



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO TOMANDO COMO BASE LAS
CARACTERÍSTICAS HIDROESTRATIGRÁFICAS DEL SUBSUELO

EMMANUEL HIDALGO CERVANTES
RICARDO DÍAZ MORALES
2011

DIRECTOR DE TESIS: DR. ANTONIO HERNÁNDEZ ESPRIÚ



FINANCIAMIENTO

El presente trabajo se derivó del proyecto denominado ***“NIVEL DE RIESGO EN LA CIUDAD DE MÉXICO EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO Y FUENTES POTENCIALES Y ACTIVAS DE CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS”*** (número de proyecto 121128) financiado por CONACyT y el Gobierno del Distrito Federal (ICyTDF) a través del Fondo Mixto para la Investigación Científica y Tecnológica (FOMIX) CONACyT-GDF, bajo la dirección del Dr. José Antonio Hernández Espriú.

**CONTRIBUCIÓN DEL GRUPO DE HIDROGEOLOGÍA DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA, UNAM**

Este documento representa la novena tesis del Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería (UNAM) como parte de su contribución científica y de formación de recursos humanos especializados en la evaluación de acuíferos.

CONTENIDO	PÁGINA
1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 ANTECEDENTES	10
1.2 JUSTIFICACIÓN	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.4 LOCALIZACIÓN	14
2 MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA	16
3 METODOLOGÍA	21
3.1 Estimación de la conductividad hidráulica (K)	21
3.1.1 Conductividad hidráulica del acuitardo	21
3.1.2 Pruebas de bombeo	25
3.2 Vulnerabilidad acuífera aplicando la metodología AVI	30
3.2.1 Incertidumbre de la vulnerabilidad acuífera	30
3.2.2 Comparación con el método DRASTIC	31
4 BREVE REVISIÓN DE LA GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DE LA CUENCA DE MÉXICO	32
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1 Estimación de la conductividad hidráulica (K)	39
5.1.1 Conductividad hidráulica del acuitardo	40
5.1.2 Pruebas de bombeo	42
5.2 Vulnerabilidad acuífera aplicando la metodología AVI	48
5.3 Incertidumbre de la vulnerabilidad acuífera	56
5.4 Comparación con el método DRASTIC	58
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66

7	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	68
8	REFERENCIAS CITADAS	69
9	ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. (a) Localización de la zona de estudio dentro de la Cuenca del Valle de México (Leyva, 2010), (b) Sierras circundantes a la zona de estudio.	14
Figura 2. Interpretación de pruebas slug.	24
Figura 3. Distribución de pruebas de bombeo, pruebas slug y cortes litológicos.	25
Figura 4. Ejemplos de pruebas de bombeo.	26
Figura 5. Geología superficial del D.F. (FI, 2010).	33
Figura 6. Distribución de pozos profundos (a) y configuración de las unidades hidrogeológicas la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (b). Tomada de Birkle y Torres (1998).	36
Figura 7. Ejemplos de pruebas slug interpretadas por el método Hvorslev.	40
Figura 8. Distribución de la conductividad hidráulica de la zona saturada para el 2010 (FI, 2010).	45
Figura 9. Ejemplo de asignación de resistencia hidráulica en años y determinación de la clasificación de la vulnerabilidad según la metodología AVI.	49
Figura 10. Distribución de la resistencia hidráulica (C) en años (a) y con el log C (b).	50
Figura 11. Zonas de vulnerabilidad con metodología AVI.	53
Figura 12. Porcentajes aproximados de áreas de vulnerabilidad en cada delegación.	55
Figura 13. Zonas de Incertidumbre.	57
Figura 14. Comparación de las zonas de vulnerabilidad con metodología AVI (a) y DRASTIC (b).	60
Figura 15. Comparación gráfica del área de cada clasificación de vulnerabilidad de los métodos AVI	62

y DRASTIC.

Figura 16. Comparación de las zonas de vulnerabilidad con metodología AVI (a) y DRASTIC (b) considerando únicamente la zona de alta certidumbre. 63

Figura 17. Comparación gráfica del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC, para la zona de alta certidumbre. 64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1. Peso y rango de clasificación de valores para el método DRASTIC. Modificado de Aller et al., (1985).	19
Tabla 2. Clasificación de la vulnerabilidad para el método AVI (Ramos y Rodríguez, 2002).	20
Tabla 3. Localización de pruebas slug.	22
Tabla 4a. Datos de la prueba slug ES1. Tabla 4b. Datos de la prueba slug ES1.	23
Tabla 5. Método empleado para cada prueba de bombeo.	28
Tabla 6. Clasificación de incertidumbre.	31
Tabla 7. Estratigrafía del área de estudio (FI, 2010).	32
Tabla 8. Rangos más amplios de conductividad hidráulica.	39

Tabla 9. Valores de permeabilidad para cada prueba slug.	40
Tabla 10. Resultados de la interpretación de las pruebas de bombeo en el D.F.	43
Tabla 11. Ejemplo de la distribución de la conductividad hidráulica para cada una de las litologías involucradas en la zona saturada.	46
Tabla 12. Comparación de resultados de la interpretación de las pruebas de bombeo para cada litología con datos bibliográficos.	47
	52
Tabla 13. Ejemplo del cálculo de la resistencia hidráulica, determinación de la clasificación de la vulnerabilidad acuífera para cada punto y asignación del grado de incertidumbre.	
Tabla 14. Comparación del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC.	61
Tabla 15. Comparación del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC para la zona de alta certidumbre.	64

1 INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos cada vez son más limitados, por lo que la importancia del agua subterránea es incuestionable. Sin embargo, el recurso no sólo puede ser menor, la calidad del agua podría ser un potencial limitador de ésta y reducir aún más su empleo en beneficio de la sociedad. Debido a esto, la protección de acuíferos se vuelve un tema de vital importancia (Puente, 2008).

El agua subterránea es un recurso que posee un grado considerable de complejidad para su explotación y cuya contaminación puede derivarse fácilmente de actividades antropogénicas.

Se ha demostrado que la mejor gestión de un recurso consiste en prevenir las situaciones negativas en lugar de reparar el daño. Por esto, la introducción de un sistema de prevención de contaminación a acuíferos, resultará benéfico para el manejo del agua.

El Distrito Federal representa la zona con mayor densidad de población del País, debido a esto se requiere una especial atención en las distintas problemáticas en las que se ve involucrado. En la zona metropolitana de la Ciudad de México se genera cerca de la quinta parte de las emisiones contaminantes y el 26% de desechos (Leyva, 2010). Además de presentarse una explotación intensiva del acuífero. Aproximadamente 52 m³/s de agua subterránea ha sido extraída del acuífero regional piroclástico aluvial y del acuífero volcánico fracturado (INEGI e INE, 2000), en la Cuenca.

A finales de 1960 el hidrogeólogo francés Margat introdujo el término "vulnerabilidad de acuíferos" (Vrba y Zaporozec, 1994), que se basa en la hipótesis de que el entorno físico proporciona cierta protección para las aguas subterráneas contra contaminantes derivados de actividades antropogénicas o de procesos naturales. Uno de los objetivos de un mapa de vulnerabilidad acuífera es mostrar los diferentes niveles de protección que puede ofrecer el medio geológico. El uso de mapas de vulnerabilidad del acuífero permite identificar las partes más vulnerables de un acuífero y establecer un nivel de riesgo de posibles fuentes de contaminación (Ramos y Ramiro, 2002).

La vulnerabilidad es una propiedad intrínseca adimensional del sistema acuífero, que depende de la susceptibilidad de éste a ser adversamente afectado por una carga contaminante, producida por el hombre o de manera natural (Vrba y Zaporec, 1994). Ésta depende principalmente de la

inaccesibilidad de la zona saturada y la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a esta zona. La capacidad de atenuación del medio puede ser el resultado de su retención física y la reacción química o bacteriológica con los contaminantes (Ramos, 2001).

La vulnerabilidad de un acuífero está relacionada con las características de la zona vadosa del acuífero y por las propiedades de atenuación del contaminante (Sililo et al., 2001).

En los últimos años la importancia del cuidado de los acuíferos ha dado lugar al desarrollo de diferentes metodologías para evaluar la vulnerabilidad de éstos y el riesgo ambiental, y que pueden clasificarse en dos sistemas (Ramos, 2001):

- ☞ Los que utilizan tasas numéricas (AVI, DRASTIC, SINTACS, ERIS y EPIK).
- ☞ Sistemas no numéricos, que clasifican la vulnerabilidad como altamente vulnerable o poco vulnerable (GOD).

Dichas metodologías requieren una recopilación de información como la conductividad hidráulica, profundidad al nivel estático, propiedades petrofísicas de la zona saturada y zona vadosa, topografía, tipo de roca que conforma, recarga neta, tipo de suelo y tipo de acuífero (Ramos, 2001).

1.1 ANTECEDENTES

A continuación se presenta una recopilación de los principales trabajos realizados en la Cuenca del Valle de México en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Ortega y Farvolden (1989) establecen cinco unidades hidrogeológicas para el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Mooser y Molina (1993) consideran cuatro unidades hidroestratigráficas: dos acuitardos que limitan un acuífero superior y otro inferior.

Vargas-Cabrera (1995) interpretaron 136 pruebas slug mediante el método Hvorslev, obteniendo una conductividad hidráulica horizontal promedio de 5.88×10^{-3} m/d para los sedimentos lacustres, correspondientes a una profundidad de entre 20 y 25 m; una conductividad promedio de 2.42×10^{-5} m/d para las arcillas ubicadas a una profundidad entre 25 y 50 m, mientras que, para los primeros 20 m de arcillas se tiene valores de conductividad altos, que se asocian con fracturamiento.

Vargas-Cabrera (2002) y Ortega-Guerrero (2002) llevaron a cabo alrededor de 300 pruebas de permeabilidad mediante el método Hvorslev. Definieron tres acuitardos que limitan los acuíferos. La conductividad hidráulica horizontal varía de 3.46×10^{-6} a 4.32×10^{-3} m/d en el primero, en el segundo de 3.46×10^{-6} a 4.32×10^{-4} m/d y en el tercero se calculó un valor de 1.9×10^{-6} m/d.

Ramos y Rodríguez (2002) aportan un cálculo de valores de conductividad hidráulica específicas para diferentes litologías involucradas en acuíferos, donde también realizan una evaluación de la vulnerabilidad utilizando los métodos DRASTIC y AVI y comparándolos entre sí.

Vargas y Ortega-Guerrero (2004) realizaron un estudio acerca de la variación de la conductividad hidráulica en el acuitardo arcilloso en la Ciudad de México. En él también se incluyen las llanuras de Chalco y Texcoco. Realizaron 225 pruebas de campo y las interpretaron mediante el método Hvorslev y Bouwer-Rice. Definieron tres acuitardos que separaban dos acuíferos de arena volcánica. La variación de la conductividad hidráulica en el primer y segundo acuitardo osciló entre 8.64×10^{-5} y 8.64×10^{-4} m/d.

Leyva (2010) realiza una evaluación del estado actual de la modelación de flujo y transporte en el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Los antecedentes citados representan una herramienta para el desarrollo de este trabajo. Los resultados presentados sirven como una guía y punto de comparación con los de este trabajo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El mapa de vulnerabilidad, producto de este trabajo, representa una herramienta para el manejo y protección del agua subterránea, así como una representación gráfica de las zonas con una mayor susceptibilidad a contaminación.

Su elaboración permite una visualización importante mediante una clasificación territorial basada en la vulnerabilidad de cada zona y sirve como base para un monitoreo de las fuentes potenciales de contaminación en la Ciudad de México.

También permitirá una gestión del recurso en función de la prevención de futuras complicaciones, como es el caso de la contaminación, dando como resultado una mejor calidad del agua que resultará en beneficio directamente de la sociedad.

1.3 OBJETIVOS

General

Caracterizar la distribución espacial de la vulnerabilidad del acuífero de la Ciudad de México usando el método *Aquifer Vulnerability Index (AVI)*, desarrollado por Van Stempvoort en 1992.

Particulares

- Simplificar la hidroestratigrafía de la Ciudad de México.
- Estimar la conductividad hidráulica (K) de cada unidad hidroestratigráfica.
- Caracterizar la conductividad hidráulica horizontal del acuitardo por medio de la interpretación de pruebas slug.
- Comparar los resultados de la aplicación de la metodología AVI con el método DRASTIC ya existente.

1.4 LOCALIZACIÓN

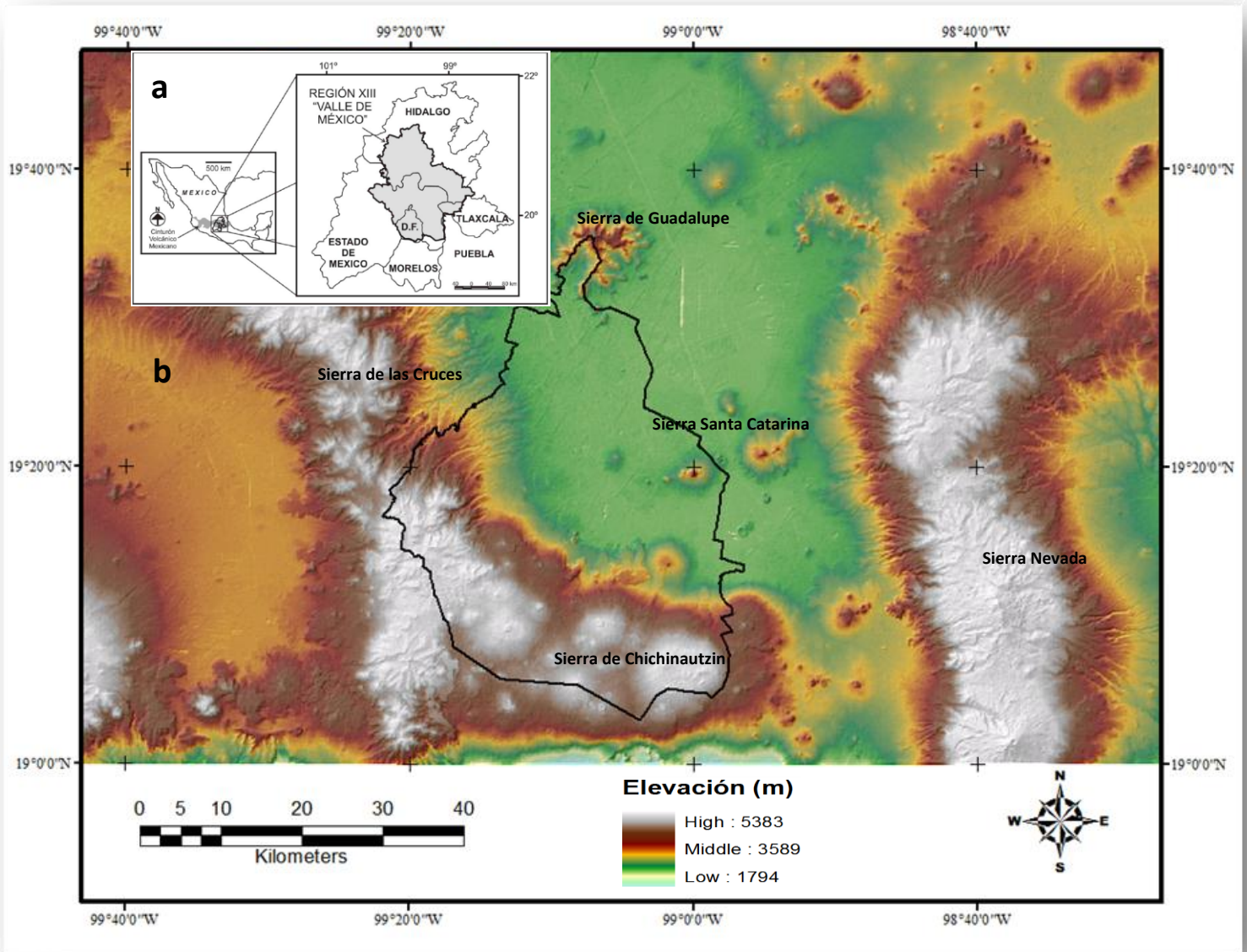


Figura 1. (a) Localización de la zona de estudio dentro de la Cuenca del Valle de México (Leva, 2010), (b) Sierras circundantes a la zona de estudio.

El Acuífero de la Ciudad de México se encuentra en la parte suroeste de la Cuenca de México, entre los paralelos 19°00' y 19°40' de latitud norte y los meridianos 99°00' y 99°20' de longitud oeste.

La zona de estudio se concentra únicamente en la porción del Distrito Federal, dentro de los límites administrativos del acuífero y está limitada al sur por la Sierra de Chichinautzin (Figura 1), al norte por la Sierra de Guadalupe, al este por la Sierra Nevada y la oeste por la Sierra de las Cruces.

El acuífero de la Ciudad de México pertenece a la Región Hidrológica Administrativa XIII de la Comisión Nacional del Agua, que se ubica en la parte central-este del Cinturón Volcánico Mexicano (Leyva, 2010).

2 MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

El término de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación, fue introducido por el hidrogeólogo francés Margat en 1968 (Vrba y Zaporozec, 1994). Este término es relativamente nuevo y hasta ahora, existen pocos autores en nuestro país que aborden este delicado e importante tema, el cual es sin duda trascendental dentro de cualquier sociedad y su relevancia aumenta inminentemente con el paso del tiempo.

Foster e Hirata (1991) establecen que la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta. Esta definición es adecuada, sin embargo debe ser aclarado que el contaminante no sólo tiene un origen antropogénico sino también natural. Existen diferentes sustancias que se generan y se conducen naturalmente por los diferentes ambientes y se incorporan a los acuíferos de los cuales nos abastecemos, dichas sustancias pueden ser indudablemente nocivas para la salud humana y para los innumerables ecosistemas existentes.

Una definición más clara es la que ofrecen Vrba y Zaporec (1994): “La vulnerabilidad es una propiedad natural del sistema acuífero que depende de la susceptibilidad del mismo a ser adversamente afectado por un contaminante antropogénico y/o natural”, y también Custodio (1995): “La vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema para absorber las alteraciones, tanto naturales como artificiales”. Ambas definiciones hablan de un estado natural en el que se encuentra el sistema y de la capacidad o incapacidad del mismo para poder soportar las alteraciones causadas por contaminantes naturales o artificiales.

La vulnerabilidad del acuífero depende principalmente de la accesibilidad del soluto y de la capacidad de atenuación de la zona no saturada, que se define como la atenuación del medio y puede ser el resultado de su actividad bacteriológica, retención física y reacción química con los contaminantes (Ramos-Leal, 2005).

Generalmente, los mapas de vulnerabilidad permiten obtener una rápida evaluación del riesgo de contaminación y se relacionan con la toma de decisiones para la gestión ambiental. La mejor

manera de representar la vulnerabilidad de un acuífero es por medio de mapas, los cuales involucran la identificación de áreas susceptibles de variar la calidad del agua subterránea, debido a la interacción de características físico-químicas que aumentan o retardan el movimiento de contaminantes en la zona no saturada (Ramos-Leal, 2005).

La vulnerabilidad acuífera se define como la posibilidad de que un contaminante producido por una fuente superficial alcance el agua subterránea, por lo que un acuífero vulnerable no es necesariamente aquel que se encuentra contaminado, sino el acuífero que se encuentra en posibilidad de interactuar con el contaminante (Rodríguez et al., 2000). Sin embargo, la vulnerabilidad puede dividirse en: vulnerabilidad Intrínseca y vulnerabilidad específica (Gogu y Dessargues, 2000a, 2000b), donde la vulnerabilidad intrínseca se refiere al riesgo potencial de contaminación del agua subterránea por factores antropogénicos independientemente de la naturaleza del contaminante; en el caso de la vulnerabilidad específica se trata de evaluar dicha vulnerabilidad en función de las características de un tipo de contaminante en particular o un grupo de contaminantes.

Los parámetros a considerarse en la vulnerabilidad intrínseca son las características propias que conforman el sistema acuífero, así como los procesos que lo involucran.

A continuación se describen brevemente los tres principales grupos de métodos para la evaluación de la vulnerabilidad acuífera: basados en simulaciones, estadísticos y de índices y superposición (Goya, 2011).

Métodos basados en simulaciones. Utilizan modelos matemáticos para analizar y simular los procesos que gobiernan el transporte de contaminantes en el subsuelo.

Métodos estadísticos. Utilizan grupos de variables que condicionan la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, proporcionando conclusiones según la asociación que presenten estas áreas.

Métodos de Índices y superposición. Combinan un conjunto de características o atributos físicos del suelo, la zona no saturada y los acuíferos, asignando un valor numérico según su importancia en la evaluación de la vulnerabilidad. Dentro de estos métodos se encuentran los métodos de

sistemas de matriz (superposición) y los modelos de sistema de conteo de puntos (índices). Para utilizar estos métodos primero se deben seleccionar los parámetros representativos para la evaluación de la vulnerabilidad y posteriormente a cada parámetro se le asigna un rango de valores que reflejan el grado de vulnerabilidad a la contaminación (Gogu y Dassargues, 2000).

Métodos de sistemas de matriz. Éstos se utilizan con un número restringido de parámetros cuidadosamente elegidos. Para obtener la vulnerabilidad se realiza una combinación que refleja la evaluación de cualquier punto del área de estudio. El resultado numérico final es dividido en intervalos que expresan el grado de vulnerabilidad (Gogu y Dassargues, 2000). Dentro de este tipo de métodos están el sistema GOD (Foster, 1987), el método AVI (Van Stempvoort et al., 1997) y el método ISIS *Métodos de conteo de puntos.* Estos métodos son sistemas de evaluación en los que cada parámetro es multiplicado por un peso asignado para reflejar la relación entre ellos. Los parámetros valuados y multiplicados son después sumados para obtener la puntuación final (Gogu & Dassargues, 2000). Esta puntuación provee una medida de la vulnerabilidad para un punto del área de estudio. A este tipo de métodos pertenecen DRASTIC (Aller et al. 1987), SINTACS (Civita y De Maio, 1997) y EPIK (Doerfliger y Zwahlen, 1997), que es utilizado para medios kársticos.

En el caso de la metodología DRASTIC (Aller et al, 1987), se consideran los siguientes parámetros y procesos:

Depth: profundidad al nivel freático bajo la superficie del terreno (m).

Recharge: recarga que recibe el acuífero (mm/año).

Aquifer: litología y estructura del medio acuífero (por categorías).

Soil: tipo de suelo (por categorías).

Topography: pendiente del terreno (%)

Impact: Naturaleza de la zona no saturada (por categorías).

Conductivity: Conductividad hidráulica del acuífero (m/año).

Para el caso de la metodología DRASTIC y modificaciones posteriores, cada parámetro incluye un rango de clasificación de valores y, además, cada parámetro es multiplicado por un factor de peso que permite una jerarquización de ellos (Tabla 1).

Factor	Peso	Rango de clasificación de valores	Rango de parámetro
Profundidad al nivel estático (PNE)	5	1-10	4-170 m
Recarga neta	4	1-5	50-95 mm
Litología del acuífero	3	5-10	Grava/arena-Basalto fracturado
Tipo de suelo	2	1-10	Ausente-arcilla
Topografía	1	1-10	0 > 18%
Impacto en la zona vadosa	5	4-10	Arcilla/limo-Basalto fracturado
Conductividad hidráulica del acuífero	3	1-10	$2.33 \times 10^{-2} - 2.32 \times 10^2$ m/d

Tabla 1. Peso y rango de clasificación de valores para el método DRASTIC. Modificado de Aller et al., (1985).

El método **AVI** (Van Stempvoort, 1992) evalúa la vulnerabilidad acuífera a partir de un parámetro denominado **resistencia hidráulica** (C) y corresponde a la estimación del tiempo de tránsito de un contaminante a través de la zona vadosa, partiendo del supuesto que el contaminante viaja en dirección vertical en condiciones advectivas, despreciando efectos de dispersión.

EL método AVI requiere un conocimiento amplio de la geología del subsuelo a una escala local, por lo que la información de cortes litológicos resulta una imprescindible herramienta. La determinación de los parámetros hidráulicos estará dada mediante la interpretación de pruebas de bombeo, pruebas slug y recopilación bibliográfica; asignando una conductividad hidráulica para paquetes de unidades homogéneas.

El cálculo del tiempo de tránsito se encuentra dado por la siguiente ecuación, que se expresa en años:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i} \quad \dots \text{Ecuación 1}$$

donde d_i corresponde al espesor de capas con características homogéneas ubicadas sobre el sistema saturado, y k_i es la permeabilidad o conductividad hidráulica vertical (k_v) asociada al sistema suprayacente al nivel saturado.

A partir de los valores del tiempo de tránsito se estima la vulnerabilidad del acuífero según lo indicado en la siguiente tabla (Ramos y Rodríguez, 2002):

Resistencia Hidráulica C (años)	Log (C)	Vulnerabilidad
<10	<1	Extremadamente Alta
10-100	1 a 2	Alta
100-1000	2 a 3	Moderada
>1000	>3	Baja

Tabla 2. Clasificación de la vulnerabilidad para el método AVI (Ramos y Rodríguez, 2002).

Una vez obtenida la resistencia hidráulica en cada corte litológico, se realiza una correlación entre los puntos, que permite establecer la distribución de las zonas de vulnerabilidad.

La metodología AVI es de gran utilidad en casos en los que el método DRASTIC no funciona en áreas de estudio muy pequeñas y las variaciones espaciales sólo se detectaran si se cuenta con información detallada del subsuelo, como es el caso de cortes litológicos (Ramos y Rodríguez, 1998).

Conocer a vulnerabilidad de un acuífero a ser afectado por factores externos es un apremiante para las instituciones ambientalistas e hídricas. Por lo tanto, contar con mapas de esa índole permite conocer que tan susceptibles son los sistemas acuíferos de incorporar de manera natural o por actividades antropogénicas una cantidad determinada de contaminantes (Foster e Hirata, 1991).

Para el método AVI, a diferencia del método DRASTIC, no existe una jerarquización de los parámetros, es decir, los parámetros involucrados tienen el mismo peso.

3 METODOLOGÍA

3.1 Estimación de la conductividad hidráulica (K)

Dado que el método AVI requiere un conocimiento amplio del valor de la conductividad hidráulica en cada zona, así como de la litología de la zona vadosa, fue necesaria una recopilación bibliográfica sobre los valores de la conductividad conocidos para la zona de estudio, sin embargo, los valores reportados varían en rangos importantes, teniendo variaciones de la conductividad hidráulica de hasta siete órdenes de magnitud como se muestra en la base de datos de conductividades hidráulicas (Anexo 1).

La recopilación bibliográfica se realizó a partir de numerosos artículos especializados, tesis de maestría y licenciatura.

3.1.1 Conductividad hidráulica del acuitardo

Una prueba slug consiste en la medida de la recuperación del nivel freático en un pozo inmediatamente después de producir un cambio en este nivel. La modificación del nivel puede ser por la rápida introducción de un objeto sólido equivalente a cierto volumen de agua o por la extracción del mismo, causando un abrupto aumento o decremento en el nivel freático. Después de todo cambio en el nivel freático hay un regreso a las condiciones estáticas. Estos cambios en el nivel a través del tiempo son utilizados para la estimación de la conductividad hidráulica.

Las pruebas slug presentan una distribución limitada a las delegaciones Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Benito Juárez y Tlalpan (Tabla 3). Estas pruebas, proporcionadas por consultores independientes que han realizado estudios ambientales, fueron desarrolladas en las 10 estaciones de servicio e interpretadas para fines de este proyecto mediante el método Hvorslev (1951). Cada estación de servicio contiene de 2 a 7 ensayos slug (Anexo 2) y cada ensayo arroja un valor de K.

Estación	X	Y	Delegación	Geología	Zona Geotécnica
ES1	484670	2150889	Cuauhtémoc	Arcillas	Lago
ES2	480398	2132396	Tlalpan	Arcillas	Loma
ES3	481802	2144801	Benito Juárez	Arcillas	Transición
ES4	484647	2150769	Cuauhtémoc	Arcillas	Lago

ES5	484125	2151500	Cuauhtémoc	Limo arcilloso	Lago
ES6	487508	2149337	Venustiano Carranza	Arcillas	Lago
ES7	483085	2146527	Cuauhtémoc	Limo arcilloso	Lago
ES8	486521	2151308	Cuauhtémoc	Limo	Lago
ES9	482597	2146802	Cuauhtémoc	Arcillas	Lago
ES10	487289	2153333	Gustavo A. Madero	Arcillas	Lago

Tabla 3. Localización de pruebas slug.

Para el método Hvorslev (Butler, 1997), los datos generados a partir de la recuperación progresiva del nivel freático se normalizan mediante la relación H/H_0 (correspondiente al eje ordenado), donde:

H_0 [m] = Ascenso máximo. Es la diferencia entre la PNE inicial y la PNE alcanzado al agregar el volumen de agua. Es un valor que se mantiene fijo.

H [m]= Ascenso residual en un tiempo t . Este valor va decreciendo y tiende a cero conforme avanza el tiempo y el nivel se estabiliza. Cuando $H=0$ se llega a la PNE inicial.

El logaritmo de esta normalización se grafica contra el tiempo de recuperación, obteniendo una línea recta que se ajusta a los datos graficados mediante una regresión exponencial.

Butler (1997) obtiene un tiempo T_L a partir de la normalización con valor igual a 0.37 o bien el 37% del ascenso instantáneo inicial, donde se cumple la expresión $1/e = 0.37$.

La componente radial de la conductividad hidráulica es estimada mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{r_w^2 \ln\left(\frac{L}{r_s}\right)}{2L * T_L} \dots \text{Ecuación 2}$$

donde:

k = Conductividad hidráulica

r_w = Radio de la perforación

L = Longitud de la tubería ranurada

r_s = Radio de la tubería

T_L = Tiempo de recuperación correspondiente a un cociente $H/H_0 = 0.37$

El método recomienda tomar los valores de $0.25 \geq H/H_0 \geq 0.15$ (Butler, 1997), que es donde se encuentra el valor más representativo de la conductividad.

Ejemplo:

A partir de la prueba slug ES1 se realiza la interpretación. Los datos de la prueba se localizan en la Tabla 4.

Ubicación de la prueba	Av. Guerrero o Eje 1 Poniente No 264, esquina con Av. Ricardo Flores Magón		Profundidad total del pozo	3.25 m
Coordenadas	X= 48418	Y=215104	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.25 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.64 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho=	1.44		Diámetro de tubería	2 pulg.

Tabla 4a. Datos de la prueba slug ES1.

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H	H/Ho
0	1.2	1.44	1.000
20	1.3	1.34	0.931
40	1.52	1.12	0.778
60	1.69	0.95	0.660
120	2.02	0.62	0.431
180	2.175	0.465	0.323
240	2.275	0.365	0.253
300	2.355	0.285	0.198
600	2.475	0.165	0.115
900	2.52	0.12	0.083
1200	2.545	0.095	0.066
1800	2.575	0.065	0.045
2400	2.595	0.045	0.031
3000	2.605	0.035	0.024
3600	2.615	0.025	0.017

Tabla 4b. Datos de la prueba slug ES1.

La gráfica resulta del logaritmo de la normalización vs el tiempo de recuperación (Figura 2).

La gráfica se divide en tres segmentos para su interpretación, cada una con su ecuación.

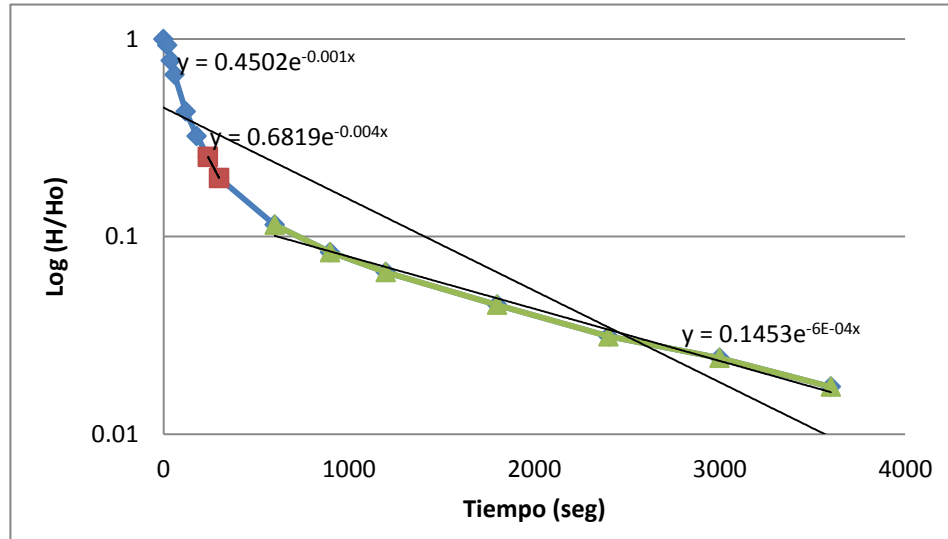


Figura 2. Interpretación de la prueba slug.

- Azul. Representa la K de la totalidad de los datos. No es recomendable usarla, ya que puede reflejar valores del prefiltro de grava en su primer segmento.
- Rojo. Es la K más representativa de la prueba (de $0.25 \geq H/H_0 \geq 0.15$, según Butler).
- Verde. Es la última parte de la prueba. Muestra una mayor estabilidad del nivel freático en el pozo y no incluye los primeros tiempos que reflejan el prefiltro de grava.

El valor de k elegido corresponde con el segmento rojo, que es el de mayor fiabilidad.

La determinación de la K final de la ES1, y de todas las demás, fue definida por el valor promedio de las pruebas representativas de cada estación. En la ES1 se tiene un valor de 2.983×10^{-5} m/d.

3.1.2 Pruebas de bombeo

Para el cálculo de la conductividad hidráulica (K) se interpretaron 21 pruebas de bombeo de los años ochenta (SACM, 2005), distribuidas generalmente en la zona central del Distrito Federal; así como 10 pruebas slug proporcionadas por el SACM (Figura 3).

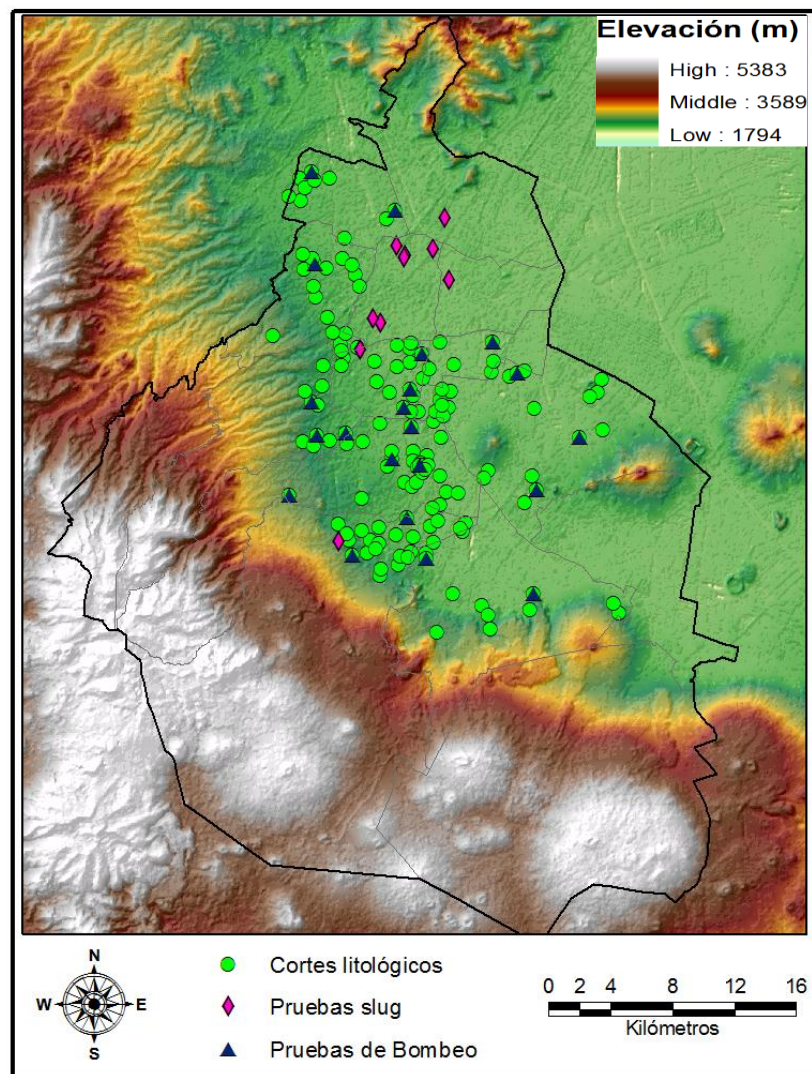


Figura 3. Distribución de pruebas de bombeo, pruebas slug y cortes litológicos.

Los datos proporcionados de las pruebas de bombeo se presentan en el Anexo 3, así como algunos ejemplos en la Figura 4.

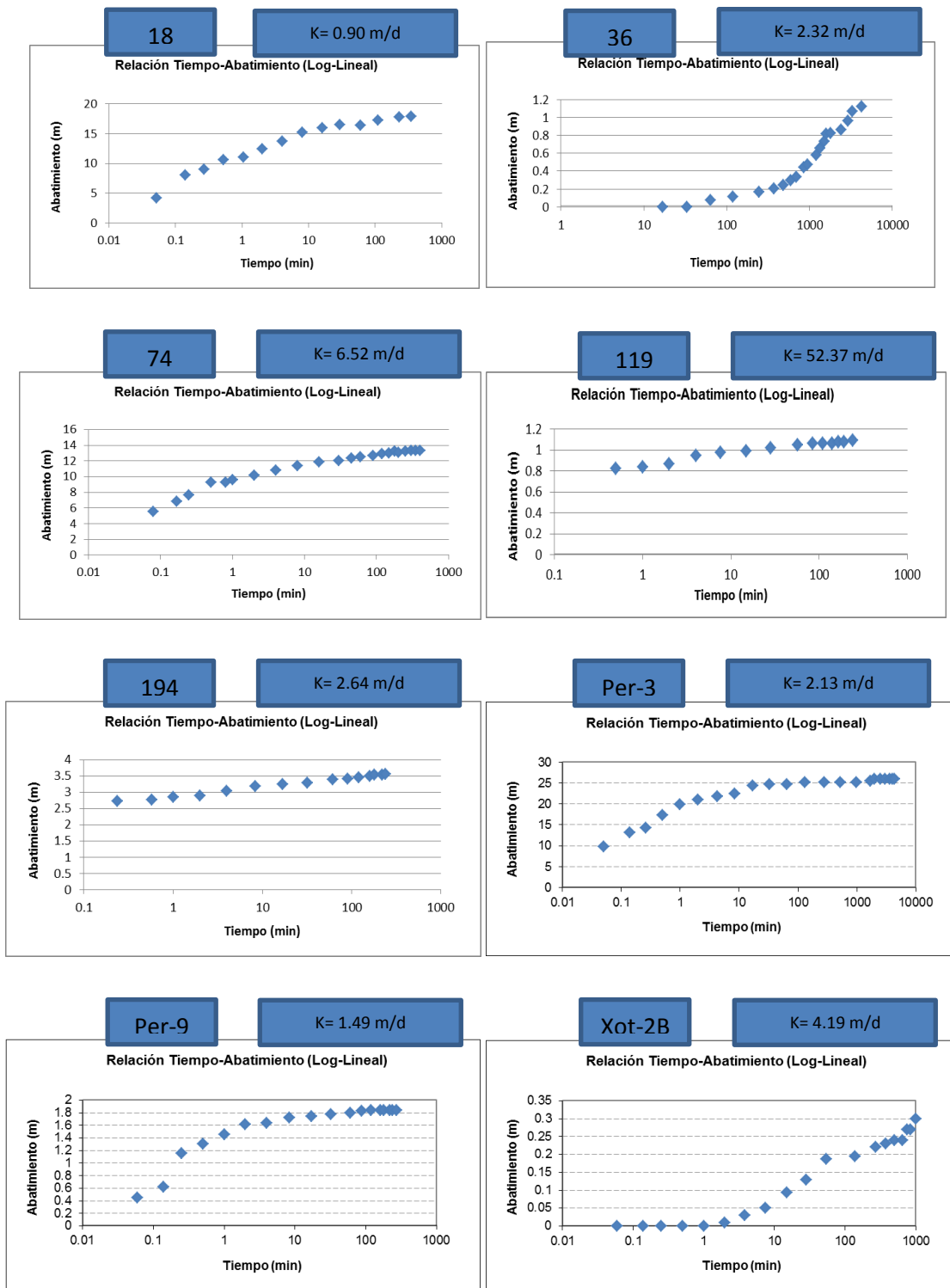


Figura 4. Ejemplos de pruebas de bombeo.

La interpretación de las pruebas de bombeo se generó a partir de su procesamiento en el software AQTESOLV (Duffield, 2000), ajustando los modelos con los métodos de Jacob y Copper (1946), Hantush (1964), Boulton (1954), Boulton y Streltsova (1978), Theis (1935) y Neuman (1974), siendo, en ocasiones, un método distinto para cada prueba, como se muestra en la Tabla 5. Además fue necesaria una discriminación de puntos cuando éstos no representaban un valor real o coherente con la gráfica. Este proceso se llevó a cabo por el grupo de hidrogeología de la Facultad de Ingeniería (FI, 2010).

Clave	Nombre de Pozo	X	Y	Método de Interpretación
8	Agrícola Oriental 6	492005	2143268	Jacob y Copper (1946)
18	Altavista	479022	2139290	Hantush (1964)
21	Arenal San Ángel	480867	2139378	Jacob y Copper (1946)
36	Castañeda 6	478677	2141443	Jacob y Copper (1946)
38	Ciudad Deportiva 2	490398	2145310	Jacob y Copper (1946)
69	Jardines del Pedregal 5	477248	2135365	Jacob y Copper (1946)
74	La Cienega	482539	2137993	Boulton (1954)
76	La Pirulera	478870	2150360	Theis (1935)
92	La Moderna	485806	2144537	Jacob y Copper (1946)
119	Portales	484601	2141067	Neuman (1974)
141	San Martin Xochinahuac 2	478706	2156331	Jacob y Copper (1946)
148	Santa Ursula Xitla	481273	2131506	Jacob y Copper (1946)
161	Trabajadores del Hierro	484111	2153792	Jacob y Copper (1946)
193	Ortiz Rubio	485040	2142278	Jacob y Copper (1946)
194	Country Club	485129	2139839	Jacob y Copper (1946)

Izt-8	Iztapalapa 8	495991	2139160	Jacob y Copper (1946)
Per-3	Periférico 3	485006	2134778	Boulton y Streltsova (1978)
Per-9	Periférico 9	486058	2131329	Boulton (1954)
SC-12	Santa Catarina 12	492786	2136963	Neuman (1974)
SL-15	San Luis 15	492988	2129012	Boulton y Streltsova (1978)
Xot-2B	Xotepingo 2B	485650	2137357	Boulton (1954)

Tabla 5. Método empleado para cada prueba de bombeo.

La conductividad hidráulica obtenida en cada prueba de bombeo permitió una configuración de la distribución de conductividades para todo el Distrito Federal (Figura 8). Es importante destacar que las conductividades resultantes se refieren a la zona saturada, sin embargo el método AVI requiere la conductividad hidráulica vertical de la zona vadosa, pero se consideró una conductividad horizontal para darle un grado mayor de seguridad.

Dado que una prueba de bombeo permite conocer la conductividad hidráulica del conjunto de litologías involucradas en el cono de bombeo, se empleó la relación que existe entre la K promedio de esa prueba con la K de cada litología en función de cada espesor:

$$K_h = \sum_{m=1}^n \frac{K_{hm} \cdot b_m}{b} \quad \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde K_h es la conductividad equivalente en la dirección horizontal, K_{hm} es la conductividad hidráulica horizontal en el estrato m , b_m es el espesor de un estrato individual, y b es el espesor total del acuífero.

