

106



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE
ESTUDIOS GEOHIDROLOGICOS, APLICACION AL
VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE
CHIHUAHUA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
CARLOS PEREZ GONZALEZ

292254

MEXICO, D.F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/063/01

ING. MIGUEL ANGEL FLORES LIRA
Presente.

El señor **CARLOS PEREZ GONZALEZ** de la carrera de **INGENIERO CIVIL**, me ha solicitado designar al profesor que le señale Tema de Tesis para su Examen Profesional.

En atención a esa solicitud ruego a usted se sirva formular el Tema solicitado y enviarlo a esta Dirección para comunicarlo oficialmente al interesado.

Doy a usted de antemano las más cumplidas gracias por su atención y le reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 26 de marzo de 2001
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP*mstg

ESTE TRABAJO ESTA DEDICADO A LAS SIGUIENTES PERSONAS:

A LA MEMORIA DE LIBRADO, QUIEN EN EL BREVE TIEMPO COMPARTIDO CON ÉL DEJÓ HUELLA IMBORRABLE DE PENSAMIENTOS Y SENTIMIENTOS.

A SARA Y FRANCISCO, LA PAREJA QUE SUPO INCULCARMEL OS PRIMEROS CONOCIMIENTOS Y SEMBRÓ LAS ASPIRACIONES QUE HOY CULMINAN.

A BEATRIZ ELENA Y CARLOS, COMO UN LEGADO DE LO QUE APRENDÍ A HACER, SIEMPRE CON LA ESPERANZA DE QUE LO PUEDAN APRECIAR Y MEJORAR.

A ELENA PATRICIA, COMPAÑERA DE MI VIDA, CON TODO MI AMOR Y RECONOCIMIENTO, YA QUE SIN SU IMPULSO, ESTE TRABAJO NO HABRÍA TENIDO ORIGEN NI FINAL.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO.**

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA.

**AL ING. MIGUEL ANGEL FLORES LIRA, QUIÉN CON
SU PACIENCIA LE DIO FORMA FINAL,
COMPARTIENDO CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA.**

A MIS SINODALES, CON AGRADECIMIENTO:

M. EN I. OSCAR VEGA ROLDÁN;

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO;

ING. MARIO MONTERO CATALÁN

ING. REGINALDO HERNÁNDEZ ROMERO

**AL ING. RUBÉN CHÁVEZ GUILLEN CON QUIEN
APRENDÍ A CAMINAR CON PASO FIRME EN EL
TERRENO DE LA GEOHIDROLOGÍA.**

**METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE
ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL
VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE
CHIHUAHUA**

INDICE

OBJETIVOS

INTRODUCCION

I. ACTIVIDADES DE GABINETE

I.1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

I.2.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

I.3.- ELABORACIÓN DE INFORMES

II. ACTIVIDADES DE CAMPO.

II.1.- INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA

II.2.- INFORMACIÓN GEOFÍSICA

II.3.- INFORMACIÓN PIEZOHIDROMÉTRICA

**III APLICACIÓN PRÁCTICA.- ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO
PRELIMINAR DE GUADALUPE VICTORIA ESTADO DE
CHIHUAHUA.**

**IV IMPACTO AMBIENTAL.- PARA EL ESTUDIO “METODOLOGÍA
PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS,
APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO
DE CHIHUAHUA.”**

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

OBJETIVOS

Conocer la metodología que se emplea para la elaboración de Estudios Geohidrológicos.

Resumir las principales actividades que se llevan a cabo en campo para conocer el funcionamiento geohidrológico de una zona de estudio.

Definir las condiciones geohidrológicas de una zona de estudio real.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas del país, las cuales ocupan más del 40% del territorio nacional, existen necesidades insatisfechas por demanda de agua para fines diversos como son: agua potable, usos industriales, ganadería y desarrollo agrícola.

Este último renglón es de primordial importancia, sobre todo por la creciente deficiencia de productos agrícolas que se experimenta en el territorio nacional.

Existen diversas zonas en las que el tipo de suelo podría favorecer el desarrollo agrícola intensivo, pero que tienen como limitante la carencia de agua superficial que lo favorezca. Ésto hace evidente que la explotación controlada del recurso subterráneo permitirá un desarrollo sustentable

Tal es el caso del Valle de Guadalupe Victoria en el Estado de Chihuahua en donde, desde 1975 se efectuó un inventario de aprovechamientos de agua subterránea, el número de ellos se incrementó de tal manera que resulta una necesidad no solamente actualizarlo, sino definir sus características geohidrológicas, lo que permitirá a su vez, diseñar el tipo de manejo que resulta conveniente implementar para incrementar la duración del recurso.

En el presente trabajo se pretende exponer, y en el mejor de los casos, difundir la metodología que se emplea para conocer las características de un valle en estudio, para planear o modificar el manejo del recurso subterráneo con la finalidad de hacer sustentable su desarrollo.

Es importante señalar que en las actividades de campo o gabinete existe una retroalimentación que permite afinar los resultados de manera que se apeguen a la realidad y que en consecuencia resulten de mayor utilidad para cumplir con los objetivos de un estudio de este tipo.

CAPÍTULO I

ACTIVIDADES DE GABINETE.

Estas actividades son tan diversas como extenso puede ser un estudio geohidrológico, ya que abarcan desde el conocimiento de información climatológica como temperatura y precipitación, hasta la operación de pozos, conociendo su caudal y régimen de funcionamiento.

Las mencionadas actividades de índole práctica, aunadas a otras de carácter teórico, son las que permiten que tanto la información antecedente como la generada en las Actividades de Campo, se conjunten para lograr un resultado de utilidad para el desarrollo armónico de la población del sitio elegido.

Dentro de las actividades de gabinete podemos mencionar como preponderantes las siguientes:

Recopilación de información.

Análisis de resultados.

Elaboración de informes.

La definición de estos términos y la manera de efectuar las actividades que engloban, nos permitirá confirmar su relevancia para el manejo eficaz del agua subterránea:

I.1.-Recopilación de Información

Las actividades aquí agrupadas, recopilación, selección y

ordenamiento de la información, nos permiten conocer:

Las características socioeconómicas de la región.

La cartografía existente; y

Los estudios antecedentes que pueden ser de distinta índole (topográficos, geológicos, geofísicos, etc.)

Esta recopilación se llevó a cabo en los archivos de las distintas Dependencias que obtienen y controlan los datos requeridos; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional del Agua, Universidad Nacional Autónoma de México y otras.

1.2.-Análisis de Resultados

Para lograr los resultados esperados se inició con la investigación de datos de carácter socioeconómico provenientes del censo general de población y vivienda de 1990, a fin de caracterizar las localidades como urbanas, semiurbanas o rurales.

Se recopilaron e integraron al informe datos de geografía humana como localización de poblaciones, colindancias, vías de comunicación (carreteras y caminos, comunicación aérea, telefónica, etc.)

Se emplearon las cartas topográficas del INEGI en escala 1:50,000 para formar el plano base. Se depuró la información contenida en ellas, y se señalaron tanto las poblaciones principales como algunas secundarias con fines de

referencia, se incluyeron las vías de comunicación existentes en el área de estudio y se delinearon las curvas topográficas maestras en las zonas serranas y curvas auxiliares de apoyo en las zonas de valle; se ilustraron también los escurrimientos superficiales y las coordenadas geográficas, así como la Cuadrícula transversa de Mercator.

Se analizaron los datos geológicos de la zona de estudio con la finalidad de efectuar una interpretación hidrogeológica de los mismos, a fin de entender su funcionamiento en este aspecto. Esta situación se describirá en el capítulo III.

I.3.- Elaboración de Informes

De cada tema se elaboraron informes parciales. De este modo, conforme las actividades del estudio se desarrollaron, fueron formando parte integral de lo reportado en la aplicación práctica.

CAPÍTULO II

ACTIVIDADES DE CAMPO.

Estas actividades se refieren a todos los datos que son recopilados mediante actividades que se desarrollan en la fuente misma donde se generan y que tienen relación con la topografía de la zona de estudio, la existencia de aprovechamientos de agua del subsuelo, el uso de la misma, sus condiciones físico-químicas, etc.

II.1.- INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA

En este apartado pueden señalarse:

El inventario de aprovechamientos de aguas subterráneas.- se realiza con recorridos generales por el área de estudio, levantando los principales datos de cada uno de ellos como son diámetro, profundidad, equipamiento, usos del agua, superficie, cabezas de ganado y/o Nº de pobladores que la utilizan, etc.

La nivelación de brocales de los pozos.- se realiza con nivel, empleando una referencia fija sobre el nivel del mar a fin de conocer la posición del terreno y definir en su caso la superficie piezométrica existente en el área de estudio.

La medición de niveles de agua subterránea.- Esta actividad es primordial ya que permitirá, en combinación con la anterior, definir su posición relativa respecto al nivel del mar e indicará, en consecuencia, la dirección del flujo subterráneo. Apoyará también el cálculo de los volúmenes de entrada y salida de agua, estableciendo su

situación geohidrológica con una ECUACIÓN DE BALANCE.

La realización de pruebas de bombeo.- Consiste en el registro del cambio de nivel de agua, tanto en un pozo del que se extrae agua (condición dinámica), como en los pozos cercanos para conocer su área de influencia.

La recolección de muestras de agua para análisis químico.- En los pozos existentes se extraen muestras de agua representativas del acuífero, midiendo en ellas su resistividad, temperatura y pH. Posteriormente se efectúan análisis químicos que nos indiquen los principales aniones y cationes que poseen, así como el contenido de sólidos totales disueltos.

Las descritas son las actividades principales que se desarrollan para conocer las características utilizables en una zona de estudio, ya que permiten definir la posición del agua en el subsuelo, su dirección de flujo, conocer su calidad, calcular el volumen aprovechable y definir su probable uso.

II.2.- INFORMACIÓN GEOFÍSICA

Esta parte de un estudio geohidrológico permite conocer de manera indirecta la geometría del acuífero, identificando los materiales subyacentes al suelo del área en estudio. Pueden lograrse buenos resultados empleando varias técnicas posibles, que mostrarán mayor o menor precisión, su tratamiento será, para los efectos de este trabajo, únicamente teórico, debido a que, aunque deseable, resulta excesivamente oneroso para los alcances de este estudio, de esta forma, a continuación se anotan comentarios que permiten esbozar la utilidad de las técnicas que pueden emplearse, así como los resultados esperados.

Aunque el estudio de la física de la tierra se remonta hasta la aparición de las ciencias experimentales, la aplicación de este nombre a una rama de la ciencia es relativamente reciente, pues el nombre de Geofísica data recién del siglo pasado.

Para su estudio y aplicación la Geofísica se divide en Pura y Aplicada a saber:

La Geofísica Pura se ocupa del estudio de la gravedad, el magnetismo, electricidad, sismología terrestre, vulcanología, geodinámica, climatología, oceanografía y otras ciencias relacionadas con la física de la tierra, sin embargo, para los efectos de este trabajo únicamente se introducirán los conceptos teóricos necesarios para fundamentar su aplicación en la geohidrología.

La Geofísica Aplicada o Prospección Geofísica puede

entenderse como la disciplina que aplica las ciencias físicas al estudio de la parte más superficial de la corteza terrestre para su explotación, sea en el aspecto minero, petrolero o puramente geológico.

Es en este terreno en el que se aprecia su importancia en la prospección de aguas subterráneas, ya sea detectando su existencia probable por medio de su resistividad, o bien definiendo la geometría de sus reservorios.

Para lograr los objetivos esbozados, existen varios métodos geofísicos que se utilizan según sea la necesidad, ya que aún cuando todos sirvan para estudiar la distribución a profundidad de alguna determinada propiedad físico - química de las capas del subsuelo, o de características asociadas a ellas, será su variación, o desviación de lo normal en dichas capas, llamado anomalía, lo que permitirá detectar las acumulaciones de la sustancia que sea de nuestro interés.

De esta forma, en la tabla T-1 se expone una clasificación de los métodos geofísicos con su utilización preferencial, de acuerdo con sus características:

T-1 TÉCNICAS GEOFÍSICAS Y SENSIBILIDAD DE RESPUESTA

MÉTODO	APLICACIÓN	PERSONAL REQUERIDO	SENSIBILIDAD DE RESPUESTA
GRAVIMÉTRICO	PETRÓLEO MINERALES AGUA	8 PERSONAS	ELEVADA MEDIA BAJA
SÍSMICO	PETRÓLEO MINERALES AGUA	15 A 20 PERSONAS	MUY ELEVADA BAJA BAJA
ELÉCTRICO	PETRÓLEO MINERALES AGUA	2 A 4 PERSONAS	BAJA ELEVADA MUY ELEVADA

El método más empleado en los Estudios Geohidrológicos es el geoelectrico.

Se efectúa mediante la inyección de una corriente eléctrica en el terreno y la lectura en un electrodo colocado a diferentes distancias. Esto nos permite interpretar no sólo la existencia, sino el espacio que ocupa y en función de éste, la cantidad del recurso.

Este método permite controlar, de manera concreta, la profundidad de prospección al emplear la resistividad de los materiales, lo que justifica el término de **SONDEOS ELÉCTRICOS**, porque de ellos pueden deducirse resultados similares a los de sondeos mecánicos.

Una de sus principales ventajas es el, comparativamente, menos costoso empleo que el sondeo directo, ya que mientras la profundidad de investigación se aumenta considerablemente (hasta cientos de metros), sin prácticamente elevar el costo de investigación, en un sondeo directo, el costo de la perforación, y recuperación de núcleos o muestras lo vuelve prohibitivo en muchos casos. Su

empleo es además superior en cuanto a rapidez, y razonablemente confiable.

El principio que se aprovecha en su uso está basado en las propiedades eléctricas de las rocas, principalmente de la Resistividad. Este parámetro se define como:

La resistencia en Ohms, entre dos caras opuestas, de un cubo de materia con dimensiones unitarias.

Aplicando este principio tenemos que:

Si se tiene un conductor cilíndrico con resistencia R y dimensiones L por longitud y S por área de una sección, resultará que:

$$R = r \ L / S \implies r = RS/L$$

Si en la expresión dada, la sección y la longitud se hacen unitarias, lo que se obtiene es la unidad de resistividad "Ohm cm²/ cm" o bien Ohm cm.

Según se aprecia, la resistividad de un material permite definirlo eléctricamente, de esta manera, se ha formado la tabla T-2, de resistividad de los materiales, lo que nos permite interpretar su existencia en el subsuelo de acuerdo con lo anotado a continuación, en donde se aprecia que la resistividad de los diversos materiales puede ser muy variable según la cantidad de agua que contenga y mas aún, según la calidad de ésta. Su conocimiento, y una correcta interpretación nos permitirán detectar con cierta claridad la

existencia y la magnitud de un manto acuífero.

T-2 RESISTIVIDAD DE DIVERSOS MATERIALES

MATERIAL	RESISTIVIDAD	UNIDAD
Azufre	10^{17}	Ohms - cm
Mica	10^{10}	Ohms - cm
Sal gema seca	10^5 a 10^{15}	Ohms - cm
Calcita	5 a 10^{14}	Ohms - cm
Cuarzo	10^{14}	Ohms - cm
Granito seco	10^8 a 10^{11}	Ohms - cm
Arenisca seca	10^6 a 10^{10}	Ohms - cm
Limonita	10^7	Ohms - cm
Caliza seca	10^5 a 10^6	Ohms - cm
Caliza húmeda	5×10^3 a 5×10^4	Ohms - cm
Mineral de Pirita seco	10^3 a 10^4	Ohms - cm
Mineral de Pirita húmedo	10^2 a 10^{-1}	Ohms - cm
Calcopirita	1 a 10^{-1}	Ohms - cm
Calcopirita húmeda	10^{-2} a 10^{-3}	Ohms - cm
Marga seca	5×10^3 a 10^4	Ohms - cm
Marga húmeda	10^2 a 10^3	Ohms - cm
Arcilla seca	8×10^3	Ohms - cm
Arcilla húmeda	10 a 10^2	Ohms - cm
Sal gema húmeda	5 a 20	Ohms - cm
Grafito	3×10^{-2}	Ohms - cm
Cobre	1.7×10^{-6}	Ohms - cm
Plata	10^{-6}	Ohms - cm
Agua pura de montaña	10^4	Ohms - cm
Agua con 3% de sal	5 a 10	Ohms - cm
Agua con 20% de sal	3	Ohms - cm

II.3.- INFORMACIÓN PIEZOHIDROMÉTRICA

Esta información se refiere a la medición de la profundidad del nivel estático, su relación con la topografía del lugar, su variación estacional y la aplicación de estos datos con la finalidad de conocer la cantidad de agua subterránea que se extrae, la potencialidad acuífera y la oportunidad de planear su aprovechamiento de manera racional y sustentable.

Para su realización es necesario investigar “in situ” el número y características de los aprovechamientos subterráneos (pozos, norias y manantiales), su distribución espacial y el equipo con el que es extraída el agua. Los usos a que se destina y el régimen de operación al que son sometidos.

Es conveniente efectuar estos cálculos con diversos métodos a fin de corroborarlos y emplear los datos que reflejen mayor consistencia, ya que de eso depende la mejor planeación y conservación del RECURSO HIDRÁULICO SUBTERRÁNEO.

CAPITULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA
ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DEL VALLE DE
GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

1. - GENERALIDADES.

Localización y Vías de Comunicación.

La zona de estudio se localiza en la porción Noroccidental del Estado de Chihuahua aproximadamente a 70 Km al Oeste de Cd. Juárez, y colindando con los Estados Unidos de Norteamérica. Sus límites geográficos son:

Los paralelos 31°07' a 31°42' de Latitud Norte y los meridianos 107°15' a 108°00' de Longitud Oeste, cubriendo una área aproximada de 4,000 Km² (Fig. 1).

La principal vía de comunicación es la Carretera Federal N° 2 que parte de Cd. Juárez a Janos y que aproximadamente en el Km 150 tiene un entronque de poco más de 35- Km hacia el poblado de General Rodrigo M. Quevedo (Puerto Palomas).

