



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A C A T L A N

"ACTUALIZACION Y CUANTIFICACION
DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS
EN EL VALLE DEL GUADIANA, DGO."

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a

JOSE MARCOS CALDERON HERNANDEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION

GENERALIDADES

		Página
CAPITULO I	CLIMATOLOGIA	2
I.1	INTRODUCCION	2
I.2	ESTACIONES CLIMATOLOGICAS	2
I.2.1	APARATOS DE OBSERVACION DIRECTA	3
I.2.2	APARATOS DE REGISTRO GRAFICO	3
I.3	PRECIPITACION	5
I.4	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	13
I.5	EVAPOTRANSPIRACION	18
I.5.1	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	19
I.5.2	EVAPOTRANSPIRACION REAL	21
I.5.3	USO CONSUNTIVO	23
I.6	CLASIFICACION DE KÖPPEN	27
CAPITULO II	GEOLOGIA	29
II.1	INTRODUCCION	29
II.2	OBJETIVO	32
II.3	METODOLOGIA	32
II.4	FISIOGRAFIA	33

		Página
II.5	ESTRATIGRAFIA	34
II.5.1	ANDESITAS OLIGOCENICAS (Toa)	34
II.5.2	GRUPO VOLCANO CLASTICO SILICICO (Tvs)	34
II.5.3	RELLENO ALUVIAL (Qa1)	35
II.6	UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	36
II.6.1	ANDESITAS OLIGOCENICAS (Toa)	36
II.6.2	GRUPO VOLCANO CLASTICO SILICICO (Tvs)	36
II.6.3	CONGLOMERADO TERCARIO (Tcg)	36
II.6.4	BASALTO CUATERNARIO (Qb)	37
II.6.5	RELLENO ALUVIAL (QaL-re)	37
CAPITULO III	HIDROLOGIA SUPERFICIAL	39
III.1	GENERALIDADES	39
III.2	HIDROLOGIA	39
III.2.1	RIO SAUCEDA	39
III.2.2	RIO EL TUNAL	40
III.2.3	RIO SANTIAGO BAYACORA	40
III.2.4	ARROYO LAS VACAS	41
III.3	PRINCIPALES VASOS DE ALMACENAMIENTO	41
III.3.1	PRESA PEÑA DEL AGUILA	41
III.3.2	PRESA GUADALUPE VICTORIA	42
III.4	HIDROMETRIA	43
III.4.1.a)	DETERMINACION DE LA AVENIDA MAXIMA - POR METODOS ESTADISTICOS.	56

			Página
	III.4.2	ANALISIS DE LOS HIDROGRAMAS DE - LOS AFLUENTES DEL RIO DURANGO.	67
	III.4.3	HIDROMETRIA DE VASOS	74
	III.5	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	79
CAPITULO	IV	GEOFISICA	90
	IV.1	INTRODUCCION	90
	IV.2	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	90
	IV.3	METODO DE INVESTIGACION	91
	IV.3.1	INTERPRETACION	91
	IV.4	EXPLORACION GEOFISICA	93
	IV.4.1	PERFIL No. 1	93
	IV.4.2	PERFIL No. 2	96
	IV.4.3	PERFIL No. 3	99
	IV.4.4	PERFIL No. 4	101
	IV.4.5	PERFIL No. 5	103
CAPITULO	V	HIDROLOGIA SUBTERRANEA	107
	V.1	GENERALIDADES	107
	V.2	CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRA- NEOS.	107
	V.2.1	USO DEL AGUA	108
	V.2.2	EXTRACCION	108
	V.3	PIEZOMETRIA	108
	V.4	TOPOGRAFIA (NIVELACION DE BROCALES)	110

		Página
V.5	HIDRAULICA DE POZOS	113
V.6	CURVAS DE IGUAL ELEVACION DE - LOS NIVELES ESTATICOS.	127
V.7	CURVAS DE IGUAL EVOLUCION DE - LOS NIVELES ESTATICOS.	128
V.8	BALANCES DE AGUA	129
V.8.1	BALANCE HIDROMETEOROLOGICO	129
V.8.2	BALANCE HIDROLOGICO	131
V.8.3	ESTIMACION DE LA RECARGA A - - TRAVES DEL BALANCE DE LAS - - AGUAS SUBTERRANEAS.	140
V.9	ESTUDIO DE LA PREFACTIBILIDAD- DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN EL VALLE DEL GUADIANA.	142
CAPITULO VI	HIDROGEOQUIMICA	147
VI.1	GENERALIDADES	147
VI.2	OBJETIVOS	151
VI.3	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION IONICA	151
VI.3.1	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE - S.T.D.	152
VI.3.2	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE - CALCIO.	153
VI.3.3	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE - SODIO.	155
VI.3.4	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE - FLUORURO.	156
VI.4	CALIDAD DEL AGUA	157
VI.4.1	DIAGRAMA SCHOELLER-BERKALOFF	157

VI.4.2	DIAGRAMAS DE PIPER	163
VI.4.3.	DIAGRAMA DE WILCOX	168

	CONCLUSIONES Y	172
	RECOMENDACIONES	179

	BIBLIOGRAFIA	
--	--------------	--

INDICE DE FIGURAS

FIG. No. 1	CICLO HIDROLOGICO
FIG. No. 1.1	COMPONENTES DEL BALANCE HIDROMETEOROLOGICO
FIG. No. 1.2	ESTACION CLIMATOLOGICA
FIG. No. 1.3	HISTOGRAMA DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL
FIG. No. 1-4	HISTOGRAMA DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL.
FIG. No. 1-5	POLIGONOS DE THEIS
FIG. No. 2-1	REPRESENTACION DIAGRAMATICA DEL CICLO DE - LA ROCA
FIG. No. 3-1	CUENCA DEL VALLE DEL GUADIANA (ESTACIONES- HIDROMETRICAS)
FIG. No. 3-2	HIDROGRAMA DEL RIO TUNAL
FIG. No. 3-3	HIDROGRAMA DEL RIO SANTIAGO
FIG. No. 3-4	HIDROGRAMA DEL RIO DURANGO
FIG. No. 4-1	ARREGLO GEOMETRICO SCHLUMBERGER
FIGS. No. 4-2 a 4-6	PERFILES GEOFISICO
FIG. No. 5-1	DESCRIPCION DE LAS PARTES DE UN POZO QUE - SE TOMAN EN CUENTA PARA EL CALCULO DE LA - PIEZOMETRIA Y PRUEBAS DE BOMBEO
FIG. No. 5-2	CURVA TIPO PARA INTERPRETACION DE PRUEBAS- DE BOMBEO. EN POZOS TOTALMENTE PENETRANTES EN ACUIFEROS CONFINANTES
FIG. No. 5-3	INTERPRETACION DE UNA PRUEBA DE BOMBEO (THEIS)
FIG. No. 5-4	NOMOGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO A TRAVES DE - UN TUBO
FIG. No. 5-5	GRAFICA DE LA FORMULA SIMPLIFICADA DE JACOB

FIG. No. 5-6	INTERPRETACION DE UNA PRUEBA DE BOMBEO - (JACOB)
FIG. No. 5-7	BALANCE HIDROLOGICO
FIG. No. 6-1	INTERPRETACION GEOQUIMICA
FIG. No. 6-2	HOJA DE ANALISIS
FIG. No. 6-3	DIAGRAMA SCHOLLER-BERKALOFF
FIG. No. 6-4	DIAGRAMA TRIANGULAR (PIPER)
FIG. No. 6-5	DIAGRAMA DE WILCOX

INDICE DE TABLAS

TABLA No. I-1	PRECIPITACION
TABLA No. I-2	TEMPERATURA
TABLA No. III-1	VOLUMEN MENSUAL ESTACION PEÑA DEL AGUILA
TABLA No. III-2	VOLUMEN MENSUAL ESTACION SAN FELIPE
TABLA No. III-3	VOLUMEN MENSUAL ESTACION REFUGIO SALCIDO
TABLA No. III-4	VOLUMEN MENSUAL ESTACION EL SALTITO
TABLA No. III-5	VOLUMENES ANUALES DE LAS ESTACIONES
TABLA No. III-6	GASTO MENSUAL ESTACION R. SALCIDO
TABLA No. III-7	GASTO MENSUAL ESTACION PEÑA DEL AGUILA
TABLA No. III-8	GASTO MENSUAL ESTACION SAN FELIPE
TABLA No. III-9	GASTO MENSUAL ESTACION EL SALTITO
TABLA No. III-10	ESTACION HIDROMETRICA PEÑA DEL AGUILA, - R. SAUCEDA
TABLA No. III-11	ESTACION HIDROMETRICA SAN FELIPE, R. TUNAL
TABLA No. III-12	ESTACION HIDROMETRICA R. SALCIDO, R. SAN- TIAGO
TABLA No. III-13	ANALISIS DE HIDROGRAMAS
TABLA No. III-14	ENTRADAS PRESA PEÑA DEL AGUILA
TABLA No. III-15	SALIDAS PRESA PEÑA DEL AGUILA
TABLA No. III-16	DERRAMES PRESA PEÑA DEL AGUILA
TABLA No. III-17	ENTRADAS PRESA GUADALUPE VICTORIA
TABLA No. III-18	SALIDAS PRESA GUADALUPE VICTORIA
TABLA No. III-19	DERRAMES PRESA GUADALUPE VICTORIA
TABLA No. III-20	CALCULO DEL PORCENTAJE DE VARIACION

TABLA No. III-21	CALCULO DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL
TABLA No. III-22	RESUMEN DE CALCULOS
TABLA No. V-1	PRINCIPALES USOS DEL AGUA
TABLA No. V-2	PIEZOMETRIA
TABLA No. V-3	NIVELACION DE BROCALES
TABLA No. V-4	RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO
TABLA No. VI-1	RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS
TABLA No. VI-2	DATOS PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS- DE RIEGO

INDICE DE PLANOS

PLANO No. 1	LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO
PLANO No. 2	ISOYETAS
PLANO No. 3	ISOTERMAS
PLANO No. 4	PLANO HIDROGEOLOGICO CON LOCALIZACION - DE PERFILES GEOFISICOS.
PLANO No. 5	CUERVAS DE IGUAL ELEVACION DEL N.E.
PLANO No. 6	CUERVAS DE IGUAL EVOLUCION DEL N.E.
PLANO No. 7	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D.
PLANO No. 8	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO
PLANO No. 9	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO
PLANO No. 10	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE FLORURO

I N T R O D U C C I O N

El agua es un elemento necesario para el consumo humano, además de ser un factor de desarrollo económico, por lo que es importante lograr una distribución adecuada del recurso con respecto al asentamiento de la población y de ésta, en relación con la disponibilidad del agua.

La República Mexicana, es considerada como un país montañoso con una mala red hidrográfica, con clima variable y poblaciones que crecen aceleradamente, por lo que requiere de aprovechar óptimamente sus recursos hidráulicos superficiales y subterráneos. Ya que anteriormente no se tenían estudios acerca de la cuantía y comportamiento de los acuíferos, la perforación masiva de pozos dió como resultado una sobre explotación de los acuíferos debido al bombeo excesivo.

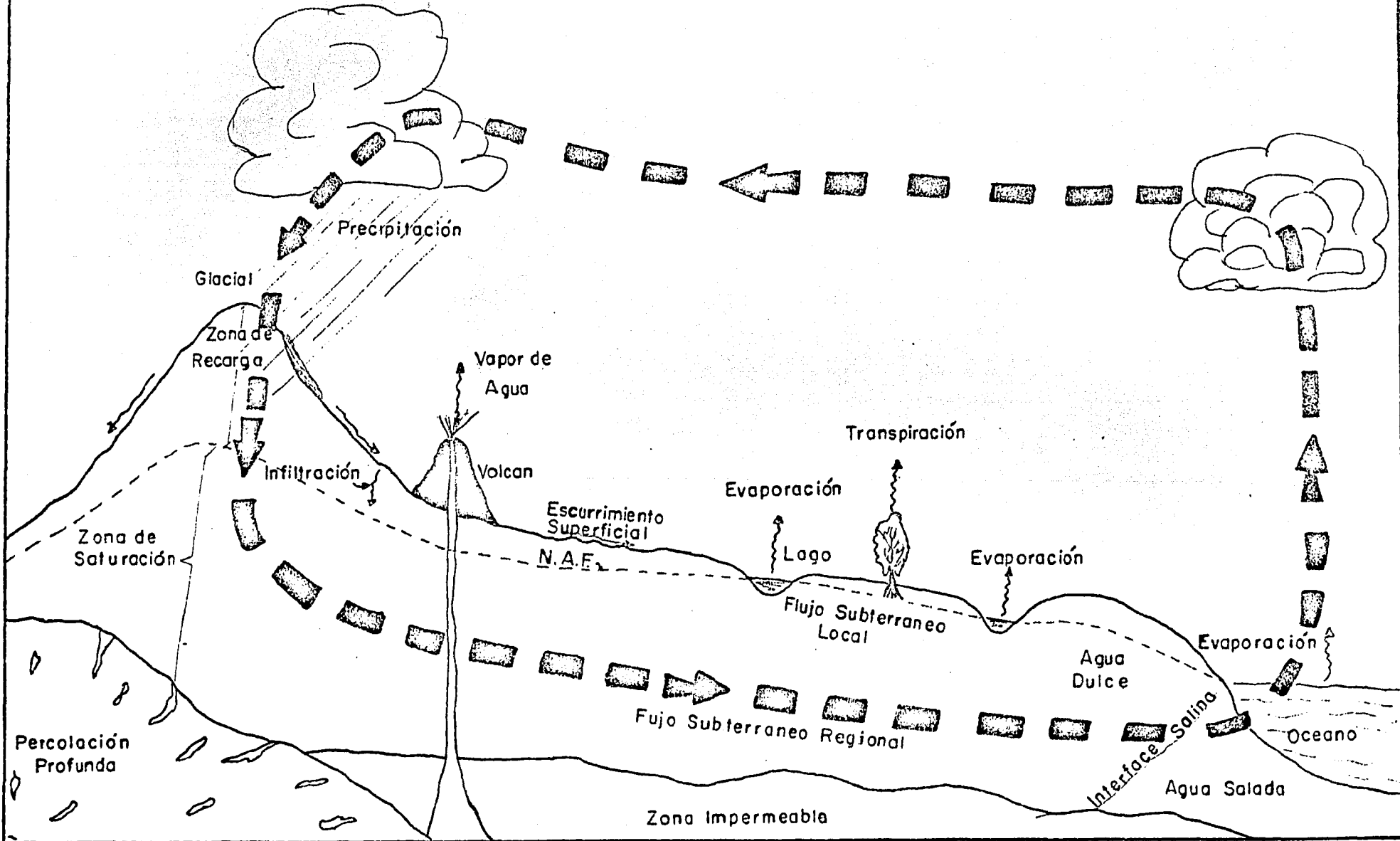
Un balance global reveló que del agua dulce líquida que se dispone en la tierra un 98% se localiza bajo la superficie del terreno, dentro de poros y grietas del material rocoso (FAIRBRIDGE, 1972) correspondiendo el 2% restante a lagos, ríos y presas; se estima que el volumen de agua líquida es de 7×10^6 Km³, lo que equivale a una capa de 53.0 m. de espesor (APUNTES DE ALBERTO HEREDIA, ROMAN S. Y EMILIO F.)

El agua almacenada forma parte del ciclo hidrológico, fig. No. 1, la cual se puede cuantificar por diferentes métodos.

La HIDROLOGIA, es la ciencia que estudia las propiedades

CICLO HIDROLOGICO

Fig. No.1



de distribución y circulación del agua en todo el planeta. --
Esta a su vez se divide en dos grandes ramas: La Hidrología --
Superficial e Hidrología Subterránea.

El presente trabajo tendrá dos enfoques el primero --
hacia la Hidrología Superficial y Subterránea o Geohidrología,
que se aplica para determinar la ocurrencia, distribución y --
movimientos del agua superficial y subterránea (TODD, 1959), -
el segundo hacia la Hidrogeología, con enfoques particulares -
en características químicas, modo de migración y su relación -
con el medio ambiente geológico (DAVID Y DE WIEST, 1967).

De la fig. 1.1, pueden hacerse determinaciones cualita
tivas y cuantitativas de los recursos hidráulicos, tanto super
ficiales como subterráneos (locales, regionales y globales) y-
estar en condiciones de poder determinar la capacidad de los -
acuíferos para su explotación.

En párrafos anteriores se menciona la irregularidad --
que presenta la República Mexicana, acerca de sus suelos y - -
climas, para la difícil localización y distribución de los man
tos freáticos, aunado a ello, está la creciente población que-
generalmente se concentra en las ciudades y que propicia las -
deficiencias de agua potable.

La Ciudad de Durango no es la excepción, ya que el - -
desarrollo agropecuario e industrial de la zona en los últimos
años, obligo a efectuar una revaloración de los recursos hidráu
licos con que cuenta para el abastecimiento de agua.

COMPONENTES DEL BALANCE HIDROMETEOROLOGICO

(CUADRO SINOPTICO)

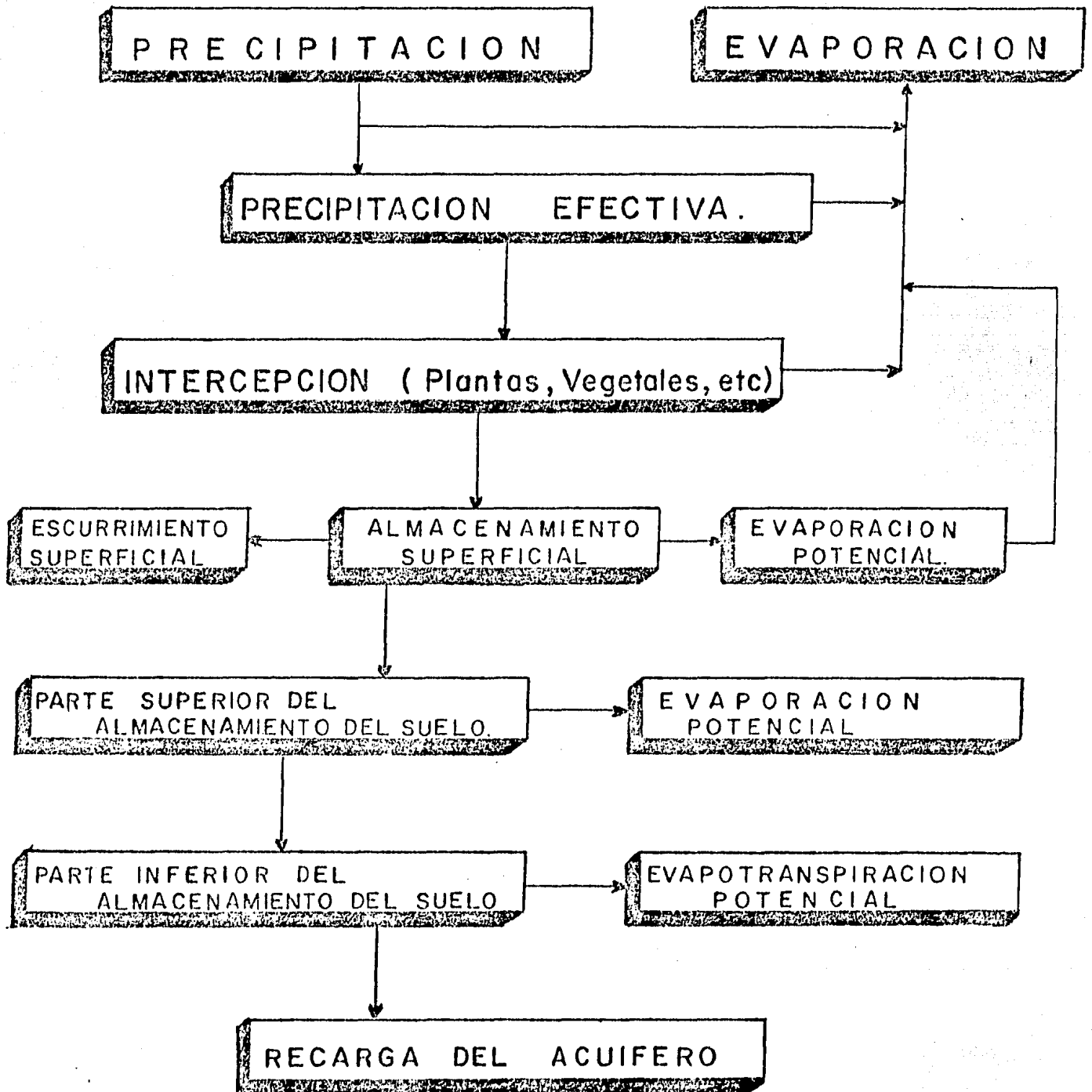


FIG.No. 1-1

GENERALIDADES

a) La Ciudad de Durango, localizada dentro del Valle Del Guadiana a una altura sobre el nivel del mar de 1889 metros, se abastece de agua potable de los acuíferos propios del valle, -- cuyo caudal es de 550 l.p.s. (con 18 pozos profundos) y 100 -- l.p.s. de un manantial; se considera que éste caudal sirve un -- 80% de la población.

Los datos proporcionados por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (S.A.H.O.P.) en Junio de 1980, -- sobre el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Durango -- fueron:

Población Actual:	300,000 Habitantes
Dotación:	250 l/habitante
Gasto medio diario:	868.05 l.p.s.
Gasto máximo diario:	1041.7 l.p.s.

Tomando en cuenta una tasa de crecimiento de la población del 5% anual y el censo de 1970, la población futura sería:

A N O :	POBLACION:
1970	151,000 Habitantes
1980	246,000 Habitantes
1990	400,000 Habitantes
2000	652,000 Habitantes

Por lo tanto, la demanda de agua potable para el año --

2000, considerando una dotación de 300 l/hab./día.

$$Q = \frac{300 \text{ L}}{\text{hab.} \times \text{día}} \times \frac{652000 \text{ hab.}}{864000 \text{ seg.}}$$

$$Q = 2 \ 263 \ \text{l.p.s.}$$

$$Q = 2.263 \ \text{m}^3/\text{seg.}$$

Lo anterior demuestra la gran necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento para cubrir los déficits que ya - en la actualidad se tiene (304 l.p.s.); el Valle Del Guadiana, - fuente principal de abastecimiento requiere una revaloración de su disponibilidad hidráulica.

b) OBJETIVOS.

De acuerdo con la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, el presente trabajo tendrá los siguientes objetivos:

- 1.- Cuantificación de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos.
- 2.- Análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas y su clasificación.
- 3.- Localización de las áreas favorables de explotación tanto cuantitativas como cualitativas.
- 4.- Estudio de la recarga artificial.

c) SITUACION GEOGRAFICA

El Valle Del Guadiana, fisiográficamente se localiza en la provincia de la Sierra Madre Occidental, entre los límites de las subprovincias denominadas de Altiplanicies Lavicas y la de Altiplanicies con cuencas, específicamente dentro de los paralelos $23^{\circ} 36'$ - $24^{\circ} 42'$ de longitud norte y por los meridianos $104^{\circ} 43'$ - $105^{\circ} 07'$ al Oeste de Greenwich (plano No. 1), con altitud media de 1889.0 m.s.n.m.; cubre una superficie aproximada de 850 Km².

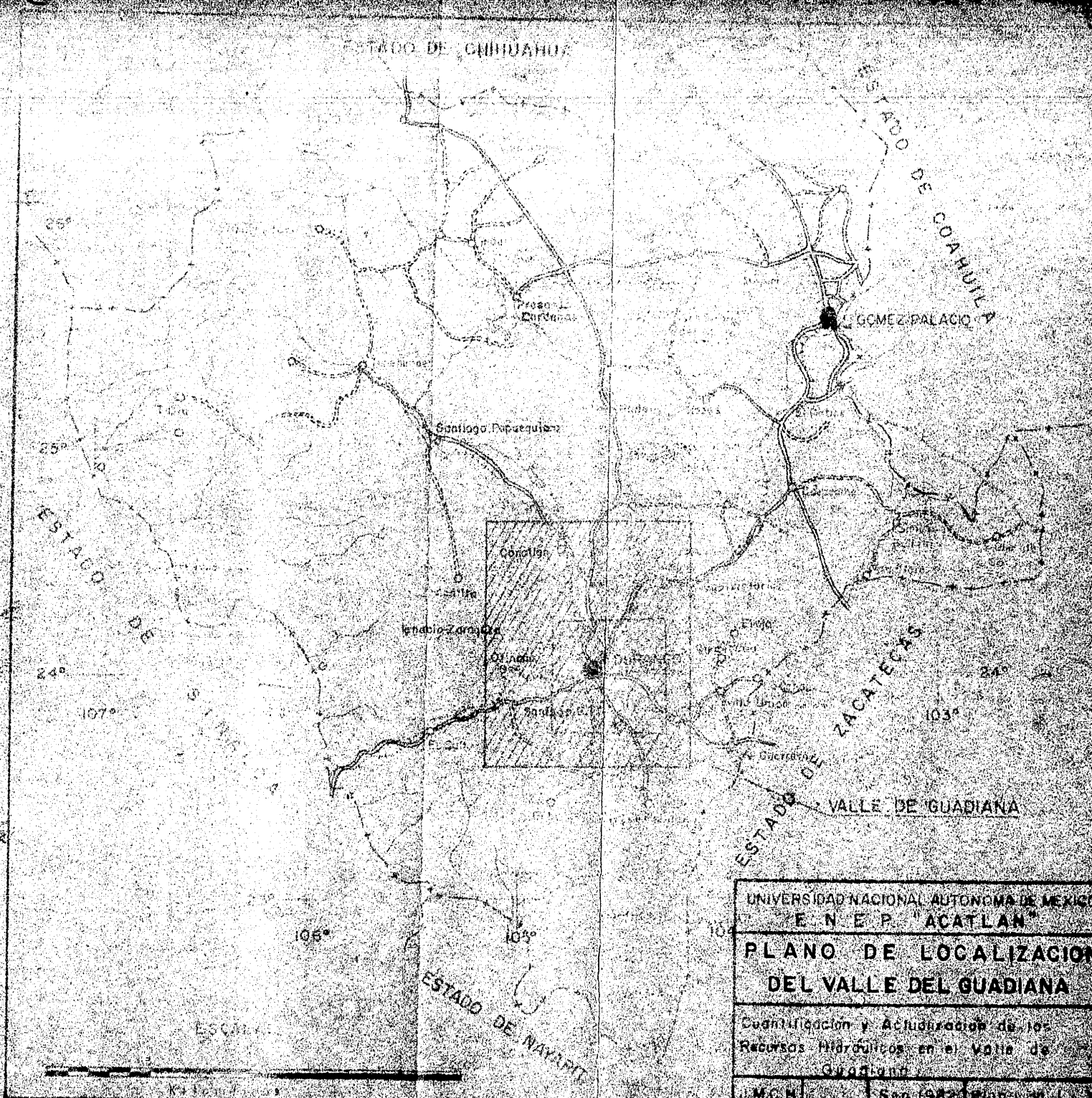
d) VIAS DE COMUNICACION

Por localizarse la capital del Estado en el centro Sur del Valle Del Guadiana, éste se encuentra muy bien comunicado con todo el Estado y el resto del País; contando con vías terrestres y aéreas así como, teléfonos, telégrafos, telex, correos y radiodifusoras.

Las principales carreteras son:

La carretera Panamericana No. 45, que comunica a las ciudades de Fresnillo, Zac. y Parral, Chih.; en el tramo Fresnillo - Durango-Parral con una dirección SE-N.; la carretera Federal No. 40, que enlaza la ciudad de Mazatlán, Sin. con la de Torreón, Coah., cruzando al valle de SW-NE; otras parcialmente-pavimentadas y caminos de segundo orden que permiten el acceso a poblaciones de menor importancia.

Sus líneas ferreas comunican a la Ciudad de Durango con



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 E. N. E. P. "ACATLAN"

**PLANO DE LOCALIZACION
 DEL VALLE DEL GUADIANA**

Cuantificación y Actualización de los
 Recursos Hídricos en el Valle de
 Guadiana

M.C.M. Sep. 1982 Plana 101

Torreón, Coah., Felipe Pescador, Zac. y Tepehuanes, Dgo.

Para la comunicación aérea, cuenta con un aeropuerto - con vuelos regulares a diversas ciudades y ciertos lugares de - la Sierra Madre Occidental, accesible sólo por vía aérea.

Sus servicios de telégrafos, teléfonos y radiodifusión, complementan los excelentes medios de comunicación.

e) ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

La agricultura, ganadería, industria, la explotación de recursos forestales y la industria cinematográfica son las actividades más importantes en el Estado de Durango.

Los principales productos agrícolas son: el maíz, el -- algodón, el frijol, trigo, avena, cebada, alfalfa achicalada, - papa, manzana, cacahuete, etc. que se siembran principalmente - en el Distrito de Riego No. 52.

La ganadería en lo que respecta a ganado bobino es - -- importante tanto en el mercado nacional como en el internacio- nal.

El Estado es por tradición industrialista y fuente - -- importante en la economía, destacando las industrias extracti- vas y de transformación. Dentro de la extractiva destaca princi- palmente la producción del fierro en el Cerro del Mercado, Pla- ta y Oro en Toyalito y plomo, zinc, cobre, mercurio, estaño y - y fluorita, en diversas partes del Estado. Para la industria de

transformación se observa un acelerado desarrollo en las ramas textiles, alimenticias y químicas.

En el aspecto forestal, Durango es uno de los principales productores de maderas.

Finalmente la industria cinematográfica ocupa un renglón especial, ya que aprovechando sus escenarios naturales, - empresas cinematográficas filman películas en ellas.

f) ORIGEN HISTORICO

La primera cultura que se instaló en el Estado de Durango fue la Chalchihuita, que originalmente se estableció y desarrolló en Zacatecas Norooccidental. Por los años 500 a -- 500 Ac, una parte de ésta tribu se desplazó hacia Durango, - formando la rama Guadiana y desapareció como entidad cultural reconocible por el año de 1350.

Don Manuel Orozco y Berra describe que a la llegada - de los españoles las principales tribus existentes en Durango eran los ACAXEE y la TEPEHUANA, aunque existían otras de menor importancia como la XIXIME y la ZACATECANA. Estas culturas no tienen similitud con la primera antes descrita, por lo que las tribus mencionadas vinieron posteriormente a ocupar - el lugar de ésta.

En 1554, llegó Don Francisco de Ibarra a ésta región, comisionado por el Virrey Luis de Velasco y dada la importancia del territorio conquistado, el Virrey resolvió en 1562 --

constituirlos en la provincia de Nueva Vizcaya nombrando a Ibarra gobernador.

El 8 de Julio de 1563, Ibarra formó formalmente la Villa, a la que nombró Durango como recuerdo de una Villa de Durango de la provincia española de Vizcaya.

En 1621, el rey Felipe IV le otorgó la categoría de Ciudad y su escudo de armas, siendo ésta capital de la Nueva Vizcaya.

En el año de 1824, la Constitución Federal consideró Estado a Durango; la de 1836 le dió la categoría de Departamento y a partir de la del 5 de Febrero de 1857, conserva su categoría de Estado de la Federación con su nombre Oficial de Victoria de Durango en honor a Don Guadalupe Victoria.

g) TRABAJOS DE CAMPO Y GABINETE

Los datos que se requieren para el planteamiento del problema a resolver, se obtuvieron mediante una minuciosa recopilación de la información que existe tanto en la región estudiada como en las oficinas del gobierno del Estado y Distrito Federal; así como el empleo de una serie de métodos y técnicas que a continuación se enumeran para la evaluación:

- 1.- Métodos Geológicos.- Mapeo Superficial
- 2.- Métodos Geofísicos Eléctricos.- Mapeo Subterráneo.
- 3.- Métodos Hidrogeoquímicos.
- 4.- Métodos Hidrológicos Superficiales.- Climatología e Hidrometría.

5.- Sondeo de Niveles Potenciométros o Niveles Fréaticos.

6.- Pruebas de Bombeo.

7.- Métodos de Circulación de Aguas Subterráneas.

Obtenida la información mencionada, se procedió a procesarla y depurarla con los métodos más confiables según el caso, para determinar las condiciones que imperan en la región.

CAPITULO I

CLIMATOLOGIA

- I.1 INTRODUCTION

- I.2 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
 - I.2.1 APARATOS DE OBSERVACION DIRECTA
 - I.2.2 APARATOS DE REGISTRO GRAFICO

- I.3 PRECIPITACION

- I.4 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

- I.5 EVAPOTRANSPIRACION
 - I.5.1 EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
 - I.5.2 EVAPOTRANSPIRACION REAL
 - I.5.3 USO CONSUNTIVO

- I.6 CLASIFICACION DE KÖPPEN

C A P I T U L O I

C L I M A T O L O G I A

I.1 INTRODUCCION

La influencia de los fenómenos meteorológicos sobre los componentes del ciclo hidrológico y otros factores, influyen en el clima de una determinada región. Como ya se mencionó, el ciclo hidrológico de una manera general, comienza con la evaporación de las aguas del océano que se condensan para formar nubes y ser movidas por la acción de los vientos, hacia las masas continentales, para posteriormente precipitarse.

El presente capítulo dará una introducción sobre lo más importante de las estaciones climatológicas y los diferentes métodos para evaluar la precipitación, temperatura, evapotranspiración, etc., que son fundamentales en el balance hidrometeorológico (fig. No. 1-1) que rige en la zona estudiada.

I.2 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

Tiene como objeto principal la obtención de los registros meteorológicos que se usan en diferentes tipos de estudios, como los geohidrológicos, que sirven de base para el proyecto de diversas estructuras civiles como pueden ser puentes, presas, etc.

Una estación climatológica es completa cuando cuenta --

con los siguientes aparatos (fig. No. 1-2).

I.2.1 APARATOS DE OBSERVACION DIRECTA

- a) Termómetro
- b) Pluviómetro
- c) Evaporómetro
- d) Veleta (anemoscopio)

I.2.2 APARATOS DE REGISTRO GRAFICO

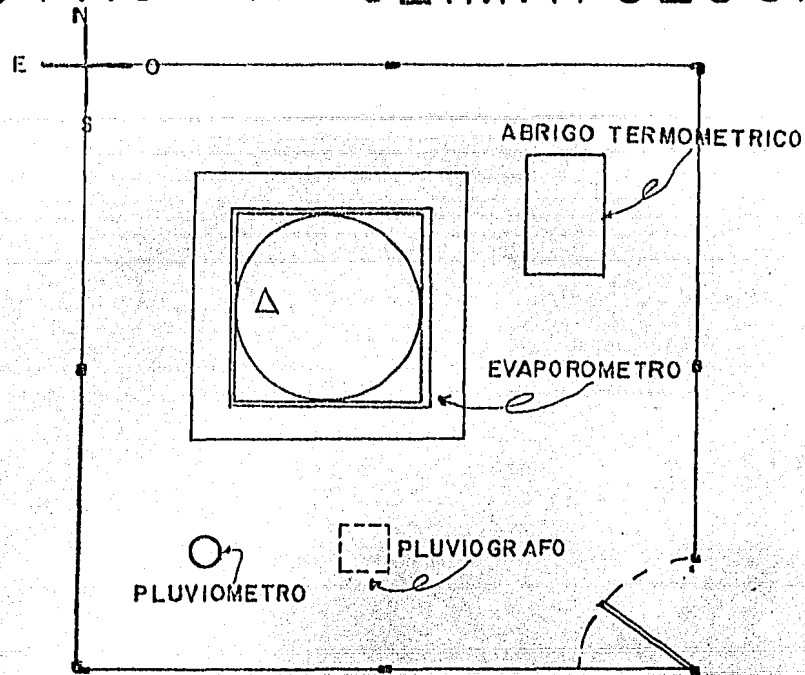
- a) Termógrafo
- b) Pluviógrafo
- c) Evaporógrafo
- d) Anemógrafo

Las estaciones se pueden clasificar como:

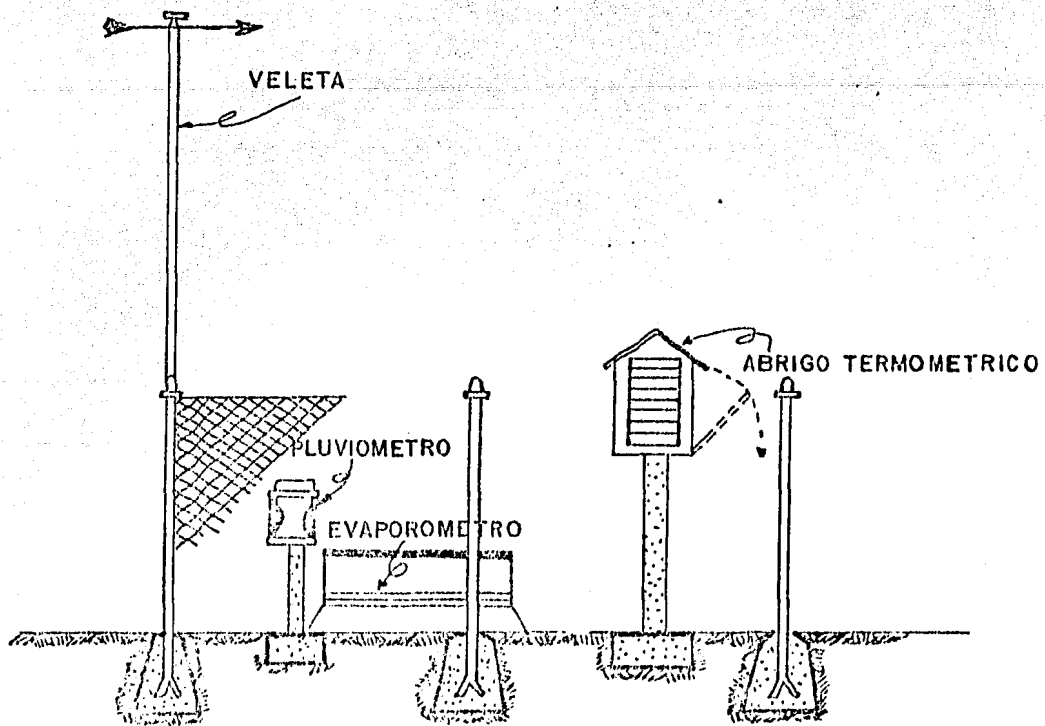
- 1.- Pluviométricas.- Cuando tienen solo pluviógrafo.
- 2.- Termopluiométrica.- Cuando consta de termómetro y pluviómetro.
- 3.- Termopluiométrica y de evaporación.- Cuando tiene termómetro, pluviómetro y evapo rómetro.

El funcionamiento de las estaciones climatológicas se da bajo las siguientes reglas de acuerdo a S.A.R.H.

ESTACION CLIMATOLOGICA



PLANTA



ELEVACION

FIG. No. 1-2

- a) Las observaciones deberán efectuarse todas las mañanas a las 8:00 a.m.
- b) Al hacer una observación de cualquier aparato deberá anotarse inmediatamente la lectura.
- c) Deberá seguirse un orden definido para la observación de cualquier aparato.
- d) Deberá hacer una apreciación general del estado de tiempo a la hora de la observación.
- e) Deberá hacer también una nota del estado de tiempo que prevaleció el día anterior a la observación -- (24 Hrs. anteriores).
- f) Anotar fenómenos extraordinarios que se presenten -- tales como heladas, granizadas, crecientes en los ríos, tormentas, etc., así como la aparición de -- plagas en los cultivos de la región.
- g) Por último se revisará de cuando en cuando el estado en que se encuentran las instalaciones y los -- aparatos.

I.3 PRECIPITACION PLUVIAL

La precipitación en términos meteorológicos comprende -- la humedad que recibe la superficie de la tierra, ya sea en -- forma de lluvia, nieve, granizo, escarcha, etc.

Por medio de las observaciones pluviográficas se pueden -- conocer la precipitación promedio de una zona, región u estado, y ser evaluadas a través de los métodos aritméticos, polígonos-

de Thiessen y el de isoyetas.

Para tener una idea sobre las características climatológicas que prevalecen en el Valle del Guadiana, la Organización Meteorológica Mundial recomienda series no menores de 30 años - consecutivos de observación.

Las estaciones que se tomaron en cuenta para el cálculo de la precipitación fueron:

ESTACION =====	AÑOS OBSERVADOS =====	PRECIPITACION - MEDIA. =====
1. Fco. I Madero	15	581.8 m.m.
2. Mezquital	33	475.0 m.m.
3. El Ojo	11	633.1 m.m.
4. Peña del Aguila	10	466.2 m.m.
5. El Salto	15	996.1 m.m.
6. San J. de Guadalupe	15	312.8 m.m.
7. Santiago Papasquiara	10	441.8 m.m.
8. Otinapa	15	630.9 m.m.
9. Santiago Bayácora	15	588.4 m.m.
10. Canatlán	15	497.1 m.m.
11. Durango	30	428.7 m.m.
12. Guadalupe Victoria	15	449.2 m.m.
13. Vicente Guerrero	15	530.8 m.m.

La tabla No. I-1 y la fig. No. 1-3, dan un resumen de - las precipitaciones medias mensuales en diferentes períodos de - observación, en las estaciones anteriormente mencionadas. (Se - hace hincapié de que en los meses de Noviembre, Diciembre, - -

P R E C I P I T A C I O N

E S T A C I O N	P R E C I P I T A C I O N M E N S U A L (m.m.)												
	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAR.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC	ANUAL
1- Fco. I. Madero.	9.8	9.6	0.7	4.4	11.3	63.0	134.5	150.6	140.9	30.4	11.6	15.0	581.8
2-Mezquital.	13.9	9.4	6.4	3.3	5.7	62.5	114.0	125.5	71.3	32.3	6.9	23.8	475.0
3-El Ojo.	25.0	9.3	11.6	8.7	12.5	68.0	158.2	150.7	108.6	43.3	13.9	23.3	633.1
4-Peña de Agulla.	12.5	4.0	0.2	1.1	6.7	49.7	112.9	144.2	99.4	22.8	4.2	12.5	466.2
5-El Salto.	40.3	29.6	20.5	8.4	25.9	120.9	200.8	205.4	171.1	49.1	33.6	90.5	996.1
6-San J. de Guadalupe	7.4	3.9	0.3	5.9	17.5	40.1	28.2	57.2	49.4	82.6	8.7	11.6	312.8
7-Stgo. Papasquitaro	1.6	0.6	0.0	4.6	10.4	34.1	26.8	138.4	109.1	29.1	7.3	19.8	441.8
8-Otinapa.	23.1	16.9	10.5	1.4	18.2	64.6	142.0	138.1	141.2	32.9	8.2	33.8	630.9
9-Stgo. Bayácora	10.8	10.5	6.8	2.0	15.5	76.2	127.0	162.2	116.7	23.8	11.4	25.5	588.4
10-Vicente Guerrero.	11.4	8.4	6.3	2.4	15.0	62.3	116.8	167.0	96.6	19.3	8.3	17.0	530.8
11-Canatlán.	5.9	5.0	1.4	1.3	6.5	73.2	123.0	146.7	95.7	21.8	7.3	9.5	497.1
12-Durango.	10.7	6.3	4.7	2.9	6.7	52.7	97.6	102.2	93.9	28.7	8.2	14.1	428.7
13-Gpe. Victoria	11.5	8.5	6.4	3.0	18.7	51.8	86.1	139.7	81.1	22.2	7.5	12.7	449.2

Enero, Febrero y Marzo, en la mayoría de los años no presentan precipitación alguna y que el valor obtenido en dicha tabla es el promedio en los años observados).

El histograma de la fig. No. 1-3, demuestra que las mayores precipitaciones ocurren en los meses de Junio, Julio, Agosto e inclusive Septiembre con valores que van de 50 a 200 m.m. al mes; mientras que los más secos fueron Diciembre, Enero y Febrero con valores que van de 0 a 10 m.m. al mes.

Del plano No. 2, se observa que las mayores precipitaciones se presentan al sureste de la Ciudad de Durango en las proximidades del poblado de El Salto, con valor de 950 m.m. al año; descendiendo hacia el oeste y noroeste a valores de 350 m.m. al año. Para el Valle Del Guadiana se puede apreciar un promedio a priori de 500 a 600 m.m. al año.

Para conocer la precipitación media en el Valle del Guadiana se procedió a utilizar el método aritmético y los polígonos de Theissen.

METODO ARITMETICO

$$pm = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Donde:

P_m = Precipitación media anual en m.m.

P_n = Precipitación media en la estación "n"

n = Número de estaciones.

PRECIPITACION ANUAL

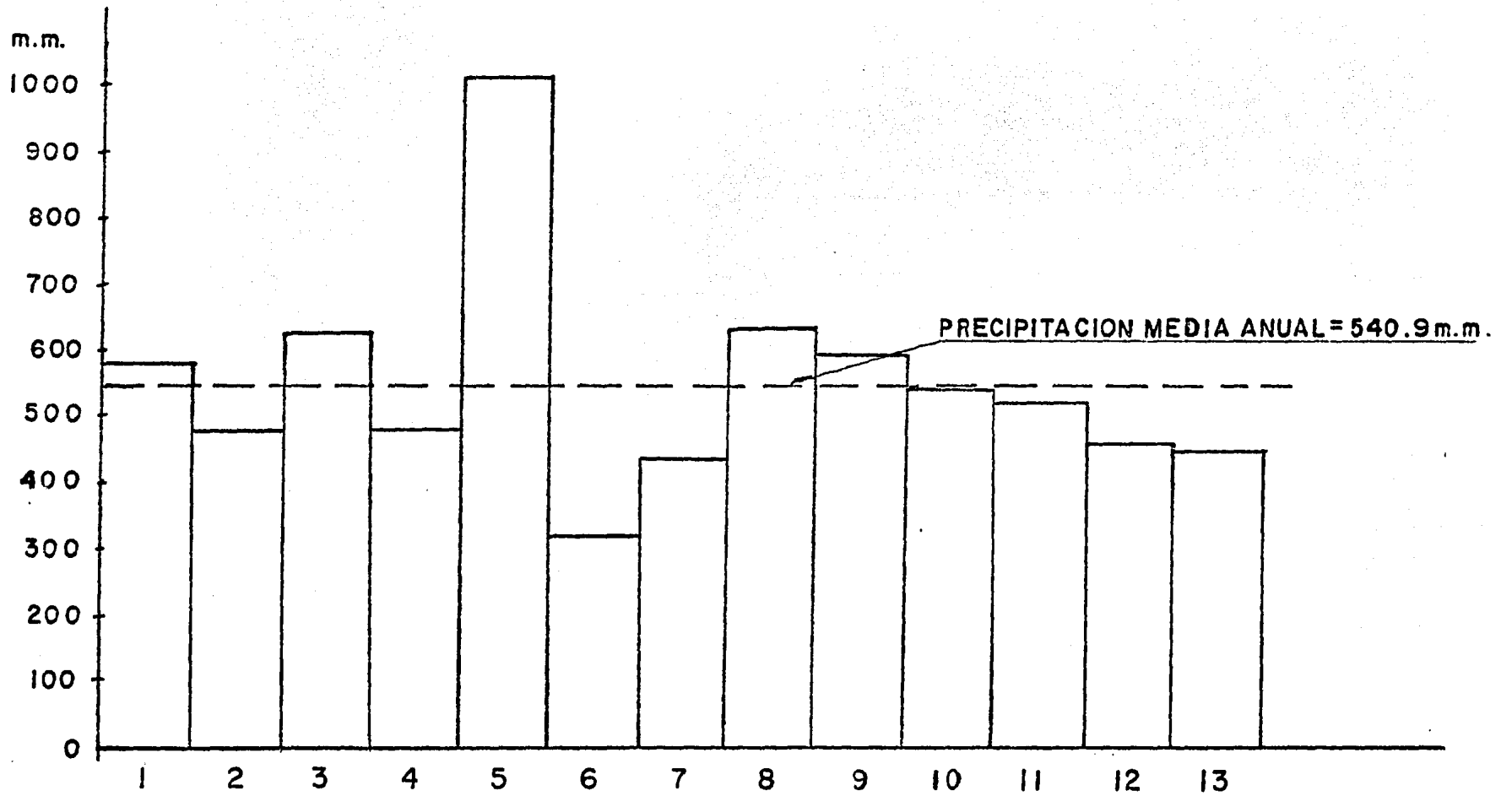
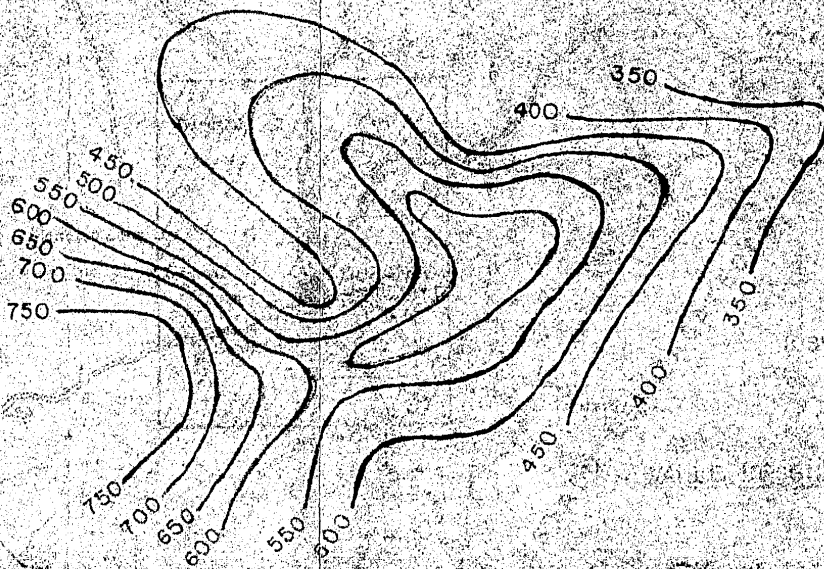


Fig. No. I-3



I S O Y E T A S en m.m.

$$P_m = \frac{501.8 + 475.0 + 633.1 + 466.2 + 996.1 + 312.8 + 441.8 + 639.9 + 588.9 + 530.8 + 497.7 + 428.7 + 449.2}{13}$$

$P_m = 540.91 \text{ m.m./año.}$

POLIGONOS DE THIESSEN. (Fig. No. 1-5)

$$P_m = \frac{P_1 S_1 + P_2 S_2 + P_3 S_3 + \dots + P_n S_n}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n}$$

Donde:

$P_m =$ Precipitación media anual en m.m.

