3.0
NO.....	376.2	161.0	760.8	389.2	170.0	372.8	80.8	16.6	51.9	15.0	5.7	303.4	1591.1	132.6	439.6	3.0
CA.....	124.2	53.2	272.0	133.8	53.5	133.6	26.9	6.2	13.7	5.3	2.2	136.3	612.1	51.0	171.6	1.1
MO.....	83.2	35.7	182.2	89.7	35.3	89.5	19.4	4.1	12.5	3.6	1.5	87.3	418.1	34.2	115.0	.8
STOR.....	46.9	20.1	102.8	50.6	20.2	50.5	10.9	2.3	7.1	2.0	.6	49.2	231.4	19.3	64.0	.4
ABLE.....	.5	.2	.6	.4	.5	1.8	1.6	2.2	1.3	.7	.6	1.2	.4	.4	.3	2.6

NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

1092

NACIONAL CONF. INEPMI LATITUD: 2 5 54S LONGITUD: 75 29 10W ELEVACION: 340MS. PERIODO 1910-1955

AÑOS		VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION (MM)												SUMA			MEDIA	MAXIMA	MINIMA
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA				
271.0	324.0	255.4	361.4	27.4	4.7	4	1.3	1.7	6.2	3.2	12.6	1014.0	100.3	551.4000	7.51				
131.0	478.4	493.1	252.1	4.3	2	5.0	4	3	2.2	3.0	32.5	1403.0	117.0	430.1000	1.000				
374.0	140.0	85.0	77.5	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	15.0	414.0	457.0	1450.0	120.8	197.0000	1.000				
600.0	361.0	766.0	660.2	538.4	393.6	422.6	510.0	100.0	3.0	3.1	0.0	3932.1	327.7	721.0000	3.000				
12.0	277.0	437.0	400.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1640.0	136.7	400.0000	1.000				
93.0	393.0+	435.5+	396.4+	127.4+	67.4+	92.8+	1.8+	33.6+	7.4+	54.7+	145.1+	1614.0	134.5	435.5045	1.3450				

DE SIGNOS : * RELLENO CON CORRELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNJACENTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

VALORES ESTADISTICOS

1335.0	2215.0	2424.0	2306.0	703.0	466.4	522.0	9.0	107.0	41.1	527.1	307.8	11534.0	561.2	3171.1	7.7
252.0	365.0	404.1	367.0	110.0	61.1	67.1	1.6	11.0	6.0	37.0	104.0	1120.1	100.0	510.0	1.0
201.0	374.0	441.7	398.4	18.0	2.0	2.0	1.0	12.1	7.0	60.1	1521.2	126.8	477.2	1.4	
22.0	140.0	29.0	77.5	2.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.7	1.0	12.6	1204.0	100.3	251.4	1.0
600.0	361.0	766.0	660.2	538.4	393.6	422.6	510.0	100.0	12.6	414.0	437.0	3932.1	327.7	721.0000	3.000
12.0	277.0	437.0	400.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	411.0	464.0	3735.1	309.4	600.0000	1.000
206.0	153.0	245.2	192.0	211.2	156.9	163.5	1.7	49.6	4.2	163.9	153.6	1030.1	85.8	153.0	1.3
131.0	110.0	164.0	129.0	141.0	105.1	112.0	1.2	11.0	1.0	104.0	110.0	740.0	61.7	110.0	1.0
84.1	53.0	106.1	73.7	85.2	64.1	63.0	1.7	20.0	1.7	66.0	74.0	420.0	35.0	50.0	1.0
9.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	0.0	1.0	1.4	0.0	0.0	0.0	1.0

NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

MSG: BANCO DE ARENA LÁTITUD: 0 0 0 LONGITUD: 0 0 0 ELEVACION: 0 MTS. PERIODO 1973-1984

VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)												VALORES ANUALES			
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA
22.0	25.2	38.6	149.6+	77.9+	37.6+	30.3+	27.5+	24.3	22.2	27.6	52.9	626.8	52.2	149.6NOV	25.2ENE
39.9	114.3	137.8	36.4	72.3	36.6	37.6	3.7	98.4	153.9	94.1	85.2	841.2	70.1	137.8NOV	3.7ENE
38.1	127.7	113.9	55.7	77.7	77.8	91.4	72.1	84.7	117.4	74.9	84.4	959.8	80.0	127.7FEB	34.7FEB
28.6	75.3	42.6	98.7	69.6	26.1	4.4	6.7	49.3	46.9	67.8	44.1	555.1	46.3	28.6MAR	4.4MAR
21.2	33.5	74.2	66.1	6.6	37.4	8.3	28.7	62.1	48.5	20.9	39.6	448.1	37.3	74.2MAR	6.6MAR
64.9	22.1	105.8	117.2	63.2	29.3	15.7	8.3	32.6	5.2	11.4	57.1	521.3	43.4	117.2MAR	5.2MAR
30.0	16.5	123.1	127.7	129.2	12.3	6.4	26.9	55.3	35.6	44.6	20.9	623.8	52.4	127.7FEB	6.4FEB
52.7	97.1	48.1	95.7	37.3	22.6	12.3	13.4	18.9	88.3	74.3	58.2	616.9	50.9	97.1FEB	12.3FEB
22.8	37.7	76.0	55.7	59.1	15.6	31.5	23.2	12.2	54.9	44.3	72.2	536.2	42.2	76.0MAR	12.2FEB
57.8	64.2	63.4	94.1	77.3	10.6	18.4	22.9	34.7	66.4+	57.2+	65.1+	629.1	52.4	94.1FEB	16.6FEB
37.1+	134.3+	136.3+	114.9+	59.8+	28.9+	23.2+	21.1+	59.8+	55.7+	48.3+	55.5+	736.1	61.3	134.3FEB	21.1FEB
12.8	797.4	388.5	340.2	4.8	22.5	.3	.0	45.0	1.0	.0	34.1	1558.6	129.9	797.4FEB	.0NOV

