

**ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PARA
FRACCIONAMIENTO A DESARROLLARSE
EN LOS PREDIOS UBICADOS AL
OCCIDENTE Y NORTE DE LA
COMUNIDAD DE JESÚS DEL MONTE,
MUNICIPIO DE MORELIA, MICH.**

JULIO DEL 2001

C O N T E N I D O

I.- INTRODUCCIÓN

II.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

II.1.- Resumen

II.2.- Conclusiones

III.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

III.1.- Localización, extensión y vías de comunicación.

IV.- GENERALIDADES

IV.1.- Clima

IV.2.- Hidrografía

IV.3.- Piezometría

V.- GEOLOGÍA

V.1.- Unidades litológicas

V.2.- Geología estructural

V.3.- Geomorfología

VI.- CENSO DE MANIFESTACIONES DE AGUAS SUPERFICIALES

VII.- GEOFÍSICA

VII.1.- Interpretación

VIII.- INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

IX.- BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

La empresa GUTMED Construcciones, S. A. de la ciudad de Morelia, Mich., pretende desarrollar un Fraccionamiento, en los predios que se ubican al occidente (Loma Larga) y Norte de la comunidad de Jesús del Monte, con una extensión aproximada de 300 hectáreas, ubicados dentro del municipio de Morelia, Mich. Por lo que es necesario determinar las condiciones hidrogeológicas que existen en el subsuelo, con el fin de determinar la existencia de un acuífero en la zona y localizar sitios para la perforación de pozos que proporcionen agua para los futuros habitantes del fraccionamiento por desarrollarse.

Por lo anterior es necesario realizar un estudio hidrogeológico-geofísico que demuestre las condiciones físicas y estructurales del subsuelo, que definan la disponibilidad de agua .

Trabajos anteriores han demostrado que esta zona en particular es muy difícil desde el punto de vista acuífero, por la característica impermeable de las rocas que se encuentran en la superficie del terreno. Por tal motivo, gran parte del agua para consumo humano para los habitantes de la zona Sur de Morelia, es a través de los manantiales que provienen de San Miguel del Monte y Tumbisca, denominados Agua Zarca, Los Ailes, Planchapón, Zarzamora, etc.

II.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

II.1.- Resumen

El estudio hidrogeológico cubrió una superficie de 36 km², como punto central se consideraron los terrenos del futuro fraccionamiento.

Durante el levantamiento de campo se definieron las siguientes actividades: geología superficial, análisis estructural dentro de los terrenos del fraccionamiento y en toda el área, características hidrológicas de las rocas, censo de puntos de agua y sus condiciones actuales.

En el estudio geofísico se realizaron 6 Sondeos Eléctricos Verticales mediante el dispositivo tetraelectrónico Schlumberger, con separaciones máximas en electrodos de corriente de AB = 3,000 metros. Los sitios donde se desarrollaron los sondeos eléctricos verticales, fueron seleccionados durante el estudio geológico e hidrogeológico.

II.2.- Conclusiones

En el levantamiento geológico se definieron 4 unidades litológicas importantes: La más antigua del Mioceno Inferior está constituida por derrames andesíticos (Tma), le sobreyacen una secuencia alternante de flujos piroclásticos y tobáceos (Tptb) de edad Plioceno Inferior-Medio. Le cubren derrames de escoria basáltica y rocas andesíticas (Tpa) del Plioceno Medio Superior y por último, suelos y aluviones de edad Cuaternaria (Qal).

Regionalmente se aprecia un sistema estructural principal de dirección Este-Oeste (E-W), representado por la falla Santa María y fallas normales con bloques bajos al Norte y basculados hacia el Suroeste. Localmente se aprecian tres sistemas estructurales de dirección E-W, NE-SW y NW-SE; que afecta a toda la secuencia.

El cruce de estructuras de dirección NE-SW Y NW-SE, en la zona de estudio, muestra buenas condiciones hidrológicas en el subsuelo.

En base a los niveles estáticos de 10 pozos dentro y fuera del área de estudio y 3 manantiales, se obtuvo que la dirección del flujo subterráneo hacia el norte.

En el área de estudio se han perforado 3 pozos negativos: en La Loma El Durazno a 200 metros de profundidad, otro sobre el cauce del Río Chiquito aguas arriba del acceso al Club Campestre con 300 metros de profundidad, el tercero se sitúa en el Puerto de Buenavista al norte del área

Es alarmante el descenso en los niveles estáticos y gastos en los pozos de la zona, ya que el nivel estático desciende en un promedio de 5 metros por año y el gasto promedio desciende en algunos casos hasta de 8 lps al año.

Hidrológicamente, las condiciones de acuíferas de la zona se puede resumir de la siguiente manera: Los pozos que se han situado sobre las trazas o cruce de fallas (pozo Jesús del Monte, Peña Blanca, Santa Cecilia y Los Sauces), presentan los mejores gastos que varían de 12 a 28 lps . El pozo que se situó fuera de estas condiciones estructurales (pozo Colonias Unidas del Sur), presenta el menor gasto 5 lps.