$P_n S_n =$ Precipitación media en la estación "n" multiplicada por el área del polígono.

ESTACION	S_i (Km ²)	P_i (m.m.)	$S \times P_i$
1. Santiago Papasquiaro	1117	441.8	493,490.6
2. Canatlán	3210	497.1	1 595,691.0
3. Francisco I. Madero	1538	581.8	894,808.4
4. Guadalupe Victoria	995	449.2	446,954.0
5. Otinapa	1081	630.9	882,002.9
6. Durango	1336	420.7	572,743.2
7. Santiago Báyacora	2384	588.4	1 402,745.6
8. El Ojo	1686	633.1	1 067,406.6
9. Vicente Guerrero	1189	530.9	631,240.1
10. Mezquital	500	475.0	237,500.0
	<u>St = 1536</u>		<u>8 024,582.4</u>

CUENCA DEL VALLE DEL GUADIANA



POLIGONOS DE THEIS

FIG. No. 1-5

$$P_{mc} = \frac{8\ 024,582.4}{1536} = 533.7 \text{ m.m.}$$

I.4 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

La temperatura, es el cambio que experimenta el medioambiente por efecto de la luz solar, y a su posición que guarda con respecto al ecuador y el meridiano de Greenwich.

Las estaciones que se tomaron en cuenta para el cálculo de la temperatura fueron:

ESTACION	AÑOS OBSERVADOS	TEMPERATURA MEDIA
1. Francisco I. Madero	15	17.4 ^o C
2. Mezquital	14	20.8 ^o C
3. El Ojo	11	15.7 ^o C
4. Peña del Aguila	11	16.9 ^o C
5. El Salto	11	10.3 ^o C
6. San Juan de Guadalupe	11	19.5 ^o C
7. Santiago Papasquiaro	11	18.7 ^o C
8. Otinapa	13	14.1 ^o C
9. Santiago Báyacora	13	19.3 ^o C
10. Vicente Guerrero	13	16.5 ^o C
11. Canatlán	13	16.7 ^o C
12. Durango	27	17.5 ^o C
13. Guadalupe Victoria	12	16.8 ^o C

La tabla No. I-2 y la fig. No. 1-4, muestran que las mayores temperaturas se presentan de Abril a Octubre con valores superiores a los 20^o C, mientras que las mínimas se detectarán -

T E M P E R A T U R A

ESTACION	M E N S U A L en °C												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1.-Fco. I. Madero.	11.5	12.3	16.8	18.7	20.9	22.3	21.5	20.7	20.1	17.1	13.6	13.0	17.4
2-Mezquital.	14.8	16.1	18.9	21.9	24.8	26.4	24.6	24.3	23.9	21.5	18.0	14.9	20.8
3-El Ojo.	8.6	10.8	13.7	16.8	20.1	21.6	20.4	19.6	18.3	15.4	12.6	10.4	15.7
4-Peña del Aguila.	11.5	12.4	15.6	18.6	19.7	21.8	20.6	19.7	19.1	17.2	15.1	11.1	16.9
5-El Salto	5.1	6.0	7.6	10.0	12.4	14.8	15.0	15.3	14.0	10.3	6.7	6.2	10.3
6-San. J. de Guadalupe	12.0	14.0	16.8	20.7	23.5	25.9	25.3	24.6	23.1	21.0	16.1	10.6	19.5
7-Santiago Papasquiaro	14.2	14.9	17.4	19.0	20.6	25.3	22.5	21.9	21.3	18.7	15.4	13.6	18.7
8-Otinapa.	8.8	10.1	12.1	15.1	16.8	17.8	17.8	17.3	16.4	14.3	12.4	10.0	14.1
9-Santiago Bayácora.	13.6	14.5	17.1	20.4	23.0	24.4	23.1	22.6	21.7	20.0	17.2	14.0	19.3
10-Vicente Guerrero.	11.1	12.0	14.6	17.8	19.9	21.6	20.5	19.8	19.1	16.4	14.1	11.6	16.5
11-Canatlán	11.7	11.8	14.9	17.7	20.7	21.3	19.9	19.5	18.2	16.6	15.2	12.4	16.7
12-Durango	12.0	13.4	16.0	19.0	21.3	22.6	21.1	20.8	19.6	17.5	14.8	12.2	17.5
13-Gpe. Victoria.	10.9	11.2	14.0	17.6	19.7	21.4	19.8	19.4	18.5	15.8	13.5	11.1	16.0

TEMPERATURA ANUAL

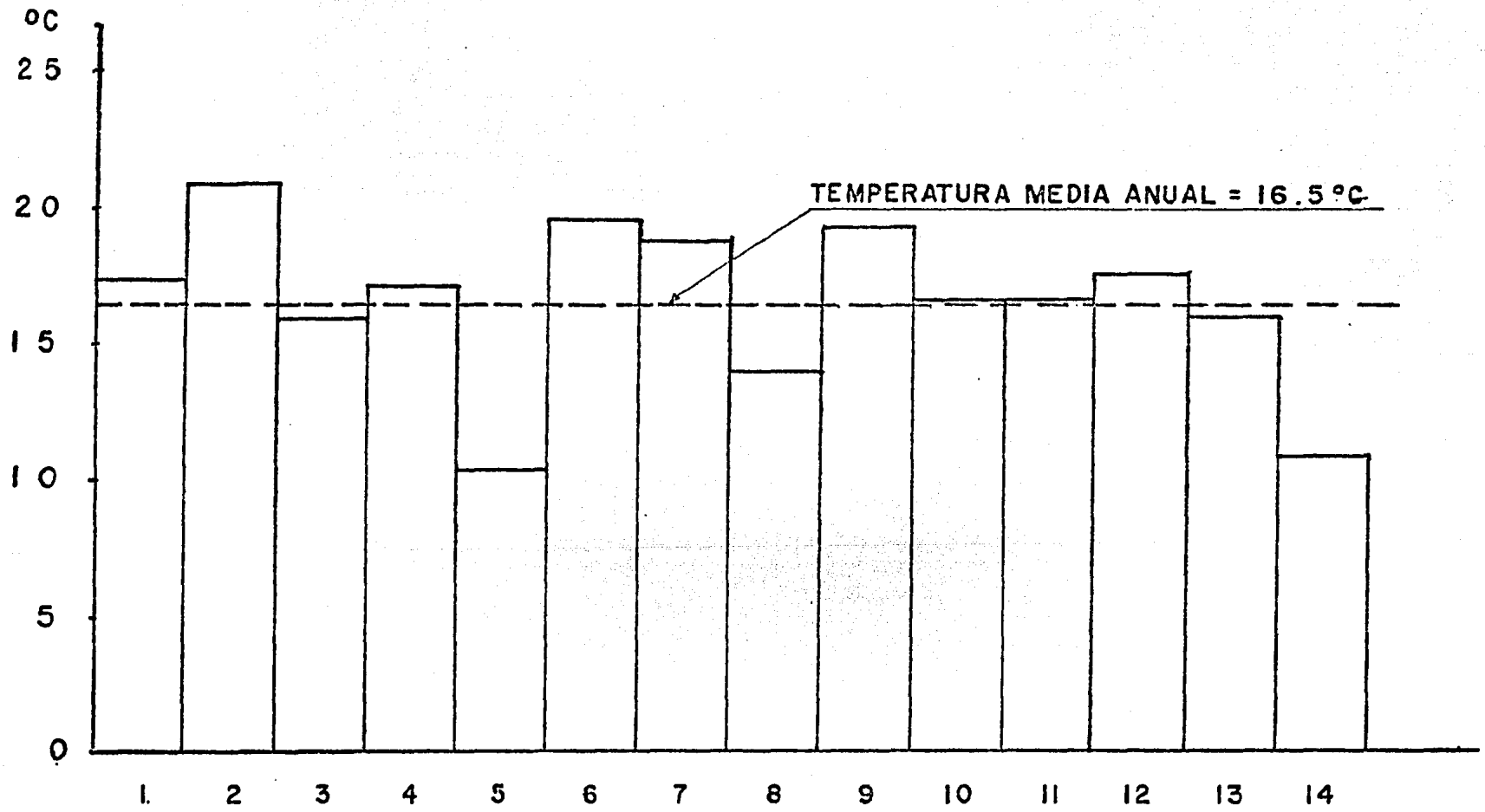


Fig. No. 1-4

en Diciembre y Enero con valores inferiores a 10° C. La mayor temperatura fue registrada en la estación el Mezquital, mientras que la menor se obtuvo en la estación El Salto.

El plano No. 3, denominado plano de Isotermas (período- 1970 - 1980), muestra que al sureste se presentan temperaturas de 10° C, aumentando tanto al sur, norte y noroeste a valores de 18 a 20° C, respectivamente. A priori el Valle Del Guadiana, presenta una temperatura promedio de 17.5 a 18.5° C.

Para determinar la temperatura media en el Valle Del Guadiana, se utilizaron los métodos de los polígonos de Thiessen y el aritmético.

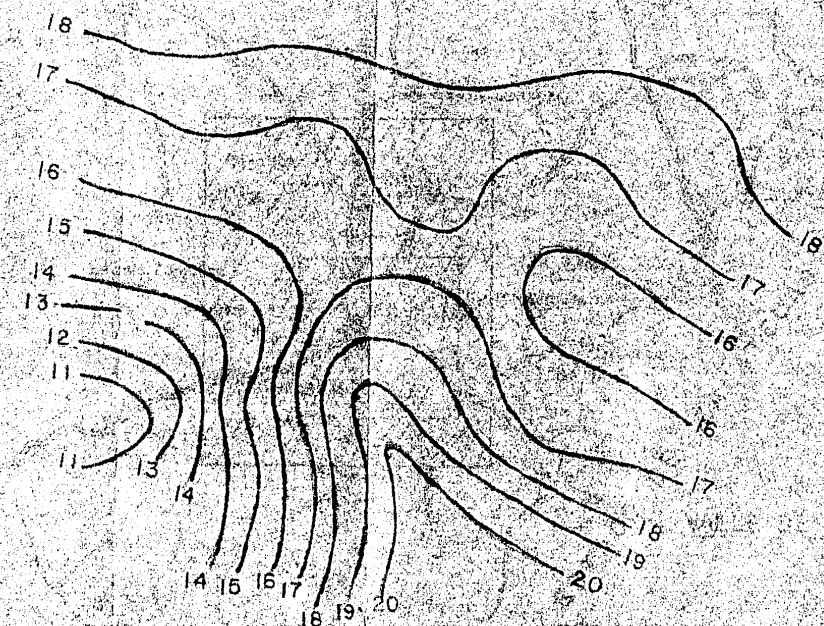
METODO ARITMETICO

$$T_m = \frac{17.4 + 20.8 + 15.7 + 16.9 + 10.3 + 19.5 + 18.7 + 14.1 + 19.3 + 16.5 + 16.7 + 17.5 + 16.0}{13}$$

$$T_m = 16.9^{\circ} C$$

POLIGONOS DE THIESSEN (Fig. No. 1-5)

ESTACION	S _i (Km ²)	T ^T (° C)	S x T _i
1. Santiago Papasquiaro	1117	18.7	20,887.9
2. Canatlán	3210	16.7	53,607.0
3. Francisco I. Madero	1538	17.4	26,761.2
4. Guadalupe Victoria	995	16.0	15,920.0



ISOTERMAS en °C

5. Otinapa	1081	14.1	15,242.1
6. Duarngo	1336	17.5	23,380.0
7. Santiago Báyacora	2384	19.3	46,011.2
8. El Ojo	1686	15.7	26,470.2
9. Vicente Guerrero	1189	16.5	19,618.5
10. Mezquital	500	20.8	10,400.0
	<hr/>		<hr/>
	1536	<i>E</i>	258,298.1

$$T_{mc} = \frac{258,298.1}{1536} = 17.2^{\circ} \text{ C}$$

I.5 EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración, es el resultado del proceso por el cual el agua experimentada, un cambio del estado líquido a gaseoso a través de las plantas en forma directa, volviendo a la atmósfera en forma de vapor; la evapotranspiración no es un fenómeno, sino la suma de evaporación y transpiración que sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno -- cubierta por vegetación.

Los métodos más aplicados, pueden agruparse como sigue:

a). Métodos basados en física teórica del microclima.

- 1.- Balance de energía
- 2.- Perfiles de humedad y velocidad del viento
- 3.- Flujo turbulento de humedad
- 4.- Fórmulas semiempíricas o combinadas

b). Medidas directas.

- 1.- Evapotranspirómetro
- 2.- Lisímetro
- 3.- Parcelas y cuencas experimentales
- 4.- Perfiles de humedad del suelo

c). Métodos empíricos.

- 1.- Relación evapotranspiración- evaporación media en tanques.
 - 2.- Fórmula de Thornthwaite
 - 3.- Fórmula de Braney-Cridale (uso consuntivo).
 - 4.- Fórmula de Makkink
 - 5.- Fórmula de L. Turc
- etc.

Tomando en cuenta que no existen datos para evaluar - - la evapotranspiración por los métodos de los incisos (a) y (b), se procederá a calcular a ésta por los métodos empíricos que a continuación se describen.

I.5.1 EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Para calcular la evapotranspiración potencial, la fórmula que mejores resultados dá, es la propuesta por Thornthwaite - (1948), la cual se utiliza como variable principal la temperatura media mensual, quedando expresada como:

$$EVP = K \sum$$

Donde:

EVP = Evapotranspiración potencial, en m.m./mes.

$$EVP = \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30} \cdot d$$

N = Número máximo de horas, según la longitud (*)

d = Número de días del mes.

Σ = Evapotranspiración potencial, en m.m./día (**)

$$\Sigma = 16 \left(10 \frac{t}{I} \right)^a$$

t = Temperatura media diaria del mes, en ° C

I = Índice de calor anual = $\sum i$

i = Índice de calor mensual

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (***)$$

- * Tabla No. 6.3 Pag. 292 Custodio
- ** Tabla No. 6.12 Pag. 332 Custodio
- *** Tabla No. 6.13 Pag. 334 Custodio

Los resultados obtenidos por éste método fueron:

E S T A C I O N	EVP. (m.m./año.)
Mezquital	792.12
Canatlán	665.81
El Salto	597.19
Guadalupe Victoria	798.14
Bayácora	956.25
Durango	885.92
Francisco I. Madero	865.54
Peña del Aguila	<u>819.00</u>
Promedio	797.57

Se observa que en la estación Santiago Bayácora la EVP anual es la mayor de la zona, con valor de 956.25 m.m./año y - la mínima en la estación El Salto con una EVP anual de 597.19 m.m./año; siendo la evapotranspiración potencial promedio - -- anual de 797.57 mm/año.

I.5.2. EVAPOTRANSPIRACION REAL (EVR).

La evapotranspiración potencial calculada anteriormente, es el límite superior de la cantidad de agua que regresa a - la atmósfera por evaporación y transpiración; pero para calcular la evapotranspiración real, se deberá tomar en cuenta el agua -- que realmente existe en la zona empleando para tal fin la fórmu-

la de L. Turc, que queda expresada como:

$$EVR = \frac{P}{0.9 + \frac{P^2}{L^2}} \quad (\phi)$$

Donde:

EVR = Evapotranspiración real, en m.m./año.

P = Precipitación en m.m./año

L = $300 + 25 t + 0.05 t^2$

t = Temperatura media anual en ° C

ESTACION	EVR (m.m./año)
Canatlán	314.59
San Francisco del Mezquital	352.59
El Salto	266.18
Guadalupe Victoria	336.43
Peña del Aguila	364.31
Francisco I Madero	383.81
Durango	382.91
S. Bayécora	406.22
EVR Promedio	350.84

Los valores anteriores dan como resultado un promedio anual de 350.84 m.m., equivalente a un 44 por ciento de la -- evapotranspiración potencial.

I.5.3. USO CONSUNTIVO (BRANEY-CRIDALE).

Se entiende como uso consuntivo "La cantidad de agua -- que es absorbida por un cultivo, durante su ciclo vegetativo, -- para ser transpirada o utilizada por las mismas plantas en la -- construcción de sus tejidos vegetales, más el agua evaporada -- directamente desde el suelo donde se localiza el mismo." En -- otras palabras el término "Uso consuntivo" en forma práctica, -- puede considerarse igual a la evapotranspiración".

La determinación de la evapotranspiración por el método de los usos consuntivos, nos permite tener una idea más clara a cerca de éste parámetro, ya que el método, se basa en el -- principal índice de la evapotranspiración, como es la planta -- misma.

Para la determinación del uso consuntivo, se utilizó -- el método propuesto por BLANDEY H.F. y CRIDDLE W.D. en 1950, el cual se caracteriza por tomar en cuenta una serie de coeficientes para diferentes plantas, en función de su evolución a lo -- largo del ciclo vegetativo.

SECUENCIA.

a). Se recopila la información referente a los ciclos-

vegetativos de las especies y variedades vegetales que se encuentran en la zona estudiada.

Para éste caso se tienen los distritos de riego -- Nos. 52a y 52b.

- b). Se calcula el factor "f" llamado fuerza evaporante, el cual se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$f = p \times \frac{t + 17.8}{21.8}$$

En donde:

f = Fuerza evaporante en cm.

p = Porcentaje de horas-luz del mes, con respecto al total anual.

t = Temperatura en ° C

- c). Se obtiene el coeficiente de desarrollo (Kc) mensual, para cada especie y variedad de cultivo, para que posteriormente, mediante el producto de "Kc" -- por "f", determinar el uso consuntivo mensual.

$$U.C. = Kc \times f$$

- d). Los valores mensuales serán ajustados por las expresiones

siones:

$$K' = \frac{\sum U.C.}{\sum f} \quad y \quad J = \frac{K_g}{K'}$$

En donde:

K' = Coeficiente periódico modificado.

U.C. = Suma de usos consuntivos mensuales.

f = Suma de las fuerzas evaporantes mensuales.

J = Coeficiente de corrección.

K_g = Coeficiente global.

e). Por último, los usos consuntivos corregidos se - -
suman para obtener el promedio anual para cada cul-
tivo.

A continuación se enlistan los cultivos de mayor impor-
tancia para los distritos de riego, localizados en el Valle Del
Guadiana.

CULTIVO	CICLO VEGETATIVO MEDIO	U.C. Total en cm.
Avena	15 de Sep. al 30 de Oct.	30.7
Alfalfa V.	Todo el año	128.7
Chile verde	15 de Abr. al 15 de Sep.	56.5
Frijol	31 de Mar. al 30 de Jun.	28.8
Maíz	31 de May. al 30 de Sep.	48.1

Trigo	31 de Dic. al 31 de May..	50.9
Sorgo	15 de Mar. al 15 de Abr.	44.2
Praderas	Todo el año	124.1

De los cultivos antes mencionados y de acuerdo a las superficies cosechadas en 1980, se tienen los siguientes porcentajes.

CULTIVO	D.R. No. 52b Peña del Aguila			D.R. No. 52a Guadalupe Victoria		
	SUPERF.	SEMBR.	%	SUPERF.	SEMBR.	%
Maíz	1,437.0	Ha.	56.89	4,999.0	Ha.	55.61
Trigo	471.0	Ha.	18.65	260.0	Ha.	2.89
Sorgo	42.0	Ha.	1.66	1,297.0	Ha.	14.43
Avena	331.0	Ha.	13.10	696.0	Ha.	7.74
Praderas	95.0	Ha.	3.76	493.0	Ha.	5.48
Alfalfa	76.0	Ha.	3.01	296.0	Ha.	3.29
Nuéz				357.0	Ha.	3.97
Frijol	32.0	Ha.	1.27	97.0	Ha.	1.08
TOTAL	2'484.0	Ha.	98.34 (*)	8'495.0	Ha.	94.49 (*)

Con los porcentajes anteriores y los usos consuntivos de los principales cultivos calculados anteriormente, se obtuvo en forma global, la evapotranspiración en cada distrito de riego; siendo para el de Peña del Aguila de 505.1 m.m./año; y para el de Guadalupe Victoria de 483.2 m.m./año.

(*) El porcentaje faltante, corresponde a cultivos con valores menores al 1%.

La evapotranspiración media en la zona de estudio para el año de 1980, por usos consuntivos fue de: 494.15 m.m./año.

I.6 CLASIFICACION DE KÖPPEN

El clima de la región según Köppen, es del tipo B, que pertenece al grupo de climas secos. Dentro de ésta clasificación se tienen algunas variantes, tomando en cuenta el grado de humedad, la temperatura y época de lluvias.

El clima en la zona de estudio se define, como estepario y semiárido (AC) con frío en invierno, con temperatura media anual menor de 18° C y régimen de lluvia en verano (Cm), - precipitación del mes más seco < 40 m.m., % de lluvia invernal > 5 .

C A P I T U L O I I

G E O L O G I A

- II.1 INTRODUCCION

- II.2 OBJETIVO

- II.3 METODOLOGIA

- II.4 EISIOGRAFIA

- II.5 ESTRATIGRAFIA
- II.5.1 ANDESITA OLIGOCENICAS (Toa)
- II.5.2 GRUPO VOLCANO CLASTICO SILICICO (Tvs)
- II.5.3 RELLENO ALUVIAL (Qa1)

- II.6 UNIDADES GEOHIDROLOGICAS
- II.6.1 ANDESITAS OLIGOCENICAS (Toa)
- II.6.2 GRUPO VOLCANO CLASTICO SILICICO (Tvs)
- II.6.3 CONGLOMERADO TERCARIO (Tcg)
- II.6.4 BASALTO CUATERNARIO (Qb)
- II.6.5 RELLENO ALUVIAL (Qa1~re)

C A P I T U L O I I

G E O L O G I A

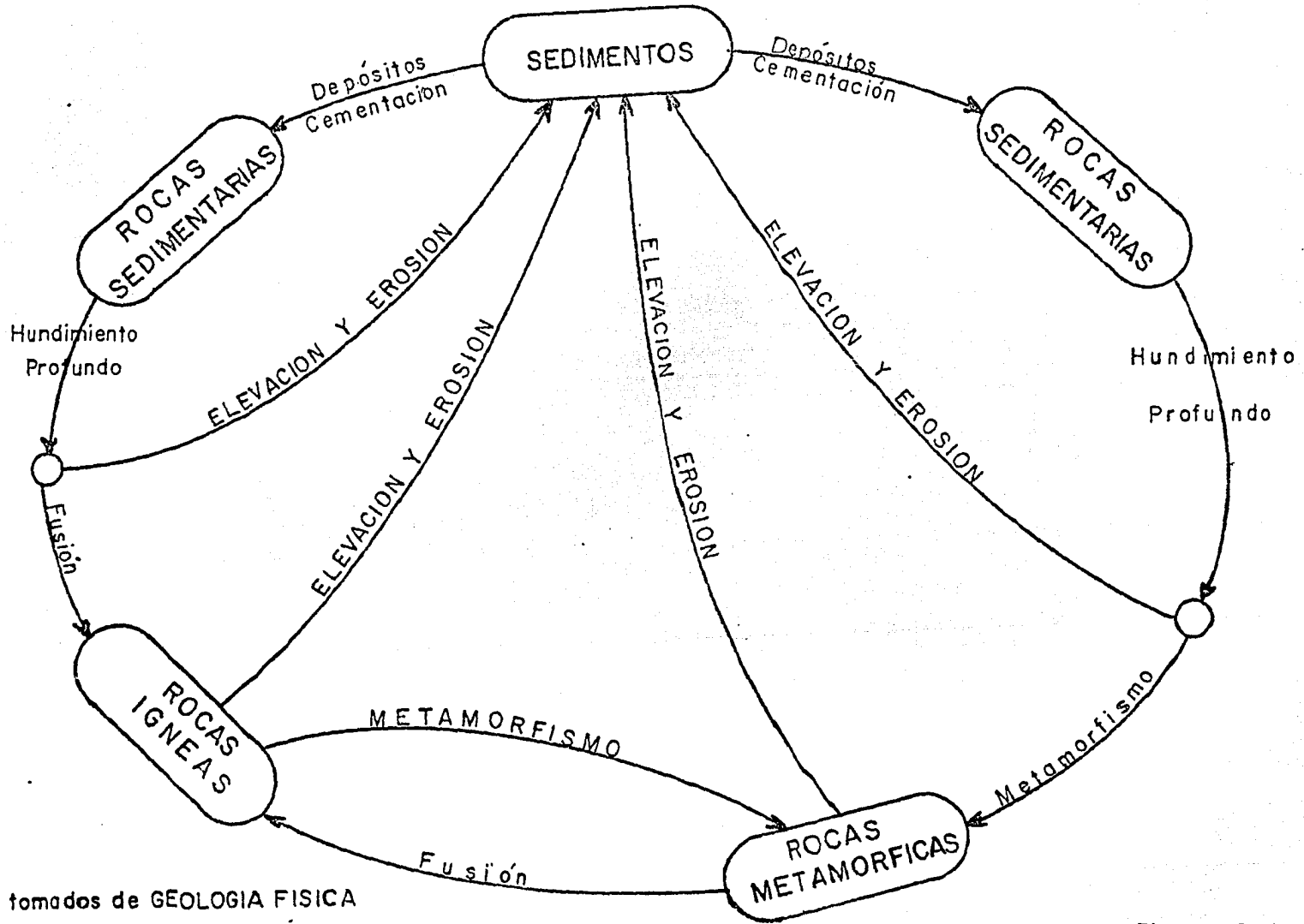
II.1 INTRODUCCION

La Geología es de gran interés ya que su conocimiento-- nos ayuda a establecer el comportamiento de las aguas tanto -- superficiales como subterráneas, su relación con las diferentes unidades litoestratigráficas y sus características geohidrológi cas.

Las rocas al igual que el agua tiene un ciclo de renovación que generalmente es producido por la actividad volcánica, agentes erosivos y la temperatura, siendo éste, más lento que - el ciclo hidrológico.

La acción de los agentes agua, viento, oleaje del mar - en las costas y los agentes químicos de la atmósfera, considera dos como el inicio del ciclo geológico, (no necesariamente), -- producen un ataque hacia las rocas provocando con esto - - serie de partículas de distintos tamaños arrancados de la misma (generalmente es una roca ígnea), que son transportados por - - otros elementos hasta su depositación o sedimentación (dán origen a las rocas sedimentarias), ya sea en las superficies bajas de la tierra o bien en el fondo de los mares u océanos. Al irse acumulando éstas, por si solas, ejercen presiones provocando -- una compactación y consolidación para formar las llamadas rocas metamórficas, que posteriormente, nuevamente salen a la superficie, debido a los movimientos orogénicos para reiniciarse el ciclo geológico (Fig. No. 2-1).

REPRESENTACION DIAGRAMATICA DEL CICLO DE LA ROCA



Nota: Datos tomados de GEOLOGIA FISICA
de CHESTER R. LONGWELL

Fig. No. 2-1

Siguiendo la secuencia del ciclo, podemos clasificar en términos generales a las rocas en: Rocas ígneas o eruptivas, -- rocas sedimentarias y rocas metamórficas. Este criterio es llamado por la mayoría de los autores como "GENETICO MINERALOGICO" o sea, las rocas se clasifican de acuerdo con su modo de formación u origen y posteriormente por sus minerales que la componen.

De acuerdo a sus características geohidrológicas, se -- clasifican en:

ACUIFERO

En la hidrología subterránea se denomina acuífero aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación -- del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda - -- utilizar en cantidades económicamente aprovechables para subvenir a sus necesidades (del Latín aqua = agua, fero = Llevar), - ejemplo de formaciones donde se presentan acuíferos son: aluvios de los ríos, formados por mezclas de arenas y gravas, las areniscas poco cementadas, algunos tipos de rocas volcánicas, - formaciones calcáreas muy Karstificadas, etc.

ACUICLUDDO

Se define como aquella formación geológica que conteniendo agua en su interior, incluso hasta la saturación no permite la transmisión y por lo tanto no es posible su expansión - (del Latín, claudere = encerrar o cerrar) ejemplo los cienos y lígamos (arcillas) de origen deltáico y/o de estuarios.

ACUITARDO

Son formaciones geológicas que conteniendo apreciables-

cantidades de agua la transmiten muy lentamente por lo que - -
tampoco son aptas para el emplazamiento de captaciones, pero sin
embargo bajo condiciones especiales permiten una recarga verti-
cal de otros acuíferos (Del Latín, tardare = retardar) ejemplo
un nivel de arcilla limosa o arenosa puede comportarse como un -
acuitardo, si esta dispuesto en cima o debajo de un acuífero más
importante, el cual puede recargar, o incluso recibir agua del -
mismo.

ACUIFUGO.

Se denomina acuífugo a aquellas formaciones geológicas -
que no contienen agua ni la pueden transmitir, ejemplo: un maci-
zo granítico no alterado, o una roca metamórfica sin apenas meteg
rización ni fracturamiento.

II.2 OBJETIVO

Determinar por medio de fotografías y mapas geológicos -
los contactos de las diferentes rocas que constituyen la super-
ficie del Valle del Guadiana; así mismo sus características - --
fisiográficas, estratigráficas, estructurales y sus condiciones-
geohidrológicas.

II.3 METODOLOGIA

La fotointerpretación se llevó a cabo por medio de foto-
grafías aéreas escala 1:20,000 y cartas geológicas . Unido el --
mosaico se procedió a la etapa de campo, para verificar los contac
tos geohidrológicos entre cada unidad. Este recorrido se realizó-

principalmente por carreteras, terracerías y brechas que fueran accesibles para observar más de cerca los afloramientos. Obtenida la información se elaboró el plano base definitivo escala 1:100,000 (plano No. 4) y el siguiente informe geológico.

II.4 FISIOGRAFIA

Específicamente el Valle del Guadiana, es de forma elíptica con su eje mayor orientado de norte a sur, prácticamente se encuentra rodeado por montañas al poniente, sur y sureste y limitado por mesetas al norte y noreste.

Las montañas muestran elevaciones máximas de 2650 m.s.n.m. principalmente hacia las porciones este, sur, suroeste y sureste correspondiendo ésta última a la Sierra del Registro, cuya composición es de roca volcánica de edad terciaria.

Aproximadamente 260 Km², lo forman las mesetas generalmente con base de roca volcánica (derrames y piroclásticos de composición basáltica), en elevaciones menores a los 30.0 m. con respecto al valle y creciendo de un drenaje superficial definido.

Las planicies se localizan en la parte centro - norte del área de estudio comprendido el denominado Valle del Guadiana - cuya altitud oscila alrededor de los 1880 m.s.n.m. y una extensión aproximada de 1,500 Km²; se encuentra disectado por los ríos del Tunal, La Saucedá, Las Vacas y Santiago Bayácora, los cuales escurren en dirección al oriente en forma divagante hasta salir del valle y unirse al río Mezquital. Esta constituido por rellenos aluviales y una cobertura en las llanuras de material -

limo-arcilloso, con algunos afloramientos de basaltos.

II.5 ESTRATIGRAFIA

Las rocas que afloran en la zona de estudio son principalmente ígneas extrusivas de edad terciaria y cuaternaria y en menor proporción sedimentarias continentales cuyas edades varían del terciario al cuaternario.

II.5.1 ANDESITAS OLIGOCENICAS (T_{oa})

Se localizan en la base de la Sierra del Registro pero, dado lo limitado de su exposición no fue posible su mapeo y localización en el plano. En general los derrames se presentan muy fracturados y alterados, con una estructura maciza, textura porfídica y pirotaxística, siendo los fenocristales de pláagio-clasas y hornblendas. Subyacen a una secuencia volcánico-clástica de composición silícica, aunque pueden encontrarse interestratificados con las mismas, y de acuerdo a una edad obtenida por Mc DOWELL Y KEIZER en 1977, se les asigna unos 52 millones de años que corresponden al oligoceno.

II.5.2 GRUPO VOLCANOCLASTICO SILICICO (T_{va})

Esta secuencia volcanoclástica se encuentra integrada primordialmente por flujos de piroclásticos (ignimbritas) y en menor proporción por tobas y derrames, cuya composición varía de riolítica a riodasítica. Genéticamente observan un mismo origen por lo que se optó integrarlas en una sola unidad.

Todas ellas muestran una pseudoestratificación sub-horizontal -- que contrastan de manera notoria con las rocas subyacentes -- (andesitas).

Las tobas pueden ser líticas, brechoides y cristalinas, las ignimbritas muestran características muy variables en contenido de fenocristales, fragmentos líticos (autolitos), y fragmentos de andesitas especialmente en la Sierra del Registro o en la zona de Chupadados.

En términos generales, se describe como un basalto vesicular de olivino, cuyos derrames no rebasan los 2.0 m. de espesor en algunos lugares y como espesor máximo en otros de 30.0 m.

Subyacen a la secuencia volcánica terciaria y a relleños antiguos o pueden encontrarse cubiertos por aluvión reciente.

II.5.3 RELLENO ALUVIAL (Qa1).

Estos depósitos constan de material muy variado y con diferentes grados de consolidación, tales como aluvión y terrazas de denudación localizados en las estribaciones de las sierras y arenas mal clasificadas que forman lomeríos con buzamientos suaves hacia el centro del valle. Horizontes de arena tabácea de grano fino a medio que fueron depositados por procesos lacustres, abanicos aluviales formados por arenas graduadas, limos arenosos, arenas arcillosas y depósitos fluviales formados sobre los cauces de los ríos y arroyos que cruzan la región -- estudiada.

II.6 UNIDADES GEOHIDROLOGICAS

II.6.1 ANDESITAS OLIGOCENICAS (Toa)

Geohidrológicamente estos afloramientos se encuentran parcialmente erosionados y a pesar del fuerte fracturamiento -- que presentan, no son susceptibles de contener agua en las -- -- fracturas, debido a la alteración que afectó a la unidad, careciendo de importancia desde éste punto de vista, es considerado como un acuífugo.

II.6.2 GRUPO VOLCANOCLASTICO SILICICO (Tvs)

El alto grado de consolidación de la unidad permite la circulación del agua unicamente por los planos de pseudoestratificación y diaclasamiento. Geohidrológicamente se considera -- -- apta para contener agua unicamente a través de fracturas como -- lo demuestra la presencia de manantiales, siendo la función prmordial, el servir como barreras impermeables de otros acuíferos, se le clasifica como un acuitardo.

II.6.3 CONGLOMERADO TERCARIO (Tcg)

Presenta condiciones favorables para almacenar agua, -- sin embargo, no se conoce ningún aprovechamiento profundo en -- ésta unidad, por aflorar encima del nivel de saturación, -- pero deberá tomarse en cuenta para futuras captaciones, se le -- clasifica como un acuitardo.

II.6.4 BASALTO CUATERNARIO (Qb)

Por encontrarse encima del nivel de saturación y de acuerdo al brechamiento que presenta ésta unidad, especialmente en la base y frente a las coladas y el intenso fracturamiento, se considera trasmisora del agua a unidades subyacentes como lo muestra la carencia de un drenaje superficial definido, se le clasifica como un acuitardo.

II.6.5 RELLENO ALUVIAL (Qal-re)

La heterogenidad de los componentes de ésta unidad permite tanto la transmisión del agua como su almacenamiento. Es la fuente principal para el abastecimiento del agua en la zona. Esta formación corresponde a un acuífero.

C A P I T U L O I I I

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- III.1 GENERALIDADES

- III.2 HIDROLOGIA
 - III.2.1 RIO SAUCEDA
 - III.2.2 RIO EL TUNAL
 - III.2.3 RIO SANTIAGO BAYACORA
 - III.2.4 ARROYO LAS VACAS

- III.3 PRINCIPALES VASOS DE ALMACENAMIENTO
 - III.3.1 PRESA PEÑA DEL AGUILA
 - III.3.2 PRESA GUADALUPE VICTORIA

- III.4 HIDROMETRIA
 - III.4.1.a) DETERMINACION DE LA AVENIDA MAXIMA -
 POR METODOS ESTADISTICOS.
 - III.4.2 ANALISIS DE LOS HIDROGRAMAS DE LOS -
 AFLUENTES DEL RIO DURANGO.
 - III.4.3 HIDROMETRIA DE VASOS

- III.5 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

C A P I T U L O I I I

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

III.1 GENERALIDADES

La cuenca en estudio pertenece a la región hidrológica-
No. 11 o cuenca hidráulica del río San Pedro; comprende una área
de 10,000 Km², drenada por tres corrientes principales que son:
el río Saucedá, río El Tunal y río Santiago Bayácora, y de menor
importancia el arroyo Las Vacas.

Estas corrientes presentan la característica de ser - -
perennes al escurrir por el sistema montañoso, no obstante al --
llegar al valle, se vuelven intermitentes e inclusive desaparecen
al centro de éste para que posteriormente, surgan y se unan al -
río Durango y éste al río Mezquital.

III.2 HIDROLOGIA

III.2.1 RIO LA SAUCEDA

Este río nace en el Estado de Durango, entre las sierras
de Magdalena y de la Cacaría, aproximadamente a unos 75 Km. al -
noroeste de la capital del Estado, cuyos tributarios son: El río
Canatlán y el arroyo El Mimbres. Después de recibir las aportacio
nes del primero de estos, parte de sus aguas son desviadas por -
un canal alimentador hacia la presa San Bartolo que se localiza-
sobre el cauce del arroyo El Mimbres.

Siguiendo la trayectoria del río, aguas abajo del -- mencionado canal, el río La Sauceda, recibe el aporte del arroyo El Mimbres; como a 23 Km. más abajo de la confluencia, se localiza la presa Peña del Aguila, cuya finalidad es la de controlar -- las avenidas y regar aproximadamente 2,500 Hrs.

A partir de la presa, el río tiene una orientación -- noroeste-sureste, en este nuevo trayecto recibe por la margen -- derecha, la aportación de los ríos El Tunal y Santiago Bayácora. Después de la última aportación cambia de río La Sauceda a río -- Durango, para que nuevamente aguas abajo se denomine río Mezquital y por último río San Pedro.

III.2.2 RIO EL TUNAL

Este río se forma de los escurrimientos que provienen -- del norte (río Blanco) y sur (río Del Arco), de la sierra de -- Durango; el escurrimiento de este río, generalmente tiene una -- dirección de suroeste a noreste, hasta unirse por la margen de -- recha del río Sauceda.

Al pasar por el valle de Guadiana, parte de su cauce es desviado por el canal La Fábrica, que se localiza aguas abajo -- del mayor vaso de almacenamiento con que cuenta la zona, la presa Guadalupe Victoria.

III.2.3 RIO SANTIAGO BAYACORA

Nace al sur de la sierra de Durango, con una orientación suroeste a noreste. Sus aguas tienen una aportación fundamental -- en cuatro canales de derivación que son: La Puerta, San Juan, --

Canal No. 1 y No. 2.

III.2.4 ARROYO LAS VACAS

Es una pequeña corriente no perenne con avenidas torren ciales, que drenan una cuenca de 800 Km², antes de unirse al río Mezquital; no cuenta con aprovechamientos superficiales.

En resumen tenemos:

CORRIENTE	TRIBUTARIO	AREA DE - CUENCA
Río de la Saucedada	Río Canatlán Arroyo Mimbres	4,500 Km ²
Río Tunal	Río de Las Bayas Río Chico	3,200 Km ²
Río Santiago Bayácora		1,500 Km ²
Arroyo Las Vacas		800 Km ²
T o t a l		10,000 Km ²

III.3 PRINCIPALES VASOS DE ALMACENAMIENTO

III.3.1 PRESA PEÑA DEL AGUILA

Se encuentra ubicada 20 Km. aguas abajo de la derivación que se hace del río La Saucedada, a través de un canal a la presa - San Bartolo; tiene una capacidad de 32 millones de M³ de agua y - se utiliza para el riego de 2700 Has., con dos ciclos agrícolas,- el primero de ellos de Marzo - Junio y el segundo, de Septiembre- Diciembre.

Su cortina se desplantó en las riolitas, que constituyen la roca base, su corazón es de material arcilloso permeable protegido con filtros de grava, arena y enrocamiento en los taludes. Su altura media desde el lecho del río es de 14.0 m. y con respecto a su desplante de 25.0 m.

La cortina tiene un ancho de 10.0 m y un borde libre de 1.53 m, a la derecha se localiza la obra de excedencia mientras que a la izquierda, se ubica la obra de toma; la primera de estas estructuras consiste en un vertedor de tipo cresta libre de 128.92 m. de longitud, con una capacidad máxima de descarga de $1,200.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Tiene una área de captación de $2,610.0 \text{ Km}^2$ hasta la cortina, con un vaso cuya capacidad total es de $31.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ y una área de embalse hasta la cresta del vertedor de 812 Hrs.

III.3.2 PRESA GUADALUPE VICTORIA

Se encuentra ubicada en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, sobre el cauce del río Tunal, y cuenta con una capacidad en su vaso de $81 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua. Su finalidad es controlar todos los escurrimientos que emanan de la sierra y de regar aproximadamente 9000 Has, con los mismos ciclos de cultivo que la presa Peña del Aguila.

Su cortina es de enrocamiento, con corazón impermeable arcilloso protegido por filtros de arena y grava. Presenta una altura a partir del lecho del río de 46.0 m., pero desde su desplante hasta la corona mide 71.11 m.; dicha corona tiene una longitud de 485.0 m. por 10.0 m de ancho y una base de 230 m.

Cuenta con dos estructuras de excedencia; un vertedor de gasto controlado por compuertas y un cimacio de perfil GREAGER, que en conjunto descargan como máximo $1,820 \text{ m}^3/\text{seg}$.

A la derecha de la presa se localiza la obra de toma que consiste en un Túnel de sección anular de 4 m de diámetro y 280.20 m de longitud, revestido de concreto.

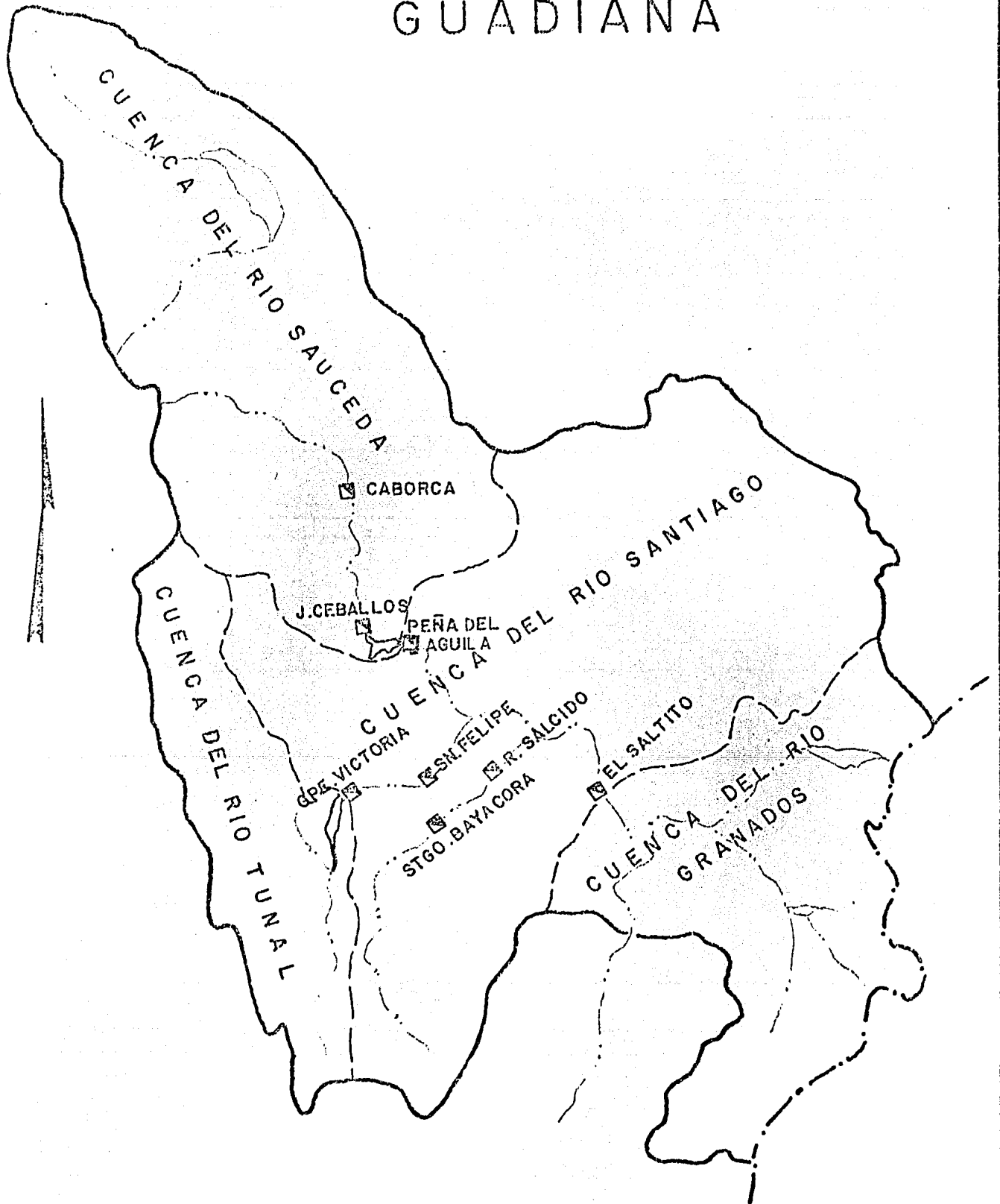
III.4 HIDROMETRIA

Para tener una idea a cerca de la forma y circulación de las aguas superficiales, se elaboró un croquis representativo de la corrientes, canales y estaciones hidrométricas que se localizan dentro de la zona de estudio, Fig. No. 3-1.

Es así que, de acuerdo con la información recabada, se localizaron 9 estaciones que a continuación se enlistan.

ESTACION	CORRIENTE	PERIODO
1. Peña del Aguila	Río La Sauceda	1953 - 1973
2. El Saltito	Río Durango	1956 - 1973
3. El Pueblito	Canal La Fábrica	1961 - 1973
4. El Pueblito	Río El Tunal	1964 - 1973
5. San Felipe	Río El Tunal	1943 - 1973
6. Santiago Bayácora	Canal La Puerta	1948 - 1973
7. Pueblo Nuevo	Canal No. 1	1948 - 1973
8. Pueblo Nuevo	Canal No. 2	1948 - 1973
9. Refugio Salcido	Río Santiago	1943 - 1973

CUENCA DE VALLE DEL GUADIANA



■ ESTACION HIDROMETRICA.

FIG. No. 3 - I

De la fig. No. 3-1, se observa que las estaciones Peña del Aguila, San Felipe y R. Salcido se localizan practicamente a la entrada del valle, y la estación El Saltito, considerada - como la única salida de las aguas superficiales.

Las tablas No. III-1 a III-4, resumen los escurrimientos mensuales registrados en 17 años consecutivos.

Tomando en cuenta que el escurrimiento registrado en - la estación Refugio Salcido, no está afectado por vasos de alma cenamiento superficial, se puede apreciar que estos ocurren en los meses de Julio a Octubre y en ocasiones hasta Noviembre. -- Las estaciones restantes presentan escurrimientos todo el año, - debido a las presas Guadalupe Victoria y Peña del Aguila que -- vierten sus aguas a los distritos de riego No. 52-a y 52-b, - - respectivamente.

La tabla No. III-5, presenta los escurrimientos obteni dos en cada año, de las estaciones Peña del Aguila, San Felipe, Refugio Salcido y El Saltito; representadas estas por las co lumnas (2), (3), (4) y (6) respectivamente.

La columna (5) suma los escurrimientos de las tres pri meras estaciones y los compara con los de la columna (6), con - el objeto de poder determinar las pérdidas o ganancias que se - tengan al circular las aguas por el valle. Como se puede obser var en las columnas mencionadas, existen pérdidas considerables estimadas en aproximadamente $33.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ por año, y solo en - los años de 1966 y 1967 se presenta, un ligero aumento en la -- estación Saltito.