La conductividad hidráulica obtenida para cada litología, aunque entraba en rango con los valores bibliográficos, está en función de los espesores, por lo que un espesor de arcillas pudo tener una conductividad mayor a la de una unidad conglomerática. Gracias a las pruebas slug interpretadas, se obtuvieron valores coherentes de conductividad de arcillas y limos, lo que permitió hacer la corrección a esta situación.

Debido a que la zona norponiente carece de pruebas de bombeo (Figura 3), los cortes Benjamín Franklin (30) y Chapultepec 3 (79) fueron considerados como tal, dado que se conoce la distribución de la conductividad y la litología involucrada, permitiendo así obtener valores de conductividad para la litología de esta zona.

Las pruebas de bombeo Trabajadores del Hierro (161), Santa Úrsula Xitla (148) y San Martín Xochinahuac (141) presentan sólo una litología, conociendo el valor específico de ésta. De esta forma se extrapoló el valor de conductividad a las pruebas adyacentes (Anexo 4). El valor se asignó a la litología correspondiente sin tomar en cuenta el nivel estratigráfico en el que se encontraba. Adicional a esto, se emplearon los valores de K de las arcillas obtenidos en las pruebas slug. Por lo que la constatación de la K específica de otras litologías se basó en el despeje de la ecuación 3, asignándole valores equivalentes a cada litología sin considerar la profundidad a la que se encuentra.

3.2 Vulnerabilidad acuífera aplicando la metodología AVI

Para el cálculo de la resistencia hidráulica (C), es decir, la estimación del tiempo de tránsito de un contaminante a través de la zona vadosa, es necesario el conocimiento de la estratigrafía de la zona a evaluar, la conductividad hidráulica de cada litología y la PNE actual en cada pozo. Se utilizaron 147 cortes litológicos que incluyen los 21 pozos con prueba de bombeo. Los cortes litológicos permitieron determinar los espesores de cada una de las litologías.

La resistencia hidráulica se calculó mediante la ecuación 1 para cada litología y, posteriormente, para la totalidad de la zona vadosa de cada corte, obteniendo un tiempo de tránsito para cada unidad y el tiempo total.

Con base en el resultado obtenido de la C en años y con el de $\log(C)$ de cada corte se asignó una clasificación de vulnerabilidad a cada pozo (Tabla 2) y, posteriormente, una correlación de todos los pozos para generar las diferentes zonas de vulnerabilidad.

El resultado generó dos mapas: una distribución de la resistencia hidráulica en años (C) y un mapa de distribución de las zonas de vulnerabilidad, ambos elaborados en Surfer 10 (Golden Software, 2011) y editados en ArcGis 9.3 (ESRI, 2009).

3.2.1 Incertidumbre de la vulnerabilidad acuífera

La finalidad de emplear una distribución de incertidumbre permite conocer la zona donde el método es confiable.

Se determinó un grado de incertidumbre para cada pozo (Anexo 6). El cálculo se basa en el promedio de las distancias que hay entre el punto en cuestión y el pozo con prueba slug y/o de bombeo conocido más cercano (puntos de control). Cada litología representa una distancia diferente según el punto de donde se tomó, como se muestra en el Anexo 6.

En el caso de los pozos cuyo valor de conductividad hidráulica fue tomada de bibliografía se les consideró como puntos de alta incertidumbre.

El valor de incertidumbre fue clasificado en cuatro clases, como lo muestra la Tabla 6.

Promedio de distancias a puntos de control (m)	Incertidumbre
0-3,000	Baja
3,000-6,000	Moderada
6,000-9,000	Alta
>9,000	Muy alta

Tabla 6. Clasificación de incertidumbre.

A partir de esta clasificación se configuró la distribución de la incertidumbre en todo el D.F.

El mapa de incertidumbre se generó en Surfer 8 (Golden Software, 2011) y se editó en ArcGis 9.3 (ESRI, 2009).

3.2.2 Comparación con el método DRASTIC

Mediante una cuantificación de áreas para cada clasificación de vulnerabilidad se realizó la comparación con respecto al método DRASTIC (FI, 2010). Las áreas se calcularon mediante el programa ArcGis 9.3 (ESRI, 2009).

La comparación se efectuó de dos formas: considerando la totalidad del D.F. y sin considerar las zonas de alta incertidumbre.

4 BREVE REVISIÓN DE LA GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DE LA CUENCA DE MÉXICO

La geología que compone al subsuelo de la Ciudad de México está dada por sedimentos lacustres (Qs) que cubren aluviones (Qv) y rocas volcánicas (Qt) que forman el acuífero principal (Leyva, 2010).

La secuencia estratigráfica de la zona de estudio está compuesta por roca volcánica, depósitos aluviales, fluviales y lacustres del Paleógeno - Neógeno y Cuaternario (Tabla 7), que descansan de forma discordante sobre rocas calcáreas y calcáreo-arcillosa del Cretácico (Leyva, 2010).

Era	Edad	Unidad	Formación	Litología	Ambiente de depósito	
Cenozoico	Pleistoceno Tardío - Holoceno	Cuaternario Sedimentario (Qs)	Depósitos aluviales (Qal)	Depósitos lacustres (Qla)	Sedimentos clásticos y piroclásticos, arcillas, ceniza y pómez	Lacustre
	Pleistoceno - Holoceno				Material clástico fluvial, sedimentos lacustres y depósitos volcánicos	Fluvial
	Pleistoceno Tardío - Holoceno	Cuaternario Volcánico (Qv)	Formación Chichinautzin (Qc)	Aluvial (Cal)	Lavas andesítico-basálticas y andesíticas	Volcánico
	Pleistoceno Tardío - Holoceno		Formación Popocatepetl (Qp)		Secuencias eruptivas, andesitas, pómez, cenizas y piroclastos	Volcánico
	Pleistoceno Medio		Formación Iztaccihuatl (Qi)		Derrames lávicos	Volcánico
	Pleistoceno		Formación Tláloc (Qt)		Coladas lávicas, pómez y líticos	Volcánico
	Pleistoceno	Unidad Volcánica Superior - Grupo Tarango (Qt)	Formación El Pino (Qpp)	Aluvial (Cal)	Flujos lávicos, tefra, cenizas, lapillis y escoria	Volcánico
	Pleistoceno Temprano (Cuaternario)		Formación Llano Grande (Qlg)		Lapilli, flujos de cenizas, brechas y derrames lávicos	Volcánico
	Plioceno		Depósitos piroclásticos y clásticos aluviales del Plioceno (Tppc)		Tobas, brechas volcánicas, aglomerados, conglomerados, arenas y arcillas	Volcánico
	Plioceno Tardío	Unidad Volcánica Inferior	Riolita Navajas (Tpn)	Aluvial (Cal)	Derrames lávicos	Volcánico
	Plioceno Tardío		Formación Zempoala (Tpz)		Derrames de lava, capas volcánoclasticas y lahares	Volcánico
	Plioceno Tardío		Formación Las Cruces (Tpc)		Depósitos piroclásticos, pómez, cenizas y material aluvial	Volcánico
	Plioceno Tardío - Pleistoceno Temprano		Rocas Volcánicas Máficas del Plioceno Tardío (Tpb)		Derrames lávicos, brechas volcánicas y piroclastos	Volcánico
	Plioceno Tardío		Formación Otomí (Tpo)		Depósitos piroclásticos	Volcánico
	Plioceno Temprano		Depósitos volcánicos del Plioceno Temprano (Tpv)		Tobas cristalinas, vítreas, líticas y pumíticas	Volcánico
	Mioceno Medio - Mioceno Tardío		Rocas Extrusivas del Mioceno Medio y Tardío (Tmv)		Tobas, brechas volcánicas y lavas	Volcánico
	Oligoceno - Plioceno		Grupo Pachuca (Tomp)		Brechas volcánicas, piroclastos, derrames lávicos y tobas	Volcánico
	Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano		Rocas volcánicas del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Tomv)		Depósitos piroclásticos, tobas líticas, cristalinas y vítreas	Volcánico
	Eoceno Tardío - Oligoceno Temprano		Grupo Balsas		Grupo Balsas (Teob)	Conglomerado oligomítico calcáreo
	Mesozoico	Turoniano - Maestrichtiano	Unidad Sedimentaria Marina	Formación Mexcala (Kmx)	Turbiditas, limolitas y lutitas	Marino de plataforma
Cenomaniano Tardío - Turoniano Tardío		Formación Cuautla (Kc)		Calcarenitas	Marino de plataforma	
Albiano Medio - Cenomaniano		Formación Morelos (Km)		Calizas y dolomías	Marino de plataforma	
Aptiano		Formación Xochicalco (Kx)		Calizas arcillosas y limosas	Marino de cuenca	

Tabla 7. Estratigrafía del área de estudio (FI, 2010).

La geología superficial del D.F. se compone por material aluvial, arcilla arena, basalto y por diferentes depósitos volcánicos y flujos de lava (Figura 5). Las unidades superficiales con mayor extensión corresponden con arcillas y basaltos. Las primeras se concentran en la región centro, norte y oriente; mientras que los basaltos se ubican al sur (Sierra Chichinautzin). Al poniente se sitúan depósitos volcánicos y aluviales.

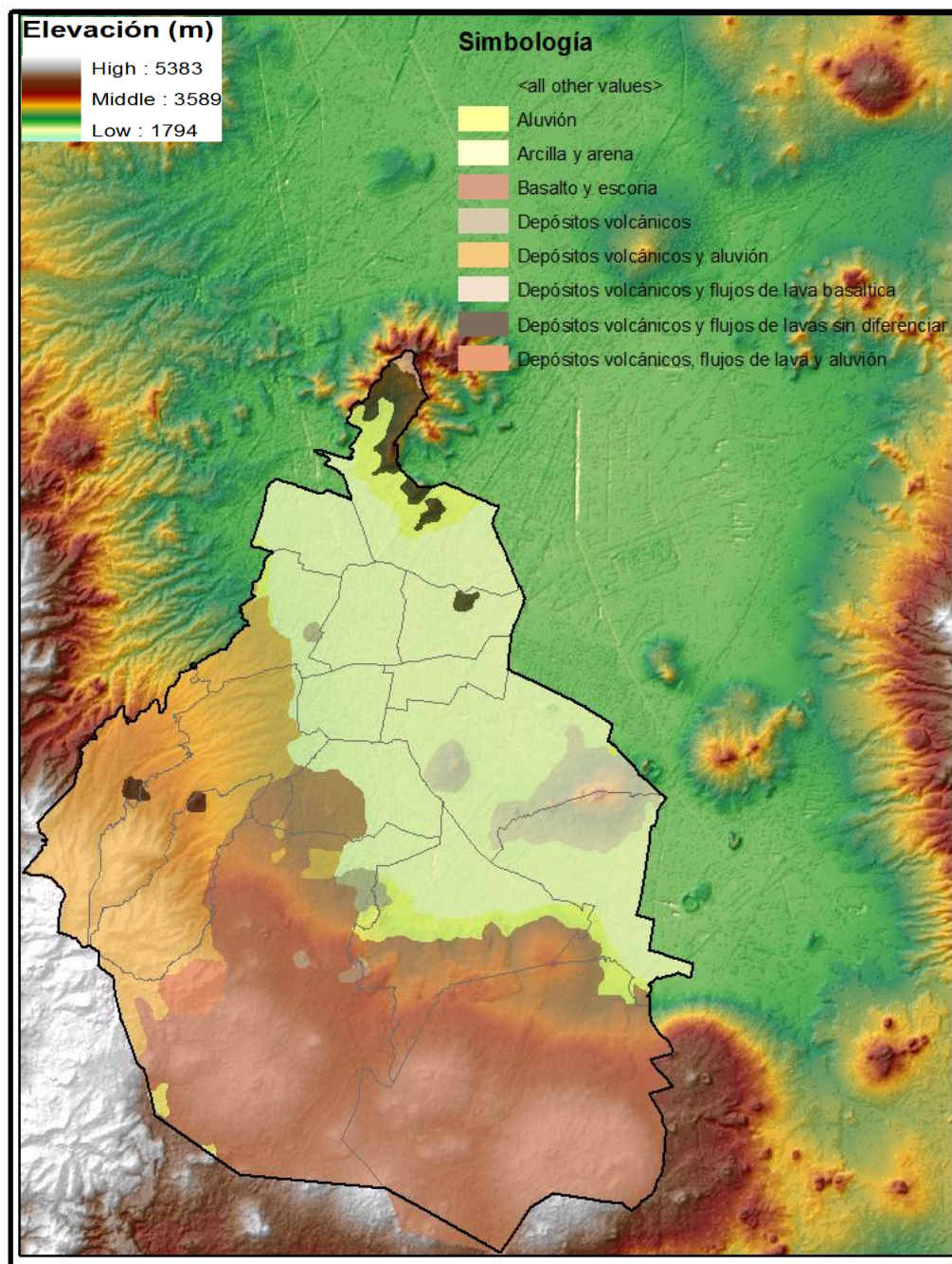


Figura 5. Geología superficial del D.F. (FI, 2010).

El acuífero superior de la zona de estudio está formado por paquetes de sedimentos lacustres y volcánicos interdigitados, que varían en espesor y procedencia (Leyva, 2010).

Las unidades hidroestratigráficas fueron definidas por Ortega-Guerrero y Vargas (2004) de la siguiente manera, empezando por la unidad más reciente:

- 1.- Depósitos lacustres
- 2.- Rocas volcánicas y piroclastos del Cuaternario (Unidad Volcánica Superior)
- 3.- Rocas volcánicas del Paleógeno - Neógeno (Unidad Volcánica Inferior)
- 4.- Conglomerados y evaporitas del Paleógeno - Neógeno
- 5.- Rocas sedimentarias Cretácicas

Los depósitos lacustres cuaternarios corresponde con el acuitardo que cubre el acuífero granular regional del Paleógeno - Neógeno y se extiende hacia las zonas montañosas donde se constituye un acuífero no confinado. El acuífero granular está limitado lateralmente y en profundidad por rocas volcánicas del Paleógeno - Neógeno con relativamente baja conductividad hidráulica. La unidad hidrogeológica regional más profunda es un acuífero de rocas carbonatadas del Cretácico, que está miles de metros debajo de la secuencia lacustre superficial (Ortega-Guerrero, 2004).

Los sedimentos finos de esta unidad contienen un alto porcentaje de materia orgánica (5-25 %), incluyendo restos de plantas y pequeños fósiles (Marsal y Mazari, 1959; Hansen, 1990; Urrutia-Fucugauchi et al., 1994).

También incluye los llamados acuíferos salobres de capas duras, los cuales presentan delgados espesores (entre 1 y 5 m) y están formados por arenas de origen volcánico. Además presentan lentes de arena y grava que derivan de rocas volcánicas (Ortega-Guerrero, 2004).

Los resultados de la perforación de pozos profundos en el acuífero semiconfinado muestran que las llanuras lacustres fueron zonas de descarga para el agua subterránea antes de la excesiva

extracción de agua del acuífero (Carrillo, 1947; SARCH-CAVM, 1981; Durazo y Farvolden, 1989; Ortega y Farvolden, 1989). El gradiente hidráulico en el acuitardo, originalmente ascendente, está ahora descendiendo en la mayor parte del acuitardo lacustre en la cuenca de México, debido al excesivo bombeo (Ortega-Guerrero et al., 1993).

El estudio en las zonas de Chalco, Texcoco y Distrito Federal muestra que los depósitos lacustres contienen al menos tres acuitardos con un promedio de espesores entre 20 y 30 m, separados por dos acuíferos salobres de arena volcánica con espesores menores a los 5 m. Estos acuíferos están localizados a profundidades entre 20-26 y 50-56 m (Ortega-Guerrero, 2004).

La principal unidad hidrogeológica es la unidad aluvial del Cuaternario (Carrera-Hernández, 2007), donde la mayoría de los pozos están localizados y de acuerdo con Herrera et al. (1989) están explotando agua a una profundidad máxima de 300 m y alcanzan espesores máximos de cerca de 800 m en el área sureste de la cuenca. Esta unidad principal está parcialmente cubierta por la unidad de depósitos lacustres del Cuaternario y presenta su espesor máximo en las partes centrales, alcanzando un máximo de 300 m en la subcuenca de Chalco, en la región sureste de la cuenca, mientras que el valor mínimo (30 m) es encontrado hacia el norte y sobre los límites de las llanuras (Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989). Dentro de esta unidad se localiza una unidad de arena, generalmente conocida como capa dura, la cual tiene valores altos de conductividad hidráulica y espesores cercanos a los 3 m. La unidad aluvial Cuaternaria está intercalada con basaltos Cuaternarios de la Sierra de Chichinautzin y de otros volcanes del sur de la cuenca. Estos basaltos presentan altos valores de permeabilidad debido al intenso fracturamiento, lo que produce una adecuada ruta para la recarga del acuífero. Las altas montañas que limitan la cuenca hacia el este están formadas por basaltos andesíticos, que se extienden sobre la Formación Tarango encontrada en la base de la Sierra de las Cruces (Carrera-Hernández, 2007) y está comprendida por tobas, pumicita y lahar (Mooser y Molina, 1993). Estas unidades están limitadas por los depósitos lacustres del Plioceno que están compuestos por arcillas altamente consolidadas (Mooser y Molina, 1993).

Birkle y Torres (1998) realizaron una configuración en función de las propiedades hidráulicas hasta una profundidad de 1,200 m, donde se aprecian las unidades de alta porosidad y diferentes capas de baja permeabilidad (arcillosas), como se muestra en la Figura 6.

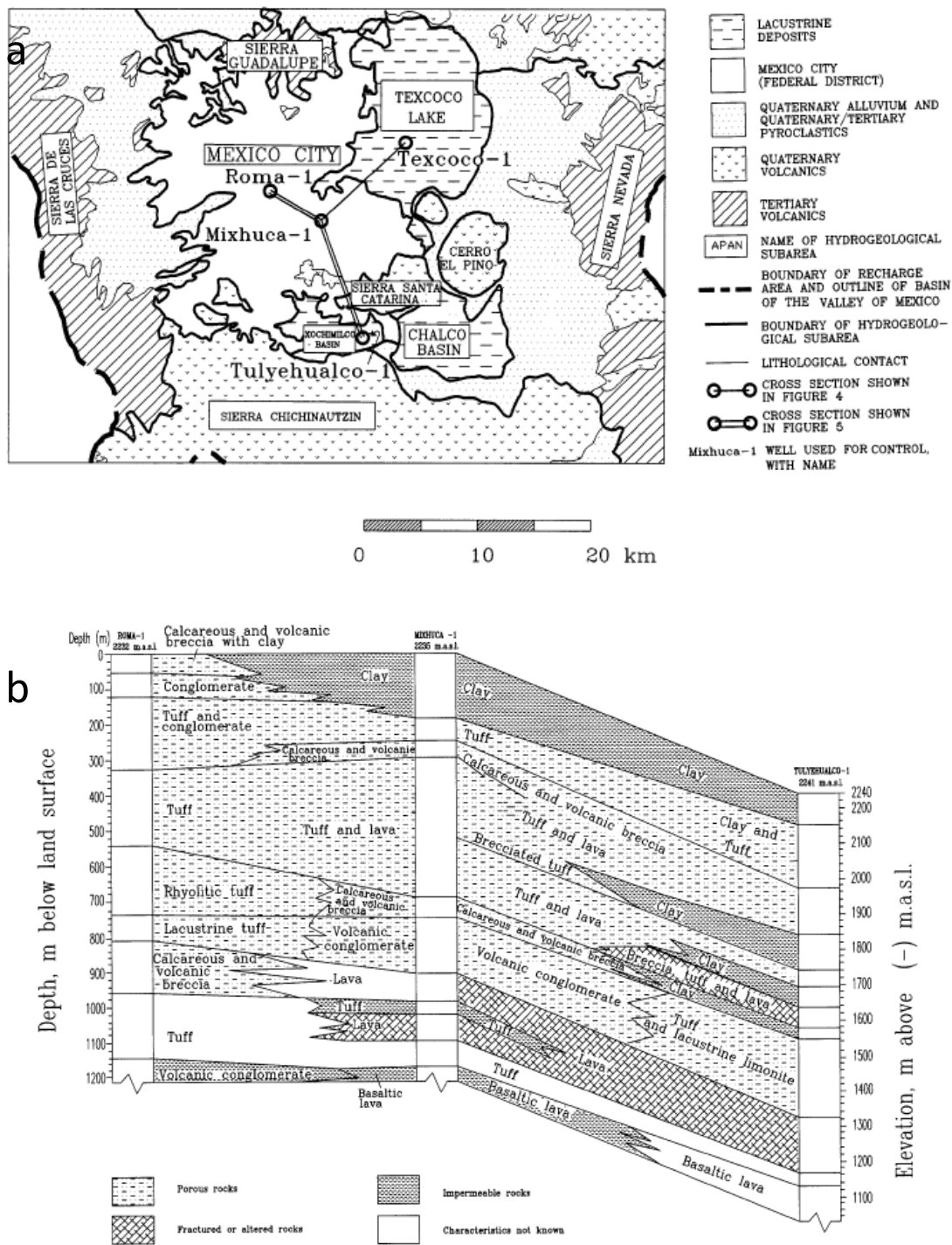


Figura 6. Distribución de pozos profundos (a) y configuración de las unidades hidrogeológicas la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (b). Tomada de Birke y Torres (1998).

Con base en la correlación de los pozos profundos Roma 1, Mixhuca 1, Texcoco 1 y Tulyehualco 1 (Figura 6) se efectuó la descripción del modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero de la Ciudad de México (Leyva, 2010).

Acuitardo superior

En la parte superficial se tiene un depósito de arcillas (Q) altamente compresibles que forman el acuitardo superior y que además puede incluir limo, arena y ocasionalmente grava en la parte marginal de la cuenca (Ramos et al., 2010). Esta unidad posee un espesor promedio de 60 m y se encuentra litológicamente constituido por sedimentos fluviales, sedimentos lacustres altamente porosos pero poco permeables, depósitos areno-arcillosos, roca volcánica y una capa delgada de material arcilloso o limo-arenoso compacta y rígida (capa dura) con un espesor promedio de 3 m (Leyva, 2010); esta capa presenta un contenido de agua de 421 a 574% (Masari et al., 1975).

Acuífero superior

Constituido por basaltos del Neógeno, roca andesítica del Plioceno Superior, la Formación Tarango (Plio-Cuaternario), conglomerado del Cuaternario, así como tobas, arcillas volcánicas intercaladas con lentes de arena, depósitos aluviales y piroclastos. Cuenta con un espesor promedio de 600 m y constituye la unidad acuífera principal y actualmente en explotación. Se comporta como acuífero libre y confinado, siendo libre en las regiones montañosas, en los abanicos piroclásticos y en las llanuras aluviales. Se comporta confinado en las zonas cubiertas por depósitos lacustres Cuaternarios (Zumpango hasta Chalco y Texcoco hasta el Cerro de Chapultepec); y semiconfinado en la parte central de la cuenca, donde la cobertura es de arcillas lacustres (Leyva, 2010).

Acuífero inferior

Incluye clastos sedimentarios, depósitos de piamonte, piroclastos, conglomerado fluvial, horizontes de pómez, arcillas volcánicas compactas y resistentes, roca volcánica del Plioceno fracturada a una profundidad de 3,000 m; Formación Tarango, roca volcánica andesítica del Plio-

Cuaternario, basáltica y andesítica del Plioceno Superior; serie estratificada, roca volcánica, depósitos lacustres del Plioceno Inferior; roca volcánica del Paleógeno - Neógeno; depósito lacustre del Neógeno; roca ígnea ácida intermedia del Mioceno y del Oligoceno, respectivamente; conglomerado del Eoceno; margas, areniscas, lutitas, carbonatos compactos del Cretácico Superior; las formaciones Balsas, Tepozteco y Mezcala (Leyva, 2010).

Posible acuífero profundo

Posee un espesor promedio de 500 m formado por rocas andesíticas y dacíticas del Paleógeno - Neógeno (Leyva, 2010), así como rocas carbonatadas: masivas, plegadas fracturadas y con fallamiento de la Formación Morelos (Mooser and Molina, 1993).

La recarga a este acuífero ha sido limitada debido a la poca permeabilidad de las unidades que la cubren, por lo que la recarga se da principalmente a través de fallas y fracturas (Mooser and Molina, 1993).

Dichas unidades presentan un amplio rango de variación en sus parámetros hidrodinámicos y la recarga hacia este sistema acuífero se da de manera principal en las sierras circundantes (CONAGUA, 2009).

El conocimiento de las características de este acuífero se encuentra limitado a la poca información directa que se tiene disponible debido a su profundidad, sin embargo representa una fuente potencial del recurso hídrico para la Ciudad de México., ya que puede tener continuidad desde el norte de la Cuenca donde se tienen afloramientos y desde donde se puede dar la recarga.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Estimación de la conductividad hidráulica (K)

La recopilación bibliográfica se organizó en función de la litología, permitiendo conocer el rango de variación de cada una según cada autor. La base de datos de recopilación bibliográfica corresponde al Anexo 1.

La bibliografía considerada como referencia para este trabajo se limitó a los artículos que se refieren a la zona de estudio y algunos artículos internacionales. La Tabla 8 muestra el rango más amplio de variación de K para los artículos referidos a la zona de estudio y sólo para las litologías involucradas.

Litología	Rango de K (m/d)	Fuente
Arcilla	$8.64 \times 10^{-3} - 8.64 \times 10^{-7}$	Vargas y Ortega-Guerrero (2004)
Arcilla-arena	2.59×10^{-2}	Ramos y Rodríguez (2003)
Limo	$8.64 \times 10^{-1} - 8.64 \times 10^{-3}$	Marsal y Masari (1959)
Limo arcilloso	$8.64 \times 10^{-1} - 8.64 \times 10^{-3}$	Marsal y Masari (1959)
Arena	$8.64 \times 10^{-5} - 8.64 \times 10^2$	CONAGUA (2009)
Grava	$8.64 \times 10^{-5} - 8.64 \times 10^2$	CONAGUA (2009)
Arena-grava	$4.20 \times 10^{-1} - 2.00$	Vázquez (1995)
Conglomerado	$1.00 - 1.00 \times 10^3$	Custodio y Llamas (1996)
Toba	$7.00 \times 10^{-2} - 1.81$	Vázquez (1995)
Basalto	4.67	Ramos y Rodríguez (2003)
Andesita	$4.00 \times 10^{-1} - 2.00$	Vázquez (1995)
Escoria	$6.60 \times 10^{-2} - 6.60 \times 10^{-1}$	Vázquez (1995)

Tabla 8. Rangos más amplios de conductividad hidráulica.

Los amplios rangos de variación no permiten que la metodología se base sólo en estos datos, debido a que no hay parámetros de distribución para elegir un solo valor en ese rango para un punto en específico.

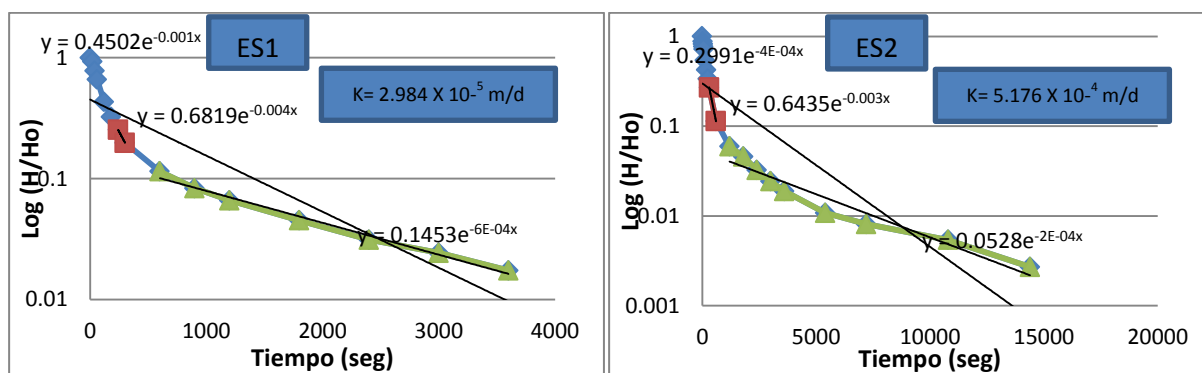
5.1.1 Conductividad hidráulica del acuitardo

Los ensayos slug permitieron el cálculo de la conductividad hidráulica (K) correspondiente a la arcilla y al limo arcilloso. Los valores se muestran en la Tabla 9.

Estación de Servicio	X	Y	K (m/d)	Litología
ES1	484670	2150889	2.983×10^{-5}	Arcillas
ES2	480398	2132396	5.176×10^{-5}	Arcillas
ES3	481802	2144801	3.263×10^{-4}	Arcillas
ES4	484647	2150769	9.962×10^{-4}	Arcillas
ES5	484125	2151500	9.357×10^{-5}	Limo arcilloso
ES6	487508	2149337	3.046×10^{-5}	Arcillas
ES7	483085	2146527	2.812×10^{-4}	Limo arcilloso
ES8	486521	2151308	1.006×10^{-4}	Limo
ES9	482597	2146802	1.149×10^{-3}	Arcilla
ES10	487289	2153333	2.976×10^{-5}	Arcilla

Tabla 9. Valores de permeabilidad para cada prueba slug.

El resultado de la interpretación de las pruebas slug se encuentran en el Anexo 2 y como ejemplo en la Figura 7.



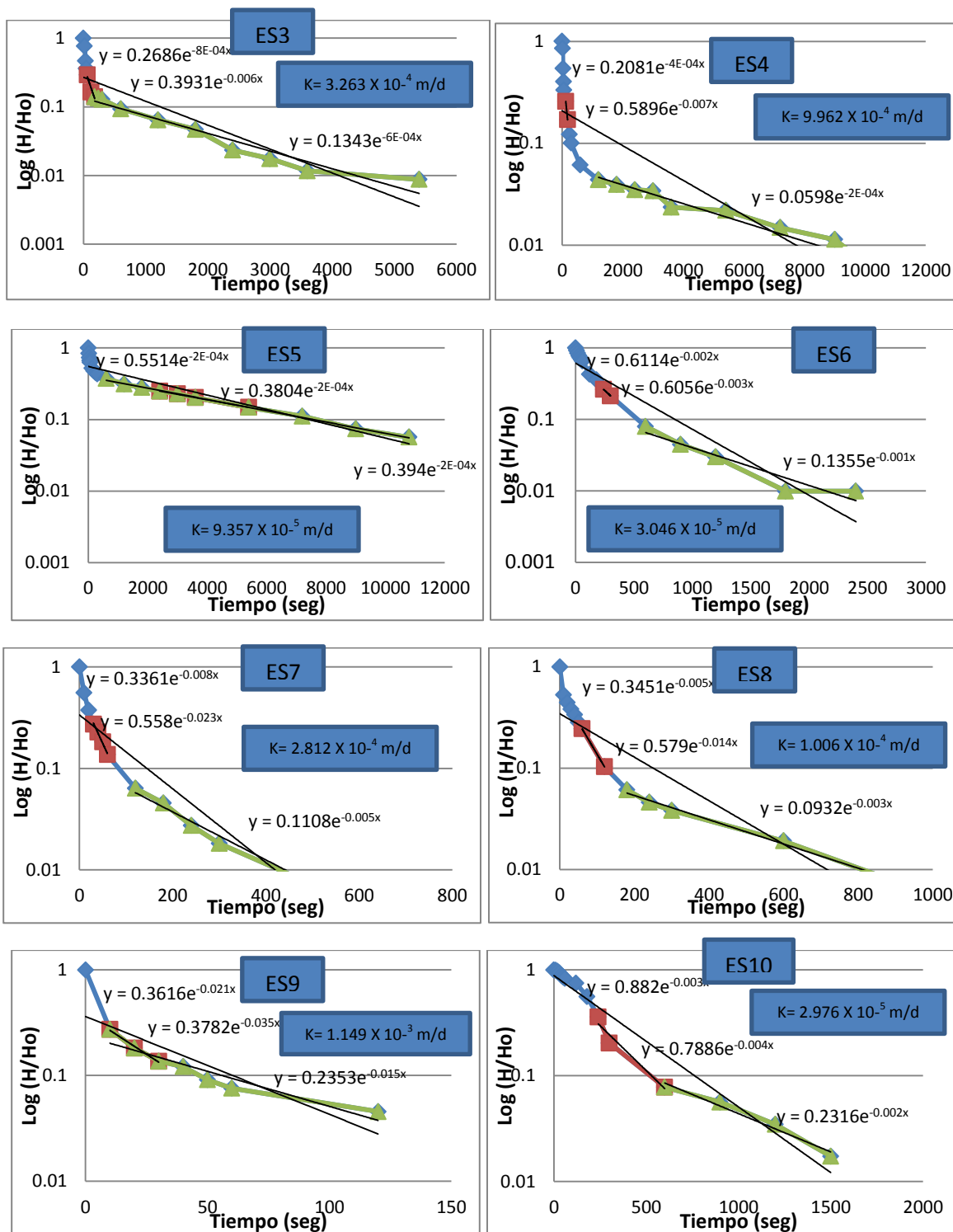


Figura 7. Ejemplos de pruebas slug interpretadas por el método Hvorslev.

La interpretación de cada prueba se determinó para cada segmento de la gráfica, sin embargo se consideró el valor de la conductividad hidráulica de la interpretación del intervalo correspondiente al valor de la normalización H/H_0 entre 0.15 y 0.25, sección en tonalidad roja de la gráfica (Butler, 1997).

Los valores reflejan una muy baja conductividad del acuitardo, así como una alta heterogeneidad.

Los valores de arcillas representan la litología menos permeable de todas las unidades involucradas en el acuífero. Precisar su valor resulta determinante para el cálculo de la conductividad de las demás litologías y para la caracterización de la vulnerabilidad.

Las pruebas slug se encuentran en una zona limitada que corresponde a la porción norte del D.F. y un dato aislado en la delegación Tlalpan (Figura 3).

La mayor parte de las pruebas slug se concentran en la delegación Cuauhtémoc y el rango de variación del valor de la conductividad es de tres órdenes de magnitud, por lo que la heterogeneidad en las arcillas es muy importante. Se tiene una variación de los valores de conductividad hidráulica en distancias cortas de hasta un orden de magnitud en 120 m (arcillas en slug test ES1 y ES4).

Los resultados son confiables pese a la poca cantidad de datos, debido a que entran en un rango coherente con respecto a la bibliografía consultada (Tabla 8). Estos valores se consideraron para las unidades de arcillas y arcillas limosas de todo el D.F.

5.1.2 Pruebas de bombeo

La siguiente tabla muestra los resultados de la interpretación de las pruebas de bombeo:

Duración (horas)	Clave	Nombre del Pozo	X	Y	K (m/d)	T (m ² /d)	Método de interpretación
72	8	Agrícola Oriental 6	492005	2143268	14.76	1579.00	Jacob y Copper (1946)
10	18	Altavista	479022	2139290	0.90	123.00	Hantush (1964)
72	21	Arenal San Ángel	480867	2139378	1.84	1813.00	Jacob y Copper (1946)
72	36	Castañeda 6	478677	2141443	2.32	353.00	Jacob y Copper (1946)
4	38	Ciudad Deportiva 2	490398	2145310	2.92	377.00	Jacob y Copper (1946)
72	69	Jardines del Pedregal 5	477248	2135365	20.18	3758.00	Jacob y Copper (1946)
7	74	La Ciénega	482539	2137993	6.52	717.00	Boulton (1954)
8	76	La Pirulera	478870	2150360	4.09	514.00	Theis (1935)
72	92	La Moderna	485806	2144537	11.07	1485.00	Jacob y Copper (1946)
4	119	Portales	484601	2141067	52.37	2800.00	Neuman (1974)
72	141	San Martín Xochinahuac 2	478706	2156331	2.92	980.00	Jacob y Copper (1946)
10	148	Santa Úrsula Xitla	481273	2131506	58.12	1553.00	Jacob y Copper (1946)
6	161	Trabajadores del Hierro	484111	2153792	25.43	2430.00	Jacob y Copper (1946)
8	193	Ortíz Rubio	485040	2142278	18.76	875.00	Jacob y Copper (1946)
4	194	Country Club	485129	2139839	2.64	492.00	Jacob y Copper (1946)
70	Izt-8	Iztapalapa 8	495991	2139160	3.20	459.00	Jacob y Copper (1946)
72	Per-3	Periférico 3	485006	2134778	2.13	337.00	Boulton y Streltsova (1978)
4.5	Per-9	Periférico 9	486058	2131329	1.49	216.00	Boulton (1954)

72	SC-12	Santa Catarina 12	492786	2136963	4.28	248.00	Neuman (1974)
23	SL-15	San Luis 15	492988	2129012	1.84	147.00	Boulton y Streltsova (1978)
72	Xot-2B	Xotepingo 2B	485650	2137357	4.19	683.00	Boulton (1954)

Tabla 10. Resultados de la interpretación de las pruebas de bombeo en el D.F.

La distribución de pozos permitió realizar una configuración de la conductividad hidráulica de la zona saturada, como se muestra en la Figura 8, donde se puede ver el comportamiento de la conductividad de la zona saturada. Teniéndose cuatro zonas de alta conductividad en tonalidad naranja.

Las interpolaciones y extrapolaciones de este trabajo se realizaron en Surfer 10 (Golden Software, 2011) a partir del método de Kriging.

El método de interpolación Kriging dice que la distancia y la dirección entre puntos de muestreo es una expresión de la correlación espacial entre los puntos y explica la variabilidad encontrada en la superficie muestreada. El análisis incluye los siguientes pasos: análisis estadístico exploratorio del conjunto de datos, modelado del variograma, interpolación de la superficie y un análisis de la superficie de varianza.

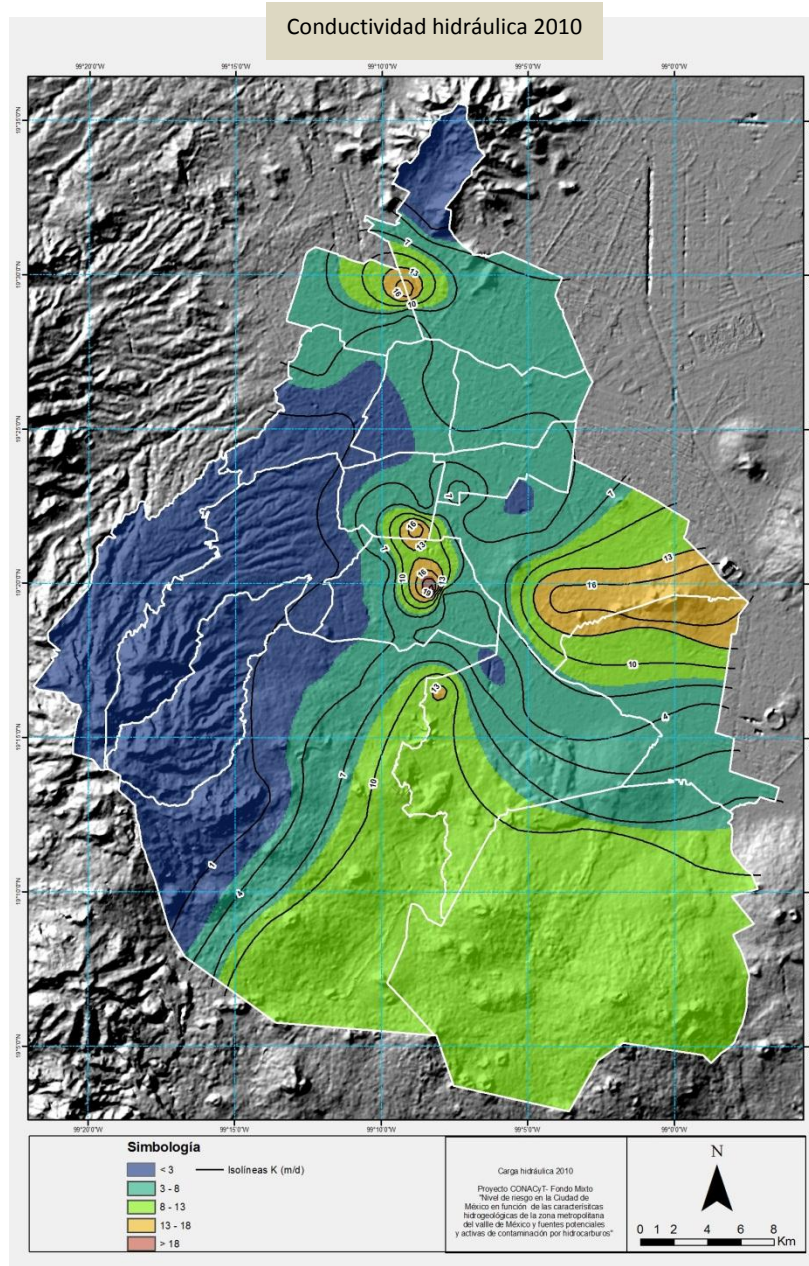


Figura 8. Distribución de la conductividad hidráulica de la zona saturada para el 2010 (FI, 2010).

Las zonas de alta conductividad se presentan en las delegaciones Coyoacán, Benito Juárez, Iztapalapa, Tláhuac, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero. Teniendo como zonas de baja conductividad, a niveles de zona saturada, las cercanías a las Sierras de Guadalupe y Chichinautzin, así como zonas discretas en la porción central del D.F.

La conductividad obtenida en cada pozo es una conductividad general, que representa a todo el conjunto de litologías involucradas en la zona saturada, por eso se calculó una conductividad específica para cada litología. El resultado del cálculo se muestra en el Anexo 4, incluyendo los pozos Benjamín Franklin (30) y Chapultepec 3 (79).

Un ejemplo de la distribución de la conductividad hidráulica en las diferentes litologías involucradas en la zona saturada se muestra en la Tabla 11.

Clave	Nombre de pozo	X	Y	K (m/d) de la zona saturada	T (m ² /d)	Espesor saturado (m)	Litologías involucradas	Espesor (m) de cada litología	K (m/d) para cada litología
74	La Ciénega N.1	483894	2137744	2.642	492	186	Arena grava	4	4.090
							Grava	31	3.140
							Arcilla arena	8	0.114
							Grava	14	3.140
							Arena	11	0.156
							Arena grava	43	4.090
							Arena	32	0.156
							Arena grava	16	4.090
76	La Pirulera	478870	2150360	4.280	248	118	Arcilla arena	18	3.200
							Conglomerado	40	6.385
							Arcilla arena	60	3.200
79	Chapultepec 3	476176	2145743	0.834		135	Conglomerado	18	0.908
							Arena	12	0.074
							Conglomerado	105	0.908
92	La Moderna	485806	2144537	4.190	683	126	Grava	20	2.337
							Arcilla	3	0.000
							Arena	29	7.347
							Arcilla	4	0.000
							Arena	19	7.347
							Arcilla	4	0.000
							Grava	11	2.337
							Arena	7	7.347
							Grava	21	2.337
							Arcilla arena	8	0.291
119	Portales	484601	2141067	20.175	3758	186	Grava	15	3.140
							Arena grava	30	4.090
							Grava	8	3.140
							Arena grava	50	4.090
							Grava	14	3.140
							Arena grava	45	4.090
							Arcilla	24	0.000
141	Sn. M. Xochinahuac	478706	2156331	6.518	717	110	Arena grava	110	6.518
148	Santa Úrsula Xitla	481273	2131506	4.090	514	146	Arena grava	146	4.090
161	Trabajadores del Hierro	484111	2153792	3.200	459	143	Arcilla arena	143	3.200

Tabla 11. Ejemplo de la distribución de la conductividad hidráulica para cada una de las litologías involucradas en la zona saturada.

Las pruebas slug permitieron asignar valores de conductividad para arcillas superficiales, mismos que se extrapolaron a niveles inferiores. Las pruebas de bombeo generaron valores de conductividad de zonas inferiores (zona saturada), extrapoliándose a niveles de la zona vadosa.