Sobre el costado oriente del Río Chiquito, se presenta una línea de conducción de agua potable en la cual se canalizan 130 lps, que proviene de los manantiales de San Miguel del Monte y de las captaciones de agua de : Los Ailes, Planchapón, Agua Zarca y La Zarzamora. Esta agua podría ser la alternativa para satisfacer las necesidades del Fraccionamiento.

En el estudio geofísico se realizaron 6 SEV's con aperturas máximas en electrodos de corriente de AB = 3,000 metros para estudiar una profundidad aproximada de 400 metros.

El resultado del estudio geofísico muestra bajas resistividades en las rocas del subsuelo, para los SEV's 1, 3 y 5, en donde se recomienda la perforación de pozos a 450, 350 y 450 metros de profundidad.

Otro aspecto importante de la interpretación geofísica es el caso de la determinación de las fallas geológicas en el subsuelo, ya que aunque en el estudio de geología superficial las fallas se definieron, se confirman con la ayuda del estudio geofísico.

III.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

III.1.- Localización, extensión y vías de comunicación.

El área de estudio se localiza en los alrededores de la comunidad de Jesús del Monte, municipio de Morelia, Mich. en el costado norte y sur del camino pavimentado Sta. María de Guido - Jesús del Monte, Mich., entre las coordenadas geográficas $19^{\circ} 37' 57''$ -- $19^{\circ} 37' 58''$ y $19^{\circ} 41' 11''$ -- $19^{\circ} 41' 12''$ de latitud Norte, y entre los $101^{\circ} 07' 51''$ -- $101^{\circ} 07' 48''$ y $101^{\circ} 11' 15''$ -- $101^{\circ} 11' 14''$ de longitud Oeste (FIGURA 1).

El área de estudio cubre una superficie de 36 Km^2 , la cual rodea a los terrenos del Fraccionamiento , los cuales se ubican 1,500 m al occidente sobre la loma conocida como Loma Larga y justo al Sur y Norte del poblado de Jesús del Monte, dentro del municipio de Morelia, Mich.

Como accesos principales al área de estudio se tienen la Avenida Camelinas y Calzada Juárez , las cuales comunican a la Tenencia de Santa María de Guido y de aquí parte un camino pavimentado al Sur oriente, el cual al recorrerlo por espacio de 4 Km se llega a la población de Jesús del Monte.

Además se presentan brechas que comunican, casi en su totalidad al área.

IV.- GENERALIDADES

IV.1.- Clima

El clima de la ciudad es templado con una temperatura media anual de 23°C , la temperatura del mes más frío varía de 3°C a 18°C y la temperatura del mes más cálido varía de 15°C a 36°C , con una precipitación media anual entre 800 a 900 mm.

La evaporación media anual en la zona de estudio es del orden de 1,900 a 2,400 milímetros, notándose que se evapora más que lo que llueve. Esto se debe probablemente a que el efecto de evapotranspiración involucra no solamente los niveles freáticos, sino también a los caudales aportados por los escurrimientos superficiales (arroyos, drenes, canales).

Lo anterior implica que cualquier recarga al acuífero debe esperarse por escurrimientos regionales que entran a la zona y no por precipitación e infiltración directa.

La dirección del viento regional dominante es hacia el Noroeste, sin embargo, los vientos varían de Sur a Norte y de Sur a Noreste.

IV.2.- Hidrografía

La zona de estudio queda comprendida en la REGIÓN HIDROLÓGICA No. 12 (Lerma-Chapala), que incluye a la Cuenca del Lago de Cuitzeo.

La Cuenca del Lago de Cuitzeo tiene una forma burdamente ovalada y alargada en una dirección general Este-Oeste, con un área de captación aproximada de 2820 Km². Las corrientes principales con que cuenta son los ríos: Grande de Morelia, Chiquito, Queréndaro, Zinapécuaro y San Marcos.

La mayoría de las corrientes, nace en las partes altas de las sierras de Mil Cumbres, San Andrés y de las serranías situadas al Sur y Norte de cuenca, siendo alimentada por las lluvias y los manantiales perenes. En la planicie dichas corrientes son canalizadas al distrito de riego de Morelia y descargan sus excedentes al Lago de Cuitzeo, la mayoría de las corrientes siguen un rumbo de Sur a Norte.

Otro rasgo hidrográfico importante es la presa de Cointzio y la laguna de Santa Clara del Tule, en Queréndaro (en proceso de extinción).

Sin embargo, la Comisión Nacional del Agua ha subdividido hidrológicamente las cuencas de la región de manera más específica, donde el área de estudio queda comprendida dentro de la Subcuenca Morelia-Queréndaro de 3680 Km², en la cual la mayoría de las corrientes son las que incluye la cuenca de Cuitzeo.