ESTACION "PEÑA DEL AGUILA"

VOLUMEN MENSUAL EN MILES DE M³

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	140	789	658	602	390	512	773	698
FEB.	490	601	590	1182	777	534	440	561
MAR.	573	509	901	1382	1121	718	388	1285
ABR.	1455	1032	1658	2355	2104	1271	1658	2062
MAY.	2235	2222	3125	4467	3779	1672	3518	4474
JUN.	65	951	2479	1502	2656	535	1121	1878
JUL.	181	462	724	8897	2444	454	2880	2026
AGO.	1092	14383	1225	47315	3013	756	544	2709
SEP.	21202	3141	10783	10127	0	48618	61702	1700
OCT.	106688	692	511	2669	0	26476	18383	214
NOV.	7178	513	57	294	88	1569	1359	0
DIC.	2858	443	146	277	231	1045	485	36
SUMA ANUAL	144157	25738	22814	81068	16604	84161	93228	17642

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	251	600	820	2421	483	812	1039	386
FEB.	214	691	709	1023	754	583	874	457
MAR.	517	1065	1477	1552	975	969	1540	951
ABR.	932	2556	2680	2523	2208	1488	2554	1369
MAY.	2274	4412	4427	5858	5811	5558	5963	3157
JUN.	975	1862	2322	2382	2564	1886	1402	1473
JUL.	368	56	20005	919	1823	809	3052	173
AGO.	64270	69728	50417	4639	2138	1277	3691	27089
SEP.	112113	88802	239142	1605	109779	8042	2291	12692
OCT.	9660	6089	31835	28	75364	14455	712	25228
NOV.	1495	1247	4091	105	4626	1189	0	3420
DIC.	926	376	1194	0	1482	329	306	768
SUMA ANUAL	193995	177484	359119	23054	208007	37396	23424	43438

ESTACION SAN FELIPE
VOLUMEN MENSUAL EN MILES DE M³

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	2285	4830	5697	4435	1103	972	3978	1394
FEB.	1757	3298	3381	3424	914	995	2511	1123
MAR.	4816	3349	3049	2637	5694	712	1531	1524
ABR.	3056	3142	1899	2254	4156	1733	2721	4130
MAY.	3011	1899	1680	1363	1869	4231	2556	3356
JUN.	13594	3037	2013	4639	1522	3739	3263	1791
JUL.	10979	9992	6127	21084	3417	5352	5113	1942
AGO.	26946	55095	10726	52644	2541	3809	18544	1718
SEP.	37587	9501	19368	25070	797	69261	55139	2932
OCT.	47030	9395	3971	15253	989	28936	19396	2225
NOV.	11610	6088	3156	2993	837	4830	2972	3044
DIC.	6563	3715	3212	1445	1060	8399	3495	2415
SUMA ANUAL	170235	113340	64279	137280	24898	133210	121219	27595

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	1407	5021	2068	8790	1213	1743	1457	1048
FEB.	1314	1488	1961	3694	2081	1167	1043	907
MAR.	1184	7261	20282	2121	1825	1477	1220	1316
ABR.	2889	4172	3843	3248	3234	4414	5225	2811
MAY.	2950	4455	13940	7130	4408	3466	4884	5272
JUN.	2380	2363	4770	2526	2310	1682	1453	3338
JUL.	2124	3162	8484	1844	1331	9147	2219	1275
AGO.	48222	71652	17008	5396	1603	18061	6482	142402
SEP.	127765	63166	145925	3355	80425	4280	2778	36993
OCT.	14060	11364	18791	1314	24687	15912	1340	1852
NOV.	3438	4388	6598	1304	2543	1097	929	1061
DIC.	1956	3212	4292	1446	1210	1345	991	1110
SUMA ANUAL	210689	181623	147062	42164	126868	63781	30019	199286

ESTACION R. SALCIDO

VOLUMEN MENSUAL EN MILES DE M³

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	0	497	278	0	0	0	725	258
FEB.	0	3	0	0	0	0	249	0
MAR.	0	0	0	0	0	0	0	0
ABR.	0	0	0	0	0	0	0	0
MAY.	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN.	260	0	0	0	0	0	399	0
JUL.	2282	2757	0	5916	0	3848	728	0
AGO.	16609	41333	4087	14734	0	18827	14863	1169
SEP.	26076	3393	9272	8277	264	77873	40126	12219
OCT.	31184	16966	0	6290	0	14737	9701	2259
NOV.	5676	2593	0	0	0	1192	490	0
DIC.	1362	216	0	6	0	4154	609	0
SUMA ANUAL	83450	67728	13638	35223	264	120631	67888	15905

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0	2414	0	2410	3125	0	0	0
FEB.	908	917	0	0	623	0	0	0
MAR.	1	194	2237	0	79	0	0	0
ABR.	0	0	83	0	0	0	0	0
MAY.	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN.	282	0	0	0	0	575	0	3425
JUL.	2425	8692	11846	594	476	4032	154	11362
AGO.	68511	97571	18799	213	4562	13063	0	143813
SEP.	44787	43024	119632	7168	52599	8932	3093	19025
OCT.	6891	2705	17430	3207	18598	10638	268	3525
NOV.	1419	482	1942	0	424	367	12778	356
DIC.	959	0	2148	1173	0	0	330	0
SUMA ANUAL	126183	156060	174116	14764	80485	37607	16622	181507

ESTACION EL SALTITO
VOLUMEN MENSUAL EN MILES DE M³

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	1434	4757	355	1433	1216	1059	3959	2048
FEB.	1292	1110	419	1191	1165	946	1540	723
MAR.	1180	1127	850	1244	1295	1012	1985	297
ABR.	1031	1078	1588	1287	1165	1037	1036	443
MAY.	1313	1339	1626	1100	1131	1076	1203	47
JUN.	12698	1306	1179	1351	1071	1212	3769	424
JUL.	9486	10575	1661	26253	1140	1101	4657	1546
AGO.	22812	94401	12286	10571	1142	25587	34427	3010
SEP.	89912	23988	31963	41045	1204	88076	111436	14819
OCT.	169940	22533	1085	23464	1158	168924	88506	6606
NOV.	29430	8620	1177	815	1101	7726	4248	1327
DIC.	10764	1454	1464	1030	1043	10901	1025	4366
SUMA ANUAL	351291	172288	55653	205919	13831	308658	256882	35655

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	510	14963	4276	17203	9059	4377	1301	1798
FEB.	2123	4898	1631	2526	2705	1482	1380	886
MAR.	391	7327	33476	2087	2393	416	209	448
ABR.	220	2484	1744	903	237	396	148	131
MAY.	304	441	12544	3734	380	917	466	175
JUN.	3290	1537	4869	2946	1502	3822	1825	6107
JUL.	6987	14607	25969	2980	3512	16478	2012	19862
AGO.	128514	13307	75739	912	13053	34274	2117	50328
SEP.	361614	29928	42719	13986	13755	17996	6372	166442
OCT.	42433	31821	92635	7022	19987	45418	1480	60292
NOV.	10046	8573	16473	970	14328	4024	7956	8657
DIC.	6520	7805	10032	4586	5203	3132	2512	4945
SUMA ANUAL	562952	52680	706478	59855	38978	132731	27778	80300

VOLUMENES ANUALES DE LAS
ESTACIONES (1957)

AÑO	ESTACION PERA DEL AGUILA.	ESTACION SV. FELIPE	ESTACION R. SALCIDO	2 - 3 - 4	ESTACION EL SALTITO
1	2	3	4	5	6
1957	13.893	40.512	1.393	55.798	16.004
1958	144.157	170.235	83.450	397.842	351.291
1959	25.738	113.340	67.728	206.806	172.288
1960	22.814	64.279	13.638	100.731	56.653
1961	81.068	137.280	35.223	253.571	205.919
1962	16.604	24.898	0.264	41.766	13.831
1963	84.161	133.210	120.631	338.002	308.658
1964	93.228	121.219	67.888	282.335	256.882
1965	17.642	27.595	15.905	61.142	35.655
1966	193.995	210.689	126.183	530.867	562.952
1967	177.484	181.623	156.060	515.167	526.803
1968	359.119	247.062	174.116	780.297	706.478
1969	23.054	42.164	14.764	79.982	59.855
1970	208.007	126.868	80.485	415.36	389.784
1971	37.396	63.781	37.607	139.348	132.731
1972	23.424	30.019	16.622	70.065	27.778
1973	434.378	199.286	181.507	815.171	803.003
	2616 Km ²	2008 Km ²	1052 Km ²	5676 Km ²	10135 Km ²

De lo anterior se puede inferir lo siguiente:

- a) Debido a la gran capacidad de infiltración que presenta el valle, las aguas de los ríos La Saucedá, El Tunal y El Santiago Bayácora, son absorbidas para la recarga del acuífero en el extremo Este.

- b) Tomando en cuenta el clima del valle, las aguas superficiales tienen pérdidas considerables por evaporación, que pueden reflejarse en la estación El Saltito.

Debe de tomarse en cuenta que las estaciones Peña del Aguila y San Felipe, no solo registra los escurrimientos propiciados por las precipitaciones, sino que además, toma en cuenta los derrames propios de la presa y las tomas que se hacen para el distrito de riego No. 52.

Las tablas No. III.6 a III.9, muestran los gastos medios mensuales registrados en las cuatro estaciones, observandose que los gastos mayores se presentan en los meses de Julio a Octubre, con sus respectivas variaciones tanto en tiempo de lluvias como en estiaje.

GASTOS EN EL PERIODO DE ESTIAJE (NOVIEMBRE - ENERO)

ESTACION	VARIACION (m ³ /seg.)	PROMEDIO (m ³ /seg.)
Peña del Aguila	0.25 a 1.43	0.84
San Felipe	0.85 a 1.50	1.17

ESTACION R. SALCIDO
GASTO MENSUAL M³/SEG.

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	0	.19	.10	0	0	0	.27	.10
FEB.	0	0	0	0	0	0	.10	0
MAR.	0	0	0	0	0	0	0	0
ABR.	0	0	0	0	0	0	0	0
MAY.	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN.	.10	0	0	0	0	0	.15	0
JUL.	.85	1.02	0	2.21	0	1.44	.27	0
AGO.	6.20	15.43	1.53	5.50	0	7.03	5.55	.44
SEP.	10.06	1.31	3.58	3.19	2.64	30.04	15.48	4.71
OCT.	10.64	6.33	0	2.35	0	5.50	3.62	.84
NOV.	2.19	1.00	0	0	0	.46	.19	0
DIC.	.51	.08	0	0	0	1.55	.23	0
SUMA ANUAL	2.65	2.15	.43	1.12	2.0	3.83	2.15	.50

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0	.90	0	.90	1.17	0	0	0
FEB.	.38	.40	0	0	.26	0	0	0
MAR.	0	.07	.84	0	.03	0	0	0
ABR.	0	0	.03	0	0	0	0	0
MAY.	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN.	.11	0	0	0	0	.22	0	1.32
JUL.	.91	3.25	4.42	.22	.18	1.51	.06	4.24
AGO.	25.58	36.43	7.02	.08	1.70	4.88	0	53.69
SEP.	17.28	16.60	46.15	2.77	20.29	3.45	1.19	7.34
OCT.	2.57	1.02	6.51	1.2	6.94	3.97	.10	1.32
NOV.	.55	.19	.75	0	.16	.14	4.93	.14
DIC.	.36	.00	.80	.44	0	0	.12	0
SUMA ANUAL	4.00	4.95	5.51	.47	2.55	1.19	.53	5.76

ESTACION PEÑA DEL AGUILA
GASTO MENSUAL EN M³/ SEG.

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	.05	.29	.25	.22	.15	.19	.29	.26
FEB.	.20	.25	.24	.49	.32	.22	.18	.23
MAR.	.21	.19	.34	.52	.42	.27	.14	.48
ABR.	.56	.40	.64	.91	.81	.49	.63	.80
MAY.	.83	.83	1.17	1.67	1.41	.62	1.31	1.67
JUN.	.03	.37	.96	.58	1.02	.21	.43	.72
JUL.	.07	.17	.27	3.32	.91	.17	1.08	.76
AGO.	41.0	5.37	.46	17.67	1.12	.28	.20	1.01
SEP.	8.18	1.21	4.14	3.91	0	18.76	23.8	.66
OCT.	39.83	.26	.19	1.00	0	9.88	6.86	.08
NOV.	2.77	.20	.02	.11	.03	.61	.52	.00
DIC.	1.07	.17	.05	.10	.09	.39	.18	.01
SUMA ANUAL	4.57	.82	.72	2.57	.53	2.67	2.95	.56

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	.09	.22	.31	.90	.18	.30	.39	.14
FEB.	.09	.29	.28	.42	.31	.24	.35	.19
MAR.	.19	.40	.55	.58	.36	.36	.57	.35
ABR.	.36	.99	1.03	.97	.85	.57	.99	.53
MAY.	.85	1.65	1.65	2.19	2.17	2.08	2.23	1.18
JUN.	.38	.72	.90	.92	.99	.73	.54	.57
JUL.	.14	.02	7.47	.34	.68	.30	1.14	.06
AGO.	24.00	26.03	18.82	1.73	.80	.48	1.38	100.84
SEP.	43.25	34.26	91.26	.62	42.35	3.10	.88	44.96
OCT.	3.61	2.27	11.89	.01	28.14	5.40	.27	9.42
NOV.	.58	.48	1.58	.04	1.78	.46	0	1.32
DIC.	.35	.14	.45	.00	.55	.12	.11	.29
SUMA ANUAL	6.15	5.63	11.36	.73	6.60	1.19	.74	13.77

ESTACION SAN FELIPE
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN M³/SEG.

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	0.85	1.80	2.13	1.66	0.41	0.36	1.49	0.52
FEB.	1.14	1.36	1.35	1.42	0.38	0.41	1.00	0.46
MAR.	1.80	1.25	1.14	0.98	2.13	0.27	0.57	0.57
ABR.	1.18	1.21	0.73	0.87	1.60	0.67	1.05	1.59
MAY.	1.12	0.71	0.63	0.51	0.70	1.58	0.95	1.25
JUN.	5.24	1.17	0.78	1.79	0.59	1.44	1.26	0.69
JUL.	4.10	3.73	2.29	7.87	1.28	2.00	1.91	0.73
AGO.	10.06	20.00	4.00	19.65	0.95	1.42	6.92	0.64
SEP.	14.50	3.67	7.47	9.67	0.31	26.72	21.27	1.13
OCT.	17.56	3.51	1.48	5.69	0.37	10.80	7.24	0.83
NOV.	4.48	2.35	1.22	1.15	0.32	1.86	1.15	1.17
DIC.	2.45	1.39	1.20	0.55	0.40	3.23	1.30	0.90
SUMA ANUAL	5.40	3.59	2.04	4.35	0.79	4.22	3.83	0.80

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.53	1.87	0.77	3.28	0.45	0.65	0.54	0.39
FEB.	0.54	0.58	0.78	1.53	0.86	0.48	0.42	0.37
MAR.	0.44	2.71	7.57	0.79	0.68	0.55	0.46	0.49
ABR.	1.11	1.61	1.48	1.25	1.25	1.70	2.02	1.08
MAY.	1.10	1.66	5.20	2.66	1.65	1.29	1.82	1.97
JUN.	0.92	0.91	1.84	0.97	0.89	0.65	0.56	1.29
JUL.	0.79	1.18	3.17	0.69	0.50	3.42	0.83	0.48
AGO.	18.00	26.75	6.35	2.01	0.60	6.74	2.42	53.17
SEP.	49.29	24.37	55.95	1.29	31.03	1.65	1.07	14.23
OCT.	5.25	4.24	7.02	0.49	9.22	5.95	0.50	0.69
NOV.	1.33	1.69	2.55	0.50	0.98	0.42	0.36	0.41
DIC.	1.10	1.20	1.60	0.54	0.45	0.50	0.37	0.41
SUMA ANUAL	6.68	5.76	7.81	1.34	4.02	2.02	0.95	6.32

ESTACION EL SALTITO

GASTOS MEDIOS MENSUALES EN M³/SEG.

AÑO MES	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
ENE.	0.54	1.78	0.13	0.54	0.45	0.40	1.14	0.76
FEB.	0.53	0.46	0.17	0.49	0.48	0.39	0.61	0.30
MAR.	0.44	0.42	0.32	0.46	0.48	0.38	0.74	0.11
ABR.	0.40	0.42	0.61	0.50	0.45	0.40	0.40	0.17
MAY.	0.49	0.50	0.61	0.41	0.42	0.40	0.45	0.02
JUN.	4.90	0.50	0.45	0.52	0.41	0.47	1.45	0.16
JUL.	3.54	3.95	0.62	9.80	0.43	0.41	1.74	0.58
AGO.	8.58	35.25	4.59	39.47	0.43	9.55	12.85	1.12
SEP.	34.69	9.25	12.33	15.84	0.46	33.98	42.90	5.72
OCT.	63.45	8.41	0.40	8.76	0.43	63.07	33.04	2.47
NOV.	11.35	3.33	0.45	0.31	0.42	2.98	1.64	0.51
DIC.	4.02	0.54	0.55	0.38	0.39	4.07	0.38	1.63
SUMA ANUAL	11.07	5.40	1.77	6.46	0.44	9.71	8.11	1.13

AÑO MES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.19	5.59	1.60	6.42	3.38	1.63	0.49	0.67
FEB.	0.88	2.02	0.65	1.04	1.12	0.61	0.55	0.37
MAR.	0.15	2.74	12.5	0.78	0.89	0.16	0.08	0.17
ABR.	0.08	0.96	0.67	0.35	0.09	0.15	0.06	0.05
MAY.	0.11	0.16	4.68	1.39	0.14	0.34	0.17	0.07
JUN.	1.27	0.59	1.88	1.14	0.58	1.47	0.70	2.36
JUL.	2.61	5.45	9.70	1.11	1.31	6.15	0.75	7.42
AGO.	47.98	49.68	28.28	0.34	4.87	12.80	0.79	187.9
SEP.	139.5	115.5	164.8	5.40	53.07	6.94	2.46	75.78
OCT.	15.84	11.88	34.59	2.62	74.62	16.96	0.55	22.51
NOV.	3.88	3.31	6.36	0.37	5.53	1.55	3.07	3.34
DIC.	2.43	2.91	3.75	1.71	1.94	1.17	0.94	1.85
SUMA ANUAL	17.91	16.73	22.45	1.89	12.30	4.16	0.89	25.21

Refugio Salcido	0.00 a 0.63	0.31
El Saltito	0.37 a 4.62	2.49

GASTO DEL PERIODO DE LLUVIA (JULIO - OCTUBRE)

E S T A C I O N	VARIACION (m ³ /seg.)	PROMEDIO (m ³ /seg.)
Peña del Aguila	1.04 a 19.18	10.11
San Felipe	2.13 a 15.59	8.86
Refugio Salcido	1.21 a 26.32	13.77
El Saltito	3.14 a 20.04	11.59

GASTO PROMEDIO ANUAL

E S T A C I O N	PROMEDIO ANUAL (m ³ /seg.)	PROMEDIO - (m ³ /seg) (1957 - 1973)
Peña del Aguila	5.47	3.65
San Felipe	5.01	3.61
Refugio Salcido	7.04	3.52
El Saltito	7.04	8.17

III.4.1.a DETERMINACION DE LA AVENIDA MAXIMA POR METODOS ESTADISTICOS.

La aplicación de los métodos estadísticos, requiere del conocimiento de los gastos máximos anuales y que se tome como base, que dichos gastos, son variables aleatorias con una cierta-distribución; los métodos más usados son: GUMBEL, NASH y LEBEDIEV.

Para el cálculo del gasto máximo, para el período de -
retorno determinado, se usará la ecuación:

$$Q_{max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_n - L_n Tr)$$

siendo:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}}$$

donde:

N = Número de años de registro

Q_i = Gastos máximos anuales registrados, en m³/seg.

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{n} = \text{Gasto medio, en m}^3/\text{seg.}$$

Q_{max} = Gasto máximo para el período determinado, en m³/seg.

\bar{Y}_n, \bar{Y} = Constantes en función de N.

σ_Q = Desviación estandar de los gastos

El intervalo de confianza se calcula si:

a) $\beta = 1 - \frac{I}{Tr}$ varia de 0.20 a 0.80 se usa:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N} \times \frac{\sigma_M \sigma_Q}{\sigma_N \sqrt{N}}$$

b) $\phi > 0.90$, se usa:

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sigma_Q}{\sigma^n}$$

Por último el gasto de diseño para un cierto período de retorno será, igual al gasto máximo \pm el intervalo de confianza. Los cálculos se presentan en las tablas No. III-10 a III-12.

Las avenidas máximas presentadas fueron:

	Q _{máx} (M ³ /seg)	INTERVALOS
La Sauceda	439.75	282.68 < 439.75 < 596.82
Tunal	562.21	369.73 < 562.21 < 754.69
Santiago	297.21	140.06 < 297.21 < 454.36

Avenida máxima en el río La Sauceda

1. Método Gumbel.

$$Q_{MAX} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma^n} (\bar{Y} - \ln Tr)$$

2. Gasto medio del período observado (Q_m). (Tabla No. III-10)

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{N} ; \quad N = \text{Número de años observados}$$

Q_i = Suma de gastos máximos - anuales.

$$Q_m = \frac{2541.56}{20} = 127.08 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

Estación Hidrometrica Peña del Aguila

Rio la Sauceda

Tabla No. III-10

AÑO DE OBSERVACION	$Q_i = \text{m}^3/\text{seg. GASTO MAXIMO ANUAL}$	$(Q_i)^2$	$\frac{Q_i}{Q_m}$	$\frac{Q_i}{Q_m} - 1$	$\left[\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right]^2$
1954	2.70	7.29	0.021	-0.979	0.958
1955	143.00	20449.0	1.125	0.125	0.016
1956	16.00	256.0	0.126	-0.874	0.764
1957	2.04	4.162	0.033	-0.967	0.935
1958	114.00	12996.0	0.897	-0.103	0.011
1959	65.10	4238.01	0.512	-0.488	0.238
1960	35.60	1267.36	0.280	-0.720	0.518
1961	85.70	7344.49	0.674	-0.326	0.106
1962	2.54	6.452	0.051	-0.949	0.901
1963	182.00	33124.0	1.432	0.432	0.187
1964	152.00	23104.0	1.196	0.196	0.038
1965	2.12	4.494	0.017	-0.932	0.869
1966	203.80	41534.44	1.604	0.604	0.365
1967	269.90	72846.01	2.124	1.124	1.263
1968	388.80	151165.44	3.059	2.059	4.239
1969	4.26	18.148	0.034	-0.966	0.933
1970	429.00	184041.00	3.376	2.376	5.645
1971	18.80	353.44	0.148	-0.852	0.726
1972	2.70	7.29	0.021	-0.979	0.958
1973	421.50	177662.25	3.317	2.317	5.368
20	2541.56	730,429.276			25.038

3. Desviación Estandar

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i)^2 - N (Q_m)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{730,429.276 - 20(127.08)^2}{20-1}}$$

$$Q = 146.440 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

4. Cálculo de los coeficientes \bar{V}_n y ∇n , en base a las tablas de desviación estandar que tienen los libros de probabilidad y estadística.

$$\bar{V}_n = 0.52355$$

$$\nabla n = 1.06283$$

5. Sustituir valores.

$$Q_{\max} = 127.08 - \frac{146.440}{1.06283} (0.52355 - \text{LnTr})$$

$$= 127.08 - 72.136 + 137.783 \text{ LnTr}$$

$$= 54.944 + 127.783 \text{ LnTr}$$

6. Para $\text{Tr} = 20$ Años (Aprox. Año 2001)

$$Q_{\max} = 439.75 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

7. Intervalo de confianza.

$$\emptyset = 1 - \frac{1}{T_T} = 1 - \frac{1}{20} = 0.95 > 0.90$$

$$\therefore \bar{V}Q = \pm \frac{1.14 \bar{V}Q}{\bar{V}n} = \frac{1.14 (146.44)}{1.06283} = 157.07 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

$$282.68 < 439.75 < 596.82$$

Avenida máxima río Tunal

1. Método Gumbel.

$$Q_{\max} = Q_m - \frac{\bar{V}Q}{\bar{V}n} (\bar{V}n - \text{Ln}T_T)$$

2. Gasto medio período observado (Tabla No. III-11)

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} = \frac{2896.23}{20} = 144.81 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

3. Desviación Estandar.

$$\bar{V}Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i)^2 - N(Q_m)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{1'031,252.8 - 20(144.81)^2}{20-1}}$$

$$\bar{V}Q = 179.45 \text{ m}^3/\text{Seg.}$$

Estación San Felipe

Rio Tunal.

Tabla No. III-II

AÑO DE OBSERVACION	$Q_i = \text{m}^3/\text{seg.}$ GASTO MAXIMO ANUAL	$(Q_i)^2$	$\frac{Q_i}{Q_m}$	$\frac{Q_i}{Q_m} - 1$	$\left[\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right]^2$
1954	41.80	1747.24	0.288	-0.711	0.506
1955	91.50	8372.25	0.632	-0.368	0.136
1956	28.70	823.69	0.198	-0.802	0.643
1957	16.50	272.25	0.114	-0.886	0.785
1958	64.80	4199.04	0.447	-0.553	0.305
1959	72.30	5227.29	0.499	-0.501	0.251
1960	33.20	1102.24	0.229	-0.771	0.594
1961	28.80	829.44	0.199	-0.801	0.642
1962	4.70	22.09	0.032	-0.967	0.936
1963	358.00	128164.00	2.472	+1.472	2.167
1964	55.00	3025.00	0.380	-0.620	0.385
1965	5.78	33.41	0.040	-0.960	0.922
1966	318.20	101251.24	2.197	+1.197	1.434
1967	329.80	108768.04	2.277	+1.277	1.632
1968	608.60	370393.96	4.203	+3.203	10.257
1969	20.50	420.25	0.142	-0.858	0.737
1970	369.07	136212.66	2.548	+1.548	2.398
1971	44.00	1936.00	0.304	-0.696	0.485
1972	6.98	48.72	0.048	-0.952	0.906
1973	398.00	158404.00	2.748	+1.748	3.057
20	2896.23	1'031,252.80			29.178

4. Cálculo de los coeficientes \bar{Y}_n y \sqrt{V}_n .

$$\bar{Y}_n = 0.52355 \quad \sqrt{V}_n = 1.06283$$

5. Substituyendo valores

$$Q_{\max} = \frac{144.81 - 179.45}{1.06283} (0.52355 - \ln Tr)$$

$$Q_{\max} = 144.81 - 88.40 + 168.84 \ln Tr$$

$$Q_{\max} = 56.41 + 168.84 \ln Tr$$

6. Para $Tr = 20$ años

$$Q_{\max} = 562.21 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

7. Intervalo de confianza.

$$\emptyset = 1 - \frac{1}{Tr} = 1 - \frac{1}{20} = 0.95 > 0.90$$

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sqrt{V} Q}{\sqrt{V}_n} = \frac{1.14(179.45)}{1.06283} = 192.48$$

$$369.73 < 562.21 < 754.69$$

Avenida máxima río Santiago

1. Método Gumbel.

$$Q_{\max} = Q_m - \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{n}} (\gamma_n - \ln Tr).$$

2. Gasto medio período observado (Tabla No. III-12)

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{N} = \frac{3023.91}{20} = 151.19 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

3. Desviación estandar.

$$Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i)^2 - N (Q_m)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{865005.55 - 20 (151.19)^2}{20-1}}$$

$$Q = 146.51 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

4. Cálculo de los coeficientes γ_n y \sqrt{n} .

$$\gamma_n = 0.52353$$

$$\sqrt{n} = 1.06283$$

5. Sustituyendo valores.

$$Q_{\max} = 151.19 - \frac{146.51}{1.06283} (0.52353 - \ln Tr).$$

Estación Hidrometrica Refugio Salcido

Rio Santiago

Tabla No. III-12

AÑO DE OBSERVACION	$Ql = m^3 / seg.$ GASTO MAXIMO ANUAL	$(Ql)^2$	$\frac{Ql}{Qm}$	$\frac{Ql}{Qm} - 1$	$\left[\frac{Ql}{Qm} - 1 \right]^2$
1954	29.80	888.04	0.197	-0.803	0.645
1955	140.00	19600.00	0.926	-0.074	0.005
1956	14.50	210.25	0.096	-0.904	0.817
1957	22.50	506.25	0.149	-0.851	0.724
1958	114.00	12996.00	0.754	-0.246	0.060
1959	106.00	11236.00	0.701	-0.299	0.089
1960	30.70	942.49	0.203	-0.797	0.635
1961	50.80	2580.64	0.336	-0.664	0.441
1962	2.41	5.808	0.016	-0.984	0.968
1963	424.00	179776.000	2.804	+1.804	3.256
1964	86.00	7396.00	0.569	-0.432	0.186
1965	113.00	12769.00	0.747	-0.253	0.064
1966	175.00	30625.00	1.157	+0.157	0.025
1967	303.05	91839.30	2.004	+1.004	1.009
1968	473.90	224581.21	3.134	+2.134	4.555
1969	31.25	976.563	0.207	-0.793	0.629
1970	256.00	65536.000	1.693	+0.693	0.480
1971	40.00	1600.000	0.265	-0.735	0.541
1972	221.00	48841.000	1.462	+0.462	0.213
1973	390.00	152100.000	2.579	+1.579	2.495
20	3023.91	865,005.550			17.837

$$Q_{max} = 151.19 - \frac{146.51}{1.06283} (0.52353 - \ln T_r).$$

$$Q_{max} = 151.19 - 73.168 + 137.85 \ln T_r.$$

$$Q_{max} = 78.02 + 137 \ln T_r.$$

6. Para. $T_r = 20$ Años

$$Q_{max} = 297.21 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

7. Intervalo de confianza.

$$p = 1 - \frac{1}{T_r} = 0.95 > 0.90$$

$$Q = \pm \frac{1.14 \sqrt{Q}}{\sqrt{n}} = \frac{1.14 (146.51)}{1.06283} = 157.15 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$140.06 < 297.21 < 454.36$$

III.4.2 ANALISIS DE LOS HIDROGRAMAS DE LOS AFLUENTES DEL RIO DURANGO.

El análisis se llevó a cabo en las cuatro principales estaciones que se localizan dentro de la zona de estudio; concier^unientes a los ríos La Sauceda, El Tunal, Santiago Bayácora y -- Durango, siendo el objetivo principal del análisis, la relación de las aguas superficiales con las subterráneas.

Para ello se utilizaron los registros de los aforos de los ríos con respecto al tiempo, consignados en los Boletines - Hidrogeológicos de la SRH.

Estos caudales fueron dibujados en un rayado semilogarí^tmico; correspondiendo al tiempo, la escala normal, y los gastos la escala logarítmica; trazandose líneas rectas definidas por -- los puntos representativos del caudal mínimo de los hidrogramas.

El método que mejores resultados da en el análisis de -- los hidrogramas, es el propuesto por BARNES, cuya ecuación - -- queda expresada como:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Donde:

Q_t = Caudal al final del intervalo de tiempo " t " después de " Q_0 ", en m^3/seg .

Q_0 = Caudal en el tiempo " t_0 ", en m^3/seg .

α = Pendiente de la recta definida por los puntos representativos del caudal mínimo del hidrograma.

t = Intervalo de tiempo entre "Qo" y "Qt", en seg.

Integrando la expresión anterior, desde "to" hasta $t \rightarrow \alpha$, se puede obtener el volumen total potencialmente drenable.

$$V = \int_{t_0}^{\alpha} Q dt = \frac{Q_0}{\alpha}$$

a) ESTACION PEÑA DEL AGUILA.- Situada en el cauce del río La Sauceda inmediatamente aguas abajo de la presa Peña del Aguila, por lo que, no se considera representativa del mencionado río.

b) ESTACION SAN FELIPE.- Ubicado sobre el río Santiago, - aproximadamente 23 Km aguas abajo de la presa Guadalupe Victoria; el hidrograma de la fig. 3-2 y la tabla No. III-13 dieron como resultado lo siguiente:

La estación se localiza dentro del distrito de riego, No. 52 y aguas arriba, se encuentra la estación Canal La Fábrica, que no se tomo en cuenta para el análisis.

Nuevamente se observa en el hidrograma, que los caudales en la época de estiaje presentan valores de 1.3 y 0.33 M³/seg, -- máximo y mínimo respectivamente.

Aplicando la formula de BARNES se aprecia que los volume-

Estación Sn. FELIPE HIDROGRAMA DEL RIO TUNAL



FIG. No. 3-2

Fig. No

nes potencialmente drenables, son considerablemente mayores en algunos años, pero que en promedio son de: $68.7 \times 10^6 \text{ m}^3$. Estas variaciones son por derrames o tomas que la presa tiene, y que por lo tanto se reflejan en la estación aforadora.

Sin embargo, éste río no se le considera flujo base por la gran capacidad de infiltración que presenta el valle y que se refleja por la desaparición de éste al centro.

c) ESTACION REFUGIO SALCIDO.- Localizada sobre el río -- Santiago Bayácora en las proximidades del poblado Refugio Salcido, su hidrograma de la fig. No. 3-3, presenta solo escurrimientos en la época de lluvia, permaneciendo el resto del año prácticamente seco; por lo tanto no se le considera flujo base.

d) ESTACION EL SALTITO.- Situada sobre el río Durango, - 25 Km. aguas abajo de la confluencia del río Santiago y Sauceda, con éste. El hidrograma de la fig. No. 3-4 y la tabla No. III-13, dieron como resultado lo siguiente:

El hidrograma presenta una gran variabilidad en sus caudales, que van de más de $100 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a menos de $0.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Al aplicar la fórmula de BARNES, los volúmenes potencialmente drenables presentan variaciones muy significativas que van de $0.878 \times 10^6 \text{ m}^3$ a $162.28 \times 10^6 \text{ m}^3$ al año para un promedio de $23.83 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Es evidente que este río presenta un flujo base; mermado

Estación R. SALCIDO HIDROGRAMA RIO SANTIAGO B.

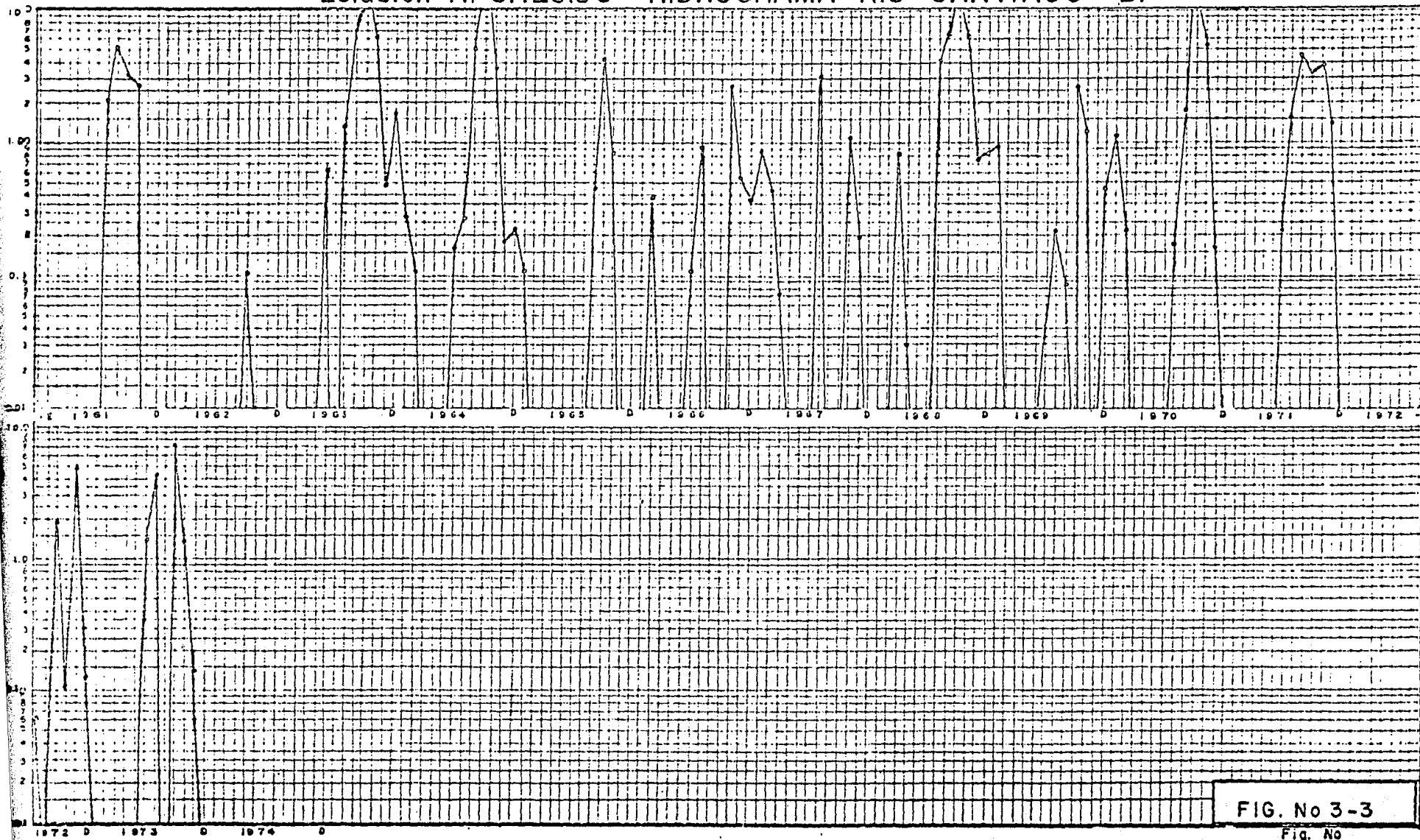


FIG. No 3-3

Fig. No

Estación - EL SALTITO.



FIG. No. 3-4

Fig. No

por pérdidas de evaporación y la gran capacidad de infiltración que presenta el valle.

III.4.3 HIDROMETRIA DE VASOS

Para determinar los cambios de almacenamiento que las presas, Peña del Aguila y Guadalupe Victoria, han experimentado a través del tiempo, se tomaron en cuenta los registros del Boletín Hidrológico No. 30.

a) PRESA PEÑA DEL AGUILA. De un modo práctico, se puede calcular la disponibilidad de las aguas en una presa, tomando en cuenta entradas tanto de lluvias y aportes de afluentes secundarios (ríos, arroyos), como las salidas que se tienen por concepto de tomas, evaporaciones, infiltraciones o derrames.

Las tablas No. III-14 a III-16 resumen las entradas y salidas, así como los derrames respectivamente.

Se aprecia que las entradas mayores, se presentaron en 1973 con $648.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que las menores fueron en 1957 con $6.64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ para un promedio de $166.88 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, con gasto instantáneo de $5.3 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Las salidas presentaron las siguientes variaciones: La menor se presentó en 1957 con $26.24 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que la mayor fue en 1973 con $444.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, para un promedio de $123.12 \text{ m}^3/\text{año}$, y un gasto instantáneo de $3.90 \text{ m}^3/\text{seg}$.

PRESA PEÑA DEL AGUILA

TABLA N.º 1

ENTRADAS EN MILLONES DE M³

AÑO MES	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.239	0.846	0.554	0.204	1.647	0.728	0.785	1.048	0.315	1.262	0.940	0.274	1.246	0.963	3.779	0.954	1.637	1.019	0.442
FEB.	0.185	0.922	0.484	0.090	1.090	0.513	0.410	1.466	0.231	0.881	0.888	0.345	1.009	0.881	1.250	1.184	0.881	0.676	0.332
MAR.	0.202	0.925	0.428	0.258	0.747	0.808	0.710	1.998	0.183	0.787	0.931	0.310	0.976	3.794	1.018	1.119	1.157	0.910	0.300
ABR.	0.073	0.734	0.541	0.193	0.664	0.418	0.926	2.736	0.146	0.546	0.489	0.285	0.752	2.065	0.808	0.725	0.989	0.361	0.254
MAY.	0.207	0.597	0.460	0.294	0.502	0.634	0.640	4.138	0.127	0.489	0.358	0.152	0.525	0.826	0.487	0.377	0.459	0.496	0.244
JUN.	0.614	0.806	0.408	1.798	0.787	0.596	1.053	2.961	0.273	0.627	0.689	2.343	0.906	1.037	0.776	2.397	0.890	2.710	1.820
JUL.	21.541	0.710	0.314	0.625	8.971	4.162	33.403	2.985	8.532	2.198	0.873	4.016	4.262	35.856	3.857	7.080	2.137	3.070	10.331
AGO.	103.97	2.764	1.848	15.269	35.08	18.272	49.879	3.836	13.454	29.42	1.898	130.030	140.09	51337	1.229	15838	20.010	4.583	421.10
SEP.	66.75	36.620	0.593	74.50	3.676	21.496	11.924	1.327	85.07	96.85	13.186	145.20	118.84	39344	32.54	16001	25.67	11.552	174.96
OCT.	45.72	0.836	0.749	152.48	6.574	3.055	4.542	2.120	30750	23528	1.995	10598	6.935	31.380	4.886	90.19	25.47	3.196	31.377
NOV.	4.620	0.532	0.156	11310	2.120	1.104	1.515	0.771	2.663	2.585	0.482	2.692	2.342	4.782	1.231	6.048	2.829	1.175	4.377
DIC.	1.257	0.446	0.107	4.484	1.011	0.568	1.047	0.430	3.207	1.343	0.415	1.517	0.953	2.076	0.833	2.371	0.811	0.683	1.307
ANUAL	24335	4673	6.644	26149	62.87	52.35	10593	15511	14497	16050	23145	29777	27280	373380	52.69	28826	82.94	31.43	643.0

PRESA PEÑA DEL AGUILA

TABLA No. III-15

SALIDAS EN MILLONES DE M³

AÑO MES	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.513	1.830	1.858	0.446	1.624	1.581	1.390	1.396	1.059	1.726	1.568	0.886	1.448	1.635	3.292	1.423	1.957	1.893	0.968
FEB.	0.683	2.250	1.962	1.163	1.643	1.877	2.291	1.943	1.112	1.845	1.726	0.921	1.748	1.620	2.129	1.856	2.022	1.979	1.083
MAR.	0.667	2.940	2.376	1.183	2.136	2.554	3.008	2.833	1.677	2.122	3.137	1.730	2.588	2.921	3.233	2.865	2.701	3.099	2.211
ABR.	0.811	3.689	3.140	2.283	2.618	3.373	4.404	3.708	2.162	3.740	3.847	1.989	4.328	4.356	4.400	4.464	3.407	4.592	2.539
MAY.	0.756	3.145	3.834	2.566	3.918	4.870	6.703	5.482	2.434	5.243	6.472	3.249	6.258	6.333	7.871	7.446	7.435	7.469	3.987
JUN.	1.283	2.360	2.586	0.185	2.107	3.795	2.453	3.873	0.875	2.296	3.319	1.718	3.077	4.062	3.732	3.984	2.973	2.694	1.917
JUL.	1.880	2.236	3.019	0.440	8.284	1.632	9.659	3.439	1.144	4.367	3.051	1.007	1.329	20.88	2.402	3.501	1.931	4.510	1.286
AGO.	51.499	3.187	3.293	1.735	15.445	2.354	48.350	3.737	1.199	1.728	4.117	65.369	70.903	51.33	5.988	2.942	2.314	4.518	271.0
SEP.	4.3076	7.998	2.189	24.341	4.205	11.720	11.050	0.931	49.250	6.2530	3.137	11.310	89.580	239.90	2.197	110.6	9.596	3.195	127.7
OCT.	30.034	1.549	0.456	107.40	3.438	1.739	3.642	1.246	27.280	19.200	1.056	10.54	6.954	32.79	1.023	76.56	15.320	1.735	26.08
NOV.	2.695	1.665	0.512	7.875	1.502	1.207	1.361	1.001	2.523	2.271	0.551	2.346	2.179	5.185	1.001	5.471	2.258	0.771	4.531
DIC.	1.352	1.837	1.027	3.440	1.365	0.904	1.207	0.585	2.274	1.352	5.029	1.786	2.961	2.075	0.846	2.402	1.338	0.963	1.696
ANUAL	134042	34686	26.242	153.106	48.287	37.603	94.989	30.225	92.984	108.447	32.509	20.4547	192.322	373.045	19.109	22.3554	51.254	37.420	44.841

PRESA PEÑA DEL AGUILA

TABLA No. III-16

DERRAMES EN MILLONES DE M³

AÑO MES	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.370	0.000	0.247	0.000	0.000
FEB.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAR.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ABR.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAY.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JUN.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JUL.	0.000	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	7.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AGO.	36.560	0.000	0.000	0.000	12.030	0.000	35.37	0.000	0.000	0.000	0.000	57.64	66.57	36.84	0.000	0.000	0.000	0.000	254.3
SEP.	32.100	2.013	0.000	14.120	2.305	9.562	8.450	0.000	47.540	60.140	0.000	97.26	81.45	224.8	0.000	99.57	7.51	0.000	121.7
OCT.	17.740	0.000	0.000	77.120	0.409	0.000	1.448	0.000	23.190	16.850	0.000	9.660	6.088	30.4	0.000	71.71	14.33	0.000	24.19
NOV.	0.000	0.000	0.000	2.621	0.190	0.000	0.000	0.000	1.095	0.902	0.000	1.008	.968	3.74	0.000	4.625	.996	0.000	2.815
DIC.	0.000	0.000	0.000	0.177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.507	0.000	0.000	0.000	.000	.647	0.000	.988	.000	0.000	0.000
ANUAL	86.400	2.013	0.000	94.040	14.940	9.562	52.270	0.000	72.33	77.950	0.000	165.600	155.1	313.5	1.370	116.9	23.08	0.000	403.8

La diferencia entre las entradas y salidas, dan el - - cambio de volumen medio anual, que este caso fue de: 43.76×10^6 m^3 /año para un gasto instantáneo de $1.4 m^3$ /seg.

Si tomamos en cuenta que la capacidad de la presa es de $32 \times 10^6 m^3$, se deduce que en el mejor de los casos cuando se encuentra vacía, existen derrames considerables:

Como se puede apreciar, tabla No. III-16, el promedio de derrames fue de $83.62 \times 10^6 m^3$ al año, por lo que, el volumen disponible fluctúa entre $12.1 \times 10^6 m^3$ /año a $43.76 \times 10^6 m^3$ /año y en épocas demasiado lluviosas hasta $80.0 \times 10^6 m^3$ /año, representando estas cifras, un caudal instantáneo de 0.38, 1.4 y 2.5 m^3 /seg. respectivamente.

Esta disponibilidad puede disminuir considerablemente - si el nivel del almacenamiento en la presa es alto (muy próximo al vertedor de demacías) y esto se puede apreciar en la tabla - III-16 ya que los derrames no son aprovechados.

b) PRESA GUADALUPE VICTORIA.- El análisis fue semejante al realizado anteriormente, por lo que se concluye lo siguiente:

Las entradas fluctuaron de $52.33 \times 10^6 m^3$ /año a $278.24 \times 10^6 m^3$ /año, mínimo y máximo respectivamente, para un promedio de $161.13 \times 10^6 m^3$ /año y un gasto instantáneo de $5.11 m^3$ /seg. - (tabla No. III-17).

La salida mínima fue de $76.65 \times 10^6 m^3$ /año, mientras --

que la mayor fue de $279.25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, para un promedio de $157.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ que representa un gasto instantáneo de $4.98 \text{ m}^3/\text{seg}$. (tabla No. III-18).

El cambio de almacenamiento en ésta presa fue de $4.125 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, para un gasto instantáneo de $0.13 \text{ m}^3/\text{seg}$; volumen -- que puede ser utilizado siempre y cuando exista un almacenamiento inicial que garantice el buen funcionamiento de la presa.

Cabe mencionar que en el período observado, han existido derrames de aproximadamente $49.55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ que representa un gasto de $1.57 \text{ m}^3/\text{seg}$. (tabla No. III-19).

Los derrames de ambas presas ($136.33 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$), generalmente se presentan entre los meses de Julio a Diciembre y en ocasiones hasta Enero.

III.5 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

El escurrimiento fue calculado a partir de los datos climatológicos registrados en la estación Durango, denominada "Base", y el método de las fórmulas por el tipo de suelo que prevalece en la zona de estudio.

Para el cálculo del volumen de escurrimiento medio anual (V.E.M.A.) del valle del Guadiana, se seleccionó la información correspondiente a la estación Durango (36 años) y se consideró -- que la cuenca es semipermeable.

P R E S A G U A D A L U P E V I C T O R I A

ENTRADAS EN MILLONES M³

TABLA No. III-17

AÑO MES	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	2.297	2.141	1.720	3.033	5.894	1.988	13.813	13.129	1.319	2.634	5.092
FEB.	1.670	1.988	1.579	4.638	2.150	2.812	3.645	3.745	0.939	1.842	3.620
MAR.	1.823	1.718	2.497	2.098	1.289	31.367	1.600	2.479	1.106	1.604	2.407
ABR.	1.710	2.004	1.581	2.599	1.574	3.890	1.271	1.809	1.502	1.291	1.640
MAY.	1.498	2.234	2.765	2.607	3.537	2.823	1.978	2.440	2.580	1.759	2.865
JUN.	4.621	5.516	3.037	3.763	3.454	2.970	2.217	3.833	4.654	2.438	3.315
JUL.	20.912	6.151	4.609	7.298	22.865	18.068	8.319	4.295	7.493	4.380	7.468
AGO.	32.804	30.418	5.537	92.759	113.064	30.870	7.523	19.710	20.219	4.548	141.567
SEP.	110.526	72.071	20.398	108.186	44.175	160.424	19.275	120.856	15.210	13.881	34.411
OCT.	23.132	13.309	3.525	16.111	5.943	13.497	10.812	19.396	20.476	3.109	6.675
NOV.	2.505	2.029	1.791	1.652	2.126	3.458	2.005	1.817	2.250	16.883	1.596
DIC.	7.210	1.842	2.912	4.065	11.899	5.036	8.508	1.429	1.611	3.510	1.161
ANUAL	211.656	142.494	52.325	249.845	218.413	278.24	74.682	195.596	79.349	57.88	211.