Además de la carretera antes mencionada el área cuenta con caminos vecinales y brechas que establecen comunicación con diversos ejidos y colonias agrícolas: Ejido Nuevo Horizonte, Ejido Constitución de 1857, Colonias Torre Alta, Guadalupe Victoria y Modelo, etc.

Asimismo tiene comunicación por carretera con el vecino poblado de Columbus, en Nuevo México EE.UU.

En lo que respecta a la transportación aérea, Cd. Juárez posee un Aeropuerto Internacional y en Janos, Nuevo Casas Grandes y otras poblaciones pequeñas se cuenta con aeropistas para avionetas.

2. - CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS.

La actividad económica más importante en la región es la agricultura, con riego proveniente de pozos profundos que cuentan en general con equipos operados por motores de combustión interna. La sigue en importancia la ganadería y en menor escala algunas otras actividades.

Del censo de población y vivienda efectuado en 1970 se obtuvieron los siguientes datos que son importantes índices del desarrollo socioeconómico, de la población de nuestra zona de estudio, la población flotante es de aproximadamente 10,000 personas, siendo en su mayoría habitantes esporádicos pues residen la mayor parte del año en los EE.UU. Los que permanentemente desarrollan sus actividades en la zona de estudio son cerca de 3,000 y de acuerdo a sus ocupaciones, se distribuyen como sigue: Agricultura, Ganadería, Pesca y Caza 60.3%; Servicios 7%; Transporte 6,7%; Comercio 6.4%; Construcción 4.8%; Otros 10.1% (industria extractiva, generación de energía eléctrica, petroquímica, etc.,

Del total de habitantes, el 73.2% tienen solamente la instrucción elemental; el 17.8% alcanzan la educación media y media superior; sólo el 9% cuenta con un nivel de educación profesional media y superior.

El servicio de agua potable se abastece por el funcionamiento de 3 pozos profundos y se distribuye como se indica a continuación: el 76,3% dispone de agua entubada dentro de la vivienda; al 0,8% fuera de ella; se abastecen de llave

pública o hidrante el 21% y finalmente, el 1.9% no cuentan con tuberías de agua potable. De todos éstos sólo el 34% tiene instalaciones y servicio de drenaje.

3. – METODOLOGÍA.

Recopilación Selección y Ordenamiento de la información.

A. - Estudios Anteriores.- Se acudió a todas las dependencias que pudieron proporcionarnos información para el desarrollo del estudio que se llevó a cabo. En la C N A se obtuvo la "Iniciación del Estudio Geohidrológico de Palomas en el Estado de Chihuahua" del que se obtuvieron datos iniciales y que fueron ratificados y/o rectificadas en la fuente directa de información.

B.- Informes Técnicos de Dependencias Nacionales.

De la Comisión Nacional del Agua se obtuvieron registros de: Precipitación. Temperatura y Evaporación de las estaciones Climatológicas que tienen influencia en el área de estudio, con el objeto de establecer el tipo de clima que prevalece en ella. Se procesó esta información obteniéndose las características medias de la zona, dibujando los resultados obtenidos.

Se obtuvieron las memorias de la Vigésima Sesión del-Congreso Geológico Internacional, relativas a estratigrafía y tectónica de la Sierra de Chihuahua como apoyo a estos capítulos del estudio.

De la Secretaría de Comercio se obtuvieron datos socioeconómicos del censo de 1990 para conocer la situación en este aspecto de los habitantes de la zona de estudio.

C.- Informes Técnicos de Organismos Internacionales.-

De la Universidad de las Cruces en Nuevo México, EE.UU. se obtuvo información geológica, climatológica y piezométrica de las zonas aledañas al área de estudio dentro de los Estados Unidos, con la finalidad de correlacionarla e integrarla a la obtenida en el país. De la misma fuente se obtuvieron datos de elevación de bancos de nivel en la zona fronteriza para el establecimiento de bases para la nivelación de brocales de pozos piloto. Logrando obtenerse también, datos hidrodinámicos de las zonas antes mencionadas en el vecino país, los cuales se utilizaron únicamente con fines comparativos de los generados en el presente trabajo.

D.- Información Cartográfica.

Para la elaboración del plano topográfico base, se recopilaron las cartas y planos correspondientes a la Zona de Estudio del INEGI, dicho plano base se elaboró en escala 1:50,000, depurando la información contenida en las cartas topográficas:

Se señalaron las poblaciones principales y algunas secundarias con fines de referencia, se incluyeron las carreteras y caminos- existentes en el área de estudio así como las vías férreas,- se ubicaron curvas topográficas maestras en las zonas serranas y curvas auxiliares de apoyo

en las zonas de valle; se ilustraron también los escurrimientos superficiales del área de estudio; se trazaron coordenadas geográficas y se dibujó también la cuadrícula transversa de Mercator.

4. - INVENTARIO DE APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Tomando en consideración que la correcta ubicación de los aprovechamientos de aguas subterráneas, es de primordial importancia para el conocimiento real del funcionamiento del acuífero, se tuvo especial cuidado en la localización de cada aprovechamiento en los planos topográficos base.

Se visitaron las obras existentes en la zona de estudio para recabar todos los datos relativos a ellas, se hizo la medición del nivel estático y se consiguió de los propietarios, que para ulteriores visitas se tuviera funcionando el equipo un promedio de cuatro horas antes de la misma con el objeto de obtener la profundidad al nivel dinámico; cuando eso no fue posible por acercarse la ocasión de levantar la cosecha, se mantuvo el bombeo cerca de 1 hora, considerando la lectura obtenida como nivel dinámico

5. - FOTOINTERPRETACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Se empleó la interpretación de las fotografías aéreas de INEGI, a una escala aproximada de 1:70,000. Los datos proporcionados por la fotointerpretación fueron transferidos al plano base escala 1:50,000, con lo que se obtuvieron los planos Fotogeológicos que sirvieron de base en la verificación de campo; De la fotointerpretación geológica del área, se diferenciaron las siguientes unidades litológicas, a saber:

En la porción oeste afloran las rocas más antiguas, las cuales están constituidas por sedimentos marinos calcáreos y arcillo-arenosos del Paleozoico y Cretácico; otra unidad ampliamente distribuida en el área, está constituida por derrames de composición basáltica, presumiblemente del Terciario; Las unidades que cubren la mayor parte de la zona de estudio y que, para el objetivo del trabajo, son las de mayor interés, corresponden a los depósitos continentales del Cuaternario y rocas ígneas extrusivas, principalmente basaltos. Los primeros fueron separados en nueve miembros litológicos diferentes: conglomerados; antiguas terrazas y depósitos aluviales y deltáicos; depósitos eólicos dunas y médanos; depósitos de abanicos aluviales; depósitos lacustres; sedimentos de origen fluvial; sedimentos aluviales y eólicos, suelos residuales y suelos aluviales.

La interpretación hidrogeológica consistió en la agrupación de los distintos materiales aflorantes en 3 unidades con características; permeable, semipermeable e impermeable definiendo el marco geológico por el que discurre el agua subterránea.

6. - NIVELACIÓN DE BROCALES

Para poder definir un circuito de nivelación de brocales, fue necesario contar con la localización de todos los aprovechamientos en un plano. Esta actividad correspondió al censo de aprovechamientos. Se procedió a establecer bancos de nivel auxiliares en los 36 Km, del camino que va de la población de Palomas al entronque de éste y la Carretera Federal No. 2, que une Cd. Juárez y Ascensión, nivelando

también alrededor de 60 Km, en el tramo que atraviesa la zona de estudio, considerando que esto es de gran ayuda para partir de diferentes puntos a las zonas de concentración de pozos.

7. - OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PIEZOMÉTRICA.

Elevación y Profundidad del Nivel Estático.-

Se midieron las profundidades al nivel estático (P.N.E) de todos los pozos censados, con el fin de poder definir las curvas de igual P.N.E. y las configuraciones correspondientes.

A). PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO

Se efectuaron mediciones de P.N.E. en septiembre y diciembre de 1999 y en enero y febrero de 2000, en 100 pozos piloto, seleccionados por su distribución en el área de estudio, aunado a las características constructivas que permitieran efectuar con facilidad las lecturas necesarias.

B). ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO

Se correlacionaron las mediciones de P.N.E. con los datos de nivelación topográfica, obteniendo la posición de los niveles de agua subterránea con respecto a la altura media del mar (E.N.E.), y conociendo en consecuencia la dirección preferencial del flujo subterráneo; los gradientes hidráulicos existentes; la existencia de abatimientos inducidos, entre otra información que puede deducirse de ello.

C). EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO.

Con los datos obtenidos en los recorridos piezométricos, y

considerando que las curvas de isovalores de evolución del nivel estático serían más representativas del comportamiento del acuífero si el período de análisis no fuera demasiado corto, se estimó conveniente elaborar los s de evolución del N.E., para períodos septiembre - diciembre de 1999 y septiembre de 1999-febrero de 2000.

8.- REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO

Con la finalidad de calcular las características hidrodinámicas que condicionan el funcionamiento geohidrológico de la zona de estudio, fueron efectuadas 5 pruebas de bombeo con duración variable, hasta la estabilización del nivel dinámico, procediendo a su interpretación por el criterio más conveniente (Theiss, Jacob, etc.)

9.- HIDROGEOQUÍMICA.

A). **Recolección de Muestras de Agua.-** Se recolectaron muestras de agua en 20 aprovechamientos convenientemente distribuidos en la zona de estudio. En las que se midió en el campo la resistividad, temperatura y pH en cada una de las muestras, anotando sus valores en etiquetas adosadas a los envases.

B). **Análisis Químicos.-** Se efectuaron análisis químicos en dichas muestras, para determinar las concentraciones de los principales aniones y cationes: Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros y Sulfatos, Sodio, Calcio y Magnesio; así como el contenido de sólidos totales disueltos (S.T.D.).

Obtenidos estos valores, se elaboraron gráficas en diagramas de H. Shoeller, Triangulares y de Wilcox- Scottfield, así como

planos con curvas de isovalores de las concentraciones de: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, calcio, sodio y magnesio y de Sólidos Totales Disueltos (S.T.D.)

10.- HIDROMETRÍA SUBTERRÁNEA

Se recabaron durante el inventario de aprovechamientos de agua subterránea datos relativos al caudal de extracción y al tiempo de operación de los equipos, pudiéndose calcular un volumen de extracción.

11. - FISIOGRAFIA. La zona de estudio Palomas - Guadalupe Victoria, está enclavada en la Provincia Fisiográfica de Sierra Marginales, en la zona correspondiente a una Antigua Área Lacustre. Es una planicie casi en su totalidad, está dividida en varias cuencas cerradas las cuales se describen a continuación:

A). Cuenca de Laguna Palomas.-

Con una extensión aproximada de 1,700 Km, delimitada orográficamente por la Sierra de San Blas y la de las Víboras al Sur; las sierras Palomas y Vado de Piedra al Occidente; por la Sierra del Cartucho al Oriente; y con los EE.UU. al Norte. Dentro de esta cuenca se localizaron varias lagunas, entre ellas la de Palomas que le da nombre, aunque la mayor parte del tiempo se encuentran secas, dando lugar a la existencia de depósitos salinos y alcalinos.

B). Cuenca Cerrada de Laguna de Guzmán - Río Casas - Grandes.-

En los límites de esta cuenca se encuentran, al Norte y Oeste,

las Sierras Boca Grande, Bismarck, Santa Rita y- del Fresnal que se ubican dentro de la zona de Estudio. Se localiza en ella el cauce del escurrimiento superficial de mayor importancia del área, el Río Casas Grandes, seco desde hace algunos años.

Este Río atraviesa la cuenca en dirección de Sur a Norte, entrando a la altura del Rancho El Espía, con un recorrido aproximado de 30 Km; cambia posteriormente de dirección de Oeste a Este, por cerca de 48Kms. y se desvía nuevamente hacia el Sur, hasta su desembocadura en la Laguna de Guzmán

C). Cuenca Cerrada Rancho El Juguete.-

Colinda al Norte con los EE.UU., al Oeste con la Sierra de Palomas; y al Este y Sur con afloramientos de rocas ígneas y calizas.

D). Cuenca Cerrada Casa de Madera.-

Colinda con la anterior hacia el Oeste; al Este con la Sierra de los Moscos; al Sur con la Sierra Boca Grande; y al Norte con los EE.UU.

12. - CLIMATOLOGÍA,

Temperatura.-

Se analizaran cuatro estaciones climatológicas: Palomas, Guzmán, Ascensión y El Barreal por tener éstas influencia en el área de estudio. En ellas, el período analizado es superior a los 10 años, excepción hecha de El Barreal que solo funcionó durante seis años

Con los datos obtenidos se formó la tabla T-3 en la que se observan las temperaturas media mensual y media anual de

cada estación.

Se determinó la temperatura máxima que fue de 45°C en junio de 1962 en la estación, Palomas; y la mínima de -23°C, en enero de 1961 en la misma estación. Mediante el método de polígonos de Thiessen se determinó la temperatura media que resultó ser de 16.2°C.

13. -Precipitación.-

El análisis efectuado se realizó también en las cuatro estaciones mencionadas, calculando una precipitación sumamente pobre: 260.7 mm/año los datos procesados pueden observarse en la tabla No. T-4 , en la cual se observa además, que aunque se presenta precipitación durante todo el año, está bien definido un período de lluvias en los meses de julio a octubre.

14. - Evaporación y Evapotranspiración.-

La información relativa a la evaporación es limitada pues solo las estaciones de Ascensión y Barreal cuentan con registros de este parámetro por lo que sus resultados deben ser empleados con reserva.

Evapotranspiración.-

Para su cálculo se empleó la fórmula de Turc:

$$E_{tr} = P/0.9 + (P/L)^2$$

En la que:

E_{tr} = Evapotranspiración real

P = Precipitación media anual

L = Coeficiente dado por la expresión:

$$L = 300 * 25 T + 0.5T^2$$

T = Temperatura media anual del área de estudio:

$$T = 16.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P = 260.7 \text{ mm/año}$$

$$L = 300 + 25 \times 16.2 + 0.05 \times 16.22 = 718.12$$

De estos datos resulta entonces que:

$$Etr = 260.7 / 0.9 + (260.7 / 718.12)^2$$

$Etr = 252.6 \text{ mm/año}$

15.- Clima de la Región.

Teniendo los datos de precipitación y temperatura de las estaciones de la zona de estudio, se procedió a establecer su clasificación siguiendo el criterio de W. Köppen, según se indica a continuación:

Estación Climatológica	Clasificación,
Palomas	BW a k w
Ascención	BW a k w
Guzmán	BW a k w
El Barreal	BW a k w

En donde;

BW = Climas desérticos o áridos.

a = Temperatura del mes más caliente superior a $22 \text{ }^\circ\text{C}$

**k = Frío en invierno, Temperatura media anual menor de $18 \text{ }^\circ\text{C}$
; del mes mas caliente, mayor de $18 \text{ }^\circ\text{C}$**

w = Lluvias predominantes en verano,

16. – Hidrogeología.

Consideraciones Generales.

Una de las características más comunes que han tenido muchos estudios geohidrológicos en el pasado, ha sido el mostrar los aspectos relacionados directamente con las aguas subterráneas, en forma separada del marco geológico.

Lo anterior además de conducir a errores serios en la clasificación y cuantificación de este recurso, no permite tener un conocimiento integral del área y por lo tanto dificulta el trabajo a los técnicos que utilizan esta información para la planificación de los recursos hidráulicos del país,

Tomando en cuenta este problema, se consideró útil que la información geohidrológica obtenida en los trabajos de campo se presente relacionada con los tipos de acuíferos, calidad del agua subterránea, y funcionamiento hidráulico de los aprovechamientos de aguas subterráneas y una jerarquización de la interpretación hidrogeológica, mostrando los materiales existentes como potencialmente productores de aguas subterráneas.

Asimismo se incorporan datos de los aprovechamientos actuales de aguas subterráneas, como son niveles estáticos, áreas de explotación intensiva, dirección de flujo del agua subterránea, etc.

Interpretación.-

Se anota a continuación un análisis de los aspectos hidrogeológicos más importantes del área de estudio.

A). Marco Geológico del Área de Estudio.

Dentro del área de estudio afloran rocas sedimentarias marinas del Paleozoico y Mesozoico, sedimentos continentales del Cuaternario y rocas ígneas, extrusivas e intrusivas.

Dentro de las dos primeras destacan como unidades litológicas las calizas, dolomías, margas y areniscas.

Todos estos sedimentos afloran en la porción suroccidental; debido a que no presentan una amplia distribución, su importancia como acuíferos calcáreos es muy reducida.

Los sedimentos continentales del Cuaternario afloran ampliamente en la porción noroccidental de la zona y son sin duda los más importantes desde el punto de vista geohidrológico. Han sido divididos en cinco unidades importantes: La primera corresponde a sedimentos del tipo eólico (Qe) los cuales constituyen extensas dunas en la margen oriental del área, poseen buena permeabilidad y por lo tanto actúan como excelentes zonas de recarga, para los acuíferos granulares que se encuentran en el subsuelo.

La segunda unidad de sedimentos continentales corresponde a depósitos lagunares y evaporíticos, principalmente arcillas y limos. Afloran preferentemente en la porción suroriental. La presencia de cantidades significativas de sales solubles (principalmente yeso) en estos sedimentos, hace que las aguas subterráneas asociadas a ellos presentan la misma característica

Una de las unidades continentales de mayor interés corresponde a sedimentos cartografiados como Qa-f, los cuales corresponden a depósitos aluviales y fluviales que afloran a lo largo de una extensa franja en la porción oriental. Están compuestos preferentemente de arcillas, limos y arenas,

Los acuíferos asociados a estos sedimentos no han sido explotados de una manera extensiva dentro del área de estudio sin embargo, en el vecino Estado de Nuevo México, EE.UU. la explotación del agua subterránea dentro de lo que se conoce como Cuenca de Mimbres, se hace preferentemente en estos sedimentos, razón por la cual la potencialidad futura de estos acuíferos en el área de Palomas es obvia.