El recurso acuático más cercano e importante al fraccionamiento es el Río Chiquito de Morelia, el cual se sitúa 1 km. al Norte del mismo (FIGURA 1). Sin embargo, a este río lo han convertido en el receptor de todas las aguas residuales de la zona Sur de la ciudad de Morelia, lo que lo hace una verdadera cloaca, carente de cualquier posibilidad de vida acuática, además en este río aguas arriba se vierten las aguas residuales de las poblaciones de Jesús del Monte y San José del Monte, por lo que este Río Chiquito antes de entrar a la Cd. de Morelia ya viene contaminado.

A demás en el área de estudio existen, 4 pequeños bordos o represas: dos de ellos situados al Sur de la loma larga, que almacenan agua de escurrimiento de esta zona (Fotos 1 y 2) y los otros dos sobre el cauce del arroyo La Higuera, estos últimos de mayor tamaño.

Las corrientes hidrograficas en el área de estudio, son de tipo paralelo y siguen dos direcciones: NE-SW y NW-SE, asociadas a fracturas geológicas en las rocas

IV.-3.- Piezometría.

En base a los niveles estáticos de 10 pozos dentro y fuera del área de estudio y 3 manantiales, se obtuvo la información piezométrica relativa a la profundidad de los diferentes niveles del acuífero de la zona.

Estos niveles ayudan a conocer la dirección del flujo del agua subterránea en el área (FIGURA 2), en donde se obtuvo la siguiente información:

En la configuración de las curvas de igual nivel estático o isopiezas, se observa que la dirección del flujo subterráneo se alinea paralelo en la dirección de la falla Santa María, hacia

el norte. Esta configuración se realizó a partir de 6 pozos distribuidos en toda el área, con una separación entre ellos que varía de 500 metros a 5 kilómetros, esta interpolación nos da una primera idea del flujo subterráneo, a pesar de contar con poca información.

Los pozos cercanos a la zona de estudio (Jesús del Monte y Colonias del Sur) (Fotos 3 y 4), tienen una profundidad de 300 metros y gastos que varían de 12 a 5 lps respectivamente, el pozo Colonias Unidas del Sur, tiene un nivel estático a los 105 metros y desciende su nivel dinámico hasta los 243 metros para dar 5 lps, lo que indica que el acuífero en la parte Sur de Morelia es de poco gasto.

De igual forma en toda el área de estudio se han perforado 3 pozos negativos; uno de ellos en La Loma el Durazno a 250 metros de profundidad ; otro sobre el cauce del Río Chiquito aguas arriba del acceso al Club Campestre, con 300 metros de profundidad; el tercero se sitúa en el Puerto de Buenavista, al Norte del área. Estos resultados comprueban que en esta zona en particular, los pozos son muy profundos, de poco gasto y que el acuífero de la zona es muy limitado.

Asimismo, es alarmante el descenso en los niveles estáticos y gastos en los pozos de la zona, ya que el nivel estático desciende en un promedio de 5 metros por año; el gasto promedio desciende en algunos casos hasta de 8 lps al año.

Hidrologicamente, las condiciones de acuíferas de la zona se puede resumir de la siguiente manera: Los pozos que se han situado sobre las trazas o cruce de fallas (pozo Jesús del Monte, Peña Blanca, Santa Cecilia y Los Sauces), presentan los mejores gastos que varían de 12 a 28 lps (Fotos 5 y 6) . El pozo que se ubicó fuera de estas condiciones estructurales (pozo Colonias Unidas del Sur), presenta el menor gasto 5 lps. Todos los pozos se sitúan en rocas superficiales altamente impermeables (tobas soldadas e ignimbritas).

La presencia de manantiales en la zona de estudio, muestra una zona superficial saturada en los primeros 20 metros, en la cual el agua fluye a través de fracturas en las rocas ignimbritas y riolitas; su gasto es de 0.5 a 4 lps.

V.- GEOLOGÍA

V.I.- Unidades Litológicas

El área de estudio se sitúa dentro de la Faja Volcánica Mexicana, caracterizada por rocas volcánicas, cuyas edades fluctúan del Terciario al Reciente.

Las características físicas de las rocas que afloran en la zona se relacionan estrechamente a su origen y a los procesos tectónicos posteriores, que disminuyeron o aumentaron su permeabilidad.

En la FIGURA 1 se pueden observar las diferentes unidades litológicas que han sido cartografiadas y que conforman el marco geológico del área de estudio, que cubrió una superficie de 36 Km². Las rocas son de origen volcánico con edades que fluctúan del Mioceno Inferior al Cuaternario, las cuales serán descritas de la más antigua a la más reciente :

Unidad de Derrames Andesíticos (Tma).- Esta secuencia de rocas aflora al Noreste y sobre el cauce del Río Chiquito, constituye el basamento de la secuencia litológica del área de

estudio. Su base está constituida por aglomerados y brechas volcánicas, de color rojizo con gran cantidad de huecos en su masa, lo que hace que estas rocas tengan una alta permeabilidad, el afloramiento presenta gran compactación con bandeamiento producido por alteraciones de los óxidos y caolinización.