P R E S A G U A D A L U P E V I C T O R I A

SALIDAS (MILLONES DE M³)

TABLA No. III-18

AÑO MES	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	.495	2.141	1.764	2.343	5.806	3.673	8.877	1.266	1.979	3.932	1.544
FEB.	.590	2.208	2.195	2.457	3.733	3.563	5.332	3.261	3.007	3.514	1.739
MAR.	.896	3.565	5.420	4.714	112.898	21.27	6.336	4.590	5.111	4.299	5.703
ABR.	1.663	8.917	11.478	9.893	11.880	11.982	11.548	11.802	13.612	13.481	8.869
MAY.	4.440	11.100	13.928	11.474	15.514	27.437	19.503	16.200	13.240	15.269	15.600
JUN.	1.669	9.316	10.145	7.732	7.918	11.330	8.274	8.676	3.604	4.810	7.536
JUL.	1.905	10.56	7.741	5.406	3.547	6.137	4.357	4.157	8.072	8.557	1.541
AGO.	1.136	20.56	9.703	48.92	88.920	19.460	16.870	6.276	19.600	16.420	115.900
SEP.	99.650	57.39	6.791	113.2	51.980	141.600	3.892	105.900	4.311	6.478	31.880
OCT.	24.710	14.47	2.961	14.00	8.968	14.380	0.700	17.160	14.140	2.420	1.163
NOV.	2.681	1.590	2.661	3.059	3.163	4.778	1.587	1.906	1.085	.752	1.716
DIC.	7.166	1.754	1.859	3.184	3.220	3.661	.488	1.473	2.646	.856	1.920
ANUAL	146.962	143.608	76.645	226.413	217.341	279.254	87.758	182.726	90.407	80.785	195.111

P R E S A G U A D A L U P E V I C T O R I A

DERRAMES (MILLONES DE M³)

TABLA No. III-15

AÑO MES	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
ENE.	0.000	1.582	.481	0.000	0.000	0.000	8.040	0.288	.350	0.000	0.000
FEB.	0.000	0.910	.296	0.000	0.000	0.000	0.000	1.140	0.000	0.000	0.000
MAR.	0.000	0.000	.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.852	0.000	0.000	0.000
ABR.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAY.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JUN.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JUL.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AGO.	0.000	0.000	0.000	28.60	70.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SEP.	86.90	39.47	0.000	87.95	27.15	134.7	0.000	9.659	0.000	0.000	0.000
OCT.	23.93	4.196	0.000	0.138	0.000	0.000	0.000	5.645	0.000	0.000	0.000
NOV.	2.146	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.301	0.000	0.000	0.000
DIC.	6.776	1.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.820	0.000	0.000	0.000
ANUAL	119.7	47.290	0.793	116.70	97.87	134.7	8.040	19.650	.350	0.000	0.000

Como primer paso para la obtención del V.E.M.A, es la -
determinación del coeficiente de escurrimiento (c), el cual se
puede obtener por:

$$C = \frac{P_{mc} - 250}{80.65} + 6.7$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

P_{mc} = Precipitación media en la cuenca = 549.83 mm

$$C = \frac{534 - 250}{80.65} + 6.7 = 10.22 \%$$

$$C = 0.1022$$

Segundo, se calcula el porcentaje de variación (% Var), -
el cual tiene la finalidad de comparar la información de las - -
precipitaciones anuales de la estación Base, con los valores del
resto del valle, expresada como:

$$\% \text{ Var} = \frac{P_{m, \text{may}} - P_{m, \text{mín.}}}{P_{mb}} \times 100$$

En donde:

% Var = Porcentaje de variación

P_{m, may.} = Media aritmética de las precipitaciones mayores
a la precipitación media en la estación base.

$P_m, \min.$ = Media aritmética de las precipitaciones menores a la precipitación media anual de la estación base.

P_{mb} = Precipitación media anual en la estación base.

Si el % Var > 30% se corrigen los valores

Si el % Var < 30% se calcula el CEOF. ESC. anual por año.

Ver tabla No. III-20.

$$\% \text{ Var} = \frac{4'237.7 - 11'023.7}{423.93} \times 100$$

$$\% \text{ Var} = - 1'600.7 \quad \text{no se corrigen.}$$

Tercero, se calcula el coeficiente de escurrimiento directo (C_n) en cada año, expresada por:

$$C_n = P_n \times \frac{C}{P_{mb}}$$

Donde:

C_n = Coeficiente de escurrimiento en cada año de la estación base.

P_n = Precipitación anual en cada año, estación base.

C = Coeficiente de escurrimiento.

P_{mb} = Precipitación media anual en la estación base

$$C_n = P_n \times \frac{0.1042}{423.93}$$

$$C_n = P_n \times 0.00024579529$$

El valor obtenido anteriormente, multiplicado por la -- precipitación anual de cada año de la estación base y a la vez -- por el área de cuenca, da el coeficiente de escurrimiento, de -- cada año en la estación base (Tabla No. III-21).

Por último, se obtiene el volumen de escurrimiento mensual y anual, de los períodos de observación (por cada año); -- a partir del cual se obtiene el V.E.M.A., cuyo resultado fue de: 475'053,910.0 m³ (ver tabla No. III-22).

CALCULO DEL PORCENTAJE DE VARIACION TABLA No. III-20

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN LA ESTACION BASE = 423.9 mm

Precipitaciones Mayores Que La Media Anual		Precipitaciones Menores Que La Media Anual	
572.6		500.2	334.3
623.3		391.1	226.8
604.5		351.9	437.4
568.0		454.0	349.8
622.6		399.8	508.0
585.5		468.4	344.8
580.7		345.2	392.4
		309.2	320.9
		348.4	508.8
		237.7	471.7
		416.8	316.4
		233.9	293.0
		499.3	439.8
		346.9	
		350.2	
		426.6	
Suma 4237.7		Suma 11023.7	
Promedio 615.39		Promedio 380.13	

CALCULO DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

TABLA No. III- 21

AÑO	Pn (mm)	Cn	A	Cn x A
1941	500.2	0.122'94680405	10'000X10 ⁶	1,229,468,040.5
42	572.6	0.14074233305	"	1'407,423'830.5
43	623.8	0.1533271019	"	1'533'271'019.0
44	391.1	0.09613053791	"	961,305,379.1
45	351.9	0.08649536255	"	864,953,625.5
46	454.0	0.11159106166	"	1,115,910,616.6
47	399.8	0.09826895694	"	982,689,569.4
48	468.4	0.11513051383	"	1,151,305,138.3
49	345.2	0.0848485341	"	848,485,341.0
1950	309.2	0.07599990366	"	759,999,036.6
51	348.4	0.08563507903	"	856,350,790.3
52	237.7	0.05842554043	"	584,255,404.3
53	416.8	0.10244747687	"	1,024,474,768.7
54	233.9	0.05749151833	"	574,915,183.3
55	426.6	0.10485627071	"	1,048,562,707.1
56	334.3	0.08216936544	"	821,693,654.4
57	226.8	0.05574637177	"	557,463,717.7
58	684.5	0.1682468760	"	1,682,468,760.0
59	437.4	0.10751085984	"	1,075,108,598.4
1960	349.8	0.08597919244	"	859,791,924.4
61	508.0	0.12486400732	"	1,248,640,073.2
62	344.8	0.08475021599	"	847,502,159.9
63	568.0	0.13961172472	"	1,396,117,247.2
64	392.4	0.09645007179	"	964,500,717.9
65	320.9	0.07887570856	"	788,757,085.6
66	508.8	0.12506064355	"	1,250,606,435.5
67	471.7	0.11594163829	"	1,159,416,382.9
68	622.6	0.15303214755	"	1,530,321,475.5
69	316.4	0.07776962975	"	777,696,297.5
1970	499.3	0.12272558829	"	1,227,255,882.9
71	585.5	0.14391314229	"	1,439,131,422.9
72	293.0	0.07201801997	"	720,180,199.7
73	346.9	0.0852663861	"	852,663,861.0
74	439.8	0.10810076854	"	1,081,007,685.4
75	350.2	0.08607751055	"	860,775,105.5
76	580.7	0.1427333249	"	1,427,333,249.0
TOTALES				15'261,40
MEDIA				423.93

RESUMEN DE CALCULOS

TABLA No. III-22

AÑO	VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO (m ³)	AÑO	VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO (m ³)
1941	614'979'913.857	1959	470'252'500.933
1942	805'890'885.342	1960	300'755'215.153
1943	956'454'461.65	1961	634'309'157.182
1944	375'966'533.763	1962	292'218'744.731
1945	304'377'180.811	1963	792'994'596.407
1946	506'623'419.934	1964	378'470'081.701
1947	392'879'209.841	1965	253'112'148.767
1948	539'271'326.777	1966	637'308'554.378
1949	292'897'139.711	1967	546'896'707.81
1950	234'991'702.115	1968	952'778'150.641
1951	289'352'615.338	1969	246'063'108.527
1952	138'877'509.601	1970	612'768'862.328
1953	427'001'083.591	1971	842'611'448.104
1954	140'221'813.206	1972	211'012'798.509
1955	447'316'850.846	1973	295'789'093.379
1956	274'692'188.663	1974	475'427'180.035
1957	126'432'771.173	1975	301'443'441.943
1958	1'151'649'866.21	1976	828'852'417.691
		TOTAL	17'101'940'760.00
		V.E.M. A.	475'053'910.00

CAPITULO IV

GEOFISICA

- IV.1 INTRODUCCION

- IV.2 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

- IV.3 METODO DE INVESTIGACION

 - IV.3.1 INTERPRETACION

- IV.4 EXPLORACION GEOFISICA

 - IV.4.1 PERFIL No. 1
 - IV.4.2. PERFIL No. 2
 - IV.4.3 PERFIL No. 3
 - IV.4.4 PERFIL No. 4
 - IV.4.5 PERFIL No. 5

C A P I T U L O I V

G E O F Í S I C A

IV.1 INTRODUCCION

La exploración geofísica reviste de gran importancia en la prospección geohidrológica, pues permite conocer con un grado de certeza aceptable la estructura geohidrológica del subsuelo, al mismo tiempo que hace posible a la par con la interpretación geológica, la localización de horizontes de rocas susceptibles de almacenar agua subterránea.

Para la exploración de las aguas subterráneas, se cuenta con los siguientes métodos:

- a).- Métodos geológicos
- b).- Métodos hidrológicos
- c).- Métodos geofísicos de superficie

IV.2 ANTECEDENTES Y OBJETIVO.

Tomando en cuenta que la prospección geofísica, es una rama de la geología que requiere una especialización, se pensó cubrir éste capítulo con la ayuda del Estado o empresas particulares. Es así que a la par con ésta tesis, la Compañía Constructora y Perforadora Latina, S.A. de C.V., tenía a su cargo la realización de una prospección geofísica en la zona de Durango. Se logró un acuerdo para colaborar en la etapa de campo como en la de interpretación, llegando a la conclusión de que el arre-

glo SCHLUMBERGER era el más confiable para alcanzar el objetivo deseado.

El objeto de ésta exploración geofísica, es conocer la estructura geológica del subsuelo y poderla correlacionar mediante la interpretación geoelectrica y geológica, con horizontes o paquetes de roca, capaces de almacenar agua subterránea susceptible de ser explotada por medio de la perforación de pozos profundos elegidos en los sitios o áreas más adecuados.

IV.3 METODO DE INVESTIGACION

Empleando el método geofísico de superficie tipo SCHLUMBERGER, se procedió a la etapa de campo. En éste dispositivo -- los electrodos de medida denominados M y N (fig. No. 4-1), se sitúan simétricamente a una determinada distancia "l" del centro o estación "O".

Los electrodos de corriente denominados A y B, de igual forma se sitúan a una distancia "L" del centro "O", de tal manera que los cuatro electrodos (M, N, A y B) queden alineados en el terreno.

La distancia "l" de los electrodos M y N pueden permanecer fijas durante la toma de algunas medidas, mientras que la distancia de los electrodos A y B va variando en cada medida.

IV.3.1 INTERPRETACION.

El procesamiento de la información geofísica, consistió

ARREGLO GEOMETRICO EMPLEADO

TIPO SCHLUMBERGER

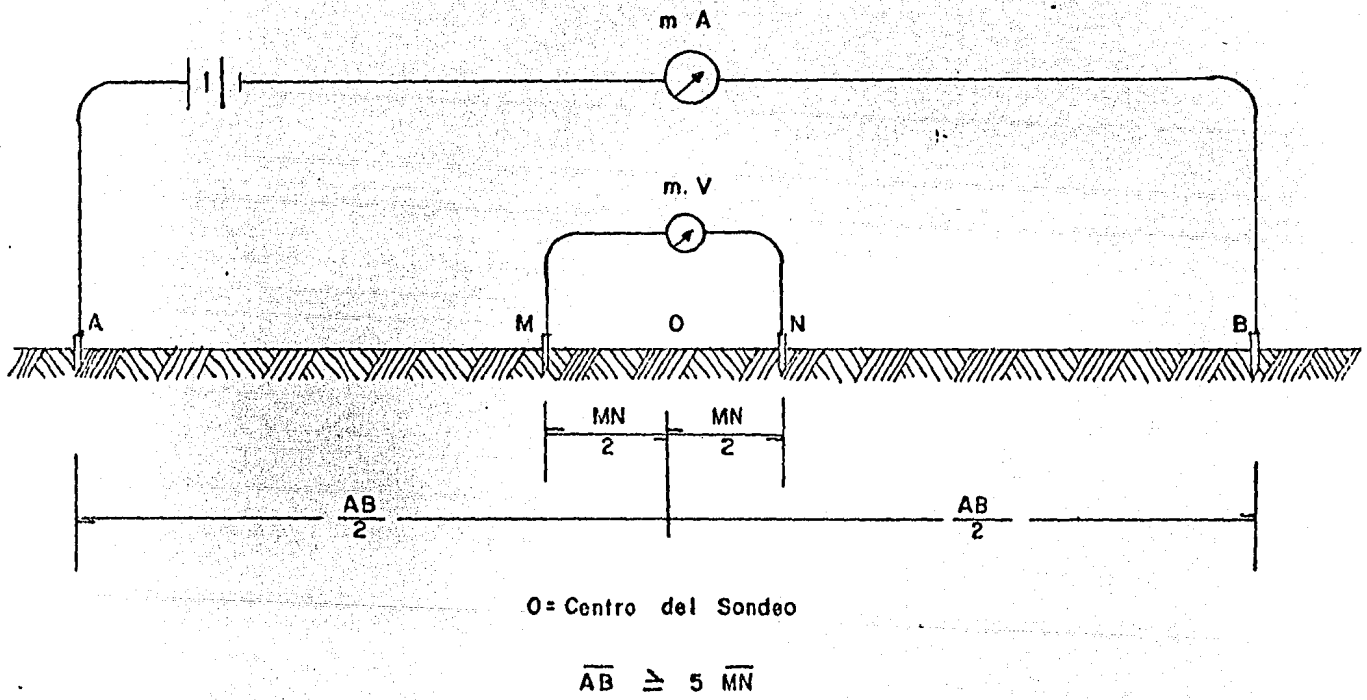


FIG. No. 4-1

en la elaboración de las curvas de distancia de emisión de la corriente, resistividad aparente y la configuración de iso-resistividades aparentes debajo del perfil del terreno.

La interpretación de resultados se hizo apoyandose en las curvas antes mencionadas, tomando como base las curvas de DRELLANA MOONEY, para determinar las profundidades de las zonas con diferentes características eléctricas y para calcular las resistividades reales.

Finalmente con los datos obtenidos de la interpretación se construyo un perfil de resultados, en donde se señalan las variaciones resistivas del subsuelo y la profundidad a la que se encuentran, debido fundamentalmente a condiciones de porosidad, permeabilidad, cohesión y contenido de agua.

A continuación se dan las características más importantes de los diferentes perfiles, atendiendo a sus resistividades y relacionandolo superficialmente y subterráneamente con la geología.

IV.4 EXPLORACION GEOFISICA

IV.4.1. PERFIL No. 1

Este perfil tuvo un desarrollo de 15 Km. observando una orientación NE-SW, localizado al E-SE de la Ciudad de Durango.

Se inicia cerca del poblado de Praxidis G. Guerrero, -- por la carretera que comunica la Ciudad de Durango con el pue-

blo de Mezquital, terminando a 3 Kms. al SW del poblado del --
Arenal (plano No. 4).

De acuerdo a la información recabada en el campo, la --
geología superficial en donde se ubica éste perfil consta esen-
cialmente de rocas granulares de características muy homogéneas
gravas, arenas y materiales arcillosos y limosos.

Las características eléctricas del subsuelo, de acuerdo
con el ajuste de las curvas logarítmicas, se obtuvo un perfil --
de resultados que se muestra en la fig. No. 4-2 , que presenta
rasgos generales de dos grupos de rocas, uno superior constituí-
do por rocas granulares y uno inferior formado por rocas compac-
tas.

A continuación se hará una descripción de cada uno de --
los horizontes que conforman los grupos mencionados en el párra-
fo anterior con su correlación desde el punto de vista geológi-
co.

UNIDAD A

Esta unidad presenta resistividades que varían entre --
8-10, 10-20, 20-25 y 40-60 ohms-m, con espesor variable de 7 a
17 m.; geológicamente se correlacionan con los materiales gra-
nulares que componen la cobertura superficial de muy diversa --
naturaleza, materiales limosos y arcillosos y arenas de horizon-
tes arcillosos.

UNIDAD B

Este paquete presenta resistividades del orden 50 ohms-m,

con un espesor de 20 a 70 m., geológicamente corresponden a --
materiales granulares semiconsolidados que se consideran permea-
bles.

UNIDAD C

Esta capa presenta resistividades que varían entre - --
25-40 y 35-40 ohms-m.; que abarca los sondeos 101, 102 y 103 --
teniendo un espesor de 30 a 140 m. Geológicamente se correlacio-
na con rocas de origen aluvial de tipo de gravas, gravillas y -
arenas; presenta una buena permeabilidad.

UNIDAD D

Las resistiviades de éste paquete varía del orden de -
15-25 ohms-m., que corresponden geológicamente a una formación
areno-arcillosa perteneciente a uno de los diversos horizontes-
que corresponden a los rellenos del valle, con una permeabilidad
más bien mala, con una distribución a lo largo de todo el perfil
con excepción de los sondeos 101, 102 y 110.

UNIDAD E

Este paquete presenta resistividades bajas del orden de
5-8 y 8-12 ohms-m., corresponde a sedimentos finos pertenecien-
tes a las primeras etapas del proceso acumulativo, que relleno-
al valle Del Guadiana y que corresponde a materiales de baja --
permeabilidad.

UNIDAD F

Este paquete presenta resistividades que varían entre -- los 60 y 100 ohms-m., siendo solo detectado por los sondeos -- 104 y 108. Geológicamente se correlaciona con una formación -- rocosa piroclástica o bien derrames de riolitas muy fracturadas.

UNIDAD G

Este horizonte presenta variaciones resistivas del orden de 150-250- ohms-m. Geológicamente se correlaciona con una formación rocosa con diferentes grados de fracturación y su -- ocurrencia en el perfil es unicamente en los sondeos 101 y 102.

IV.4.2 PERFIL No. 2

Este perfil se localiza al NE de la Ciudad de Durango, -- con un desarrollo de 10 Kms. y una orientación Noreste-Suroeste, iniciandose en el Rancho El Gall, correspondiendo los últimos -- sondeos a la zona aledaña al Aeropuerto Internacional de Durango.

La información geológica obtenida en el campo señala -- que la zona que comprende éste perfil corresponde a una planicie de rellenos aluviales con permeabilidad media. Las rocas -- que constituyen las eminencias topográficas cercanas al perfil -- son derrames de basaltos que descansan sobre un basamento riolítico.

Las características eléctricas del subsuelo, de acuerdo con los resultados del ajuste de las curvas logarítmicas, se -- obtuvo el perfil de resultados de la fig. No. 4-3, que muestra un paquete de rocas granulares descansando en algunas zonas en un basamento rocoso compacto. A continuación se hara una breve descripción de cada uno de los horizontes con su correlación -- desde el punto de vista geológico.

UNIDAD A

Esta unidad presenta resistividades variables del orden de 10-20, 15-30, 40-60 y 60-70 ohms-m, con un espesor de 10 m.- a 15 m. Geológicamente se relaciona con la cobertura superficial de características variables, tanto por los materiales que la componen como por el grado de compacidad que presenta.

UNIDAD B

Esta unidad presenta resistividades de 40-45 ohms-m., -- solo fue detectada por los sondeos 201 y 202. con un espesor -- aproximado de 30.0 m. De acuerdo a las resistividades que presenta, geológicamente se correlaciona con sedimentos semiconsolidados propios de rellenos del valle a los que se les considera permeables.

UNIDAD C

Esta unidad presenta resistividades que varían entre -- los 35 y 50 ohms-m., con una distribución en casi todo el perfil con una geometría heterogénica, el espesor máximo aproximado es de 210 m., pero podría ser mayor en algunas zonas donde --

corresponde la última unidad detectada. Geológicamente se correlaciona con rocas clásticas constituidas por gravas, gravillas y arenas con una buena permeabilidad.

UNIDAD D

Esta unidad presenta una distribución a lo largo de todo el perfil con excepción de los sondeos 101 y 102, con resistividades que varían de 15-20 ohms-m., propias de materiales arcillo-arenosos con mala permeabilidad. Los espesores estimados se encuentran entre los 30 y 90 m. aunque en el sondeo 205 se le calculó un espesor de 375 m., aproximadamente.

UNIDAD F

Se presenta únicamente en los sondeos 202 y 205 con resistividades variables entre los 80 y 100 ohms-m., con un espesor mínimo de 170 m. aproximadamente y un máximo no calculado por ser el último horizonte detectado, se correlaciona geológicamente con la unidad denominada grupo volcanoclástico silíceo.

UNIDAD G

Esta unidad solo fue detectada por el sondeo 201, como la última unidad con resistividades de 350-380 ohms-m., que puede corresponder a tobas y/o derrames de riolitas fracturadas con una permeabilidad regular.

IV.4.3 PERFIL No. 3

Este perfil se localiza a unos 3 Km. aproximadamente al S-SE de la Ciudad de Durango, con un recorrido de 4.5 Km. y una orientación noroeste-suroeste, con un total de 5 sondeos.

Las características geológicas generales, de acuerdo a las observaciones geológicas realizadas en el campo, el perfil No. 3, se realizó en la planicie aluvial, quedando localizado el último sondeo cerca de afloramientos de tobas y derrames de composición riolítica.

Con el ajuste de las curvas logarítmicas, obtenidas en campo, se obtuvo el perfil de resultados que se muestra en la fig. No. 4-4, se observan dos estructuras geohidrológicas principales, la superior constituida por rocas clásticas de granulometría variable con valores de resistividades no mayores de 60 ohms-m., lo cual es indicativo de rocas de naturaleza granular y una estructura inferior con resistividades comprendidas entre 70 y 250 ohms-m., que corresponden a una roca dura-compacta, con diversos grados de fracturamiento.

A continuación se hará, una breve descripción de cada uno de los diversos horizontes o paquetes mencionando sus características y haciendo su correlación desde el punto de vista geológico.

UNIDAD A

Esta unidad presenta resistividades muy variables (15-30 y 100-200 ohms-m.), por la disparidad de los materiales que

componen la cobertura superficial.

UNIDAD B

Esta unidad presenta resistividades del orden de 50 y - 60 ohms-m., que corresponden a rocas clásticas semiconsolidadas que forman parte de la llanura aluvial del Valle Del Guadiana y que ha sido considerada permeable; presenta un espesor y distribución irregular.

UNIDAD C

Esta unidad presenta resistividades del orden de 20-30 ohms-m., y solo fue detectada por los sondeos 301 y 302; el - - espesor máximo calculado fue de 170 m. Geológicamente se relaciona con rocas clásticas constituidas por gravas, gravillas y arenas que formaron el Valle Del Guadiana.

UNIDAD D

Esta unidad fue detectada solo por el sondeo 304, con resistividades del orden de los 15 ohms-m. y con espesores del orden de 70 m. Geológicamente se relaciona con sedimentos arcillo-arenosos, pertenecientes a la unidad que relleno al Valle.

UNIDAD E

Esta unidad solo fue detectada por el sondeo 301, con resistividades del orden de los 10 ohms-m., con un espesor - - - aproximado de 80 m. Geológicamente se relaciona con sedimentos de grano fino de baja permeabilidad.

UNIDAD F

Representa la parte superior de la estructura geohidrológica inferior y corresponden a una roca compacta fracturada - con resistividades del orden de los 70 y 80-100 ohms-m. Geológicamente se correlacionan con los derrames y tobas de composición félsica y pueden representar una buena y mediana permeabilidad.

IV.4.4 PERFIL No. 4

Como se observa en el plano de localización, éste perfil tiene una longitud del orden de 2,8 Km. sobre la porción -- noroeste del Valle Del Guadiana. Con una orientación Noreste-Suroeste, iniciandose cerca del poblado de Juan B. Ceballos.

Las características generales del subsuelo en éste perfil, acusan claramente la presencia de una estructura dómica -- que probablemente corresponda a un domo riolítico, sepultado -- por los sedimentos que rellenaron el valle, mismos que fueron -- cubiertos por derrames basálticos. El perfil de resultados de -- la fig. No. 4-5; muestra la presencia de tres estructuras geohidrológicas, la primera con resistividades comprendidas entre los 60-100 ohms-m., y que ha sido correlacionado con derrames -- y tobas fracturadas; en la segunda estructura han sido agrupados las resistividades del orden de los 3 a los 30 ohms-m., característica de sedimentos clásticos, algunos de estos horizontes pre sentan una buena permeabilidad; por último una estructura superior con resistividades del orden de los 175-200 ohms-m., que corres ponden a derrames de basaltos.

A continuación se describen las diversas unidades, en las cuales se da una posible correlación desde el punto de vista geológico.

UNIDAD A

Corresponde a la cobertura superficial con resistividades del orden de los 200-250 y 500 ohms-m.

UNIDAD C

Presenta ésta unidad resistividades de 20 y 30 ohms-m., con un espesor aproximado de 40 m; corresponde a una roca clásica compuesta por fragmentos del tamaño de arenas, gravillas y gravas con una buena permeabilidad.

UNIDAD E

Las resistividades bajas de ésta unidad, acusan la presencia de una formación poco compacta, compuesta predominantemente por material fino pobremente permeable con espesores mayores de los 150 m.

UNIDAD F

Esta unidad presenta resistividades que podrían corresponder a los derrames y tobas de la unidad denominada grupo volcanoclástico silísico y que podrían representar condiciones favorables para la contención de agua subterránea aunque en poca cantidad.

UNIDAD G

Las resistividades que presenta ésta unidad 175-200, -- corresponden a una formación rocosa compacta correlacionable -- con los derrames basálticos cuaternarios y podría resultar -- favorable para almacenar agua o bien para transmitirla hacia -- las unidades inferiores.

IV.4.5 PERFIL No. 5

Los sondeos que componen éste perfil se localiza al -- oriente de la Ciudad de Durango, cerca del poblado Héroe de -- Nacozari y contiene cuatro sondeos geoelectricos con una orientacion norte-sur.

La geología superficial de la zona donde se ubica éste perfil, incluye todas las unidades que componen la columna estratigráfica de la zona. El perfil se inicia en los afloramientos de los derrames de basaltos cuaternarios para terminar en los rellenos del valle, aflorando cerca de la zona de los sondeos, derrames y tobas, riolitas terciarias y depósitos conglomeraticos y areniscas del terciario superior.

La interpretación geofísica de éste perfil, mostrada en la fig. No. 4-6, presenta una roca compacta cerca de la superficie con un espesor de 20 m., aproximadamente y otro paquete a unos 100 m. de profundidad que corresponden a derrames de riolitas y basaltos, separados por un paquete de rocas que constituyen el relleno del valle. A continuación se describen las diversas unidades, en las cuales se da una posible correla-

ción desde el punto de vista geológico.

UNIDAD A

Esta unidad constituye la cobertura superficial y consta de materiales diversos y por ende, de resistividades que varían de 20-25, 70-90, 250 y 180 ohms-m.

UNIDAD B

Se localiza unicamente en el sondeo 501, siendo el valor a la resistividad de 50 ohms-m., que indica que probablemente se trate de rocas sedimentarias que rellenaron al valle. Se le calculo un espesor de 180 m. con una permeabilidad buena.

UNIDAD C

Esta unidad se localiza a lo largo de todo el perfil con resistividades del orden de 15-25 ohms-m., correlacionable con rocas clásticas areno-arcillosas poco permeables. Unicamente fue detectado por el sondeo 503 y el espesor calculado fue de 50 m. aproximadamente.

UNIDAD F

Corresponde a las tobas y derrames de composición riolítica con resistividades del orden de los 60 ohms-m., con un grado de permeabilidad media a buena.

UNIDAD G

Al igual que la formación anterior a ésta unidad se le a correlacionado con las tobas y derrames terciarios de riolitas. Este horizonte presenta resistividades del orden de 175 -- ohms-m., con un grado medio de permeabilidad. El espesor no ha sido determinado por ser el último estrato detectado.

UNIDAD H

Esta capa presenta resistividades de 500 ohms-m., indicativas de una formación compacta e impermeable, de la cual no existe una identificación directa en superficie, pero podría -- corresponder a un horizonte ignimbrítico muy compacto de la undad denominada como grupo vulcanoclástico silícico.

C A P I T U L O V

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- V.1 GENERALIDADES

- V.2 CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS
 - V.2.1 USO DEL AGUA
 - V.2.2 EXTRACCION

- V.3 PIEZOMETRIA

- V.4 TOPOGRAFIA (NIVELACION DE BROCALES)

- V.5 HIDRAULICA DE POZOS

- V.6 CURVAS DE IGUAL ELEVACION DE LOS NIVELES ESTATICOS.

- V.7 CURVAS DE IGUAL EVOLUCION DE LOS NIVELES ESTATICOS.

- V.8 BALANCES DE AGUA
 - V.8.1 BALANCE HIDROMETEOROLOGICO
 - V.8.2 BALANCE HIDROLOGICO

- V.9 ESTUDIO DE LA PREFACTIBILIDAD DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN EL VALLE DEL GUADIANA.

C A P I T U L O V

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

V.1 GENERALIDADES

Una de las fuentes más importantes para el suministro -- de agua potable a las Ciudades, lo constituyen los acuíferos; -- quedando estos representados por pozos, norias, manantiales y -- galerías filtrantes. Por lo tanto, es muy importante tener un -- conocimiento acerca de la potencialidad del acuífero, para cono- -- cer su grado de explotación y estar en condiciones de poder - -- programar futuras captaciones.

Para tal fin se efectuó un reconocimiento general de los aprovechamientos, además de pruebas de bombeo, tomas piezométricas y una nivelación topográfica; con objeto de elaborar curvas de igual elevación y evolución del nivel estático, para plantear el balance de aguas subterráneas.

V.2 CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS

Se llevó a cabo un reconocimiento de campo para determinar la distribución e intensidad de los mismos; cada uno fue -- localizado y ubicado en un plano escala 1:100,000 (por la escala tan grande, se elaboró el plano con pozos representativos denomi- nado "Plano de Pozos Piloto").

El total de aprovechamientos obtenidos en campo fueron -

283, correspondiendo 255 a pozos, 15 a norias, 4 a manantiales - y 6 galerías filtrantes.

V.2.1 USO DEL AGUA

El agua extraída del acuífero del valle del Guadiana es utilizada principalmente en riego, agua potable, doméstico, industrial, y abrevadero, además de sus diferentes combinaciones, como se puede observar en la tabla No. V-1; destaca en número y volumen de extracción riego, doméstico-riego y riego-doméstico-ganadero, con 96, 23 y 10 aprovechamientos respectivamente. -- Estos representan el 51 por ciento del total, mientras que el -- 49 por ciento restante corresponden a usos de menor importancia.

V.2.2 EXTRACCION

De la tabla antes mencionada, se observa que de los 203- aprovechamientos activos se extrae un volumen de 54'296,796.0 m³ al año; corresponden 35'402,295.0 m³ a riego, 5'145,410.0 m³ a doméstico-riego y 4'849,098.0 m³ a riego-doméstico-ganadero, que en su suma representan el 84 por ciento de la extracción anual, quedando el 16 por ciento a usos menores.

V.3 PIEZOMETRIA

Al realizar el censo de aprovechamientos, se tomo la -- lectura del nivel estático o freático en todos ellos; posteriormente se seleccionaron aprovechamientos que contaran con nivela-

PRINCIPALES USOS DEL AGUA

TAB. No. V-1

U.S.O	POZO	NORIA	MANANTIAL	G.F	FUNCIONANDO	TOTAL	VOLUMEN DE EXTRACION EN M ³
DOMESTICO	58	4	5	5	58	72	3'969,089.00
RIEGO	96	3	0	0	79	99	35'402,295.00
INDUSTRIAL	16	0	0	0	11	16	810,788.00
DOMESTICO-RIEGO	23	1	0	0	23	24	5'145,410.00
DOM. - GANADERO	6	3	0	0	9	9	1'257,610.00
DOM. - INDUSTRIAL	4	0	0	0	3	4	957,536.00
GANADERO	3	1	0	0	3	4	80,420.00
RIEGO-GANADERO	4	1	0	0	5	5	1'458,950.00
DOM-RIE-GAN.	10	0	0	0	10	10	4'849,098.00
SIN USO	34	2	1	1	0	38	.00
IND-GAN.	1	0	0	0	1	1	210,200.00
RECREATIVO	0	0	1	0	1	1	315,400.00
TOTAL	255.0	15.0	7.0	6.0	203.0	283.0	54'296,796.00

ción topográfica y equipo de bombeo susceptibles de llevar a cabo pruebas de bombeo, para tomarles lectura una vez por mes -- (4 en total).

La tabla No. V-2 contiene las 4 vueltas piezométricas, - mientras que la fig. No. 5-1, describe las partes fundamentales de un pozo para la toma de lecturas piezométricas, y cálculo de pruebas de bombeo; además de las elevaciones del brocal, terreno natural y del nivel estático que se determinan mediante un plano de comparación (m.s.n.m.), por medio de la nivelación topográfica.

V.4 TOPOGRAFIA (NIVELACION DE BROCALES)

La topografía que se llevó a cabo consistió en nivelar - el brocal del pozo, a partir del cual, se toman las lecturas de los niveles piezométricos del agua (fig. No. 5.7)

La nivelación se llevó a cabo con nivel fijo, con recorrido de ida y vuelta, y calculado por el método diferencial; -- los errores naturales referentes a este tipo de mediciones quedan dentro de la tolerancia marcada como:

$$T = 12.6 \sqrt{K}$$

Donde:

T = Tolerancia expresada en m.m.

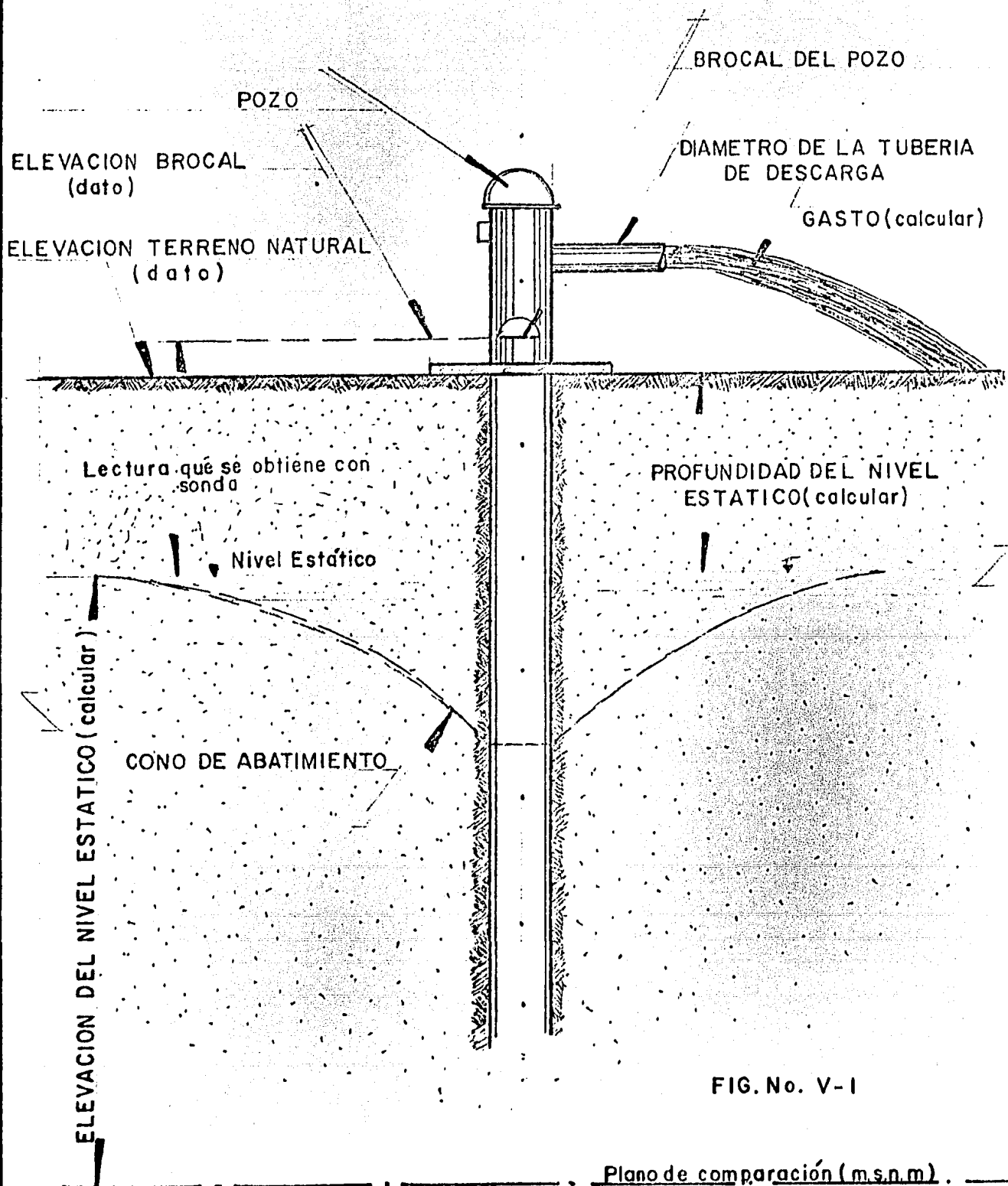
K = Longitud en Km.

NIVELACION DE BROCALES

TABLA No. V-3

No DE MALLA	No. APROV.	NIVELACION	N. E. (m) (MARZO-82)	ELEVACION N.E. (MARZO-82)
26-A	3	1857.501	2.44	1855.061
26-A	4	1857.734	2.46	1855.274
25-A	6	1864.159	8.60	1855.559
26-A	18	1859.832	3.00	1856.832
35-A	34	1858.393	6.76	1851.623
45-A	36 A	1868.985	18.86	1850.125
27-A	40	1856.090	7.26	1848.820
27-A	43	1856.272	6.79	1849.482
36-A	44	1857.226	N.S.P.S.	-----
45-A	46	1864.123	13.86	1850.263
45-A	47	1860.312	10.60	1849.712
45-A	48 A	1858.138	12.35	1845.788
46-A	49	1857.651	N.S.P.S.	-----
47-A	50	1863.021	3.15	1869.87
45-A	55	1862.587	18.71	1843.877
45-A	56	1864.990	10.22	1854.770
45-A	57	1862.353	18.62	1843.733
45-A	59	1863.634	18.33	1845.304
45-A	60	1862.555	N.S.P.S.	-----
45-A	63	1859.832	36.92	1828.632
45-A	64	1867.724	26.58	1841.204
45-A	65	1864.498	28.11	1836.388
44-A	66	1876.093	23.20	1852.893
44-A	67	1869.092	20.27	1848.822
44-A	69	1878.754	N.S.P.S.	-----
55-A	70	1867.605	9.63	1857.975
5-B	72	1871.776	6.00	1865.776
55-A	75	1864.343	3.14	1861.203
57-A	76	1857.008	8.31	1848.698
3-B	78	1881.899	14.00	1867.899
54-A	83	1876.091	18.29	1857.801
8-B	94	1863.184	8.26	1854.924
8-B	95	1861.412	7.02	1854.392
8-B	96	1861.268	8.00	1852.268
18-B	98	1871.772	10.00	1861.772

DESCRIPCION DE LAS PARTES DE UN POZO QUE SE TOMAN
PARA EL CALCULO DE LA PIEZOMETRIA Y PRUEBAS
DE BOMBEO



Para tal fin se tomo como punto de partida, el banco de nivel No. 153 que la DGGTNAL tiene emplazado en la zona; se nivelaron un total de 37 brocales con un recorrido de 100 Km., (ver tabla No. V-3).

V.5 HIDRAULICA DE POZOS

La hidráulica de pozos es una de las materias más importantes de la hidrología subterránea, ya que proporciona las bases teóricas para interpretar o preveer las fluctuaciones de los niveles freáticos o estáticos, provocados por la extracción de agua mediante pozos. Los problemas más comunes que estudia la -- hidráulica de pozos son:

- a) Identificación de los sistemas de flujo (confinado, - semiconfinado, fronteras impermeables, etc.) y la - - determinación de sus características hidráulicas (coeficientes de transmisibilidad, permeabilidad, almacenamiento, etc.).
- b) Predicción del comportamiento de los niveles del agua.
- c) Diseño de campo de pozos.
- d) Definición del régimen de operación de pozos, dada -- una restricción en el abatimiento de los niveles (específicamente en acuíferos costeros).
- e) Drenaje vertical
- f) Recarga artificial.

PIEZOMETRIA

TABLA No. V-2

No DE POZO	NOMBRE DEL PREDIO O PROPIETARIO	COTA DEL TERRENO	1 ^a VUELTA	2 ^a VUELTA	3 ^a VUELTA	4 ^a VUELTA
			N. E	N. E	N. E	N. E
3P	R. STA. TERESA	1857.501	2.29	2.40	2.35	2.44
4P	R. SAN FELIPE	1857.734	2.28	2.36	2.39	2.46
6P	R. EL PORVENIR	1864.159	8.36	8.55	8.49	8.60
18P	ANA MARIA SANDOVAL	1859.832	2.67	2.73	2.85	3.00
34P	R. EL REFUGIO III	1858.393	6.45	6.52	6.65	6.76
36AP	GUILLERMO MADRAZO	1868.985	18.63	18.79	18.74	18.86
40P	BRAULIO MERAZ LA PRADA	1856.090	7.08	7.20	7.13	7.26
43N	A. ALNIS R. SN. FELIPE	1856.272	6.63	6.61	6.70	6.79
44P	RCHO. OJOS AZULES	1857.226	6.47	6.52	6.65	NS. PS.
46P	GRANJA GANADEROS ASOS	1864.123	13.54	13.69	13.77	13.86
47P	RCHO. LOS TECOLOTES	1860.312	10.39	10.51	10.43	10.60
48AP	RCHO. LA LOMITA	1858.138	12.12	12.16	12.24	12.35
49P	RCHO. LA PICOTA	1857.651	14.19	14.27	14.32	NS. PS.
50P	5 DE FEBRERO	1863.021	2.98	2.93	3.04	3.15
55P	R. EL GALLO	1862.587	18.49	18.62	18.53	18.71
56P	RCHO. LA PRIETA	1864.990	9.93	10.02	10.10	10.22
57P	CD. DE LOS NIÑOS	1862.353	18.34	18.46	18.50	18.62
59P	SR. H. HERNAN	1863.634	17.96	18.01	18.19	18.33
60P	RCHO. SN. JOSE	1862.555	18.27	18.31	18.40	NS. PS.
63P	RCHO. EL ROCIO	1859.832	36.66	36.80	36.77	36.92
64P	JOSE NEVARES	1867.724	26.35	26.38	26.51	26.58
65P	ALFREDO ESPINOZA	1864.498	27.83	27.90	27.99	28.11
66P	RANCHO TUCSON	1876.093	23.07	23.18	23.04	23.20
67P	ENTRO. EST. TEC. FOREST.	1869.092	19.99	20.08	20.16	20.27
69P	SEMINARIO	1878.754	19.52	19.75	19.67	NS. PS.
70P	TENERIA	1867.605	9.38	9.43	9.50	9.63
72P	RCHO. STA. MARIA	1871.776	5.77	5.92	5.81	6.00
75P	RECOLD, S.A DE C.V.	1864.343	2.86	2.93	3.01	3.14
76P	BELISARIO DOMINGUEZ	1857.008	8.01	8.18	8.22	8.31
78P	CLUB CAMPRESTE	1881.899	13.60	13.74	13.85	14.00
83P	GRANJA GUERRA	1876.091	18.02	18.18	18.06	18.29
94P	POBLADO JUAN ALDAMA	1863.184	7.97	8.07	8.19	8.26
95P	R. EL CAJETAL	1861.412	6.75	6.83	6.94	7.02
96P	EJ. JUAN ALDAMA I	1861.268	7.68	7.75	7.83	8.00
98P	EJ. COL. MINERIA	1871.772	9.64	9.71	9.88	10.00
102P	RCHO. LOS MEMBRILLOS	1867.801	7.07	7.26	7.18	7.35
107P	LABOR DE GUADALUPE	1863.143	7.06	7.15	7.24	7.35
93P	POBLADO ANTONIO GAX.		8.19	8.41	8.85	9.00
168P	RCHO. FRACC. R. SANT.		14.37	14.86	14.63	15.05
172P	EJ. MONTE MOR. No.2		5.60	5.74	5.92	6.10
185P	PARRAS DE LA FUENTE		3.01	3.27	3.48	3.67
203P	MARIANO MATAMOROS		29.52	29.85	29.67	30.00
204P	18 DE MARZO		56.79	56.97	57.13	57.47
208P	SN. FCO. DEL MANZANAI		14.65	14.82	14.97	15.16
211P	SN. FCO. DEL MANZANAI		43.71	43.95	44.03	44.18
212P	IGNACIO L. RAYON.		7.60	7.89	7.72	8.00

En este caso nos concretamos al conocimiento de las - - características hidráulicas del sistema (a).

Mediante pruebas de bombeo, se puede conocer la transmisibilidad en forma práctica y puntual, además de las condiciones de frontera particulares del sistema.

La prueba consiste en observar los efectos provocados en la superficie freática o piezométrica de un acuífero por la - -- extracción de un caudal conocido.

Generalmente en estudios de caracter regional (como este), existe flexibilidad para elegir el sitio de la prueba, seleccionándolo adecuadamente de acuerdo con los siguientes aspectos:

- Que la profundidad al nivel del agua sea fácilmente - - medible.
- Que el caudal de extracción pueda ser fácilmente aforado.
- Que el agua bombeada no se infiltre hasta el acuífero - en las proximidades del pozo.
- Que las características constructivas y el corte geológico del pozo sean conocidos, y
- Que los pozos próximos no operen durante la prueba.

Normalmente no se cumplen simultáneamente todos estos re-

quisitos, por lo tanto, cada caso deberá juzgarse con cierto criterio.

Una prueba denominada "completa", deberá contar con uno o varios pozos de observación dispuestos a diferentes distancias del pozo de bombeo; sin embargo, lo más común es que no se disponga de ellos y que la prueba se limite a observar los abatimientos en el pozo de bombeo.

Para verificar los resultados deducidos mediante la llamada "Etapa de bombeo" o "Etapa de abatimiento", se lleva a cabo la llamada "Etapa de Recuperación", que consiste en observar el comportamiento de los niveles al suspender el bombeo durante un cierto tiempo; la duración de esta etapa es, generalmente, semejante a la etapa anterior.

Existen diferentes métodos de análisis para las pruebas de bombeo, que presentan un régimen transitorio.

Los métodos más comunes son los gráficos, analizados por THEIS, JACOB y CHOW.

En 1935, C.V. THEIS inició el estudio de la hidráulica de pozos en régimen transitorio. El desarrollo de su fórmula, proporciona los valores del coeficiente de transmisibilidad y el de almacenamiento, a partir de los abatimientos registrados en uno o varios pozos de observación para diferentes tipos de bombeo, con la ventaja de que no es necesario esperar la estabilización del cono de abatimiento.

La fórmula de THEIS queda expresada como:

$$a = \frac{Q}{4 T} w(u)$$

Donde:

a = Abatimiento registrado a la distancia r del pozo de bombeo.

Q = Caudal, (calculado por el nomograma de la fig. No. 5-4, o dado por el propietario del pozo)

T = Transmisibilidad.