La cuarta unidad sedimentaria continental cartografiada, es la de mayor importancia hidrogeológica dentro de la zona, corresponde a una secuencia de sedimentos fluviales (Qf), principalmente limos, areniscas y gravas, los cuales están asociados al Río Casas Grandes. Actualmente estos sedimentos son los más explotados y de los cuáles se extrae el mayor volumen de agua subterránea que se utiliza para fines agrícolas.

17. - Hidrogeoquímica.

En diciembre de 1999 se recopilaron muestras de agua que se analizaron, determinando las concentraciones de los iones principales en su composición.

Para su interpretación se vaciaron los datos en diagramas

logarítmicos de H. Shoeller que nos permiten hacer agrupaciones de los tipos de agua, atendiendo a su composición química, aunque independientemente de su concentración, Estos diagramas pueden observarse en las figuras F-1 y F-2

La utilización de diagramas triangulares de Piper permiten conocer las familias de agua existentes en el área de estudio. Así, en la Colonia Guadalupe Victoria en donde el bombeo es mayor, el agua que extrae es en general de la familia Sódico-Bicarbonatada, aunque en los límites de la barrera impermeable constituida por los afloramientos de rocas ígneas se encuentran aguas de familia compuesta: Cálclco-Bicarbonatada y Magnesiana-Bicarbonatada.

En la Colonia Modelo, en el cauce del Río Casas Grandes al igual que en el área anterior, el agua es de la familia Sódico-Bicarbonatada. Al Sur de esta zona, a la altura del entronque de la Carretera Federal No. 2. con el camino a Palomas se diversifican los tipos de agua, encontrándose Cálclco-Bicarbonatada, Magnésico-Bicarbonatada y Sódico-Cloratada.

Hacia el Sur en la Colonia 6 de Enero, el agua extraída pertenece a la familia Sódico-Sulfatada y Magnésico-Bicarbonatada, localizándose esta Colonia junto a una barrera impermeable constituida por rocas ígneas básicas.

De los datos obtenidos en la Universidad Estatal de Nuevo México pudo establecerse que los valores de las concentraciones iónicas en agua subterránea de los Valles de Rincón y Mesilla de Nuevo México, que limitan por el Norte

con el área que nos ocupa, pueden ser correlacionados con los ahí encontrados, pues éstos varían desde 600 hasta 3200 p.p.m. en lo que a S.T.D. se refiere, aunque se presume que no son los valores naturales, sino que se encuentran afectados por diversos factores como pueden ser: la utilización de fertilizantes con alto contenido de Nitrógeno Amoniacal; la degradación paulatina del suelo por falta de sobrerriego; y el elevado valor de la Relación de Adsorción de Sodio, (R.A.S.).

18. - Hidrología Subterránea.

Aprovechamientos de agua subterránea.

Fueron censados 309 aprovechamientos, encontrándose activos 217, de éstos, 195 corresponden a pozos profundos y, 22 a norias

Pozos.

Fueron localizados y censados 279 pozos, 84 de ellos están inactivos; sus profundidades de perforación van desde 14 m hasta 300 m, encontrándose la mayoría entre los 80m y los 120 m. Su caudal de operación va desde 2 hasta 110 l.p.s. De los 195 pozos activos, 126 son de uso agrícola; 61 para abrevadero; 5 domésticos y 3 para abastecimiento de agua potable

Norias.

Existen en el área de estudio 30 norias, 8 de ellas inactivas. su profundidad está entre 7 m. y 20 m; con caudales de operación de 1 a 11 l.p.s. De las 22- norias activas, 11 son

para uso de abrevadero; 8 de uso doméstico y 3 para uso agrícola.

19. - Hidrometría subterránea,

Con los datos obtenidos en el inventario de aprovechamientos de agua subterránea se efectuó el cálculo del volumen extraído. En la mayoría de los casos, los usuarios hablaron de 6 meses y un año de operación por lo que se estimó un volumen de extracción anual de aproximadamente 9.13×10^6 m³/año

20. - Piezometría.

Con objeto de conocer la superficie piezométrica del agua subterránea, se efectuaron 3 mediciones de la profundidad al nivel estático (P.N.E.) de los pozos piloto.

Posteriormente, estas mediciones fueron referidas al nivel del mar. Los datos de piezometría se encuentran en la tabla No T-3.

Finalmente, se efectuaron los cálculos necesarios para la obtención de las curvas de igual evolución del N.E.

Profundidad al Nivel Estático.

Se obtuvieron datos en los meses de septiembre y diciembre de 1999 y en enero y febrero de 2000, con ellos se elaboraron los planos P-1 al P-3, con curvas de isovalores.

En ellos puede observarse que las profundidades van desde

un mínimo de 3.80 m. hasta un máximo de 70 m. distribuidas heterogéneamente en toda el área de estudio, se localizan conos de depresión bien definidos de las zonas de bombeo intensivo como son: La Colonia Guadalupe Victoria, con profundidad entre 20 y 70 m, la Colonia Veracruz, en donde existen profundidades entre 15 y 45m y la Colonia Josefa Ortiz de Domínguez, en la colindancia con los EE.UU., con profundidades entre 45 y 60 m

Elevaciones del Nivel Estático.

Se presentan los planos P-4 al P-6 con curvas de igual elevación del nivel estático, para los meses de septiembre y diciembre de 1999 y febrero de 2000 con. En ellos se puede apreciar que las máximas elevaciones de 1200 m.s.n.m. se localizan hacia la población de Palomas descendiendo paulatinamente en dirección al SE, hasta 1170 m.s.n.m. en las Colonias Guadalupe Victoria y Veracruz se observan configuraciones inducidas por el bombeo, formando conos de depresión piezométrica incipientes: En el primer caso desde los 1200 m.s.n.m. hasta los 1150 m.s.n.m. y en el segundo hasta 1170 m.s.n.m. encontrándose otro muy localizado en la Colonia 6 de Enero entre los 1200 m.s.n.m. y los 1160 m.s.n.m.

Adicionalmente puede agregarse que hay indicios de la existencia de un cono de depresión natural, cerca de la Laguna de Guzmán desde 1180 m.s.n.m. hasta 1170 m.s.n.m.

Evolución del Nivel Estático.

Se consideraron como representativas las curvas de

isovalores en los períodos septiembre-diciembre de 1999 y septiembre de 1999 - febrero de 2000.

Sin embargo, y debido a la inadecuada concentración de aprovechamientos, solo pueden establecerse curvas de igual evolución en las Colonias Guadalupe Victoria, 6 de Enero y Modelo, calculando abatimientos muy grandes: para 3 meses hasta 15 m. en la primera; hasta 2.5 en el segundo caso; y hasta 14 m. en el tercero. Esto se observa en los planos P-7 y P-8.

21. – Hidráulica de pozos.

Obtención de las Características Hidrodinámicas del Sistema Acuífero.

Con la finalidad de obtener la Transmisividad (T) y el Coeficiente de Almacenamiento (S) del sistema acuífero, se efectuaron 5 pruebas de bombeo de corta duración. El bombeo se mantuvo hasta que el nivel dinámico se estabilizó mostrando la misma lectura por lo menos durante 1.5 hr.

Cabe aclarar que en la mayoría de los casos, se empleó un pozo fallido como piezómetro del que se encontraba en operación pero sin detectar, en ningún caso, respuesta en ellos. Por esta razón, solo pudo obtenerse el valor de la transmisividad en cada aprovechamiento, ésta varía entre 3.89×10^{-3} y $8.05 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$.

Al no contar con respuesta de los pozos empleados como piezómetro en las pruebas de bombeo realizadas, el valor del coeficiente de almacenamiento, se igualó con valores medios de acuerdo con los materiales existentes en la región, en los

resultado concordante la transmisividad calculada. Para efectos prácticos, el coeficiente de almacenamiento regional considerado es de 2.6×10^{-4} .

Las gráficas de las pruebas de bombeo con su característica calculada, T pueden encontrarse en los anexos; de la gráfica G-1. a la G-5

22. - Ecuación de Balance de las Aguas Subterráneas.

Los valores obtenidos de transmisividad T y de S se emplean para el cálculo de la recarga que recibe el acuífero.

Debido a la concentración de los aprovechamientos en una pequeña área, este balance, sólo pudo efectuarse satisfactoriamente, en la Colonia Guadalupe Victoria.

La ecuación de balance está dada por la expresión:

$$\triangle V S = E_h + R + B + S_h + E_{tr}$$

en donde:

$\triangle V$ = incremento de volumen en un intervalo de tiempo para un área de balance dada.

S = Coeficiente de almacenamiento regional,

E_h = Volumen que entra al área de balance por flujo subterráneo horizontal en un tiempo t

R= Recarga del acuífero en un tiempo t

B= Volumen extraído por bombeo, del área de balance en un tiempo t.

Sh= Volumen que sale del área de balance por flujo subterráneo horizontal en un tiempo t

Etr= Evapotranspiración real del área de balance

Cálculo de parámetros.-

El área de balance se limitó mediante la observancia de dos criterios: la distribución de la información y la topografía del terreno, con lo que resultó ser de 127.6 Km².

El intervalo de tiempo analizado (t) fue de 6 meses (septiembre de 1999 – febrero de 2000)

Intercambio de volumen.

Del plano de evolución del N.E. sep 1999 - feb 2000 (plano P-8) se determinó el abatimiento medio del área de balance, que fue de 1.12 m, equivalentes a un cambio de almacenamiento de $142 \times 10^6 \text{ m}^3$ en el período de 6 meses.

Coficiente de almacenamiento.-

S – Con el criterio mencionado, se empleó el valor de

$$S = 2.6 \times 10^{-4}$$

Volumen de entradas horizontales.-

Éste fue determinado a partir del plano de elevaciones del N.E. en septiembre de 1999 (plano P-4) empleando la ecuación de D'Arcy, resultando el volumen por flujo horizontal de $51.2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Recarga.-

Es el volumen de agua que entra al área de balance por flujo vertical. Es la incógnita en la ecuación de balance.

Volumen Extraído por Bombeo,

En el área de balance existen 101 pozos, que extraen en 6 meses $22.91 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Volumen de salidas horizontales,

Se calcularon en la misma forma que las entradas, resultando ser de $48.37 \times 10^6 \text{ m}^3$ en el mismo período.

Evapotranspiración real.-

Fue de 252.6 mm por año, por lo que el volumen evapotranspirado en el área de balance resultó de $16.06 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 6 meses.

Substituyendo estos valores en la Ecuación de Balance tenemos que:

$$2.6 \times 10^4 \times 142.16 \times 10^6 = 51.17 \times 10^6 + R - 22.91 \times 10^6 - 48.37 \times 10^6 - 16.06 \times 10^6$$

De donde resulta que la recarga es de:

$$R = 13.32 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ en seis meses}$$

Esto significa una recarga anual del orden de $26.6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Sin embargo, y debido a que esto es únicamente una aproximación aritmética, ya que los datos fueron proporcionados por los usuarios, el resultado deberá tomarse con reservas.

En resumen, el volumen de entradas horizontales calculado es muy grande siendo descargado en su mayoría de igual manera por lo que puede inferirse que existe disponibilidad adicional a la salida del área de balance; Existe además un volumen de pérdidas por evapotranspiración bastante considerable que no puede ser aprovechado.

El volumen de extracción por bombeo es muy pequeño en comparación con la recarga por lo que cabe suponer que los abatimientos, aún cuando son de gran magnitud, se recuperan durante el período de disminución del bombeo.

23. – Modelo Hidrogeológico Conceptual

La concentración irregular de los aprovechamientos de agua subterránea, dificulta el establecer un esquema integral de las características hidrogeológicas de la zona de estudio; sin embargo, la información geológica e hidrológica obtenida en los trabajos de campo, permiten establecer de una manera preliminar, según se aprecia en el plano hidrogeológico (P-9), el siguiente modelo conceptual:

Aparentemente la zona está constituida por dos sistemas de aguas subterráneas. El primero corresponde a la porción nor-oriental donde el flujo subterráneo aparentemente proviene de los E.E.U.U., entra a nuestro país. con dirección del NW hacia el SE; Parte de éste fluye hacia las pequeñas lagunas de Palomas y Tascate y el resto continúa primeramente en dirección SE. Posteriormente cambia hacia el S, el área en donde se localiza la Laguna de Guzmán.

Los límites hidrogeológicos de este sistema están formados hacia el oriente por el desierto de Samalayuca con el que colinda y hacia el occidente por los derrames de basalto que forman los cerros de la Rosina y El Aguila. Estos derrames, aunque en la superficie presentan un fracturamiento incipiente, tienen la particularidad de estar intercalados con tobas soldadas y arcillas, lo cual los hace actuar en términos generales como una barrera impermeable.

Este sistema se ubica en la porción central y suroccidental del área y está indudablemente asociado a la distribución de los depósitos fluviales del Río Casas Grandes.

Aunque el comportamiento hidrodinámico de este sistema, se encuentra modificado por algunos conos de abatimiento generados por la extracción en el área de la Colonia Guadalupe Victoria, los planos de elevación del nivel estático (planos P-4 al P-6) indican claramente que el flujo del agua subterránea es del oeste hacia el Este, el cual al llegar a la altura de la Loma Colorada y Cerro Las Víboras, aparentemente se incorpora al flujo del otro sistema proveniente de la porción noroccidental y finalmente

ambos fluyen hacia el área de la Laguna de Guzmán, en la colindancia con los E.E.U.U. y que presentan valores crecientes, desde los 700 p.p.m., hacia el SE, y en dirección de la Laguna Guzmán en donde se encuentra el máximo 5,000 p.p.m. el otro sistema es el formado en su inicio por el material de relleno del cauce del Río Casas Grandes y áreas adyacentes, con concentraciones que aumentan en esta zona desde 500 p.p.m. hacia la Laguna de Guzmán.

La calidad del agua subterránea es en general buena, exceptuando las colindancias, con la mencionada Laguna.

Áreas Recomendadas para el Incremento de la Explotación.-

Existen dos extensas áreas en las cuales puede recomendarse el emplazamiento de nuevas captaciones; Una de ellas, hacia el E, de la zona de Estudio, dentro de la Cuenca de Laguna de Palomas. En esta área, el material existente esta constituido por depósitos de pie de monte cuaternarios, eólicos aluviales, formados de limos, arenas, gravas y arcillas. Estos sedimentos poseen en general una transmisividad alta lo que nos permite suponer, que su explotación es económica y técnicamente factible, quedando por definir si la calidad del agua subterránea la hace adecuada para la agricultura.

La segunda zona, bastante más prometedora es la franja asociada al flujo del Río Casas Grandes y áreas aledañas, debido a que en esta zona la mayor parte del flujo subterráneo es a través de depósitos fluviales constituidos por gravas y arenas de alta transmisividad, lo que hace incrementar su potencialidad como acuífero.

Es necesario aclarar que en las áreas recomendadas para incrementar la explotación de las aguas subterráneas se han tomado en consideración los datos obtenidos hasta la fecha, sin embargo, con información geohidrológica adicional principalmente del tipo geofísico, que se puede generar en el futuro, las áreas señaladas como de interés, podrían extenderse, principalmente hacia el NW, ya que hacia el SE, las aguas subterráneas experimentan un aumento notable en su salinidad, lo que las hace Inaprovechables.

CAPITULO IV IMPACTO AMBIENTAL

INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ESTUDIO DENOMINADO “METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA”

INTRODUCCIÓN.

En atención a la importancia del tema, se elaboró el Informe Preventivo de Impacto Ambiental para el estudio denominado “Metodología para el Desarrollo de Estudios Geohidrológicos, Aplicación al Valle de Guadalupe Victoria, Estado de Chihuahua”, de acuerdo al Artículo N° 31 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de impacto ambiental. Conviene aclarar que la metodología para su realización es la adecuada, sin embargo, algunos de los nombres empleados habrán de substituirse por los que en el momento de realización este a cargo de los trámites.

1.- Datos generales

1.1 Nombre del proyecto:

“Metodología para el Desarrollo de Estudios Geohidrológicos, Aplicación al Valle de Guadalupe Victoria, Estado de Chihuahua”

1.2 Nombre y puesto del responsable del proyecto.

Ing. Miguel Angel Flores Lira. Subdirector de

**1.13 Indicación de empresas u organismos que coparticipan en el proyecto:
Comisión Nacional del Agua.**

**1.14 Declaración bajo protesta de decir verdad de que el informe preventivo se desarrolla aplicando las mejores técnicas al respecto
Declaramos, bajo protesta de decir verdad que la información que se presenta en este Informe Preventivo corresponde a la del proyecto que se va a llevar a cabo.**

Las observaciones que contiene este informe acerca del medio natural y los impactos que puede tener esta obra fueron consultadas en la bibliografía y corroboradas en campo por lo que corresponden a la realidad.

Por todas estas razones el estudio preventivo se realizó aplicando las mejores técnicas al respecto.

Ing. Miguel Ángel Flores Lira

Ing. Carlos Pérez González

2. Ubicación y descripción general del proyecto

2.1 Nombre del proyecto

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

2.2 Ubicación

La zona de estudio se localiza en la porción Noroccidental del Estado de Chihuahua aproximadamente a 70 Km al Oeste de Cd. Juárez, y colindando con los Estados Unidos de Norteamérica.

Coordenadas geográficas:

Los paralelos 31°07' a 31°42' de Latitud Norte; los meridianos 107°15' a 108°00' de Longitud Oeste, cubriendo una área aproximada de 4,000 Km²

2.3 Objetivo general

El objetivo que se persigue es contar con los datos de carácter geohidrológico que permitan planear el desarrollo sustentable de la zona agrícola.

2.4 Justificación

La planeación del desarrollo agrícola sustentable permitirá programar el crecimiento de áreas de cultivo en las zonas propicias para ello.

2.5 Naturaleza del proyecto

El proyecto plantea definir la recarga de agua subterránea que ocurre cada año, a fin de contar con los elementos que permitan una planeación eficaz del desarrollo óptimo de esta zona agrícola.