Le sobreyacen en forma concordante y en ocasiones constituyendo la base de la secuencia, rocas andesíticas lajeadas de textura afanítica, con gran abundancia de cristales de plagioclasa, que le da a la roca una apariencia porfídica. Estas rocas andesíticas se encuentran fracturadas con un rumbo SW 20° a 50° NE, con variaciones hasta SW 55° NE. Estos afloramientos presentan grandes bloques en su frente de derrame y dan origen a escarpes pronunciados de más de 100 metros de desnivel, observados sobre el cauce del Río Chiquito a la altura del Club Campestre.

Las rocas presentan color gris claro a oscuro, con textura afanítica y estructura compacta, en algunos lugares se observa un alto fracturamiento, fases aglomeráticas y brechoides (FIGURA 1).

Esta secuencia presenta además variaciones en su composición, de andesitas a basaltos, con espesores que sobrepasan los 100 metros. La edad que se les asigna a estas rocas es del Mioceno Inferior.

Hidrológicamente esta unidad de rocas, presenta una permeabilidad elevada en zonas de fractura y puede actuar como transmisora del agua a profundidad. Sin embargo, estos afloramientos pueden contener buenos acuíferos a grandes profundidades.

Unidad de Tobas Ignimbríticas, Brechas y Tobas Pumicíticas (Tptb).- Geológicamente en esta área, las rocas consideradas del Plioceno Inferior-Medio afloran ampliamente en toda el área de estudio (FIGURA 1); se han determinado como una secuencia alternante de flujos piroclásticos y tobáceos, cuya base está constituida por una secuencia de brechas tobáceas e ignimbritas muy compactas e impermeables (Fotos 7 y 8). Presenta tonalidades que varían del rojo oscuro al rosado, con inclusión de fragmentos de rocas de composición andesítica, dacítica, pómez y tobas rosadas de grano medio con gran abundancia de cristales de cuarzo, todo ello cementado dentro de una matriz arenosa.

Las brechas se presentan principalmente sobre la traza de las fallas, como un afloramiento muy compacto de forma de aglutinante muy impermeable, que da origen a bloques de roca de hasta un metro de diámetro (Foto 8).

La parte media de esta secuencia está constituida por toba arenosas y pumicíticas que no presentan granulometría selectiva, solo cierta uniformidad en los fragmentos de pómez, sin embargo, se observan pseudoestratos de pómez fina, que le dan un aspecto de pseudobandeamiento al afloramiento. Hacia la cima de estos productos se presentan tobas pumicíticas granulares con un alto grado de arcillosidad, muy compactas, que incluyen cristales de cuarzo.

La parte media-superior de la secuencia está constituida por rocas brechoides que incluyen fragmentos de roca cuyo tamaño varía de 10 a 40 cm. de diámetro. Los fragmentos de roca corresponden a ignimbritas de color rosado, con fiames alargados que le dan un bandeamiento a la roca, tienen una estructura compacta de característica impermeable. La parte superior de toda esta secuencia está constituida por tobas ignimbríticas y rocas riolíticas, cuya coloración varía de rosa a blanco. Estas rocas presentan un pseudobandeamiento producto de fiames y oquedades, producidas durante el enfriamiento, además estos afloramientos se encuentran afectados por fracturadas en dirección NE 30°-35°-40° SW. El espesor total de esta secuencia litológica llega a sobrepasar los 100 metros.

Sobre la traza de estas fracturas de dirección NE 30° hasta 45° SW, fluye el manantial El Mastranto y otros dos pequeños manantiales, que proporcionan agua a la población de Jesús del Monte (Fotos 9,10 y 11).

Hidrologicamente esta secuencia de rocas, tienen una baja permeabilidad, por su constitución litológica impermeable y solo se ve aumentada por fracturamiento. Estas rocas pueden contener acuíferos de bajo rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas.

Derrames de Escoria Basáltica y Rocas Andesíticas (Tpa).- Esta secuencia de rocas aflora en la parte Sur y Noreste del área, en la cima del Cerro de La Coronilla Chica y al oriente de Jesús del Monte (FIGURA 1). Consiste de afloramientos de rocas andesíticas con fuerte lajamiento, textura afanítica, gran abundancia de cristales de plagioclasa y un alto fracturamiento.

En la zona de contacto con la formación anterior, se presentan gran cantidad de cantos rodados y rocas subredondeadas de composición generalmente andesítica. Las rocas y fragmentos presentan una estructura compacta y coloraciones que varían de gris claro a verde oscuro, esta unidad se clasificó como un aglomerado volcánico cementado en una matriz de ceniza.

La parte media superior de esta secuencia lo constituyen derrames de escoria volcánica muy compactos e impermeables, de coloraciones rojizas. Estos flujos presentan intercalaciones de rocas andesíticas muy fracturadas por lajamiento (Foto 12 y 13), debido a enfriamientos rápidos que le proporcionaron a la roca gran compactación e impermeabilidad. Estos derrames andesíticos, se presentan muy alterados sobre el camino Jesús del Monte - San Miguel del Monte, donde se observan con estructuras de cebolla muy deslesnables y con coloraciones rojizas por oxidación (Fotos 14 y 15). Además estos afloramientos presentan gran arcillosidad en el contacto y son muy frágiles.