El hecho de asignar conductividades a niveles inferiores a partir de litologías superficiales, agrega tanto un grado de seguridad como de incertidumbre. Un grado de seguridad porque la conductividad desciende con respecto a la profundidad debido a compactación, e incertidumbre porque en niveles inferiores es posible que exista un mayor fracturamiento. Por lo tanto, el grado de seguridad disminuye al hacerlo de manera inversa, es decir, al asignar valores de conductividad a litologías más superficiales a partir de los valores conocidos de litologías de la zona saturada.

En el caso de las tobas y la escoria, el valor de conductividad se encuentra uno y tres órdenes de magnitud por encima, respectivamente, con respecto a los valores bibliográficos consultados (Anexo 1). El resto de los resultados entraron en rango con respecto a la bibliografía de la zona de estudio. Para la unidad conglomerática el valor disminuye en un orden.

Se puede ver cómo varían los valores de conductividad con respecto a la zona, reflejando la heterogeneidad de las unidades.

Los rangos de variación de la conductividad hidráulica de cada litología para la zona de estudio se encuentran en la siguiente tabla:

Litología	Rango de K (m/d) por bibliografía	Rango de K (m/d) por prueba de bombeo
Arcilla	$8.64 \times 10^{-3} - 8.64 \times 10^{-7}$ (Vargas y Ortega-Guerrero, 2004)	$5.17 \times 10^{-5} - 3.26 \times 10^{-4}$
Arcilla-arena	2.59×10^{-2} (Ramos y Rodríguez, 2003)	$4.69 \times 10^{-2} - 3.19$
Arena	$8.64 \times 10^{-5} - 8.64 \times 10^2$ (CONAGUA, 2009)	$7.41 \times 10^{-2} - 9.42$
Grava	$8.64 \times 10^{-5} - 8.64 \times 10^2$ (CONAGUA, 2009)	2.33 – 3.13

Arena-grava	$4.20 \times 10^{-1} - 2.00$ (Vázquez, 1995)	$1.27 \times 10^{-1} - 6.51$
Conglomerado	$1.00 - 1.00 \times 10^3$ (Custodio y Llamas, 1996)	$9.08 \times 10^{-1} - 6.38$
Toba	$7.00 \times 10^{-2} - 1.81$ (Vázquez, 1995)	45.00
Basalto	4.67 (Ramos y Rodríguez, 2003)	3.91 - 32.34
Andesita	$4.00 \times 10^{-1} - 2.00$ (Vázquez, 1995)	$1.31 \times 10^{-1} - 9.79$
Escoria	$6.60 \times 10^{-2} - 6.60 \times 10^{-1}$ (Vázquez, 1995)	2.06 - 14.66

Tabla 12. Comparación de resultados de la interpretación de las pruebas de bombeo para cada litología con datos bibliográficos.

5.2 Vulnerabilidad acuífera aplicando la metodología AVI

A partir de la asignación de la conductividad hidráulica para cada litología y en función de su espesor, se calculó una resistencia hidráulica para cada corte como se muestra en la Figura 9. La suma del tiempo de tránsito de cada litología de la zona vadosa es la resistencia hidráulica total para ese punto y está medida en años. A partir del valor en años se determina la clasificación correspondiente de la metodología AVI (Tabla 2), ya sea extremadamente alta, alta, moderada o baja.

El cálculo de la resistencia hidráulica (C) para cada corte litológico, así como la conductividad hidráulica asociada a cada litología se muestra en los Anexos 5 y 6.

Una vez obtenido el tiempo de tránsito en la zona vadosa para cada corte se desarrolló el mapa de distribución de tiempos de tránsito en el D.F., como se muestra en la Figura 10.

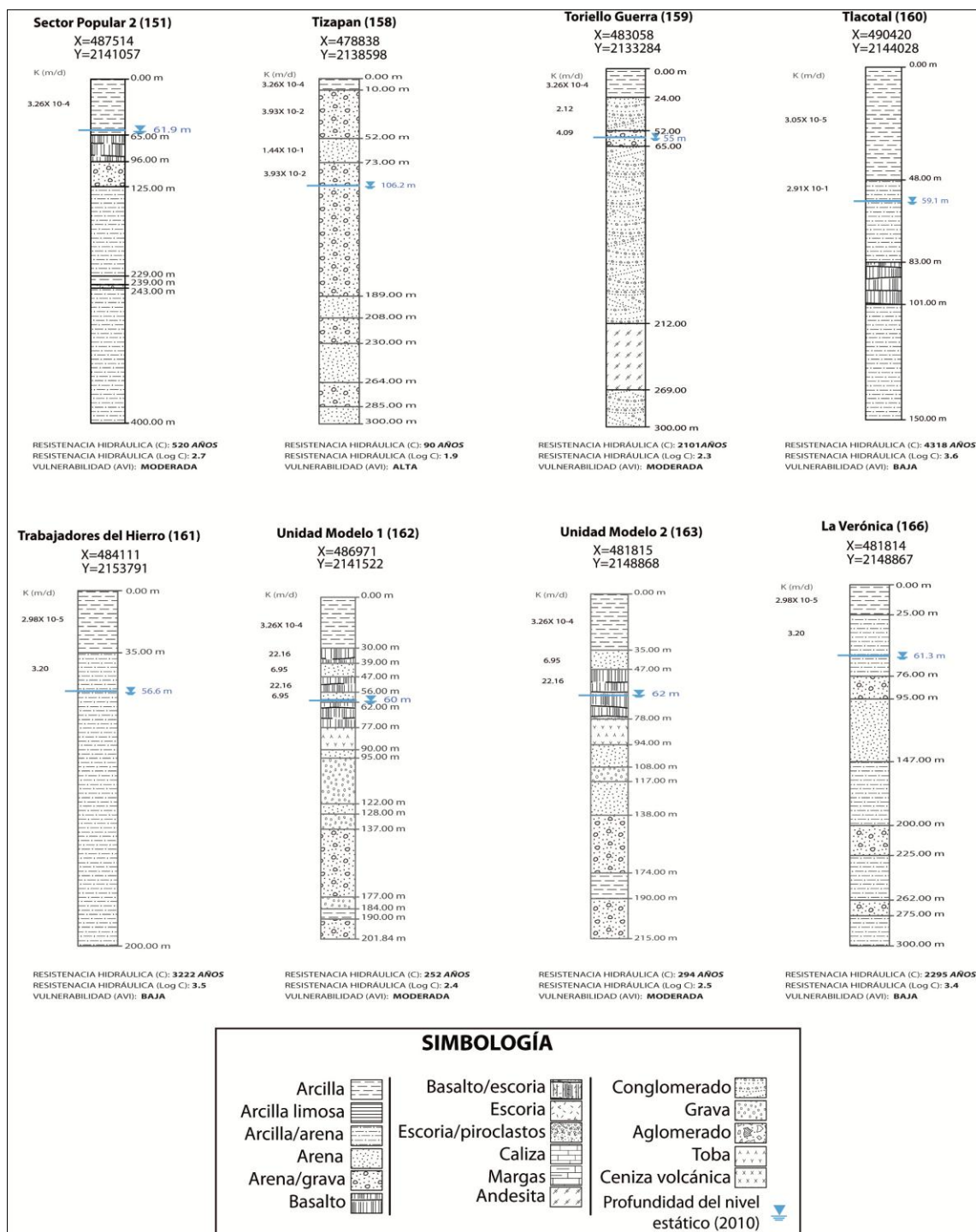


Figura 9. Ejemplo de asignación de resistencia hidráulica en años y determinación de la clasificación de la vulnerabilidad según la metodología AVI.

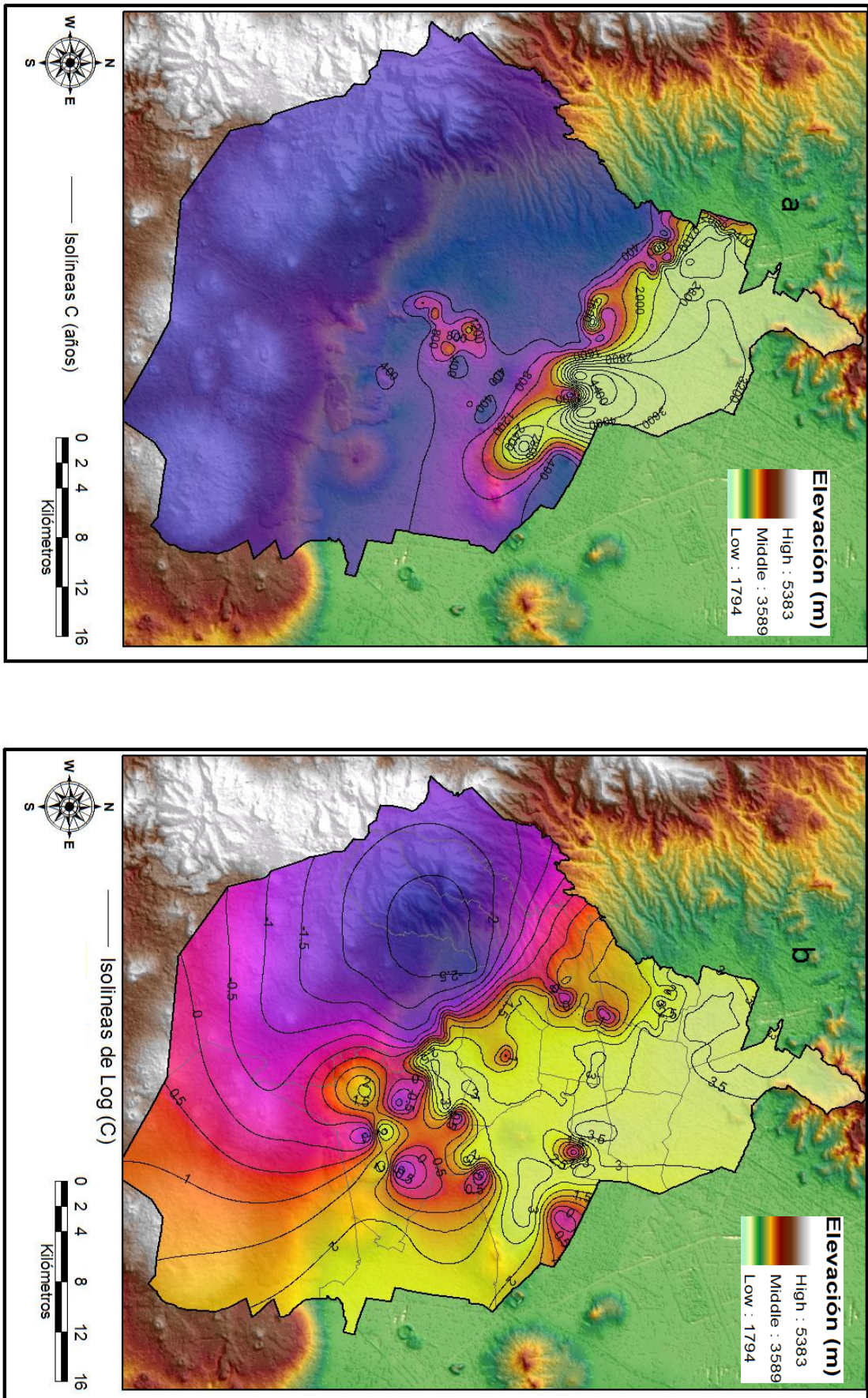


Figura 10. Distribución de la resistencia hidráulica (C) en años (a) y con el log C (b).

La Figura 10 muestra la distribución del tiempo de tránsito en la zona vadosa. El menor tiempo de tránsito se encuentra en la porción surponiente del D.F., correspondiente a depósitos volcánicos, que conforman las Sierras Las Cruces y Chichinautzin y cuyo tiempo de tránsito es menor a 400 años.

La zona de mayor resistencia hidráulica abarca la porción nororiente del D.F., que corresponde a arcillas, arenas y depósitos recientes, superficialmente hablando, y corresponden con un tiempo de tránsito de 1600 a 4400 años. Los valores de máximos de resistencia hidráulica (≥ 4400 años) se tienen en la delegación Iztacalco y sur de la delegación Venustiano Carranza.

El cambio entre la zona de baja y alta resistencia hidráulica se encuentra en el contacto entre los depósitos volcánicos y los depósitos recientes de la geología superficial, correspondiente con valores de resistencia hidráulica que van de 1600 a 400 años en un cambio abrupto.

Además se cuenta con una zona aislada en la porción central del D.F., zona sur de Coyoacán y norte de Tlalpan y Xochimilco, cuyos valores de resistencia hidráulica van de 800 a 1600 años. Esta zona se encuentra rodeada por una amplia zona de resistencia hidráulica menor a 400 años.

Los resultados del cálculo del tiempo de tránsito o resistencia hidráulica se encuentran en el Anexo 6 y se ejemplifica en la Tabla 13.

Dado que las arcillas representan la litología con mayor resistencia hidráulica, éstas fueron determinantes para el desarrollo de la distribución del tiempo de tránsito, debido a que, con respecto a las demás litologías, poseen hasta tres órdenes de magnitud menor que el resto, definiendo la configuración del tiempo de tránsito. Es por eso que se tienen variaciones de baja resistencia en la zona nororiente (Figura 10) a partir de que no se presenta una geología compuesta por unidades arcillosas.

Debido al valor de conductividad de las arcillas de hasta 2.98×10^{-5} m/d, un metro de arcillas representa un tiempo de tránsito de 92 años, marcando una diferencia significativa con respecto a las demás litologías. Esto es aplicable únicamente en los casos donde no hay fracturas abundantes que la afecten.

La vulnerabilidad es inversamente proporcional a la resistencia hidráulica, por lo que las zonas de alta resistencia hidráulica corresponden con una baja vulnerabilidad. Las zonas de vulnerabilidad se aprecian en la Figura 11.

K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
3.263E-04	22	67423.005	67500.526	184.933	2.267	Moderada	193	1047	1464.667	Baja
3.140E+00	18	5.733					119	2300		
2.647E-01	19	71.788					193	1047		
3.046E-05	61	2002785.570	2002785.570	5487.084	3.739	Baja	38	1973	1973.000	Baja
7.415E-01	40	53.945	129.429	0.355	-0.450	Extremadamente alta	8	578	579.000	Baja
2.915E-01	22	75.483					8	580		
7.415E-01	63	84.964	59.629	0.163	-0.787	Extremadamente alta	8	0	0.000	Baja
3.046E-05	24	787981.208	1871457.935	5127.282	3.710	Baja	38	3055	2200.000	Baja
2.337E+00	6	2.567					8	490		
3.046E-05	33	1083474.161					38	3055		
3.200E+00	15	4.688	25.825	0.071	-1.150	Extremadamente alta	33	3407	3828.800	Moderada
4.090E+00	9	2.200					36	4110		
3.200E+00	6	1.875					33	3407		
2.129E+00	33	15.502					36	4110		
9.426E+00	14.7	1.559					36	4110		
3.046E-05	30	984976.510	985052.312	2698.773	3.431	Baja	92	956	1858.333	Baja
2.915E-01	22	75.483					92	837		
3.140E+00	1	0.318					119	3782		
3.263E-04	28	85811.097	85832.334	235.157	2.371	Moderada	ES3	3414	2853.333	Baja
1.057E+00	22	20.823					92	958		
3.140E+00	1.3	0.414					119	4188		
3.263E-04	30	91940.461	92034.437	252.149	2.402	Moderada	119	970	1567.667	Baja
2.915E-01	27	92.639					92	2780		
3.140E+00	4.2	1.338					119	953		
9.426E+00	10	1.061	34.489	0.094	-1.025	Extremadamente alta	36	1200	1200.000	Alta
4.090E+00	13	3.178					36	1200		
1.810E+00	25	13.812					Vázquez, 1995.			
2.129E+00	22	10.335					36	1200		
9.426E+00	46	4.880					36	1200		
4.090E+00	5	1.222					36	1200		
3.263E-04	10	30646.820	31145.001	85.329	1.931	Alta	ES3	6153	2051.000	Baja
3.932E-02	18	457.780					18	0		
2.129E+00	86	40.400					18	0		

Tabla 13. Ejemplo del cálculo de la resistencia hidráulica, determinación de la clasificación de la vulnerabilidad acuífera para cada punto y asignación del grado de incertidumbre

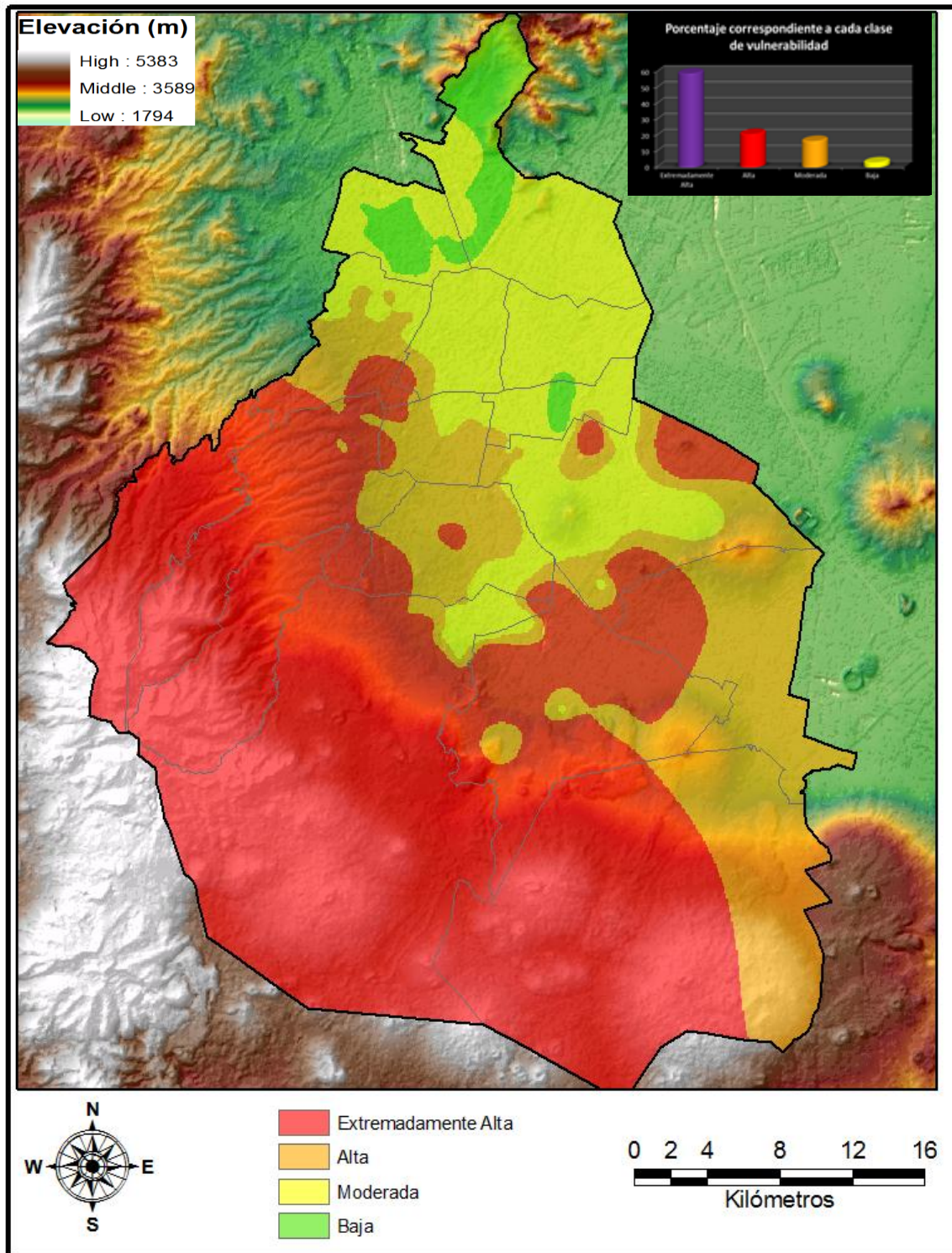


Figura 11. Zonas de vulnerabilidad con metodología AVI.

Las zonas de baja vulnerabilidad, al igual que la zona de alta resistencia hidráulica, se encuentran en la porción nororiental de D.F., a excepción de los sitios afectados por fracturas.

Se observa que las zonas de alta vulnerabilidad se tienen en la porción surponiente, debido a que es una zona de recarga con una alta conductividad hidráulica en las unidades volcánicas que, es posible, se deba a un grado importante de fracturamiento, pero esencialmente a la carencia de unidades arcillosas en la zona vadosa. Mientras que en la zona nororiente se tiene una baja vulnerabilidad por la presencia de paquetes arcillosos en la zona vadosa, sin embargo, localmente hay varios sitios con importantes sistemas de fracturas.

La zona central y oriente del D.F. poseen una vulnerabilidad moderada (tonalidad naranja en la Figura 11), que se debe a una presencia de arcilla donde su espesor no es tan potente como en la zona de baja vulnerabilidad, de hasta 54 m en el pozo Ciudad Deportiva 2 (158), de tonalidad verde en la Figura 11.

El porcentaje de vulnerabilidad para la totalidad del D.F. se observa en la Figura 11.

La cuantificación aproximada del área de vulnerabilidad para cada delegación se muestra en la Figura 12.

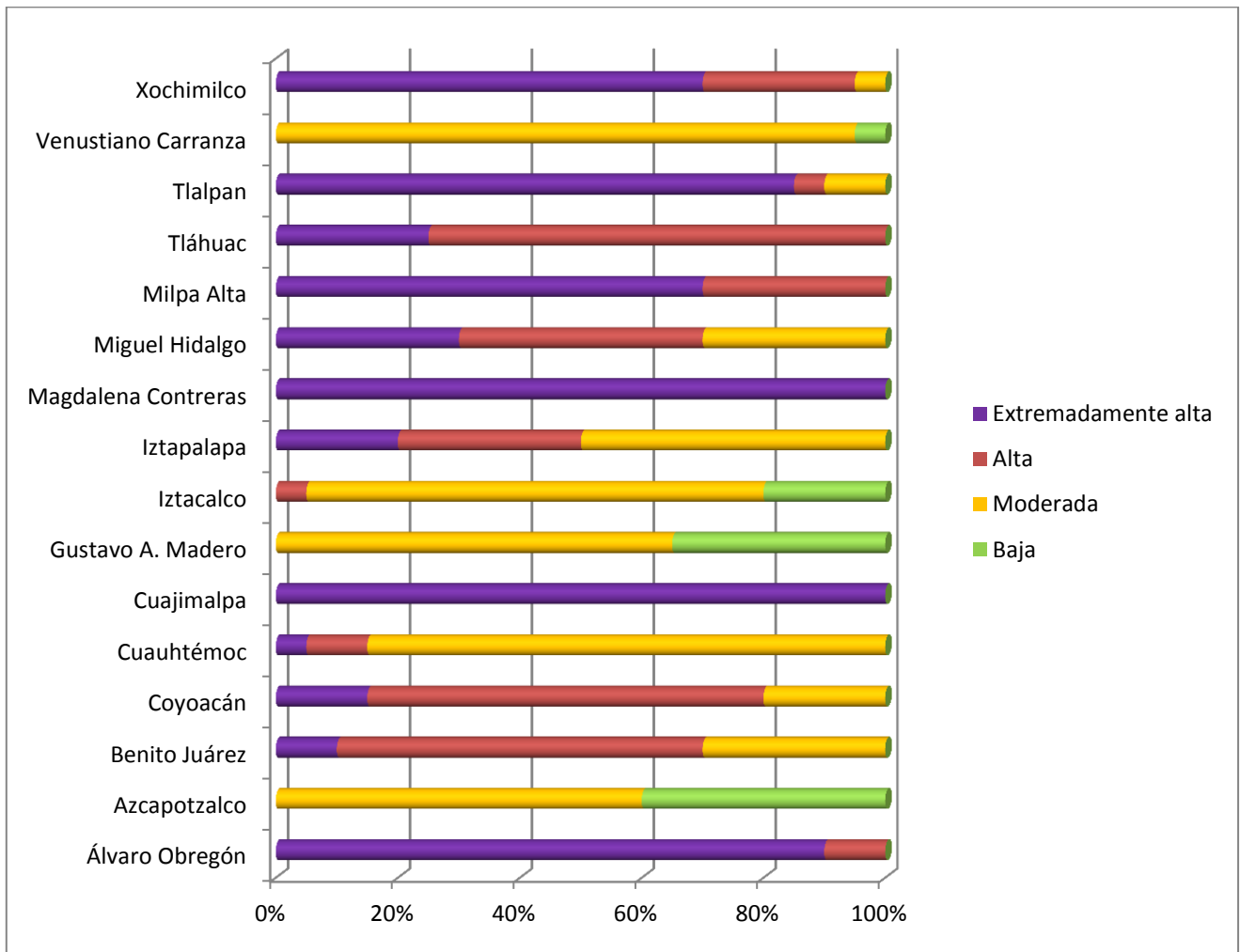


Figura 12. Porcentajes aproximados de áreas de vulnerabilidad en cada delegación.

Más de la tercera parte de las delegaciones del D.F. (Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco), presentan una vulnerabilidad extremadamente alta en más de un 60% de su área.

En la zona centro, norte y oriente, que presentan una amplia cantidad de datos, donde la vulnerabilidad alta y moderada fueron dominantes. La primera tiene mayor concentración en las delegaciones Benito Juárez, Coyoacán, Miguel Hidalgo y Tláhuac; mientras que la segunda en las

delegaciones Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa y Venustiano Carranza, reflejando los valores más altos de conductividad hidráulica en la zona vadosa.

La clasificación con menor presencia fue la de baja vulnerabilidad ($C > 1000$ años). Ésta se manifiesta sólo en cuatro delegaciones: Venustiano Carranza, Iztacalco, Gustavo A. Madero y Azcapotzalco, siendo esta última donde alcanza su mayor porcentaje. Por lo tanto, la conductividad hidráulica para esta región es muy baja en la zona vadosa, debido a los espesores potentes de depósitos arcillosos.

5.3 Incertidumbre de la vulnerabilidad acuífera

Las zonas de alta incertidumbre están conformadas por los lugares donde la cantidad de datos es reducida, por lo que las zonas de alta certidumbre se tienen en la porción central del D.F., (Figura 13). La incertidumbre está en función del promedio de la distancia del dato en cuestión a la fuente más cercana.

Los resultados del cálculo de la incertidumbre se registran en el Anexo 6 y se ejemplifica en la Tabla 13 donde se indica la designación de la clasificación de la incertidumbre en cada caso.

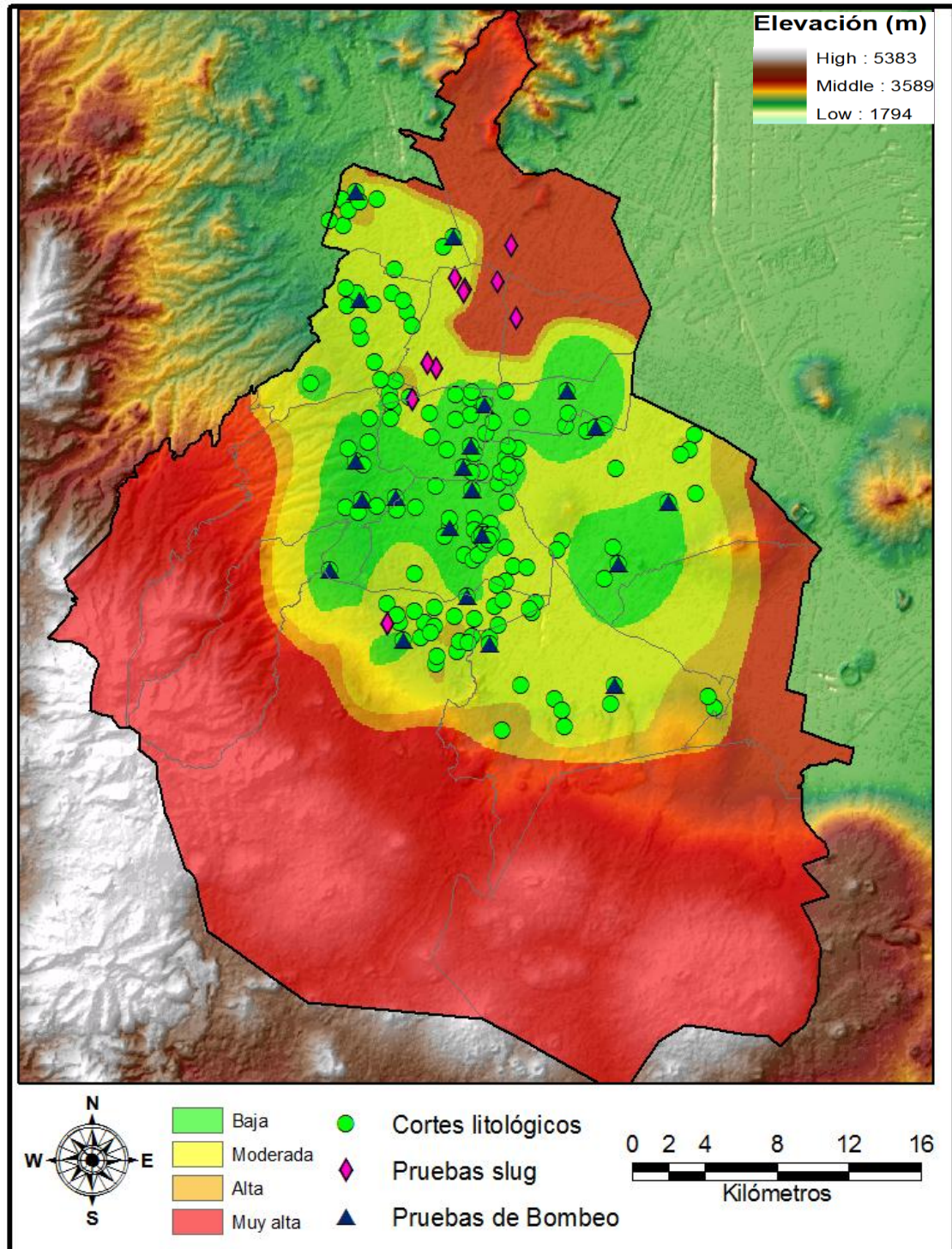


Figura 13. Zonas de Incertidumbre.

Las zonas de alta incertidumbre (tonalidad naranja en la Figura 13), no sólo están en la periferia de los datos sino en la porción central del D.F. debido a que no se tenía información cercana de conductividad hidráulica para las diferentes litologías involucradas en los cortes de esa zona. Esta información se tomó de pruebas de bombeo que contenían los valores de conductividad hidráulica de la litología evaluada, aunque estuvieran más alejados, generando una mayor incertidumbre por aumentar la distancia de la fuente de información.

La incertidumbre se ve afectada por la heterogeneidad estratigráfica del D.F., debido a que en las pruebas de bombeo se obtiene la conductividad hidráulica de las litologías de la zona saturada, que en las zonas de moderada incertidumbre contrastan con las litologías de la zona vadosa.

La zona de alta incertidumbre corresponde al 62% de la totalidad del territorio del D.F., por lo que la porción de datos confiables representan el 38% del D.F.

5.4 Comparación con el método DRASTIC

Para fines de comparación, en el método DRASTIC se consideraron las clasificaciones muy alta y alta vulnerabilidad como una misma (extremadamente alta), permitiendo tener cuatro clasificaciones de vulnerabilidad en ambos métodos.

Los mapas de vulnerabilidad tanto de AVI como de DRASTIC se muestran en la Figura 14. El resultado de la comparación muestra una amplia diferencia en la distribución de la vulnerabilidad en el D.F.

Tomando en cuenta la totalidad del D.F., la diferencia más evidente se observa en la zona poniente, que corresponden con las Sierra Santa Catarina, respectivamente, donde el método DRASTIC refleja una zona de baja vulnerabilidad, mientras que AVI presenta una vulnerabilidad extremadamente alta. Debido a que es una zona de recarga, y dado que AVI considera la conductividad hidráulica como el parámetro de interés, resulta congruente con este método.

En el caso del método DRASTIC, la vulnerabilidad extremadamente alta se distribuye en porciones aisladas de la Sierra de Chichinautzin al sur del D.F., en el centro del Distrito Federal (sur y oriente de Coyoacán, sur de Álvaro Obregón y poniente Xochimilco) y en el oriente de la ciudad (sur de Iztapalapa y norte de Tláhuac).

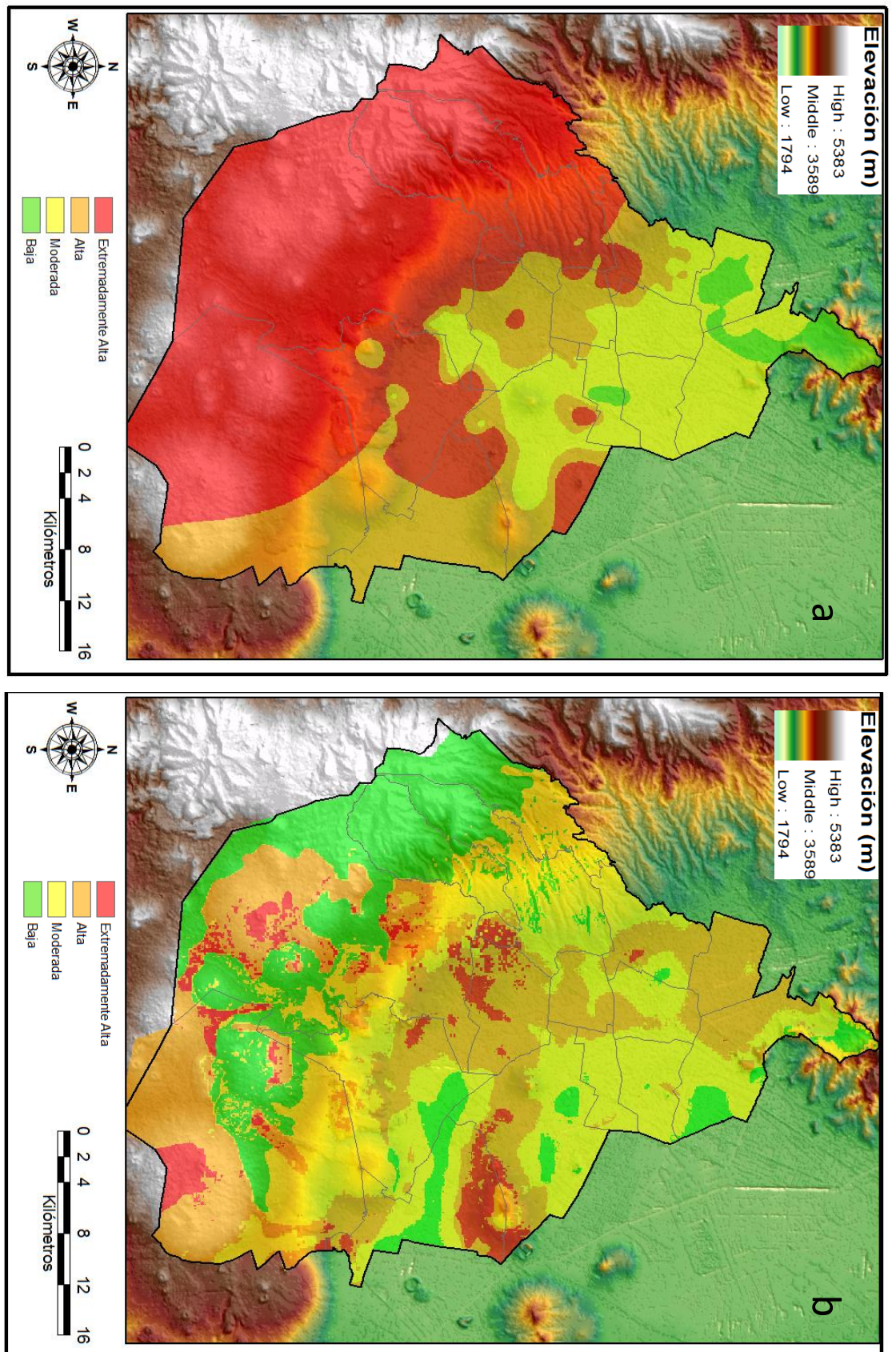


Figura 14. Comparación de las zonas de vulnerabilidad con metodología AVI (a) y DRASTIC (b).

Debido a que DRASTIC considera parámetros adicionales como recarga, topografía y medio acuífero, las consistencias entre ambos mapas son bajas. Quedando como concordancia la zona norte del D.F., adyacente a la Sierra de Guadalupe y correspondiente a baja vulnerabilidad.

En cuanto a las zonas de alta vulnerabilidad se tiene concordancia en diferentes delegaciones: al sureste de la Miguel Hidalgo, norte de Tláhuac, sur de Iztapalapa, Coyoacán, este de la Álvaro Obregón, centro de Xochimilco y oriente de Milpa Alta.

La condición de vulnerabilidad moderada concuerda en las delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Iztacalco, centro de Iztapalapa, este de la Gustavo A. Madero y Miguel Hidalgo.

Por otro lado, la semejanza en cuanto a la vulnerabilidad baja se localiza sólo en la zona norte de la delegación Gustavo A. Madero.

En la tabla 14 se registran los valores porcentuales de cada clasificación de vulnerabilidad para el método AVI y DRASTIC con respecto a la totalidad del D.F.

Vulnerabilidad	Área (m ²)		% Correspondiente	
	AVI	DRASTIC	AVI	DRASTIC
Extremadamente Alta	877489200	92145600	59.1	6.2
Alta	312352200	509959800	21.0	34.2
Moderada	246790800	538747200	16.6	36.1
Baja	47506500	349693200	3.2	23.5

Tabla 14. Comparación del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC.

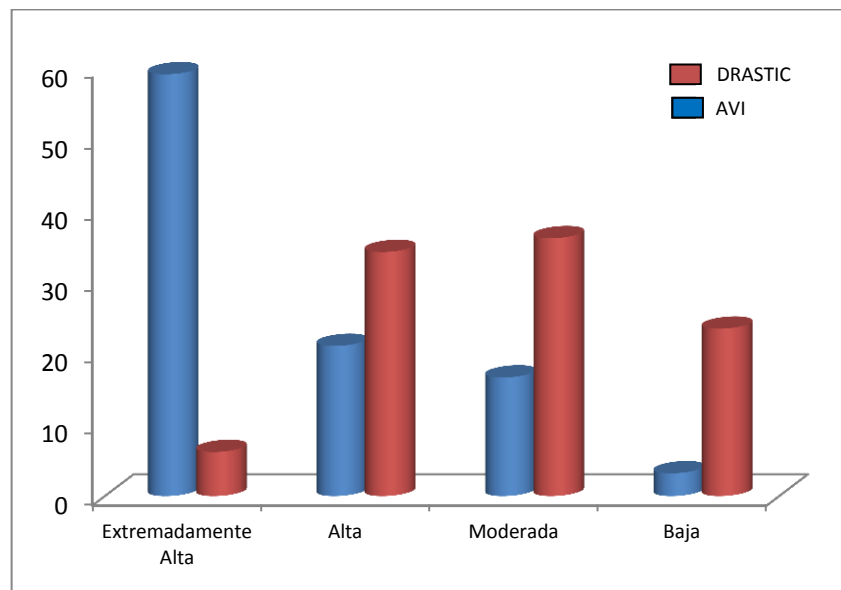


Figura 15. Comparación gráfica del área de cada clasificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC.

La diferencia es notable en la comparación del área entre los métodos cuando se considera la totalidad del D.F.

Se confirma analíticamente la inconsistencia de los resultados entre ambos métodos (Figura 15), teniendo valores distintos para cada clasificación, siendo la vulnerabilidad alta la más similar, relativamente, con respecto a las demás clases. Además no existe una similitud en la distribución espacial de las clases de vulnerabilidad.

Considerando la zona de alta certidumbre de la evaluación de la vulnerabilidad con la metodología AVI, se tiene una mayor correlación con la metodología DRASTIC. La comparación resulta más representativa por tener una mayor cantidad y calidad en los datos al evaluar la vulnerabilidad con el método AVI.

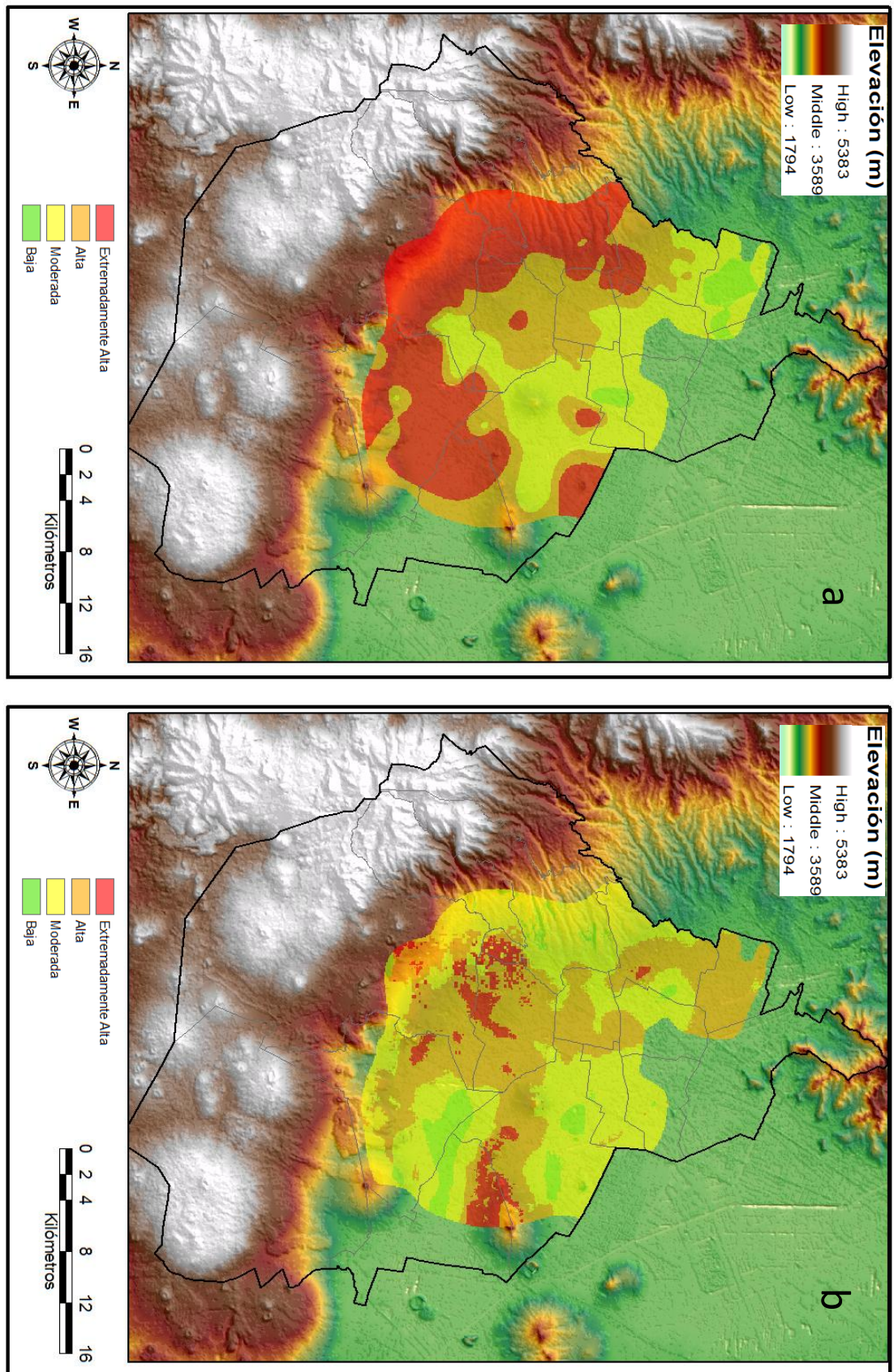


Figura 16. Comparación de las zonas de vulnerabilidad con metodología AVI (a) y DRASTIC (b) considerando únicamente la zona de alta certidumbre.

Se realizó una comparación con base en la superficie que representa cada clase para esta zona (Figura 15). Los valores comparativos entre ambos métodos se muestran en la tabla 15.