DE SIGNOS : * RELLENO CON CORRELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNDANTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

VALORES ESTADISTICOS															
427.9	1549.3	1233.1	1355.0	711.0	343.3	275.7	251.2	586.3	655.8	565.1	653.4	6617.0	718.1	2031.5	143.8
35.7	129.1	182.8	113.8	59.2	28.6	23.0	20.9	48.9	54.6	47.1	54.5	713.1	59.8	159.3	11.9
34.1	67.8	96.5	97.2	66.5	24.4	16.5	22.0	47.1	51.9	46.3	54.7	625.3	52.1	122.5	6.6
12.0	16.5	36.6	36.4	4.8	10.6	.3	.0	12.2	1.0	.0	28.0	448.1	37.3	74.2	.0
64.9	797.4	388.5	340.2	129.2	77.8	91.4	72.1	94.3	117.4	94.1	85.2	1558.6	129.9	797.4	34.7
52.1	778.9	261.9	303.2	115.4	67.2	91.1	72.1	82.1	116.4	94.1	65.2	1110.5	32.5	721.4	34.7
16.4	214.6	70.5	78.2	31.6	17.7	24.3	16.5	25.5	35.1	23.3	26.4	301.5	25.1	159.3	16.2
10.7	143.3	47.2	52.4	21.3	11.9	16.3	12.7	17.1	23.5	19.0	13.7	202.0	16.8	133.5	6.3
4.6	61.9	20.3	22.6	9.2	5.1	7.0	5.5	7.3	10.1	8.2	5.9	87.0	7.3	57.5	2.9
.4	1.7	.7	.7	.5	.6	1.1	.9	.5	.6	.6	.4	.4	.4	1.2	.9

SERIES DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

NO.37
MILAGROCIENDE VALERO

LATITUD: 2 5 56 S LONGITUD: 75 35 00 W ELEVACION: 13 MTS. PERIODO 1965-1984

***** VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION FRECUENCIAS SOLO PARA 1965-1984 *****

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEGIA	MAXIMA	MINIMA
7.	4.	11.	11.	7.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	5.	46.	4.	11.455	0.000
15.	6.	7.	5.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	31.	3.	13.000	0.000
10.	12.	4.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	15.	2.	10.000	0.000
3.	2.	1.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	12.	1.	4.000	0.000
1.	1.	0.	0.	1.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	24.	1.	1.000	0.000
7.	7.	4.	10.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	31.	3.	10.000	0.000
4.	1.	10.	2.	1.	1.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	25.	1.	10.000	0.000
1.	1.	10.	7.	1.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	3.	40.	3.	12.000	0.000
16.	10.	16.	8.	6.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	57.	5.	16.000	0.000
3.	6.	4.	2.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	21.	2.	3.000	0.000
7.	15.	14.	7.	1.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	1.	45.	4.	14.000	0.000
10.	11.	10.	10.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	51.	4.	10.000	0.000
16.	11.	10.	11.	5.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	51.	4.	10.000	0.000
2.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	17.	1.	3.000	0.000
1.	0.	0.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	17.	1.	3.000	0.000
12.	10.	10.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	24.	2.	10.000	0.000
3.	4.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	6.	7.	21.	2.	7.000	0.000
16.	15.	10.	17.	12.	12.	0.	0.	3.	3.	3.	3.	109.	9.	16.000	0.000
0.	15.	9.	8.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	35.	3.	15.000	0.000