La parte superior de esta secuencia está constituida por tobas y brechas volcánicas, cuyo granulometría varía de gruesa en su parte inferior a fina hacia su parte superior, lo que le da un aspecto de pseudostratificación al afloramiento (Foto 16).

El espesor de esta unidad es muy variable, en la zona Norte presenta 20 metros de espesor y en la Sur sobrepasa los 50 metros. La edad que se les asigna a estos derrames es del Plioceno Medio-Superior.

Suelos y Aluviones (Qal).- Está constituida por depósitos recientes de arcillas, limos, arenas y gravas; derivados de la erosión e intemperismo de las rocas preexistentes (FIGURA 1), afloran en las partes bajas y su espesor alcanza los 5 metros.

V.2.- Geología Estructural

Regionalmente se aprecia un sistema estructural principal de dirección Este-Oeste (E-W), representado por fallas normales con bloques bajos al Norte y basculados hacia el Suroeste.

Localmente se aprecian tres sistemas estructurales de dirección E-W, NE-SW y NW-SE; que afecta a toda la secuencia, representado por la falla Santa María.

Estructuralmente la parte occidente del Fraccionamiento (Loma Larga) , se localiza en el bloque alto de la falla Santa María, que a su vez es el bloque bajo de dos fallas normales, que siguen una dirección casi paralela a la principal E-W (Este-Oeste), por lo que solo en los bloques altos se presentará una buena estabilidad estructural (FIGURA 1). El fallamiento regional E-W, en el área de estudio varía en dirección a NE 55°-60°-70° SW. Este comportamiento estructural de dirección general E-W, provoca un escalonamiento, con los bloques caídos al Norte, en cuyas trazas se falla se presentan ocasionalmente brechas muy compactas, pero susceptibles a deslizamientos al Norte.

El sistema estructural de dirección NE-SW (Noreste-Suroeste), de igual forma se manifiesta en los terrenos del Fraccionamiento y fuera de él. Tiene una dirección que varía de NE 30° - 35 ° a 40° - 45° SW, con echados que varían 82° a verticales (Fotos 17 y 18). En las trazas de este fracturamiento, fluyen los manantiales presentes en la zona.

Asociado a este patrón estructural de rumbo NE-SW , se presentan tres fallas normales con caído al Norte y las cuales han afectado a toda la secuencia litológica del área.

El sistema estructural de dirección NW-SE, se presenta principalmente al suroccidente de la zona y los arroyos La Higuera, El Durazno y El Cauce del Río Chiquito, fluyen en estructuras pertenecientes a este patrón estructural. De igual forma existen pequeños arroyos asociados a este sistema estructural.

El cruce de estructuras de dirección NE-SW y NW-SE en la zona de estudio, muestra buenas condiciones hidrológicas en el subsuelo.

Este comportamiento estructural origina fallas lísticas o de deslizamiento, con sus bloques bajos al NW, provocando una diferencia de desniveles de 10 a 100 metros. Estas fallas son consideradas de mayor riesgo en la zona, ya que en ella pueden ocurrir desprendimientos de rocas de gran masa, por lo que la construcción del fraccionamiento deberá tomar en cuenta estas fallas geológicas.

V.3.- Geomorfología

El área de estudio presenta una morfología de grandes elevaciones, representadas por los cerros: La Máscara de más de 2,500 msnm, los cerros la Coronilla Chica y Coronilla Grande , ambos de 2,200 metros de elevación, el cerro El Gigante de 2,200 metros y la Loma Larga de 2,100 metros.

El Cerro de La Máscara situado al sur del área, corresponde a un cuerpo volcánico de pendientes abruptas y laderas escarpadas por efectos de fallamiento.

Los Cerros Las Coronillas son de forma alargada, con amplias mesas sobre su cimas y pendientes abruptas, sobre todo en los lugares donde se presentan fallas geológicas de dirección NE 50 hasta 70° SW, que originan desniveles de más de 100 metros.

La parte centro Norte de la zona de estudio, morfológicamente se encuentra constituida por una amplia mesa alargada de 2,100 metros de elevación, cuyas pendientes se encuentran

truncadas por efecto de fallas y llegan a provocarles desniveles que van desde 20 metros a más de 200 metros. Estas amplias lomas alargadas, son el producto de extensos flujos ignimbríticos.

VI.- CENSO DE MANIFESTACIONES DE AGUA SUPERFICIAL

Con la finalidad de obtener la información necesaria para el objetivo del estudio, se censaron un total de 10 pozos dentro y fuera del área de estudio y 3 manantiales (TABLA 1).