Vulnerabilidad	Área (m ²)		% Correspondiente	
	AVI	DRASTIC	AVI	DRASTIC
Extremadamente Alta	234122400	36028800	41.6	6.4
Alta	156095100	233563500	27.7	41.5
Moderada	155050200	258584400	27.5	45.9
Baja	18054900	34975800	3.2	6.2

Tabla 15. Comparación del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC para la zona de alta certidumbre.

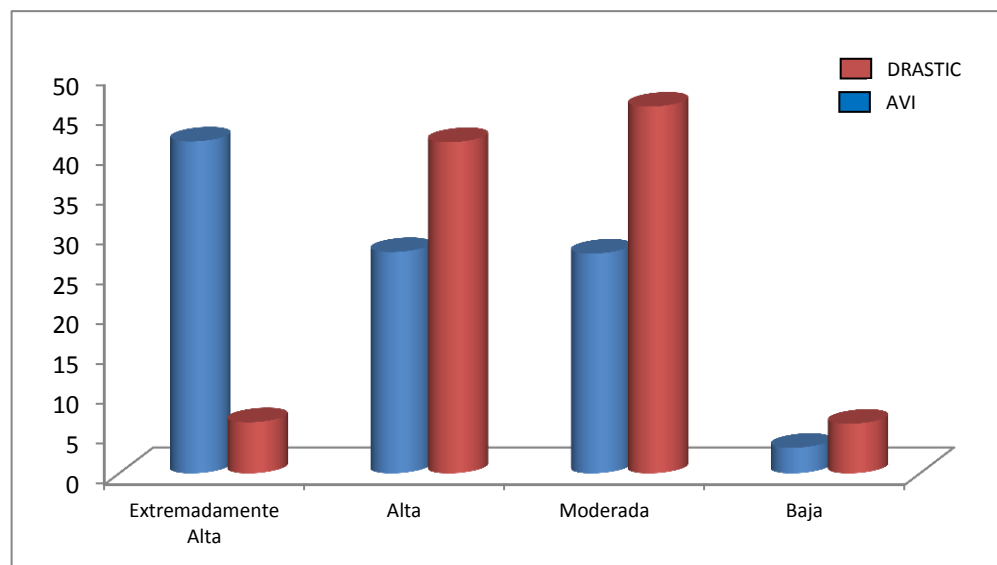


Figura 17. Comparación gráfica del área de cada casificación de vulnerabilidad de los métodos AVI y DRASTIC, para la zona de alta certidumbre.

Las proporciones de las diferencias entre las clasificaciones se mantienen. El único valor que cambia corresponde con la clasificación de baja vulnerabilidad, donde disminuye la diferencia (Figura 17).

Especialmente, las concordancias para la vulnerabilidad extremadamente alta, están al sur de la delegación Álvaro Obregón, oriente de Coyoacán, norte y centro de Tlalpan, oriente de Xochimilco y noroccidente de la delegación Tláhuac.

En cuanto a la alta vulnerabilidad se tiene una similitud en las delegaciones Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, oriente de la delegación Álvaro Obregón, sur de Iztapalapa, centro de Xochimilco y norte de Tláhuac.

La clasificación de moderada vulnerabilidad es congruente para ambos métodos en el nororiente de la delegación Miguel Hidalgo, occidente de la delegación Cuauhtémoc, sur de la delegación Venustiano Carranza, gran parte de la delegación Coyoacán y centro de la delegación Iztacalco.

La única semejanza visible para una baja vulnerabilidad está en una pequeña porción de la zona sur de la delegación Iztacalco.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La eficiencia de cada metodología está dada por la factibilidad de la obtención de los datos requeridos para desarrollarla, por lo que la dificultad de obtener cierta información determinará qué método es el más adecuado. Sin embargo, la combinación de métodos dará como resultado un paso importante para una mejor evaluación.

Los estudios previos de la zona representaron una guía más no un apoyo para el desarrollo del método AVI, por considerar rangos muy amplios de variación para el valor de la conductividad hidráulica.

Las pruebas de bombeo, así como slug test, representan una herramienta imprescindible del método AVI. Debido a que el método es numérico y los valores localizados permiten una buena distribución en los resultados.

Mediante los ensayos slug se determinaron los valores de conductividad de arcilla, que representan la litología menos permeable de todas las unidades involucradas en el acuífero, el precisar su valor resultó determinante para el cálculo de la conductividad de las demás litologías y para la caracterización de la vulnerabilidad.

A partir de las pruebas de bombeo, se registró una variación importante de la conductividad hidráulica en la zona saturada de todo el D.F. Siendo de 58.12 m/d en el pozo Santa Ursula Xitla (148) y de 0.90 en el pozo Altavista (18), con una distancia entre ellos de 8 kilómetros.

Existe una amplia distribución de conductividades en el sistema acuífero de la Ciudad de México, debido a la alta heterogeneidad geológica. Por lo que una mayor densidad de datos permitiría una mejor geoestadística para un estudio de alta certidumbre.

El método AVI es una buena herramienta para la evaluación preliminar de la vulnerabilidad en una zona donde se tiene buena información de la estratigrafía y la conductividad hidráulica del área, sin embargo, no representa un método definitivo, ya que no toma en cuenta factores importantes como fallas, fracturas, subsidencia, recarga y medio acuífero, aunque se acerca de manera importante a la vulnerabilidad del acuífero por tomar en cuenta el parámetro más importante: la resistencia hidráulica, en el que se incluye la profundidad al nivel estático y conductividad hidráulica de la zona vadosa.

Considerando la totalidad del D.F., y con base en la metodología AVI, se tiene un 59% y un 21% en extremadamente alta y alta vulnerabilidad, respectivamente, en la zona surponiente, quedando el 17% con vulnerabilidad moderada y tan sólo 3% del área como vulnerabilidad baja (zona norte).

Para el acuífero de la Ciudad de México, el método AVI no reproduce lo que el método DRASTIC representa en su valoración, porque el método DRASTIC incorpora una mayor densidad de datos y siete parámetros, lo que hace a DRASTIC un método más seguro.

El método AVI resulta factible para una visualización rápida de la vulnerabilidad acuífera de un área. Funciona de manera más acertada a nivel local, es decir, donde la heterogeneidad se vea reducida por acortar la distancia entre los datos.

El método AVI localiza zonas de alta vulnerabilidad en las zonas de recarga del acuífero del D.F., es decir, en la zona sur y poniente del D.F., lo que resulta consistente con la susceptibilidad de infiltración.

La incertidumbre aumenta en función de la falta de datos, la lejanía de éstos y el alto contraste de la litología de la zona saturada con respecto a la zona vadosa. El incluir este parámetro permite una comparación más fiel de los métodos, por lo que la zona de alta certidumbre es una zona confiable de resultados.

Se recomienda hacer pruebas para determinar la conductividad de la zona vadosa, debido a la alta heterogeneidad de la zona, así como un espaciamiento estratégico de éstas.

Las fallas y fracturas no son consideradas por el método AVI, lo que genera un grado de incertidumbre en sus resultados, dado que una fractura en las arcillas aumentaría de manera importante su conductividad hidráulica.

Las arcillas fueron determinantes para la clasificación de la vulnerabilidad, por lo que considerar fallas y fracturas implica un cambio en la distribución de la vulnerabilidad del D.F. debido a que alcanzan altas magnitudes de apertura.

Se recomienda considerar el efecto de las fracturas, fallas y subsidencia en las zonas de arcilla, debido a que en el D.F. se ha visto una gran densidad y magnitud de fracturamiento en diversas zonas de las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Tláhuac,

Azcapotzalco, Milpa Alta y Xochimilco, lo que implica que las zonas que el método AVI considera de baja vulnerabilidad se modifiquen considerablemente.

El incluir el efecto impermeable de una capa asfáltica implicará un cambio en la distribución de la vulnerabilidad acuífera en el D. F.

La caracterización de la vulnerabilidad del D.F. permite establecer una buena gestión en la planificación de las acciones sobre el acuífero. De esta manera, el conocimiento certero de las zonas vulnerables del D.F. y el control que pueda lograrse en ellas permiten el establecimiento de una mayor confianza para el desarrollo de proyectos de cualquier tipo en el futuro.

7 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La realización de pruebas de bombeo en zonas de alta incertidumbre, así como slug test, representarán un mejor resultado al evaluar la vulnerabilidad del acuífero de la Ciudad de México.

La adición de un parámetro que incluya la distribución de la capa asfáltica permitirá una representación más real en los resultados de la clasificación de la vulnerabilidad acuífera en la zona urbana del D.F.

Dado que la Ciudad de México posee una litología con depósitos arcillosos distribuidos en buena parte del territorio, considerar las fallas y fracturas de la zona de arcillas dará una reproducción más fiel de la conductividad hidráulica de la zona vadosa y por consiguiente de la vulnerabilidad, no importando el método que se emplea para la evaluación de la vulnerabilidad.

Un mapa de riesgo a partir de las fuentes potenciales de contaminación permite una mejor caracterización del D.F., para el desarrollo óptimo de diversos planes de operación, manejo y administración de las zonas más peligrosas ubicadas en el Distrito Federal.

Anexo 1

Base de datos de conductividades hidráulicas para las diferentes litologías a partir de bibliografía consultada

Arcilla			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
8.64E-02	8.64E-03	Rudolph, Cherry y Farvolden, 1991.	Sedimentos lacustres con alto contenido de arcillas (o arcillas).
6.57E-03	7.34E-08	Takeo, Rwaichi, Takako, Yoshio y Abhijit , 2004.	
2.33E-04		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	
1.90E-02		Vázquez, 1995.	
5.70E-03		Vargas–Cabrera y Ortega, 2002. Obtenido de la Tesis de Maestría de la Ing. Esther Leyva Suárez (2010).	Sedimentos lacustres. Acuífero Sup. ($0.06 < S_y < 0.17$) y ($2.4 \times 10^{-4} < S_c < 2.1 \times 10^{-3}$). Rendim espec y coef de almac.
2.42E-05		Vargas–Cabrera y Ortega, 2002. Obtenido de la Tesis de Maestría de la Ing. Esther Leyva Suárez (2010).	Acuífero Sup. ($0.06 < S_y < 0.17$) y ($2.4 \times 10^{-4} < S_c < 2.1 \times 10^{-3}$). Rendim espec y coef de almac.
8.64E-05	8.64E-07	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Zona de Chalco 26-50 m de profundidad
2.16E-02	1.99E-04	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Zona de Chalco 50-85 m de profundidad (Arcilla lacustre)
8.64E-04	8.64E-07	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Zona de la Cd. De México 50-85 m de profundidad (Arcilla lacustre)
8.64E-03	8.64E-07	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Arcillas lacustres
2.16E-02	1.99E-04	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Arcillas lacustres
8.64E-04	8.64E-07	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004. ☒	Arcillas lacustres
6.57E-03	7.34E-08	Takeo, Rwaichi, Takako, Yoshio y Abhijit , 2004.	Arcilla-Arena
2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arcilla-arena
3.20E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Grava-arena-arcilla
2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arena-limo-arcilla
8.64E-01	8.64E-03	Marsal y Masari, 1959. Citado en Ortega y Farvolden, 1989.	Depósitos lacustres de 0 a 400m de espesor. Para arena-limo-arcilla someras (zona vadosa).
Arcilla Arena			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
6.57E-03	7.34E-08	Takeo, Rwaichi, Takako, Yoshio y Abhijit , 2004.	Arcilla-Arena
2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arcilla-arena
3.20E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Grava-arena-arcilla

2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Arena-limo-arcilla
Limo			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
2.16E-02		Rodgers y Mulqueen, 2006.	
8.64E-05	8.64E-06	Brace, 1980. [2]	Limolita. Valores obtenidos en laboratorio.
8.64E-04	8.64E-08	Brace, 1980. [2]	Limolita, Caliza. Región: Carolina del Sur
2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Arena-limo-arcilla
8.64E-01	8.64E-03	Marsal y Masari, 1959. Citado en Ortega y Farvolden, 1989.	Depósitos lacustres de 0 a 400m de espesor. Para arena-limo-arcilla someras (zona vadosa).
Limo arcilloso			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
6.50E-01	2.50E-01	Van Den Berg, 1989.	
8.64E-01	8.64E-03	Marsal y Masari, 1959. Citado en Ortega y Farvolden, 1989.	Depósitos lacustres de 0 a 400m de espesor. Para arena-limo-arcilla someras (zona vadosa).
Arena			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
8.64E-05		Takeo, Rwaichi, Takako, Yoshio y Abhijit, 2004.	Arena-Arcilla
8.64E+01	8.64E-04	Goldenberg, Magaritz, Amiel y Mandel, 1984.	Arena-Arcilla
3.46E-08	5.18E-09	Cui, Tang, Loiseau y Delage, 2008.	Arena-Arcilla
2.53E+01	2.08E+01	Zlotnik, Eisenhauer, Schlautman, Zurbuchen y Van Peursem, 2007.	Arena (sin CO2)
5.13E+01	4.79E+01	Zlotnik, Eisenhauer, Schlautman, Zurbuchen y Van Peursem, 2007.	Arena (con CO2)
4.67E+00	6.57E-01	Rodgers y Mulqueen, 2006.	Arena
9.07E+00	8.90E+00	Beach, McCray, Lowe y Siegrist, 2005.	Arena
8.64E+01	8.64E-04	Brace, 1980. [2]	Arenisca. Valores obtenidos en laboratorio.
8.64E+03	8.64E-01	Brace, 1980. [2]	Arena. Valores obtenidos en laboratorio.
6.05E+03	4.92E+02	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena

4.58E+02	1.47E+02	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
2.33E+02	2.59E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
1.30E+02	1.73E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
3.20E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Grava-arena-arcilla
3.14E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arena
5.27E-01		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arena-arcilla
2.59E-02		Ramos y Rodríguez, 2002. ☒	Arena-limo-arcilla
5.00E-01		Vázquez, 1995.	Arena
2.00E+00	4.20E-01	Vázquez, 1995.	Arena-Grava
4.32E-01	1.73E-03	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004.	Volcánico-arenoso. Zona de Chalco 20-26 m de profundidad
4.32E-01	1.73E-03	Vargas y Ortega-Guerrero, 2004.	Volcánico-arenoso. Zona de Chalco 50-56 m de profundidad.
8.64E+03	8.64E-05	Documento de Disponibilidad de agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México. CONAGUA, 2009	Arena gruesa. Rendim espec o porosi eficaz ($S_y=10-30\%$) y Coef de almac ($S=0.000825$). Valores considerados sólo para unidades acuíferas.
8.64E+02	8.64E-05	Documento de Disponibilidad de agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México. CONAGUA, 2009	Arena. Rendim espec o porosi eficaz ($S_y=10-30\%$) y Coef de almac ($S=0.000825$). Valores considerados sólo para unidades acuíferas.
2.01E+00		Kamona, Endob, Kawabata, Inui y Katsumi, 2004.	Arena Sílica #7 ($e = 0.72$).
1.25E+01		Kamona, Endob, Kawabata, Inui y Katsumi, 2004.	Arena Toyoura ($e = 0.62$).
8.64E-01	8.64E-03	Marsal y Masari, 1959. Citado en Ortega y Farvolden, 1989.	Depósitos lacustres de 0 a 400m de espesor. Para arena-limo-arcilla someras (zona vadosa).
Grava			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
3.89E+02	2.59E+01	Małoszewski, Wachniew, Czuprynski, 2006.	Grava
4.58E+02	1.47E+02	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
6.65E+03	3.46E+03	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Grava

2.33E+02	2.59E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
1.30E+02	1.73E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
1.21E+02		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Grava
3.20E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Grava-arena-arcilla
2.00E+00	4.20E-01	Vázquez, 1995.	Arena-Grava
1.04E+01		Vázquez, 1995.	Grava
1.00E+02	1.00E+00	Custodio y Llamas, 1996.	Grava
8.64E+03	8.64E-05	Documento de Disponibilidad de agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México. CONAGUA, 2009	Grava. Rendim espec o porosi eficaz (Sy=10-30%) y Coef de almac (S=0.000825). Valores considerados sólo para unidades acuíferas.
Arena-grava			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
4.58E+02	1.47E+02	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
2.33E+02	2.59E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
1.30E+02	1.73E+01	Sanford, Steenhuis, Parlange, Surface y Peverly, 1995.	Arena-grava
2.00E+00	4.20E-01	Vázquez, 1995.	Arena-Grava
Conglomerado			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
7.78E-01	8.64E-02	Descroixa, Gonzalez, Vandervaerec, Viramontes y Bollerje, 2002.	Conglomerado. Oeste de Sierra Madre.
7.10E-01		Vázquez, 1995.	Conglomerado
1.00E+03	1.00E+00	Custodio y Llamas, 1996.	Conglomerado
Toba			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
7.78E-01	8.64E-02	Descroixa, Gonzalez, Vandervaerec, Viramontes y Bollerje, 2002.	Toba. Oeste de Sierra Madre.
8.64E+00	8.64E-10	Flint y Selker, 2003.	Toba
2.59E-07	5.18E-07	Crouthamel, Fuenkajorn y Daemen, 1993.	Toba
8.64E-02	8.64E-04	Crouthamel, Fuenkajorn y Daemen, 1993.	Toba (fracturada)

8.64E-09		Crouthamel, Fuenkajorn y Daemen, 1993.	Toba (bien consolidada)
3.20E+00	2.68E+00	Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Toba
1.81E+00	7.00E-02	Vázquez, 1995.	Toba
8.64E-02	8.64E-05	Brace, 1980. [2]	Volcánica. Valores obtenidos de laboratorio.
6.60E-01	6.60E-02	Vázquez, 1995.	Depósitos Piroclásticos
Basalto			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
6.05E-06		Crouthamel, Fuenkajorn y Daemen, 1993.	Basalto
8.64E-02	8.64E-05	Brace, 1980. [2]	Volcánica. Valores obtenidos de laboratorio.
8.64E+02	8.64E-02	Brace, 1980. [2]	Basalto fracturado
4.67E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Basalto fracturado
1.03E+02		Vázquez, 1995.	Basalto-Escoria
8.64E+02	8.60E-02	Hudson y Harrison	Basalto-Escoria
Ignimbrita			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
1.65E+00		Ramos y Rodríguez, 2002. [2]	Ignimbritas fracturadas
8.64E-02	8.64E-05	Brace, 1980. [2]	Volcánica. Valores obtenidos de laboratorio.
6.60E-01	6.60E-02	Vázquez, 1995.	Depósitos Piroclásticos
Andesita			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
2.00E+00	4.00E-01	Vázquez, 1995.	Andesitas
8.64E-02	8.64E-05	Brace, 1980. [2]	Volcánica. Valores obtenidos de laboratorio.
Escoria			
K (m/d)		Fuente	Comentarios
máx	min		
1.03E+02		Vázquez, 1995.	Basalto-Escoria
8.64E+02	8.60E-02	Hudson y Harrison	Basalto-Escoria
8.64E-02	8.64E-05	Brace, 1980. [2]	Volcánica. Valores obtenidos de laboratorio.
6.60E-01	6.60E-02	Vázquez, 1995.	Depósitos Piroclásticos

Anexo 2

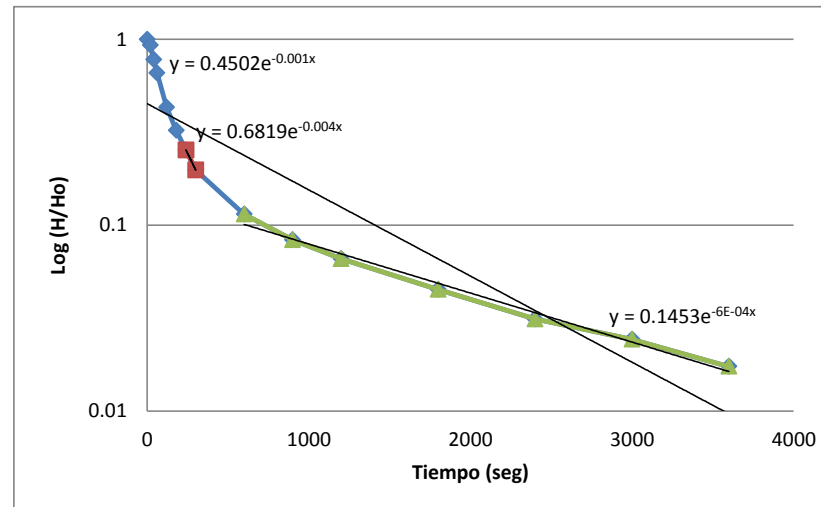
Pruebas slug

ES1

Ubicación de la prueba	Av. Guerrero o Eje 1 Poniente No 264, esquina con Av. Ricardo Flores Magón		Profundidad total del pozo	3.25 m
Coordenadas	X= 484670	Y=2150889	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.25 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.64 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.44		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	196.1889228
K =	2.86959E-05
TL =	152.8450035
K =	3.68335E-05
TL =	-1557.837392
K =	-3.61386E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.200	1.440	1.000
20	1.300	1.340	0.931
40	1.520	1.120	0.778
60	1.690	0.950	0.660
120	2.020	0.620	0.431
180	2.175	0.465	0.323
240	2.275	0.365	0.253
300	2.355	0.285	0.198
600	2.475	0.165	0.115
900	2.520	0.120	0.083
1200	2.545	0.095	0.066
1800	2.575	0.065	0.045
2400	2.595	0.045	0.031
3000	2.605	0.035	0.024
3600	2.615	0.025	0.017

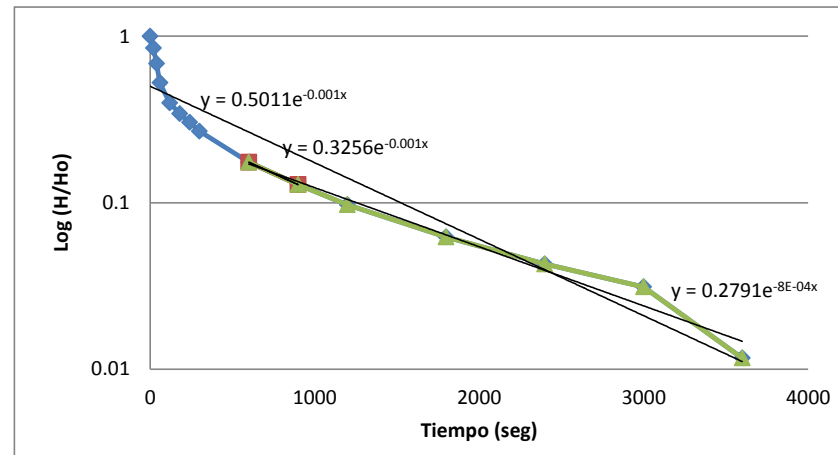


ES1

Ubicación de la prueba	Av. Guerrero o Eje 1 Poniente No 264, esquina con Av. Ricardo Flores Magón		Profundidad total del pozo	4.33 m
Coordenadas	X= 484670	Y=2150889	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.33 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.64 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.285		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	303.3026763
K =	1.85617E-05
TL =	-127.8333715
K =	-4.40402E-05
TL =	-352.4160814
K =	-1.59749E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.355	1.285	1.000
20	1.550	1.090	0.848
40	1.760	0.880	0.685
60	1.965	0.675	0.525
120	2.130	0.510	0.397
180	2.200	0.440	0.342
240	2.250	0.390	0.304
300	2.295	0.345	0.268
600	2.415	0.225	0.175
900	2.475	0.165	0.128
1200	2.515	0.125	0.097
1800	2.560	0.080	0.062
2400	2.585	0.055	0.043
3000	2.600	0.040	0.031
3600	2.625	0.015	0.012

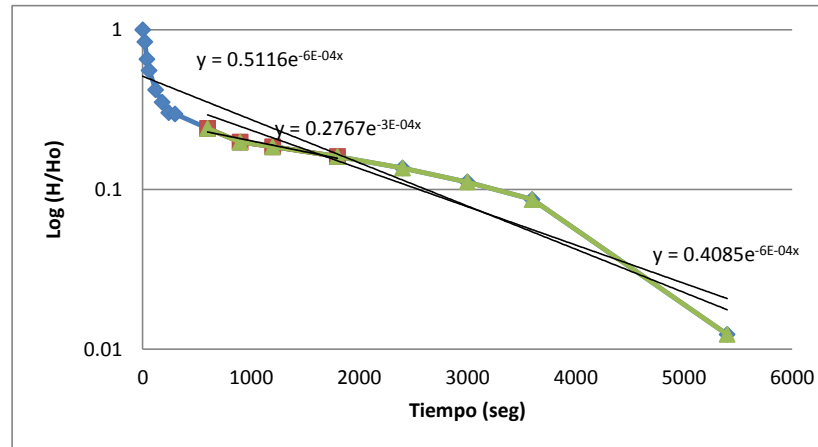


ES1

Ubicación de la prueba	Av. Guerrero o Eje 1 Poniente No 264, esquina con Av. Ricardo Flores Magón		Profundidad total del pozo	4.16 m
Coordenadas	X= 484670	Y=2150889	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.16 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.73 m
Duración de la prueba	1.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.81		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	540.0667734
K =	1.04243E-05
TL =	-968.5637295
K =	-5.81253E-06
TL =	164.9815144
K =	3.41239E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.920	0.810	1.000
20	2.050	0.680	0.840
40	2.200	0.530	0.654
60	2.280	0.450	0.556
120	2.390	0.340	0.420
180	2.445	0.285	0.352
240	2.485	0.245	0.302
300	2.490	0.240	0.296
600	2.535	0.195	0.241
900	2.570	0.160	0.198
1200	2.580	0.150	0.185
1800	2.600	0.130	0.160
2400	2.620	0.110	0.136
3000	2.640	0.090	0.111
3600	2.660	0.070	0.086
5400	2.720	0.010	0.012

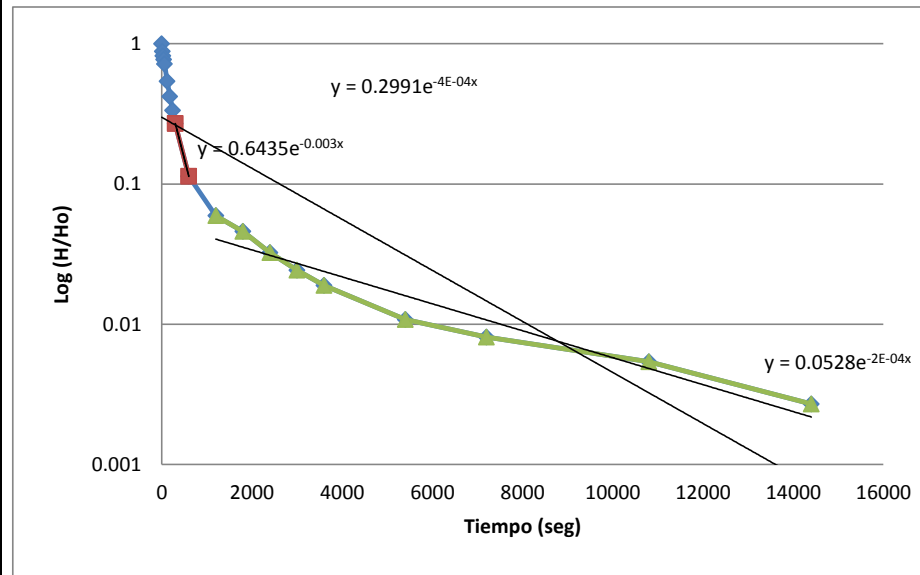


ES2

Ubicación de la prueba	Calle Clavería No 27, esquina con Floresta Colonia Clavería, Delegación Azcapotzalco, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.29 m
Coordenadas	X= 480398	Y=2132396	Longitud de tubería ranurada	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.29 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial	2.97 m
Duración de la prueba	4 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.850		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-531.8126
K =	-1.05861E-05
TL =	184.4730071
K =	3.05183E-05
TL =	-9734.959075
K =	-5.78308E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.120	1.850	1.000
15	1.340	1.630	0.881
30	1.450	1.520	0.822
45	1.540	1.430	0.773
60	1.640	1.330	0.719
120	1.970	1.000	0.541
180	2.190	0.780	0.422
240	2.350	0.620	0.335
300	2.470	0.500	0.270
600	2.760	0.210	0.114
1200	2.860	0.110	0.059
1800	2.885	0.085	0.046
2400	2.910	0.060	0.032
3000	2.925	0.045	0.024
3600	2.935	0.035	0.019
5400	2.950	0.020	0.011
7200	2.955	0.015	0.008
10800	2.960	0.010	0.005
14400	2.965	0.005	0.003

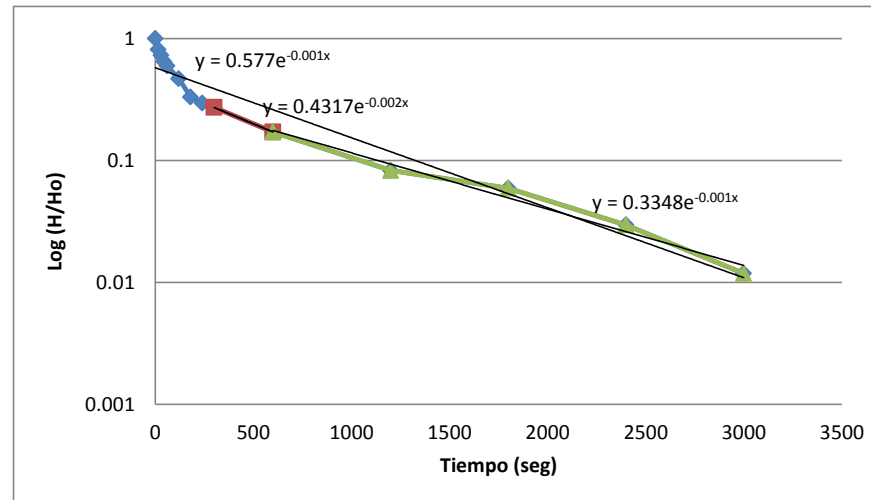


ES2

Ubicación de la prueba	Calle Clavería No 27, esquina con Floresta Colonia Clavería, Delegación Azcapotzalco, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.35 m
Coordenadas	X= 480398	Y=2132396	Longitud de tubería ranurada	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.35 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial	3.12 m
Duración de la prueba	0.8333 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.690		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	444.3392609
K =	1.26701E-05
TL =	77.11394846
K =	7.30064E-05
TL =	-99.96966702
K =	-5.63152E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.430	1.690	1.000
15	1.750	1.370	0.811
30	1.890	1.230	0.728
45	2.030	1.090	0.645
60	2.110	1.010	0.598
120	2.330	0.790	0.467
180	2.560	0.560	0.331
240	2.620	0.500	0.296
300	2.660	0.460	0.272
600	2.830	0.290	0.172
1200	2.980	0.140	0.083
1800	3.020	0.100	0.059
2400	3.070	0.050	0.030
3000	3.100	0.020	0.012

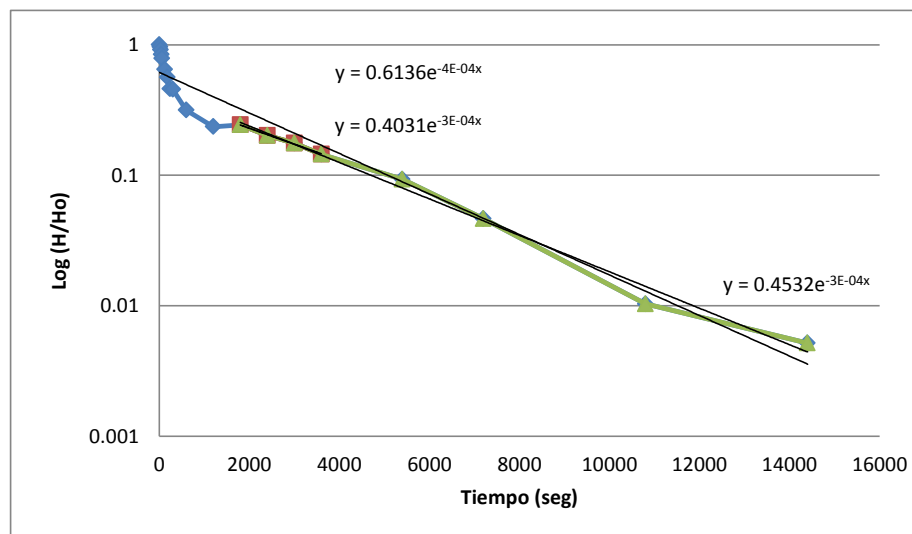


ES2

Ubicación de la prueba	Calle Clavería No 27, esquina con Floresta Colonia Clavería, Delegación Azcapotzalco, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.19 m
Coordenadas	X= 480398	Y=2132396	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.19 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.21 m
Duración de la prueba	4 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.930		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1264.600611
K =	4.45185E-06
TL =	285.6055483
K =	1.97118E-05
TL =	676.1017451
K =	8.32687E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.280	1.930	1.000
15	1.350	1.860	0.964
30	1.440	1.770	0.917
45	1.580	1.630	0.845
60	1.690	1.520	0.788
120	1.960	1.250	0.648
180	2.120	1.090	0.565
240	2.320	0.890	0.461
300	2.330	0.880	0.456
600	2.600	0.610	0.316
1200	2.755	0.455	0.236
1800	2.740	0.470	0.244
2400	2.820	0.390	0.202
3000	2.870	0.340	0.176
3600	2.930	0.280	0.145
5400	3.030	0.180	0.093
7200	3.120	0.090	0.047
10800	3.190	0.020	0.010
14400	3.200	0.010	0.005

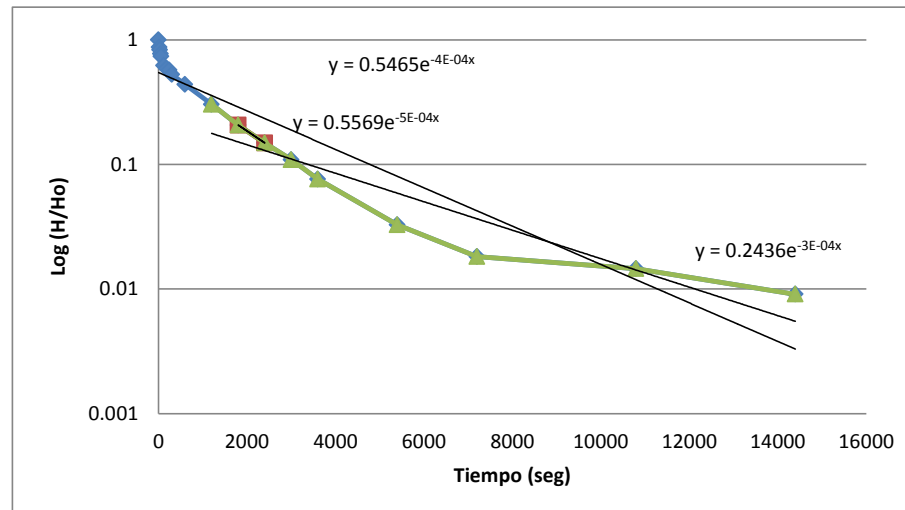


ES2

Ubicación de la prueba	Calle Clavería No 27, esquina con Floresta Colonia Clavería, Delegación Azcapotzalco, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.02 m
Coordenadas	X= 480398	Y=2132396	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.02 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.13 m
Duración de la prueba	4 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	2.750		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	975.0782549
K =	5.7737E-06
TL =	817.7653699
K =	6.88438E-06
TL =	-1393.251566
K =	-4.04077E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.380	2.750	1.000
15	0.730	2.400	0.873
30	0.840	2.290	0.833
45	1.000	2.130	0.775
60	1.100	2.030	0.738
120	1.420	1.710	0.622
180	1.510	1.620	0.589
240	1.550	1.580	0.575
300	1.680	1.450	0.527
600	1.920	1.210	0.440
1200	2.295	0.835	0.304
1800	2.560	0.570	0.207
2400	2.720	0.410	0.149
3000	2.830	0.300	0.109
3600	2.920	0.210	0.076
5400	3.040	0.090	0.033
7200	3.080	0.050	0.018
10800	3.090	0.040	0.015
14400	3.105	0.025	0.009

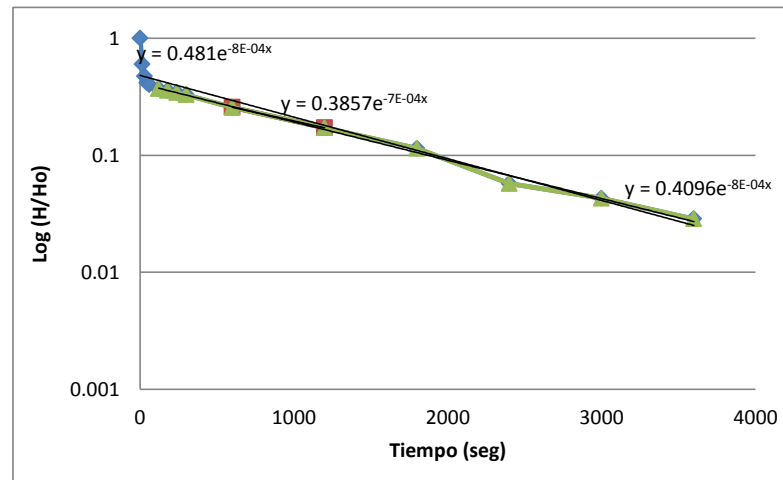


ES3

Ubicación de la prueba	Calle Dakota no. 56, esquina con Vermont Colonia Nápoles Delegación Benito Juárez, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.97 m
Coordenadas	X= 481802	Y=2144801	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.97 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.12 m
Duración de la prueba	1.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.700		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	327.9553306
K =	1.71664E-05
TL =	59.36694225
K =	9.48307E-05
TL =	127.0975851
K =	4.42952E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.420	0.700	1.000
15	1.700	0.420	0.600
30	1.790	0.330	0.471
45	1.830	0.290	0.414
60	1.840	0.280	0.400
120	1.860	0.260	0.371
180	1.870	0.250	0.357
240	1.880	0.240	0.343
300	1.890	0.230	0.329
600	1.940	0.180	0.257
1200	2.000	0.120	0.171
1800	2.040	0.080	0.114
2400	2.080	0.040	0.057
3000	2.090	0.030	0.043
3600	2.100	0.020	0.029
5400	2.120	0.000	0.000

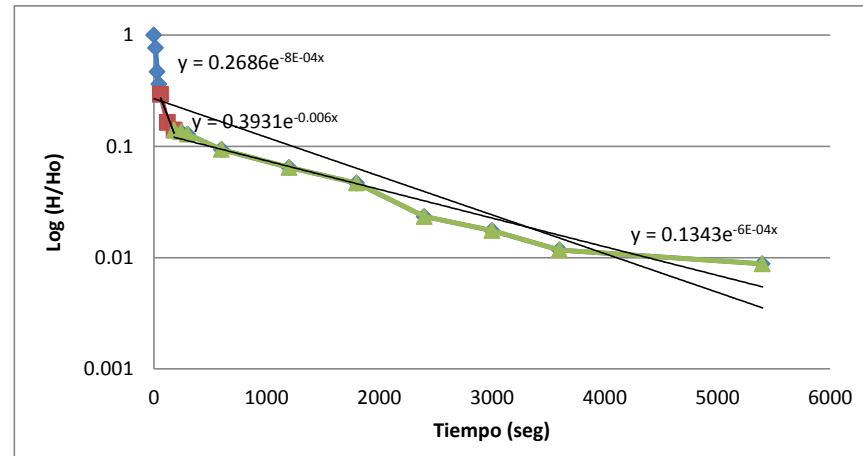


ES3

Ubicación de la prueba	Calle Dakota no. 56, esquina con Vermont Colonia Nápoles Delegación Benito Juárez, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.89 m
Coordenadas	X= 481802	Y=2144801	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.89 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.11 m
Duración de la prueba	1.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.710		Diámetro de tubería	2 pulgadas

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-400.3496519
K =	-1.40622E-05
TL =	10.09350446
K =	5.578E-04
TL =	-1689.044837
K =	-3.33313E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.400	1.710	1.000
15	0.800	1.310	0.766
30	1.310	0.800	0.468
45	1.490	0.620	0.363
60	1.610	0.500	0.292
120	1.830	0.280	0.164
180	1.870	0.240	0.140
240	1.880	0.230	0.135
300	1.890	0.220	0.129
600	1.950	0.160	0.094
1200	2.000	0.110	0.064
1800	2.030	0.080	0.047
2400	2.070	0.040	0.023
3000	2.080	0.030	0.018
3600	2.090	0.020	0.012
5400	2.095	0.015	0.009

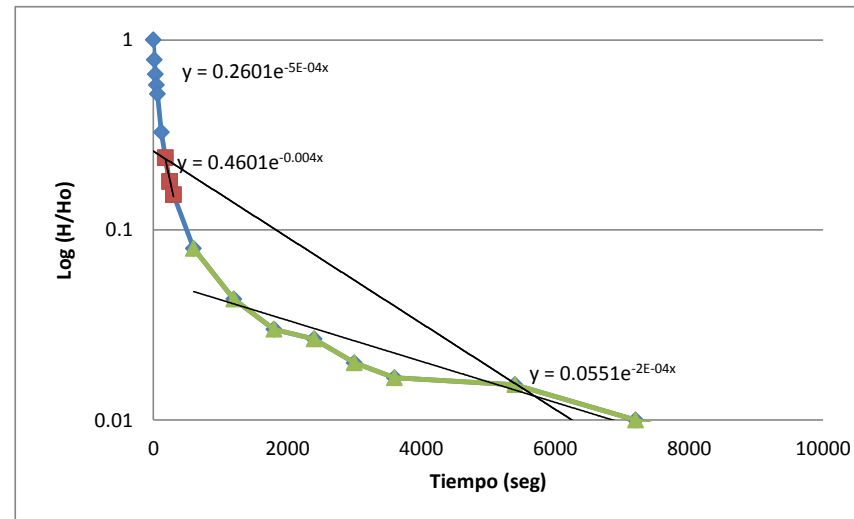


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.05 m.
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	2.05 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.04 m.
Duración de la prueba	2.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.500		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-704.873666
K =	-7.9870E-06
TL =	54.48521288
K =	1.0333E-04
TL =	-5641.75264
K =	-9.9788E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.540	1.500	1.000
15	1.860	1.180	0.787
30	2.050	0.990	0.660
45	2.170	0.870	0.580
60	2.260	0.780	0.520
120	2.550	0.490	0.327
180	2.680	0.360	0.240
240	2.770	0.270	0.180
300	2.810	0.230	0.153
600	2.920	0.120	0.080
1200	2.975	0.065	0.043
1800	2.995	0.045	0.030
2400	3.000	0.040	0.027
3000	3.010	0.030	0.020
3600	3.015	0.025	0.017
5400	3.017	0.023	0.015
7200	3.025	0.015	0.010
9000	3.030	0.010	0.007

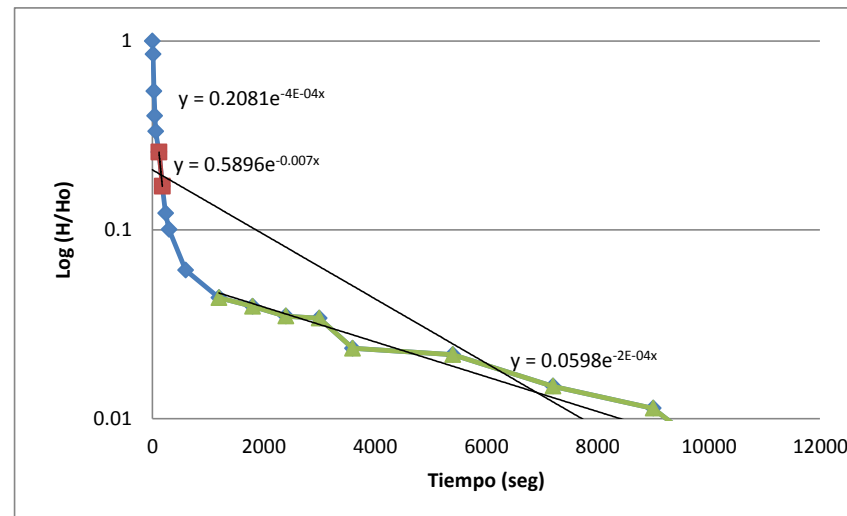


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.95
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.95 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.995 m.
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.145		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-1438.71068
K =	-3.9131E-06
TL =	66.56304789
K =	8.4579E-05
TL =	-9129.23716
K =	-6.1668E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.850	1.145	1.000
15	2.020	0.975	0.852
30	2.375	0.620	0.541
45	2.535	0.460	0.402
60	2.615	0.380	0.332
120	2.700	0.295	0.258
180	2.800	0.195	0.170
240	2.855	0.140	0.122
300	2.880	0.115	0.100
600	2.925	0.070	0.061
1200	2.945	0.050	0.044
1800	2.950	0.045	0.039
2400	2.955	0.040	0.035
3000	2.956	0.039	0.034
3600	2.968	0.027	0.024
5400	2.970	0.025	0.022
7200	2.978	0.017	0.015
9000	2.982	0.013	0.011
10800	2.990	0.005	0.004