2.5.1 Descripción general del proyecto

Se recopilara la mayor cantidad de información, partiendo de la básica, como puede ser la climatológica en los aspectos de temperatura y precipitación, hasta la específica como la operación de los aprovechamientos subterráneos, por lo que se conocerán su caudal y el régimen de funcionamiento de

todos ellos. Estas actividades de índole práctica, aunadas a las de carácter teórico, son las que permiten que tanto la información antecedente como la generada en las Actividades de Campo, como son la topografía de la zona de estudio, la existencia -de aprovechamientos de agua del subsuelo, el uso del agua y sus características físico-químicas.

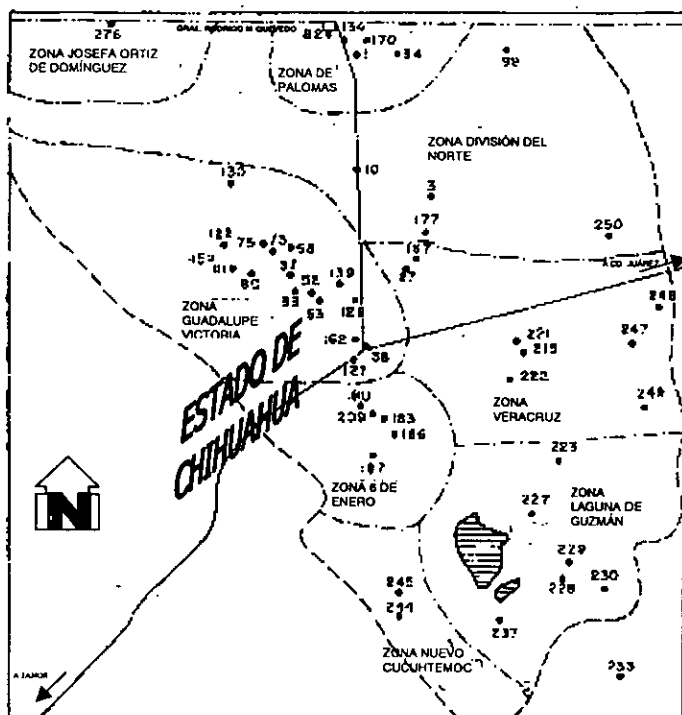
Al término de estas actividades se conocerá el numero de aprovechamientos de agua subterránea, su diámetro, profundidad, equipamiento, usos del agua, superficie, cabezas de ganado y/o No de pobladores que la utilizan; la nivelación de los brocales de los pozos. La medición de niveles deL agua subterránea; la dirección del flujo subterráneo; los volúmenes de entrada y salida de agua entre otros.

Estos datos dan sustento a la ECUACIÓN DE BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS del área de estudio.

Finalmente, la elaboración de Informes es la manera en que se asentarán los resultados obtenidos, puntualizando los valores principales, que permitirán efectuar la toma de decisiones mas acertada para el desarrollo integral de este valle. .

La definición de estos términos y la manera de efectuar las actividades que engloban, nos permitirá confirmar su relevancia para el manejo eficaz del agua subterránea:

Croquis de localización.



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN VALLE DE GUADALUPE VICTORIA

2.5.2 Superficie beneficiada

La superficie beneficiada es de aproximadamente el 60% de la ZONA DE ESTUDIO, unas 240,000 Ha.

2.5.3 Usuarios beneficiados

Los habitantes beneficiados son del orden de 12,000, entre nuevos agricultores y habitantes de las áreas urbanas.

2.5.4 Inversión requerida

La inversión necesaria para la incorporación de pozos nuevos, es de unos \$95,000 por cada pozo construido y equipado para su operación. La cantidad total estará entonces en función de los resultados del balance definitivo

de aguas subterráneas.

2.5.5 Vida útil del proyecto

La vida útil de promedio de los pozos es de 20 años.

2.5.6 Programa de trabajo

La construcción de cada pozo se realizará en un periodo de 30 a 40 días, contemplando los siguientes pasos de trabajo:

Excavación de fosa de lodos.

Situación y nivelación de perforadora.

Perforación.

Relleno de fosas de lodos.

Equipamiento de pozo.

Desarrollo y aforo

2.5.7 Obras y servicios de apoyo

Las obras u servicios de apoyo necesarios para la construcción de los pozos son:

- renta o compra de cabinas sanitarias
- tanque de almacenamiento de agua potable
- suministro de agua potable para el consumo humano
- en - en pipa
- suministro de agua no potable para la construcción
- por medio de pipa

2.5.8 Requerimientos de mano de obra

Para la construcción de cada pozo se requerirán de aproximadamente 8 trabajadores (2 perforistas, dos auxiliares de perforista, dos ayudantes, un cocinero y un velador), esto representa unas 7,000 horas hombre en promedio.

El número de personas a contratar son 16 en total para dos equipos de perforación.

Este proyecto no requiere de obras complementarias.

2.6 Uso Actual del Suelo

El terreno donde se ubicarán los pozos, esta actualmente sin uso, y en su mayoría, semiárido.

2.7 Tenencia de la Tierra

El sitio donde se construirán los pozos es en su mayoría ejidal, con algunos pequeños propietarios

2.8 Normas y Regulaciones sobre el Uso del Suelo

Todos los terrenos están considerados como de uso agrícola.

2.9 Vías de acceso

Se llega por la carretera federal N° 2, que parte de Cd. Juárez a Janos y en su Km 150 tiene un entronque hacia el poblado de Gral. Rodrigo M. Quevedo o Palomas, así como numerosos caminos vecinales y de labor que permiten un fácil desplazamiento por el área.

3.0 Requerimientos del proceso Constructivo y Operativo del proyecto

3.1 Maquinaria y Equipo

a) Etapa de construcción

Equipo.

Una perforadora montada en un camión transportador.

Una planta de soldar.

Un camión de carga.

Una pipa de agua.

Un camión autocargable.

Un equipo de aforo.

Recursos humanos.

3 operadores especializados de maquinaria.

3 auxiliares.

1 chofer de camión.

1 cocinero.

b) Etapa de operación

La operación será efectuada por cada propietario de terreno de riego.

3.2 Recursos Naturales del Área que serán aprovechados

Para el estudio geohidrológico no se utilizarán recursos naturales, lo que también es válido para la operación de pozos.

3.3 Requerimientos y Fuentes de suministro de Energía

Eléctrica (no se requiere)

Combustible (solo en la etapa de construcción).

El tipo de combustible a utilizar en la etapa de construcción es diesel y gasolina.

Requerimientos: Se utilizarán 500 litros de gasolina y 300 de diesel por turno.

3.4 Requerimientos de Agua

Fuente de suministro: La red de agua potable de la Ciudad de Tijuana, B.C.

Requerimientos de agua potable:

En la etapa de construcción 100 m³/día.

3.5 Generación de residuos

En: Etapa de preparación de sitio y Etapa de construcción

Emisiones a la atmósfera. Las emisiones a la atmósfera que ocasionará la construcción de la línea de interconexión de los pozos de la Zona Oriente, serán generados por los vehículos y la maquinaria utilizados en el proceso. Los principales compuestos producidos por los motores de combustión son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos, óxidos de nitrógeno (Nox), partículas suspendidas totales y bióxido de azufre. Por este motivo, los vehículos y maquinaria utilizados deberán de cumplir con las normas de protección al ambiente, además de estar en buenas condiciones, de tal modo que las emisiones a la atmósfera que se generen sean las mínimas. También se deberán de utilizar los combustibles menos contaminantes como MAGNA SIN y DIESEL SIN.

Descarga de aguas residuales. No se descargarán aguas residuales durante el proceso de la construcción, ya que es de alta prioridad la protección del recurso agua de la zona. Se rentarán cabinas sanitarias móviles para evitar la contaminación por aguas negras. Durante la construcción deberá de utilizarse tan solo el agua necesaria para no generar excedentes contaminados con materiales empleados en la construcción.

Residuos sólidos. Los residuos sólidos que se generarán en la obra serán principalmente materiales de la construcción. Para minimizar este tipo de residuos se realizarán cálculos precisos del material a utilizar para evitar excedentes. Los

materiales reciclables se recolectarán por separado, los residuos se depositarán en el relleno sanitario que sea asignado por la autoridad. El área afectada por la construcción se limpiará exhaustivamente una vez concluida la obra.

Emisiones de ruido. Las emisiones de ruido que causará la construcción de pozos del área en estudio, no afectarán considerablemente la zona, ya que el sitio en donde se ubica se encuentra prácticamente despoblado, además de que el tiempo en el que se llevara a cabo la construcción es corto (30 –40 días).

4. Conclusiones

La construcción de pozos agrícolas , representa un bajo o nulo impacto en el medio, ya que sus instalaciones son subterráneas.

El objetivo de la construcción de pozos de agua, es garantizar la cobertura de agua de riego para incrementar la producción agrícola.

5. Referencias

1. INE-SEMARNAP. Otoño de 1996. Gaceta Ecológica. Número 40. México.
2. Dirección General de Desarrollo Urbano. Gobierno del Estado de Baja California.
3. SEDUE. 1989. Gaceta Ecológica. Volumen 1. México.

CONCLUSIONES

Primera.- El análisis de los datos de temperatura, precipitación y evaporación arroja como resultado que la precipitación media anual es de 260.7 mm la temperatura media anual de 16-2°C; y la evaporación media de 3231.3 mm/año. La evapotranspiración media calculada es de 252.6 mm/año.

Segunda.- Se encuentran identificadas la zona de la Laguna de Guzmán y las colindantes como áreas con mala calidad

del agua.

Tercera.- Fueron localizados y censados 309 aprovechamientos de los cuales se encontraron activos 217; de ellos 195 son pozos y 22 norias-

Cuarta.- La ubicación de estos aprovechamientos es muy concentrada, ya que la mayoría de ellos se localizan en las Colonias Guadalupe Victoria, Veracruz y 6 de Enero

Quinta.- Con base en los datos del censo de aprovechamientos de agua subterránea, se calculó un volumen de extracción de 64×10^6 m³/año.

Sexta.- En la zona de estudio afloran varias unidades litológicas:

a) Calizas y Margas del Paleozoico.

b) Calizas, Margas y Areniscas del Jurásico y Cretácico.

c) Derrames de rocas ígneas extrusivas (riolita y basalto) y sedimentos continentales (arcilla, arenas, limos) del Terciario.

d) Depósitos de piedemonte, aluviales, fluviales, eólicos y lagunares del Cuaternario.

Séptima.- En la zona de estudio ocurrieron 3 eventos tectónicos de importancia:

Los plegamientos de los sedimentos paleozoicos de finales del Pérmico.

La Orogenia Laramide.

La Tafrogenia ocurrida durante el Eoceno – Oligoceno.

Octava.- Las profundidades al N.E. varían desde 4 hasta 70 m, distribuidos heterogéneamente en toda el área.

Novena.- Las elevaciones del N.E. determinadas en la zona de estudio van desde 1200 hasta 1150 m.s.n.m.

Décima. - Las evoluciones que se presentan son de gran magnitud, con valores máximos hasta de 15 m de abatimiento, siendo la media en las áreas de explotación bien definidas del orden de 5 m en seis meses.

Décima primera.- Puede suponerse por las configuraciones elaboradas, que la recarga favorece en gran medida la, recuperación del acuífero, pues aunque existe un cono de abatimiento en la zona de la Colonia Guadalupe Victoria, éste no está muy acentuado, siendo el gradiente hidráulico promedio del orden de 0.01 aproximadamente.

Décima segunda.- Se llevaron a cabo 5 pruebas de bombeo, determinándose coeficientes de transmisividad que varían entre 3.89×10^{-4} y $1.15 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg}$.

El coeficiente de almacenamiento regional calculado fue de 2.6×10^{-6}

Décima tercera.- Pudo efectuarse un balance de aguas subterráneas en la zona de Guadalupe Victoria,

determinándose la magnitud de la recarga, con valor de 26.64×10^6 m³ / año, debiendo tomarse este valor con cautela ya que existe escasez de información para considerar el cálculo concluyente.

Décima cuarta.- De la misma ecuación resalta la existencia de disponibilidad adicional hacia el Sur de esta zona, pues el volumen de salidas horizontales en esa dirección es bastante considerable, 48.37×10^6 m³

Décima Quinta.- El modelo conceptual elaborado para la zona de estudio parece indicar la existencia de 2 sistemas acuíferos independientes en su zona de recarga, pero con igual dirección de flujo, de NW a SE, desembocando ambos en la Laguna de Guzmán.

Décima Sexta.- Se recomiendan para el incremento de la explotación dos zonas: la primera, hacia el sur de la Colonia Guadalupe Victoria, y la segunda, en la porción oriental del área de estudio, esta última, con posibles limitantes debidas a la calidad del agua. Esta condición es sólo comprobable con un estudio más, completo.

RECOMENDACIONES.

Efectuar un estudio complementario integrando la zona de Ascensión a la de Palomas Guadalupe Victoria, ya que su comunicación hidrogeológica existe por el cauce del Río Casas Grandes. Esto servirá para poder establecer una ecuación de balance confiable.

Efectuar sondeos geofísicos en el cauce del Río Casas

Grandes y en la porción E, de la zona de estudio para definir el espesor de los rellenos y conocer su potencialidad acuífera.

Realizar pruebas de bombeo de larga duración para poder determinar en forma real el coeficiente de almacenamiento de los acuíferos.

Conseguir datos geohidrológicos de los Valles de Mimbres, La Mesilla y el Condado de Luna en Nuevo México para integrarlos a estudios subsecuentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARIEL CONSTRUCCIONES, S.A.** Iniciación del Estudio Geohidrológico. en la Zona de Palomas en el Estado de Chihuahua.
Secretaría de Recursos Hídricos.
México, D.F, 1975.

2. **BASLER A.J. Y ALARY J. L.**
Quality of the Shallow Ground Water in the Rincon and Mesilla Valley
Department of the Interior Geological Survey, U.S.A.
New Mexico, 1968

3. **CANTOS FIGUEROLA JOSE**
Tratado de Geofísica Aplicada
José Cantos Figuerola
Madrid, España, 1974

4. **CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL VIGÉSIMA SESIÓN**
Estratigrafía Mesozoica y Tectónica de la Sierra de Chihuahua; Pérmico del Placer de Guadalupe, Chih. y Geohidrología de la Región Lagunera; Estratigrafía. Mesozoica y Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Mapimí, Dgo. y Monterrey, N.L.
CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL.
México, D.F, 1956

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

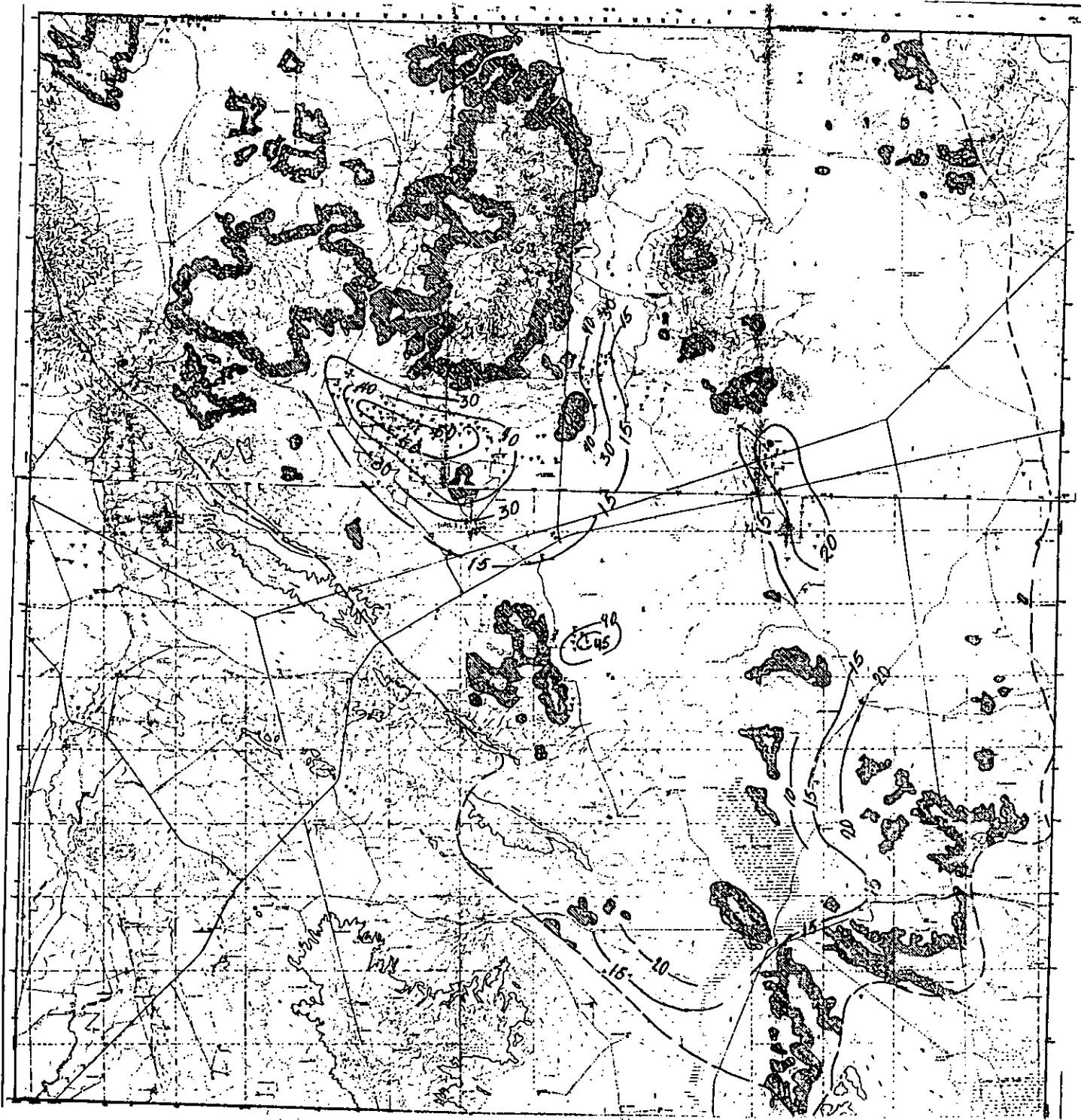
CUSTODIO. E. Y LLAMAS, M.R,
Hidrología Subterránea Tomos I y II
Editorial Omega.
BARCELONA, 1975