Las profundidades de los pozos varían de 200 a 320 metros, con gastos promedio de 5 a 28 lps, la mayor parte del agua se utiliza como agua potable (FIGURA 1). En la zona de estudio se situaron tres pozos secos; el primero de ellos se localiza en el cauce del Río Chiquito, perforado a 300 metros; El segundo se situa en el Ejido del Puerto de Buenavista, con 200 metros de profundidad y el tercero cercano a la zona de estudio, situado en la Loma El Durazno a 200 metros de profundidad, donde el agua encontrada es vieja en descomposición y se seca al bombeo.

Sobre el costado oriente del Río Chiquito, se presenta una línea de conducción de agua potable en la cual se canalizan 130 lps, que proviene de los manantiales de San Miguel del Monte y de las captaciones de agua de : Los Ailes, Planchapón, Agua Zarca y La Zaramora. Este canal de conducción tiene una longitud de 18 Km, hasta su depósito final en los filtros de Santa María (OOAPAS), a este sitio solo llegan 90 lps, considerando una perdida por conducción y extracción por los pobladores aguas arriba, de 40 lps.

Esta agua es potable y solo en épocas de lluvia no se utiliza, ya que viene con gran contenido de arcillas y se desaloja directamente en el Río Chiquito. **Esta agua podría ser la alternativa para satisfacer las necesidades del Fraccionamiento.**

Al Sur del fraccionamiento, pasa una línea de conducción de agua de 12" (30.48 centímetros), la cual conduce agua a las poblaciones de El Durazno y Lomas del Durazno y proviene de los manantiales de San Miguel del Monte.

En la zona existen tres manantiales, dos de los cuales surten de agua potable a la comunidad de Jesús del Monte y fluyen en fracturas de dirección NE 30° - 45° SW. El tercer manantial se sitúa justo enfrente del pozo de Peña Blanca y tiene un gasto aproximado de 0.5 lps.

T A B L A 1

No	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (METROS)	NIVEL ESTÁTICO (METROS)	NIVEL DINÁMICO (METROS)	GASTO LPS
1	JESÚS DEL MONTE	300	52.70	67.45	12
2	MANANTIAL EL MASTRANTO JESÚS DEL MONTE	----	----	----	4
3	MANANTIALES EL BORDO	---	----	----	2

4	POZO RIÓ CHIQUITO	300	SECO.	SECO	SECO
5	POZO EJIDO BUENA VISTA	200	SECO	SECO	SECO
6	POZO PERIODISTAS	250	124	A FONDO	2
7	RESERVA OCOLUCEN	320	120	205	14
8	POZO SANTA CECILIA # 22	200	60	95	28
9	POZO PEÑA BLANCA	250	92	180	15
10	MANANTIAL PEÑA BLANCA	----	----	----	0.5
11	POZO COLONIAS UNIDAS DEL SUR	300	105	243	5
12	POZO LOS SAUCES	196	85	123	20
13	POZO EL DURAZNO	200	SECO	SECO	SECO

VII.- G E O F Í S I C A

El estudio geofísico que más se emplea en la exploración de agua subterránea es el método eléctrico en corriente continua denominado Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) y el dispositivo tetraelectródico más usual es el Schlumberger.

En el área de estudio se realizaron 6 Sondeos Eléctricos Verticales distribuidos de la forma siguiente: Los SEV's 1, 2 y 6 (Fotos 19, 20 y 24) se realizaron en el predio que se ubica al Norte de los terrenos (Lote 1, según plano de levantamiento topográfico), con la finalidad de estudiar el comportamiento en el subsuelo de la posible existencia de una falla geológica; el SEV-3 (Foto 21) se realizó en el arroyo que se encuentra en los límites de los lotes 3, 4 y 5, con la finalidad de estudiar la posible existencia de fracturamiento o fallamiento en el subsuelo; el SEV-4 (Foto 22) se realizó en el lote 14, con la finalidad de investigar la posible existencia de una falla geológica al Sur de éste y por último, el SEV-5 (Foto 23) se realizó casi en límite Sur del lote 14, con la finalidad de estudiar la posible existencia de una falla geológica (FIGURA 1 y PLANO GENERAL LEV 01).

En esta zona tan especial desde el punto de vista acuífero y geológico, los objetivos principales fueron las fallas geológicas, ya que es en donde se puede encontrar mayor permeabilidad en el subsuelo, debido a que las rocas que se encuentran en la superficie son impermeables.

Las aperturas electródicas máximas empleadas en electrodos de corriente fueron de AB = 3,000 metros.

VII.1.- Interpretación

Los valores de resistividad eléctrica obtenidos en el campo, fueron graficados en papel logarítmico de 3 X 3 ciclos para obtener la curva de resistividad aparente de cada SEV; posteriormente las curvas fueron interpretadas gráficamente mediante el empleo de curvas maestras (Orellana-Mooney, Italianas y Holandesa) para obtener el modelo de capas o electroestratigráfico de cada SEV .

Los modelos de capas obtenidos gráficamente se ajustaron mediante programas de computadora, para afinar las cuantificaciones obtenidas (FIGURAS 3 a 8 respectivamente).