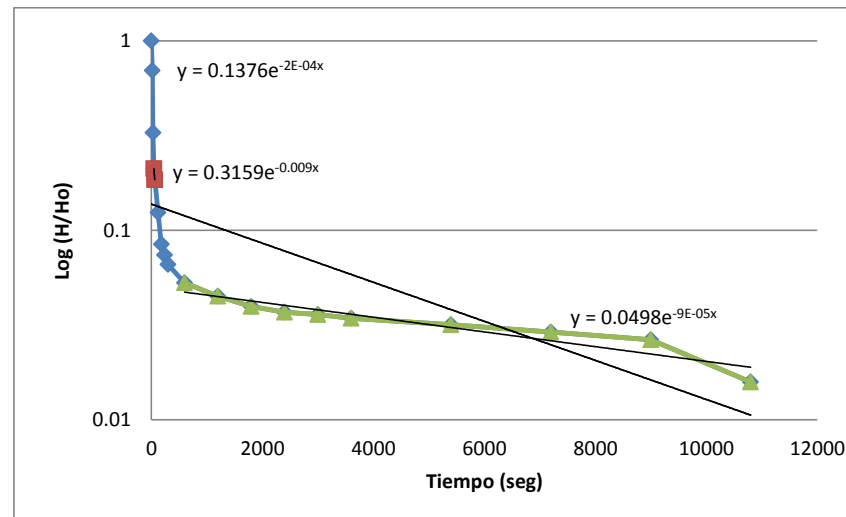


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.335 m.
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	2.335 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.05 m.
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros.
Ho [m]=	1.890		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-4945.7604
K =	-1.1383E-06
TL =	-17.5641442
K =	-3.2053E-04
TL =	-22283.2002
K =	-2.5265E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.160	1.890	1.000
15	1.730	1.320	0.698
30	2.430	0.620	0.328
45	2.650	0.400	0.212
60	2.700	0.350	0.185
120	2.815	0.235	0.124
180	2.890	0.160	0.085
240	2.910	0.140	0.074
300	2.925	0.125	0.066
600	2.950	0.100	0.053
1200	2.965	0.085	0.045
1800	2.975	0.075	0.040
2400	2.980	0.070	0.037
3000	2.982	0.068	0.036
3600	2.985	0.065	0.034
5400	2.990	0.060	0.032
7200	2.995	0.055	0.029
9000	3.000	0.050	0.026
10800	3.020	0.030	0.016

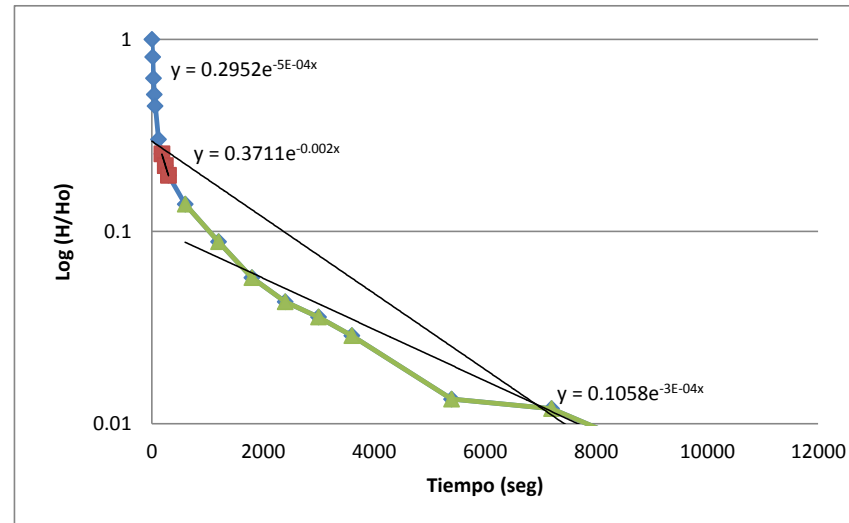


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.67
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	2.67 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.96 m.
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros.
Ho [m]=	2.090		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-451.699826
K =	-1.2464E-05
TL =	1.484281214
K =	3.7930E-03
TL =	-4173.17495
K =	-1.3490E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.870	2.090	1.000
15	1.270	1.690	0.809
30	1.650	1.310	0.627
45	1.880	1.080	0.517
60	2.020	0.940	0.450
120	2.330	0.630	0.301
180	2.430	0.530	0.254
240	2.500	0.460	0.220
300	2.550	0.410	0.196
600	2.670	0.290	0.139
1200	2.775	0.185	0.089
1800	2.840	0.120	0.057
2400	2.870	0.090	0.043
3000	2.885	0.075	0.036
3600	2.900	0.060	0.029
5400	2.932	0.028	0.013
7200	2.935	0.025	0.012
9000	2.945	0.015	0.007
10800	2.950	0.010	0.005

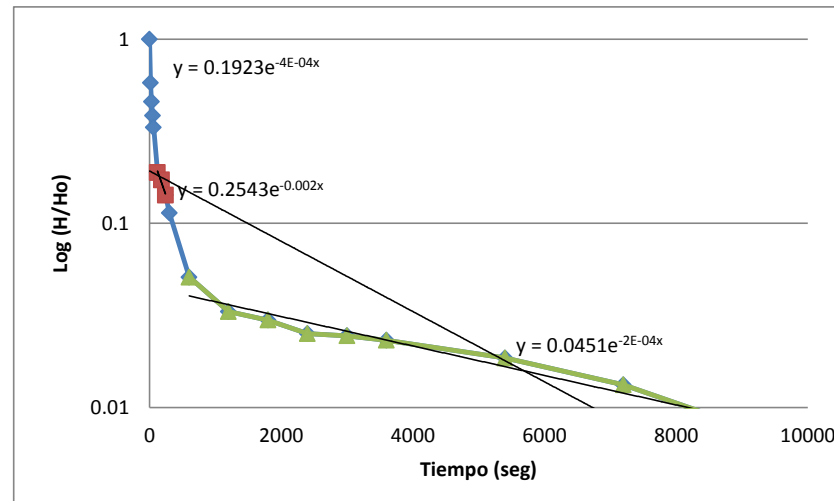


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4,115 m.
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3,00 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1,115 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2,96 m.
Duración de la prueba	2.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.510		Diámetro de tubería	2 pulgadas.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-1636.11588
K =	-3.4410E-06
TL =	-187.494167
K =	-3.0027E-05
TL =	-10523.1038
K =	-5.3500E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.450	1.510	1.000
15	2.085	0.875	0.579
30	2.270	0.690	0.457
45	2.380	0.580	0.384
60	2.460	0.500	0.331
120	2.675	0.285	0.189
180	2.700	0.260	0.172
240	2.745	0.215	0.142
300	2.788	0.172	0.114
600	2.883	0.077	0.051
1200	2.910	0.050	0.033
1800	2.915	0.045	0.030
2400	2.922	0.038	0.025
3000	2.923	0.037	0.025
3600	2.925	0.035	0.023
5400	2.932	0.028	0.019
7200	2.940	0.020	0.013
9000	2.948	0.012	0.008

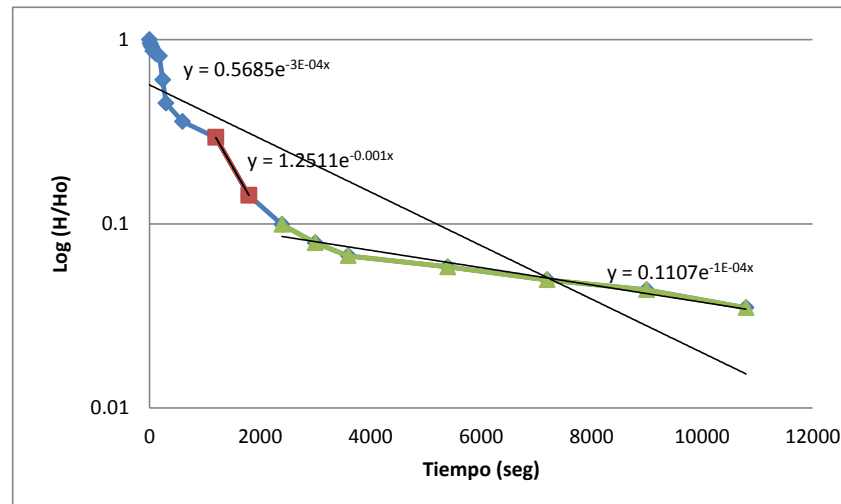


ES4

Ubicación de la prueba	Ave. Guerrero o Eje 1 poniente no. 262, esquina con Marte Colonia Guerrero. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	3,91 m.
Coordenadas	X= 484647	Y=2150769	Longitud de tubería ranurada:	3,91 m.
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0 m.
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2,025 m.
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.715		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1431.661025
K =	3.1847E-06
TL =	1218.275438
K =	3.7425E-06
TL =	-12066.7917
K =	-4.6655E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.310	1.715	1.000
15	0.390	1.635	0.953
30	0.430	1.595	0.930
45	0.470	1.555	0.907
60	0.540	1.485	0.866
120	0.590	1.435	0.837
180	0.630	1.395	0.813
240	0.990	1.035	0.603
300	1.250	0.775	0.452
600	1.410	0.615	0.359
1200	1.520	0.505	0.294
1800	1.780	0.245	0.143
2400	1.855	0.170	0.099
3000	1.890	0.135	0.079
3600	1.910	0.115	0.067
5400	1.925	0.100	0.058
7200	1.940	0.085	0.050
9000	1.950	0.075	0.044
10800	1.965	0.060	0.035

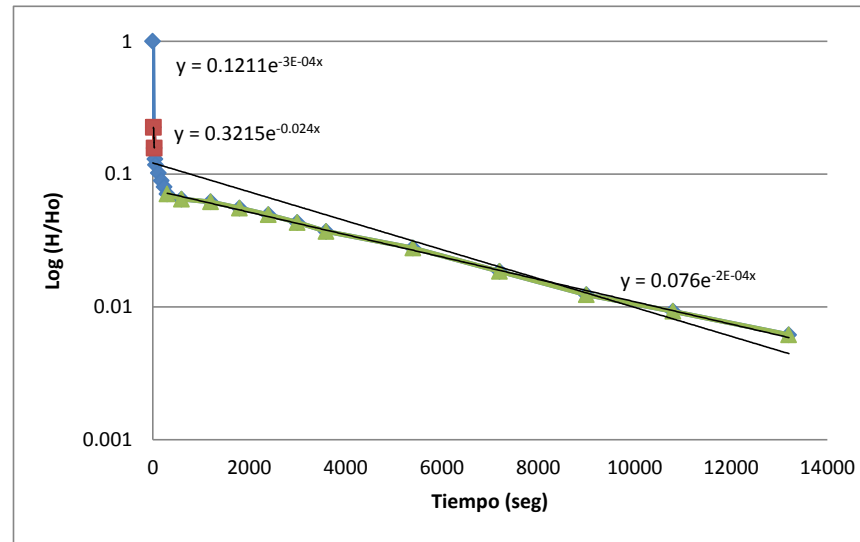


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuauhtémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.009 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	2.009 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.10 m
Duración de la prueba	4.166 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.325		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-3722.95452
K =	-1.5122E-06
TL =	-5.85439425
K =	-9.6164E-04
TL =	-7913.84833
K =	-7.1139E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	2.775	0.325	1.000
15	3.027	0.073	0.225
30	3.049	0.051	0.157
45	3.058	0.042	0.129
60	3.062	0.038	0.117
120	3.067	0.033	0.102
180	3.071	0.029	0.089
240	3.074	0.026	0.080
300	3.077	0.023	0.071
600	3.079	0.021	0.065
1200	3.080	0.020	0.062
1800	3.082	0.018	0.055
2400	3.084	0.016	0.049
3000	3.086	0.014	0.043
3600	3.088	0.012	0.037
5400	3.091	0.009	0.028
7200	3.094	0.006	0.018
9000	3.096	0.004	0.012
10800	3.097	0.003	0.009
13200	3.098	0.002	0.006
15000	3.100	0.000	0.000

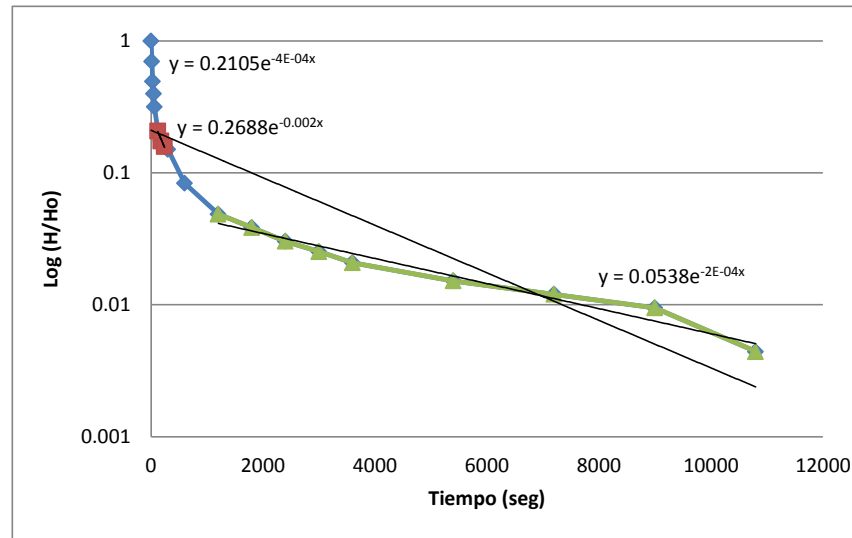


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.685 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	1.685 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.363 m
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.583		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-1410.04338
K =	-3.9926E-06
TL =	-159.767698
K =	-3.5237E-05
TL =	-9641.14769
K =	-5.8394E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.780	1.583	1.000
15	1.255	1.108	0.700
30	1.583	0.780	0.493
45	1.732	0.631	0.399
60	1.863	0.500	0.316
120	2.034	0.329	0.208
180	2.087	0.276	0.174
240	2.112	0.251	0.159
300	2.124	0.239	0.151
600	2.231	0.132	0.083
1200	2.286	0.077	0.049
1800	2.302	0.061	0.039
2400	2.315	0.048	0.030
3000	2.323	0.040	0.025
3600	2.330	0.033	0.021
5400	2.339	0.024	0.015
7200	2.344	0.019	0.012
9000	2.348	0.015	0.009
10800	2.356	0.007	0.004

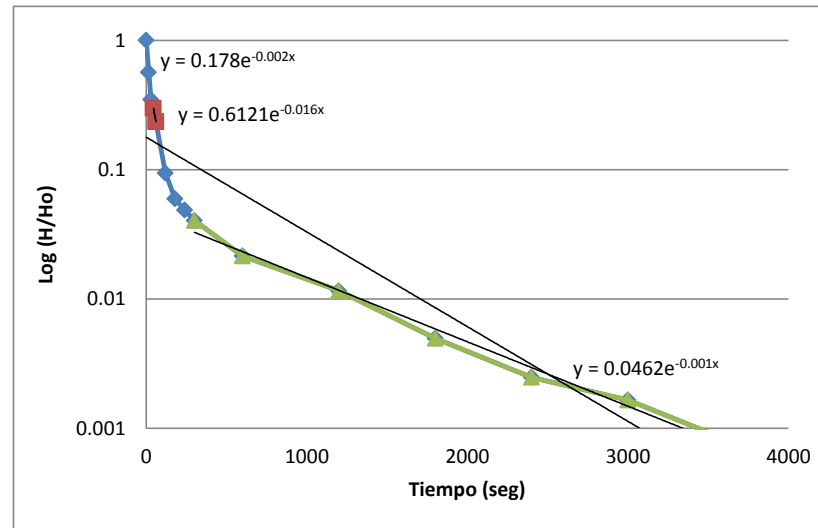


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.21 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	1.21 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.485 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.212		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-365.859728
K =	-1.5388E-05
TL =	31.46204139
K =	1.7894E-04
TL =	-2080.52321
K =	-2.7060E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.273	1.212	1.000
15	1.798	0.687	0.567
30	2.063	0.422	0.348
45	2.123	0.362	0.299
60	2.200	0.285	0.235
120	2.371	0.114	0.094
180	2.413	0.072	0.059
240	2.426	0.059	0.049
300	2.436	0.049	0.040
600	2.459	0.026	0.021
1200	2.471	0.014	0.012
1800	2.479	0.006	0.005
2400	2.482	0.003	0.002
3000	2.483	0.002	0.002
3600	2.484	0.001	0.001

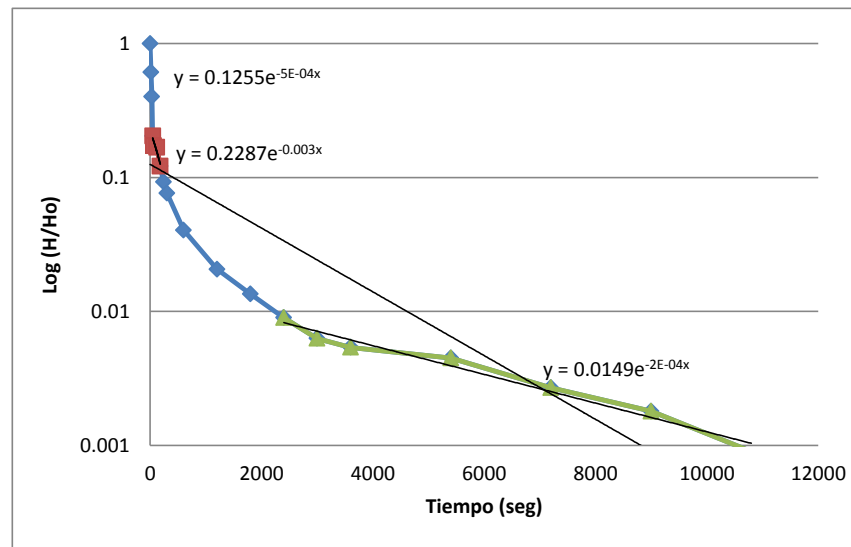


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuauhtémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.125 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	1.125 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.657 m
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.112		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-2162.39449
K =	-2.6035E-06
TL =	-160.363968
K =	-3.5106E-05
TL =	-16060.709
K =	-3.5053E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.545	1.112	1.000
15	1.978	0.679	0.611
30	2.210	0.447	0.402
45	2.430	0.227	0.204
60	2.465	0.192	0.173
120	2.470	0.187	0.168
180	2.522	0.135	0.121
240	2.554	0.103	0.093
300	2.572	0.085	0.076
600	2.612	0.045	0.040
1200	2.634	0.023	0.021
1800	2.642	0.015	0.013
2400	2.647	0.010	0.009
3000	2.650	0.007	0.006
3600	2.651	0.006	0.005
5400	2.652	0.005	0.004
7200	2.654	0.003	0.003
9000	2.655	0.002	0.002
10800	2.656	0.001	0.001

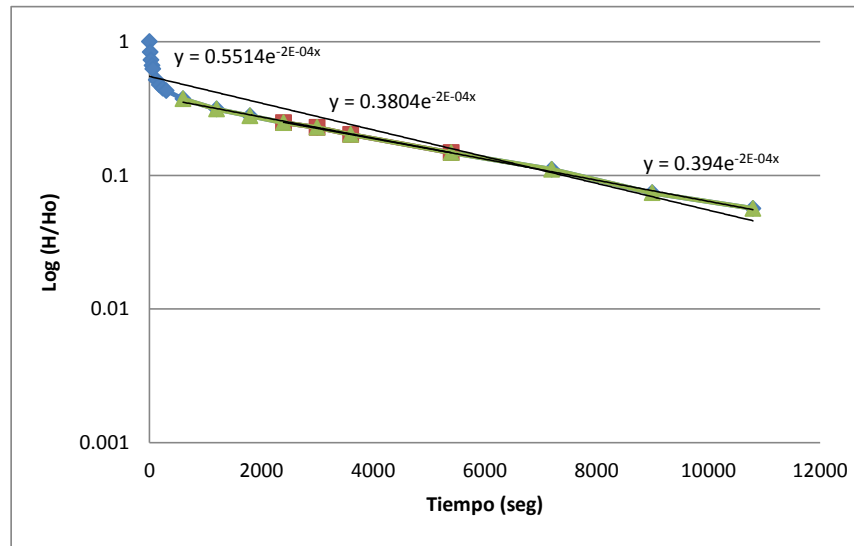


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.28 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	2.28 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.86 m
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.460		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1994.787465
K =	2.8223E-06
TL =	69.30081258
K =	8.1237E-05
TL =	314.2395183
K =	1.7916E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	2.400	0.460	1.000
15	2.476	0.384	0.835
30	2.524	0.336	0.730
45	2.555	0.305	0.663
60	2.572	0.288	0.626
120	2.622	0.238	0.517
180	2.641	0.219	0.476
240	2.654	0.206	0.448
300	2.662	0.198	0.430
600	2.688	0.172	0.374
1200	2.716	0.144	0.313
1800	2.732	0.128	0.278
2400	2.746	0.114	0.248
3000	2.755	0.105	0.228
3600	2.767	0.093	0.202
5400	2.792	0.068	0.148
7200	2.809	0.051	0.111
9000	2.826	0.034	0.074
10800	2.834	0.026	0.057

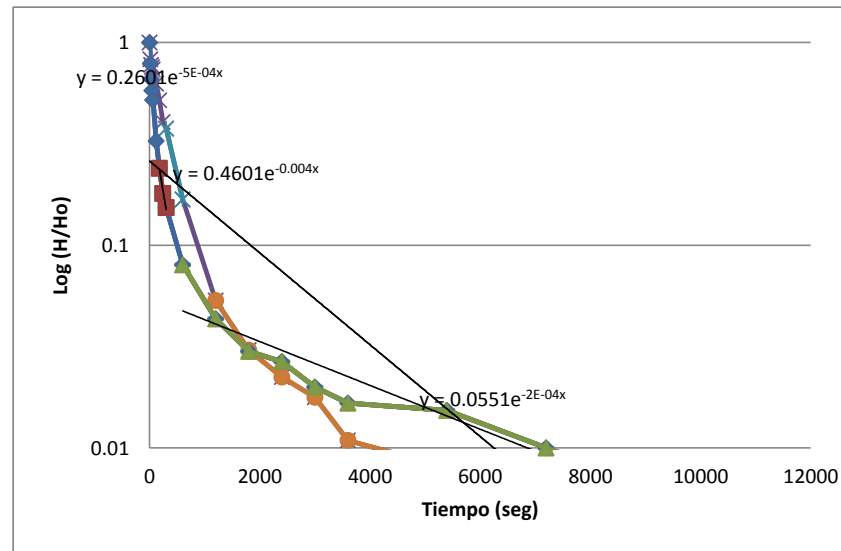


ES5

Ubicación de la prueba	Av.Manuel González o Eje 2 Norte no.405 Colonia Atlampa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.215 m
Coordenadas	X= 484125	Y=2151500	Longitud de tubería ranurada:	3 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	2.215 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.718 m
Duración de la prueba	3 Horas		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.743		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-29.5395144
K =	-1.9059E-04
TL =	274.3297813
K =	2.0522E-05
TL =	-6605.59124
K =	-8.5228E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	2.400	0.460	1.000
15	2.476	0.384	0.835
30	2.524	0.336	0.730
45	2.555	0.305	0.663
60	2.572	0.288	0.626
120	2.622	0.238	0.517
180	2.641	0.219	0.476
240	2.654	0.206	0.448
300	2.662	0.198	0.430
600	2.688	0.172	0.374
1200	2.716	0.144	0.313
1800	2.732	0.128	0.278
2400	2.746	0.114	0.248
3000	2.755	0.105	0.228
3600	2.767	0.093	0.202
5400	2.792	0.068	0.148
7200	2.809	0.051	0.111
9000	2.826	0.034	0.074
10800	2.834	0.026	0.057

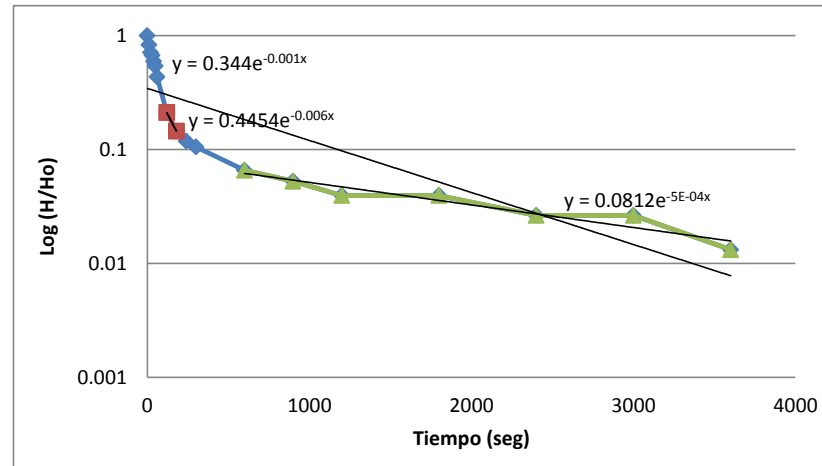


ES6

Ubicación de la prueba	Calle José Joaquín Herrera no. 110, esquina con Av. del Trabajo o Eje 1 Norte Colonia Morelos, Delegación Venustiano Carranza, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.52 m
Coordenadas	X= 487508	Y=2149337	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.52 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.63 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.760		Diámetro de tubería	4 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-72.8613483
K =	-9.6302E-05
TL =	30.91162486
K =	2.2699E-04
TL =	-3033.17552
K =	-2.3133E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.870	0.760	1.000
10	2.000	0.630	0.829
20	2.090	0.540	0.711
30	2.120	0.510	0.671
40	2.180	0.450	0.592
50	2.220	0.410	0.539
60	2.300	0.330	0.434
120	2.470	0.160	0.211
180	2.520	0.110	0.145
240	2.540	0.090	0.118
300	2.550	0.080	0.105
600	2.580	0.050	0.066
900	2.590	0.040	0.053
1200	2.600	0.030	0.039
1800	2.600	0.030	0.039
2400	2.610	0.020	0.026
3000	2.610	0.020	0.026
3600	2.620	0.010	0.013

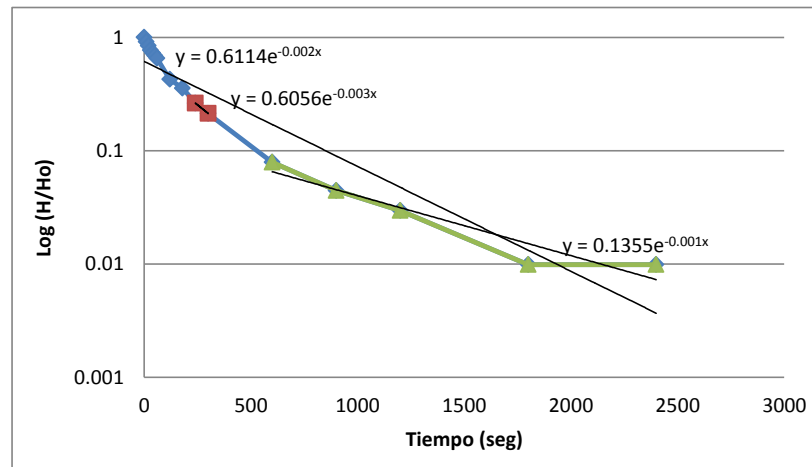


ES6

Ubicación de la prueba	Calle José Joaquín Herrera no. 110, esquina con Av. del Trabajo o Eje 1 Norte Colonia Morelos, Delegación Venustiano Carranza, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.94 m
Coordenadas	X= 487508	Y=2149337	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.94 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.65 m
Duración de la prueba	0.666 Horas		Cantidad de agua incorporada	12 litros
Ho [m]=	2.020		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	251.1242019
K =	2.2418E-05
TL =	164.2388988
K =	3.4278E-05
TL =	-1004.53137
K =	-5.6044E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.630	2.020	1.000
10	0.800	1.850	0.916
20	0.950	1.700	0.842
30	1.090	1.560	0.772
40	1.180	1.470	0.728
50	1.260	1.390	0.688
60	1.330	1.320	0.653
120	1.790	0.860	0.426
180	1.930	0.720	0.356
240	2.120	0.530	0.262
300	2.220	0.430	0.213
600	2.490	0.160	0.079
900	2.560	0.090	0.045
1200	2.590	0.060	0.030
1800	2.630	0.020	0.010
2400	2.630	0.020	0.010

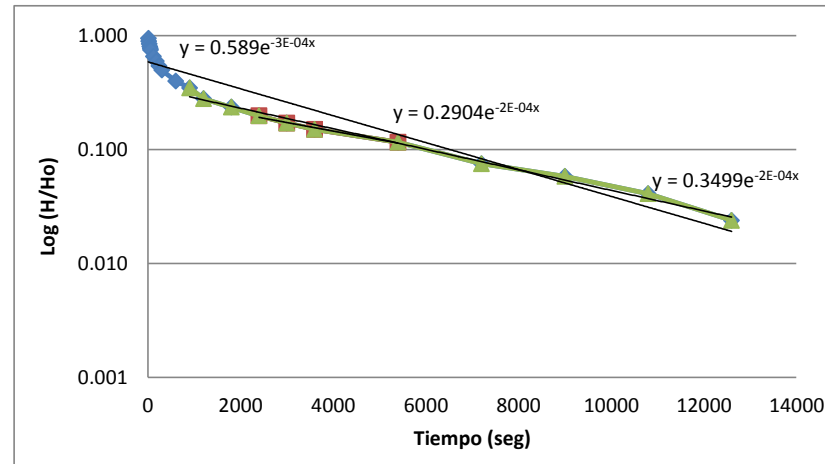


ES6

Ubicación de la prueba	Calle José Joaquín Herrera no. 110, esquina con Av. del Trabajo o Eje 1 Norte Colonia Morelos, Delegación Venustiano Carranza, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.16 m
Coordenadas	X= 487508	Y=2149337	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	2.16 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	3.37 m
Duración de la prueba	3.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	19 litros
Ho [m]=	2.930		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1663.786478
K =	3.3837E-06
TL =	-70.7687372
K =	-7.9552E-05
TL =	-28.4592176
K =	-1.9782E-04

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.440	2.930	1.000
10	0.590	2.780	0.949
20	0.750	2.620	0.894
30	0.890	2.480	0.846
40	1.020	2.350	0.802
50	1.100	2.270	0.775
60	1.180	2.190	0.747
120	1.450	1.920	0.655
180	1.620	1.750	0.597
240	1.780	1.590	0.543
300	1.910	1.460	0.498
600	2.200	1.170	0.399
900	2.350	1.020	0.348
1200	2.550	0.820	0.280
1800	2.680	0.690	0.235
2400	2.790	0.580	0.198
3000	2.870	0.500	0.171
3600	2.930	0.440	0.150
5400	3.030	0.340	0.116
7200	3.150	0.220	0.075
9000	3.200	0.170	0.058
10800	3.250	0.120	0.041
12600	3.300	0.070	0.024

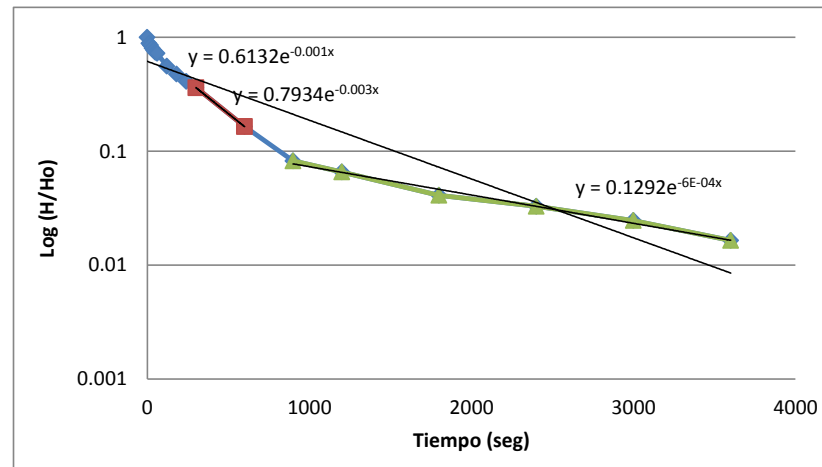


ES6

Ubicación de la prueba	Calle José Joaquín Herrera no. 110, esquina con Av. del Trabajo o Eje 1 Norte Colonia Morelos, Delegación Venustiano Carranza, México D. F.		Profundidad total del pozo	3.84 m
Coordenadas	X= 487508	Y=2149337	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.84 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.64 m
Duración de la prueba	1 Hora		Cantidad de agua incorporada	19 litros
Ho [m]=	0.610		Diámetro de tubería	4 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	505.1881414
K =	1.3889E-05
TL =	254.2748341
K =	2.7595E-05
TL =	-1753.56902
K =	-4.0014E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	2.030	0.610	1.000
10	2.100	0.540	0.885
20	2.120	0.520	0.852
30	2.150	0.490	0.803
40	2.170	0.470	0.770
50	2.190	0.450	0.738
60	2.200	0.440	0.721
120	2.300	0.340	0.557
180	2.350	0.290	0.475
240	2.390	0.250	0.410
300	2.420	0.220	0.361
600	2.540	0.100	0.164
900	2.590	0.050	0.082
1200	2.600	0.040	0.066
1800	2.615	0.025	0.041
2400	2.620	0.020	0.033
3000	2.625	0.015	0.025
3600	2.630	0.010	0.016

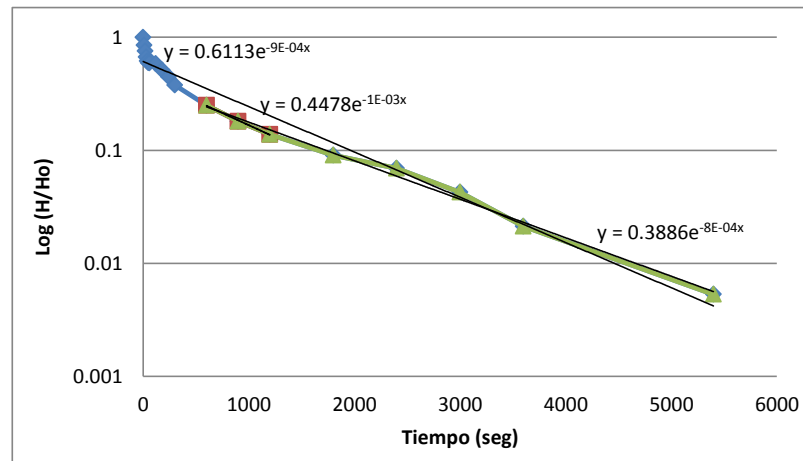


ES6

Ubicación de la prueba	Calle José Joaquín Herrera no. 110, esquina con Av. del Trabajo o Eje 1 Norte Colonia Morelos, Delegación Venustiano Carranza, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.84 m
Coordenadas	X= 487508	Y=2149337	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	1.84 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.63 m
Duración de la prueba	1.5 Horas		Cantidad de agua incorporada	19 litros
Ho [m]=	1.880		Diámetro de tubería	2 pulg.

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	557.8720349
K =	1.0092E-05
TL =	190.8436985
K =	2.9500E-05
TL =	61.30941413
K =	9.1826E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.750	1.880	1.000
10	1.030	1.600	0.851
20	1.210	1.420	0.755
30	1.370	1.260	0.670
40	1.470	1.160	0.617
50	1.510	1.120	0.596
60	1.520	1.110	0.590
120	1.530	1.100	0.585
180	1.670	0.960	0.511
240	1.790	0.840	0.447
300	1.920	0.710	0.378
600	2.160	0.470	0.250
900	2.290	0.340	0.181
1200	2.370	0.260	0.138
1800	2.460	0.170	0.090
2400	2.500	0.130	0.069
3000	2.550	0.080	0.043
3600	2.590	0.040	0.021
5400	2.620	0.010	0.005

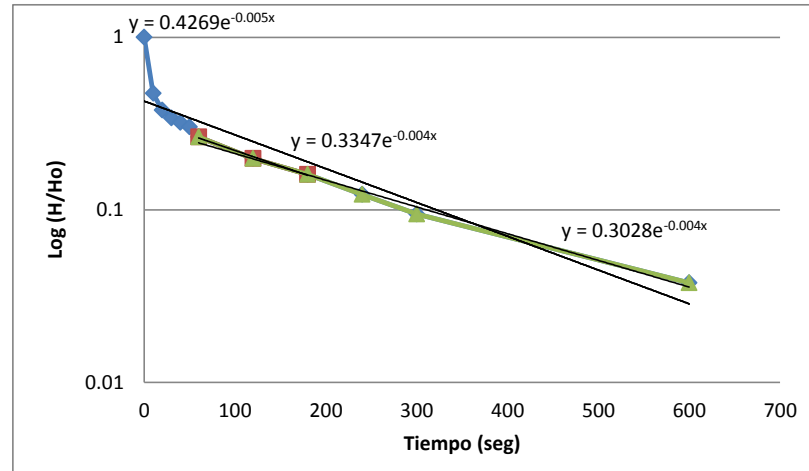


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.25 m
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.5 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.75 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.03 m
Duración de la prueba	10 min		Cantidad de agua incorporada	10 litros
Ho [m]=	1.060		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	28.60935763
K =	1.423E-04
TL =	-25.0670994
K =	-1.624E-04
TL =	-50.7689971
K =	-8.021E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.970	1.060	1.000
10	1.530	0.500	0.472
20	1.630	0.400	0.377
30	1.670	0.360	0.340
40	1.690	0.340	0.321
50	1.710	0.320	0.302
60	1.750	0.280	0.264
120	1.820	0.210	0.198
180	1.860	0.170	0.160
240	1.900	0.130	0.123
300	1.930	0.100	0.094
600	1.990	0.040	0.038

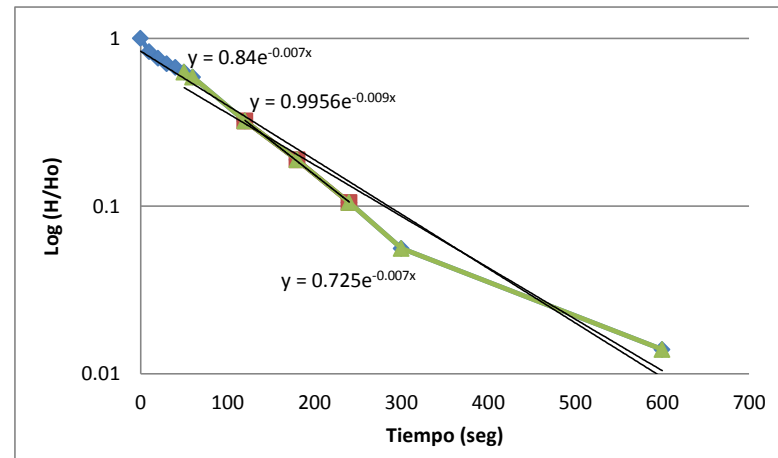


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.47 m
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.0 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.47 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.93 m
Duración de la prueba	10 min		Cantidad de agua incorporada	10 litros
Ho [m]=	1.430		Díámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	117.1284123
K =	3.822E-05
TL =	109.9825072
K =	4.071E-05
TL =	96.09552132
K =	4.659E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.500	1.430	1.000
10	0.740	1.190	0.832
20	0.840	1.090	0.762
30	0.920	1.010	0.706
40	0.970	0.960	0.671
50	1.030	0.900	0.629
60	1.090	0.840	0.587
120	1.470	0.460	0.322
180	1.660	0.270	0.189
240	1.780	0.150	0.105
300	1.850	0.080	0.056
600	1.910	0.020	0.014

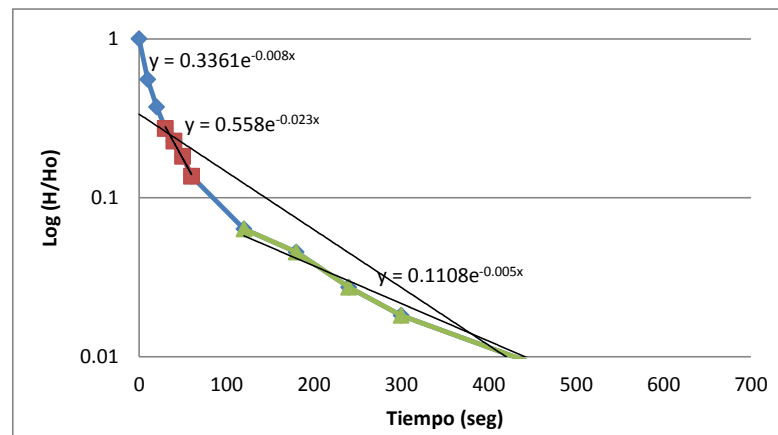


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.49 m
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.5 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.99 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.84 m
Duración de la prueba	10 min		Cantidad de agua incorporada	10 litros
Ho [m]=	1.100		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-12.0117839
K =	-3.390E-04
TL =	17.86330247
K =	2.280E-04
TL =	-241.155246
K =	-1.689E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.740	1.100	1.000
10	1.230	0.610	0.555
20	1.430	0.410	0.373
30	1.540	0.300	0.273
40	1.590	0.250	0.227
50	1.640	0.200	0.182
60	1.690	0.150	0.136
120	1.770	0.070	0.064
180	1.790	0.050	0.045
240	1.810	0.030	0.027
300	1.820	0.020	0.018
600	1.835	0.005	0.005

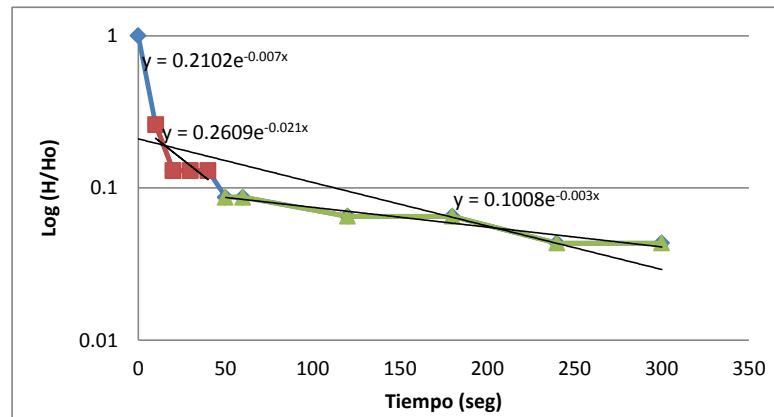


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.56 m
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.0 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.56 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.91 m
Duración de la prueba	5 min		Cantidad de agua incorporada	10 litros
Ho [m]=	0.230		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-80.7776496
K =	-5.542E-05
TL =	-16.6364673
K =	-2.691E-04
TL =	-433.454883
K =	-1.033E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.680	0.230	1.000
10	1.850	0.060	0.261
20	1.880	0.030	0.130
30	1.880	0.030	0.130
40	1.880	0.030	0.130
50	1.890	0.020	0.087
60	1.890	0.020	0.087
120	1.895	0.015	0.065
180	1.895	0.015	0.065
240	1.900	0.010	0.043
300	1.900	0.010	0.043