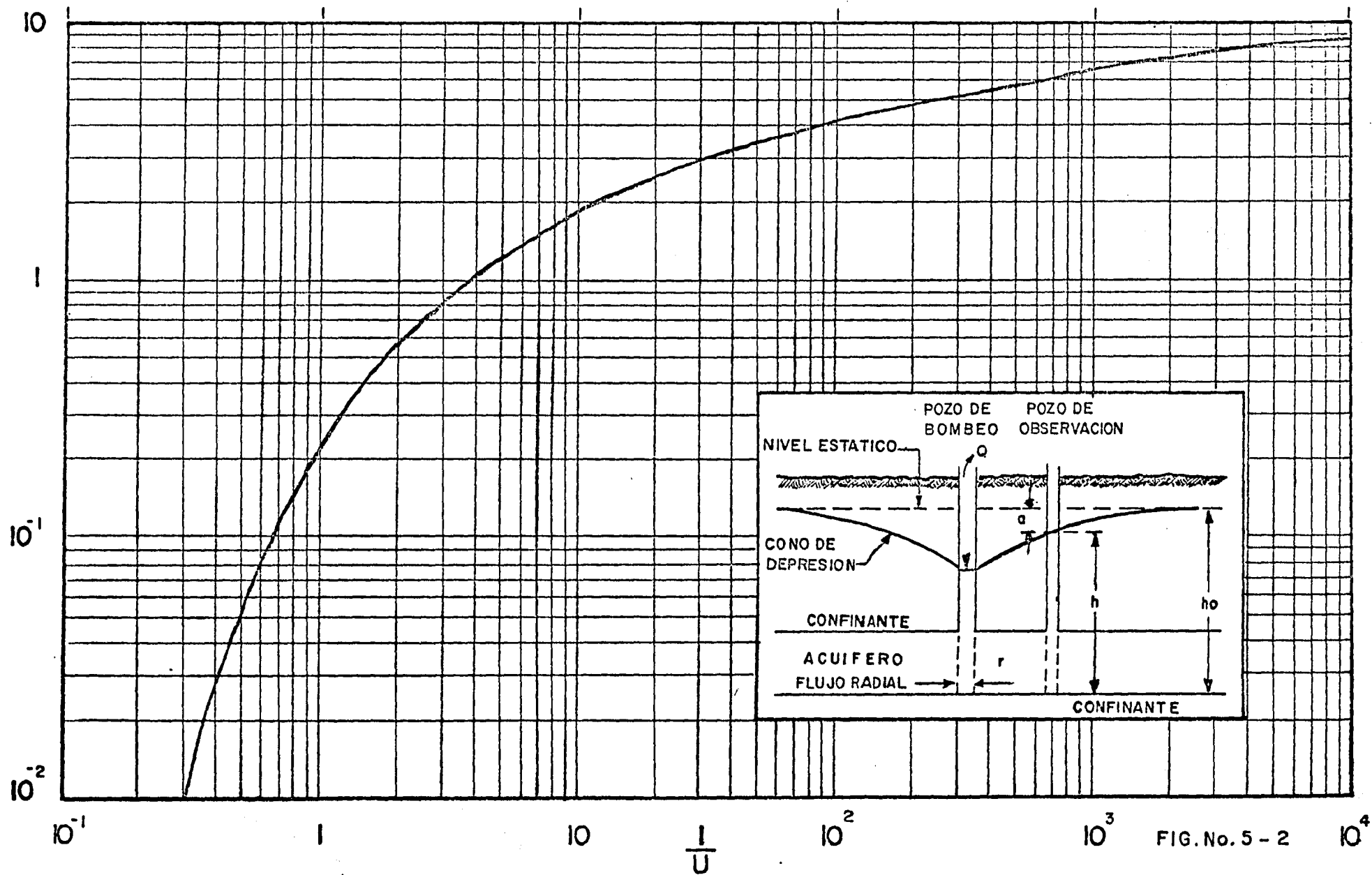
w(u) = La función del pozo.

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

La solución para determinar los parámetros T y S se describe a continuación:

- a) Trazar la curva tipo $w(u) = 1/u$, en papel con trazado doble logarítmico. Fig. No. 5-2.
- b) Construir la gráfica abatimiento-tiempo del pozo de observación en papel idéntico al utilizado en el inciso a). Fig. No. 5-3.

CURVA TIPO PARA INTERPRETACION DE PRUEBAS DE BOMBEO EN POZOS TOTALMENTE PENETRANTES EN ACUIFEROS CONFINANTES



INTERPRETACION DE UNA PRUEBA DE BOMBEO

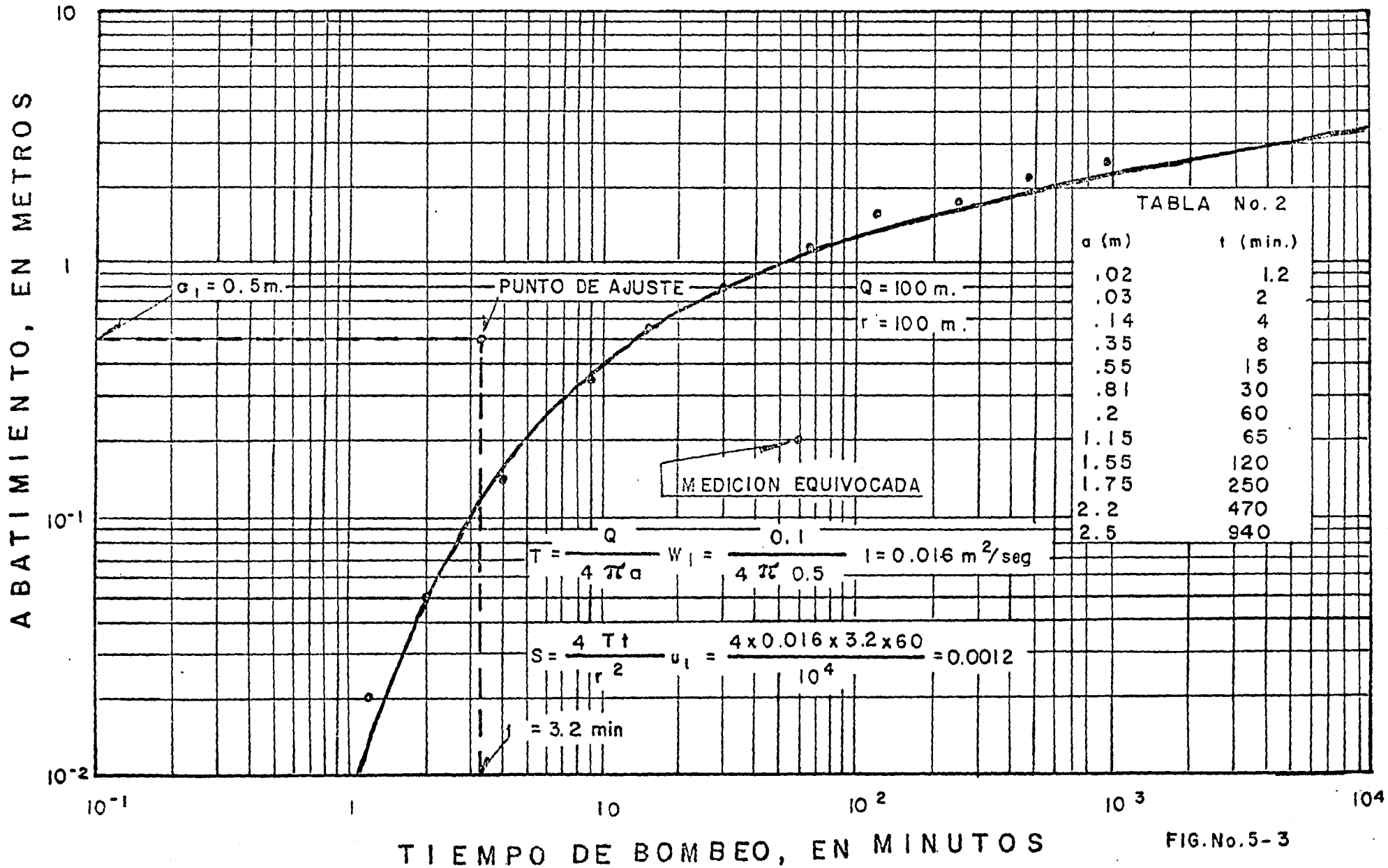


FIG.No.5-3

NOMOGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO A TRAVES DE UN TUBO

FORMULA RESUELTA

$$Q = 0.0174 \frac{A D^2}{H}$$

D, H, A, EN CM.
Q EN LPS

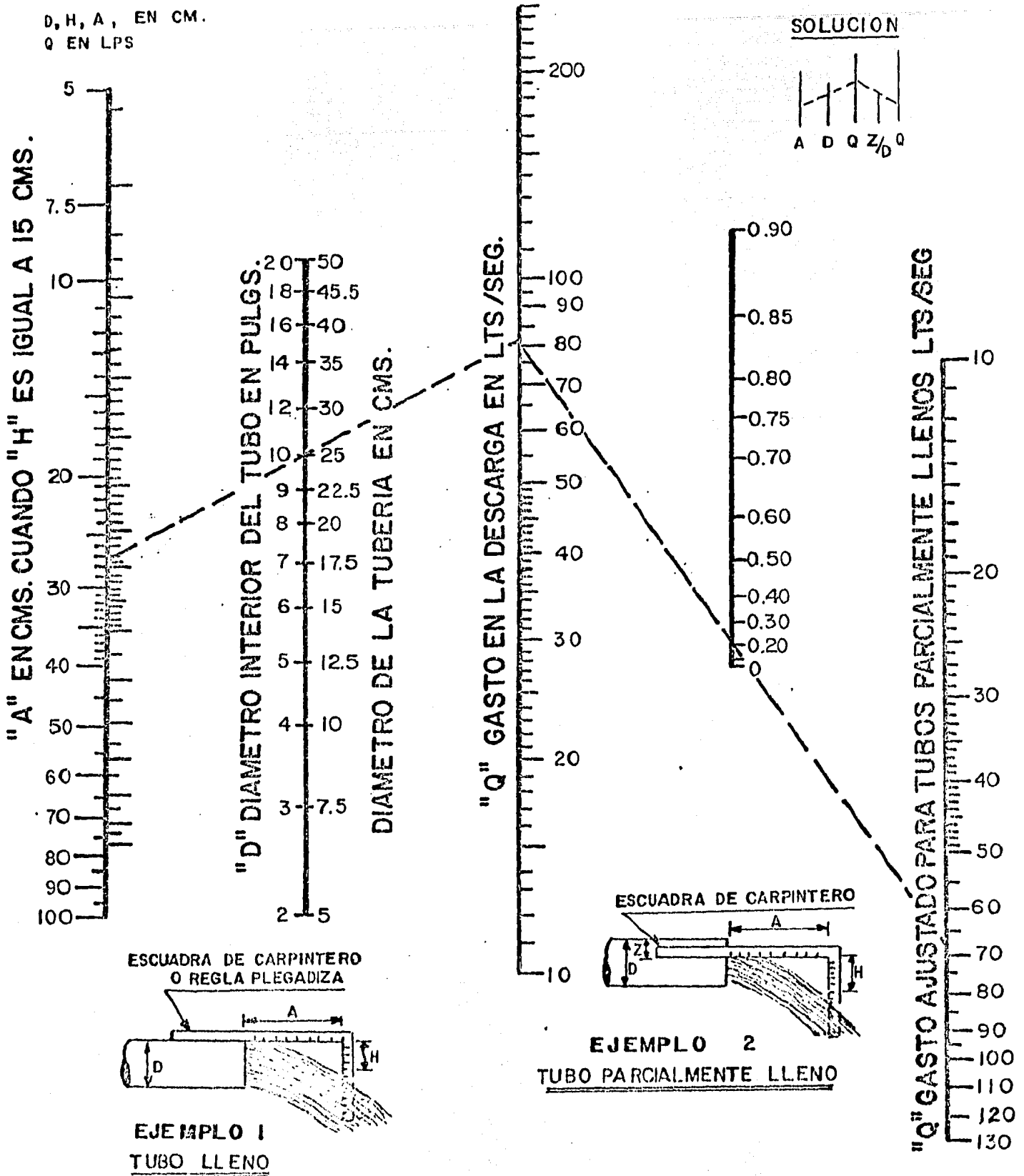


FIG. No 5 - 4

- c) Superponer las gráficas manteniendo los ejes paralelos, y buscar la coincidencia de la curva campo y -- curva tipo.
- d) Seleccionar un punto de ajuste y obtener sus coordenadas en los cuatro ejes.
- e) Sustituir los valores de las coordenadas en la ecuación anterior, despejando posteriormente los valores de T y S.

Un método más sencillo para la interpretación, es el desarrollado por JACOB, quien observó que para tiempos largos ($t > 55 r^2/T$), la ecuación de THEIS puede expresarse como:

$$s = \frac{2.30 Q}{4 T} \text{ Log } \frac{2.25 T t}{r^2 S}$$

A partir del cual desarrolló el método gráfico que a -- continuación se describe:

- a) Construir la gráfica abatimiento tiempo (en escala aritmética) contra tiempo (en escala logarítmica).
- b) Pasar una recta por los puntos que se alinean, y determinar su pendiente, Los puntos correspondientes a los primeros minutos de la prueba se apartan -- generalmente de la recta, debido a que corresponden-

a tiempos cortos ($t > 5r^2 S/T$) para los cuales no es válida la fórmula de JACOB.

- c) Si la pendiente de la recta de ajuste es "AS₁₀" la transmisibilidad puede obtenerse de la expresión:

$$T = \frac{0.183 Q}{AS_{10}} \quad (\text{Fig. No. 5-5 y 5-6})$$

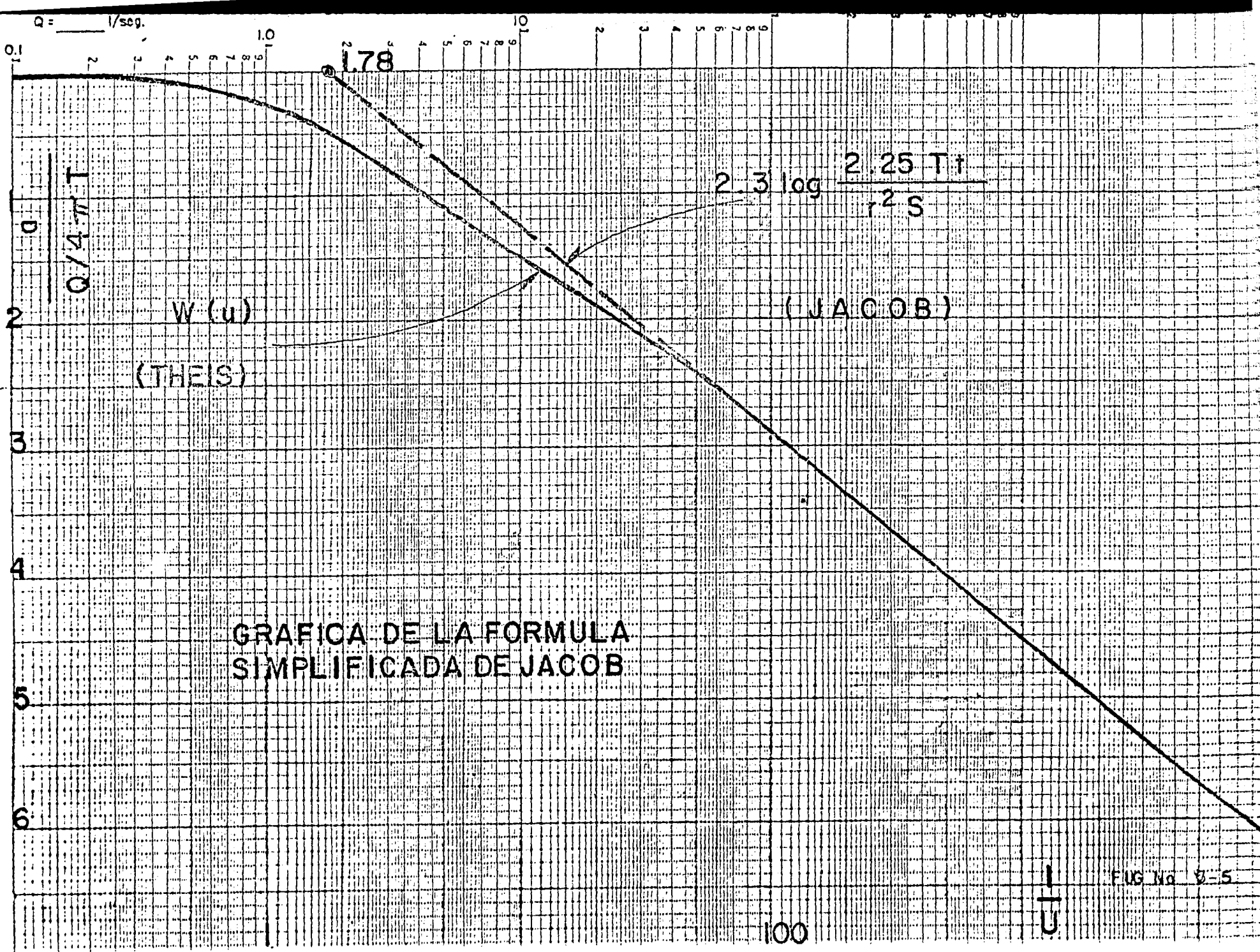
- d) Determinar el valor de t , t_0 , para lo cual se prolonga la recta de ajuste intersectando la línea de abatimiento nulo.

- e) Calcular el coeficiente de almacenamiento mediante la expresión:

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

Dentro de los alcances del presente trabajo, solo se -- realizaron 15 pruebas de bombeo de corta duración y 5 más, se tomaron de trabajos anteriores como complemento para una mejor evaluación; estas fueron analizadas por los métodos anteriormente descritos y los resultados se dan en la tabla No. V-4.

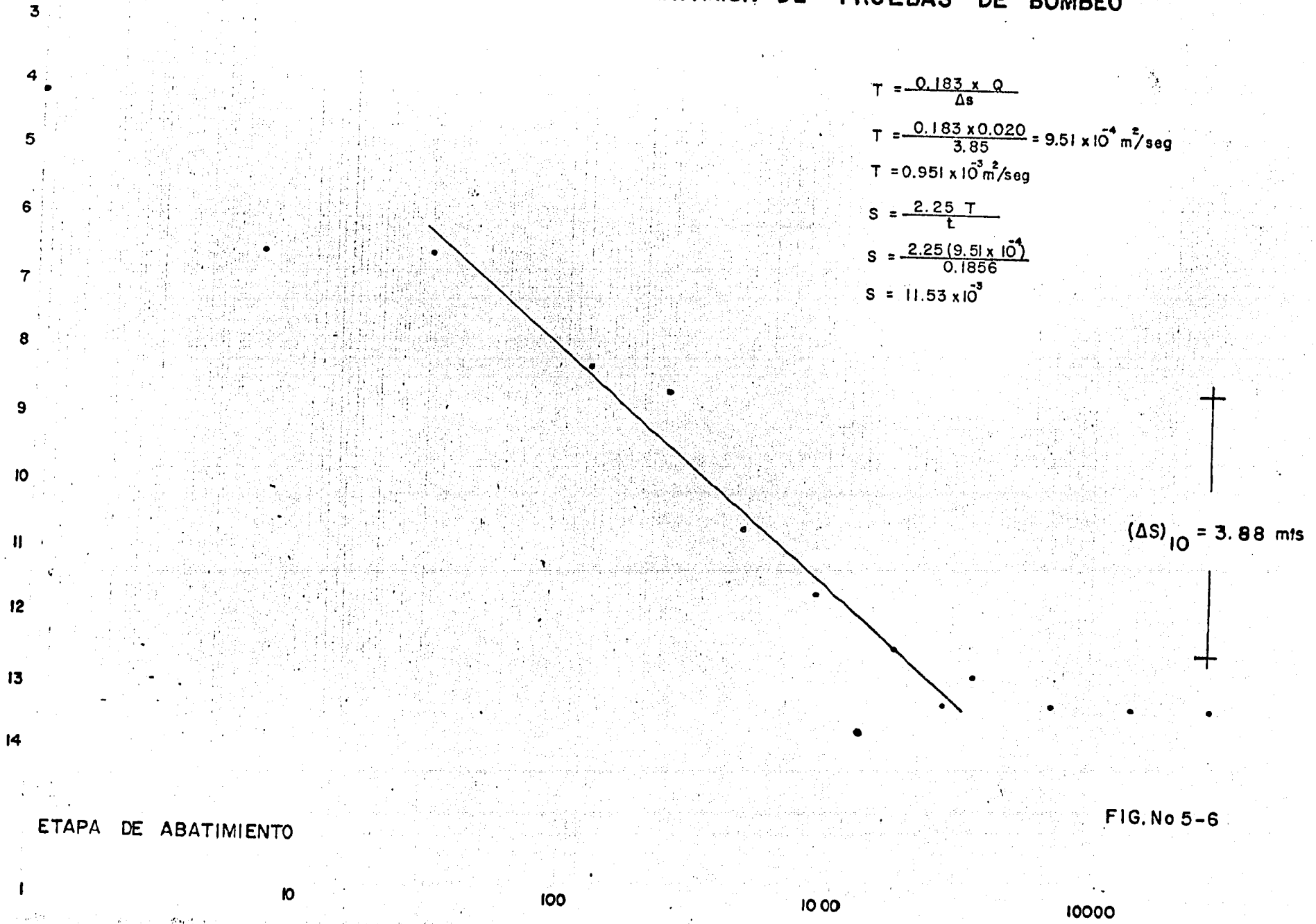
Debido a que en su interior y en su vecindad inmediata se presentan efectos locales, difíciles de tomar en cuenta en las soluciones teóricas, la interpretación en caso de no tener pozo de observación, es aún muy dudosa y por lo mismo, los re-



GRAFICA DE LA FORMULA
 SIMPLIFICADA DE JACOB

TIEMPO EN (Seg)

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO

RESULTADOS DE PRUEBAS DE BOMBEO

PRUEBA. Nº	APROVECHA- MIENTO Nº	FECHA	CAUDAL (L.P.S)	N. E. (m)	METODO	TRANSMISIBILIDAD ($\times 10^3$ m/s)			COEF. DE ALMACENAMIENTO	
						ABATIMIENTO	RECUPERACION	PROMEDIO	ABATIMIENT TO	
1	11	1-II-82	20.0	4.20	Jacob	0.951		0.951	11.53×10^{-3}	
2	15	17-II-82	30.0	7.27	Jacob	4.56		4.54		
3	40	13-II-82	95.0	7.26	Jacob	4.29		4.29		
4	55	16-II-82	34.0	18.71	Jacob	2.00		2.00		
5	57		46.8	18.62	Jacob	7.02		7.02		
6	64	18-II-82	27.0	26.52	Jacob	6.77		6.77		
7	61	12-V-82	75.0	10.08	Jacob	4.95	8.07	6.51		
8	46	13-V-82	30.0	14.08	Jacob		6.46	6.46		
9	42	13-V-82	39.0	7.80	Jacob	3.38	3.39	3.385		
10	103	9-II-82	19.0	7.44	Jacob	1.023		1.023		
11	83		36.0	19.91	Jacob	7.75		7.75		
12	120	11-V-82	60.0	17.00	Jacob	2.61		2.61		
13	128	7-V-82	10.0	5.10	Jacob	1.59		1.59		
14	107	15-V-82	10.0	7.35	Jacob	0.192		0.192		
15	109	23-IV-82	5.0	5.78	Jacob	0.044		0.044		
16	23		22.0	4.10	Jacob	5.3	0.8	3.050		
17	6	5-V-81	28.20	9.20	Jacob	3.03	2.15	2.59	6.4×10^{-4}	
18	141	26-IV-81	7.8	12.75	Jacob	1.4		1.40		
19	220	29-IV-81	2.7	11.40	Jacob	2.48	1.77	2.125		
20	147	29-III-79	6.0	6.35	Jacob	7.5	7.8	7.650		
						3.341	4.349	3.598	TAB. No. V-4	

sultados de éstas deben tomarse con ciertas reservas.

V.6 CURVAS DE IGUAL ELEVACION DE LOS NIVELES ESTATICOS

Para la interpretación gráfica de las equipotenciales -- de la superficie freática, se tomaron en cuenta las lecturas de la cuarta vuelta piezométrica (Marzo-82) y la nivelación de brocales (Tabla No. V-3); sin embargo en un número pequeño de casos, se emplearon aprovechamientos en donde no se contaba con dicha nivelación, aproximando su elevación por medio de las curvas de las cartas topográficas.

El Plano No. 5, presenta las curvas equipotenciales, -- mismas que describen el flujo general con una dirección SW - NE, sensiblemente paralelo a las corrientes superficiales.

Se aprecia que las principales recargas provienen de las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y de la Sierra del -- Registro; existe otra recarga de menor importancia provenientes de las mesetas de basalto al norte de la zona de estudio.

Interpretando cualitativamente la variación de las curvas y el espaciado de las mismas, se observó que al NE. de la -- Ciudad de Durango, a 5 Km. de ésta, existe un espaciado entre -- las curvas de igual elevación del nivel freático, en forma parabólica, con un gradiente hidráulico y una transmisibilidad uniforme; se comprueba cuantitativamente por los valores de las -- pruebas de bombeo realizadas en los pozos No. 83 y 57, cuyos valores fueron 7.75×10^{-3} y 7.02×10^{-3} m²/seg. respectivamente -- y gradientes del orden de 2.5×10^{-3} a 3.33×10^{-3} .

Condiciones distintas a las anteriores son las presentadas por la recarga proveniente de la S.M.O. a lo largo del río Tunal, el cual presenta curvas con un espaciado en forma hiperbólica, con un gradiente hidráulico tendiente a disminuir y una transmisibilidad en aumento, conforme las curvas se alejan de la zona de recarga.

En forma cuantitativa se comprueba el descenso del gradiente hidráulico, por los valores obtenidos entre las curvas 1864 a 1862 con valor de 2×10^{-3} y de 1856 con 1.0×10^{-4} ; la transmisibilidad queda de manifiesto por las pruebas de bombeo realizadas, cuyos valores van de 0.44×10^{-3} (pozo 109) a $7.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$ (pozo 147) entre otras.

En forma general se presentan tres condiciones; la primera al norte del valle del Guadiana, se observan dos conos de abatimiento formados por una mayor extracción, y que es congruente con la localización del mayor número de pozos; la segunda es la descripción de las curvas a lo largo del río Tunal, que muestran un posible aporte de éste al acuífero, no siendo comprobado al unirse el mencionado río con el río Saucedá por falta de información; la tercera, localizada en el distrito de riego Guadalupe Victoria al sur del valle, presenta curvas equipotenciales sensiblemente equidistantes una de otra, debido a los pocos aprovechamientos en dicha zona, además de ser la entrada de la mayor recarga al valle de Guadiana.

V.7 CURVAS DE IGUAL EVOLUCION DEL NIVEL ESTÁTICO

En el plano No. 6 se aprecia que al norte del valle, en-

las inmediaciones del distrito de riego "Peña del Aguila", una evolución negativa de -3.0 m., cercana al poblado de Hidalgo, aumentando a valores positivos mayores de +1.0 m. en las cercanías del Aeropuerto Internacional; muy cerca a la Ciudad de Durango, entre los poblados 5 de Mayo y 20 de Noviembre, se aprecian abatimientos muy fuertes (mayores de -4.0 m.) generados por una sobre-explotación del acuífero debido a la concentración excesiva de pozos.

Más al sur cercano a la S.M.O*, se aprecian abatimientos que van de -3.0 m. a +3.0 m, con dirección E-W.

En general se observa que la curva cero (o de equilibrio) se extiende de sur a norte, cortando al valle en dos secciones; la primera se caracteriza por la gran mayoría de pozos y por consiguiente de los abatimientos mayores; la segunda presenta exactamente lo contrario a la anterior, sin embargo no es muy claro en las cercanías de los basaltos por falta de información.

V.8 BALANCE DE AGUAS

V.8.1 BALANCE HIDROMETEOROLOGICO

La expresión que determina el balance hidrometeorológico generalmente queda expresada como:

$$R = P - EA - IF - EP - EVP$$

* Sierra Madre Occidental.

Donde:

- R = Recarga del acuífero
- P = Precipitación efectiva
- EA = Evaporación de almacenamiento transitorio
- IF = Interflujo
- EP = Evaporación Potencial
- EVP = Evapotranspiración potencial

Dado que algunos términos se presentan en conjunto o son difíciles de determinar, la expresión anterior usualmente se presentan como:

$$P = EVR + ES + I$$

Donde:

- P = Precipitación
- EVR = Evapotranspiración potencial
- ES = Escurrimiento superficial
- I = Infiltración

V.8.1.a) OBTENCION DE DATOS

- INFILTRACION (I).- Comunmente se deja como incógnita - ya que su evaluación es más complicada; por lo tanto -

despejándola tenemos:

$$I = P - EVR - ES$$

- PRECIPITACION (P).- La precipitación que se toma en -- cuenta es la media obtenida en la cuenca, cuyo valor -- es de 534.0 mm/año. Por lo tanto el volumen total -- precipitado fue de: 2'089,008,000.0 m³.

- EVAPOTRANSPIRACION REAL (EVR).- Tomando en cuenta que -- este parámetro es uno de los que más influyen en el -- ciclo hidrológico, se tomó el valor dado, por L. TURC -- que fue de: 351.0 mm/año, y que da un volumen de: 1'373,112.000.0 m³.

- ESCURRIMIENTO (ES).- El volumen escurrido calculado en el capítulo I, fue para una cuenca de 10,000 Km²; to -- mando en cuenta que la subcuenca que nos interesa es -- la del río Santiago, que se ilustra en la fig. No. 3-1, con una área de 3912 Km² el volumen escurrido es de: - 185'841,089.5 m³.

Por lo tanto, el volumen infiltrado en una área de cuen -- ca de 3912 Km² fue de: (53'005,4910.5) m³., que representa un -- 35.4 por ciento del volumen precipitado.

V.8.2 BALANCE HIDROLOGICO

Este balance tiene la finalidad de obtener el cambio de-

almacenamiento que experimenta el valle del Guadiana, el cual -
cuenta con una área de 850 Km² (valor medio de los rellenos).

En sí, se evaluará la disponibilidad de los recursos - -
hidráulicos subterráneos, mediante la expresión:

$$\Delta V = E - S$$

Cambio de almacenamiento = Entradas - Salidas

La anterior expresión se desglosa como: (Fig. No. 5-7)

$$\Delta V_{\pm} = P + E_h + E_s - (E_{vt} + B + S_h + S_s)$$

Donde:

$\pm \Delta V$ = Cambio de almacenamiento

P = Volumen precipitado, en m³

E_h = Volumen de entradas horizontales por flujo subterráneo, en m³.

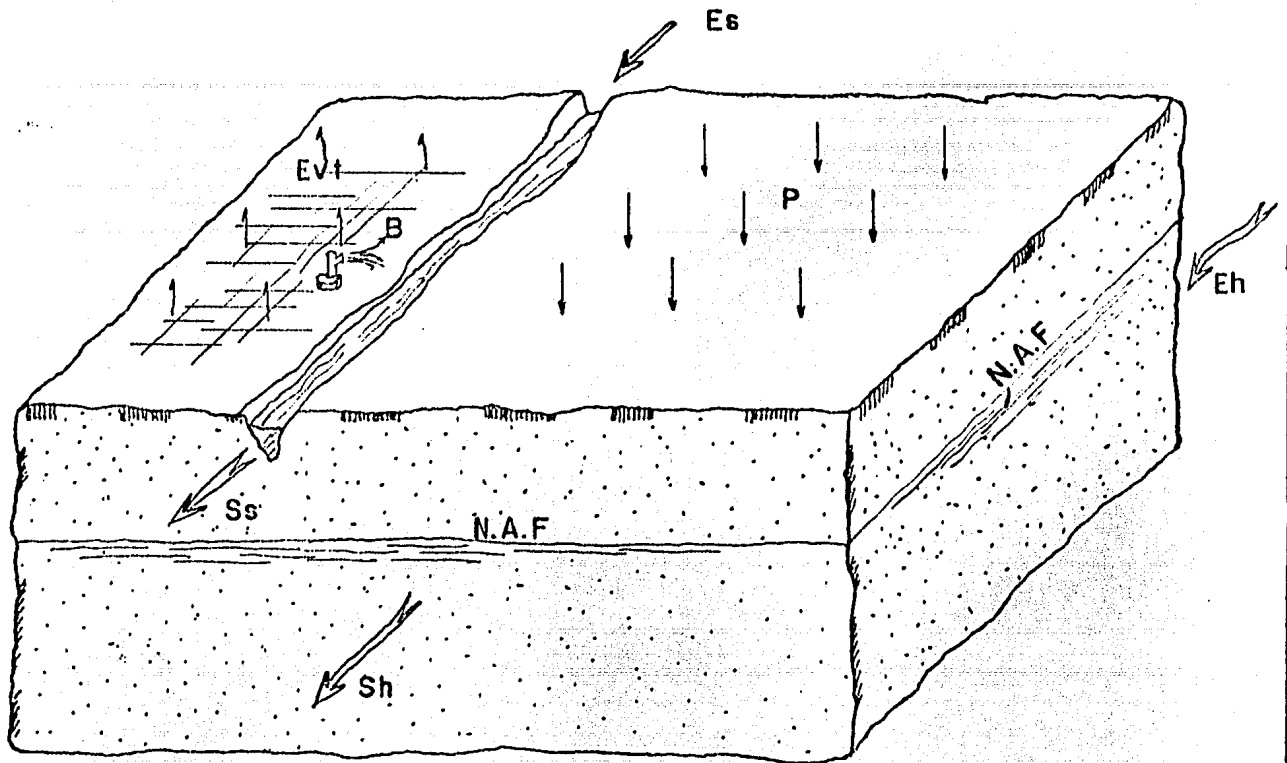
E_s = Volumen de entradas al sistema como escurrimien-
to superficial, en m³

E_{vt} = Volumen de la evapotranspiración real, en m³

B = Volumen de bombeo extraído

S_h = Volumen de salidas horizontales por flujo subterráneo, en m³

BALANCE HIDROLOGICO



A_v = ENTRADAS - SALIDAS

$$A_v = P + E_h + E_s - (E_{vt} + B + S_h + S_s)$$

A_v = Variación del Almacenamiento

P = Volumen Precipitado en el periodo considerado

E_h = Volumen de Entradas Horizontales por flujo subterráneo

E_s = Volumen de entradas al sistema como escurrimiento superficial.

E_{vt} = Volumen Evapotranspirado medio anual

B = Volumen de bombeo extraído

S_h = Volumen de salidas horizontales por flujo subterráneo

S_s = Volumen de salidas del sistema como escurrimiento superficial

FIG. No. 5 - 7

S_s = Volumen de salidas del sistema como escurrimiento superficial, en m^3

V.8.2.a) OBTENCION DE DATOS

- PRECIPITACION (P).-

$$P_{vol} = 0.534 \times 850 \times 10^6 = 453,900.000.0 \text{ m}^3$$

- ENTRADAS HORIZONTALES POR FLUJO SUBTERRANEO (E_h).-

Se evaluan por medio de las redes de flujo, que se ilustran en el plano No. 6 y las características - - hidráulicas del acuífero obtenidas en las pruebas de bombeo; mediante la ecuación de continuidad expresada como:

$$Q_{E_i} = T_i \cdot B_i \cdot I_i$$

Donde:

$$Q_{E_i} = \text{Caudal de entrada } i$$

$$T_i = \text{Transmisibilidad en el canal } i$$

$$B_i = \text{Ancho del canal } i$$

$$I_i = \text{Gradiente hidráulico}$$

$$I = \frac{\text{Desnivel entre equipotenciales}}{\text{Long. del canal.}}$$

Por lo tanto se tiene:

- Zona Norte.- Flujo procedente de los basaltos

$$QE_1 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg} \times 1800 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{900 \text{ m}} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$QE_2 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg} \times 1800 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{875 \text{ m}} = 0.0028 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$QE_3 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg} \times 2000 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{475 \text{ m}} = 0.0055 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$QE_4 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg} \times 1600 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{475 \text{ m}} = 0.0044 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$0.0153 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Zona Occidental.- Flujo procedente de la Sierra Madre Occidental.

$$QE_1 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 1500 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1250 \text{ m}} = 0.0016 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$QE_2 = 0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 1350 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1350 \text{ m}} = 0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$Q_{E_3} = \frac{0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}}{\text{m}^3/\text{seg}} \times 2850 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1250 \text{ m}} = 0.0030 -$$

$$Q_{E_4} = \frac{0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}}{\text{m}^3/\text{seg}} \times 3000 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1500 \text{ m}} = 0.0026 -$$

$$Q_{E_5} = \frac{0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}}{\text{m}^3/\text{seg}} \times 3000 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1450 \text{ m}} = 0.0027 -$$

$$Q_{E_6} = \frac{0.651 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}}{\text{m}^3/\text{seg}} \times 3950 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 0.0038 -$$

$$0.0150 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$0.0303 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$VEh = 0.0303 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 31.536 \times 10^6 \frac{\text{seg}}{\text{año}} = 955,540.8 \text{ m}^3/\text{año}$$

- ENTRADAS AL SISTEMA COMO ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Es).-

Se tomaron en cuenta las estaciones Peña del Aguila, San Felipe y Refugio Salcido, como representantes de las entradas superficiales, obteniendose en 15 años observados un valor medio de:

$$VEs.- 299'628,000.0 \text{ m}^3$$

- EVAPOTRANSPIRACION REAL (Evt).-

Tomando en cuenta que el valle del Guadiana es agrícola y que cuenta con el distrito de riego No. 52, la evapotranspiración que rige en el valle fue la calculada por uso consuntivo; por lo tanto el volumen evapotranspirado es de:

$$Evt = 0.4942 \text{ m} \times 850 \times 10^6 \text{ m}^2 = 298,350,000.0 \text{ m}^3$$

- BOMBEO EXTRAIDO (B) .-

Es todo aquel que se extrae del acuífero por medio de pozos, norias, galerías filtrantes y manantiales; el total de volumen extraído para 203 aprovechamientos fue de: 54'296,796.0 m³.

- SALIDAS HORIZONTALES POR FLUJO SUBTERRANEO (Sh).-

Se obtienen igual que las entradas horizontales (Eh), solo que a la salida de las redes de flujo, aplicando la fórmula de - - continuidad como: $Qs_1 = T_{s_1} \cdot B_{s_1} \cdot f_1$

- Zona Norte.- Salidas aproximadamente a la mitad del D.R. No. - 52b.

$$Qs_1 = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 1000 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}}{900 \text{ m}} = 0.0172 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$Q_{S2} = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 3000 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 500 \text{ m}} = 0.093 -$$

$$Q_{S3} = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 1300 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 600 \text{ m}} = 0.0336 -$$

$$Q_{S4} = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 1200 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 875 \text{ m}} = 0.0213 -$$

$$0.1651 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Zona Occidental.- Salidas aproximadamente a la mitad del D.R.-
No. 52a.

$$Q_{S1} = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 9000 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 1250 \text{ m}} = 0.1116 -$$

$$Q_{S2} = \frac{7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 6500 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 1250 \text{ m}} = 0.0806 -$$

$$Q_{S3} = \frac{7.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 3000 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 850 \text{ m}} = 0.0547 -$$

$$Q_{S4} = \frac{7.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 4000 \text{ m} \times \underline{2.0 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.} \quad 1500 \text{ m}} = 0.0413 -$$

$$Q_{S5} = \frac{7.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 2100 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1500 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.}} = 0.0217$$

$$Q_{S6} = \frac{7.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg} \times 2000 \text{ m} \times \frac{2.0 \text{ m}}{1500 \text{ m}}}{\text{m}^3/\text{seg.}} = 0.0207$$

$$0.355 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$0.5201 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$V_{Sh} = 0.4961 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 31.536 \times 10^6 \frac{\text{seg}}{\text{año}} = 15'645,009.6 \text{ m}^3$$

- SALIDAS AL SISTEMA COMO ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (S_B).-

Se considerar como única salida del escurrimiento superficial- el río Durango, y que cuenta con una unidad aforadora denominada El Saltito; el volumen promedio aforado en 15 años observados fue de: 272'150,000 m³.

Por lo tanto el cambio experimentado en el almacenamiento fue de:

$$P = + 453,900,000.0 \text{ m}^3$$

$$E_h = + 955,540.8 \text{ m}^3$$

$$E_S = + 299'628,000.0 \text{ m}^3$$

$$E_{vt} = - 298,350,000.0 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} B &= - 54'296,796.0 \text{ m}^3 \\ Sh &= - 15'645,009.6 \text{ m}^3 \\ Ss &= - 272'150,000.0 \text{ m}^3 \\ \Delta V &= + 114,041,735.2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

V.8.3 ESTIMACION DE LA RECARGA A TRAVES DEL BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

La ecuación que se utiliza es:

$$\Delta V = Rv + Eh - Sh - B - Evr - Fb.$$

Donde:

Rv = Recarga vertical al acuífero en cualquier forma.

Eh = Entradas por flujo subterráneo.

Sh = Salidas por flujo subterráneo.

B = Bombeo.

Evr = Pérdida por evapotranspiración del acuífero.

Fb = Aporte del acuífero a las corrientes como flujo base.

S = Coeficiente de almacenamiento.

ΔV = Cambio de almacenamiento del acuífero.

V.8.3.a) APOORTE DEL ACUIFERO A LAS CORRIENTES COMO FLUJO -
BASE

Tomando en cuenta lo expuesto en el capítulo III, y lo que se observa en el plano No. 5; el acuífero no aporta flujo a las corrientes superficiales ya que éstas presentan intermitencia al centro del valle, por lo tanto, son ellas las que ceden agua al acuífero.

b) Coeficiente de almacenamiento.

Las pruebas de bombeo realizadas, no contaron con un pozo de observación que se tomarán en cuenta para la evaluación de este coeficiente; sin embargo en 1979 la SARH, presentó un informe en el cual, determinan un coeficiente de almacenamiento regional de 0.1.

c) Cambio de almacenamiento.

Deducido del plano No. 6 y cuyo valor obtenido fue de: $178'720,900.0 \text{ m}^3/\text{año}$, que multiplicado por el coeficiente de almacenamiento de un volumen de $17'872,090.0 \text{ m}^3$.

Por lo tanto la recarga vertical es igual a:

$$\begin{aligned} E_h &= - 955,540.8 \text{ m}^3 \\ S_h &= + 15'645,009.6 \text{ m}^3 \\ B &= + 54'296,796.0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Evr = 5'425,821.8 \text{ m}^3$$

$$Fb = 000.0 \text{ m}^3$$

$$\Delta V = -17'872,090.0 \text{ m}^3$$

$$Rv = 56'539,996.6 \text{ m}^3$$

V.9 ESTUDIO DE LA PREFACTIBILIDAD DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN EL VALLE DEL GUADIANA

Como es bien conocido, la recarga artificial tiene como finalidad el poder restaurar en cierta forma los acuíferos sobre-explotados de una zona, logrando con este cometido, la prolongación de la vida útil de los mismos; no obstante el método y las condiciones particulares de cada zona deberán estudiarse para determinar si el aumento de la infiltración cumple con los objetivos deseados.

La recarga artificial, "Es el conjunto de técnicas cuyo objetivo principal es permitir una mejor explotación de los acuíferos por aumento de sus recursos y creación de reservas mediante una intervención directa o indirecta en el ciclo natural del agua".

Las aguas que se utilizan en la recarga artificial, pueden ser: Las que escurren superficialmente, recarga inducida mediante pozos cercanos o ríos o bien los denominados nuevos recursos como, son, las aguas residuales recuperadas.

Existen tres sistemas de recarga artificial que son:

- a) Sistema de Recarga en Superficie.- Esta se realiza por los métodos de fosas, zanjas, surcos, balsas y acondicionamiento del cauce de un río.
- b) Sistema de Recarga Profunda.- Los métodos más usados son: Pozos verticales, pozos con drenes radiales y galerías de infiltración.
- c) Sistema Mixtos.- Es una combinación de recarga superficial con una profunda.

Según BOURGUE (1971) el sistema de recarga por pozos es preferente en calizas y areniscas; mientras que, el sistema mixto es recomendable en aluvión, arenas de dunas y de playas y terrenos volcánicos.

En la actualidad en diversas partes del mundo como, Florida (USA), Pennsylvania (USA), Werre (Alemania), Navarra (España), etc. ; se utilizan las aguas residuales que, previas a tratamientos correctivos primarios y secundarios, han logrado una parcial recuperación de los niveles freáticos del acuífero.- Generalmente estos trabajos se realizan en una etapa experimental como es el caso de Long (Island).

Debido a que un proyecto de recarga artificial generalmente es costoso, es recomendable hacer un proyecto piloto como fase previa a una obra general. Dentro de éste proyecto se requerirá del conocimiento de la distribución de la permeabilidad tanto vertical como horizontal; de la capacidad de infiltración; de la porosidad del medio; del espesor saturado; de la profundi-

dad del nivel freático, y de la duración de la recarga o esquema del aporte del agua.

Generalmente estos datos son obtenidos para zonas muy -- extensas por lo que, los resultados que se obtienen, deberán ser de exploración para elegir sitios adecuados donde se pretenda -- hacer la recarga.

Determinada el área o áreas, se llevarán a cabo estudios a detalle en lo que respecta a, texturas y estructura del suelo-- así como, las propiedades químicas del mismo.

De las primeras se requiere del conocimiento de:

- a) Tipo de material en la superficie, su granulometría y su continuidad o discontinuidad vertical, así como, -- intercalaciones de niveles impermeables.
- b) La porosidad y capacidad de almacenamiento del acuífero en el nivel no saturado.
- c) La determinación de barreras que impidan el movimiento horizontal.

Para las propiedades químicas se tomará en cuenta su - - turbidez y contenido de algas o bacterias, así como, las sales - que den origen a precipitados; esto se presenta en el agua que se inyecta al acuífero.

Lo anterior tiene la finalidad de contar con varias - -
zonas de posibles recargas y estar en condiciones de elegir la-
que económica, social y políticamente sea la mejor.

C A P I T U L O V I

HIDROGEOQUIMICA

- VI.1 GENERALIDADES

- VI.2 OBJETIVOS

- VI.3 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION IONICA

 - VI.3.1 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D.
 - VI.3.2 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO
 - VI.3.3. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO
 - VI.3.4 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE FLUORURO

- VI.4 CALIDAD DEL AGUA

 - VI.4.1 DIAGRAMA SCHOELLER-BERKALOFF
 - VI.4.2. DIAGRAMAS DE PIPER
 - VI.4.3. DIAGRAMA DE WILCOX

C A P I T U L O VI

HIDROGEOQUIMICA

VI.1 GENERALIDADES

El presente capítulo tiene la finalidad de evaluar, la capacidad que tiene el agua para disolver las sustancias químicas que entran en la composición de las rocas; siendo fundamentalmente por métodos gráficos, los que determinen el funcionamiento hidrogeoquímico, presente en él o los acuíferos en la zona de estudio.

Para una buena interpretación de los análisis físico-Químicos se planteó el método de trabajo, que se encuentra esquematizado en la fig. No. 6-1.

Se seleccionaron un total de 92 muestras tanto de pozos, como de norias en lugares donde se consideró fueran representativas de la zona; se aplicó el criterio de seleccionar una muestra por cada 2 ó 4 Km², previniendo las diferentes concentraciones tanto químicas, como de los mismos aprovechamientos.

A cada muestra colectada se le determinó "IN SITU" su conductividad eléctrica, pH y temperatura, siendo posteriormente enviadas a la mayor brevedad posible a los laboratorios de la Ciudad de México para su análisis.

Una vez obtenidos los resultados físico-químicos, se - -

INTERPRETACION GEOQUIMICA

METODO
DE
TRABAJO

SELECCION Y MUESTREO
DEL AGUA SUBTERRANEA.

SELECCION POR POZOS, NORIAS, GALERIAS
FILTRANTES Y MANANTIALES.

MEDICION DEL P.h. Y TEMPERATURA EN CAMPO.

OBTENCION DE LA MUESTRA DE AGUA EN BOTELLA
DE POLIETILENO DE 10 LITRO DE CAPACIDAD.

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

DETERMINACION DEL CALCIO, MAGNESIO, SODIO,
POTASIO, BICARBONATO, CLORURO, SULFATO, —
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS, SILICE, BORO,
FLUORURO, ETC.

ELABORACION DE PLANOS,
DIAGRAMAS E INTERPRETA-
CION DE LOS MISMOS.

TABLA RESUMEN.
CONFIGURACIONES.
DIAGRAMAS,
ETC.

FIG. No. 6-1

procedió a verificarlos por los métodos de aniones y cationes, y por el modificado de Anderson (1966), referente a los errores -- admisibles en por ciento según la conductividad eléctrica del -- agua (fig. No. 6-2); posteriormente se agruparon en la tabla No. VI-1.

Los análisis físico-químicos pueden tener una:

a) REPRESENTACION INDIVIDUAL

1. Gráficas columnales
2. Diagramas en coordenadas radiales
3. Diagramas de Stiff.

b) REPRESENTACION EN GRUPO:

1. Representación bidimensional del contenido de cloruros en función de los S.T.D.
2. Diagramas triangulares de Piper
3. Diagramas Schoeller Berkloff
4. Diagramas de Wilcox

Cada una de estas representaciones se usa según las necesidades de los trabajos hidrogeoquímicos; estos se irán describiendo conforme sean utilizados, los restantes podrán ser consultados en la bibliografía que se da al final de este trabajo.

HOJA DE ANALISIS

No. de muestra _____

Tipo de aprovechamiento _____ Zona _____ Lugar _____
 Muestreado _____ Fecha _____ Hora _____
 Sistema de muestreo _____ Profundidad de la toma _____ m.
 Nivel del espejo del agua _____ m. Profundidad del aprovechamiento _____ m.
 Analizó _____ Fecha _____
 Observaciones _____

Conductividad		mmhos/cm
pH		
Residuo seco a °C (6)		p.p.m.
S.T.D.		