Con los resultados de las interpretaciones cuantitativas de los SEV's, se elaboró el Perfil Cuantitativo (FIGURA 9) de dirección Sur - Norte (S-N), en el cual se tiene lo siguiente:

En el perfil se muestra una serie de fallas normales escalonadas, con los bloques caídos hacia el Norte y con un buzamiento o inclinación hacia el Sur. La falla geológica que se muestra en la parte Norte del perfil es a la que se le denomina "Falla Santa María", en la que en su bloque bajo o caído se encuentra ubicado el Club Campestre de Morelia.

Asimismo, en el perfil se muestran dos fallas geológicas más: La primera ubicada al Sur del SEV-1 (lote 1) y la segunda ubicada al Sur del SEV-3 (límite de los lotes 3, 4 y 5).

Dos rasgos sobresalientes e importantes en el perfil, son dos estratos que actúan como basamento eléctrico, que encontraron por debajo de los SEV's 4 y 6 (FIGURAS 6 Y 8 respectivamente) cuyas resistividades eléctricas cuantificadas **superan los 10,000 Ohm-metro (color negro)**. **Estos valores de resistividad solo se pueden asociar a rocas muy compactas sin posibilidades acuíferas (rocas impermeables) y que en la zona de estudio se pueden asociar a pórfidos andesíticos**, más recientes que la secuencia litológica existente. En la zona de estudio se observa como estas andesitas de tipo fisural atraviesan toda la secuencia litológica (andesitas, brechas ácidas, ignimbritas y tobas) y la cubren, para dar origen a rocas andesíticas más jóvenes. **Por lo anterior, los sitios en donde se realizaron los SEV's 4 y 6 carecen de importancia acuífera.**

Para los SEV's 5, 3 y 1 (FIGURAS 7, 5 Y 3 respectivamente) las condiciones acuíferas son interesantes, ya que se cuantificaron al final de sus curvas valores de resistividades eléctricas tendientes a ser menores a 10 Ohm-metro y espesores indeterminados (capa en color azul).

En la zona de estudio, estos valores se pueden relacionar a rocas andesíticas fracturadas de importancia acuífera, cuyas profundidades a su cima varían de 405 metros para el SEV-5 , de 253 metros para el SEV-3 y de 373 metros para el SEV-1, lo anterior indica que los pozos que se programen en los sitios en los que se realizaron los SEV's 5 y 1, deberán de alcanzar por lo menos una profundidad de 450 metros; mientras que en el SEV-3 deberá alcanzar una profundidad de 350 metros.

Por encima de las rocas anteriores, se tiene la presencia de un electroestrato con valores de resistividad calculada entre 209 y 317 Ohm-metro (color café), con su cima a 279 metros de profundidad y espesor de 127 metros para el SEV-5; para el SEV-4 su cima se encuentra a 51 metros de profundidad y espesor de 16 metros; para el SEV-3 su cima se encuentra a 173 metros de profundidad y presenta un espesor de 80 metros y para el SEV-1, su cima se encuentra a 248 metros de profundidad y tiene un espesor calculado de 125 metros. **Esta capa se relaciona con brechas de tipo ácido sin posibilidades acuíferas.**

Sobreyaciendo a la capa anterior, se interpretó un estrato con resistividades eléctricas calculadas entre **11 y 80 Ohm-metro que puede relacionarse a tobas arenosas con posibilidades acuíferas (puntos azules)**. Su cima se encuentra a 191 metros de profundidad con un espesor de 88 metros para el SEV-5; a 44 metros de profundidad y espesor de 8 metros par el SEV-4; para el SEV-3 se encuentra a 11 metros de profundidad y presenta un espesor de 162 metros y por último, para el SEV-1 se encuentra a 43 metros de profundidad y presenta un espesor de 205 metros.

Por encima de la capa anterior, se encuentra una con resistividades entre 112 y 326 Ohm-metro (color verde) que se relaciona con tobas e ignimbritas sin posibilidades acuíferas. Su cima se presenta a 127 metros de profundidad con un espesor de 64 metros para el SEV-5; se ubica 11 metros de profundidad con un espesor de 32 metros para el

SEV-4; a 3 metros de profundidad y espesor de 8 metros para el SEV-3 y a 21 metros de profundidad y espesor de 22 metros para el SEV-1.

Sobreyaciendo a las anteriores, las capas que se interpretaron no tiene posibilidades acuíferas, sus resistividades varía desde los 18 hasta los 261 Ohm-metro y se encuentran desde la superficie hasta los 127 metros de profundidad para el SEV-5, hasta los 11 metros de profundidad para el SEV-4, hasta los 3 metros de profundidad para el SEV-3 y hasta los 21 metros de profundidad para el SEV-1.

VIII.- INTEGRACIÓN DE RESULTADOS.