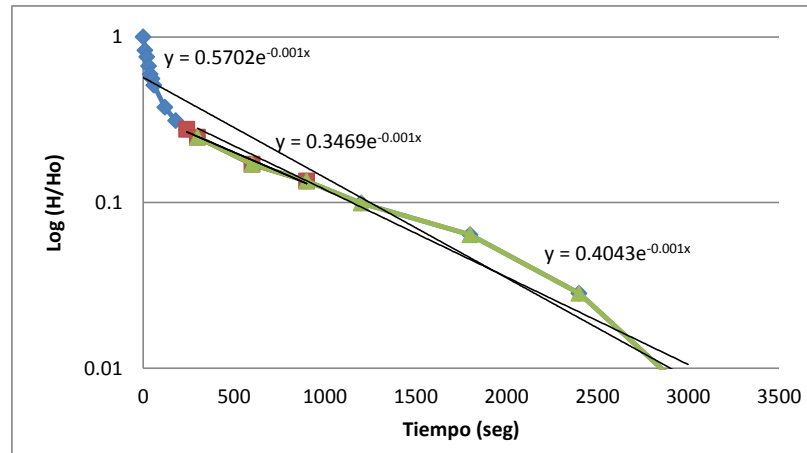


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.20 m
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.00 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.20 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.87 m
Duración de la prueba	50 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.410		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	432.4841708
K =	1.035E-05
TL =	-64.4664517
K =	-6.945E-05
TL =	88.65417101
K =	5.050E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.460	1.410	1.000
10	0.700	1.170	0.830
20	0.800	1.070	0.759
30	0.930	0.940	0.667
40	1.030	0.840	0.596
50	1.080	0.790	0.560
60	1.150	0.720	0.511
120	1.340	0.530	0.376
180	1.430	0.440	0.312
240	1.480	0.390	0.277
300	1.520	0.350	0.248
600	1.630	0.240	0.170
900	1.680	0.190	0.135
1200	1.730	0.140	0.099
1800	1.780	0.090	0.064
2400	1.830	0.040	0.028
3000	1.860	0.010	0.007

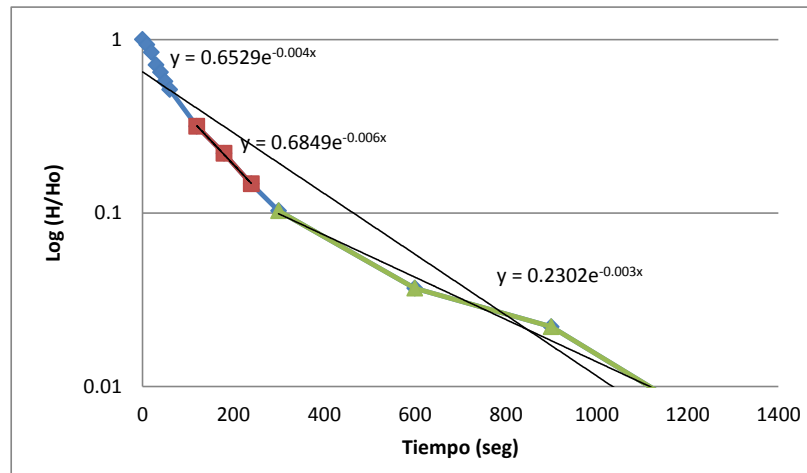


ES7

Ubicación de la prueba	Av.Yucatán no. 125, esquina con Tonalá y Chiapas. Colonia Roma Delegación Cuautemoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.02
Coordenadas	X= 483085	Y=2146527	Longitud de tubería ranurada:	4.50 m
Litología asociada	Limo arcilloso		Longitud de tubería ciega	0.52 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.93 m
Duración de la prueba	20 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.360		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	141.9802431
K =	2.868E-05
TL =	102.6283061
K =	3.968E-05
TL =	-158.184836
K =	-2.574E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.570	1.360	1.000
10	0.660	1.270	0.934
20	0.780	1.150	0.846
30	0.960	0.970	0.713
40	1.050	0.880	0.647
50	1.150	0.780	0.574
60	1.230	0.700	0.515
120	1.500	0.430	0.316
180	1.630	0.300	0.221
240	1.730	0.200	0.147
300	1.790	0.140	0.103
600	1.880	0.050	0.037
900	1.900	0.030	0.022
1200	1.920	0.010	0.007

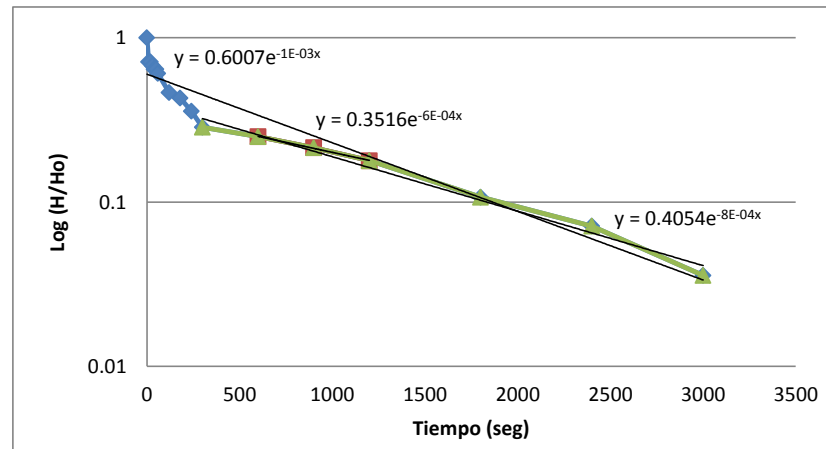


ES8

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe No. 57, Colonia Industrial. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	3.63 m
Coordenadas	X= 486521	Y=2151308	Longitud de tubería ranurada:	3.0 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	0.63 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.70 m
Duración de la prueba	50 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.140		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	484.5926362
K =	1.162E-05
TL =	-85.014733
K =	-6.622E-05
TL =	114.2140355
K =	4.929E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.560	0.140	1.000
10	1.600	0.100	0.714
20	1.600	0.100	0.714
30	1.605	0.095	0.679
40	1.610	0.090	0.643
50	1.610	0.090	0.643
60	1.615	0.085	0.607
120	1.635	0.065	0.464
180	1.640	0.060	0.429
240	1.650	0.050	0.357
300	1.660	0.040	0.286
600	1.665	0.035	0.250
900	1.670	0.030	0.214
1200	1.675	0.025	0.179
1800	1.685	0.015	0.107
2400	1.690	0.010	0.071
3000	1.695	0.005	0.036

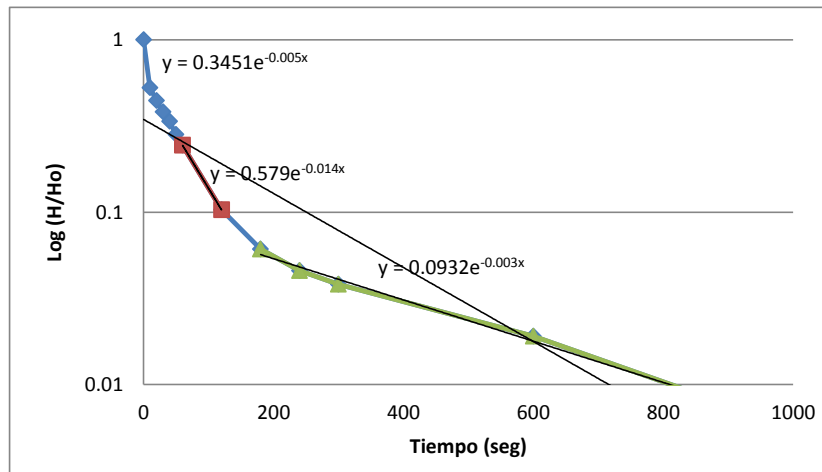


ES8

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe No. 57, Colonia Industrial. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.54 m
Coordenadas	X= 486521	Y=2151308	Longitud de tubería ranurada:	3.0 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	1.54 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.19 m
Duración de la prueba	15 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.310		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-13.9337551
K =	-4.040E-04
TL =	31.98567657
K =	1.760E-04
TL =	-459.585095
K =	-1.225E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.880	1.310	1.000
10	1.500	0.690	0.527
20	1.610	0.580	0.443
30	1.690	0.500	0.382
40	1.750	0.440	0.336
50	1.820	0.370	0.282
60	1.870	0.320	0.244
120	2.055	0.135	0.103
180	2.110	0.080	0.061
240	2.130	0.060	0.046
300	2.140	0.050	0.038
600	2.165	0.025	0.019
900	2.180	0.010	0.008

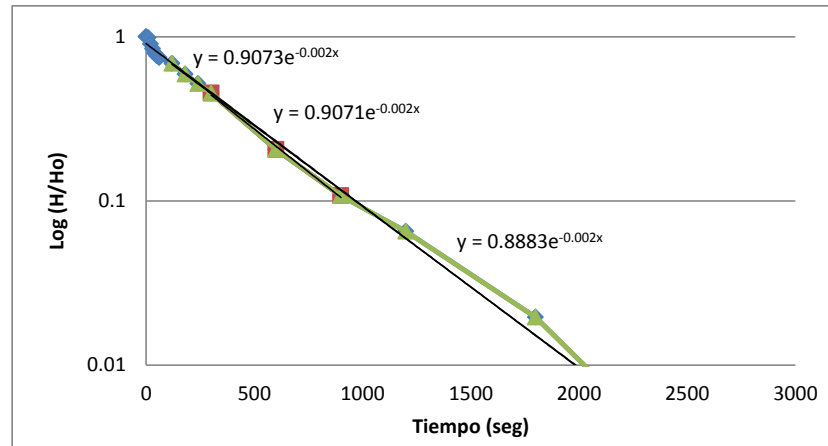


ES8

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe No. 57, Colonia Industrial. Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.19
Coordenadas	X= 486521	Y=2151308	Longitud de tubería ranurada:	3.0 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	1.19 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.335 m
Duración de la prueba	40 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.535		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	448.4850753
K =	1.255E-05
TL =	448.374846
K =	1.256E-05
TL =	437.9032591
K =	1.286E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.800	1.535	1.000
10	0.820	1.515	0.987
20	0.950	1.385	0.902
30	1.040	1.295	0.844
40	1.120	1.215	0.792
50	1.160	1.175	0.765
60	1.190	1.145	0.746
120	1.280	1.055	0.687
180	1.430	0.905	0.590
240	1.540	0.795	0.518
300	1.640	0.695	0.453
600	2.020	0.315	0.205
900	2.170	0.165	0.107
1200	2.235	0.100	0.065
1800	2.305	0.030	0.020
2400	2.330	0.005	0.003

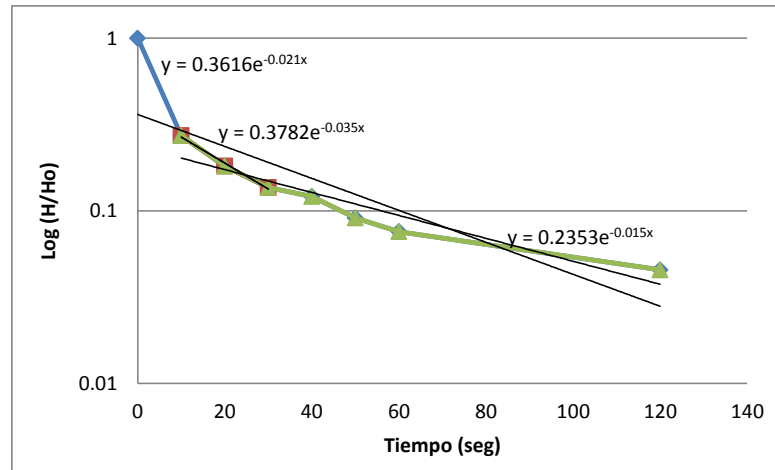


ES9

Ubicación de la prueba	Av. Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	6.93 m
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	6.00 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	0.93 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.33 m
Duración de la prueba	2 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.330		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	-1.09354177
K =	-2.948E-03
TL =	0.626290017
K =	5.147E-03
TL =	-30.176114
K =	-1.068E-04

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.000	0.330	1.000
10	1.240	0.090	0.273
20	1.270	0.060	0.182
30	1.285	0.045	0.136
40	1.290	0.040	0.121
50	1.300	0.030	0.091
60	1.305	0.025	0.076
120	1.315	0.015	0.045

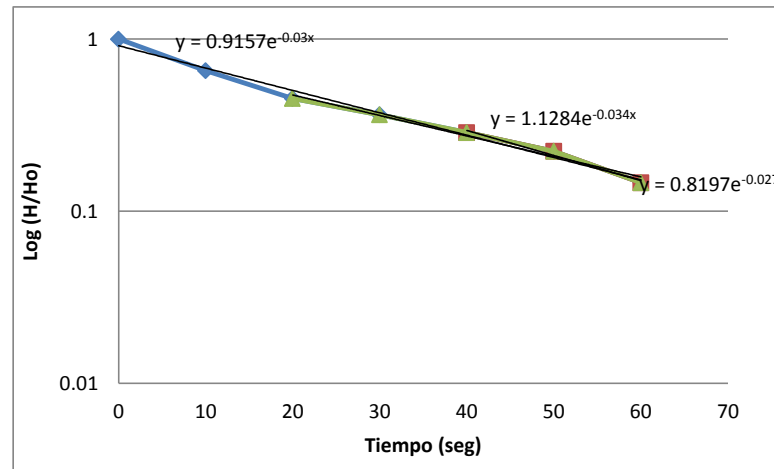


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.81 m
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	4.00 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	0.81
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.305 m
Duración de la prueba	1 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.785		Diámetro de tubería	4 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	30.20619315
K =	1.865E-04
TL =	32.79567569
K =	1.718E-04
TL =	29.46057089
K =	1.912E-04

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.520	0.785	1.000
10	0.790	0.515	0.656
20	0.950	0.355	0.452
30	1.020	0.285	0.363
40	1.080	0.225	0.287
50	1.130	0.175	0.223
60	1.190	0.115	0.146

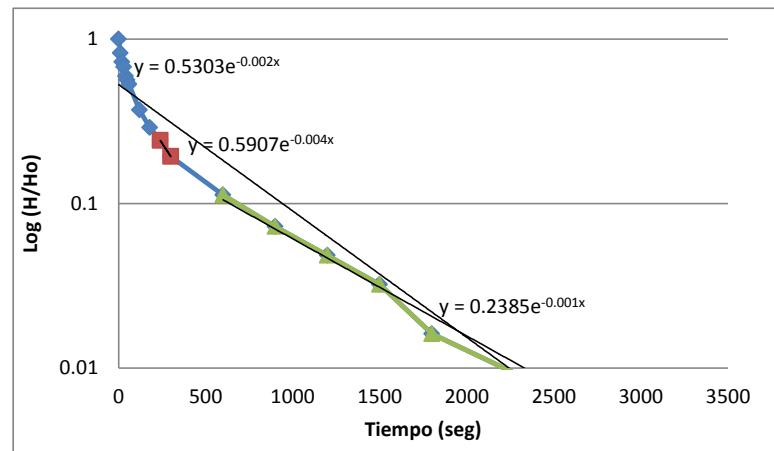


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	1.81 m
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	1.50 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	0.31 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.46 m
Duración de la prueba	50 min		Cantidad de agua incorporada	16 litros
Ho [m]=	0.620		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	179.9699393
K =	5.348E-05
TL =	116.9513172
K =	8.229E-05
TL =	-439.133695
K =	-2.192E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.840	0.620	1.000
10	0.950	0.510	0.823
20	1.010	0.450	0.726
30	1.040	0.420	0.677
40	1.090	0.370	0.597
50	1.110	0.350	0.565
60	1.130	0.330	0.532
120	1.230	0.230	0.371
180	1.280	0.180	0.290
240	1.310	0.150	0.242
300	1.340	0.120	0.194
600	1.390	0.070	0.113
900	1.415	0.045	0.073
1200	1.430	0.030	0.048
1500	1.440	0.020	0.032
1800	1.450	0.010	0.016
2400	1.455	0.005	0.008
3000	1.457	0.003	0.005

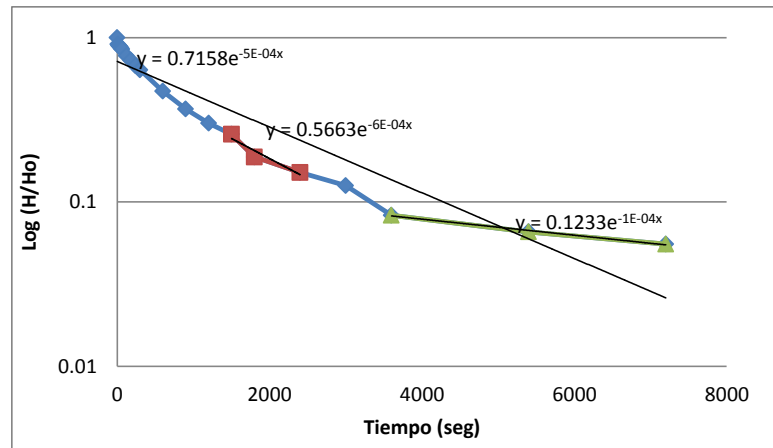


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	6.295 m
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	6.00 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	0.295 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.295 m
Duración de la prueba	50 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	0.867		Diámetro de tubería	4 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1319.795585
K =	3.110E-06
TL =	709.3682791
K =	5.786E-06
TL =	-10988.826
K =	-3.735E-07

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.428	0.867	1.000
10	0.503	0.792	0.913
20	0.519	0.776	0.895
30	0.523	0.772	0.890
40	0.533	0.762	0.879
50	0.546	0.749	0.864
60	0.557	0.738	0.851
120	0.621	0.674	0.777
180	0.663	0.632	0.729
240	0.709	0.586	0.676
300	0.743	0.552	0.637
600	0.885	0.410	0.473
900	0.976	0.319	0.368
1200	1.033	0.262	0.302
1500	1.071	0.224	0.258
1800	1.132	0.163	0.188
2400	1.164	0.131	0.151
3000	1.186	0.109	0.126
3600	1.223	0.072	0.083
5400	1.238	0.057	0.066
7200	1.247	0.048	0.055

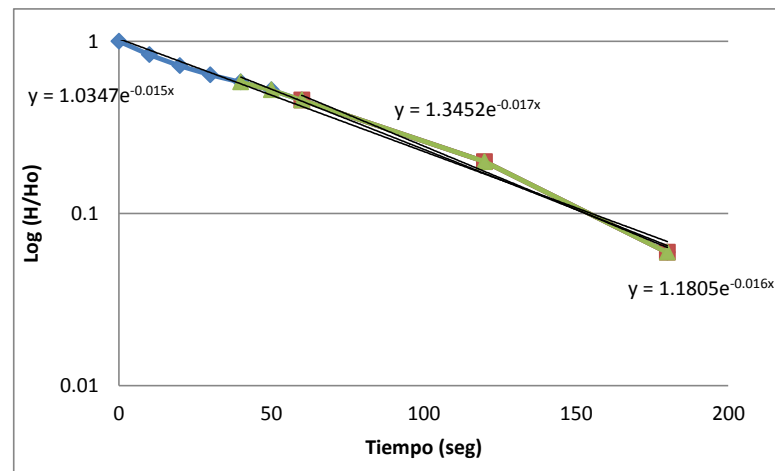


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	5.67 m.
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	4.50 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	1.17 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.136 m.
Duración de la prueba	3 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	0.606		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	68.55758686
K =	5.940E-05
TL =	75.92911613
K =	5.363E-05
TL =	72.51189693
K =	5.616E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.530	0.606	1.000
10	0.630	0.506	0.835
20	0.700	0.436	0.719
30	0.750	0.386	0.637
40	0.785	0.351	0.579
50	0.820	0.316	0.521
60	0.860	0.276	0.455
120	1.015	0.121	0.200
180	1.100	0.036	0.059

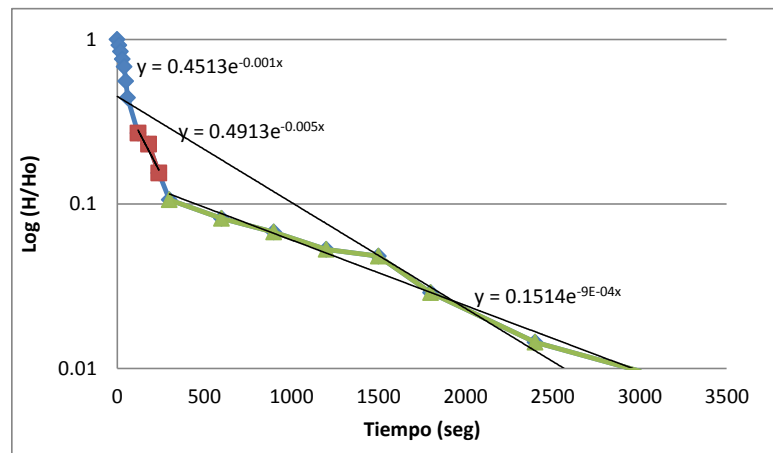


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.46 m.
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	1.46 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.44 m.
Duración de la prueba	50 min		Cantidad de agua incorporada	20 litros
Ho [m]=	1.040		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	198.6293012
K =	2.834E-05
TL =	56.71038671
K =	9.927E-05
TL =	-992.864072
K =	-4.101E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.400	1.040	1.000
10	0.480	0.960	0.923
20	0.560	0.880	0.846
30	0.650	0.790	0.760
40	0.730	0.710	0.683
50	0.860	0.580	0.558
60	0.980	0.460	0.442
120	1.160	0.280	0.269
180	1.200	0.240	0.231
240	1.280	0.160	0.154
300	1.330	0.110	0.106
600	1.355	0.085	0.082
900	1.370	0.070	0.067
1200	1.385	0.055	0.053
1500	1.390	0.050	0.048
1800	1.410	0.030	0.029
2400	1.425	0.015	0.014
3000	1.430	0.010	0.010

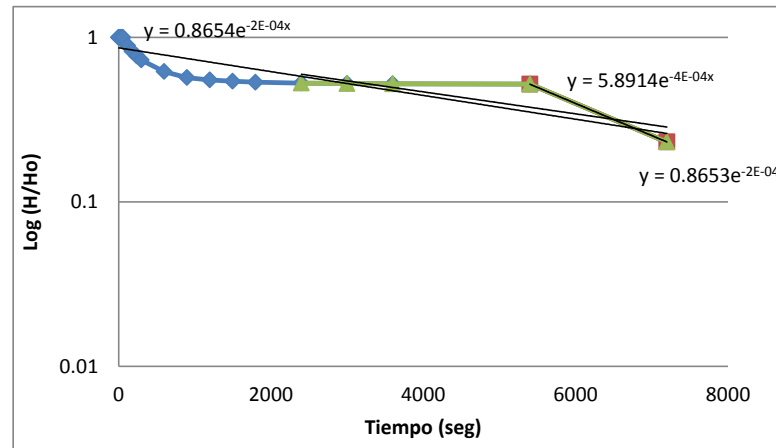


ES9

Ubicación de la prueba	Av.Insurgentes Sur no. 289, esquina con Popocatepetl. Colonia Hipódromo Condesa, Delegación Cuautémoc, México D. F.		Profundidad total del pozo	4.61 m
Coordenadas	X= 482597	Y=2146802	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Limo		Longitud de tubería ciega	1.61 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	1.99 m
Duración de la prueba	2 Horas		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.598		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	4248.444111
K =	1.325E-06
TL =	6919.364834
K =	8.136E-07
TL =	4247.86631
K =	1.325E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	0.392	1.598	1.000
10	0.392	1.598	1.000
20	0.392	1.598	1.000
30	0.392	1.598	1.000
40	0.392	1.598	1.000
50	0.392	1.598	1.000
60	0.392	1.598	1.000
120	0.562	1.428	0.894
180	0.672	1.318	0.825
240	0.757	1.233	0.772
300	0.826	1.164	0.728
600	1.000	0.990	0.620
900	1.078	0.912	0.571
1200	1.109	0.881	0.551
1500	1.125	0.865	0.541
1800	1.137	0.853	0.534
2400	1.146	0.844	0.528
3000	1.152	0.838	0.524
3600	1.156	0.834	0.522
5400	1.159	0.831	0.520
7200	1.620	0.370	0.232

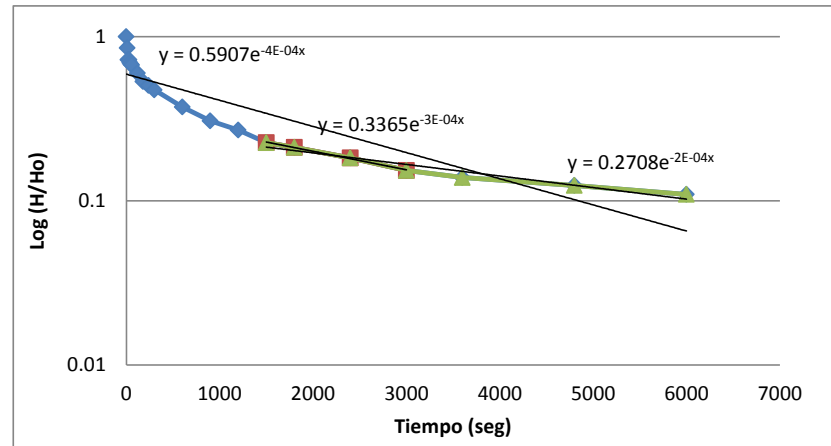


ES10

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe, Col. Industrial, Del. G.A.M., C.P. 0781		Profundidad total del pozo	2.555 m
Coordenadas	X= 487289	Y=2153333	Longitud de tubería ranurada:	2.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.555 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.385 m
Duración de la prueba	100 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	0.685		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	1169.513172
K =	6.607E-06
TL =	-316.349522
K =	-2.443E-05
TL =	-1560.61232
K =	-4.951E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.700	0.685	1.000
10	1.800	0.585	0.854
20	1.890	0.495	0.723
30	1.890	0.495	0.723
40	1.910	0.475	0.693
50	1.920	0.465	0.679
60	1.925	0.460	0.672
120	1.975	0.410	0.599
180	2.020	0.365	0.533
240	2.040	0.345	0.504
300	2.060	0.325	0.474
600	2.130	0.255	0.372
900	2.175	0.210	0.307
1200	2.200	0.185	0.270
1500	2.230	0.155	0.226
1800	2.240	0.145	0.212
2400	2.260	0.125	0.182
3000	2.280	0.105	0.153
3600	2.290	0.095	0.139
4800	2.300	0.085	0.124
6000	2.310	0.075	0.109

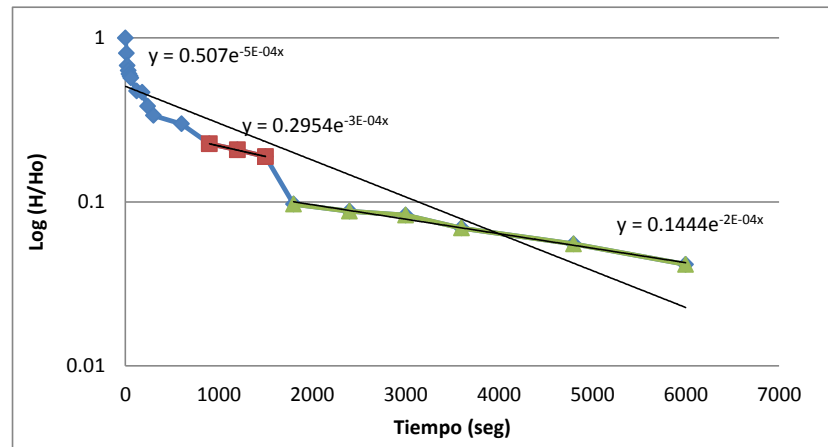


ES10

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe, Col. Industrial, Del. G.A.M., C.P. 0781		Profundidad total del pozo	2.295 m
Coordenadas	X= 487289	Y=2153333	Longitud de tubería ranurada:	2.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.295 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.245 m
Duración de la prueba	100 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.085		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	630.0159959
K =	1.226E-05
TL =	-750.575452
K =	-1.029E-05
TL =	-4704.5789
K =	-1.642E-06

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.160	1.085	1.000
10	1.370	0.875	0.806
20	1.510	0.735	0.677
30	1.560	0.685	0.631
40	1.590	0.655	0.604
50	1.610	0.635	0.585
60	1.625	0.620	0.571
120	1.730	0.515	0.475
180	1.740	0.505	0.465
240	1.830	0.415	0.382
300	1.880	0.365	0.336
600	1.920	0.325	0.300
900	2.000	0.245	0.226
1200	2.020	0.225	0.207
1500	2.040	0.205	0.189
1800	2.140	0.105	0.097
2400	2.150	0.095	0.088
3000	2.155	0.090	0.083
3600	2.170	0.075	0.069
4800	2.185	0.060	0.055
6000	2.200	0.045	0.041

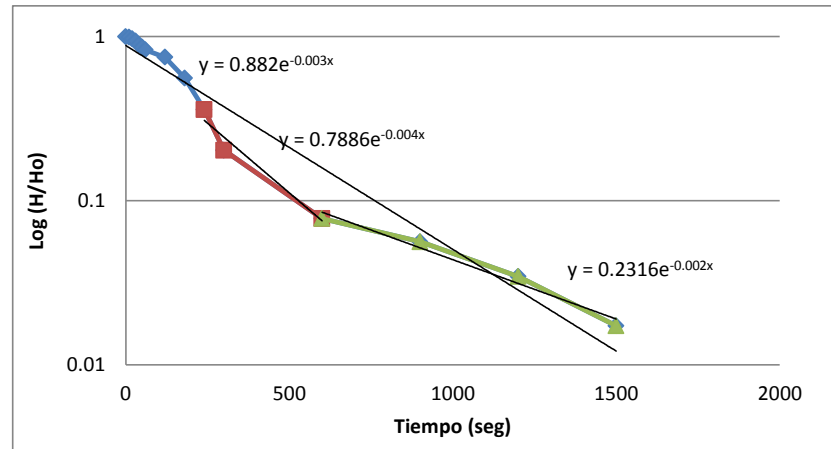


ES10

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe, Col. Industrial, Del. G.A.M., C.P. 0781		Profundidad total del pozo	3.11 m
Coordenadas	X= 487289	Y=2153333	Longitud de tubería ranurada:	3.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.11 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico inicial:	2.185 m
Duración de la prueba	25 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	1.155		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	289.5630168
K =	1.944E-05
TL =	189.189054
K =	2.976E-05
TL =	-234.24563
K =	-2.403E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.030	1.155	1.000
10	1.040	1.145	0.991
20	1.065	1.120	0.970
30	1.100	1.085	0.939
40	1.155	1.030	0.892
50	1.190	0.995	0.861
60	1.225	0.960	0.831
120	1.320	0.865	0.749
180	1.540	0.645	0.558
240	1.770	0.415	0.359
300	1.950	0.235	0.203
600	2.095	0.090	0.078
900	2.120	0.065	0.056
1200	2.145	0.040	0.035
1500	2.165	0.020	0.017

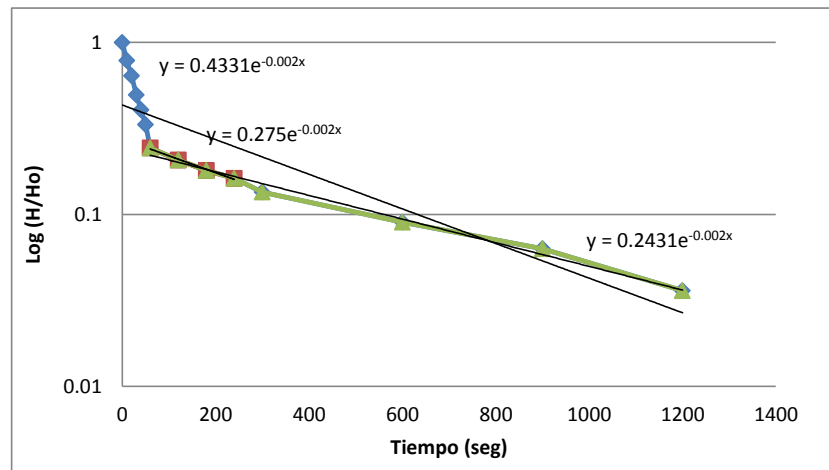


ES10

Ubicación de la prueba	Calzada de Guadalupe, Col. Industrial, Del. G.A.M., C.P. 0781		Profundidad total del pozo	2.69 m
Coordenadas	X= 487289	Y=2153333	Longitud de tubería ranurada:	2.00 m
Litología asociada	Arcillas		Longitud de tubería ciega	0.69 m
Tipo de prueba	Slug		Nivel piezométrico Inicial:	2.145 m
Duración de la prueba	25 min		Cantidad de agua incorporada	15 litros
Ho [m]=	0.555		Diámetro de tubería	2 pulg

Valores de K y TL para cada segmento	
TL =	78.73282129
K =	9.814E-05
TL =	-148.365954
K =	-5.208E-05
TL =	-210.015062
K =	-3.679E-05

Tiempo (seg)	Profundidad del nivel freático	H [m]	H/Ho
0	1.590	0.555	1.000
10	1.710	0.435	0.784
20	1.790	0.355	0.640
30	1.870	0.275	0.495
40	1.920	0.225	0.405
50	1.960	0.185	0.333
60	2.010	0.135	0.243
120	2.030	0.115	0.207
180	2.045	0.100	0.180
240	2.055	0.090	0.162
300	2.070	0.075	0.135
600	2.095	0.050	0.090
900	2.110	0.035	0.063
1200	2.125	0.020	0.036



Anexo 3

Pruebas de bombeo (gráficas)

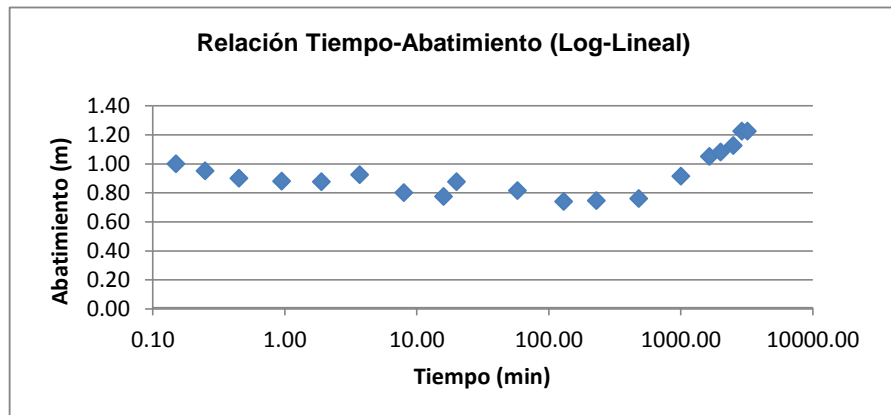


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	8 Agrícola Oriental	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	492005	2143268
Método de interpretación	Boulton & Streltsova, 1978	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.15	1.00
0.25	0.95
0.45	0.90
0.95	0.88
1.90	0.88
3.70	0.93
8.00	0.80
16.00	0.78
20.00	0.88
58.00	0.82
130.00	0.74
230.00	0.75
480.00	0.76
1000.00	0.92
1650.00	1.05
2000.00	1.08
2500.00	1.13
2900.00	1.23
3200.00	1.23
3800	1.25
4300	1.25



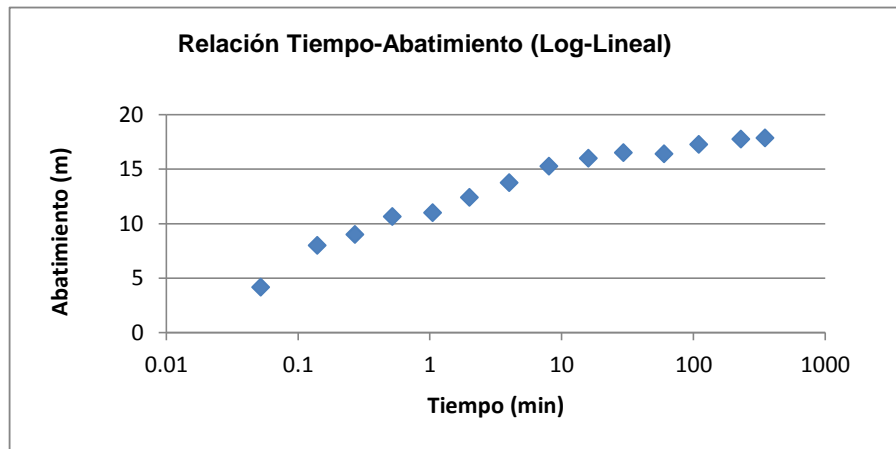


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	18 Altavista	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	10	
Coordenadas UTM	X	Y
	479022	2139290
Método de interpretación	Hantush (1964)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.05	4.15
0.14	8.00
0.27	9.00
0.52	10.65
1.05	11.00
2.00	12.40
4.00	13.75
8.00	15.25
16.00	16.00
29.50	16.50
60.00	16.40
110.00	17.25
230.00	17.75
350.00	17.85
450	18.00
600	18.00



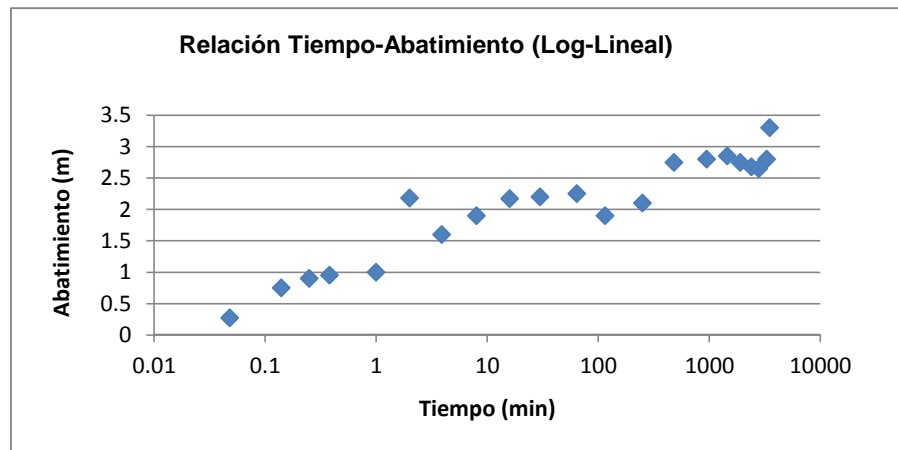


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	21 Arenal San Ángel	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	480867	2139378
Método de interpretación	Boulton & Streltsova, 1978	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.05	0.27
0.14	0.75
0.25	0.90
0.38	0.95
1.00	1.00
2.00	2.18
3.90	1.60
8.00	1.90
16.00	2.17
30.00	2.20
64.00	2.25
115.00	1.90
250.00	2.10
480.00	2.75
950.00	2.80
1450.00	2.85
1900.00	2.75
2400.00	2.68
2800.00	2.65
3300.00	2.80
3500.00	3.30
4300.00	2.6



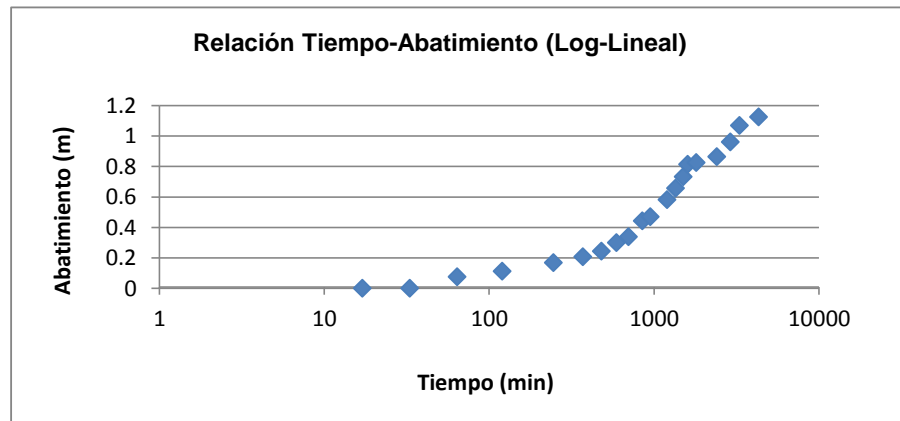


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	36 Castañed No.6	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	478677	2141443
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
17.00	0.00
33.00	0.00
64.00	0.08
120.00	0.11
245.00	0.17
370.00	0.21
480.00	0.24
590.00	0.30
700.00	0.34
850.00	0.44
950.00	0.47
1200.00	0.58
1350.00	0.66
1500.00	0.73
1600.00	0.81
1800.00	0.83
2400.00	0.86
2900.00	0.96
3300.00	1.07
4300.00	1.13



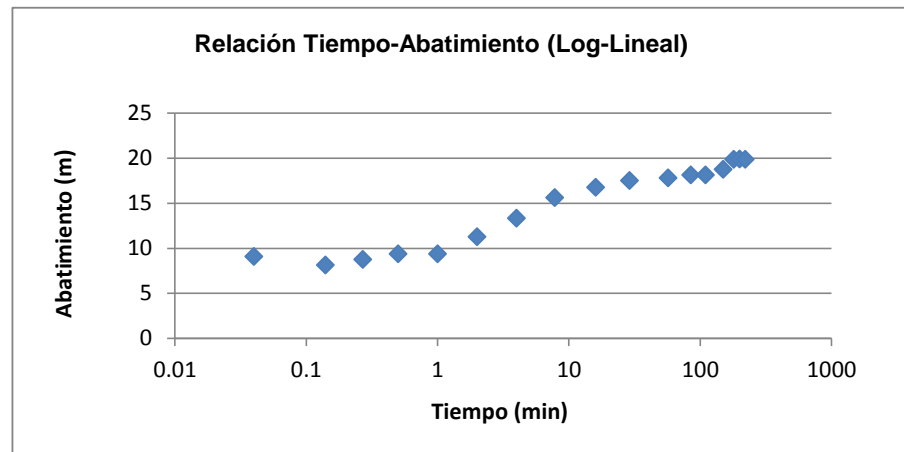


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	38 Cd. Deportiva No. 2	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	4	
Coordenadas UTM	X	Y
	490398	2145310
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.04	9.06
0.14	8.13
0.27	8.75
0.50	9.38
1.00	9.38
2.00	11.25
4.00	13.31
7.80	15.63
16.00	16.75
29.00	17.50
57.00	17.81
85.00	18.13
110.00	18.13
150.00	18.75
180.00	19.88
200.00	19.88
220.00	19.88



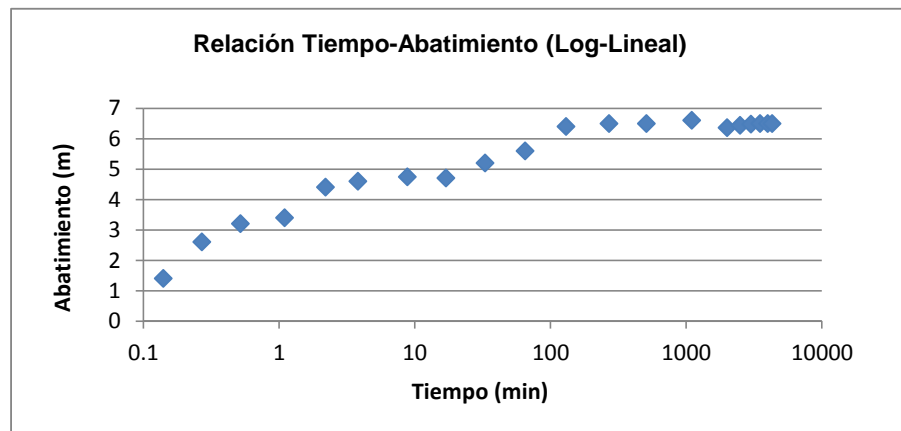


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	69 Jardines del Pedregal No.5	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	477248	2135365
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.14	1.4
0.27	2.6
0.52	3.2
1.10	3.4
2.20	4.4
3.80	4.6
8.80	4.74
17.00	4.7
33.00	5.2
65.00	5.6
130.00	6.4
270.00	6.5
510.00	6.5
1100.00	6.6
2000.00	6.36
2500.00	6.44
3000.00	6.48
3500.00	6.5
4000.00	6.5
4300.00	6.5