Dureza total		p.p.m. CO ₂ Ca
Alcalinidad F		
Alcalinidad total		
Acidez F		
Acidez A.M.		
CO ₂ libre		CO ₂

Aniones	p.p.m.	e.p.m.	% e.p.m.
CO ₃ H ⁻			
CO ₃ ⁼			
SO ₄ ⁼			
Cl ⁻			
NO ₃ ⁻			
F			
Total (1)		(3)	

Cationes	p.p.m.	e.p.m.	% e.p.m.
Na ⁺			
K ⁺			
Ca ⁺⁺			
Mg ⁺⁺			
Mn ⁺⁺			
Fe			
Total (2)		(4)	

Observaciones SiO₂ _____
 $(1) + (2) - 1/2(5) - (6) =$ _____ p.p.m. $(4) - (3) =$ _____ e.p.m./l
 error = $\frac{(4) - (3)}{(4) + (3)} \times 200 =$ _____ %

Clasificación simple _____ Clasificación de Schoeller _____
 Clasificación según diagrama triangular de Piper _____
DIAGRAMAS DE STIFF



Relaciones	en e.p.m.
Na/K	
Na/Ca	
Mg/Ca	

Relaciones	en e.p.m.
SO ₄ /Cl	
Cl/CO ₃ H	
I.c h	

PROPIEDADES DETERMINADAS "IN SITU"

Conductividad _____ mmhos/cm. Turbia _____ Sabor _____
 pH _____ Olor _____ S.T.D.* _____ p.p.m.
 Temperatura _____ Color _____

* SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

VI.2 OBJETIVOS

Obtenida la información acerca del marco geológico subterráneo (geología y geofísica), la hidrología superficial y los análisis físico-químicos, se está en posibilidad de plantear los siguientes objetivos:

- a) Definir áreas de recarga.
- b) Determinar a partir de las curvas de igual concentración de iones, las zonas altamente contaminadas.
- c) Determinar la calidad del agua por medio de diagramas.

VI.3 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION IONICA

Con el fin de observar la evolución que experimentan las aguas a su paso a través de las diversas litológicas que conforman la zona de estudio, se han elaborado curvas de igual concentración iónica y líneas hidrogeoquímicas (alineamiento de los aprovechamientos con análisis químicos), graficadas en los diagramas de Schoeller - Berkaloff.

El análisis de las curvas de igual concentración iónica, es una de las formas más sencillas y objetivas de estudiar los cambios que ocurren en la calidad química del agua subterránea, al circular por las diferentes formaciones que se localizan en el subsuelo.

Para interpretar las curvas se debe de tomar en cuenta la geología regional, con el propósito de seleccionar los iones más representativos. Según lo visto en el capítulo II, el valle del Guadiana, presenta tres tipos de rocas dominantes: Riolitas, basaltos y rellenos aluviales, por lo que se tomarán en cuenta los iones, sodio, calcio, fluoruro y sólidos totales disueltos -- (S.T.D.).

Se hace notar que para fines de éste trabajo, estas iones son suficientes, más en estudios geohidrológicos donde se requiera una minuciosa determinación de la calidad química de las aguas, se deberá incluir los iones sulfatos, bicarbonatos, cloro, etc.

VI.3.1 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D.

El contenido de sólidos totales disueltos (S.T.D.) o salinidad total del agua, proporciona en primera instancia, un elemento para juzgar su calidad. Además este parámetro también nos permite definir direcciones generales de flujo subterráneo, áreas de recarga de acuíferos y cambios de permeabilidad.

Los sólidos totales provienen de la disolución de minerales que forman los suelos y las rocas, se incluyen también, constituyentes orgánicos y aguas de cristalización.

Según las normas de la O.M.S. y S.S.A., la calidad deseable es de 500 mg/l., mientras que la permisible es de 1500 mg/l. para la O.M.S. y de 1000 mg/l para la S.S.A. ; concentraciones -

mayores producen irritación gastrointestinal.

El contenido de S.T.D. obtenidos en las muestras por el laboratorio, fluctuó de 80 ppm. (pozo 261) a 900 ppm (pozo 257), para un promedio de 400 ppm., lo cual considerando las normas -- de calidad anteriores se considerará de buena calidad.

El plano No. 7, muestra dos zonas de recarga; una al -- norte, procedente de los basaltos con valores de 150 a 450 ppm.-- de S.T.D. en las inmediaciones del Aeropuerto Internacional, la segunda procede de la Sierra Madre Occidental con valores de 150 a 550 ppm. aproximadamente al centro del valle. Una tercera recarga, pero de menor importancia, es la que proviene de la sierra del registro con valores de 250 a 400 ppm.

En general se aprecia que las aguas subterráneas circulan de SW a NE y de NW a SE, para unirse al centro del valle y -- continuar su recorrido en dirección E.

VI.3.2 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO

El calcio es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, se emplea para identificar el contacto del agua con rocas calcáreas y para definir direcciones de flujo, ya que en general su concentración aumenta con la longitud de recorrido.

Este ión proviene de casi todos los tipos de roca y suelos, pero en especial de las calizas, las dolomitas y del yeso.-- Algunas salmuelas contienen grandes cantidades de calcio.

Las normas de la O.M.S. determinan que la calidad deseable debe ser de 75 mg/l, mientras que la permisible es de 200 - mg/l.

"La concentración de calcio en una agua subterránea potable normal fluctúa entre 10 y 100 ppm. Los efectos que producen estas concentraciones de calcio sobre la salud del hombre y de los animales son absolutamente insignificantes, puesto que se sabe que concentraciones de 1000 ppm. de calcio puede ser totalmente inocua para la salud". "El efecto evidente que produce la presencia del calcio en el agua es su tendencia a reaccionar con el jabón, da un precipitado llamado jabón cortado o también "Dureza del agua".

La concentración obtenida del ión calcio en las muestras, fluctuó de 2.0 ppm. (pozo 175) a 84.0 ppm (pozo 83), con un promedio de 26.0 ppm. para todo el valle, lo que hace a éste ión -- estar dentro de la calidad deseable para agua potable.

El plano No. 8 presenta curvas de igual concentración -- del ión calcio, en el cual se aprecia nuevamente que las aguas - subterráneas siguen una dirección SW-E, W-E y NW-E.

Además de que al centro del valle se concentran los máxi mos valores obtenidos, con una dirección SW-NE.

Debe de tomarse en cuenta que para una mejor calidad del agua, para consumo humano, las futuras captaciones deben emplazarse fuera del centro del valle donde los valores sean menores - a 50 ppm.; esto es, en las inmediaciones del distrito de riego -

Peña del Aguila y el poblado Quince de Septiembre donde las --
concentraciones alcanzan éste rango, ver plano.

VI.3.3 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO

El ión sodio proviene de la disolución de la mayoría de --
los suelos y rocas. Se encuentra también en salmuelas, agua de --
mar, desperdicios y drenajes.

"Las rocas ígenas y metamórficas que se encuentran en --
regiones de alta o moderada pluviosidad, tienen aguas cuyo conte --
nido en sódio puede variar de 1.0 a 20.0 ppm. Las aguas que --
contienen un total de S.T.O. del orden de 1000 a 1500 ppm. con --
tienen, por lo general, más de 100 ppm. de sodio".

Los análisis practicados a las muestras de agua, rebela --
ron concentraciones que van de 0.5 ppm. (pozo 216) a 202.0 ppm. --
(pozo 39), para un promedio de 48 ppm. en todo el valle.

El plano No. 9, presenta curvas de igual concentración --
del ión sodio, donde se aprecia que las menores concentraciones --
se tienen en las zonas de recarga, con valores que van de 5 ppm. --
a mayores de 100 ppm. al SE del Aeropuerto, entre cinco de Febr --
ro y Lázaro Cárdenas.

Nuevamente se observa que las mayores concentraciones --
siguen una tendencia SW-NE, al centro del valle, lo que hace que --
ésta zona sea menos propicia para futuras captaciones con fines --
de abastecimiento de agua potable.

VI.3.4 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE FLUORURO

El fluoruro, es uno de los iones que se consideró en -- éste renglón, por su alto contenido, obtenido en las muestras -- analizadas. Generalmente se encuentra desmineralizado, aunque en cantidades muy pequeñas, en casi todo tipo de rocas y suelos.

Concentraciones hasta de 1.5 mg/l, son beneficios; reduciendo la picadura de los dientes; el exceso de éste elemento -- por las normas establecidas, dañan el esmalte dental, originando manchas o moteado negrusco sobre éste.

Las normas de la O.M.S. establece que la calidad deseable es de 0.6 mg/l, mientras que la permisible es de 1.7 mg/l.; la S.S.A. determina que el valor permisible debe ser de 1.5 mg/l.

El plano No. 10, muestra curvas de igual concentración -- del ión fluoruro; se aprecia que las zonas menos contaminadas -- (5 ppm), se localizan al norte (arriba del poblado Hidalgo) y -- sur (próxima a la S.M.O. y S.del R.), de la zona de estudio, -- susceptibles de tomarse en cuenta para las futuras captaciones.-- Una segunda zona considerada en éste trabajo como incierta (falta de información), podría ser buena si se toma en cuenta, la -- forma y espaciado de las curvas; se encuentra localizada al NE-- E de la Ciudad de Durango, cerca de los basaltos.

La zona altamente contaminada (valores de 1.5 a 6.0 ppm) se localiza al centro del valle e inclusive abarca la mancha -- urbana de la Ciudad de Durango, lo que hace que toda ésta región sea impropia para perforar pozos con fines de abastecimiento de--

agua potable.

VI.4 CALIDAD DEL AGUA

Tomando como base los análisis de la tabla No. 6-1 y las disposiciones que marca la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en el manual de "Normas de calidad para el agua potable", se puede conocer, en cierta forma, la calidad química del agua de los diversos aprovechamientos emplazados en la zona de estudio.

Es así que el 51% del total de las muestras sobrepasaron la tolerancia permisible, para ser consideradas como agua potable; siendo la causa principal el ión fluoruro (F^-), que es un componente que posee propiedades tóxicas.

Cabe mencionar que el porcentaje antes mencionado, podría incrementarse considerablemente, a consecuencia que los resultados de los análisis realizados, no se tomaron en cuenta, -- componentes extraños como lo son: Al, Cu, Zu, Se y As, entre -- otros. De igual forma no se realizaron estudios microbiológicos, que podrían volver más crítica la calidad química del agua.

VI.4.1 DIAGRAMAS SCHOELLER - BERKALOFF

Este diagrama está formado por varios ejes paralelos ver ticales correspondientes a cada uno de los iones principales que contenga la muestra de agua analizada, estas columnas tienen una escala logarítmica; sobre el eje aritmético se anotan los radica

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS REALIZADOS A MUESTRAS DE AGUA

TABLA No.

ZONA VALDE DEL G. 2017

CANTON	VALLE	CE (M)	TEMPERATURA (°C)	PH	STD. EN PPM	ANIONES										CATIONES										MAGNITUD SISMICA	SAR		
						SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		CO ₃ ⁻²		HCO ₃ ⁻		F ⁻		NO ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Mn ⁺⁺				Fe ⁺⁺	
						PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM			PPM	PPM
14	----	240.0		7.5	216.0	11.0	0.23	8.0	0.23	0.0	0.0	134.0	2.20	0.56	0.03	9.0	0.39			16.0	0.80	17.0	1.40			0.01	0.0	6423555	3.244
4P	30.0	540.0		8.2	486.0	39.0	0.81	18.0	0.51	12.0	0.40	276.0	4.53	0.84	0.04	19.0	0.83			16.0	0.80	14.0	1.16			0.01	0.0	6423555	3.512
4P	30.0	400.0	21.0	7.8	418.0	9.0	0.19	12.0	0.34	0.0	0.0	288.0	4.72	1.26	0.07	72.0	3.13			29.0	1.45	8.0	0.66			0.01	0.0	6423555	3.099
7P	20.0	440.0		7.5	458.0	51.0	1.06	16.0	0.45	0.0	0.0	312.0	5.12	1.12	0.06	31.0	3.52			43.0	2.15	12.0	0.99			0.01	0.0	6423555	2.809
8P	18.0	400.0	21.0	7.5	473.0	13.0	0.27	12.0	0.34	0.0	0.0	327.0	5.36	1.38	0.07	76.0	3.31			35.0	1.75	11.0	0.91			0.01	0.0	6423555	2.570
10P		420.0		6.5	465.0	17.0	0.35	32.0	0.90	0.0	0.0	293.0	4.80	1.47	0.08	75.0	3.26			36.0	1.80	12.0	1.00			0.01	0.0	6423555	2.305
11P	35.0	480.0		7.4	550.0	22.0	0.46	18.0	0.51	0.0	0.0	371.0	6.08	0.98	0.05	86.0	3.74			37.0	1.85	17.0	1.40			0.01	0.0	6423555	2.934
12P		520.0		7.7	484.0	49.0	1.02	22.0	0.62	0.0	0.0	259.0	4.25	6.87	0.36	122.0	5.31			8.0	0.40	2.0	0.16			0.01	0.0	6423555	3.035
13P	50.0	1300.0		7.1	844.0	37.0	0.77	126.0	3.55	0.0	0.0	278.0	4.56	1.05	0.05	97.0	4.22			74.0	3.70	12.0	0.99			0.01	0.0	6423555	2.756
14P		520.0		7.9	476.0	13.0	0.27	20.0	0.56	0.0	0.0	254.0	4.17	4.50	0.24	100.0	4.35			8.0	0.40	3.0	0.25	0.01	0.0	1.0		6423555	2.630
17P		430.0		7.9	458.0	62.0	1.29	38.0	1.07	0.0	0.0	198.0	3.25	2.10	0.11	57.0	2.48			37.0	1.85	15.0	1.24	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.995
18P		640.0		7.6	688.0	44.0	0.91	16.0	0.45	0.0	0.0	464.0	7.61	1.40	0.07	94.0	4.09			29.0	1.45	41.0	3.39	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.629
19P		820.0		7.8	813.0	37.0	0.77	40.0	1.13	0.0	0.0	512.0	8.40	1.59	0.08	202.0	8.79			5.0	0.25	13.0	1.24	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.184
22P		420.0		7.9	477	13.0	0.27	14.0	0.39	0.0	0.0	332.0	5.44	1.19	0.06	81.0	3.52			14.0	0.70	22.0	1.82	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.130
24P		580.0		7.4	624.0	24.0	0.49	20.0	0.56	0.0	0.0	285.0	4.67	3.32	0.17	119.0	5.18			5.0	0.25	4.0	0.33	0.01	0.0	0.1		6423555	2.619
26P		380.0		7.6	426.0	41.0	0.85	12.0	0.34	0.0	0.0	200.0	3.28	2.29	0.12	64.0	2.78			19.0	0.95	9.0	0.74	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	3.024
27P		440.0		8.2	416.0	66.0	1.37	18.0	0.51	5.0	0.17	212.0	3.48	3.32	0.17	84.0	3.65			21.0	1.05	10.0	0.82	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	3.765
28P		440.0		8.1	443.0	39.0	0.81	30.0	0.85	7.0	0.23	244.0	4.00	2.08	0.11	75.0	3.26			37.0	1.85	10.0	0.82	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.816
29P		700.0		8.2	570.0	180.0	3.74	16.0	0.45	7.0	0.23	254.0	4.17	4.96	0.26	141.0	6.13			10.0	0.50	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.516
35P		420.0		7.6	410.0	76.0	1.58	12.0	0.34	0.0	0.0	217.0	3.56	2.88	0.15	53.0	2.30			32.0	1.60	19.0	1.57	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	3.551
36P		340.0		7.7	510	15.0	0.31	12.0	0.34	0.0	0.0	193.0	3.16	3.15	0.17	29.0	1.26			40.0	2.00	7.0	0.58	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.209
38P	20.0	360.0		7.6	340.0	16.0	0.33	10.0	0.28	0.0	0.0	234.0	3.84	2.92	0.15	43.0	1.87			40.0	2.00	7.0	0.58	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.846
40P		540.0		7.9	466.0	56.0	1.16	20.0	0.56	0.0	0.0	215.0	3.53	7.50	0.39	111.0	4.83			5.0	0.25	2.0	0.16	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.112
42P		320.0		7.8	312.0	37.0	0.77	12.0	0.34	0.0	0.0	176.0	2.89	3.32	0.17	40.0	1.74			32.0	1.60	8.0	0.66	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.637
46P		280.0		7.8	320.0	34.0	0.71	10.0	0.28	0.0	0.0	151.0	2.48	3.15	0.17	41.0	1.48			22.0	1.10	7.0	0.58	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.942
47P		260.0		8.2	234.0	37.0	0.77	16.0	0.45	7.0	0.23	90.0	1.48	3.32	0.17	51.0	2.22			6.0	0.30	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	3.726
49P		260.0		7.8	258.0	18.0	0.37	14.0	0.39	0.0	0.0	112.0	1.84	3.85	0.20	37.0	1.61			11.0	0.55	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.004
51P	62.0	450.0	19.0	7.8	414.0	56.0	1.16	32.0	0.90	0.0	0.0	217.0	3.56	2.80	0.15	74.0	3.22			14.0	0.70	20.0	1.65	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	2.000
53P	75.0	260.0		7.8	288.0	27.0	0.56	18.0	0.51	0.0	0.0	112.0	1.84	2.80	0.15	48.0	2.09			10.0	0.50	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	3.244
55P		290.0	20.5	7.2	260.0	14.0	0.29	8.0	0.23	0.0	0.0	105.0	1.72	0.91	0.05	18.0	0.78			19.0	0.95	6.0	0.50	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	0.936
57P	30.0	440.0	21.5	7.7	408.0	30.0	0.62	22.0	0.62	0.0	0.0	254.0	4.17	1.46	0.08	52.0	2.26			32.0	1.60	18.0	1.49			0.01	0.0	6423555	1.308
59P		590.0		7.5	468.0	31.0	0.64	36.0	1.01	0.0	0.0	276.0	4.53	1.51	0.08	36.0	1.57			84.0	4.20	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423555	1.004

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS REALIZADOS A MUESTRAS DE AGUA

ZONA VALLE DEL QUINDIA

CANTON	LOCALIDAD	CE (Metros)	TEMPERATURA EN °C	PH	STD OF ppm	ANIONES										CATIONES										CLASIFICACION	OBSERVACIONES		
						SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		CO ₃ ²⁻		HCO ₃ ⁻		F ⁻		Na ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Mn ⁺⁺				Fe ⁺⁺⁺	
						ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm			ppm	epm
34P	32.0	360.0		7.6	324	22.0	0.46	12.0	0.34	0.0	0.0	200.0	3.28	2.06	0.11	36.0	1.57			21.0	1.05	17.0	1.40	0.01	0.0	0.01	0.0	64235543	1.115
35P		320.0		7.3	338	14.0	0.29	8.0	0.23	0.0	0.0	178.0	2.92	2.94	0.15	28.0	1.22			26.0	1.30	12.0	0.99	0.01	0.0	0.01	0.0	64235542	1.132
36P		250.0		7.9	218	15.0	0.31	8.0	0.23	0.0	0.0	122.0	2.00	3.22	0.17	31.0	1.35			16.0	0.80	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	64235541	1.136
37P		380.0		7.3	314	13.0	0.27	12.0	0.34	0.0	0.0	203.0	3.33	1.33	0.07	31.0	1.35			21.0	1.05	18.0	1.49	0.01	0.0	0.01	0.0	64235540	1.138
38P		340.0		7.6	310	15.0	0.31	12.0	0.34	0.0	0.0	166.0	2.72	3.10	0.16	30.0	1.30			21.0	1.05	12.0	0.99	0.01	0.0	0.01	0.0	64235539	1.139
39P		340.0		7.5	321.0	10.0	0.21	8.0	0.23	0.0	0.0	229.0	3.76	0.62	0.03	29.0	1.26			22.0	1.10	22.0	1.82	0.01	0.0	0.01	0.0	64235538	1.143
40P		380.0		7.6	387.0	15.0	0.31	10.0	0.28	0.0	0.0	268.0	4.39	1.40	0.07	43.0	1.87			32.0	1.60	18.0	1.49	0.01	0.0	0.01	0.0	64235537	1.154
41P		360.0		7.8	327.0	10.0	0.21	10.0	0.28	0.0	0.0	234.0	3.84	0.33	0.02	35.0	1.52			24.0	1.20	19.0	1.57	0.01	0.0	0.01	0.0	64235536	1.152
42M		360.0		8.3	324.0	39.0	0.81	16.0	0.45	7.0	0.23	151.0	2.48	4.56	0.24	77.0	3.35			5.0	0.25	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	64235535	5.832
43M	4.25	380.0		7.4	455.0	14.0	0.29	16.0	0.45	0.0	0.0	312.0	5.12	0.90	0.05	61.0	2.65			32.0	1.60	19.0	1.57			0.30		64235534	2.125
44P		240.0		7.7	370.0	14.0	0.29	6.0	0.17	0.0	0.0	161.0	2.64	0.13	0.01	14.0	0.61			21.0	1.05	17.0	1.40	0.01	0.0	0.01	0.0	64235533	1.745
45P	25.0	400.0		7.6	389.0	8.0	0.17	8.0	0.23	0.0	0.0	281.0	4.61	0.31	0.02	56.0	2.44			16.0	0.80	21.0	1.73	0.01	0.0	0.01	0.0	64235532	2.163
46P	60.0	400.0		8.8	360.0	32.0	0.67	24.0	0.68	19.0	0.63	137.0	2.15	0.77	0.04	88.0	3.83			3.0	0.15	3.0	0.25	0.01	0.0	0.01	0.0	64235531	8.564
47P		340.0		7.6	310.0	19.0	0.39	18.0	0.51	7.0	0.23	271.0	4.44	1.50	0.08	93.0	4.04			8.0	0.40	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	64235530	6.687
48M				8.2	160.0	8.0	0.17	6.0	0.17	7.0	0.23	83.0	1.36	1.73	0.09	26.0	1.13			10.0	0.50	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	64235529	1.754
49P		320.0		7.3	351.0	9.0	0.19	8.0	0.23	0.0	0.0	242.0	3.97	2.27	0.12	65.0	2.83			22.0	1.10	5.0	0.41			0.30		64235528	3.257
50P		320.0		7.5	355.0	10.0	0.21	6.0	0.17	0.0	0.0	246.0	4.03	0.33	0.02	52.0	2.26			38.0	1.90	3.0	0.25	0.01	0.0	0.01	0.0	64235527	2.183
51P		320.0		7.6	397.0	9.0	0.19	4.0	0.11	0.0	0.0	222.0	3.64	0.55	0.03	26.0	1.13			43.0	2.15	8.0	0.66	0.01	0.0	0.01	0.0	64235526	0.953
52P		260.0		7.3	281.0	10.0	0.21	4.0	0.11	0.0	0.0	195.0	3.20	0.22	0.01	29.0	1.26			40.0	2.00	3.0	0.25					64235525	0.315
53P		300.0		7.6	400.0	9.0	0.19	6.0	0.17	0.0	0.0	227.0	3.72	0.47	0.02	23.0	1.00			40.0	2.00	12.0	0.99	0.01	0.0	0.01	0.0	64235524	2.787
54P				9.4	600.0	49.0	1.02	28.0	0.79	50	1.66	171.0	2.80	10.37	0.55	1430	6.22			2.0	0.10	0.0	0.0	0.01	0.0	0.01	0.0	64235523	27.817
55P		200.0		7.5	314.0	16.0	0.33	10.0	0.28	0.0	0.0	115.0	1.89	4.55	0.24	43.0	1.87			11.0	0.55	1.0	0.08	0.01	0.0	0.1		64235522	3.322
56P		260.0		7.5	245.0	11.0	0.23	10.0	0.28	0.0	0.0	159.0	2.61	4.72	0.25	49.0	2.13			13.0	0.65	4.0	0.33	0.01	0.0	0.1		64235521	3.143
57P		220.0		7.8	205.0	20.0	0.42	12.0	0.34	0.0	0.0	117.0	1.92	3.02	0.16	41.0	1.78			13.0	0.65	3.0	0.25	0.01	0.0	0.01	0.0	64235520	2.253
58P		260.0		7.8	408.0	15.0	0.31	12.0	0.34	0.0	0.0	151.0	2.48	3.20	0.17	50.0	2.17			16.0	0.80	2.0	0.16	0.01	0.0	0.01	0.0	64235519	3.132
59M		760.0		7.5	684.0	46.0	0.96	62.0	1.75	0.0	0.0	303.0	4.97	1.70	0.09	47.0	2.04			1020	5.10	6.0	0.50			0.01	0.0	54235518	1.219
60P		260.0		7.5	283.0	10.0	0.21	4.0	0.11	0.0	0.0	195.0	3.20	2.22	0.12	37.0	1.61			37.0	1.85	1.0	0.08	0.01	0.0	0.01	0.0	64235517	1.737
61P		280.0		7.5	293.0	13.0	0.27	6.0	0.17	0.0	0.0	193.0	3.16	2.95	0.15	38.0	1.65			37.0	1.85	2.0	0.16	0.01	0.0	0.01	0.0	64235516	1.246
62P		230.0		7.2	313.0	10.0	0.21	4.0	0.11	0.0	0.0	220.0	3.61	0.56	0.03	37.0	1.61			40.0	2.00	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	64235515	2.522
63P		320.0		7.6	360.0	14.0	0.29	6.0	0.17	0.0	0.0	244.0	4.00	0.42	0.02	60.0	2.61			35.0	1.75	1.0	0.08	0.01	0.0	0.01	0.0	64235514	2.722
64P		160.0		7.0	176.0	10.0	0.21	4.0	0.11	0.0	0.0	120.0	1.97	0.24	0.01	15.0	0.65			24.0	1.20	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	64235513	0.704
65P		300.0		7.0	314.0	8.0	0.17	6.0	0.17	0.0	0.0	222.0	3.64	0.33	0.02	34.0	1.48			38.0	1.90	7.0	0.58	0.01	0.0	0.01	0.0	64235512	1.322

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS REALIZADOS A MUESTRAS DE AGUA

TARLA No.

ZONA VALLE DEL GUADALQUIVIR

NÚMERO DE MUESTRA	CANTIDAD	C E MBRAS/LM	TEMPERATURA EN °C	PH	S.T.D. en PPM	ANIONES										CATIONES										CANTIDAD SUELO	S.A.S			
						SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		CO ₃ ²⁻		HCO ₃ ⁻		F ⁻		NO ³⁻		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		NH ⁴⁺				Fe ⁺⁺ & Fe ⁺⁺⁺		
						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm			ppm	ppm	ppm
211P		220.0		7.2	250.0	10.0	0.21	4.0	0.11	0.0	0.0	168.0	2.75	0.35	0.02	25.0	1.09			34.0	1.70	4.0	0.33	0.02	0.01	0.05		6423b656	1.592	C1-4
215P		260.0		7.2	285.0	12.0	0.25	14.0	0.39	0.0	0.0	193.0	3.16	0.49	0.03	9.0	0.39			40.0	2.00	17.0	1.40	0.01	0.0	0.01	0.0	6422b655	1.283	C1-4
216P		220.0		7.2	227.0	14.0	0.29	16.0	0.45	0.0	0.0	146.0	2.39	0.49	0.03	0.5	0.02			32.0	1.60	18.0	1.49	0.01	0.0	0.01	0.0	6421b655	1.916	C1-4
217P		180.0		7.3	218.0	13.0	0.27	14.0	0.39	0.0	0.0	134.0	2.20	0.52	0.03	29.0	1.26			22.0	1.10	6.0	0.50	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.489	C1-4
222P		220.0		7.6	250.0	10.0	0.21	16.0	0.45	0.0	0.0	159.0	2.61	0.80	0.04	34.0	1.48			27.0	1.35	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.578	C1-4
230P		220.0		7.3	234.0	13.0	0.27	12.0	0.34	0.0	0.0	151.0	2.48	1.32	0.07	16.0	0.70			32.0	1.60	10.0	0.82	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.636	C1-4
233P		300.0		7.6	336.0	14.0	0.29	18.0	0.51	0.0	0.0	220.0	3.61	0.83	0.04	37.0	1.61			35.0	1.75	12.0	0.99	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.375	C1-4
237P		500.0		7.5	520.0	42.0	0.87	16.0	0.45	0.0	0.0	325.0	5.33	0.28	0.01	75.0	3.26			54.0	2.70	8.0	0.66	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.515	C1-4
238P		420.0		6.8	390.0	35.0	0.73	32.0	0.90	0.0	0.0	212.0	3.48	1.81	0.62	90.0	3.91			16.0	0.80	5.0	0.41	0.01	0.0	0.20		6423b655	1.627	C1-4
240P		320.0		7.1	325.0	34.0	0.71	50.0	1.41	0.0	0.0	139.0	2.28	1.40	0.07	23.0	1.00			40.0	2.00	17.0	1.40	0.01	0.0	0.01	0.0	6421b655	1.767	C1-4
242P		380.0		7.3	355.0	12.0	0.25	18.0	0.51	0.0	0.0	239.0	3.92	0.70	0.04	15.0	0.65			56.0	2.80	14.0	1.16	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.462	C1-4
246P		280.0		7.4	289.0	19.0	0.39	16.0	0.45	0.0	0.0	178.0	2.92	3.07	0.16	36.0	1.57			35.0	1.75	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.511	C1-4
247P		240.0		7.4	259.0	13.0	0.27	14.0	0.39	0.0	0.0	161.0	2.64	3.90	0.20	48.0	2.09			21.0	1.05	2.0	0.16	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.637	C1-4
250P		200.0		7.0	219.0	15.0	0.31	28.0	0.79	0.0	0.0	115.0	1.89	2.52	0.13	22.0	0.96			36.0	1.80	2.0	0.16	0.01	0.0	0.01	0.0	6433b655	1.673	C1-4
251P		60.0		6.6	121.0	20.0	0.42	16.0	0.45	0.0	0.0	54.0	0.89	0.14	0.01	8.0	0.35			20.0	1.00	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6431a655	1.417	C1-4
252P		80.0		6.9	138.0	17.0	0.35	20.0	0.56	0.0	0.0	61.0	1.00	0.35	0.02	21.0	0.91			16.0	0.80	2.0	0.16	0.01	0.0	0.3	0.0	6433b655	1.311	C1-4
254P		120.0		7.1	169.0	19.0	0.39	16.0	0.45	0.0	0.0	85.0	1.39	2.10	0.11	29.0	1.26			20.0	1.00	0.0	0.0	0.01	0.0	0.10	0.0	6433b655	1.782	C1-4
255P		220.0		7.6	284.0	32.0	0.67	14.0	0.39	0.0	0.0	120.0	1.97	3.18	0.17	40.0	1.74			19.0	0.95	4.0	0.33	0.01	0.0	0.01	0.0	6433b655	1.775	C1-4
256P		140.0		7.3	151.0	15.0	0.31	28.0	0.79	0.0	0.0	66.0	1.08	0.22	0.01	9.0	0.39			28.0	1.40	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6431a655	1.410	C1-4
257P		180.0		7.9	904.0	14.0	0.29	32.0	0.90	0.0	0.0	129.0	2.12	0.98	0.05	35.0	1.52			28.0	1.40	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.525	C1-4
258P		280.0		8.0	318.0	12.0	0.25	16.0	0.45	0.0	0.0	217.0	3.56	1.57	0.08	20.0	0.87			28.0	1.40	24.0	1.98	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.669	C1-4
259P		320.0		8.3	307.0	18.0	0.37	24.0	0.68	10.0	0.33	190.0	3.12	2.95	0.15	8.0	0.35			32.0	1.60	29.0	2.39	0.01	0.0	0.01	0.0	6421b655	1.248	C1-4
260P		220.0		7.9	241.0	13.0	0.27	24.0	0.68	0.0	0.0	146.0	2.39	0.73	0.04	12.0	0.52			28.0	1.40	17.0	1.40	0.01	0.0	0.01	0.0	6421b655	1.439	C1-4
261P		80.0		7.2	165.0	24.0	0.50	44.0	1.24	0.0	0.0	49.0	0.80	0.30	0.02	21.0	0.91			20.0	1.00	7.0	0.59	0.01	0.0	0.01	0.0	6431a626	1.824	C1-4
262P		60.0		6.9	88.0	19.0	0.39	12.0	0.34	0.0	0.0	34.0	0.56	0.21	0.01	11.0	0.48			9.0	0.40	5.0	0.41	0.01	0.0	0.01	0.0	6433b655	1.754	C1-4
263P		160.0		7.6	173.0	14.0	0.29	12.0	0.34	0.0	0.0	100.0	1.64	0.01	0.21	24.0	1.04			19.0	0.95	3.0	0.25	0.01	0.0	0.02	0.0	6433b655	1.343	C1-4
265P		160.0		7.2	168.0	12.0	0.25	14.0	0.39	0.0	0.0	100.0	1.64	0.28	0.01	16.0	0.70			16.0	0.80	10.0	0.82	0.01	0.0	0.01	0.0	6433b655	1.778	C1-4
267P		380.0		7.3	360.0	15.0	0.31	16.0	0.45	0.0	0.0	239.0	3.92	0.62	0.03	34.0	1.48			45.0	2.25	12.0	0.99	0.01	0.0	0.01	0.0	6423b655	1.163	C2-5

les de los elementos químicos que se van a emplear, y sobre el eje semilogarítmico los miliequivalentes de estos radicales. El diagrama se obtiene al unir por medio de una línea quebrada, los valores anotados (fig. No. 6-3).

Tomando en cuenta la cantidad de hojas que se necesitan para representar los análisis, se optó por graficar tres aprovechamientos para su comprensión y los restantes se darán sus resultados en las tablas correspondientes.

Las líneas I-I' y II-II' mostradas fig. No. 6-3, observan una similar evolución química; presentando la línea I-I' un cambio de bases entre el Ca y Mg a lo largo del flujo, el análisis del pozo No. 62 sufre un aumento en la concentración del ion SO_4 atribuible éste, probablemente al paso del agua a través de un ambiente netamente oxidante. La línea II-II' indica un aumento del ion SO_4 conforme se acerca a la zona intermedia entre los poblados Cinco de Mayo y Veinte de Noviembre; este incremento coincide con el cono de abatimiento observado en el plano de curvas de igual evolución del nivel freático. Esto hace pensar que la sobreexplotación productora de éste cono, está incrementando el medio oxidante en la zona.

En la línea III-III', localizada por el poblado de Dolores Hidalgo y Antonio Castillo, se observa un cambio de bases entre el Mg por Ca, acompañado por un aumento de SO_4 . Los análisis graficados presentan una similar evolución química, no presentando claramente el cambio de Mg por Ca.

La línea IV-IV' localizada por el poblado Hidalgo, indi-

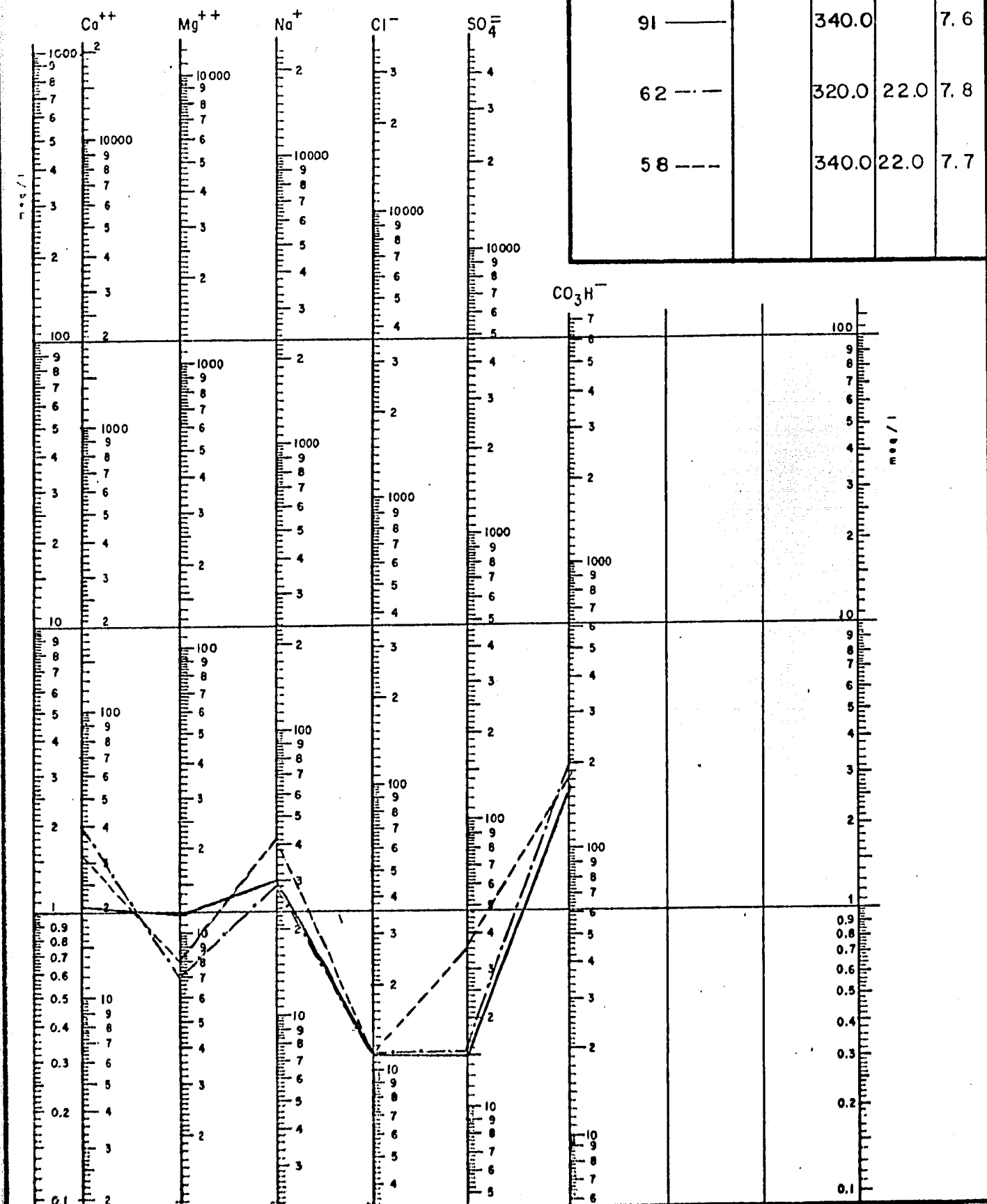
FIG. No VI-3

Diagrama de
SCHOELLER BERKALOFF

FECHA: _____
LUGAR: _____
ZONA: _____

LEYENDA

MUESTRA No.	Res. Sec. p.p.m.	C $\mu/cm.$	Temp.	P. H.
91 ———		340.0		7.6
62 - - -		320.0	22.0	7.8
58 - - -		340.0	22.0	7.7



can en forma general que se esta sucediendo una reduccion de -- sulfatos a lo largo del flujo, acompañada de un incremento de -- HCO_3 .

Las líneas V-V' y VI-VI' localizadas en la porción norte del valle del Guadiana, presentan un patrón químico diferente -- entre sí; es decir, mientras que el perfil situado a lo largo -- del flujo procedente de las mesetas de basaltos (línea VI-VI'), -- los cationes predominantes son Na y Mg, mientras que en la línea V-V' son el Na y Ca, por lo que puede interpretarse que estos -- flujos circulan por litologías diferentes entre sí.

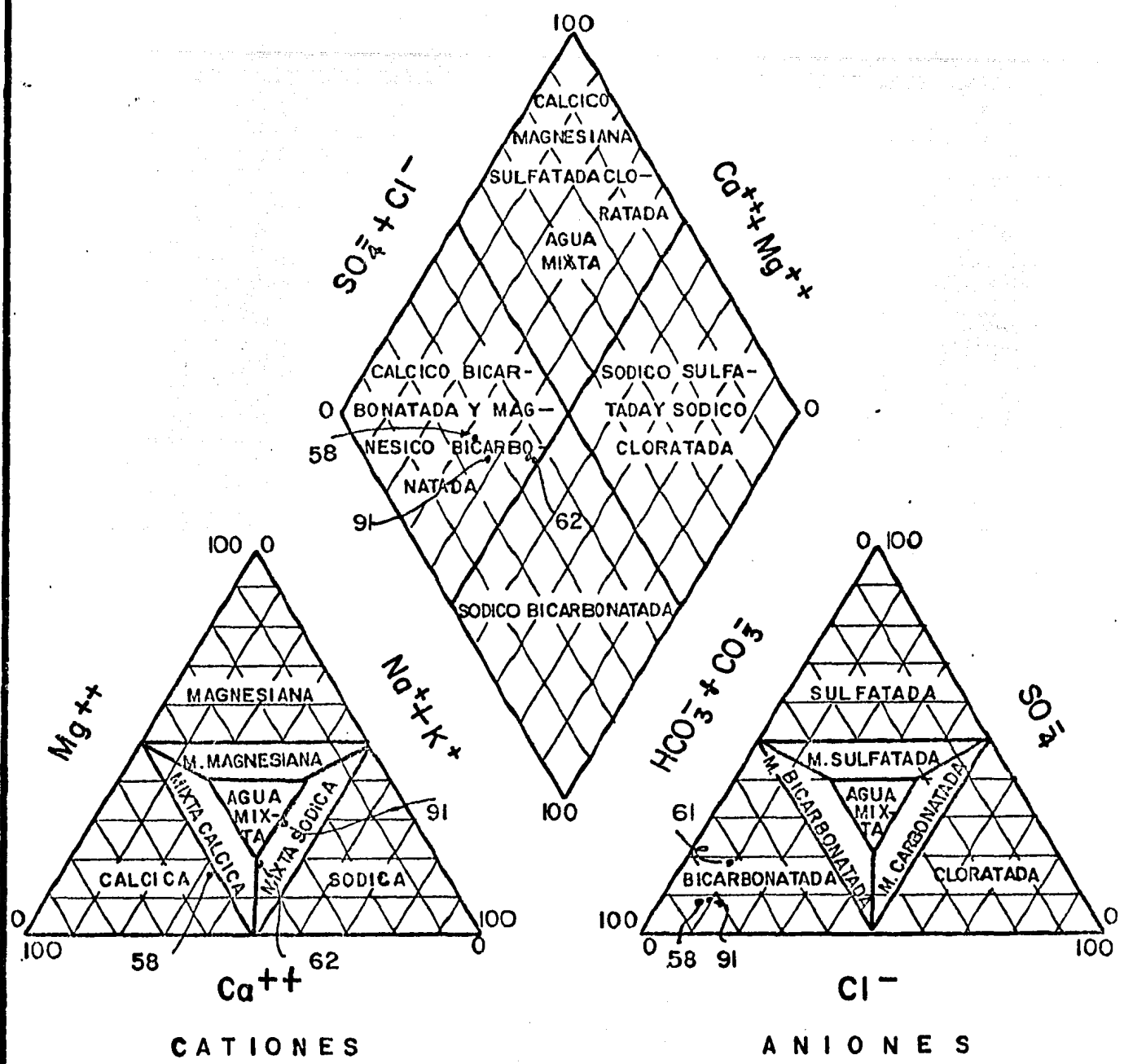
VI.4.2 DIAGRAMAS DE PIPER

Los diagramas de Piper o también llamados triangulares, -- estan formados por dos triangulos y un rombo.

El triángulo de la derecha corresponde a los cationes, -- mientras que el izquierdo a los aniones y el rombo es la combina -- ción de estos iones. (fig. No. 6-4).

Generalmente se utilizan para determinar el tipo o fami -- lia de aguas en una zona determinada.

De la tabla No. 6-3 se puede observar que, el 100% co -- rresponden a la familia de aguas bicarbonatadas - sódicas, excep -- ción del aprovechamiento No. 83 que es sulfatada sódica.



U. N. A. M.
E.N.E.P. ACATLAN
 DIAGRAMA TRIANGULAR PARA LA REPRESENTACION GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA
TESIS PROFESIONAL
 FIG. No. VI - 4

Haciendo un desglose más detallado de los análisis, se puede observar que:

- El 52% son aguas bicarbonatadas - sódicas,
- 2% son aguas bicarbonatadas - magnésicas,
- 22% son aguas bicarbonatadas - calcicas - sódicas,
- 17% son aguas bicarbonatadas - sódicas - magnésicas,
- 5% son aguas bicarbonatadas - calcicas - magnésicas,
- 2% son aguas bicarbonatadas - sódicas - sulfatadas.

De acuerdo con DAVIS^(*), las concentraciones del bicarbonato y sodio para usos domésticos comunes son de, 150 - 500 ppm. y de 100 - 300 ppm respectivamente.

Se puede apreciar en la tabla No. 6-1, que todas las muestras no rebazan la tolerancia permitida, por lo que pueden considerarse para uso doméstico, sin embargo por la presencia del ión fluoruro estas pierden esta cualidad.

TABLA No. 6-2

APROV.	CLASIFICACION PIPER	SCHOLLER
1	Bicarbonatada-magnésica	642-3b α -5b
4	Bicarbonatada-magnésica-sódica	642-3b α -6c
6	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
7	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6b
8	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
15	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
32	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6b
33	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -5b
37	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -6b
38	Bicarbonatada-sódica-magnésica	641-3b α -6a
39	Bicarbonatada-sódica	641-3b α -5a
42	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5a
44	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5a
46	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6b
47	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6b
50	Bicarbonatada-sulfatada-sódica	642-3b α -6b
55	Bicarbonatada-sódica-magnésica	642-3b α -6b
59	Bicarbonatada-cálcica-sódica	642-3b α -6e
61	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
62	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -6b
64	Bicarbonatada-cálcica-magnésica	642-3b α -6f

73	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
75	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6a
78	Bicarbonatada-sódica	643-3b α -6b
80	Bicarbonatada-cálcica-sódica	643-3b α -6e
82	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -5b
83	Sulfatada-sódica	642-3b α -4b
84	Bicarbonatada-sódica-magnésica	642-3b α -6a
87	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6b
88	Bicarbonatada-magnésica-sódica	642-3b α -5c
91	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -5b
92	Bicarbonatada-magnésica-sódica	642-3b α -5c
96	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -6b
98	Bicarbonatada-magnésica-sódica	642-3b α -5c
99	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6a
109	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -6a
108	Bicarbonatada-sódica	643-3b α -5b
107	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5b
106	Bicarbonatada-sódica	642-3b β -5a
102	Bicarbonatada-magnésica-cálcica	642-3b α -6d
105	Bicarbonatada-sódica	642-3b α -5a
100	Bicarbonatada-sódica-cálcica	642-3b α -5b

VI.4.3 DIAGRAMAS DE WILCOX

Para conocer las características químicas que presenta el agua para fines agrícolas, se hizo uso del diagrama de Wilcox, en el cual se hace intervenir su salinidad total y el índice SAR. (índice de adsorción del sodio) que se expresa mediante la fórmula:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca+Mg}}{2}} \quad (\text{Hidrología, Davis y Wiest})$$

Donde: Na, Ca y Mg están expresados en miliequivalentes/litro.

En forma general diversas publicaciones marcan un valor límite de 100 mg/l de sales, para aguas aptas para cualquier tipo de cultivo (fig. No. 6-5).

La tabla No. 6-3, muestra que todas las aguas analizadas son aptas para utilizarlas en irrigación; mientras que usando el índice SAR el 93.5% son aptas para irrigación y únicamente el 6.5% son regulares (según Porras, 1978).

Se puede apreciar que el 71.0% de los análisis están comprendidos en la clase C2-S1, que indican que las aguas poseen bajo contenido de sodio y una salinidad media pudiéndose ser aptas para irrigación en casi cualquier tipo de suelos y los cultivos deberán ser moderadamente tolerables a las sales.