De los resultados obtenidos en el estudio, se presentan tres sitios con posibilidades acuíferas:

El primero de ellos, se ubica en el lugar en donde se realizó el SEV-3 (límite entre los predios 3, 4 y 5); en donde se recomienda la perforación de un pozo exploratorio a una profundidad de 350 metros; en el cual se pueden atravesar las unidades litológicas siguientes:

PROFUNDIDADLITOLÓGÍA
(metros)

- 0 - 11 Tobas compactas e ignimbritas
- 11 - 173 Tobas arenosas
- 173 - 254 Brechas de tipo ácido
- 254 - 350 Andesitas fracturadas

El segundo sitio, se ubica en el lugar en donde se realizó el SEV-1 (predio 1); en donde se recomienda la perforación de un pozo exploratorio a una profundidad de 450 metros; el cual puede atravesar las unidades litológicas siguientes:

PROFUNDIDADLITOLÓGÍA
(metros)

- 0 - 43 Tobas compactas e ignimbritas
- 43 - 248 Tobas arenosas
- 248 - 373 Brechas de tipo ácido
- 373 - 450 Andesitas fracturadas

El tercer sitio, se ubica en el lugar en donde se realizó el SEV-5 (extremo Sur del predio 14); en donde se recomienda la perforación de un pozo exploratorio a una profundidad de 450 metros; el cual puede atravesar las unidades litológicas siguientes:

PROFUNDIDADLITOLOGÍA
(metros)

0 - 191Tobas compactas e ignimbritas

191- 279Tobas arenosas

279 - 405Brechas de tipo ácido

405 - 450Andesitas fracturadas

IX.- BIBLIOGRAFÍA

-Astier, J.L., 1975.- GEOFÍSICA APLICADA A LA HIDROGEOLOGÍA, Paraninfo, Madrid, España.

- Castany, G., 1975.- PROSPECCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. Editorial OMEGA, Barcelona, España.

-Canul D. R. y Rocha. S. V. , 1984.- ESTUDIO GEOLÓGICO REGIONAL CON FINES GEOTÉRMICOS DE LA ZONA NORTE DEL EDO. DE MICHOACÁN., C.F.E. INÉDITO.

- Estudios Geofísicos del Subsuelo, 1997.- ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO EN EL FRACCIONAMIENTO AMPLIACIÓN BUENOS AIRES, LA ALDEA, Morelia, Michoacán.

-Kalenov, E.N. , 1987.- INTERPRETACIÓN DE CURVAS DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, España.

-Longwell, R.Ch., Flint, F.R., 1979.- GEOLOGÍA FÍSICA, Editorial LIMUSA, México.

-Orellana, E., Mooney, H.M., 1966.- MASTER TABLES AND CURVES FOR VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING OVER LAYERED STRUCTURES, Ediciones Interciencia, Madrid, España.

-Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., 1976.- APPLIED GEOPHYSICS, Cambridge University Press, London, Great Britain.

- Vargas, L. H., 1985.- SINOPSIS DEL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO LOS AZUFRES-CUITZEO, Edo. de Michoacán. C.F.E. INÉDITO.

Atentamente,

Hugo Rainier Ballina López
Ingeniero Geofísico

Juan J. Herrera Franco
Ingeniero Geólogo

Foto 1.- Bordos de retención de agua situados al norte del área.

Foto 2.- Bordos de retención de agua situados al norte del área.

Foto 3.- Pozo de agua potable de la comunidad de Jesús del Monte

Foto 4. Pozo Colonias Unidas del Sur.

Foto 5.- Pozo Santa Cecilia No 22.

Foto 6.- Pozo de agua potable de Peña Blanca.

Foto 7.- Tobas ignimbríticas, brechas y tobas pumicíticas Tptb.

Foto 8.- Tobas ignimbríticas, brechas y tobas pumicíticas Tptb..

Foto 9.- Manantial El Mastranto, Jesús del Monte.

Foto 10.- Fracturas en tobas ignimbríticas Tptb, por las cuales fluye el manantial El Mastranto de Jesús del Monte.

Foto 11.- Manantial El Bordo, Aflora en tobas ignimbríticas Tptb.

Foto 12.- Derrames de basaltos y andesitas en bloques, muy fracturadas Tpa.

Foto 13.- Brechas andesíticas Tpa.

Foto 14.- Rocas de tipo andesítico Tpa, con un alto fracturamiento por lajeamiento.

Foto 15.- Rocas de tipo andesítico Tpa, con un alto fracturamiento por lajeamiento.

Foto 16.- Tobas, arenas y brechas volcánicas Tpa.

Foto 17.- Fracturas de dirección NE 30°- 35° 40° SW, en tobas ignimbríticas Tptb.

Foto 18.- Fracturas de dirección NE 35° 40° SW, en tobas ignimbríticas Tptb.

Foto 19.- Sondeo Eléctrico Vertical 1

Foto 20.- Sondeo Eléctrico Vertical 2

Foto 21.- Sondeo Eléctrico Vertical 3

Foto 22.- Sondeo Eléctrico Vertical 4

Foto 23.- Sondeo Eléctrico Vertical 5

Foto 24.- Sondeo Eléctrico Vertical 6