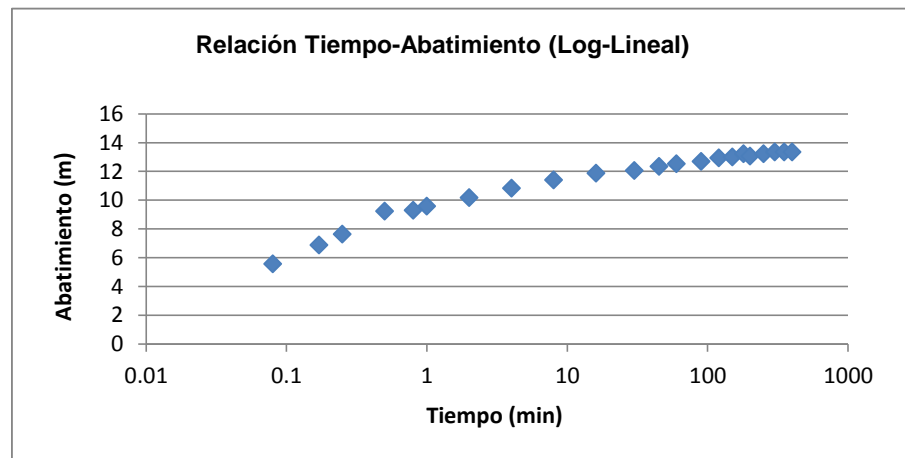


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	74 La Ciénega	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	7	
Coordenadas UTM	X	Y
	482539	2137993
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.08	5.58
0.17	6.88
0.25	7.64
0.50	9.23
0.80	9.29
1.00	9.58
2.00	10.17
4.00	10.82
8.00	11.41
16.00	11.88
30.00	12.05
45.00	12.35
60.00	12.52
90.00	12.70
120.00	12.94
150.00	13.00
180.00	13.23
200.00	13.05
250.00	13.23
300	13.35
350	13.35
400	13.35



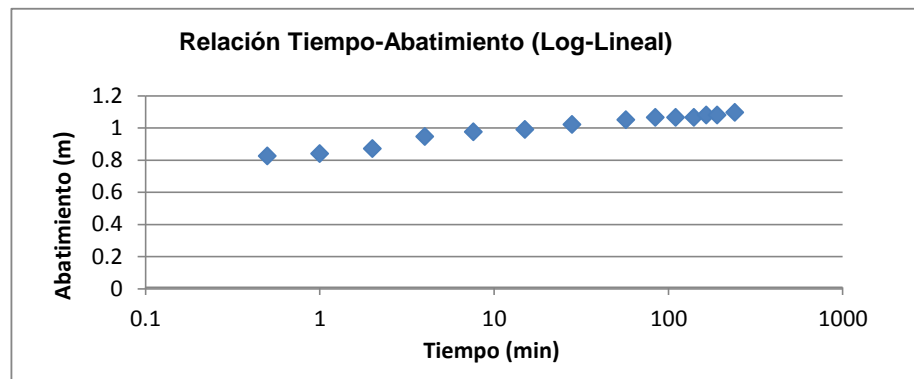


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	119 Portales	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	4	
Coordenadas UTM	X	Y
	484601	2141067
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.50	0.825
1.00	0.84
2.00	0.87
4.00	0.945
7.60	0.975
15.00	0.99
28.00	1.02
57.00	1.05
84.00	1.065
110.00	1.065
140.00	1.065
165.00	1.08
190.00	1.08
240.00	1.095



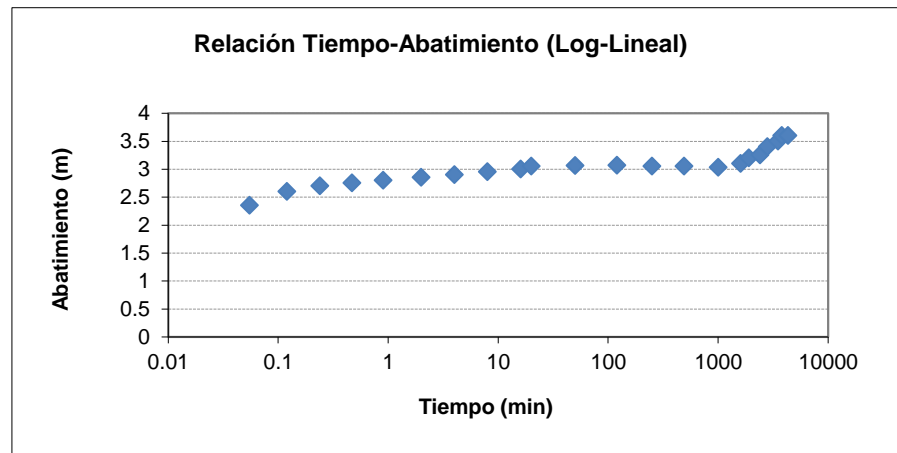


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	141 Sn. M. Xochinahuac	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	478706	2156331
Método de interpretación	Boulton (1954)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.06	2.35
0.12	2.60
0.24	2.70
0.47	2.75
0.90	2.80
2.00	2.85
4.00	2.90
8.00	2.95
16.00	3.00
20.00	3.05
50.00	3.06
120.00	3.07
250.00	3.05
490.00	3.05
1000.00	3.03
1600.00	3.10
1900.00	3.20
2400.00	3.25
2800.00	3.40
3500.00	3.50
3800.00	3.60
4320.00	3.60



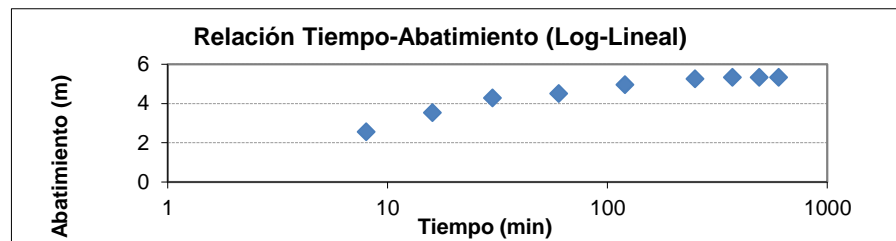


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	148 Santa Ursula	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	10	
Coordenadas UTM	X	Y
	481273	2131506
Método de interpretación	Theis (1935)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
8.00	2.55
16.00	3.525
30.00	4.275
60.00	4.5
120.00	4.95
250.00	5.25
370.00	5.325
490.00	5.325
600.00	5.325



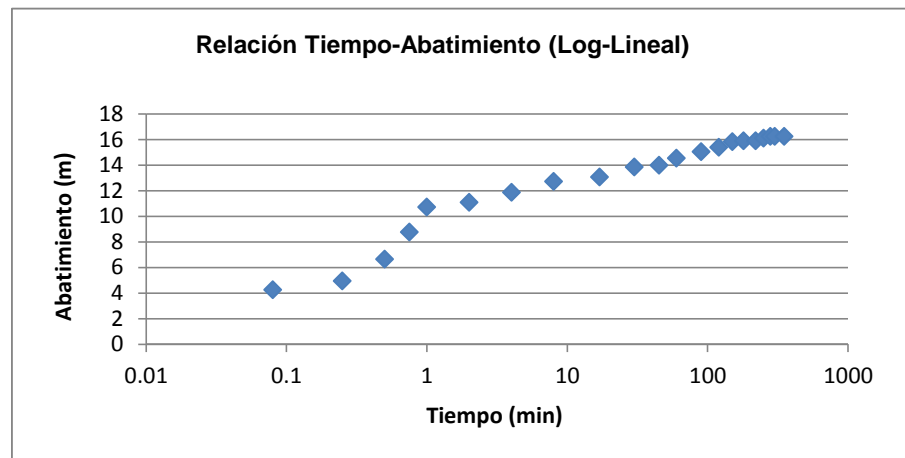


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	161 Trabajadores del Hierro	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	6	
Coordenadas UTM	X	Y
	484111	2153792
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.08	4.23
0.25	4.94
0.50	6.63
0.75	8.75
1.00	10.72
2.00	11.08
4.00	11.85
8.00	12.70
17.00	13.05
30.00	13.83
45.00	13.97
60.00	14.54
90.00	15.03
120	15.38
150	15.81
180	15.88
220	15.88
250	16.09
280	16.23
300	16.23
350	16.23



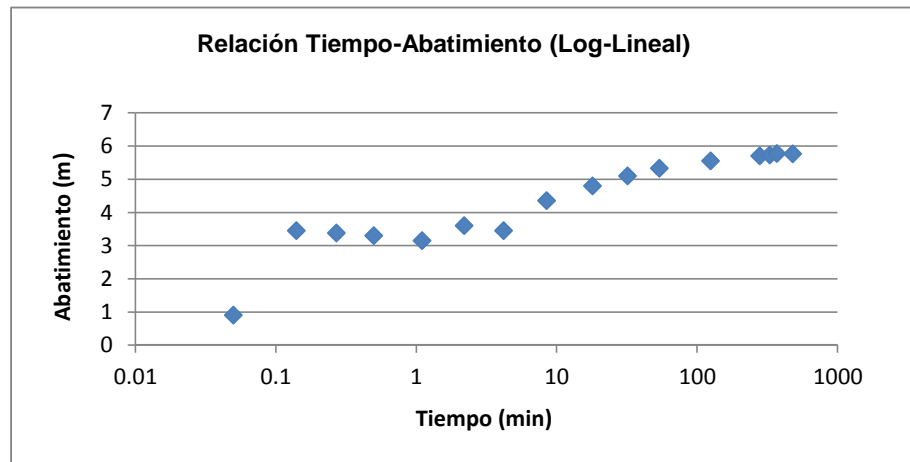


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	193 Ortiz Rubio	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	8	
Coordenadas UTM	X	Y
	485040	2142278
Método de interpretación	Boulton & Streltsova, 1978	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.05	0.9
0.14	3.45
0.27	3.375
0.50	3.3
1.10	3.15
2.20	3.6
4.20	3.45
8.50	4.35
18.00	4.8
32.00	5.1
54.00	5.325
125.00	5.55
280.00	5.7
330.00	5.73
370.00	5.775
480.00	5.76



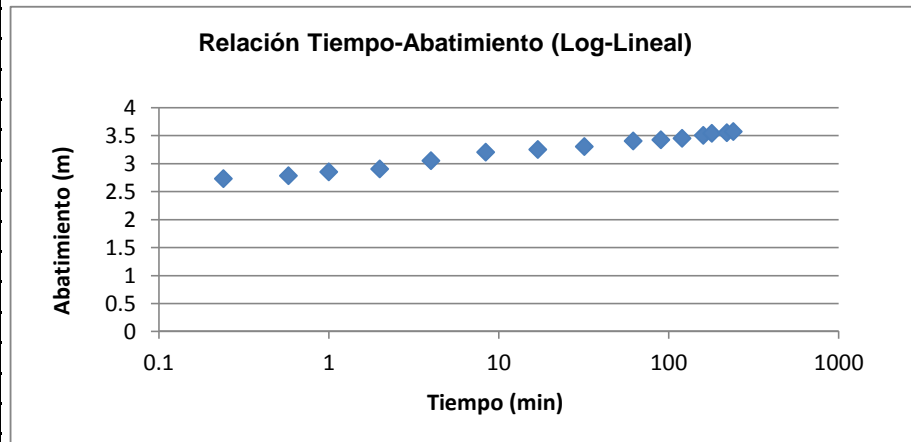


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	194 Country Club	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	4	
Coordenadas UTM	X	Y
	485129	2139839
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.24	2.73
0.58	2.78
1.00	2.85
2.00	2.90
4.00	3.05
8.40	3.20
17.00	3.25
32.00	3.30
62.00	3.40
90.00	3.42
120.00	3.45
160.00	3.50
180.00	3.54
220.00	3.55
240.00	3.57



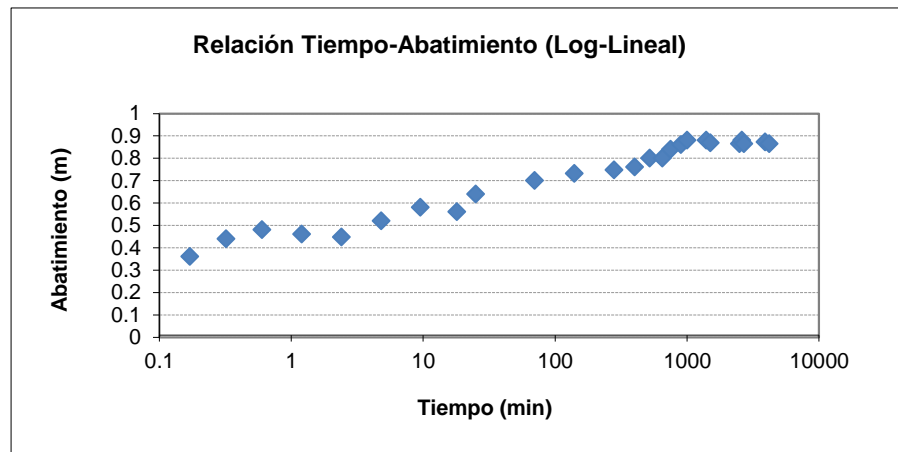


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	Izt-8 Iztapalapa No.8	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	70	
Coordenadas UTM	X	Y
	495991	2139160
Método de interpretación	Neuman (1974)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.17	0.36
0.32	0.44
0.60	0.48
1.20	0.46
2.40	0.448
4.80	0.52
9.50	0.58
18.00	0.56
25.00	0.64
70.00	0.7
140.00	0.732
280.00	0.748
400.00	0.76
520.00	0.8
650.00	0.8
750.00	0.84
900.00	0.86
1000.00	0.88
1400.00	0.88
1500.00	0.868
2500.00	0.864
2600	0.88
2700	0.864
3900	0.872
4200	0.864



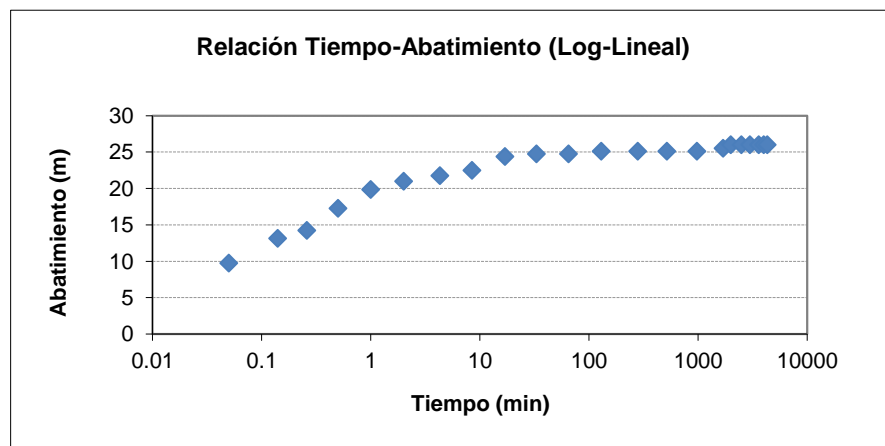


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	Per-3 Periférico No.3	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	485006	2134778
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.05	9.75
0.14	13.13
0.26	14.25
0.50	17.25
1.00	19.88
2.00	21.00
4.30	21.75
8.50	22.50
17.00	24.38
33.00	24.75
65.00	24.75
130.00	25.13
280.00	25.13
520.00	25.13
980.00	25.13
1700.00	25.50
2000.00	26
2500.00	26
3000.00	26
3600.00	26
4000.00	26
4320.00	26



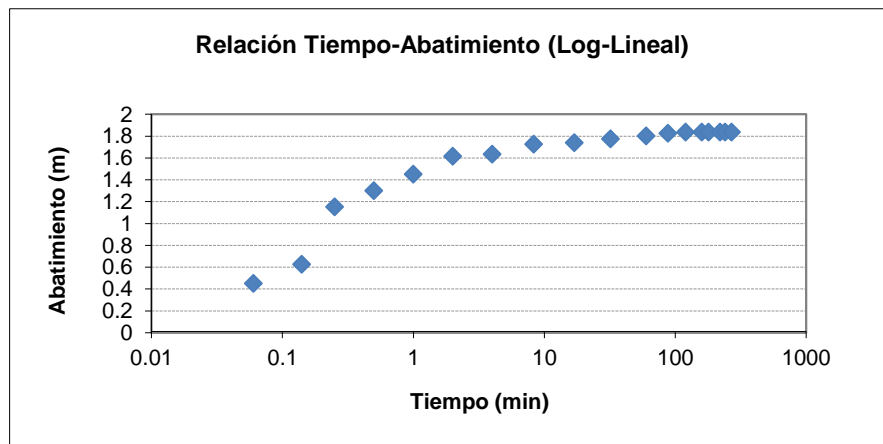


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	Per-9 Periférico No.9	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	4.5	
Coordenadas UTM	X	Y
	486058	2131329
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.06	0.45
0.14	0.625
0.25	1.15
0.50	1.3
1.00	1.45
2.00	1.615
4.00	1.635
8.30	1.725
17.00	1.74
32.00	1.775
60.00	1.8
88.00	1.825
120.00	1.835
160.00	1.835
180.00	1.835
220.00	1.835
240.00	1.835
270.00	1.835



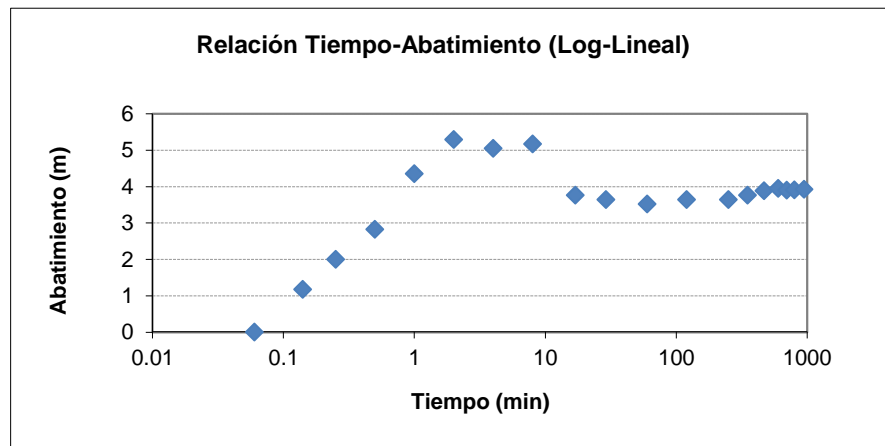


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	SC-12 Santa Catarina No.12	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	492786	2136963
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.06	0.00
0.14	1.17
0.25	2.00
0.50	2.82
1.00	4.35
2.00	5.29
4.00	5.05
8.00	5.17
17.00	3.76
29.00	3.64
60.00	3.52
120.00	3.64
250.00	3.64
350.00	3.76
470.00	3.88
600.00	3.95
700.00	3.90
800.00	3.91
950.00	3.92



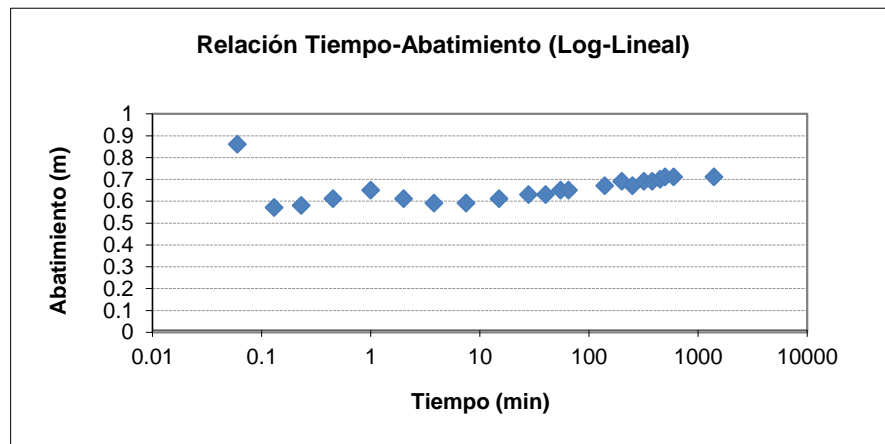


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	SL-15 San Luis 15	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	23	
Coordenadas UTM	X	Y
	492988	2129012
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.06	0.86
0.13	0.57
0.23	0.58
0.45	0.61
1.00	0.65
2.00	0.61
3.80	0.59
7.50	0.59
15.00	0.61
28.00	0.63
40.00	0.63
55.00	0.65
65.00	0.65
140.00	0.67
200.00	0.69
250.00	0.67
320.00	0.69
380.00	0.69
450.00	0.70
500	0.71
600	0.71
1400	0.71



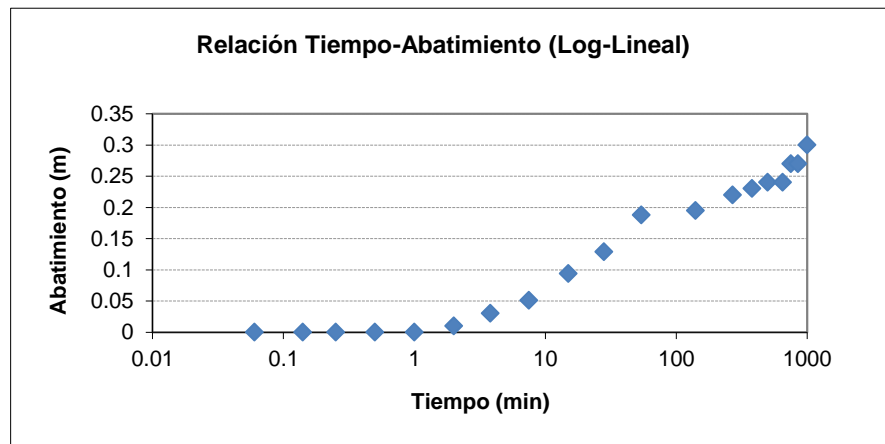


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
PRUEBAS DE BOMBEO



Clave del Pozo	Xot-2B Xotepingo 2B	
Fecha de Prueba	1993	
Duración del bombeo (horas)	72	
Coordenadas UTM	X	Y
	485650	2137357
Método de interpretación	Copper and Jacob (1946)	

Datos de la Prueba	
Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.06	0.00
0.14	0.00
0.25	0.00
0.50	0.00
1.00	0.00
2.00	0.01
3.80	0.03
7.50	0.05
15.00	0.09
28.00	0.13
54.00	0.19
140.00	0.20
270.00	0.22
380.00	0.23
500.00	0.24
650.00	0.24
750.00	0.27
850.00	0.27
1000.00	0.30



Anexo 4

Pruebas de bombeo (resultados)

Clave	Nombre de pozo	X	Y	K (m/d) de la zona saturada	T (m ² /d)	Espesor saturado (m)	Litologías involucradas	Espesor (m) de cada litología	K (m/d) para cada litología
8	Agrícola Oriental 6	492005	2143268	1.840	147	134	Arena	54	0.741
							Basalto	15	11.325
							Arcilla arena	11	0.151
							Arena	8	0.741
							Arcilla arena	46	0.632
18	Altavista	479022	2139290	0.898	123	137	Conglomerado	26	2.129
							Arena grava	6	0.039
							Conglomerado	16	2.129
							Arena	9	0.144
							Grava	9	1.215
							Arena	7	0.144
							Grava	13	1.215
							Arena	22	0.144
Arena grava	29	0.039							
21	Arenal San Ángel	480867	2139378	1.490	216	222	Arena grava	19	0.128
							Conglomerado	48	2.129
							Grava	13	3.140
							Arcilla arena	7	0.047
							Grava	6	3.140
							Arena	23	0.154
							Grava	22	3.140
							Conglomerado	9	2.129
							Arcilla arena	10	0.067
							Arena grava	24	0.128
							Conglomerado	33	2.129
Arcilla arena	8	0.054							
30	Benjamín Franklin	480925	2145870	1.234		180	Arena	15	0.158
							Conglomerado	45	2.129
							Arena grava	43	0.643
							Conglomerado	39	2.129
							Arena	23	0.158
							Arena grava	15	0.643

Clave	Nombre de pozo	X	Y	K (m/d) de la zona saturada	T (m ² /d)	Espesor saturado (m)	Litologías involucradas	Espesor (m) de cada litología	K (m/d) para cada litología
36	Castañed No.6	478677	2141443	1.842	1813	983	Arena grava	25	4.090
							Conglomerado	11	2.129
							Arena grava	56	4.090
							Conglomerado	20	2.129
							Arena grava	30	4.090
							Andesita	79	0.208
							Arena grava	10	4.090
							Andesita	111	0.208
							Arena	33	9.426
							Andesita	214	0.208
							Arena	43	9.426
							Andesita	85	0.208
							Arena	30	9.426
							Andesita	70	0.131
Conglomerado	55	2.129							
Andesita	111	0.208							
38	Cd. Deportiva No. 2	490398	2145310	2.323	353	175.4	Arcilla arena	14	0.378
							Escoria	8	14.661
							Arcilla	17	0.000
							Arena	27	7.347
							Grava	22	2.337
							Arcilla	19	0.000
							Grava	6	2.337
							Arcilla	38	0.000
							Grava	9	2.337
Arcilla	15.4	0.000							
69	Jardines del Pedregal No.5	477248	2135365	2.915	377	221	Basalto	8	32.346
							Conglomerado	58	2.129
							Arena grava	24	4.090
							Conglomerado	28	2.129
							Andesita	50	0.660
							Arena grava	12	4.090
Andesita	41	0.541							

Clave	Nombre de pozo	X	Y	K (m/d) de la zona saturada	T (m ² /d)	Espesor saturado (m)	Litologías involucradas	Espesor (m) de cada litología	K (m/d) para cada litología
74	La Ciénega N.1	483894	2137744	2.642	492	186	Arena grava	4	4.090
							Grava	31	3.140
							Arcilla arena	8	0.114
							Grava	14	3.140
							Arena	11	0.156
							Arena grava	43	4.090
							Arena	32	0.156
							Arena grava	16	4.090
Grava	27	3.140							
76	La Pirulera	478870	2150360	4.280	248	118	Arcilla arena	18	3.200
							Conglomerado	40	6.385
							Arcilla arena	60	3.200
79	Chapultepec 3	476176	2145743	0.834		135	Conglomerado	18	0.908
							Arena	12	0.074
							Conglomerado	105	0.908
92	La Moderna	485806	2144537	4.190	683	126	Grava	20	2.337
							Arcilla	3	0.000
							Arena	29	7.347
							Arcilla	4	0.000
							Arena	19	7.347
							Arcilla	4	0.000
							Grava	11	2.337
							Arena	7	7.347
							Grava	21	2.337
Arcilla arena	8	0.291							
119	Portales	484601	2141067	20.175	3758	186	Grava	15	3.140
							Arena grava	30	4.090
							Grava	8	3.140
							Arena grava	50	4.090
							Grava	14	3.140
							Arena grava	45	4.090
Arcilla	24	0.000							
141	Sn. M. Xochinahuac	478706	2156331	6.518	717	110	Arena grava	110	6.518
148	Santa Úrsula Xitla	481273	2131506	4.090	514	146	Arena grava	146	4.090
161	Trabajadores del Hierro	484111	2153792	3.200	459	143	Arcilla arena	143	3.200

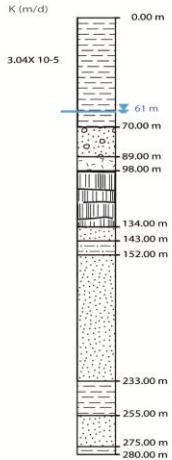
Clave	Nombre de pozo	X	Y	K (m/d) de la zona saturada	T (m ² /d)	Espesor saturado (m)	Litologías involucradas	Espesor (m) de cada litología	K (m/d) para cada litología
193	Ortiz Rubio	485040	2142278	2.130	337	139	Arena grava	7	0.265
							Arena	9	6.954
							Arena grava	18	0.265
							Arcilla	6	0.000
							Arena grava	69	0.265
Arena	30	6.954							
194	Country Club	485129	2139839	11.068	1485	134	Arena grava	18	4.090
							Arena	11	6.954
							Basalto	32	22.163
							Arena	13	6.954
							Basalto	19	22.163
							Grava	9	3.140
							Arena	11	6.954
Grava	17	3.140							
Arena	4	6.954							
Izt-8	Iztapalapa 8	495991	2139160	11.700	2800	86	Arena	54	7.347
							Basalto	15	32.307
							Arena	17	7.347
Per-3	Periférico No.3	484820	2133932	2.925	980	335	Arena grava	17	4.090
							Arena	33	6.954
							Arena grava	16	4.090
							Basalto	33	3.911
							Escoria	236	2.060
Per-9	Periférico 9	486058	2131329	14.757	1579	107	Toba	3	45.008
							Arena grava	18	4.090
							Toba	15	45.008
							Andesita	71	9.792
SC-12	Santa Catarina 12	493230	2135746	18.761	875	46.5	Basalto	16.5	8.255
							Arcilla	9	0.000
							Arcilla arena	6	3.002
							Basalto	9.5	4.753
							Andesita	5.5	2.752
SL-15	San Luis 15	492988	2129012	4.400	1553	27	Basalto	24	3.911
							Escoria	3	8.311
Xot-2B	Xotepingo 2B	485650	2137357	25.429	2430	96	Arena	6	6.954
							Arena grava	25	4.090
							Arena	14	6.954
							Escoria	14	3.708
							Basalto	31	8.211
							Grava	6	3.140

Anexo 5

Cortes litológicos

Agrícola Oriental 2 (5)

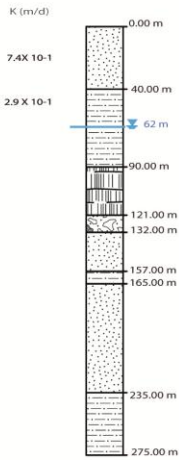
X=490316
Y=2143341



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **5487 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.7**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Agrícola Oriental 5 (7)

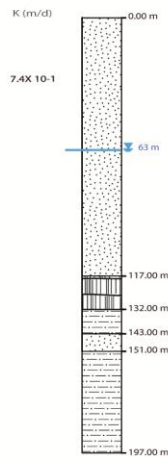
X=491248
Y=2143087



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **0.3 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Agrícola Oriental 6 (8)

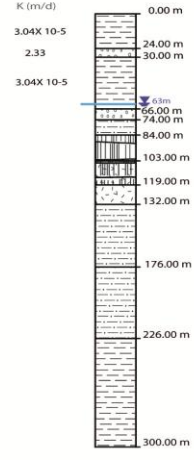
X=491996
Y=2143178



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **0.3 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Agrícola Oriental 7 (9)

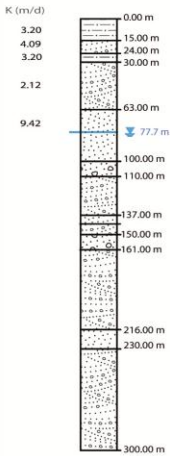
X=492683
Y=2143029



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **5127 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.7**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Alameda de Tacubaya (11)

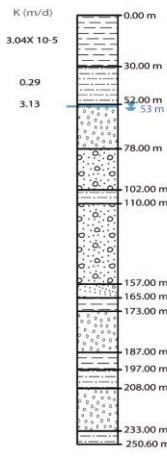
X=480516
Y=2145190



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **0.07 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.15**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Álamos Jardín 1(13)

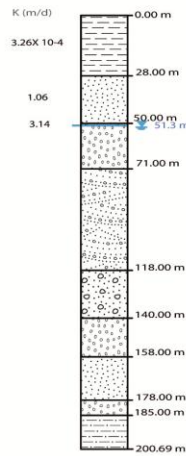
X=485048
Y=2144858



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **2699 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Álamos Jardín 2 (14)

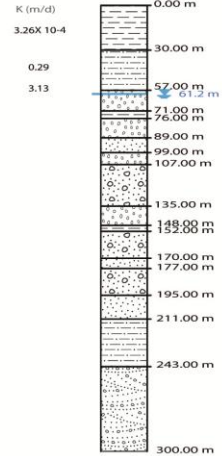
X=485136
Y=2145220



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **235 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Albert y Berlín (15)

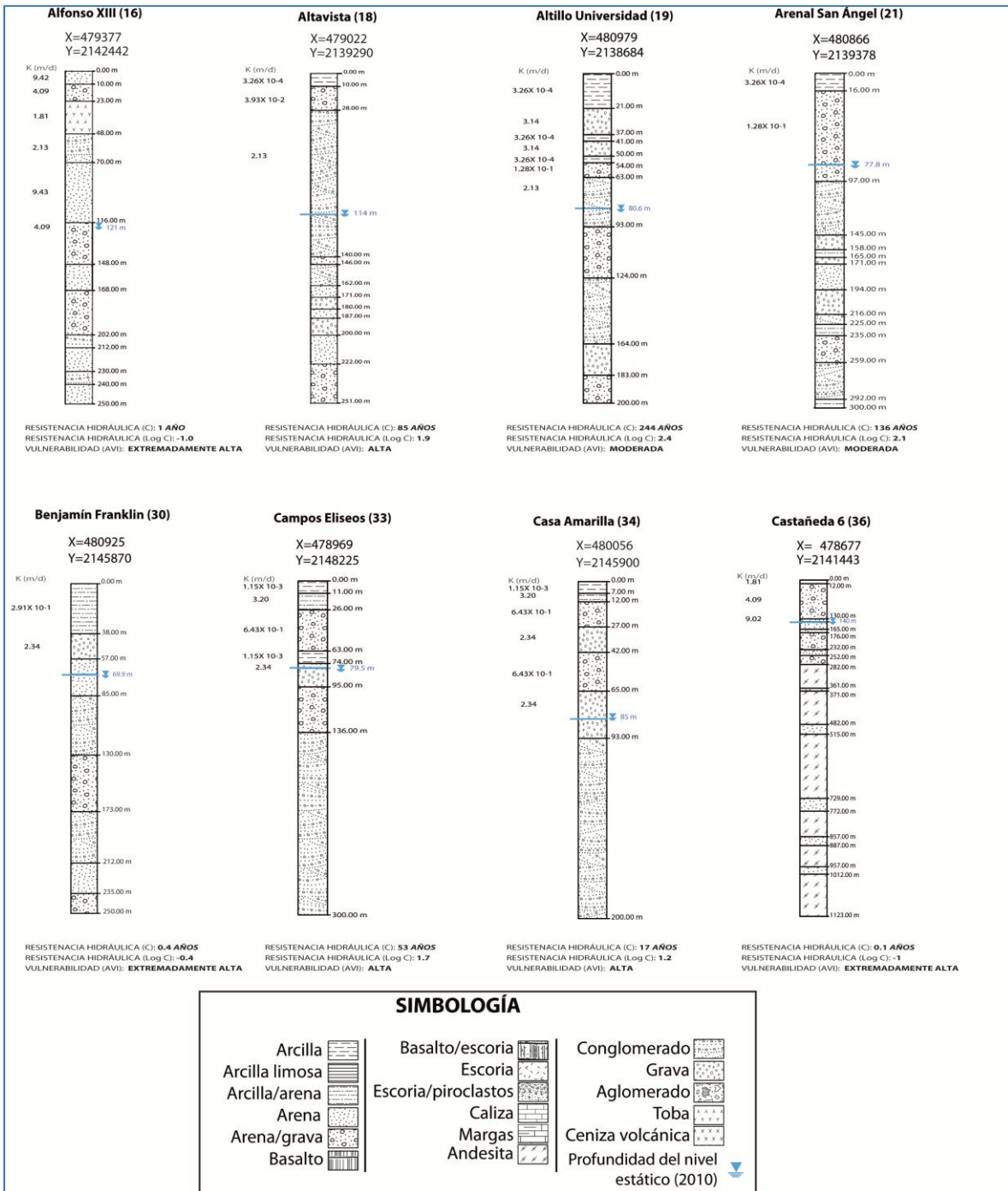
X=485265
Y=2141809



RESISTENCIA HIDRÁULICA: **252 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

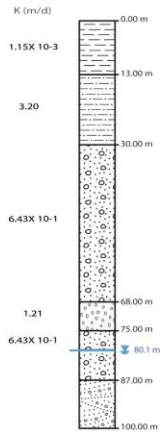
SIMBOLOGÍA

Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	



Cedros y Molliere (37)

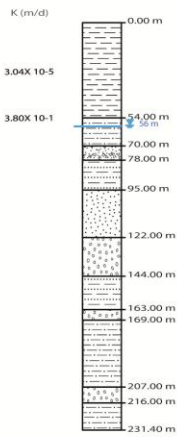
X=478839
Y=2148905



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **31 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 1.5
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Ciudad Deportiva 2 (38)

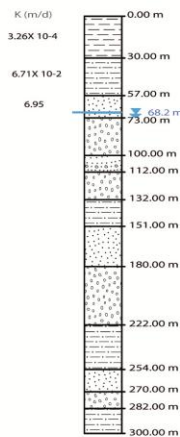
X=490507
Y=2145206



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **4857 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 3.7
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Colonia del Carmen (40)

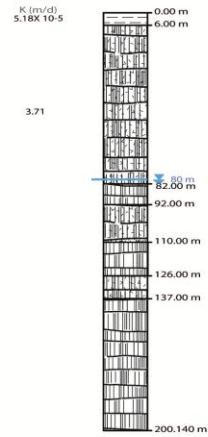
X=483106
Y=2140053



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **253 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.4
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Granjas Estrella 1 (41)

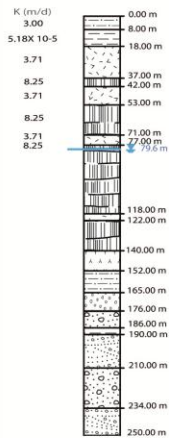
X=490202
Y=2136929



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **318 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.5
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Lomas Estrella (43)

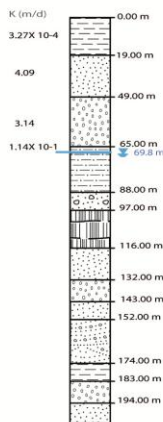
X=489812
Y=2136481



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **529 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.7
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Educación 1 (47)

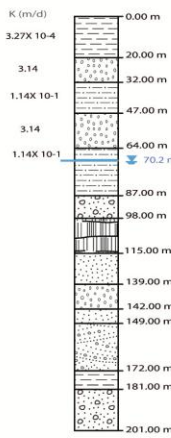
X=485286
Y=2138245



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **160 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.2
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Educación 2 (48)

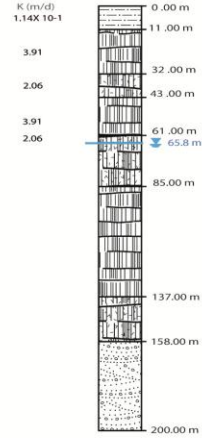
X=486189
Y=2137922



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **168 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.2
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

El Trébol (49)

X=482246
Y=2131671



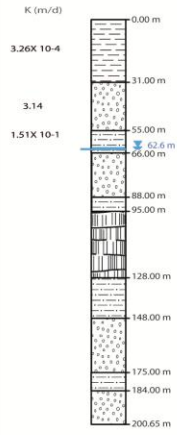
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.3 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): -0.5
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

SIMBOLOGÍA

Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	

Fraccionamiento Banjidal (50)

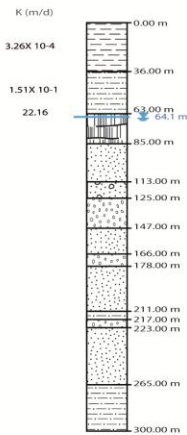
X=485622
Y=2140823



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **269 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Fraccionamiento Churubusco (52)

X=486604
Y=2140181



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **303 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Hormiga (56)

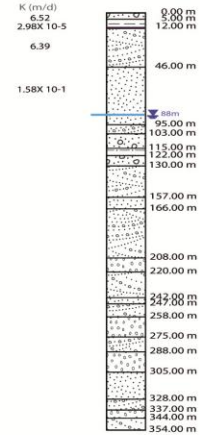
X=479687
Y=2146909



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **19 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Irrigación (58)

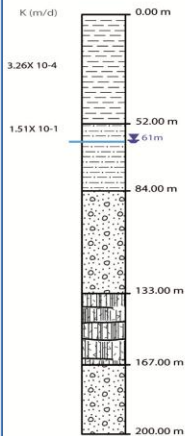
X=478160
Y=2149710



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **643 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.8**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Iztacalco (60)

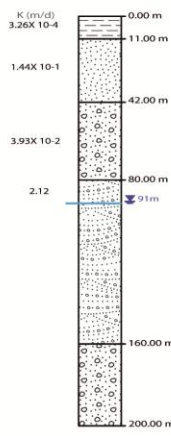
X=487502
Y=2143773



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **437 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Jardín San Jacinto (63)

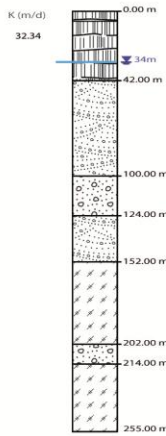
X=479966
Y=2138796



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **96 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Jardines del Pedregal 5 (69)

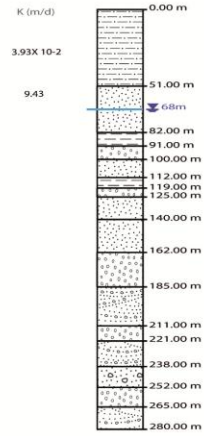
X=477248
Y=2135365



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.002 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Jardín Pombo (72)

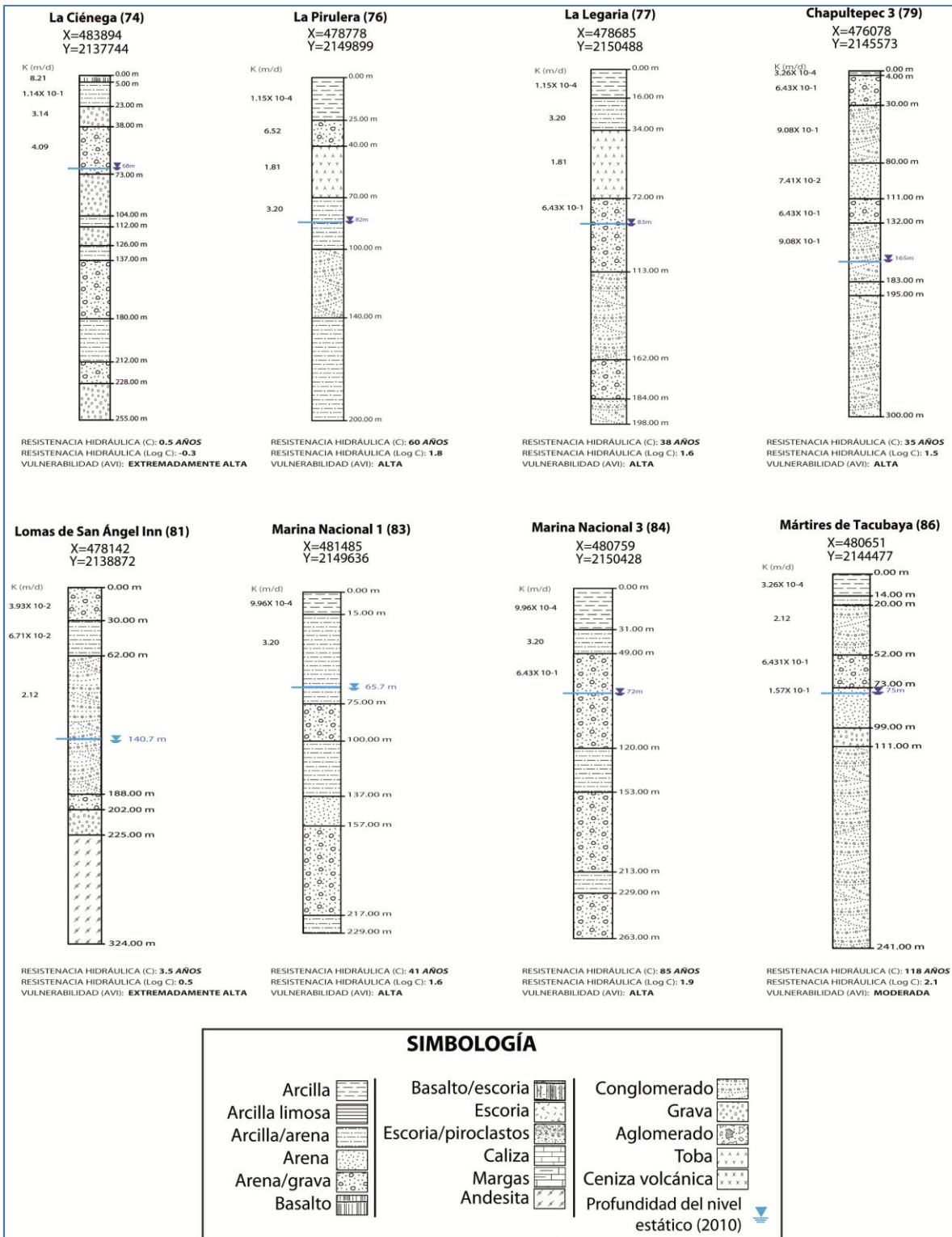
X=480818
Y=2144107



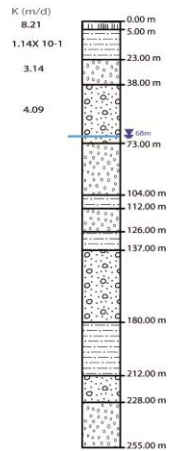
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.2 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