DIAGRAMA WILCOX

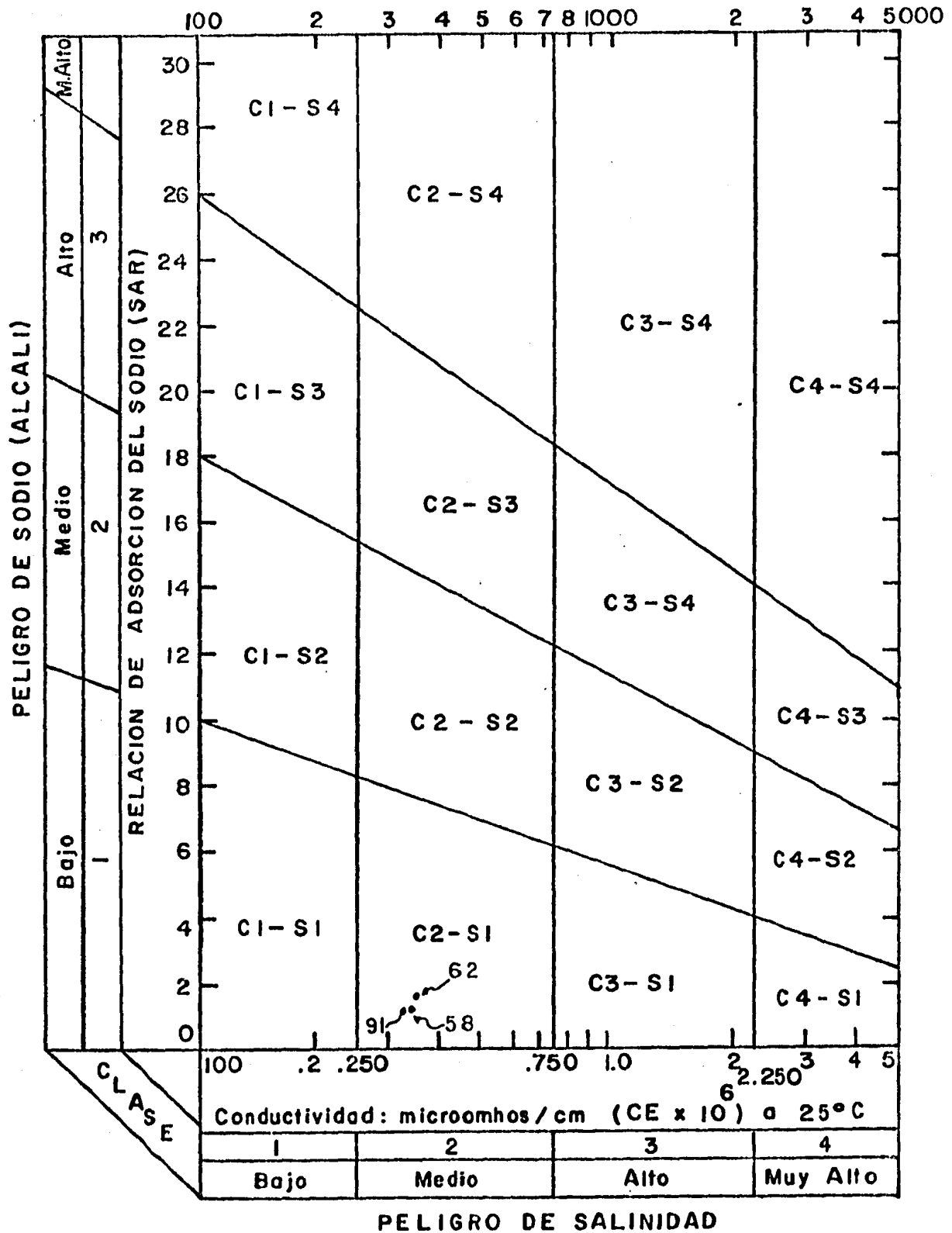


FIG. No.6-5

DATOS PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE RIEGO

NO. DEL APROVECHAMIENTO	CONDUCTIVIDAD EN MMHOS A 25°C	epm Na ⁺	epm Ca ⁺⁺	epm Mg ⁺⁺	SAR	CLASE (SEGUN DIAGRAMA)
1 M	240.00	0.39	0.80	1.40	3.244	C 1-S 1
4 P	540.00	0.83	0.80	1.16	0.838	C 2-S 1
6 P	400.00	3.13	1.45	0.66	3.099	C 2-S 1
7 P	440.00	3.52	2.15	0.99	2.809	C 2-S 1
8 P	400.00	3.31	1.75	0.91	2.870	C 2-S 1
15 P	480.00	3.74	1.85	1.40	2.934	C 2-S 1
25 P	320.00	1.22	1.30	0.99	1.140	C 2-S 1
32 P	520.00	5.31	0.40	0.16	10.035	C 2-S 1
33 P	1300.00	4.22	3.70	0.99	2.756	C 3-S 1
34-P	520.00	4.35	0.40	0.25	7.630	C 2-S 1
37 P	480.00	2.48	1.85	1.24	1.995	C 2-S 1
38 M	640.00	4.09	1.45	3.39	2.629	C 2-S 1
39 P	820.00	8.79	0.25	1.24	10.184	C 3-S 2
42 P	420.00	3.52	0.70	1.82	3.136	C 2-S 2
44 P	580.00	5.18	0.25	0.33	9.619	C 2-S 2
46 P	380.00	2.78	0.95	0.74	3.024	C 2-S 1
47 P	440.00	3.65	1.05	0.83	3.765	C 2-S 1
49 P	440.00	3.26	1.85	0.83	2.816	C 2-S 1
50 P	700.00	6.13	0.50	0.30	9.516	C 2-S 2
55 P	420.00	2.30	1.60	1.57	0.551	C 2-S 1
58 P	340.00	1.26	2.00	0.58	1.109	C 2-S 1
59 P	360.00	1.87	2.00	0.58	1.646	C 2-S 1
61 P	540.00	4.61	0.25	0.16	10.182	C 2-S 2
62 P	320.00	1.74	1.60	0.66	1.637	C 2-S 1
64 P	340.00	1.26	1.45	1.40	1.055	C 2-S 1
66 P	280.00	1.48	1.1	0.58	1.942	C 2-S 1
72 P	260.00	2.22	0.30	0.41	3.726	C 1-S 1
73 P	260.00	1.61	0.55	0.41	2.324	C 1-S 1
75 P	460.00	3.22	0.70	1.65	2.970	C 2-S 1
78 P	260.00	2.09	0.50	0.33	3.244	C 2-S 1
82 P	440.00	2.26	1.60	1.49	1.818	C 2-S 1
80 P	200.00	0.78	0.95	0.50	0.916	C 1-S 1
83 P	580.00	7.96	2.00	1.40	6.105	C 2-S 1
84 P	360.00	1.57	1.05	1.40	1.418	C 2-S 1
87 P	260.00	1.35	0.80	0.41	1.736	C 2-S 1
88 P	380.00	1.35	1.05	1.49	1.198	C 2-S 1
91 P	340.00	1.30	1.05	0.99	1.287	C 2-S 1
92 P	340.00	1.26	1.10	1.82	1.043	C 2-S 1
96 P	380.00	1.87	1.60	1.49	1.504	C 2-S 1
98 P	360.00	1.52	1.20	1.57	1.292	C 2-S 1
99 M	360.00	3.35	0.25	0.41	5.832	C 2-S 1
100 M	380.00	2.65	1.60	1.57	2.105	C 2-S 1
102 P	240.00	0.61	1.05	1.40	1.715	C 1-S 1
105 P	400.00	2.44	0.80	1.73	2.169	C 2-S 1
106 P	400.00	3.83	0.15	0.25	8.564	C 2-S 2
107 P	500.00	4.04	0.40	0.33	6.687	C 2-S 1
108 P	N . D.	1.13	0.50	0.33	1.754	
109 P		1.43	0.65	0.74	1.715	C 1-S 1

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La cuenca del valle del Guadiana es una zona eminentemente agrícola, en la cual se encuentra asentada la Ciudad de Durango. Esta debido a su alto crecimiento poblacional presenta deficiencia en el abastecimiento de agua potable, estimado en un 30% de la demanda actual; sin embargo para el año 2000 el caudal requerido será de $2.3 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Los parámetros climatológicos que prevalecen en la zona, y que son la fuente principal para la evaluación de los recursos hidráulicos son:

Precipitación media anual	=	534 mm/año
Temperatura media anual	=	17° C
Evapotranspiración potencial.	=	797.6 mm/año
Evapotranspiración Real	=	351.0 mm/año
Uso consuntivo	=	494 mm/año

Desde el punto de vista orográfico la zona comprende valles, mesetas y montañas; geológicamente los valles se encuentran formados por rellenos aluviales de material muy variado y con diferentes grados de consolidación (QaL-re), a este pertenece el valle del Guadiana además de ser, geohidrológicamente, el único acuífero de la zona. Las mesetas son formaciones basálticas denominadas grupo volcánico-clástico-silíceo (Tvs); geológicamente se les ha considerado como acuitardos (debe de tomarse en cuenta la unidad conglomerado terciario (Tcg) por encontrar-

se fracturada y casi al nivel freático, para futuras captaciones). Las montañas geológicamente pertenecen a las andesitas oligocénicas (Toa), consideradas como barreras impermeables y sin interés geohidrológico.

Hidrológicamente la cuenca del valle del Guadiana pertenece a la región hidrológica del río San Pedro, siendo esta drenada por los ríos La Saucedá, El Tunal y Santiago Bayácora, -- además del arroyo Las Vacas que en conjunto drenan una cuenca de 10,000 Km².

Cuantitativamente las entradas al sistema como escurrimiento superficial, aforadas en las estaciones hidrométricas de los ríos Tunal, La Saucedá y Santiago Bayácora respectivamente, fueron de $299.62.8 \times 10^6 \text{ m}^3$; mientras que las salidas aforadas en la estación "El Saltito" sobre el río Durango, se cuantificaron en $272.15 \times 10^6 \text{ m}^3$, lo que da como resultado una pérdida promedio de $33.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ al año equivalente a un gasto de 1.06 m³ seg., quedando estas pérdidas en las tomas a los diferentes canales, evaporaciones e infiltración.

El análisis de los hidrogramas a partir de la observación y el método de BARNES, refleja una carencia de flujo base de -- todos los ríos, principalmente al pasar por el centro del valle, demostrando su gran capacidad de infiltración.

Cuenta con dos presas de almacenamiento, tanto para -- abastecimiento de agua potable como para riego, siendo estas: La presa Peña del Aguila con capacidad de 32 millones de m³, y una área de riego de 2700 Has. con dos ciclos de cultivo y una área-

de captación de $2,610 \text{ Km}^2$. La presa Guadalupe Victoria con capacidad de 81 millones de m^3 , con una área de riego de 9000 Has. y una cuenca de captación de 1834 Km^2 .

El promedio anual de entradas que la presa, Peña del - - Aguila, tiene a través de las lluvias y aportes de otras corrientes superficiales fueron de $166,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que las salidas por tomas, evaporaciones, derrames e infiltraciones fue de $123.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$; para un promedio en su cambio de almacenamiento de $43.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, equivalente a un gasto instantaneo de $1.4 \text{ m}^3/\text{seg}$. Sin embargo los derrames consumen el 70% de las salidas ($83.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$), esto es a consecuencia del gran azolvamiento que presenta la presa.

Por otro lado, la presa Guadalupe Victoria presentó entradas por $161.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que sus salidas promedio fueron de $157.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$; por lo tanto el cambio de almacenamiento anual fue de $4.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$. Nuevamente se aprecia que -- los derrames consumen un 30% de las salidas ($49.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$).

El escurrimiento superficial calculado a partir de los datos climatológicos (36 años) fue de, $475'053,910.0 \text{ m}^3$ anuales para una cuenca de $10,000 \text{ Km}^2$.

Se realizaron 30 sondeos electricos verticales en cinco perfiles geoelectricos distribuidos a lo largo y ancho de la - - zona de estudio (sin embargo ninguno de estos fue ubicado en la región de los basaltos) para la prospección geofísica.

Para la prospección se empleó el método geoelectrico, --

utilizando arreglos geométricos de tipo "SCHLUMBERGER", cuya longitud del circuito emisor de corriente A-B, varió de 300 a 1200 m.

Por la infiltración obtenida en los diferentes perfiles-geoelectrónicos se desprende en forma general, la presencia de dos grupos de rocas: Uno superior constituido por rocas granulares y uno inferior compuesto por rocas compactas a excepción de los perfiles No. 4 y 5, en el que se detectó un domo riolítico sepultado y un intercalamiento de rocas compactas (basaltos y riolitas) separados por un paquete de depósitos aluviales antiguos.

El censo parcial obtenido, comprende 284 aprovechamientos de los cuales corresponden 255 a pozos (18 abastecen a la Ciudad de Durango), 15 a norias, 4 manantiales y 6 galerías filtrantes; de estos solo 203 son activos con un volumen de extracción de $54.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, que son principalmente aprovechados en agua potable, riego, doméstico e industrial con el 84% de la extracción.

La transmisibilidad obtenida a partir de las pruebas de bombeo varió de $0.044 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$ a $7.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$ para un promedio de $3.598 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$. De igual forma los gradientes hidráulicos variaron de 0.001 a 0.0033 en la zona NE de la Ciudad de Durango y de 0.002 a 0.0001 en la porción sur del valle.

Las curvas de igual elevación del nivel estático y las de igual evolución del nivel estático, proporcionaron el primer-objetivo de este trabajo: Las recargas, provienen según su importancia, de la Sierra Madre Occidental, de los basaltos al norte del distrito Peña del Aguila y de la sierra del registro.

Además de apreciarse dos conos de abatimiento debido a la sobre-explotación y que son congruentes, con las evoluciones negativas de la zona, siendo estas de aproximadamente - 3.5 m.

Cuantitativamente la disponibilidad de las aguas subterráneas son de regulares a buenas, como lo demuestran los balances: El meteorológico determinó un volumen infiltrado de 53×10^6 m³/año que corresponde a un 25% de la precipitación, mientras -- que el hidrológico dió como resultado un cambio de almacenamiento positivo de 114×10^6 m³/año; por el hidrogeológico, la recarga vertical que le llega al valle del Guadiana fue de, 56.5×10^6 m³/año, lo que comparado con el volumen de extracción este se encuentra prácticamente en equilibrio.

Sin embargo el plano No. 6 muestra que ese equilibrio -- solo existe en una zona; esto es, al W de la zona de estudio se presentan abatimientos fuertes, comprendiendo estos a la Ciudad de Durango y la mayor parte del distrito de riego Peña del Aguila, mientras que, al Este se encuentran las evoluciones positivas, congruente ésto por la baja densidad de los aprovechamientos, además que tentativamente la barrera del acuífero es semi-permeable (basaltos). Por lo tanto es una zona potencialmente -- aprovechable y susceptible de ser la fuente de abastecimiento de la Ciudad de Durango.

Tomando en cuenta que el cambio de almacenamiento es positivo y que la recarga fue prácticamente calculada en la zona -- de mayor explotación, se puede obtener una extracción adicional de aproximadamente 23×10^6 m³/año, equivalente a 9 pozos profundos con gasto aproximado de 80 lps. cada uno. (0.720 m³/seg. -- adicionales a la Ciudad de Durango).

En lo que respecta a la prefactibilidad de la recarga artificial, se presentaron los siguientes inconvenientes: No se tiene un control de los volúmenes desalojados al sistema de alcantarillado y la escasa información no fue proporcionada. Las características hidrodinámicas del acuífero son muy regionales por lo que no se pueden aplicar a una zona en especial y por último, según los balances, actualmente no se requiere inyectar aguas residuales por encontrarse el acuífero subexplotado, pero debe de tomarse en cuenta a futuro.

El análisis físico-químico para determinar la calidad de las aguas, así como, una comprobación más de las recargas, se concluye que: Las curvas de igual concentración iónica, presentan el mismo sistema de recarga analizado en el capítulo V, además de que la zona más contaminada, se localiza al centro del valle, con una dirección que va de SW a NE y que incluye la mancha urbana de la Ciudad de Durango.

Los diagramas utilizados para conocer la calidad química de las aguas determinaron que, más del 50% de las muestras sobrepasan la tolerancia permisible, para ser consideradas como agua potable, siendo la causa principal el ión fluoruro (F^-); por lo que respecta a la familia de aguas determinada a partir de los diagramas de PIPER (triangulares) éstas fueron clasificadas como bicarbonatadas-sódicas, sin que éstas sobrepasarán la tolerancia permisible de los iones bicarbonato y sodio. Aplicando el diagrama de WILCOX, para determinar su uso en agricultura, se comprobó que las aguas extraídas del acuífero, son aptas para irrigación, estando el 71% de las muestras comprendidas dentro de la clase C2 - S1, que indican un bajo contenido de sodio y una salinidad-media.

Por último si se considera, el ión fluoruro como el más perjudicial de los iones analizados, y se delimita la zona donde sobrepasa la tolerancia (1.5 mg/l) podemos tener una región -- susceptible de ser explotada. Esta zona coincide con la propuesta en el capítulo V.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta lo expuesto en los incisos correspondientes a las conclusiones, se considera conveniente realizar -- las siguientes recomendaciones:

a) Actualizar el censo de pozos para determinar el incremento de bombeo en la zona.

b) Realizar pruebas de bombeo con pozos de observación, -- sobretodo en la zona cercana a los basaltos.

c) Es conveniente proseguir con las observaciones piezométricas en los pozos piloto de la región, el cual dará un conocimiento más amplio del comportamiento y evolución de los acuíferos de la zona.

d) Se han recomendado dos zonas tentativas para el emplazamiento de las futuras captaciones de las aguas subterráneas, -- con el fin de aprovechar un caudal de $0.720 \text{ m}^3/\text{seg}$, para el abastecimiento de la Ciudad de Durango. (ver localización en el plano No. 10).

Cabe hacer la aclaración que las zonas fueron seleccionadas de acuerdo a lo expuesto en las conclusiones.

e) En igual forma se recomienda no incrementar el bombeo en las zonas sobre-explotadas, como son: La localizada a 10 Km -

al noroeste de la Ciudad de Durango, entre los poblados Cinco de Mayo, Navacoyan y Veinte de Noviembre, y en la misma dirección - pero 20 Km. más adelante entre el distrito Peña del Aguila y el Aeropuerto, se encuentra la segunda zona de sobre-explotada.

f) Construir pozos profundos de explotación con un mínimo de 150.0 mts. en las áreas seleccionadas, recomendando obtener muestras de las rocas atravezadas cada 2,0 mts. y la obtención de un registro eléctrico, con la finalidad de conocer mejor las características geohidrológicas de la zona y a la vez conseguir un buen diseño definitivo del pozo, programado adecuadamente los tramos de tubería ademado, incluyendo la selección del -- diámetro, así como las características del filtro de grava.

g) Evitar para consumo humano las aguas que por sus - -- análisis físico-químicos, sebrepasan la tolerancia admisible de las normas de calidad establecidas por S.A.H.O.P., principalmente aquellas con alto contenido del ión fluoruro. En igual forma - es conveniente, programar un plan de actividades concernientes - a prevenir y vigilar la alta concentración del ión fluoruro.

h) Es recomendable la realización de estudios geohidroló- gicos a mayor detalle que permita detectar zonas de basaltos - - suficientemente fracturados y con espesores potentes que permitan, reemplazar en cierta forma a los acuíferos granulares ya en explotación.

i) Como última recomendación, es la realización de un -- estudio preliminar para la recarga artificial por medio de aguas residuales o de lluvia, cercanas a la zona de recarga proceden-

tes de la Sierra Madre Occidental; alternativa que probablemente evitaría hasta en cierta forma, en un tiempo determinado, -- las altas concentraciones del ión flúor, por las mezclas de -- ambas aguas; por lo que se deberá estudiar los siguientes puntos:

1) Un estudio más detallado de los datos hidráulicos de la zona.

2) Restructuración de la red de alcantarillado para separar vertidos molestos y reunir aguas residuales de mejor calidad para su tratamiento y reutilización.

3) Definir la calidad requerida y el modo de llegar a ella.

4) Considerar el transporte y distribución, al lugar donde se pretenda inyectar.

BIBLIOGRAFIA

1. HIDROLOGIA SUBTERRANEA TOMO 1 y 2
 AUTOR: E. CUSTODIO, M.R. LLAMAS
 EDITORIAL: OMEGA, S.A.

2. HYDROLOGY
 AUTOR: OSCAR E. MEINZER
 EDITORIAL: DAVER PUBLICATIONS, INC.

3. HIDROLOGIA PRIMERA PARTE
 AUTOR: SPRINGALL G.
 EDITORIAL: FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

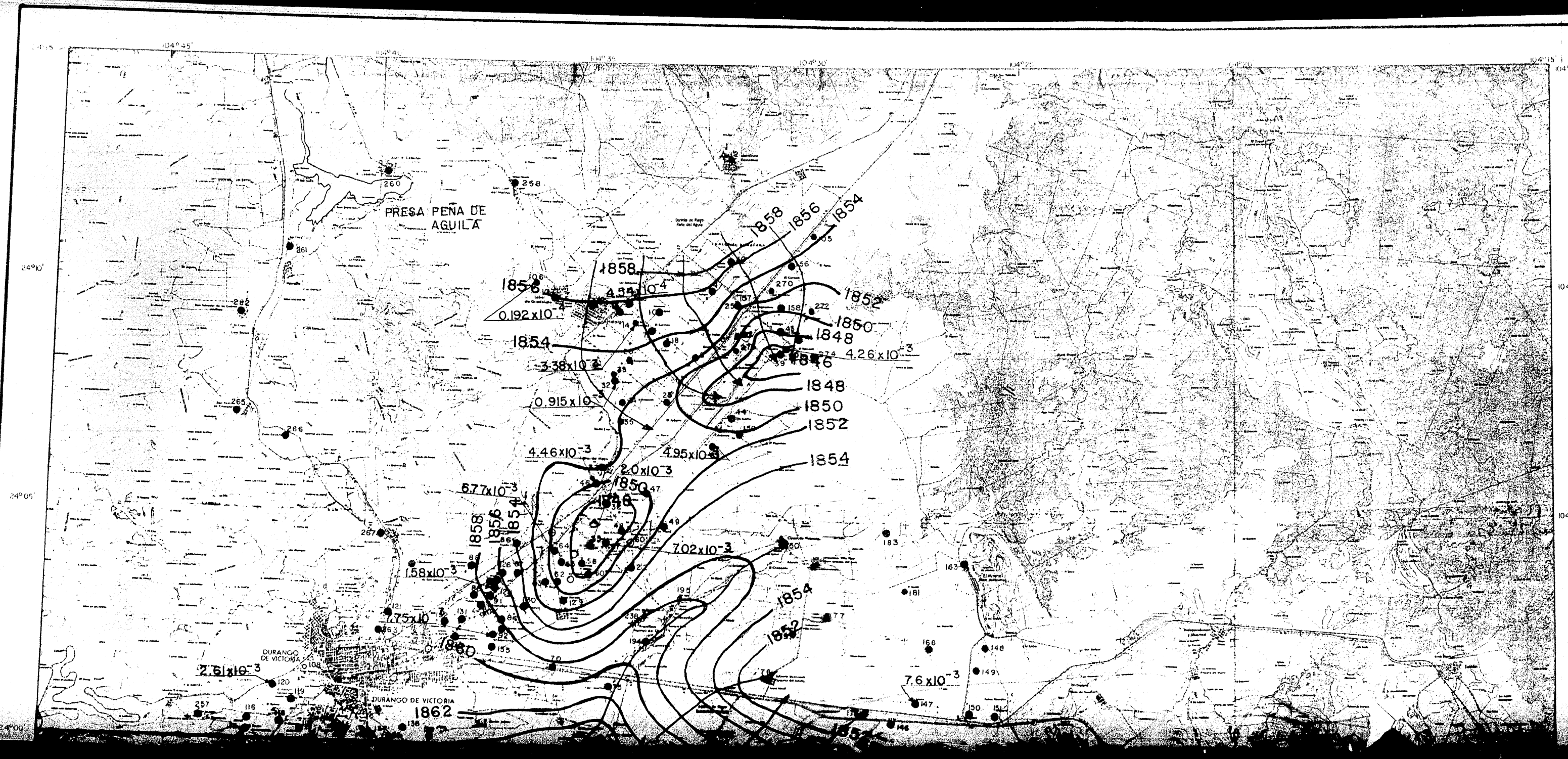
4. HIDROLOGIA PARA INGENIEROS
 AUTOR: LINSLEY, KOHLER, POULES
 EDITORIAL: Mc. GRAW HILL

5. HIDROLOGIA
 AUTOR: S.N. DAVIS., R. DE WIEST
 EDITORIAL: ARIEL

6. CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS
 AUTOR: A. BENITEZ 1963
 EDITORIAL: DOSSAT MADRID

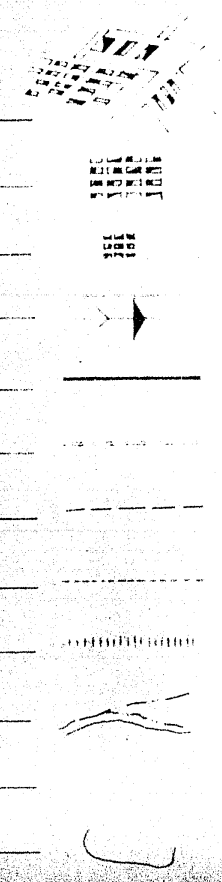
7. PRINCIPIOS DE GEOQUIMICA
AUTOR: DR. RAFAEL CENDEL VILA
EDITORIAL: OMEGA
8. GEOLOGIA FISICA
AUTOR: LONG WELLI FLINT
EDITORIAL: LIMUSA
9. TESIS, USO CONSUNTIVO DE LOS PRINCIPALES
CULTIVOS EN EL DISTRITO DE RIEGO No. 52
AUTOR: POSADAS DEL RIO C. ROGELIO TOMO I y II
EDITORIAL: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO - 1969
10. TABLAS Y CURVAS PATRON PARA SONDEOS ELEC-
TRICOS VERTICALES
AUTOR: ERNESTO ORELLANA
HAROLD M. MOONEY
EDITORIAL: INTERCIENCIA MADRID 1966
11. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION Y CALCULO DEL USO CONSUNTIVO DEL AGUA
AUTOR: SRH. D.G.D.R. MEMORANDUM TECNICO No. 290
EDITORIAL: S.R.H. MEXICO - 1971
12. FOTOGRAFIAS AEREAS ESC. 1:20,000
AUTOR: DEGETENAL (PROPORCIONADAS POR COPERLASA)

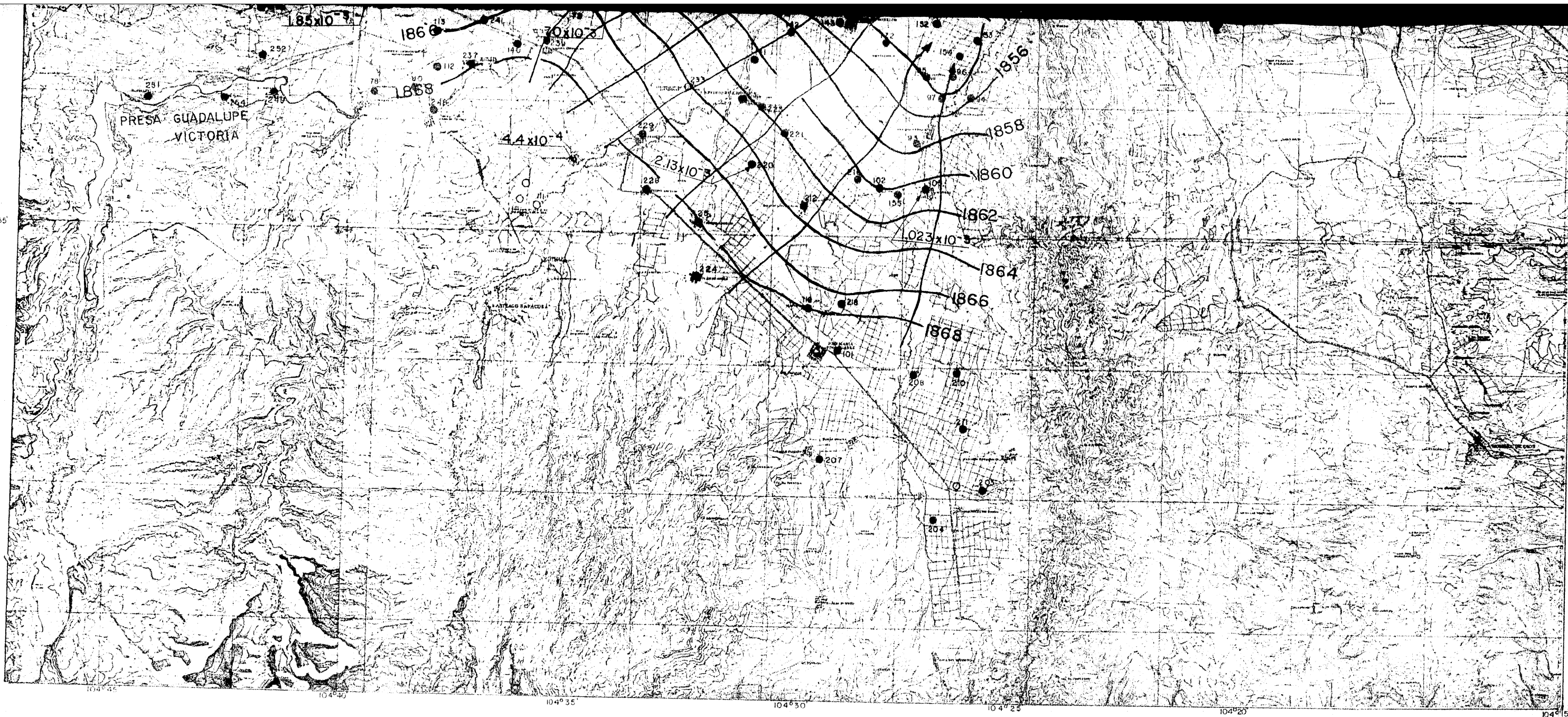
13. PLANO GEODIDROLOGICO
AUTOR: S.A.R.H.
14. CARTAS GEOLOGICAS
AUTOR: D.G.G.T.N.A.L.
15. DICCIONARIO DE GEOLOGIA Y MINERALOGIA
EDITORIAL: EDICIONES RIDDUERO
16. EXPLORACION CUANTIFICACION Y APROVECHAMIENTO
DE RECURSOS HIDRAULICOS SUBTERRANEOS
AUTOR: VARIOS
EDITORIAL: DIVISION DE EDUCACION CONTINUA UNAM
17. NORMAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE
AUTOR: S.A.H.O.P.
18. MEMORANDUM TECNICO No. 272
AUTOR: D.G.D.R. S.A.R.H.
19. CARACTERISTICAS DE DISTRITOS DE RIEGO DE LA
REGION CENTRAL - NORTE DE LA REPUBLICA MEXI
CANA. TOMO I.
AUTOR: S.A.R.H.
20. BOLETINES HIDROMETRICOS No. 30 TOMO I, II, y
III
AUTOR: S.A.R.H.



S I M B O L O G I A

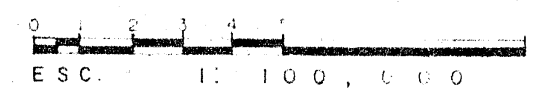
- CIUDADES _____
- POBLADO _____
- RANCHERIAS _____
- AEROPUERTO _____
- CARRETERA PAVIMENTADA _____
- TERRACERIA _____
- BRECHA _____
- VEREDA _____
- FERROCARRIL _____
- RIOS _____
- COORDENADAS _____
- CURVAS DE NIVEL _____



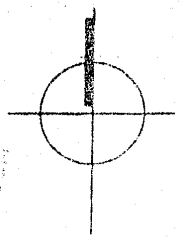
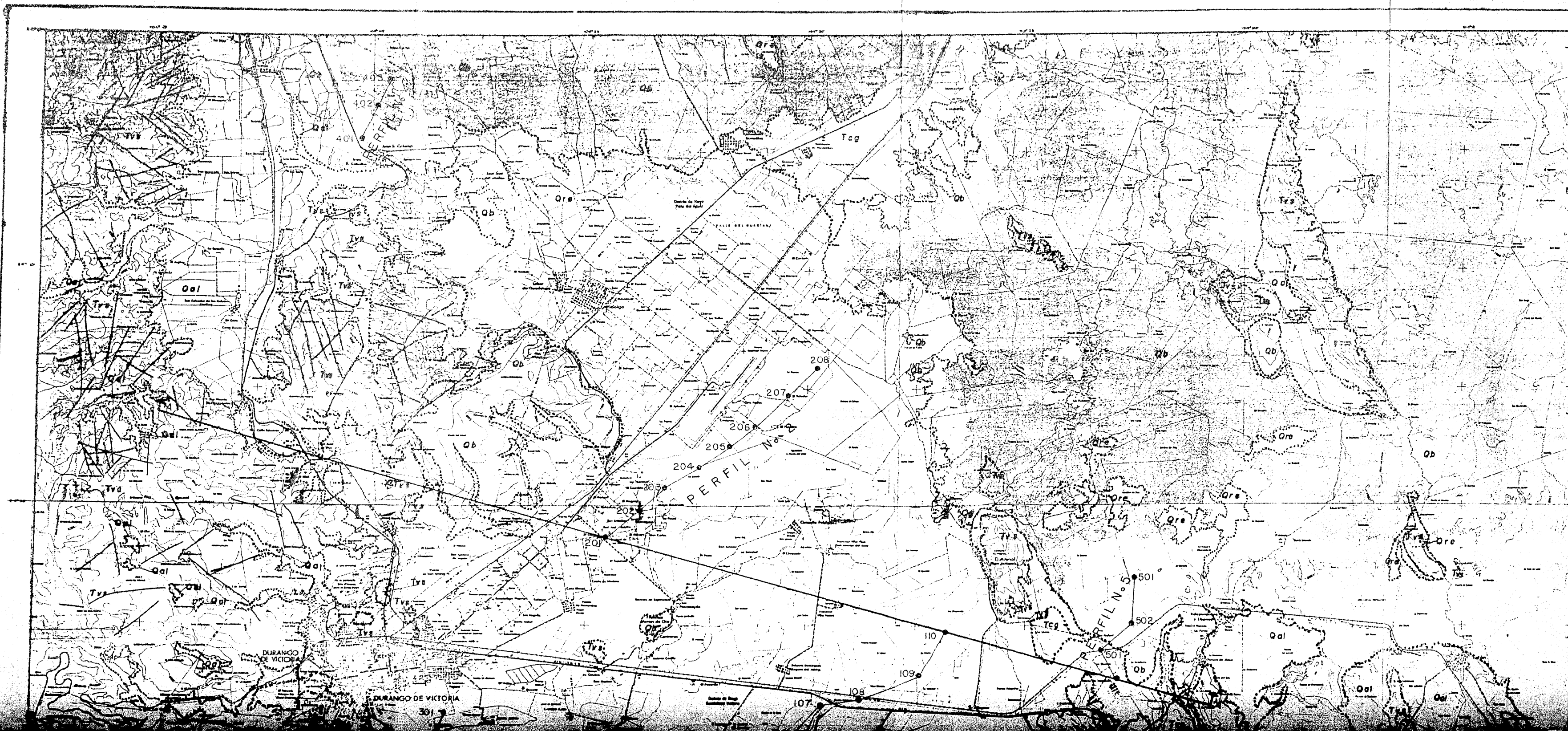


- PRESA _____
- POZO _____
- NORIA _____
- MANANTIAL _____
- CURVAS DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO, en m.s.n.m. _____ 1860
- PRUEBA DE BOMBEO (Transmisibilidad, m^2/seg). _____ 4.95×10^{-3}















NOTA: PLANO ELABORADO EN BASE A LAS CARTAS TOPOGRAFICAS EDITADAS POR LA D.E.TENAL, ESC. 1:50,000







UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E. N. E. P. "ACATLAN"	
TESIS PROFESIONAL	
CURVAS DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO-MAR.1982	
CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA	
J. M. CALDERON H.	PLANO No 5

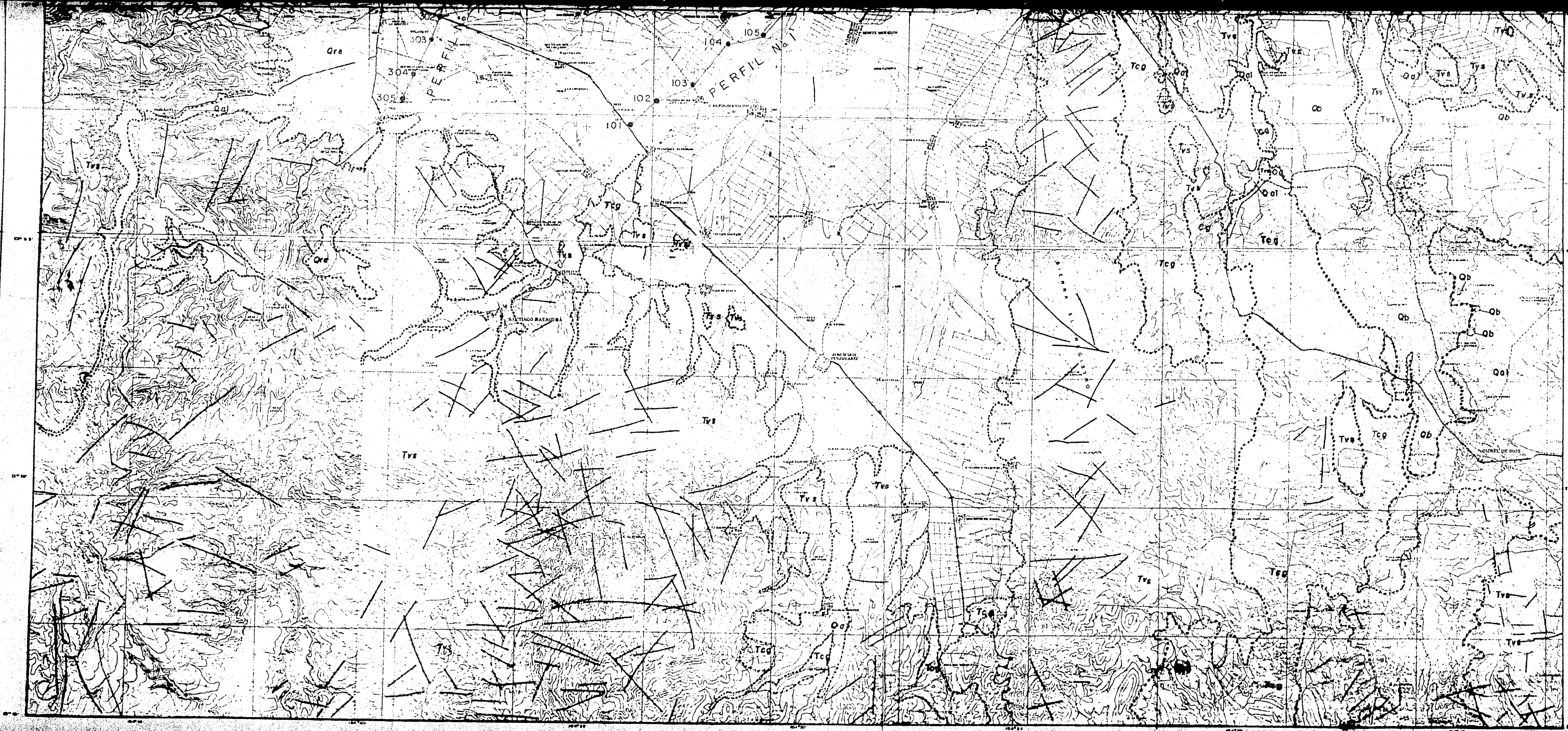


SIMBOLOGIA

- CIUDADES 
- POBLADOS 
- RANCHERIAS 
- AEROPUERTO 
- CARRERA PAVIMENTADA 
- TERRACERIA 
- MECHA 
- VIA FERROCARRIL 
- RIOS 
- ARROYOS 
- COORDENADAS 
- CURVAS DE NIVEL 
- CRUCE DE COORDENADAS 
- PRESA 

LEYENDA

-  Qal-re DEPOSITOS ALUVIALES Y ELUVIALES
-  Qb BASALTO CUATERNARIO
-  Tcg CONSOLIDADO TERCARIO
-  Tvs



CONTACTO GEOLOGICO _____

FALLA _____

FRACTURA _____

SECCION HIDROGEOLOGICA _____

LEYENDA

- UNIDADES PERMEABLES - Se indican sobre el tipo de litología, cuando se trate de areniscas, arcillas, fangos, etc. que permitan el paso de agua. Se indican con líneas discontinuas y flechas que señalan la dirección de la permeabilidad. (C.G. 1)
- UNIDADES POCO PERMEABLES - Se indican sobre el tipo de litología, cuando se trate de calizas, margas, etc. que no permitan el paso de agua. Se indican con líneas discontinuas y flechas que señalan la dirección de la impermeabilidad. (C.G. 2)
- UNIDADES IMPERMEABLES - Se indican sobre el tipo de litología, cuando se trate de granitos, gneises, etc. que no permitan el paso de agua. Se indican con líneas discontinuas y flechas que señalan la dirección de la impermeabilidad. (C.G. 3)

PERFIL GEOFISICO _____ 101 102

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO E.N.E.P. "ACATLAN"

TESIS PROFESIONAL

PLANO GEOHIDROLOGICO CON PERFILES GEOFISICOS

CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA

PERFIL N.º 1

PERFIL N.º 4

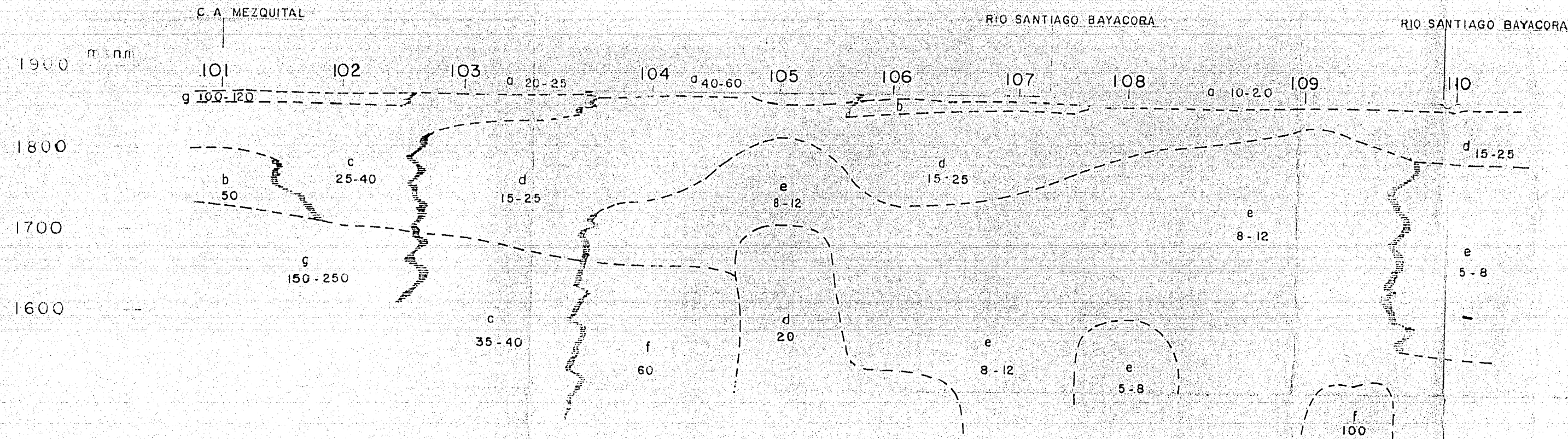


FIG. N.º IV-2

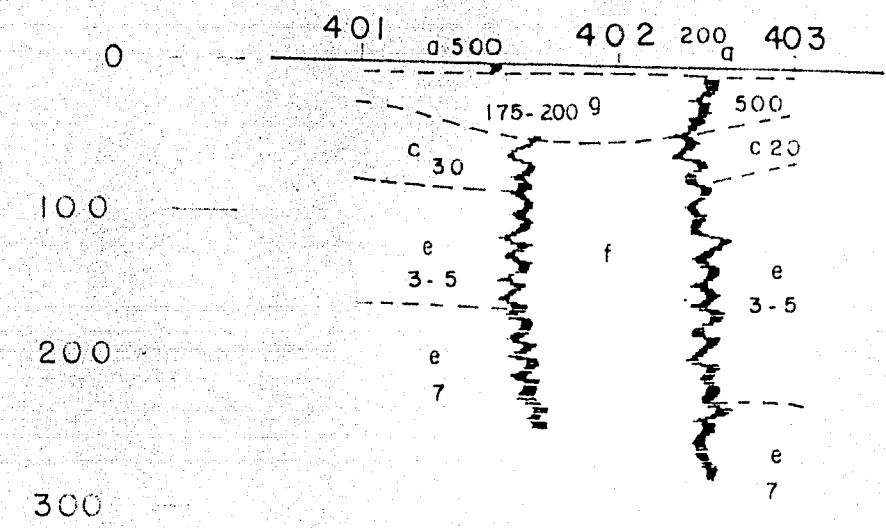
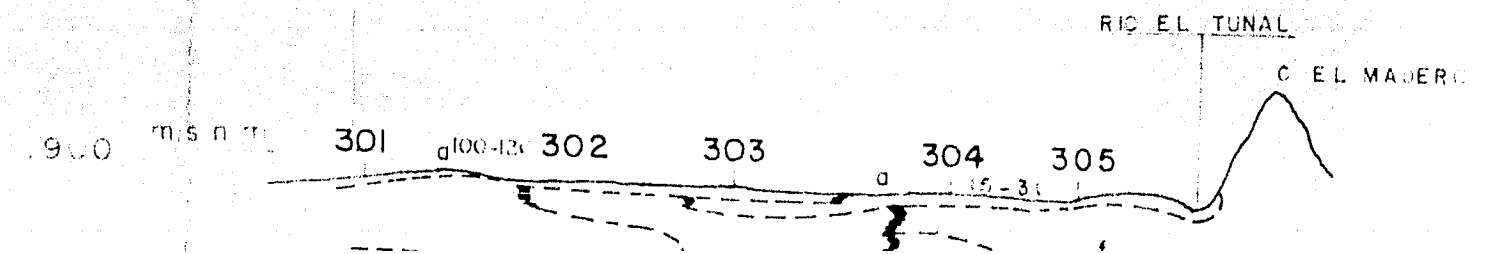
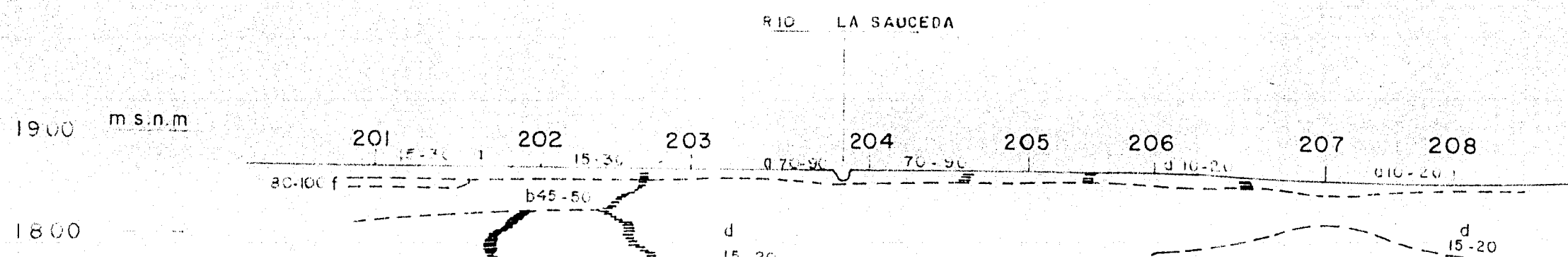


FIG. N.º IV-5

PERFIL N.º 2

PERFIL N.º 3



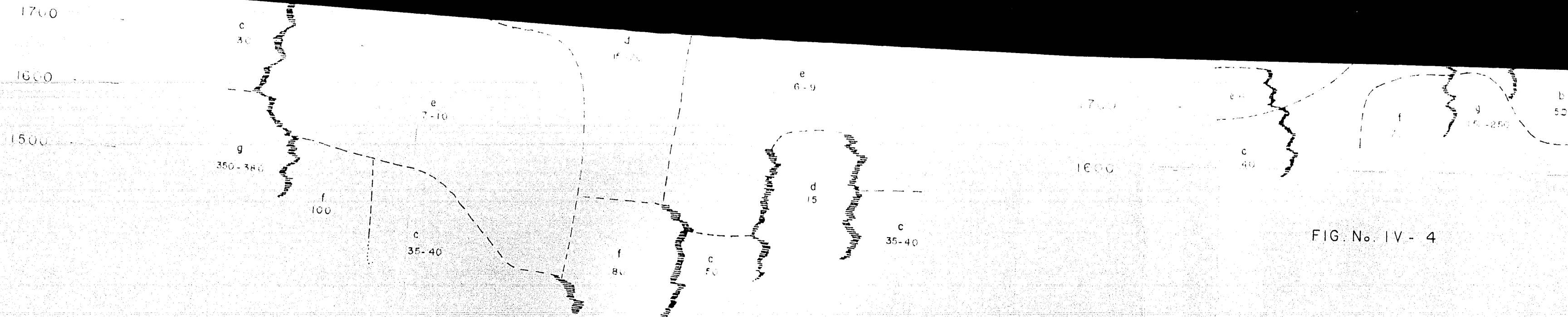


FIG. No. IV-3

FIG. No. IV-4

PERFIL No. 5

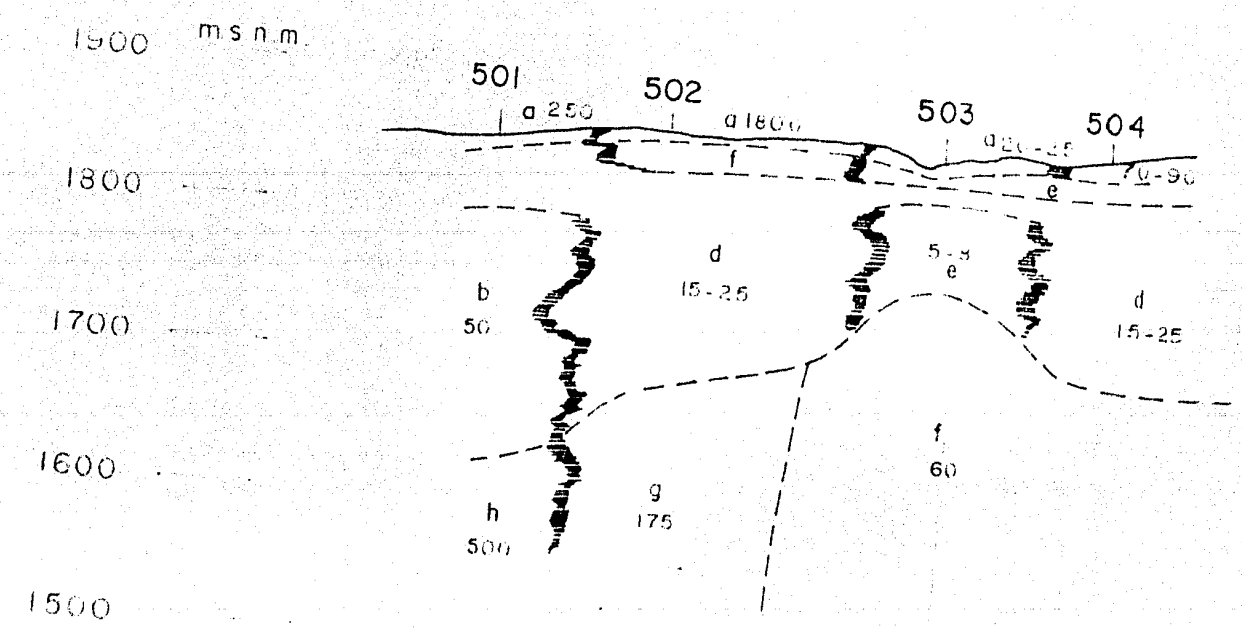


FIG. No. IV-6

EXPLICACION

- a UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 4, 6, 8-10, 15, 10-20, 15-30, 20, 20-30, 30-50, 50-40, 50, 60, 70, 70-90, 100-120, 140, 100-200, 200, 250-200, 250, 500, 1000-2000 Y 1800- Ω -m. CORRESPONDE A LA COBERTURA SUPERFICIAL DE DIFERENTE NATURALEZA Y GRADO DE COMPACTACION.
- b UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 40-60, 45-55, 50, 50-60, 70 Ω -m PUEDE CORRESPONDER A MATERIALES GRANULARES SEMICONSOLIDADOS Y/O A UNA FORMACION TOBACEA FRACTURADA. SE CONSIDERA PERMEABLE.
- c UNIDAD CON RANGOS RESISTIVOS DE 20-30, 25-40, 30-40 Y 35-40 Ω -m, PUEDE RELACIONARSE CON MATERIALES GRANULARES CONSOLIDADOS POR GRAVAS, GRAVILLAS Y ARENILLAS, PRESENTA BUENA PERMEABILIDAD.
- d LAS RESISTIVIDADES DE ESTE PAQUETE VARIA DE 10-15, 15-20, 15-25 Y 20 Ω -m, NO EXISTE IDENTIFICACION DIRECTA DE ESTA UNIDAD, SIN EMBARGO SUS RESISTIVIDADES SON INDICATIVAS DE UNA FORMACION ARENO-ARCILLOSA.
- e ESTE CONJUNTO PRESENTA RESISTIVIDADES BAJAS, DEL ORDEN DE 3-5, 5-8, 6-9, 7-10, Y 8-12 Ω -m, CORRESPONDE A UNA FORMACION CON PREDOMINIO DE FINOS DE BAJA PERMEABILIDAD.
- f UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 50, 70-80, 80-100 Y 100 Ω -m PUEDE CORRESPONDER A UNA FORMACION TOBACEA Y/O A UNA RIO-LITA FRACTURADA, ASI LO INDICA EL COMPORTAMIENTO DEL POZO EN LA COL. J. JERONIMO H.
- g UNIDAD CON VARIACIONES RESISTIVAS DEL ORDEN DE 125-175, 100-150, 175, 175-200, 150-200, 200-250, 350-380 Ω -m PUEDE RELACIONARSE CON UNA FORMACION ROCOSA CON DIFERENTES GRADOS DE FRACTURACION.
- h ESTE PAQUETE SE INTEGRAN LOS VALORES DE 400-500, 700-900, 1000 Y 1000-2000 Ω -m, INDICATIVOS DE UNA FORMACION ROCOSA E IMPERMEABLE.