- 5. NEW MEXICO GEOLOGICAL SOCIETY** Guidebook of
the Border Region Road Long from Ciudad Juarez,
Ascension, and Janos. Road Long from Ciudad Juarez,
Sierra Boca Grande, Chih.
ED. Diego A. Cordoba Et Al
New Mexico, 1969
- 6. NEW MEXICO GEOLOGICAL SOCIETY**
Guidebook of the Border Region Soil Association and
land classification for irrigation at Luna county
ED. Diego Cordoba Et Al.
New. Mexico, 1969
- 7. NEW MEXICO GEOLOGICAL SOCIETY**
Guidebook of the Border Region Volcanic History of the
Black Mountain, Santo Tomas Basalts, Potrillo
Volcanics,
DOÑA ANA COUNTY
ED. Diego Cordoba Et Al.
New Mexico, 1969

8. **RODRÍGUEZ H. ROBERTO.**
Geoquímica Aplicada al Estudio del Agua Subterránea
Tesis Profesional
UNAM. Facultad de Ingeniería.
México, D.F, 1978
9. **SECRETARIA DE RECURSOS HIDRÁULICOS**
Boletín Hidrológico de la Región Hidrológica N° 34
Secretaría de Recursos Hidráulicos.
México, D.F, 1974
10. **TAYLOR M. ANDREW.**
Geohidrológic Investigations in the Mesilla Valley NE
Mexico.
Thesis of Master of Science in civil Engine
New Mexico State University Las Cruces
New Mexico, 1967

**“METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.”**

PLANOS, TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS



SIMBOLOGIA

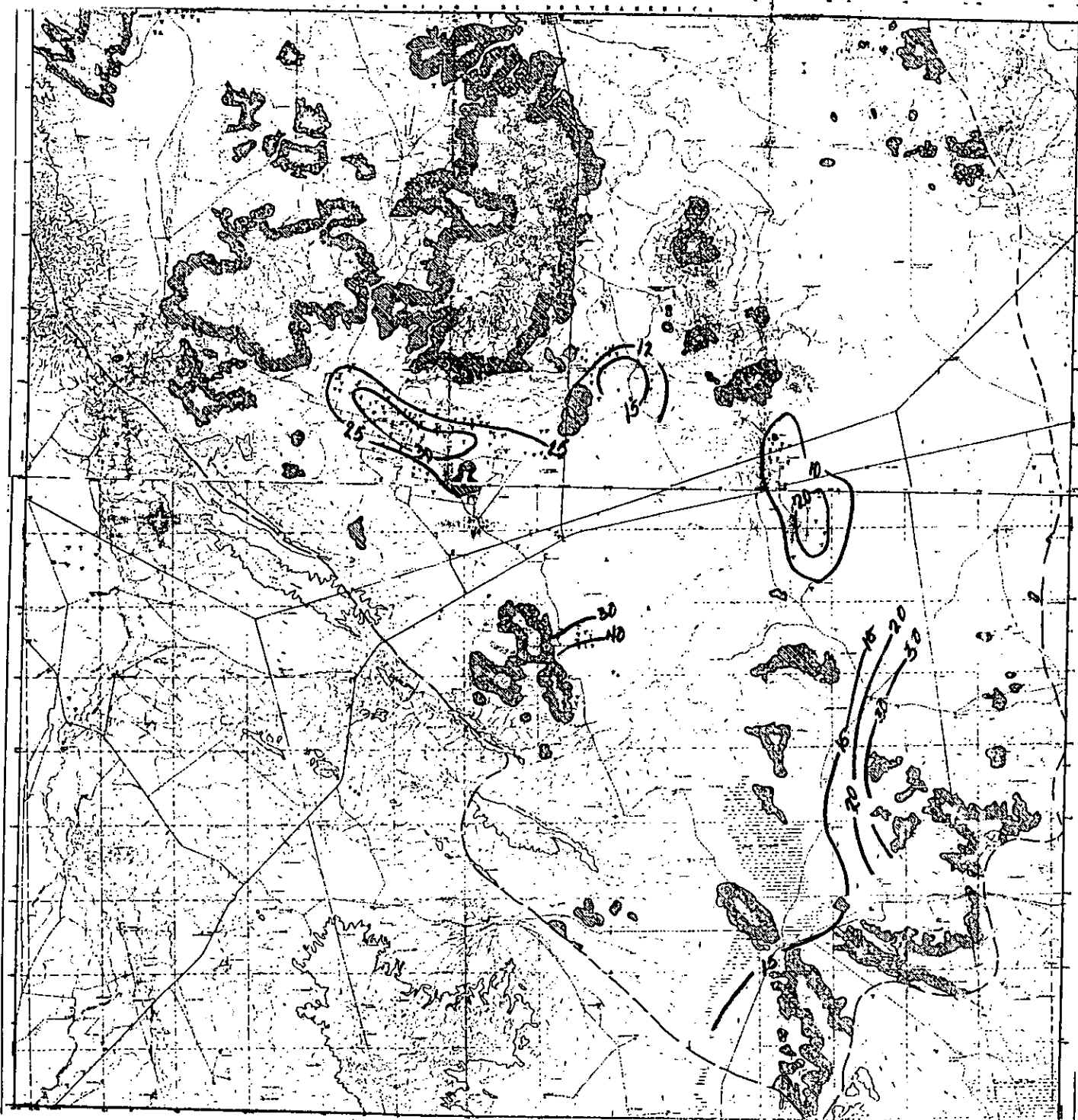
FERROCARRIL	++++
CARRETERA PAVIMENTADA	————
TERRACERÍA	- - - - -
BRECHA	· · · · ·
AEROPISTA	⊥
RIO	~ ~ ~ ~ ~
ARROYO	~ ~ ~ ~ ~
POBLACIÓN	⊕
MINA	⊗
CURVA DE NIVEL MAESTRA	— 500 —
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	— — — — —
POZO	○
POZO PILOTO	○
NORIA	○
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	— 50 —
CURVA INDICADORA	— — — — —
BARRERA IMPERMEABLE	▨



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ PLANO P-1
PROFUNDIDAD AL N.E. SEPT. 98



SIMBOLOGIA

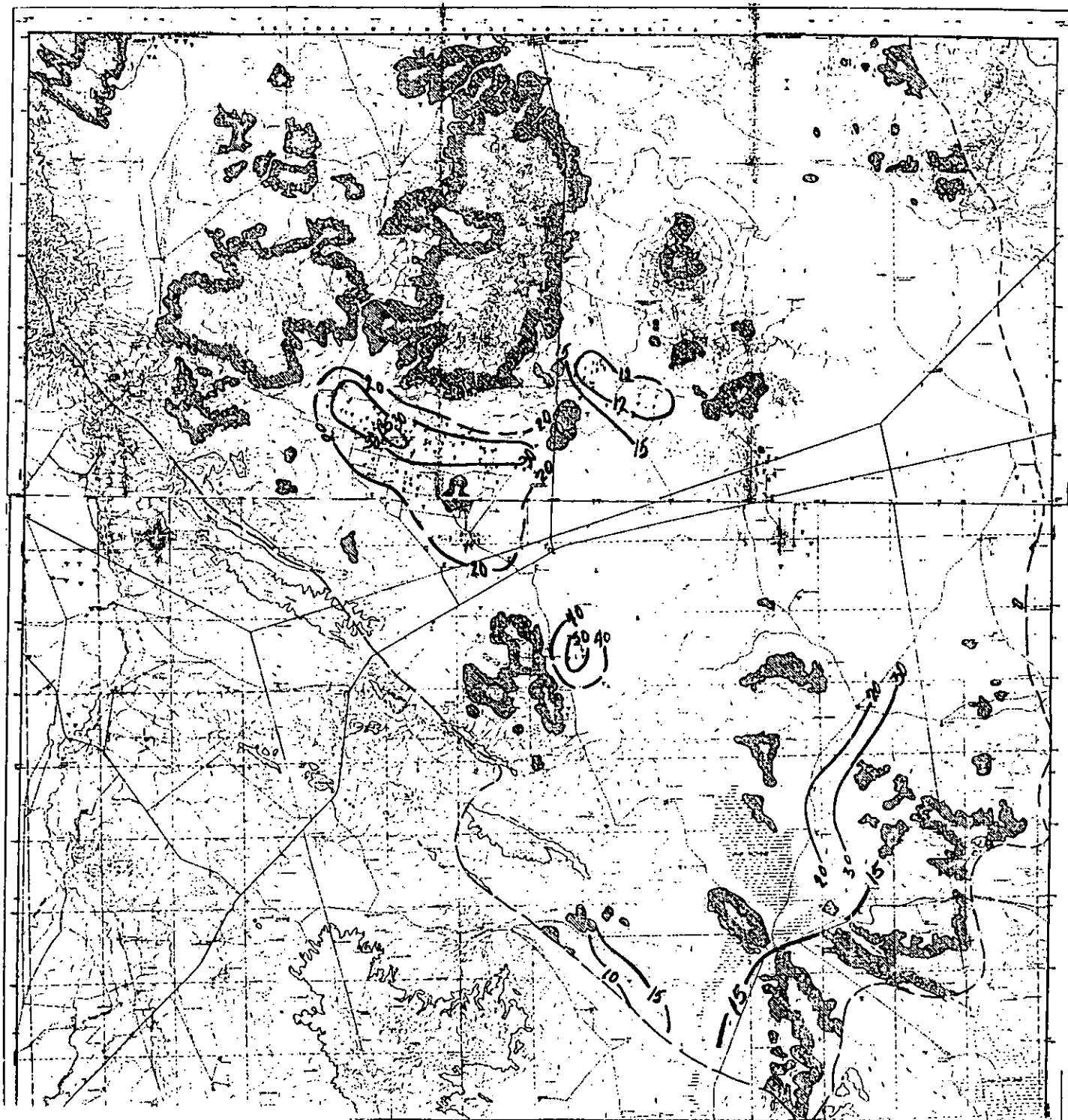
FERROCARRIL	
CARRERA PAVIMENTADA	
TERRACERÍA	
BRECHA	
AEROPISTA	
RIO	
ARROYO	
POBLACIÓN	
MINA	
CURVA DE NIVEL MAESTRA	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	
POZO	
POZO PILOTO	
NORIA	
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	
CURVA INDICADORA	
BARRERA IMPERMEABLE	



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ PLANO P-2
PROFUNDIDAD AL N.E. DIC 98



SIMBOLOGIA

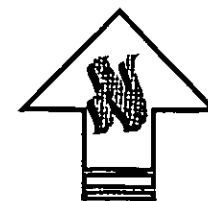
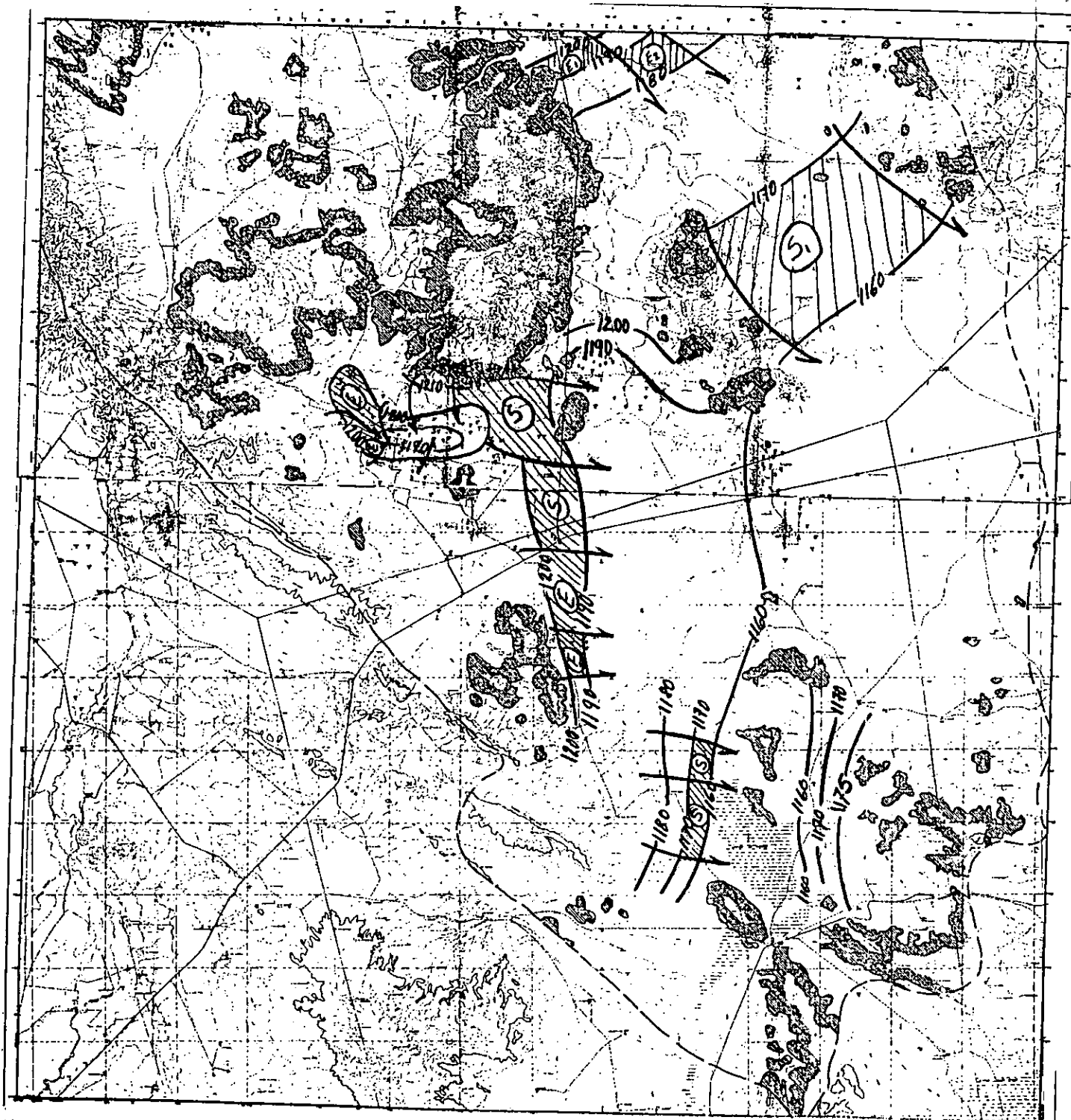
FERROCARRIL	
CARRETERA PAVIMENTADA	
TERRACERÍA	
BRECHA	
AEROPISTA	
RIO	
ARROYO	
POBLACIÓN	
MINA	
CURVA DE NIVEL MAESTRA	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	
POZO	
POZO PILOTO	
NORIA	
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	
CURVA INDICADORA	
BARRERA IMPERMEABLE	



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ PLANO **P-3**
PROFUNDIDAD AL N.E. FEB 00



SIMBOLOGIA

FERROCARRIL	
CARRETERA PAVIMENTADA	
TERRACERÍA	
BRECHA	
AEROPISTA	
RIO	
ARROYO	
POBLACIÓN	
MINA	
CURVA DE NIVEL MAESTRA	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	
POZO	
POZO PILOTO	
NORIA	
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	
CURVA INDICADORA	
BARRERA IMPERMEABLE	

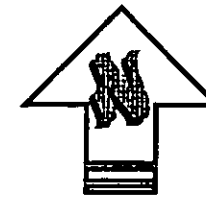
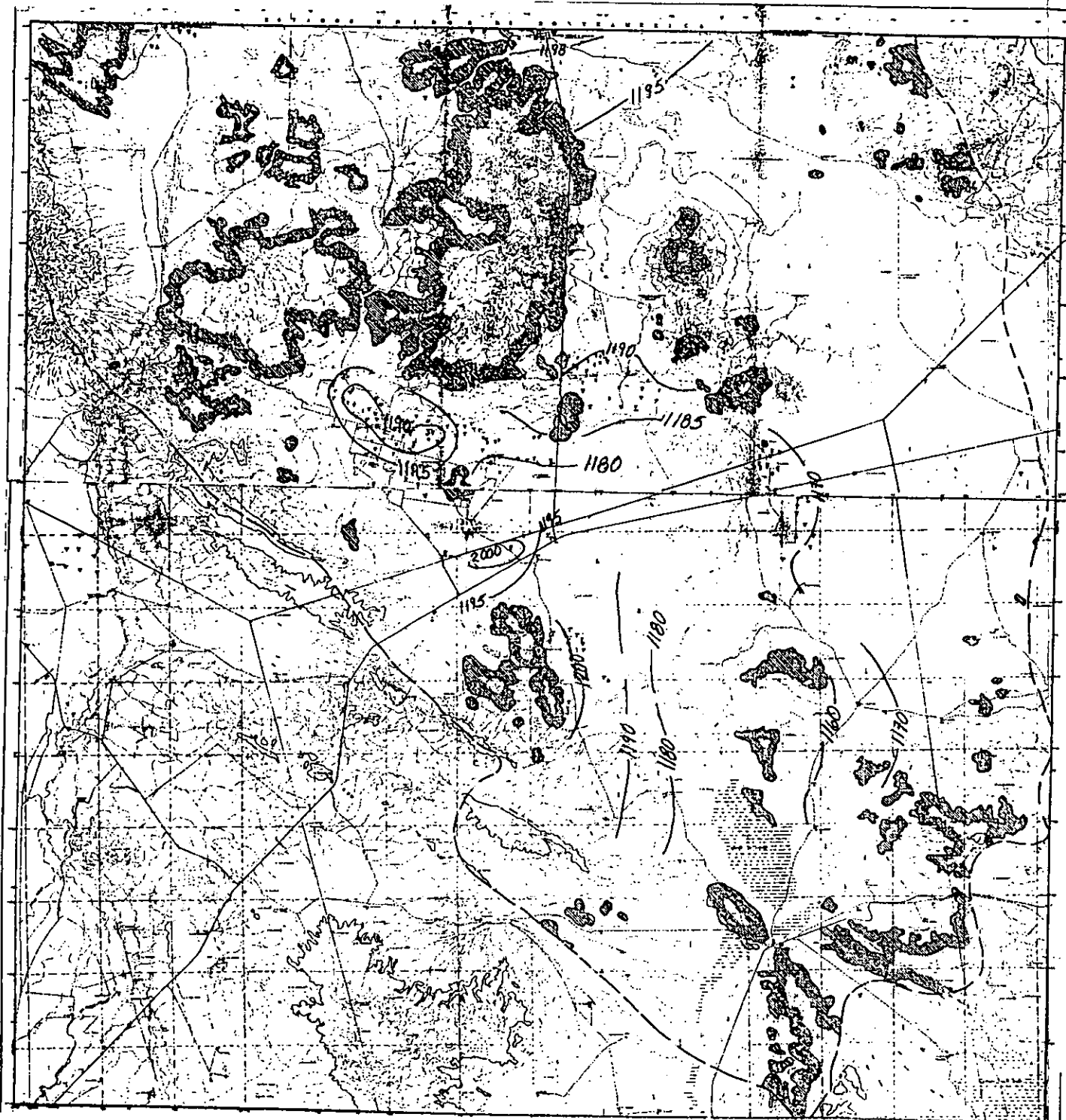


UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ

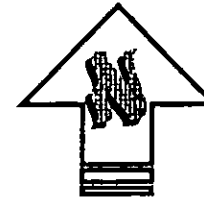
PLANO P-4
ELEVACION DEL N.E. SEPT 99



SIMBOLOGIA

FERROCARRIL	++++
CARRETERA PAVIMENTADA	=====
TERRACERÍA	-----
BRECHA	- - - - -
AEROPISTA	-----T
RIO	~~~~~
ARROYO	~~~~~
POBLACIÓN	+□
MINA	×
CURVA DE NIVEL MAESTRA	-----000
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	~~~~~
POZO	○
POZO PILOTO	○
NORIA	○
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	-----
CURVA INDICADORA	~~~~~
BARRERA IMPERMEABLE	

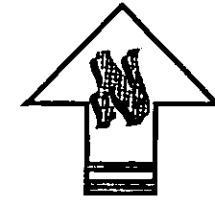
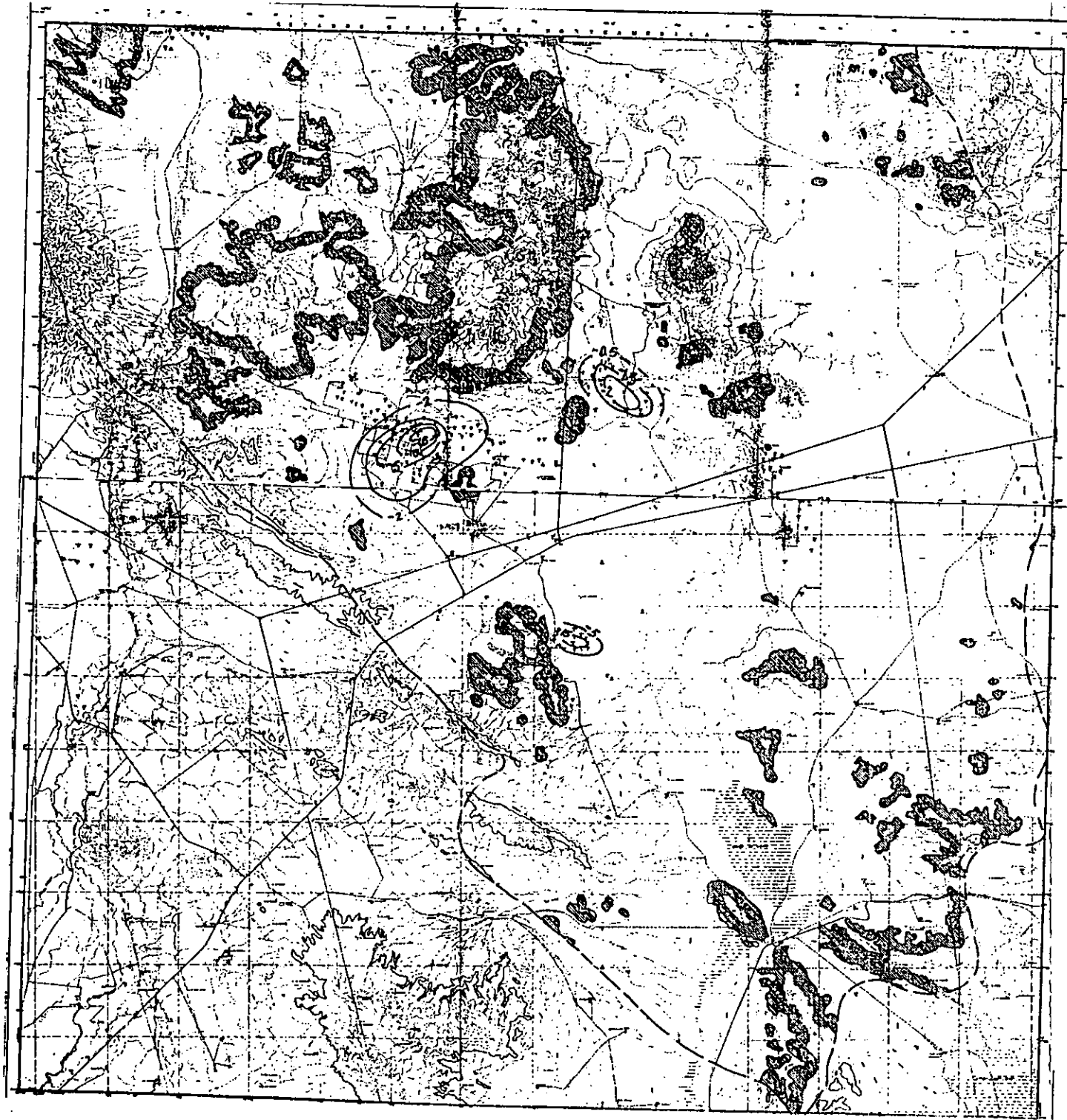
	<p>UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA</p>
<p>METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.</p>	
<p>CARLOS PÉREZ GONZALEZ</p>	<p>PLANO P-5 ELEVACIÓN DEL N.E. DIC 99</p>



SIMBOLOGIA

FERROCARRIL	++++
CARRETERA PAVIMENTADA	————
TERRACERÍA	- - - - -
BRECHA
AEROPISTA	———▶
RIO	~~~~~
ARROYO	~~~~~
POBLACIÓN	⊕
MINA	⊗
CURVA DE NIVEL MAESTRA	——— 600
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	———
POZO	○
POZO PILOTO	○
NORIA	○
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	———
CURVA INDICADORA	———
BARRERA IMPERMEABLE	

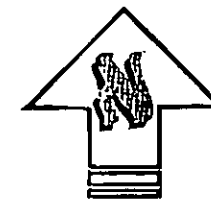
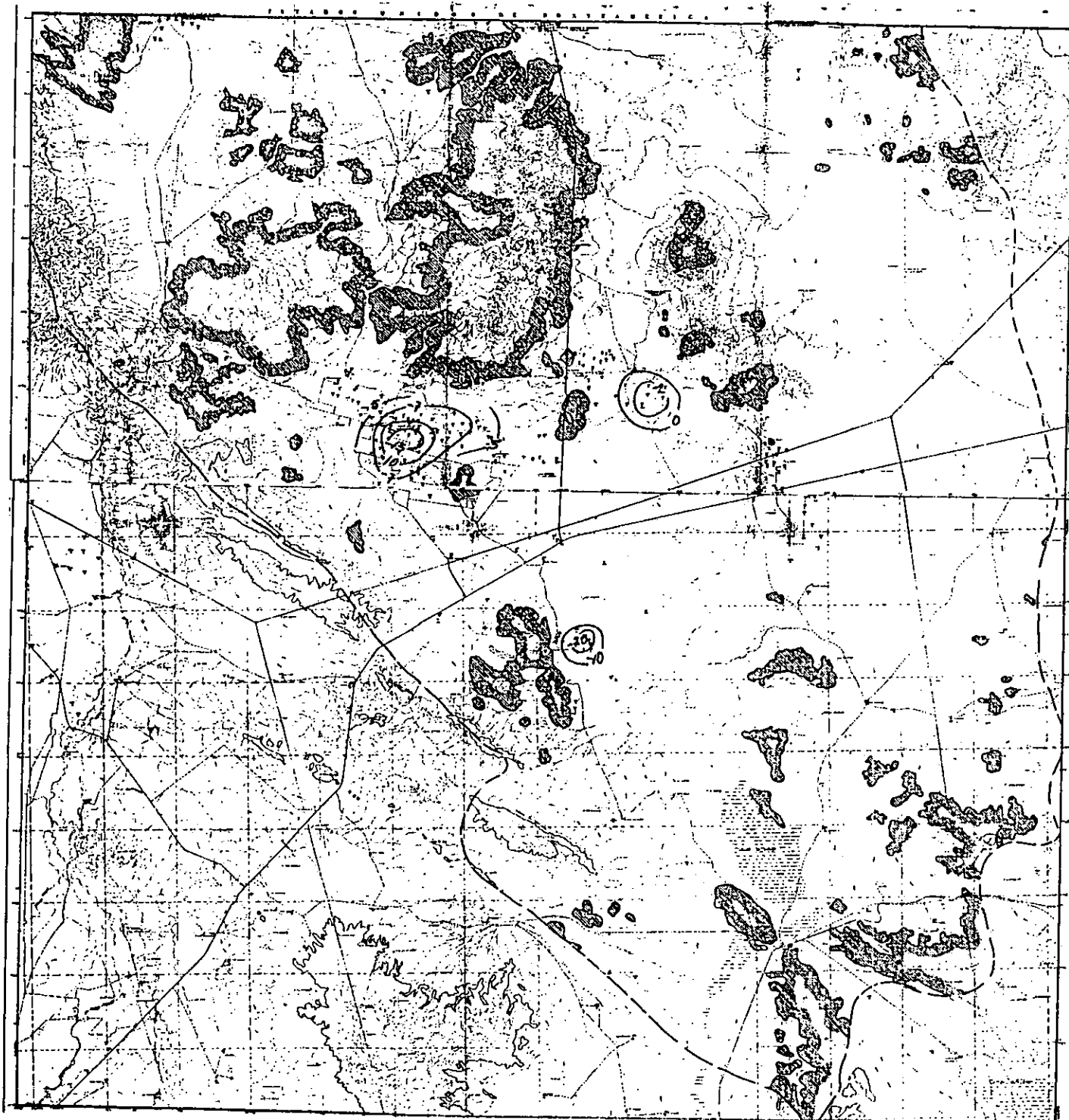
	<p>UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA</p>
<p>METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.</p>	
<p>CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ</p>	<p>PLANO P-6 ELEVACIÓN DEL N.E. FEB 00</p>



SIMBOLOGIA

FERROCARRIL	++++
CARRETERA PAVIMENTADA	————
TERRACERÍA	- - - - -
BRECHA	· · · · ·
AEROPISTA	—————>
RIO	~~~~~
ARROYO	~~~~~
POBLACIÓN	+
MINA	x
CURVA DE NIVEL MAESTRA	—000—
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	~~~~~
POZO	o
POZO PILOTO	o
NORIA	o
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	~~~~~
CURVA INDICADORA	~~~~~
BARRERA IMPERMEABLE	

	<p>UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA</p>
<p>METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEODROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.</p>	
<p>CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ</p>	<p>PLANO P-7 EVOLUCIÓN DEL N.E. SEPT-DIC 88</p>



SIMBOLOGIA

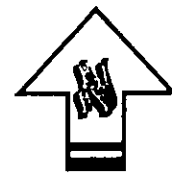
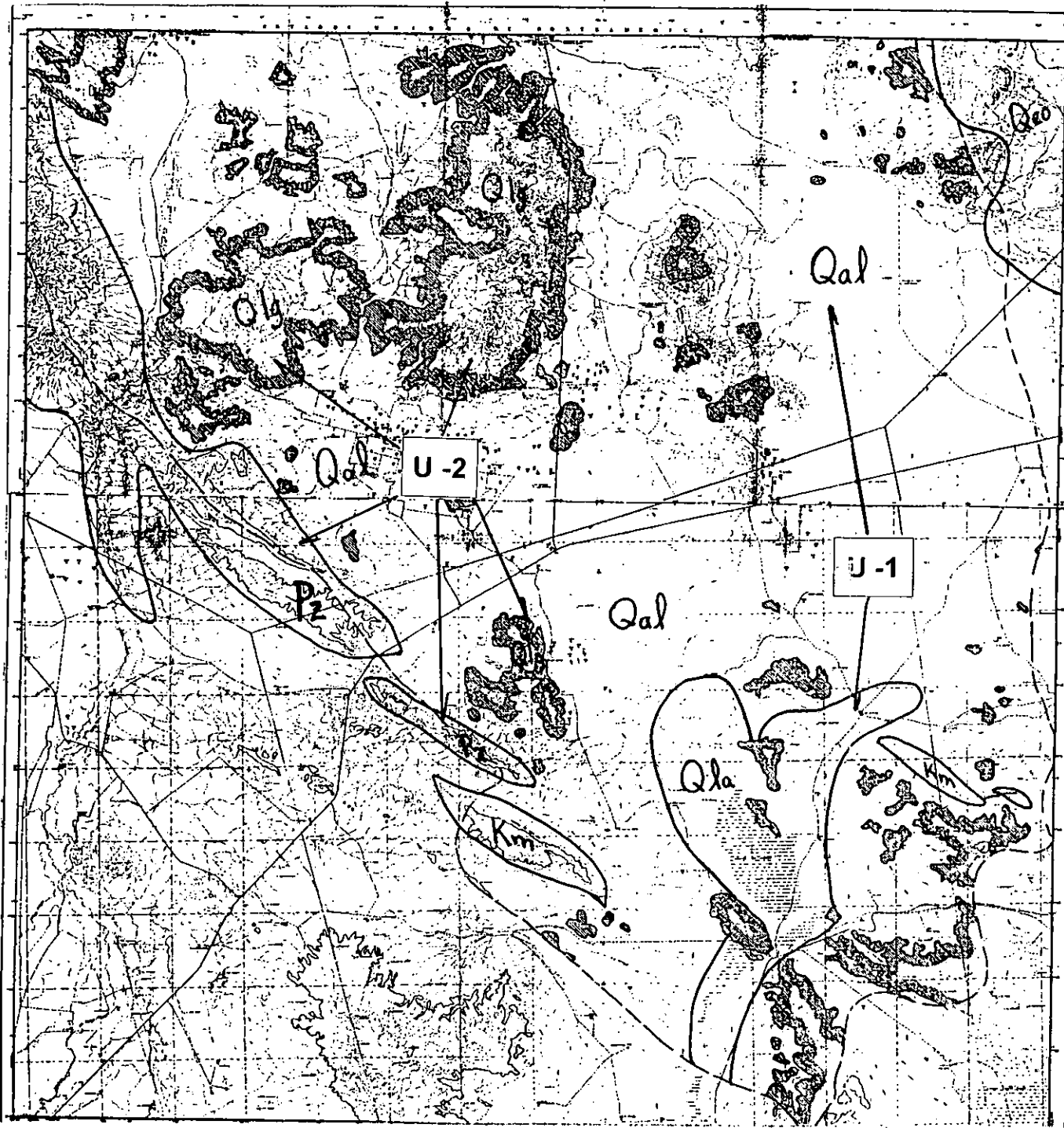
FERROCARRIL	+	+	+	+
CARRETERA PAVIMENTADA	—	—	—	—
TERRACERÍA	- - -	- - -	- - -	- - -
BRECHA	- - -	- - -	- - -	- - -
AEROPISTA	—	—	—	—
RIO	~	~	~	~
ARROYO	~	~	~	~
POBLACIÓN	+	+	+	+
MINA	x	x	x	x
CURVA DE NIVEL MUESTRA	500	500	500	500
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	—	—	—	—
POZO	o	o	o	o
POZO PILOTO	o	o	o	o
NORIA	o	o	o	o
LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO	- - -	- - -	- - -	- - -
CURVA INDICADORA	—	—	—	—
BARRERA IMPERMEABLE				



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOMORFOLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ PLANO **P-8**
EVOLUCIÓN DEL N.E. SEPT 99-FEB 00



LEYENDA

U-1 UNIDAD PERMEABLE

- Qal Suelos Aluviales
- Qeo Depósitos Eólicos, Dunas, Médanos
- Qla Depósitos Lacustres

U-2 UNIDAD IMPERMEABLE

- Qlg Rocas ígneas Extrusivas
- Kun Alternancia de Lutitas y Areniscas
- Pz Calizas y Lutitas

SIMBOLOGIA

- FERROCARRIL
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERÍA
- BRECHA
- AEROPISTA
- RIO
- ARROYO
- POBLACIÓN
- MINA
- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA
- POZO
- POZO PILOTO
- NORIA
- LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO
- CURVA INDICADORA
- BARRERA IMPERMEABLE



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS. APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ

PLANO P-9
PLANO HIDROGEOLOGICO

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

PIEZOMETRÍA DE POZOS PILOTO

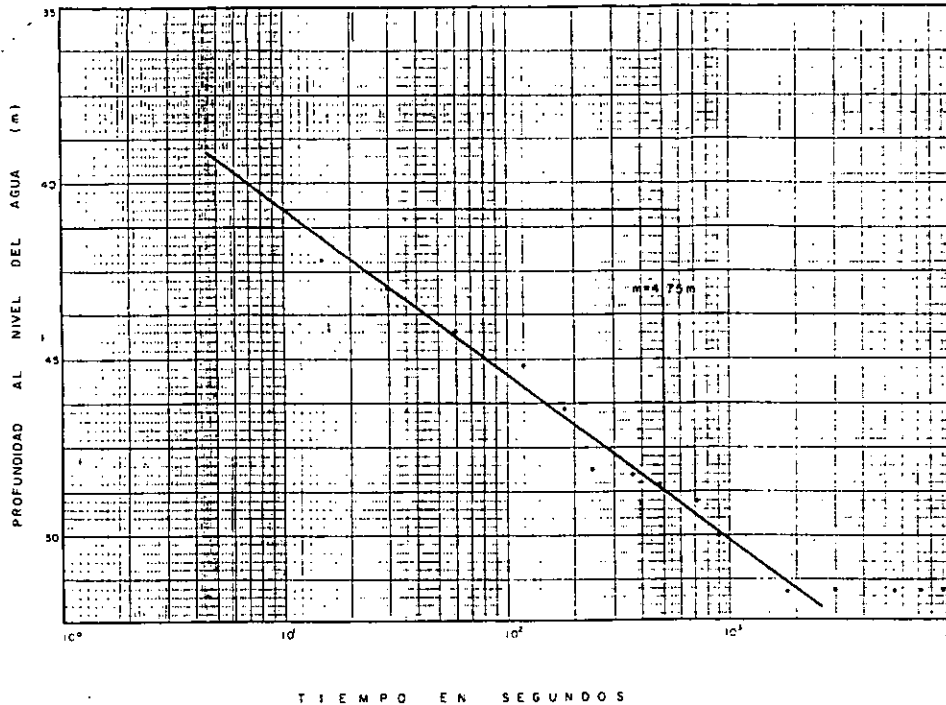
POZO N°	PROF. DEL POZO m.	ELEVACIÓN DEL BROCAL m.s.n.m.	PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO			ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO		
			SEPT-1999	DIC-2000	ENE-FEB-2001	SEPT-1999	DIC-2000	ENE-FEB-2001
3	90	1222.719	21.11	31.32	29.76	1201.61	1191.40	1192.96
4	150	1212.000	30.36	18.75	17.50	1181.64	1193.25	1194.50
6	42	1181.857	18.12	11.55	10.40	1163.74	1170.31	1171.46
7	210		15.52	17.90	15.32			
10	84		39.11	45.84	43.64			
11	210	1206.782	48.570	11.50	11.05	1158.21	1195.28	1195.73
16	60		12.08	12.58	18.34			
17	22	1204.614	14.15	16.30	15.10	1190.46	1188.31	1189.51
24	65	1202.066		11.38	11.30	1202.07	1190.69	1190.77
27	12	1200.745	9.01	8.62	11.00	1191.74	1192.13	1189.75
29	20	1193.945	36.29	36.60	34.37	1157.64	1159.35	1159.58
33	120	1205.474	24.00	10.09	8.13	1181.47	1195.38	1197.34
37	120	1219.138	32.41	25.60	24.79	1186.73	1193.54	1194.35
38	31	1206.772	11.18	12.96	9.56	1195.59	1193.81	1197.21
39	150	1208.317	60.53	11.00	11.03	1147.79	1197.32	1197.29
42	120	1216.106	70.05	55.90	52.55	1146.06	1160.21	1163.56
44	90		13.46		8.06			
47	150	1220.839	22.340	30.84	18.80	1198.50	1190.00	1202.04
62	105	1216.664	24.17	38.52	38.84	1197.49	1193.14	1182.82
66	90	1226.615	27.65	30.58	29.18	1198.97	1196.04	1197.44
68	51	1218.044	8.18	10.33	9.41	1209.86	1207.71	1208.63
71	66	1221.804	22.71	20.62	18.70	1199.09	1201.18	1202.10
75	81	1223.418	11.35	27.08	25.32	1212.07	1196.34	1198.10
76	84	1215.814	22.22	18.00	17.30	1193.59	1197.81	1198.51
78	102	1220.791	14.50	22.45	21.90	1206.29	1198.34	1198.89
80	53	1222.462	36.71	27.34	30.86	1185.75	1195.12	1191.60
82	42	1221.998	25.05	24.85	23.10	1196.95	1197.15	1198.90
88	66		40.87	45.10	44.30			
94	90	1222.365	18.86	24.15	18.17	1203.51	1198.22	1204.20
100	90	1223.639	24.250	17.31	15.31	1199.39	1206.33	1208.33
101	125	1225.337	37.61	46.85	44.89	1187.73	1178.49	1180.45
108	90	1219.188	15.12	22.46	22.90	1204.07	1196.73	1196.29
111	87	1224.118	27.03	28.13	24.43	1197.09	1195.99	1197.70
114	60	1228.474	27.57	36.00	34.00	1200.90	1192.47	1194.47
118	110	1222.187	48.01	29.47	27.80	1174.18	1192.72	1194.39
120	90	1225.092	33.61	31.30	30.53	1191.48	1193.79	1194.56
123	81	1225.075	327.39	30.05	27.00	897.69	1195.03	1198.08
124	60	1219.609	12.21	14.10	10.63	1207.40	1205.51	1208.98
127	40	1208.947	12.57	12.70	9.88	1196.40	1196.27	1199.09

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

PIEZOMETRÍA DE POZOS PILOTO

POZO Nº	PROF. DEL POZO m.	ELEVACIÓN DEL BROCAL m.s.n.m.	PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO			ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO		
			SEPT-1999	DIC-2000	ENE-FEB-2001	SEPT-1999	DIC-2000	ENE-FEB-2001
132	156	1259.497	27.08	42.30		1231.42	1216.20	1258.50
133	57	1212.969	10.91			1202.06	1212.97	1212.97
140	126	1210.954		26.30	25.08	1210.95	1184.65	1185.87
148	141	1218.015	24.71	27.60	25.36	1191.31	1190.42	1192.64
152	120	1217.701	15.71	18.10	18.86	1201.99	1199.60	1198.84
154	155		24.18	27.18	25.84			
162	50		15.52	16.53	13.22	-15.52	-16.53	-13.22
177	20	1202.020	12.07	13.67	10.46	1189.95	1188.35	1191.56
181	180	1203.051	42.00	46.80	45.16	1161.05	1156.25	1157.89
182	180	1202.069	46.00	46.36	44.99	1156.07	1155.71	1157.08
183	180	1201.895	42.00	37.56	35.98	1159.90	1164.34	1165.92
187	220	1209.099	9.00	9.18	11.15	1200.10	1199.92	1197.95
199	48		24.11	27.38	26.80			
200	45		12.03	15.20	14.18			
201	66		15.81	17.16	15.16			
202	90		12.11	15.02	14.90			
213	180	1189.369	21.17	21.30	20.76	1168.20	1168.07	1169.21
218	40		12.09	12.30	10.93			
219	19		11.37	11.00	11.76			
220	14		12.78	12.00	10.15			
221	16		10.92	10.00	10.10			
222	54	1188.414	16.07	17.50	15.90	1172.54	1171.11	1172.71
223	36	1176.562	14.53	15.16	13.00	1162.03	1161.40	1163.58
224	36	1192.707	18.26	23.40	18.96	1174.43	1169.31	1173.75
225	36	1200.311	30.21	31.90	30.05	1170.10	1168.41	1170.26
226	33	1191.257	28.44	32.30	29.96	1162.82	1158.96	1161.30
227	30	1179.512	12.32	13.85	990.00	1167.19	1165.66	189.51
229	30		14.32	17.80	16.56			
230	90	1234.185	22.54	24.63	23.08	1211.65	1209.56	1211.11
236	10	1175.592	4.72	1.26	1.28	1170.87	1174.33	1174.31
237	30	1193.010	15.32	18.16	17.34	1177.69	1174.85	1175.67
238	21	1184.763	3.39	2.20	2.16	1181.37	1182.56	1182.60
244	36		13.27	14.50	13.22			
245	48	1219.246	18.31	19.30	18.54	1200.94	1199.95	1200.71
247	30	1172.170	15.32	16.00	13.80	1156.85	1154.17	1158.37
249	120	1167.827	12.25	14.66	12.13	1153.58	1153.17	1155.70

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



$$T = \frac{0.183 Q}{m} ; \quad T = \frac{0.183 \times 0.044}{4.75} \quad T = 8.05 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{Seg}$$

$$S = \frac{2.25 T f_0}{r^2} ; \quad S = \frac{2.25 \times \quad}{\quad} \quad S =$$

MPIO: ASCENSION

ZONA: PALOMAS
 GUADALUPE VICTORIA
 L.O.C. PREDIO: COLONIA
 S. DE ENERO

FOZO (en del. de 1933) 1.81
 # DE AC 5 pulgs
 CAUDAL 24 l p s
 #PROP 100.00 mts
 #N E 34.10 mts
 CEDAZO(S)
 DE A. mts
 LONG TUB
 DE SUCC 9' 00 mts
 DST AL POZO
 DE BOMBEO 4.20 mts

HORA DE LECT.	SECUENCIA DE LECTURAS	TIEMPO EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO	ABATIMIENTO (m.)
11 30	0.000	0.00	39.10	
	1.5 "	0.25	42.00	2.90
	3.0 "	0.50	43.00	3.90
	4.5 "	0.75		
11 31	1.0 min	1.00	44.25	5.15
11 32	2.0 "	2.00	45 "	6.27
11 33	3.0 "	3.00	46.25	7.18
11 34	4.0 "	4.00	47.00	7.97
11 35	5.0 "	5.00	47.75	8.78
11 36	6.0 "	6.00	48.50	9.50
11 37	7.0 "	7.00	49.25	10.25
11 38	8.0 "	8.00	50.00	11.00
11 39	9.0 "	9.00	50.75	11.75
11 40	10.0 "	10.00	51.50	12.50
11 41	11.0 "	11.00	52.25	13.25
11 42	12.0 "	12.00	53.00	14.00
11 43	13.0 "	13.00	53.75	14.75
11 44	14.0 "	14.00	54.50	15.50
11 45	15.0 "	15.00	55.25	16.25
11 46	16.0 "	16.00	56.00	17.00
11 47	17.0 "	17.00	56.75	17.75
11 48	18.0 "	18.00	57.50	18.50
11 49	19.0 "	19.00	58.25	19.25
11 50	20.0 "	20.00	59.00	20.00
11 51	21.0 "	21.00	59.75	20.75
11 52	22.0 "	22.00	60.50	21.50
11 53	23.0 "	23.00	61.25	22.25
11 54	24.0 "	24.00	62.00	23.00
11 55	25.0 "	25.00	62.75	23.75
11 56	26.0 "	26.00	63.50	24.50
11 57	27.0 "	27.00	64.25	25.25
11 58	28.0 "	28.00	65.00	26.00
11 59	29.0 "	29.00	65.75	26.75
12 00	30.0 "	30.00	66.50	27.50



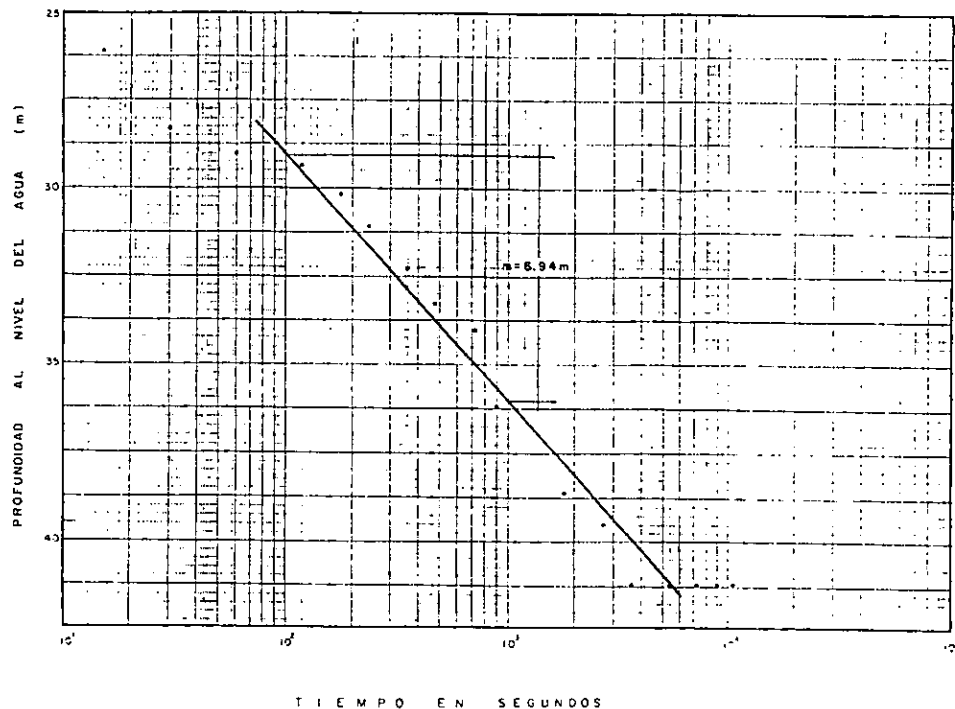
UNAM
 FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEODINAMICOS, APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ

GRÁFICA G-1
 PRUEBA DE BOMBEO

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



$$T = \frac{0.1830}{m} ; \quad T = \frac{0.183 \times 0.0346}{6.94} \quad T = 9.12 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Seg.}$$

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

MPIO ASCENSION
 P. 510
 CUCEL
 PROF. 30.70
 P.A. E.
 CEDAJO, S.
 DE
 LONG. TUB.
 DE SUCC.
 DIST. AL POZO
 DE BOMBEO

ZONA: PALOMAS
 GUADALUPE VICTORIA
 LOC. O PREIO: COLONIA
 MODELO

HORA DE LECT.	SECUENCIA DE LECTURAS	TIEMPO EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO	ABATIMIENTO
11:32	C. 100	0:00	21.70	
	1.5	0:22	24.00	2.30
	3.0	0:42	26.10	4.40
	4.5	0:55		
11:40	0 m	0:00	21.70	0.00
11:41	2.0	0:22	23.50	1.80
11:43	3.0	0:42	25.20	3.50
11:44	4.0	0:50		
11:45	6.0	1:20	27.00	5.30
11:46	8.0	1:40	28.50	6.80
11:47	12.0	2:00	30.00	8.30
11:48	15.0	2:20		
11:49	30.0	3:00	31.50	9.80
11:50	45.0	4:00	33.00	11.30
11:51	1:00	5:00	34.50	12.80
11:52	1:30	6:00	36.00	14.30
11:53	2.0	7:00	37.50	15.80
11:54	2.5	7:30	39.00	17.30
11:55	3.0	8:00	40.50	18.80
	3.5	8:30		
	4.0	9:00		
	4.5	9:30		

UNAM

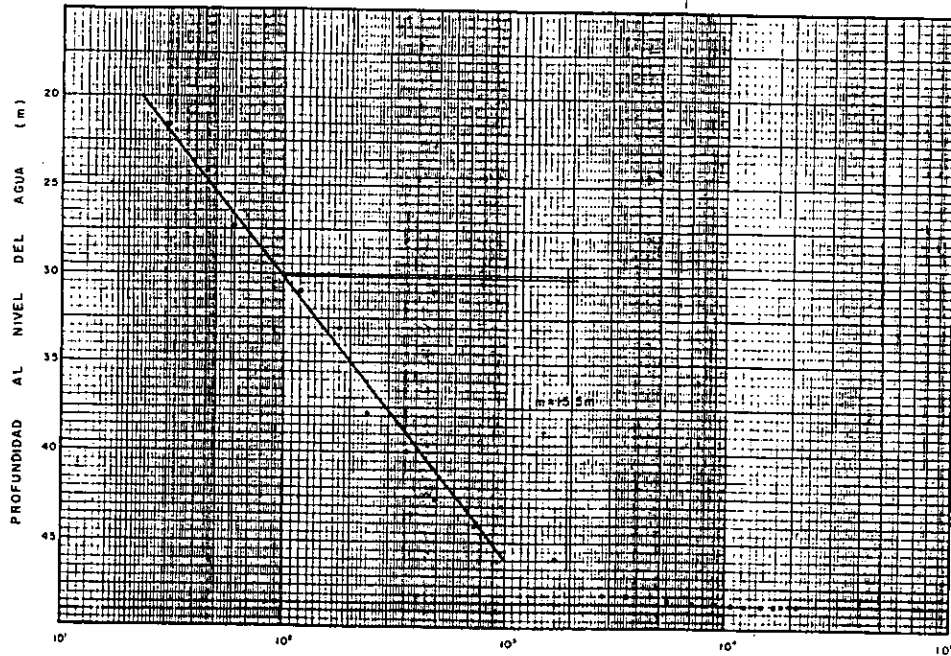
FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLOGICOS. APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA

CARLOS PEREZ GONZALEZ GRAFICA G-2

PRUEBA DE BOMBEO

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



TIEMPO EN SEGUNDOS


$$T = \frac{0.183 Q}{m} ; T = \frac{0.183 \times 0.0835}{15.5} ; T = 9.86 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Seg.}$$

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

MPIO: ASCENSION
 ZONA: PALOMAS
 GUADALUPE VICTORIA
 LOC. O PREDIO COLONIA
 6 DE ENERO

POZO No del censo: 187
 # DESC 6 pies
 CAUDAL 83.5 l.p.s
 PROF 22.0 mis
 P.N.E 1.00 mis
 CEDAZO(s)
 DE A mis
 LONG TUB DE SUCC 72 mis
 DIST AL POZO DE BOMBEO mis