DE SIGNOS : * RELLENO CON CORRELACION
 * RELLENO CON ESTACIONES CIRCUNDANTES
 + RELLENO CON EL VALOR MEDIO

***** VALORES ESTADISTICOS *****

119.0	153.0	169.0	124.0	44.0	20.0	9.0	.0	4.0	1.0	6.0	27.0	681.0	56.7	220.0	.0
6.0	7.5	2.5	6.2	2.7	1.0	.5	.0	.2	.1	.2	1.2	34.0	2.8	11.0	.0
4.5	7.5	3.0	5.5	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.0	29.5	2.5	11.5	.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	15.0	1.0	1.0	.0
16.0	15.0	16.0	17.0	15.0	12.0	9.0	.0	3.0	1.0	6.0	7.0	100.0	8.3	17.0	.0
16.0	13.0	15.0	17.0	15.0	13.0	7.0	.0	3.0	1.0	6.0	7.0	60.0	7.3	13.0	.0
5.0	3.3	4.4	4.1	3.2	2.0	2.0	.0	.7	.2	1.0	1.9	15.7	1.5	2.0	.0
0.4	2.0	3.0	2.7	1.0	1.0	1.3	.0	.5	.1	1.0	1.3	10.0	1.1	1.0	.0
11.1	1.0	1.0	1.4	.8	.6	.4	.0	.2	.0	.3	.4	4.4	.4	.0	.0
.8	.3	.5	.7	1.7	2.6	4.5	.0	3.5	4.5	4.5	1.4	.6	.6	.0	.0



BIBLIOTECA

BIBLIOGRAFIA

1. A. Almela e I. Quintero, Introducción a la Hidrogeología (Madrid: Fundación Gómez Pardo-servicio de publicaciones, 1976), p.p. 59, 93-99.
2. C. A. Burk y C. L. Drake, editores, The Geology of Continental Margins, "Continental Margin of Western South America, por D. E. Hayes" (New York: Springer-Verlag, 1974), p.p. 581-589.
3. Compañía General de Geofísica de Francia, Informe de Sondeos Eléctricos desde Manabí hasta Machala (Guayaquil: CEDEGE, 1976), p.p. 14-35.
4. C. R. Bristow et R. Hoffstetter, Lexique Stratigraphique International, Volume V (Paris: Centre National de la Reserche Scientifique, 1977), p.p. 187, 338-339, 349.
5. Dirección General de Geología y Minas, Mapa Geológico del Ecuador, Hoja 51 Bucay (Quito: IGM, 1979).
6. G. Castany, Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas, (Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1971), p.p. 148, 195-211, 228, 241, 342.
7. Gilbert-Brown y Caldwell-Rivadeneira, Plan Maestro de Agua Potable para Guayaquil y su Area de Influencia 1980-2000, Volumen 1 (Guayaquil, 1979), sección 3.6.
8. H. E. Reineck y I. B. Singh, Depositional Sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics (Segunda edición revisada; Berlín: Springer-Verlag, 1980), p.p. 298-305.
9. Inerhi, Proyecto de Utilización de Aguas Subterráneas para el Desarrollo Agrícola de Yaguachi, Banco de Arena, Milagro, Provincia del Guayas, Estudio Hidrogeológico (Quito: Inerhi, 1977).
10. Instituto Superior de Exploración Petrolera, Tópicos de Sísmica de Reflexión, "Corrección Dinámica-Análi-

sis de Velocidad" (Mendoza: Facultad de Ingeniería), capítulo 9.

11. K. J. Rigby y W. K. Hamblin, editores, Recognition of Ancient Sedimentary Environments, "Recognition of Alluvial Fan Deposits in the Stratigraphic Record, por W. B. Bull" (Tulsa: Spec. Public. Soc. Econ. Paleont. Miner., 1972), p.p. 63-83.
12. M. Mifflin, Informe Hidrogeológico de la Cuenca Baja del Guayas (Guayaquil: INERHI).
13. Misión Británica y Dirección de Geología y Minas, Mapa Geológico del Ecuador, Hoja 33 Guayaquil (Quito: IGM, 1979).
14. VIII Jornadas de Ingeniería Civil Segunda Etapa, Guayaquil, Julio, 1981, "El Agua Subterránea en Relación con los Fenómenos que Integran el Ciclo Hidrológico, por Ing. Víctor del Pozo Tapia" (Guayaquil, Universidad Católica de Guayaquil, 1981), p.p. 109-132.
15. VIII Jornadas de Ingeniería Civil Segunda Etapa, Guayaquil, Julio, 1981, "Hidráulica de Pozos, por Ing. Rubén Chávez Guillén" (Guayaquil: Universidad Católica de Guayaquil, 1981), p.p. 157-204.
16. S. N. Davis y R. De Wiest, Hidrogeología (Edición en lengua castellana; Barcelona: Ediciones Ariel, 1971), p.p. 211-212, 452, 500.
17. III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas Y Petróleos, Guayaquil, Julio 18-22, 1983, "Contribución al Conocimiento Estratigráfico, Sedimentológico y Tectónico de la Región Oriental de la Península de Santa Elena y Parte Sur de la Cuenca del Guayas (Ecuador) en Base a 17 Hojas Escala 1:50000, por Ing. E. Núñez del Arco, F. Dugas y B. Labrousse" (Guayaquil: Colegio de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos del Guayas, 1983).