SIMBOLOGIA

- PERFIL TOPOGRAFICO
- PERFIL GEOFISICO
- CONTACTO GEOFISICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E.N.E.P.	"ACATLAN"
TESIS PROFESIONAL	
P E R F I L E S	

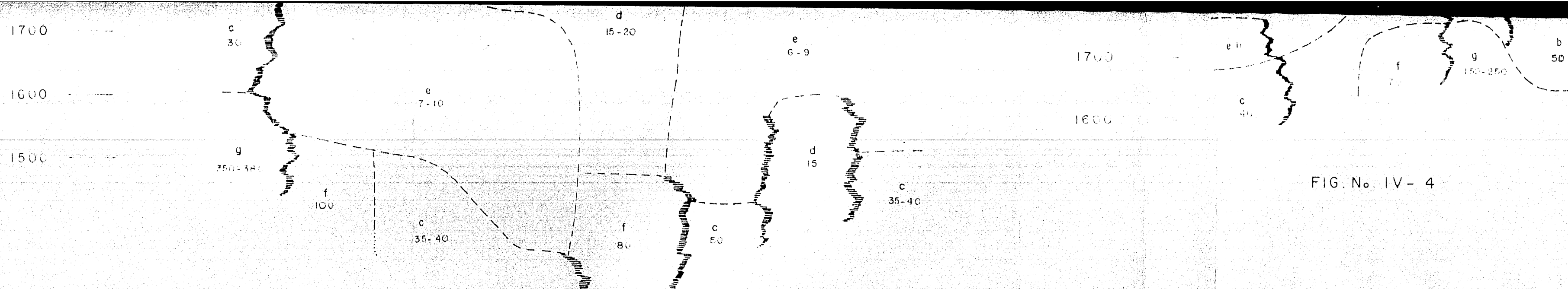


FIG. No. IV-3

FIG. No. IV-4

E X P L I C A C I O N

- a** UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 4, 6, 8-10, 10, 15, 10-20, 15-30, 20, 20-30, 30-50, 60-40, 50, 60, 70, 70-90, 100-120, 140, 100-200, 200, 250-200, 250, 500, 1000-2000 Y 1800 $\Omega \cdot m$. CORRESPONDE A LA COBERTURA SUPERFICIAL DE DIFERENTE NATURALEZA Y GRADO DE COMPACIDAD.
- b** UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 40-60, 45-50, 50, 50-60, 70 $\Omega \cdot m$ PUEDE CORRESPONDER A MATERIALES GRANULARES SEMICONSOLIDADOS Y/O A UNA FORMACION TOBACEA FRACTURADA, SE CONSIDERA PERMEABLE.
- c** UNIDAD CON RANGOS RESISTIVOS DE 20-30, 25-30, 25-40, 30-40 Y 35-40 $\Omega \cdot m$, PUEDE RELACIONARCE CON MATERIALES GRANULARES CONSTITUIDOS POR GRAVAS, GRAVILLAS Y ARENAS, PRESENTA BUENA PERMEABILIDAD.
- d** LAS RESISTIVIDADES DE ESTE PAQUETE VARIA DE 10-15, 15-20, 15-25 Y 20 $\Omega \cdot m$, NO EXISTE IDENTIFICACION DIRECTA DE ESTA UNIDAD, SIN EMBARGO SUS RESISTIVIDADES SON INDICADORAS DE UNA FORMACION ARENO-ARCILLOSA.
- e** ESTE CONJUNTO PRESENTA RESISTIVIDADES BAJAS, DEL ORDEN DE 3-5, 5-8, 6-9, 7-10, Y 8-12 $\Omega \cdot m$, CORRESPONDE A UNA FORMACION CON PREDOMINIO DE FINOS DE BAJA PERMEABILIDAD.
- f** UNIDAD CON RESISTIVIDADES DE 60, 70, 80, 70-80, 80-100 Y 100 $\Omega \cdot m$ PUEDE CORRESPONDER A UNA FORMACION TOBACEA Y/O A UNA RIOLITA FRACTURADA, ASI LO INDICA EL CORTE DEL POZO, EN LA COL. J. JERONIMO H.
- g** UNIDAD CON VARIACIONES RESISTIVAS DEL ORDEN DE 125-175, 100-150, 175, 175-200, 150-200, 200-250, 350-380 $\Omega \cdot m$ PUEDE RELACIONARSE CON UNA FORMACION ROCOSA CON DIFERENTES GRADOS DE FRACTURACION.
- h** ESTE PAQUETE SE INTEGRAN LOS VALORES DE 400-500, 700-900, 1000 Y 1000-2000 $\Omega \cdot m$, INDICATIVOS DE UNA FORMACION ROCOSA E IMPERMEABLE.

PERFIL No. 5

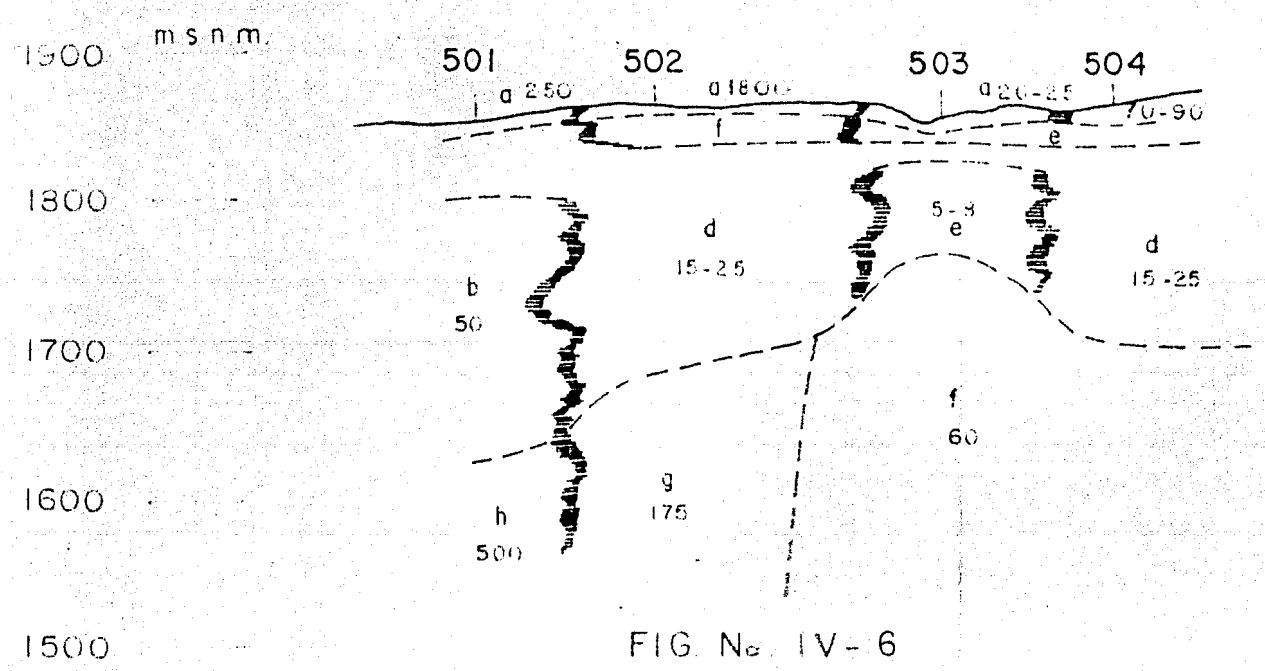
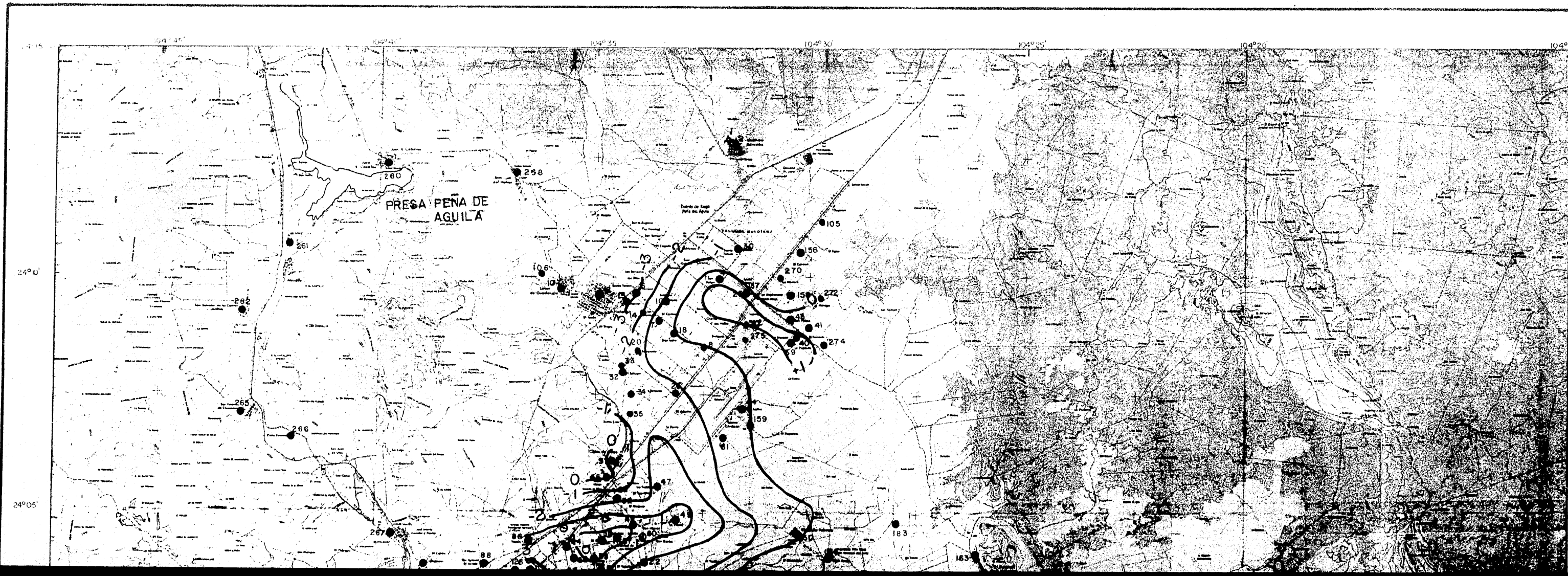


FIG. No. IV-6

S I M B O L O G I A

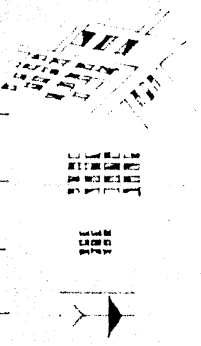
- PERFIL TOPOGRAFICO.
- PERFIL GEOFISICO.
- CONTACTO GEOFISICO.
- TRANSICION ELECTRICA.

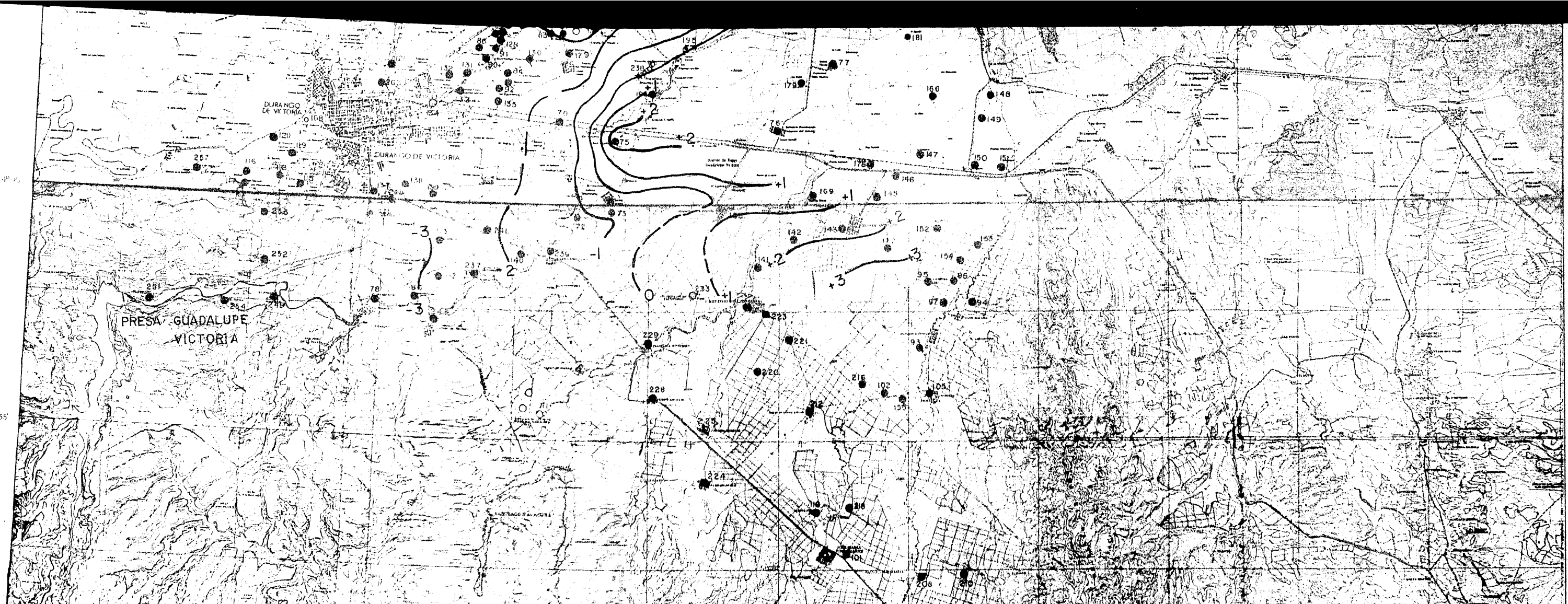
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E. N. E. P. "ACATLAN"	
TESIS PROFESIONAL	
P E R F I L E S	
CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA	



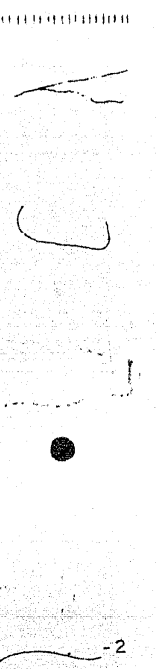
S I M B O L O G I A

- CIUDADES _____
- POBLADO _____
- RANCHERIAS _____
- AEROPUERTO _____
- CARRETERA PAVIMENTADA _____
- TERRACERIA _____
- BRECHA _____





- VEREDA _____
- FERROCARRIL _____
- RIOS _____
- COORDENADAS _____
- CURVAS DE NIVEL _____
- ARROYOS _____
- PRESA _____
- POZO _____
- NORIA _____
- MANANTIAL _____
- CURVAS DE IGUAL EVOLUCION DEL NIVEL ESTADICO, en m. _____

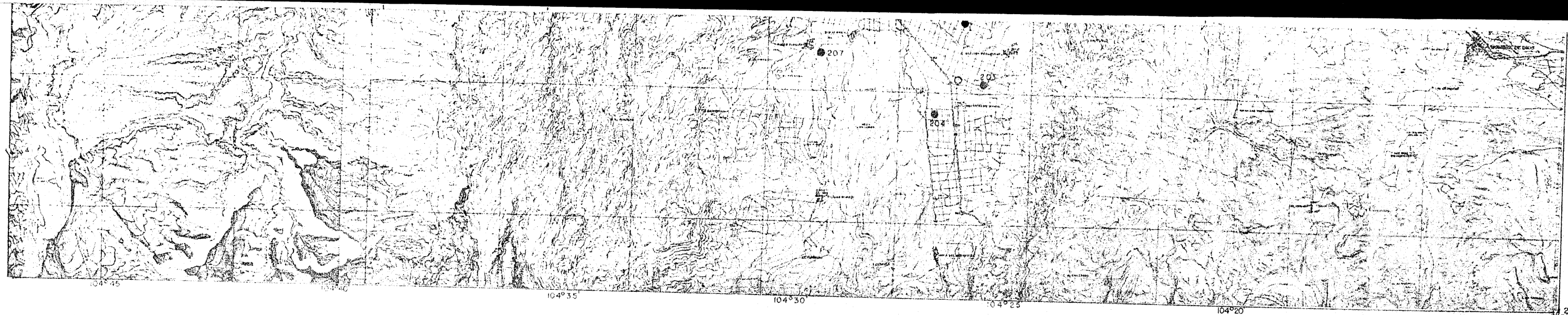


23°55'

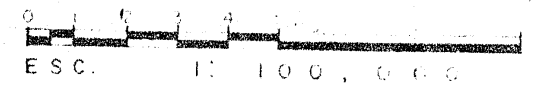
24°00'

24°00'

23°55'

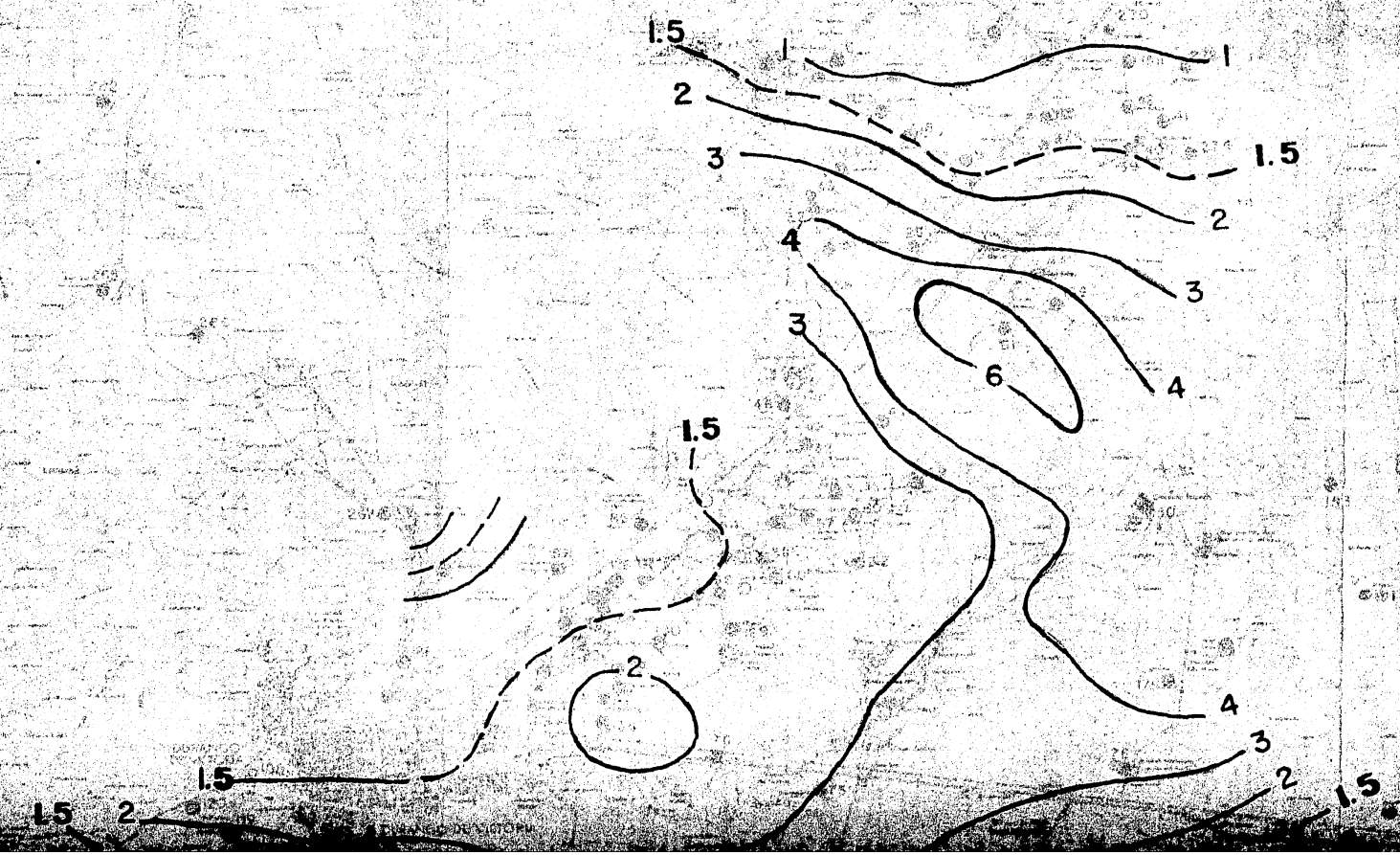


NOTA: ELABORADO EN BASE A LAS CARTAS TOPOGRAFICAS
 EDITADAS POR LA C. F. T. E. N. A. L., ESC. 1:50,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E. N. E. P. "ACATLAN"	
TESIS PROFESIONAL	
CURVAS DE IGUAL EVOLUCION DEL NIVEL ESTATICO (1980-1982)	
CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA	
J. M. CALDERON H.	P. ANO No 6

PROYECTO DE
MALLA DE



SIMBOLOGIA

- CIUDADES _____
- POBLADOS _____
- RANCHERIAS _____
- AEROPUERTO _____
- CARRETERA PAVIMENTADA _____
- TERRACERIA _____
- BRINCHA _____
- VEREDA _____
- PERIODARIO _____
- PIOC _____
- COORDENADAS _____



VARIANT: _____

CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DEL ION FLUOR, en p.p.m. _____ 1.5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
 DE MEXICO
 E. M. P. "AGUILAR"
 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION
 DEL ION FLUOR, en p.p.m.
 CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS
 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL VALLE DE
 GUADALUPE VICTORIA
 VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, QUERETARO, MEXICO
 1962

PRESA GUADALUPE
VICTORIA

8

6

5

4

5

4

CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DEL ION FLUOR , en p.p.m.

1.5

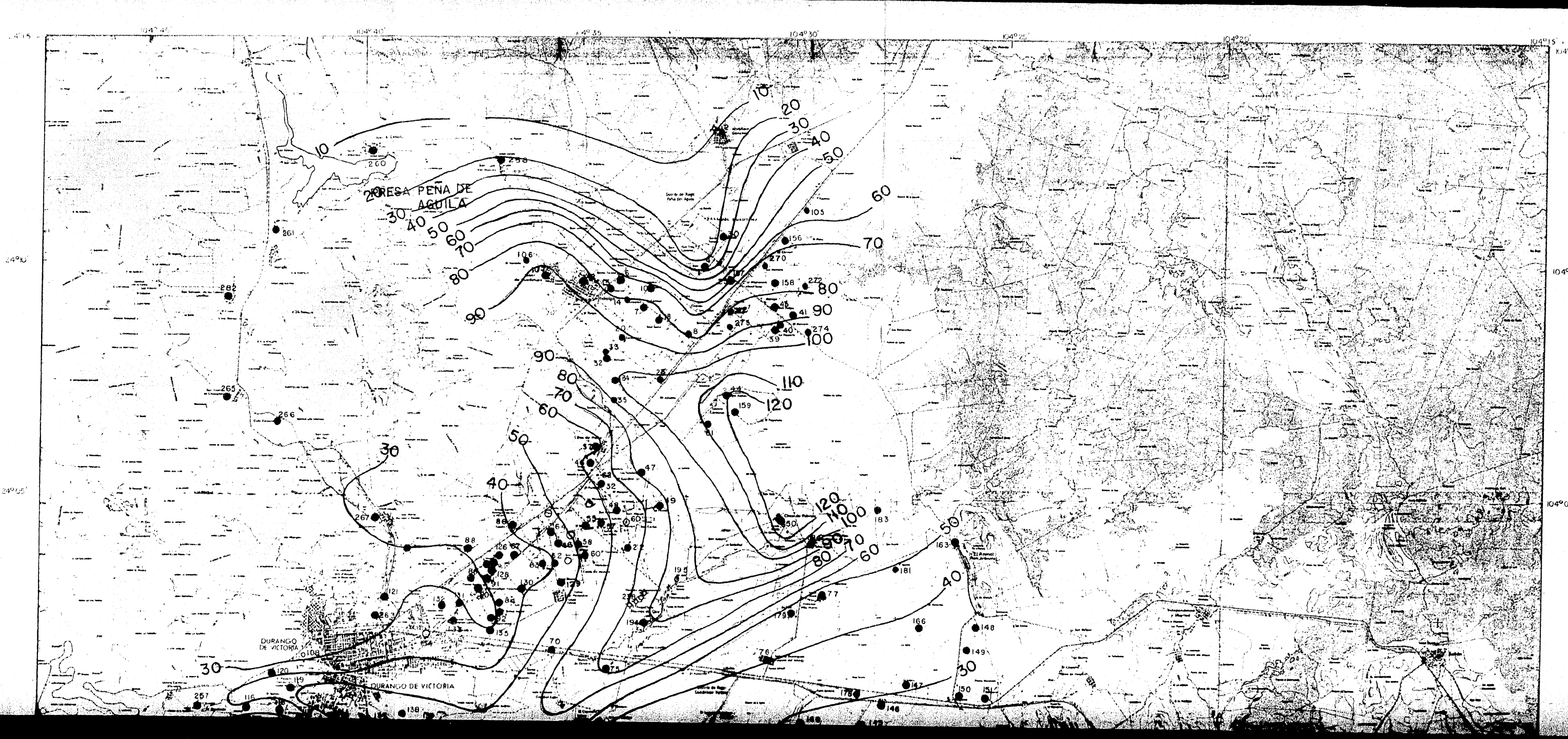
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

E. N. E. P. "ACAYULAN"


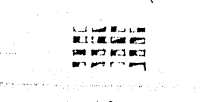


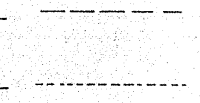
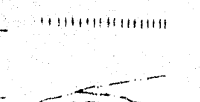




CURSOS PROFESIONALES
CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION
DEL ION FLUOR , en p.p.m.

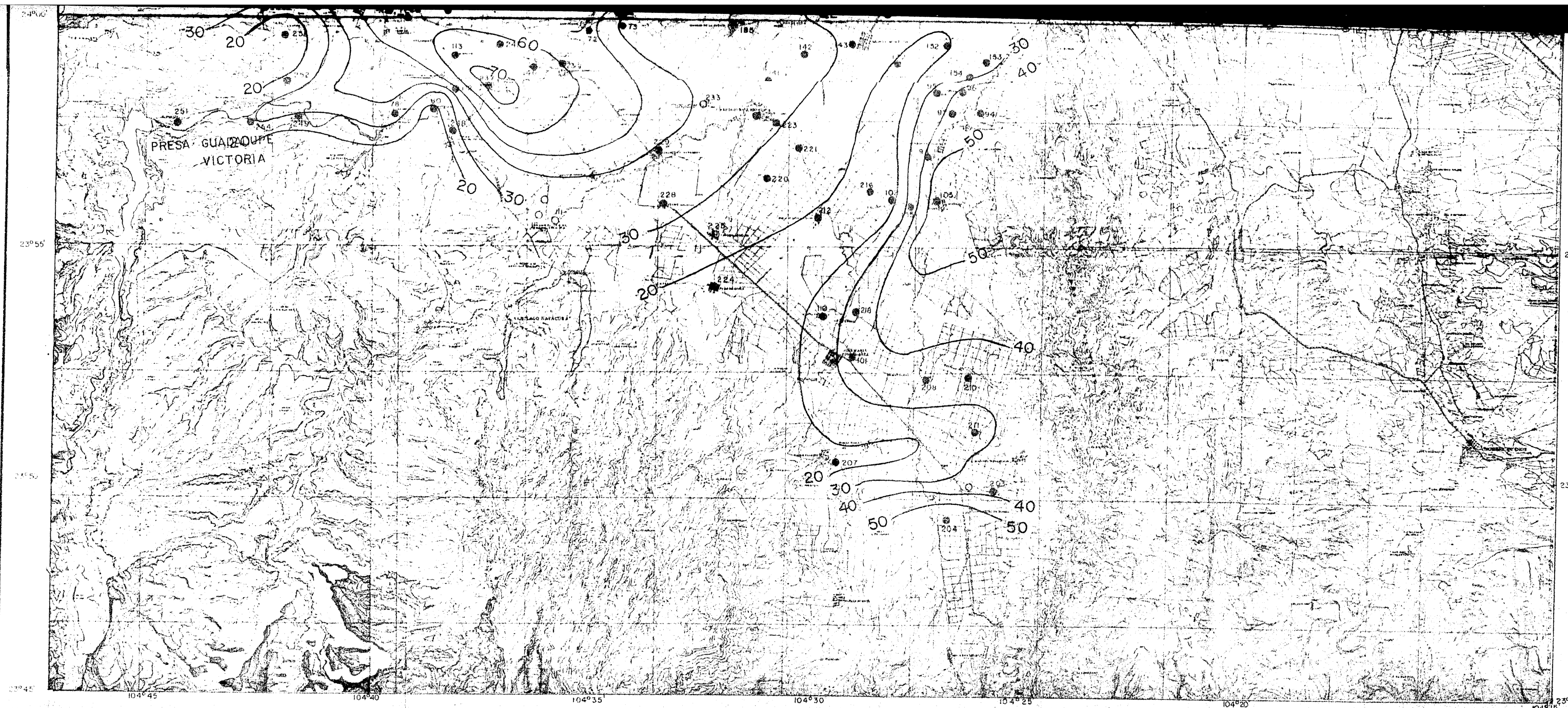
QUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS
NIVELES DE INFLUENCIA EN EL VALLE DEL
GUADALUPE

EL CALDERON



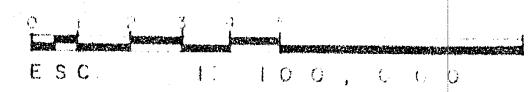
S I M B O L O G I A

- CIUDADES _____ 
- POBLADO _____ 
- RANCHERIAS _____ 
- AEROPUERTO _____ 
- CARRETERA PAVIMENTADA _____ 
- TERRACERIA _____ 
- BRECHA _____ 
- VEREDA _____ 
- FERROCARRIL _____ 
- RIOS _____ 
- COORDENADAS _____
- CURVAS DE NIVEL _____

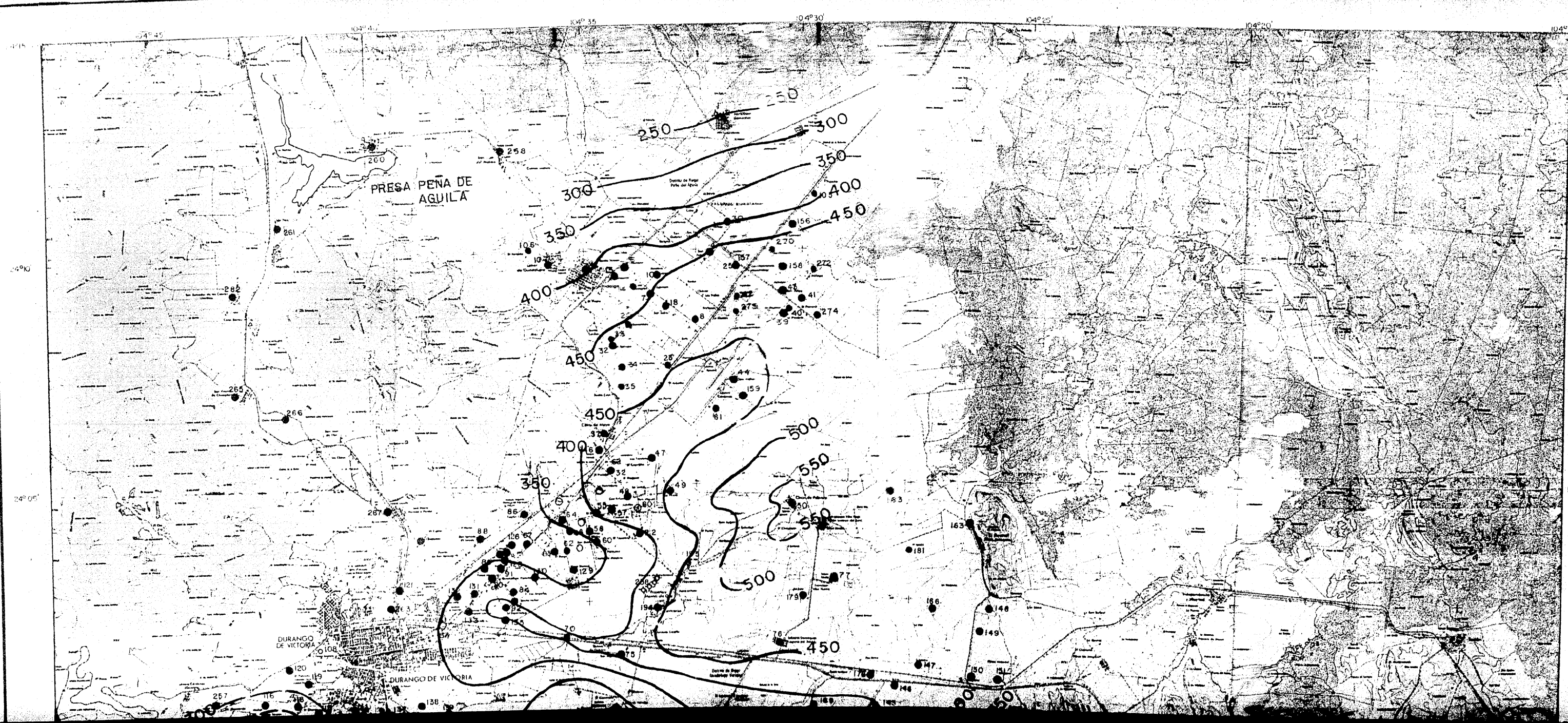


CERRITOS _____
 FLETES _____
 POZOS _____
 NORIA _____
 MANANTIAL _____
 CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DEL ION SODIO, en p.p.m. _____ 20

NOTA: PLANO ELABORADO EN BASE A LAS CARTAS TOPOGRAFICAS
 EDITADAS POR LA COMISION NACIONAL DE AGUAS

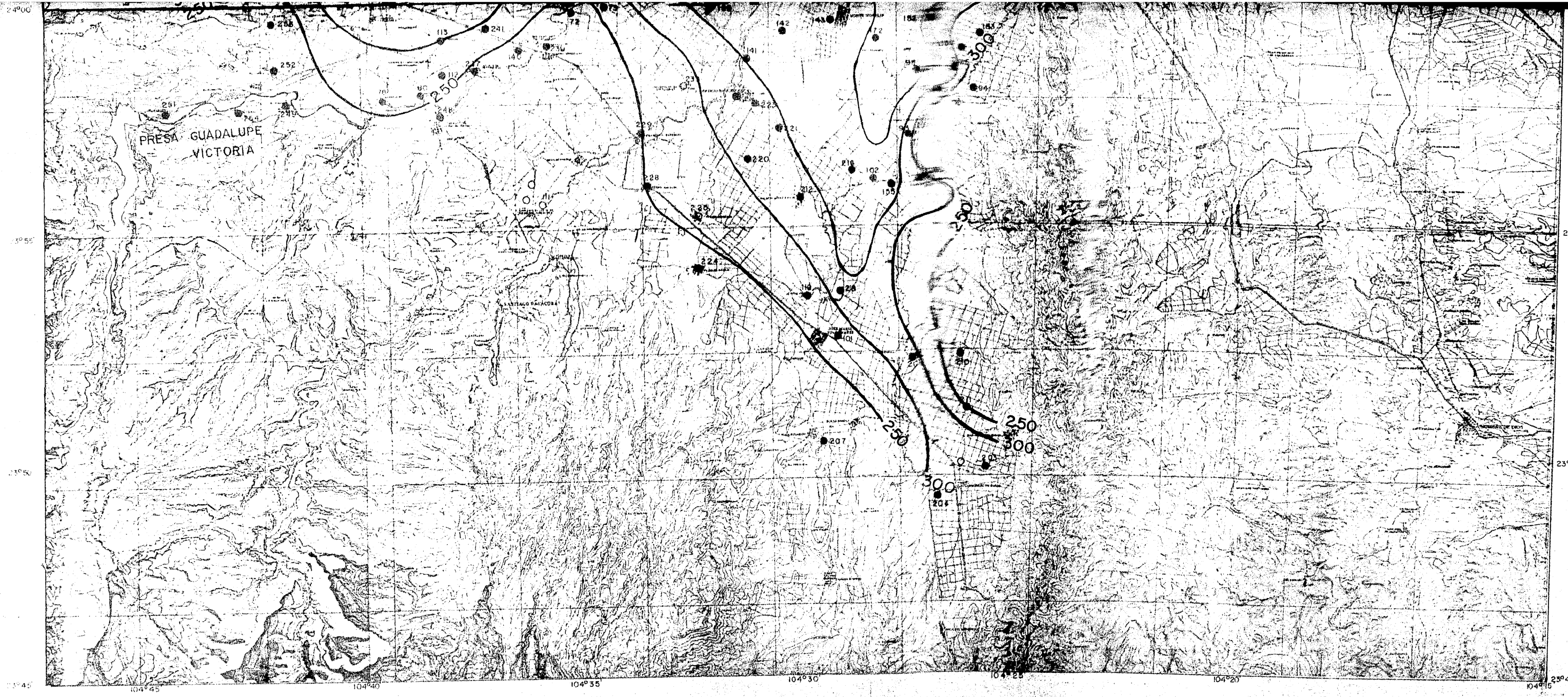


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
 DE MEXICO**
 E. N. E. P. "ACATLAN"
 TESIS PROFESIONAL
**CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION
 DEL ION SODIO, en p.p.m.**
 CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS
 RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL
 GUADALUPE VICTORIA
 M. CALDERON H.



S I M B O L O G I A

CIUDADES _____	
POBLADO _____	
RANCHERIAS _____	
AEROPUERTO _____	
CARRETERA PAVIMENTADA _____	
TERRACERIA _____	
BRECHA _____	
VEREDA _____	
FERROCARRIL _____	
RIOS _____	
COORDENADAS _____	
CURVAS DE NIVEL _____	

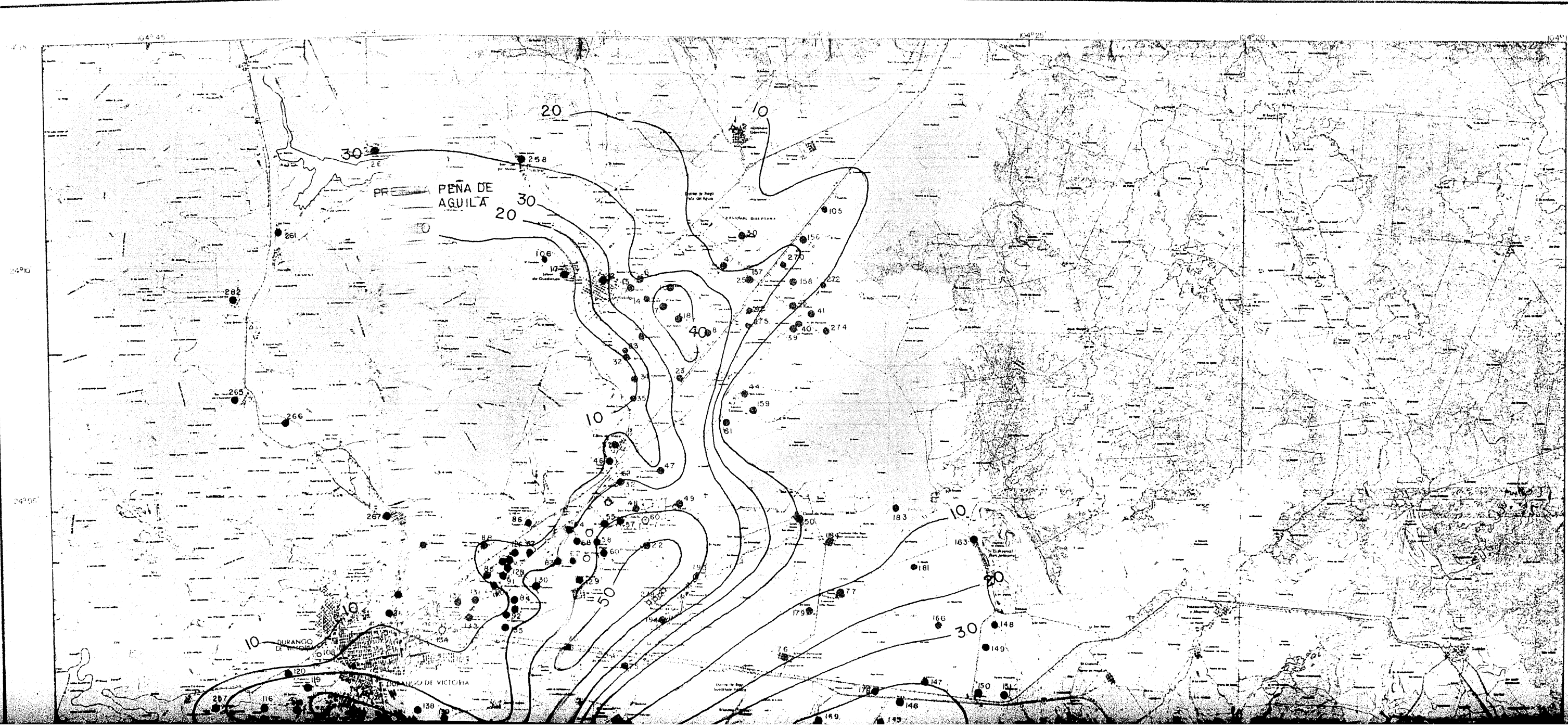


- PRESA _____
- POZO _____
- NORIA _____
- MANANTIAL _____
- CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D. en ppm. _____ 400













NOTA: PLANO ELABORADO EN BASE A LAS CARTAS TOPOGRAFICAS
 EDITADAS POR LA COMISIÓN NACIONAL DE ESTADÍSTICA

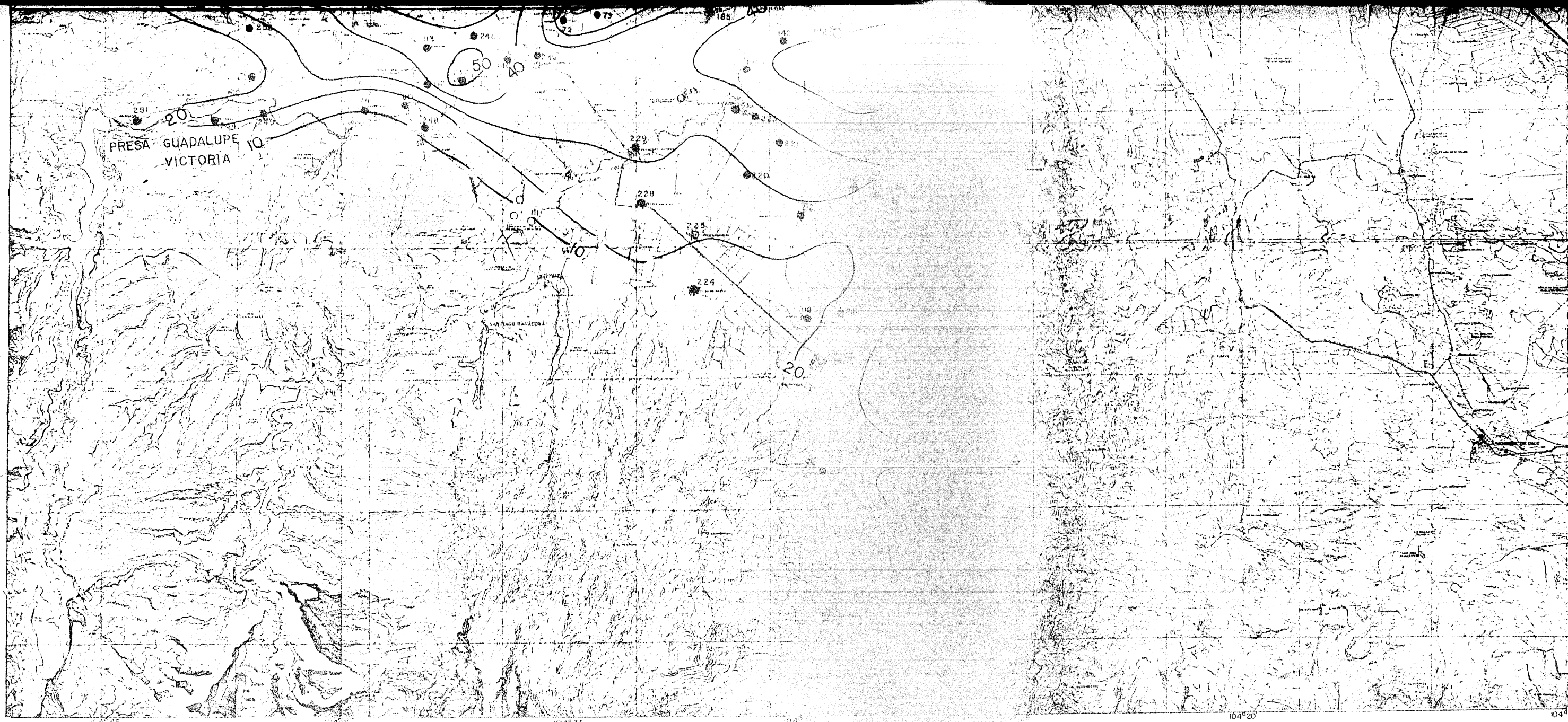


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E.N.E.P. "ACATLAN"	
TESIS PROFESIONAL	
CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D. en p.p.m.	
CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA	
J.M. CALDERON H.	PLANO No 7



SIMBOLOGIA

- CIUDADES 
- POBLADO 
- RANCHERIAS 
- AEROPUERTO 
- CARRETERA PAVIMENTADA 
- TERRACERIA 
- BRECHA 
- VEREDA 
- FERROCARRIL 
- RIOS 
- COORDENADAS 
- CURVAS DE ARROYOS 

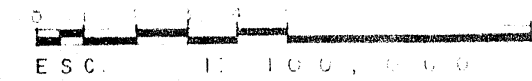


- PRESA _____
- POZO _____
- NOBIA _____
- MANANTIAL _____
- CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO , en p.p.m. _____

35

23°55'
23°50'
23°45'

NOTA: EL TERRENO SE HA ELABORADO EN BASE A LAS CARTAS TOPOGRAFICAS
ELABORADAS POR LA COMISION NACIONAL DE AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E.N.E.P. "ACATLAN"	
TESIS PROFESIONAL	
CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DEL ION CALCIO, en p.p.m.	
CUANTIFICACION Y ACTUALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN EL VALLE DEL GUADIANA	
J. M. CALDERON H.	8