HORA DE LECT.	SECUENCIA DE LECTURAS	TIEMPO EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO	ABATIMIENTO (m)
12:00	0 seg	0.00	12.00	
	1.5 "	0.25	18.08	4.08
	3.0 "	0.50	21.67	9.67
	4.5 "	0.75		
12:01	1.0 min	1.00	27.31	15.31
12:02	2.0 "	2.00	31.46	19.46
12:03	3.0 "	3.00	33.45	21.45
12:04	4.0 "	4.00	37.84	25.84
12:06	6.0 "	6.00	40.05	28.05
12:08	8.0 "	8.00	42.53	30.53
12:12	12.0 "	12.00	44.12	32.12
12:45	15.0 "	15.00	45.21	33.21
12:30	30.0 "	30.00	45.93	33.93
12:45	45.0 "	45.00	46.02	34.02
13:00	1.0 hr.	60.00	46.19	34.19
13:30	1.5 "	90.00	46.32	34.32
14:00	2.0 "	120.00	46.42	34.42
14:30	2.5 "	150.00	46.49	34.49
15:00	3.0 "	180.00	46.52	34.52
16:30	3.8 "	210.00	46.53	34.53
16:00	4.0 "	240.00	46.53	34.53
16:30	4.5 "	270.00	46.54	34.54
17:00	5.0 "	300.00	46.54	34.54
17:30	5.5 "	330.00	46.53	34.53
18:00	6.0 "	360.00	46.52	34.52



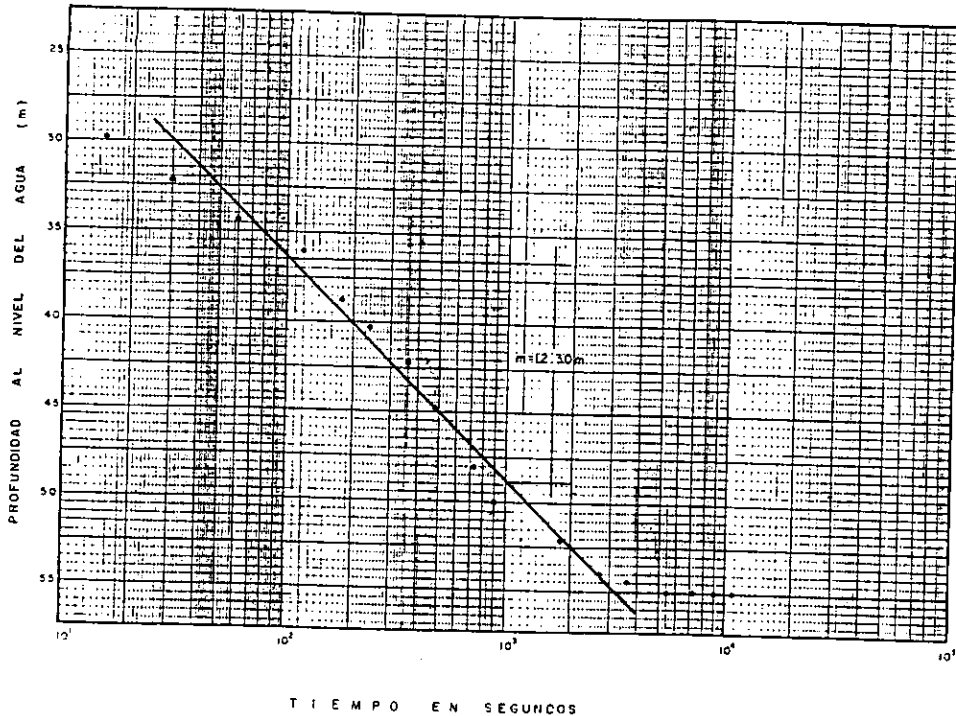
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLOGICOS, APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ GRÁFICA G-3

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO




ESTADO CHIHUAHUA
 POZO (en los centros) 124
 # DESC 5 - puigs
 CAUDAL 25.2 - l p s
 ZONA: PALOMAS
GUADALUPE VICTORIA
 LOC. O PREDIO: COLONIA
 MODELO

PROF. 158.00 - mis
 P.N.E. 28.57 - mis
 CEDAZO (s)
 DE ... - mis
 LONG. TUB.
 DE SUCC. 71.00 - mis
 DIST. AL POZO
 DE BOMBEO 1.00 - mis

HORA DE LECT.	SECUENCIA DE LECTURAS	TIEMPO EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO	ABATIMIENTO (m)
10 20	0 seg	0.00	28.57	
	15 "	0.25	27.00	1.23
	30 "	0.50	32.15	3.58
	45 "	0.75		
10 21	1.0 min	1.00	31.30	5.73
10 22	2.0 "	2.00	35.00	7.43
10 23	3.0 "	3.00	38.70	9.13
10 24	4.0 "	4.00	40.50	11.73
10 26	6.0 "	6.00	42.17	13.60
10 28	8.0 "	8.00	44.20	15.23
10 32	12.0 "	12.00	49.00	12.43
10 35	15.0 "	15.00	50.03	21.46
10 50	30.0 "	30.00	52.06	23.49
11 05	45.0 "	45.00	54.02	25.45
11 20	1.0 hr.	60.00	54.18	25.61
11 50	1.5 "	90.00	55.20	26.43
12 20	2.0 "	120.00	55.00	28.47
12 50	2.5 "	150.00	55.00	26.43
13 20	3.0 "	180.00	55.00	28.43
	3.5 "	210.00		
	4.0 "	240.00		
	4.5 "	270.00		

$$T = \frac{0.183 Q}{m} ; T = \frac{0.183 \times 0.0262}{12.30} T = 3.89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s e.g.}$$

$$S = \frac{2.25 T r_0}{r^2} ; S = \frac{2.25 \times \dots}{\dots} S = \dots$$

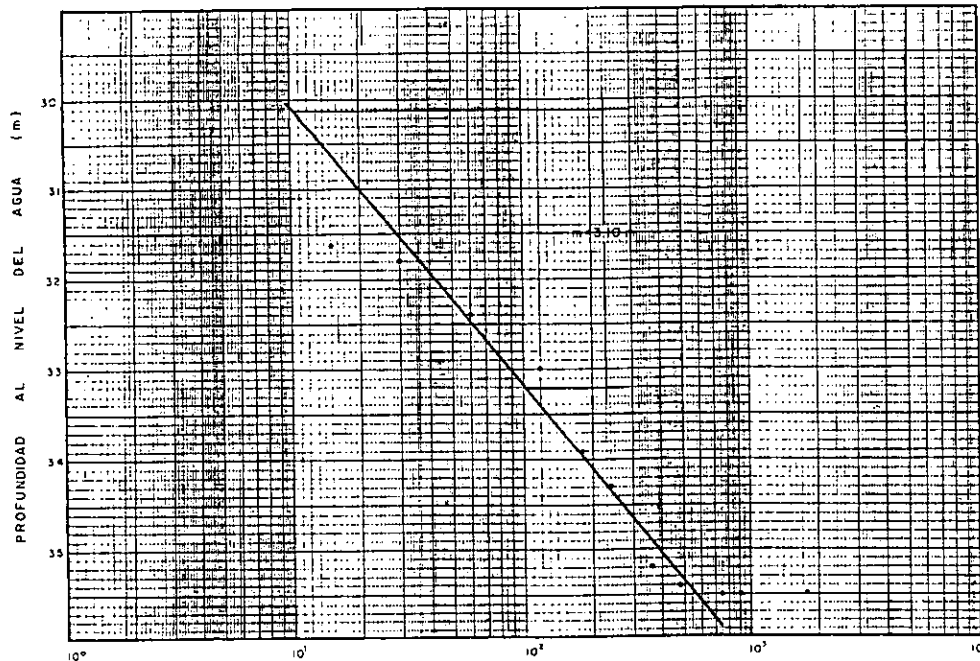


UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOMORFOLOGICOS, APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ GRÁFICA G - 4

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



TIEMPO EN SEGUNDOS

$$T = \frac{0.183 Q}{m} ; T = \frac{0.183 \times 0.121}{3.10} \quad T = 7.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{Seg.}$$

$$S = \frac{2.25 T_{10}}{X} ; S = \frac{2.25 \times X}{X} \quad S =$$

MPID ASCENSION

ZONA PALOMAS-

GUADALUPE VICTORIA

LOC. O PREDIO COLONIA

GUADALUPE VICTORIA

POZO DEL CENTRO 22
 Ø DESC 1" PUIS
 CAUDAL 2 lps
 PROF 32.00 mts
 P N E 30.90 mts
 CEDAZO (+)
 DE A mts
 LONG TUB
 DE SUCC 35.00 mts
 DIST AL POZO
 DE BOMBEO 22 mts

HORA DE LECT.	SECUENCIA DE LECTURAS	TIEMPO EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO	ABATIMIENTO (m)
12:32	0 seg	0:00	30.90	
	1.5 "	0:25	31.62	0.72
	3.0 "	0:50	32.33	1.43
	4.5 "	0:75		
12:57	1.0 min	1:00	33.03	2.13
12:38	2.0 "	2:00	33.73	2.83
12:39	3.0 "	3:00	34.43	3.53
12:40	4.0 "	4:00	34.75	3.85
12:42	6.0 "	6:00	35.19	4.29
12:44	8.0 "	8:00	35.32	4.42
12:48	12.0 "	12:00	35.45	4.55
12:51	15.0 "	15:00	35.45	4.55
13:06	30.0 "	30:00	35.45	4.55
13:21	45.0 "	45:00	35.45	4.55
13:36	1.0 hr	60:00	35.45	4.55
14:05	1.5 "	90:00	35.45	4.55
14:38	2.0 "	120:00	35.45	4.55
15:06	2.5 "	150:00	35.45	4.55
	3.0 "	180:00		
	3.5 "	210:00		
	4.0 "	240:00		
	4.5 "	270:00		

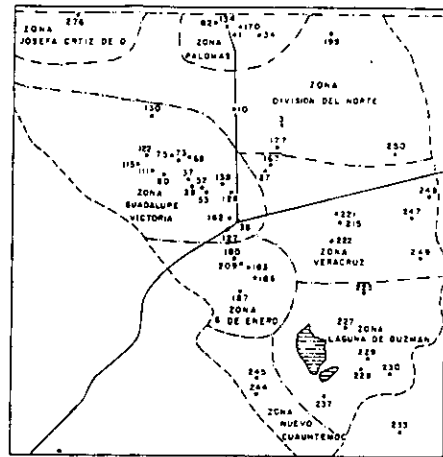
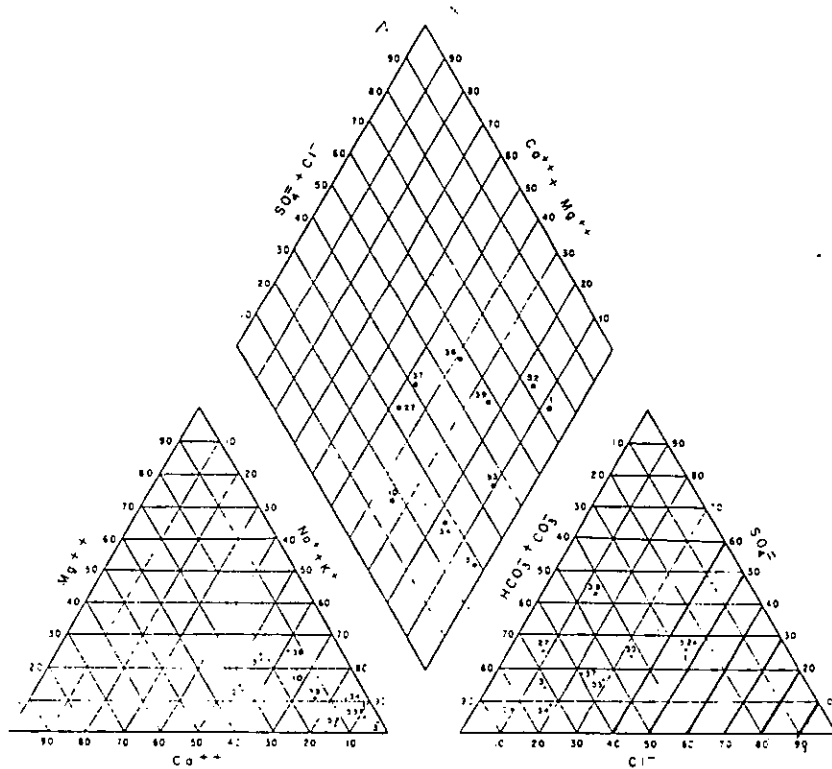


UNAM
 FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS, APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ

GRÁFICA G-5
 PRUEBA DE BOMBEO

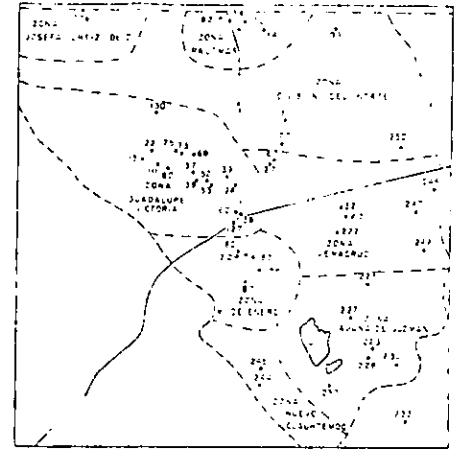
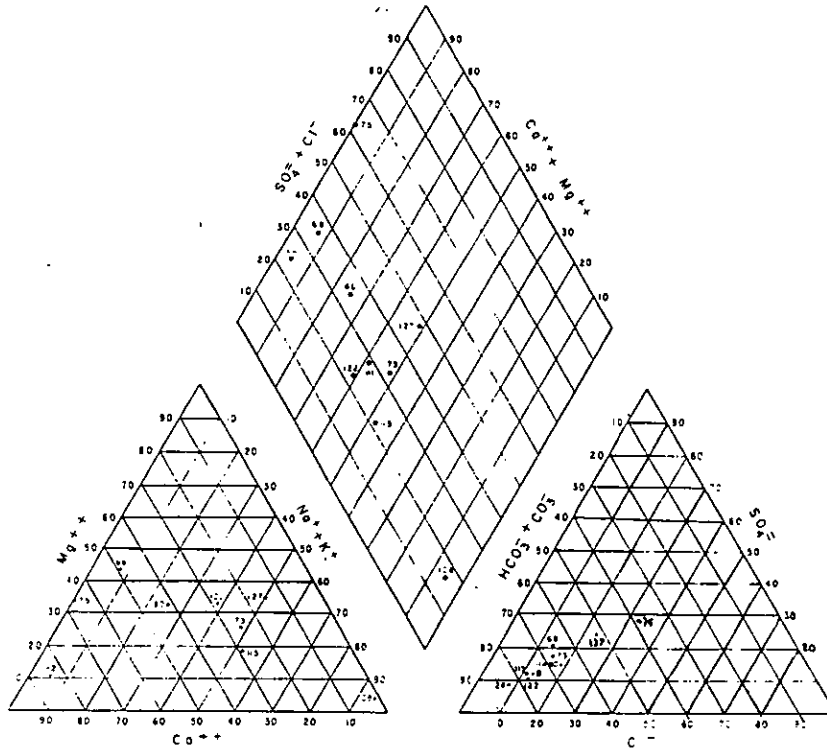


UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEODIROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PÉREZ GONZÁLEZ

FIGURA **F-3**
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA

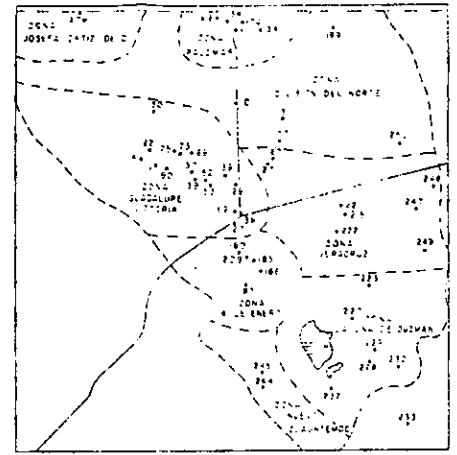
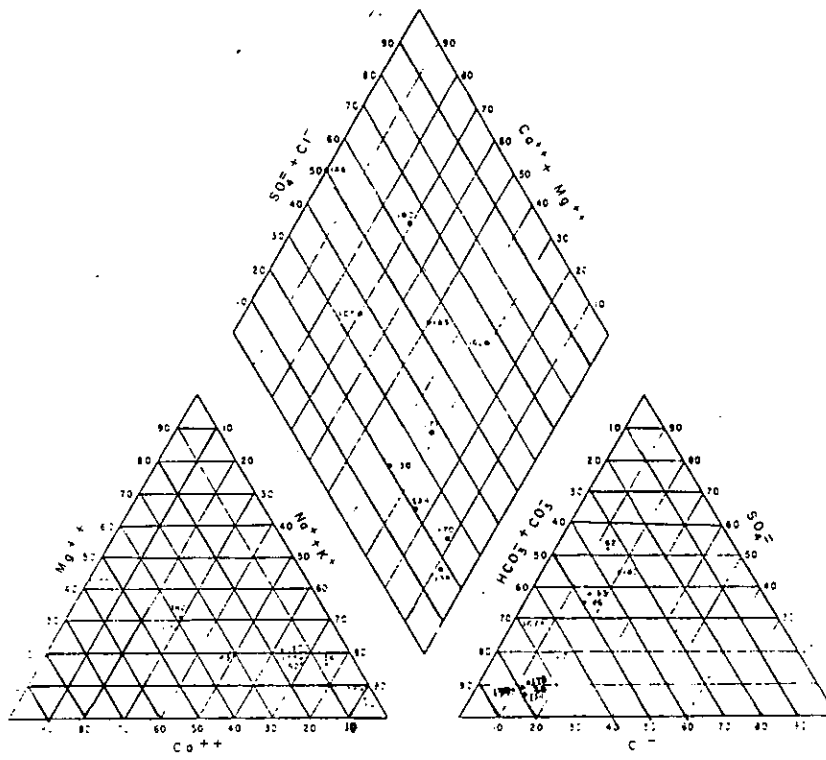


UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
GEOHIDROLÓGICOS, APLICACIÓN AL VALLE DE GUADALUPE
VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

CARLOS PEREZ GONZÁLEZ

FIGURA **F-4**
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA



	<p align="center">U N A M FACULTAD DE INGENIERÍA</p>
<p align="center">METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS. APLICACION AL VALLE DE GUADALUPE VICTORIA, ESTADO DE CHIHUAHUA</p>	
<p>CARLOS PEREZ GONZALEZ</p>	<p align="center">FIGURA F-5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA</p>