SIMBOLOGÍA

Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)

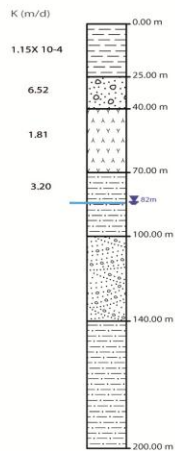


La Ciénega (74)
X=483894
Y=2137744



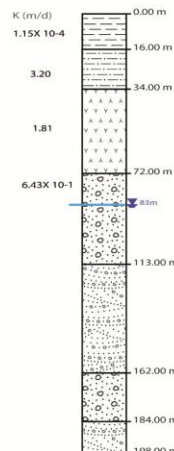
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.5 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

La Pirulera (76)
X=478778
Y=2149899



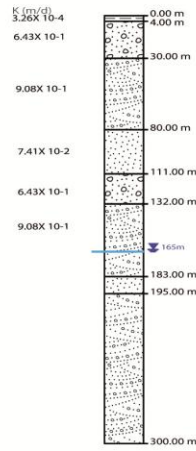
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **60 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.8**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

La Legaria (77)
X=478685
Y=2150488



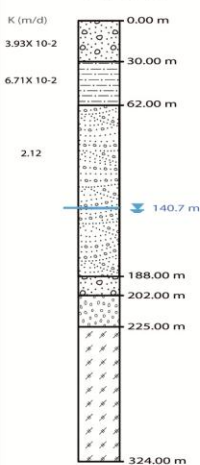
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **38 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Chapultepec 3 (79)
X=476078
Y=2145573



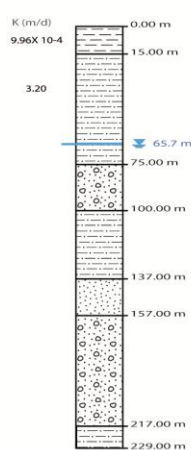
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **35 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Lomas de San Ángel Inn (81)
X=478142
Y=2138872



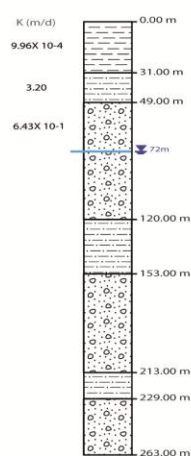
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **3.5 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **0.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Marina Nacional 1 (83)
X=481485
Y=2149636



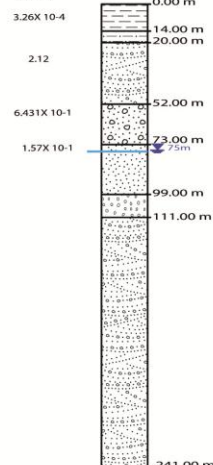
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **41 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Marina Nacional 3 (84)
X=480759
Y=2150428



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **85 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

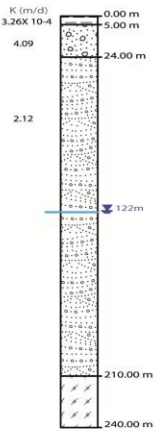
Mártires de Tacubaya (86)
X=480651
Y=2144477



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **118 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.1**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Merced Gómez 1 (88)

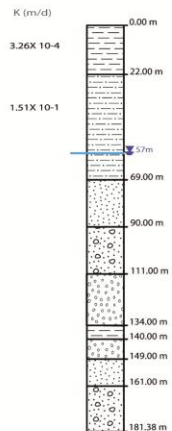
X=479101
Y=2141225



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **42 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Miguel Alemán (90)

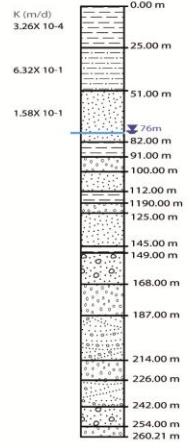
X=485124
Y=2143877



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **185 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Miraflores (91)

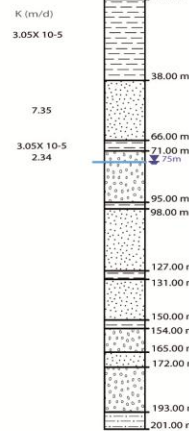
X=480709
Y=2143614



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **210 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

La Moderna (92)

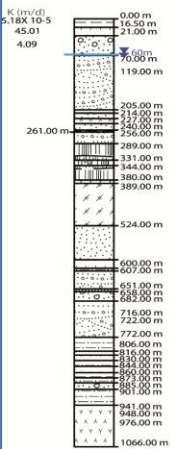
X=485903
Y=2144406



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **3868 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Multifamiliar Coapa 7 (94)

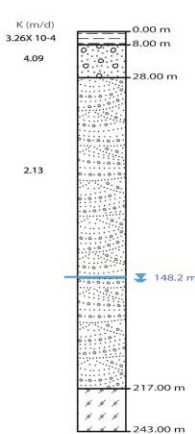
X=486679
Y=2133212



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **873 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Olivar del Conde (98)

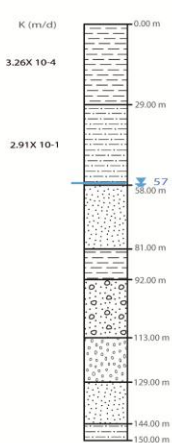
X=478270
Y=2142123



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **67 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.8**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Mariscal Sucre (105)

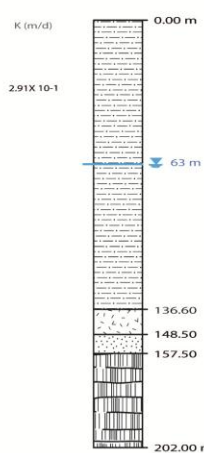
X=482742
Y=2144081



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **244 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Peñón 3 (109)

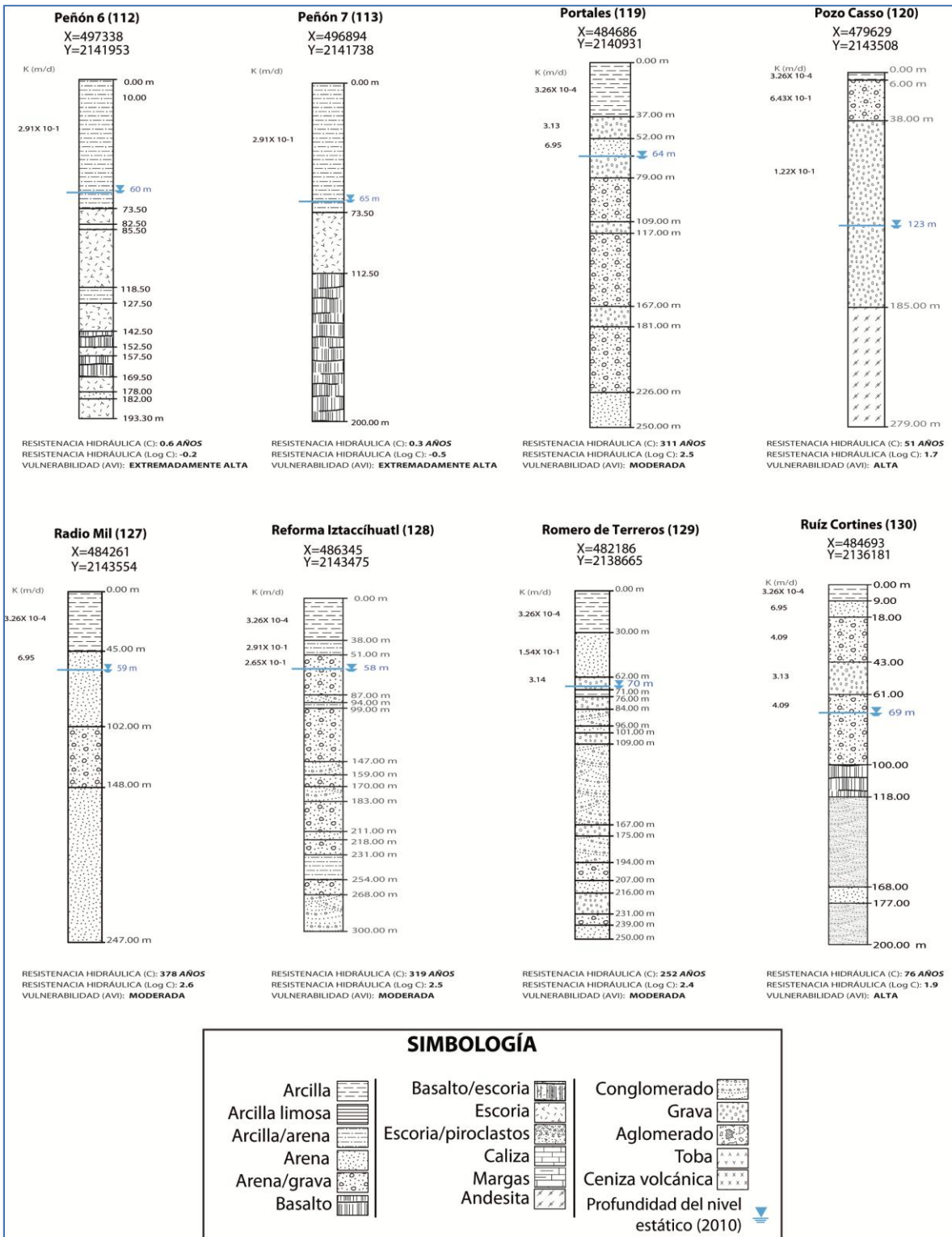
X=497567
Y=2142879



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.6 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.2**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

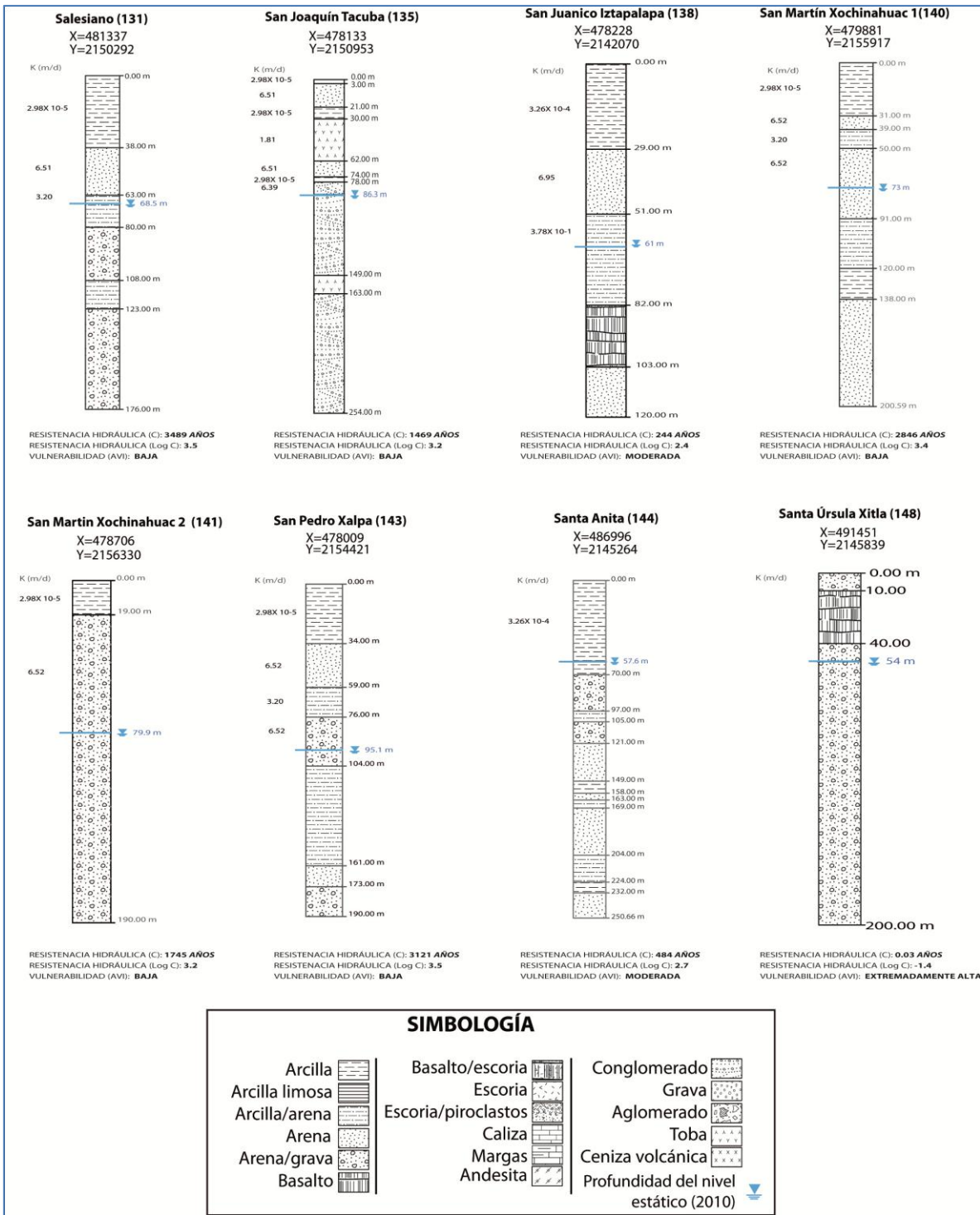
SIMBOLOGÍA

Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	



SIMBOLOGÍA

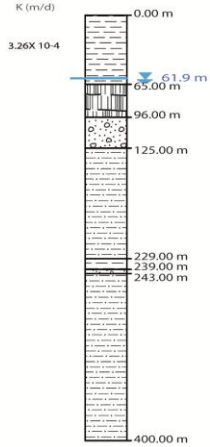
Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	



SIMBOLOGÍA

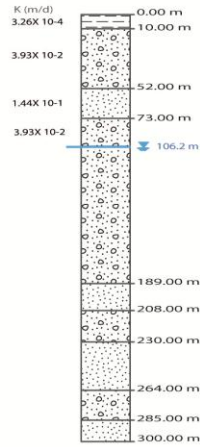
Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)

Sector Popular 2 (151)
X=487514
Y=2141057



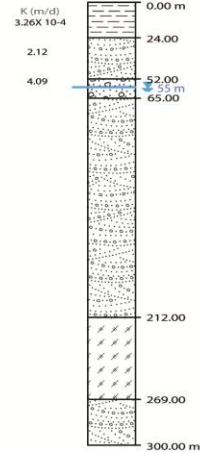
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **520 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.7**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Tizapan (158)
X=478838
Y=2138598



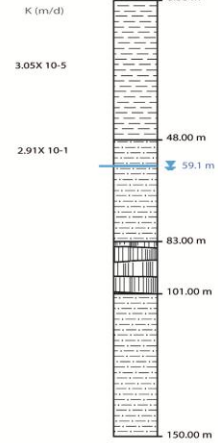
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **90 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **1.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **ALTA**

Toriello Guerra (159)
X=483058
Y=2133284



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **2101 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Tlacotal (160)
X=490420
Y=2144028



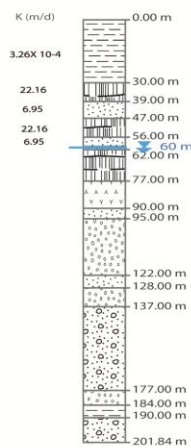
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **4318 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Trabajadores del Hierro (161)
X=484111
Y=2153791



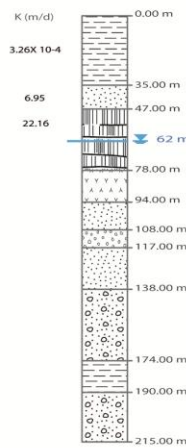
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **3222 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Unidad Modelo 1 (162)
X=486971
Y=2141522



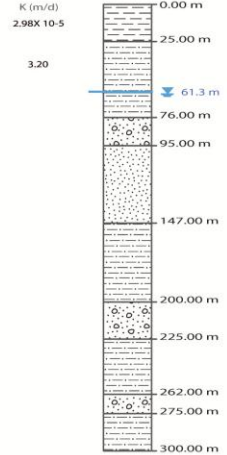
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **252 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Unidad Modelo 2 (163)
X=481815
Y=2148868



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **294 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

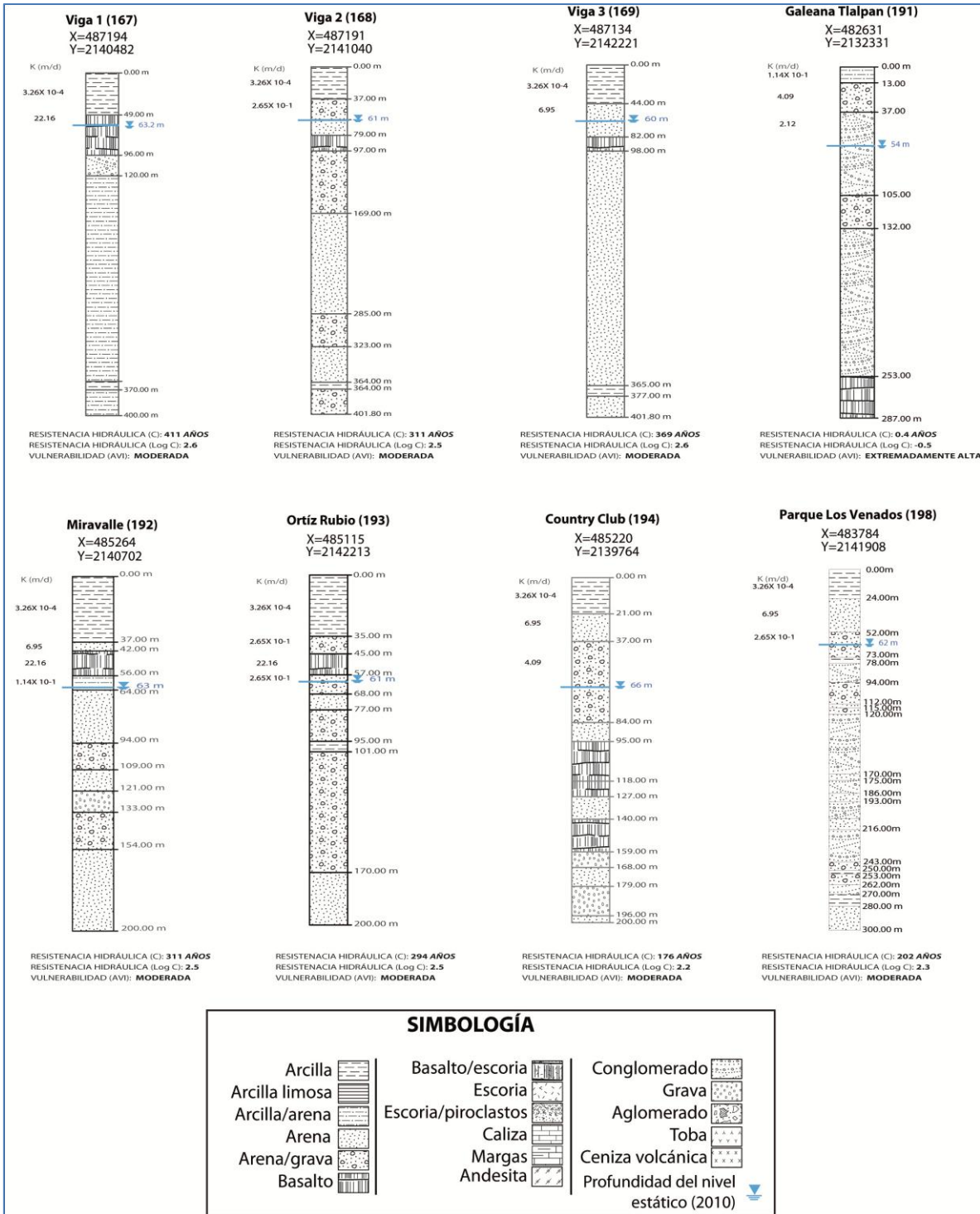
La Verónica (166)
X=481814
Y=2148867



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **2295 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

SIMBOLOGÍA

Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **411 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **311 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **369 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.4 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

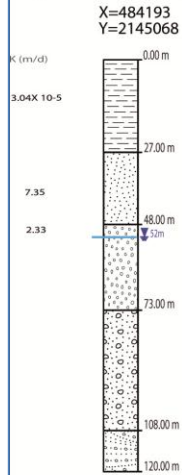
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **311 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **294 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **176 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.2**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

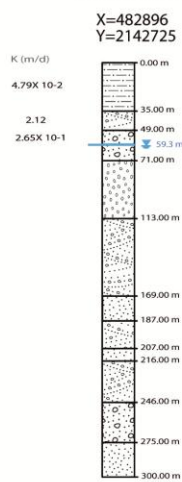
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **202 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Diagonal San Antonio (199)



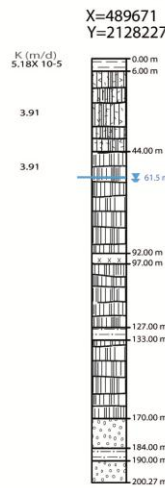
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **2429 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

La Huerta (200)



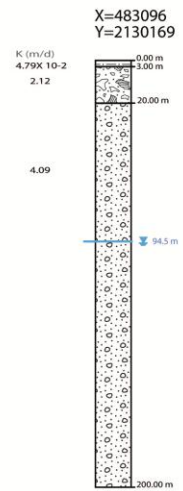
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **320 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

San Lorenzo Atezoaya 2 (214)



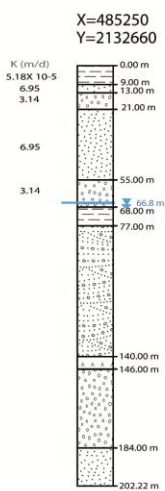
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **318 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

San Pedro Mártir 1 (223)



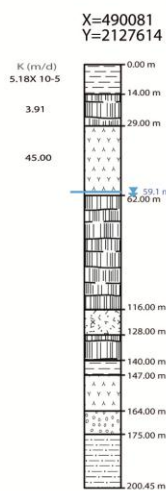
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.1 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-0.8**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Huipulco (226)



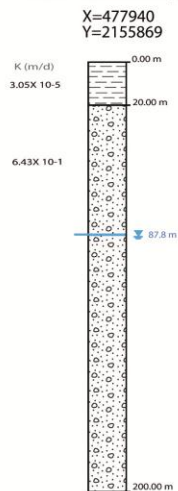
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **476 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.7**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Nativitas 1 (227)



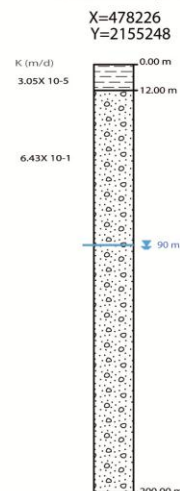
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **741 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Prados del Rosario (230)



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **1799 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

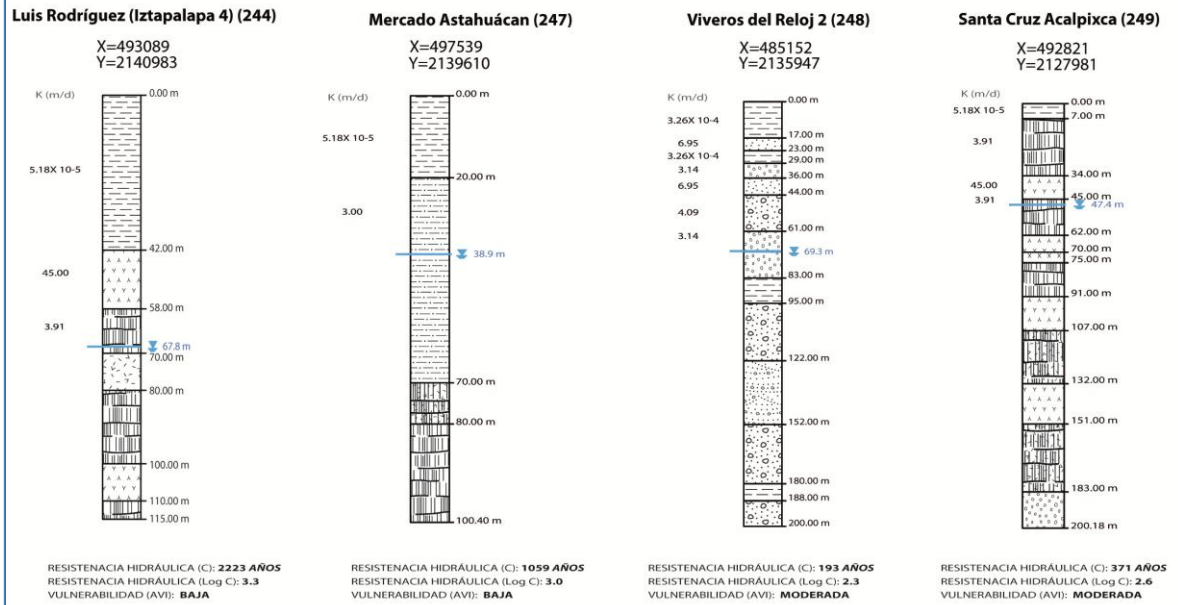
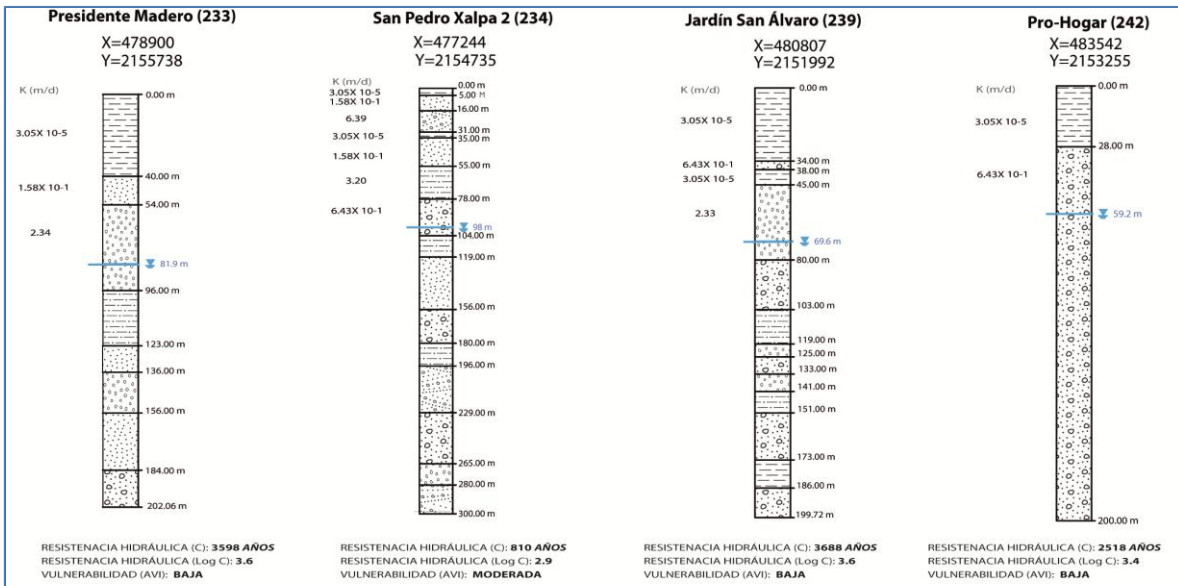
Providencia (232)



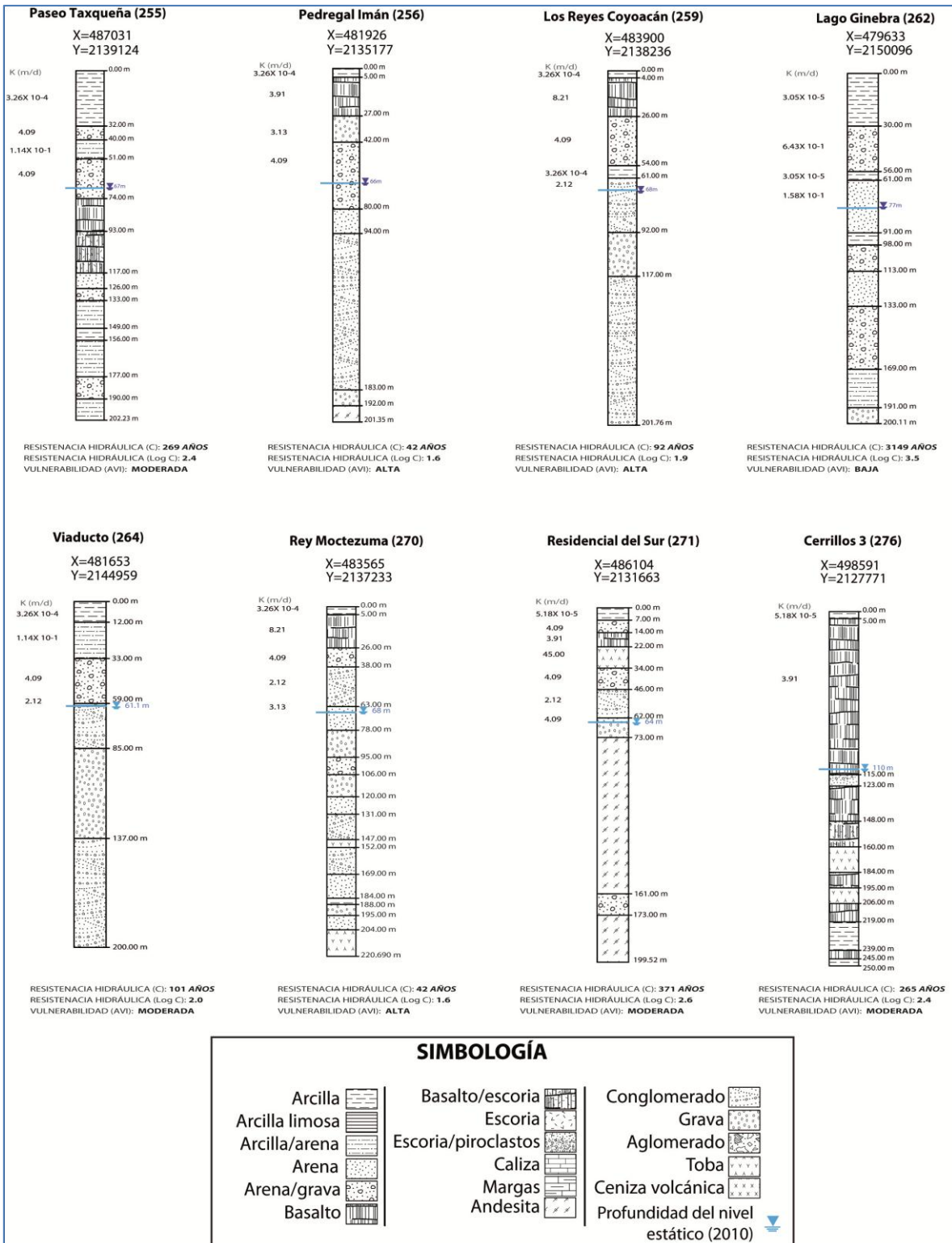
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **1080 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.0**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

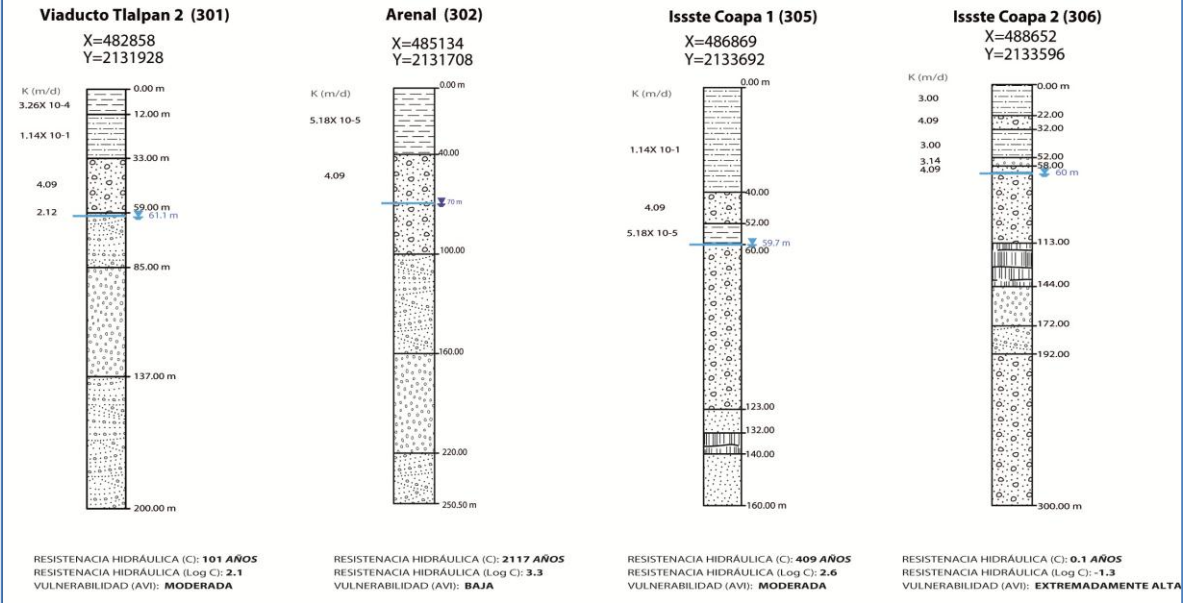
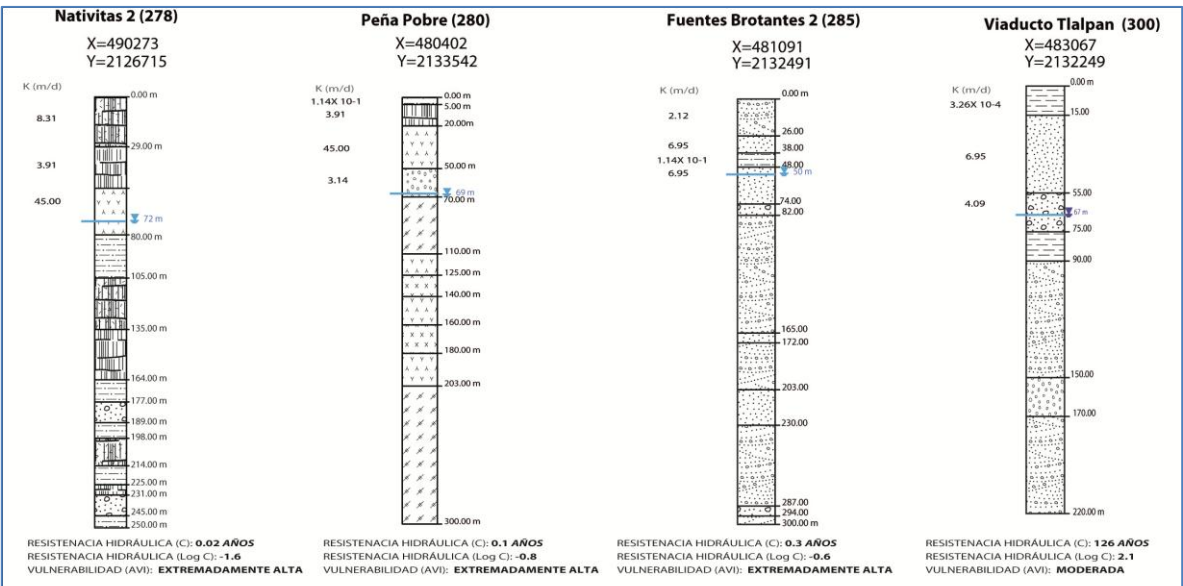
SIMBOLOGÍA

Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)

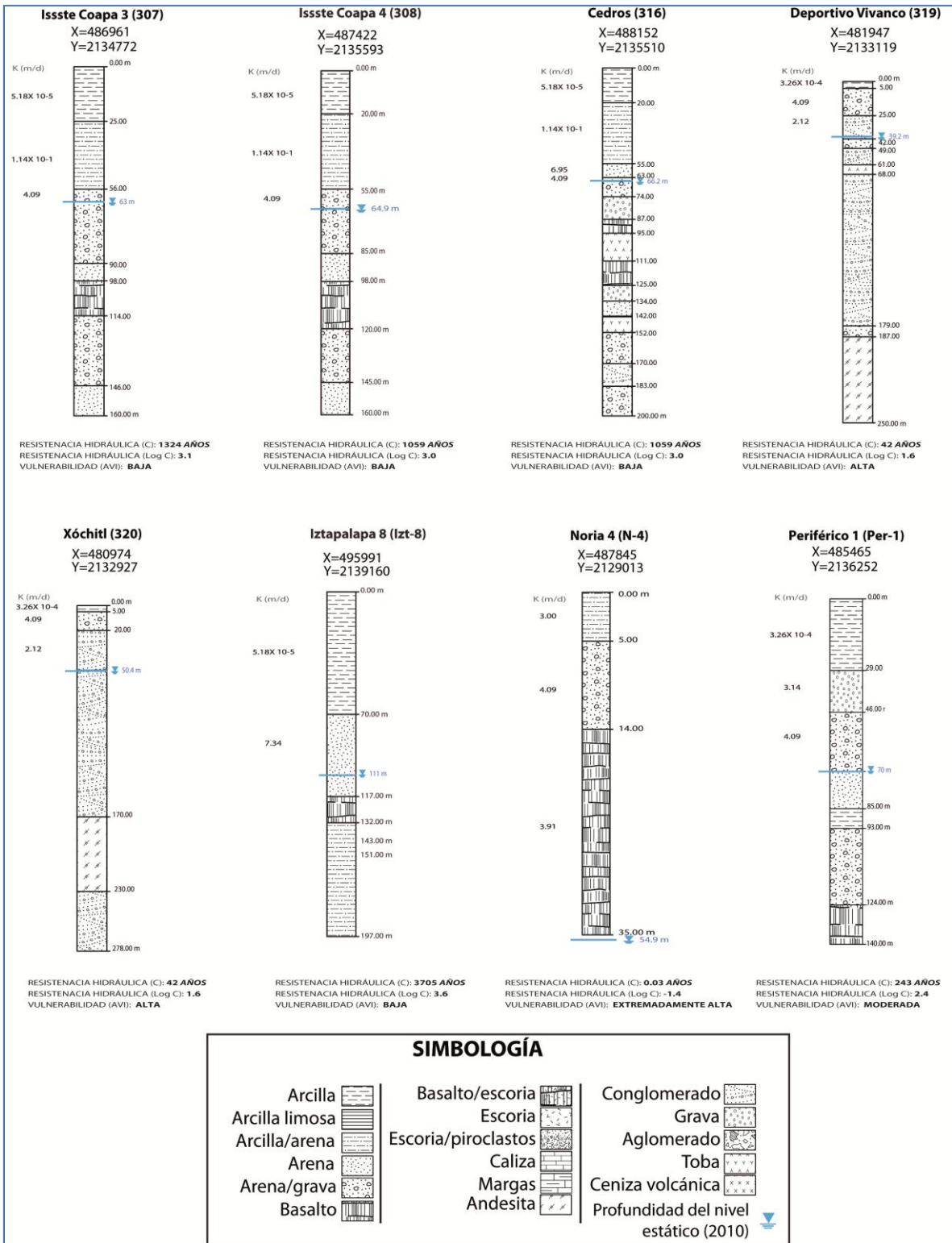


SIMBOLOGÍA		
Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)



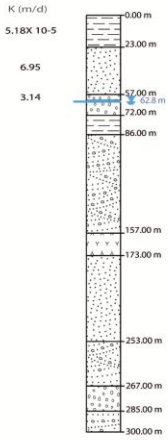


SIMBOLOGÍA		
Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)



Periférico 10 (Per-10)

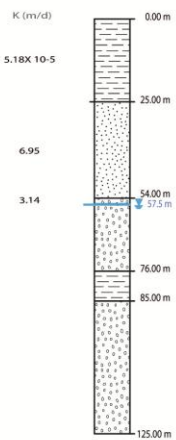
X=486598
Y=2132357



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 1217 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 3.1
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Periférico 11 (Per-11)

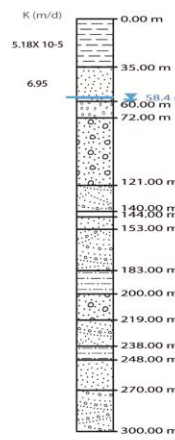
X=488422
Y=2133026



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 1323 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 3.1
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Periférico 12 (Per-12)

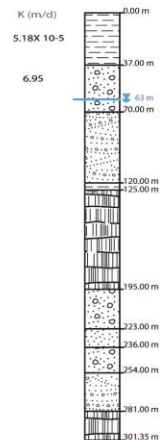
X=488283
Y=2133245



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 1853 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 3.3
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Periférico 2 (Per-2)

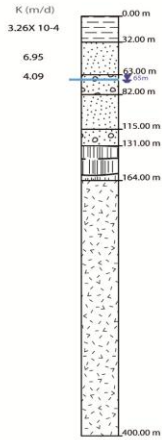
X=486471
Y=2134565



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 1958 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 3.3
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

Periférico 3 (Per-3)

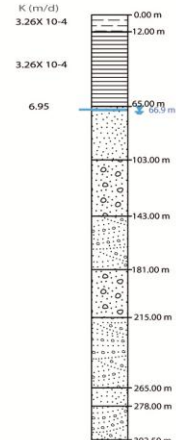
X=484820
Y=2133932



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 269 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.4
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Periférico 6 (Per-6)

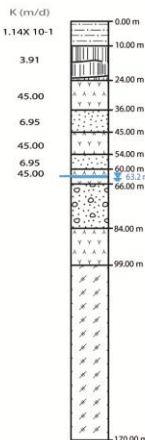
X=484120
Y=2132796



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 546 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): 2.7
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Periférico 9 (Per-9)

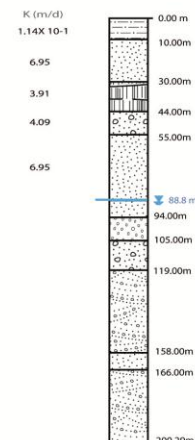
X=486058
Y=2131329



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 0.3 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): -0.6
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

R-2 (R-2)

X=483178
Y=2130597



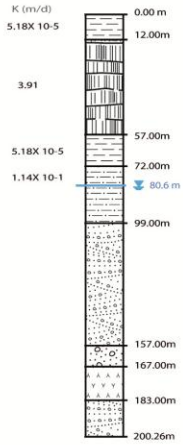
RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): 0.3 AÑOS
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): -0.6
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

SIMBOLOGÍA

Arcilla		Basalto/escoria		Conglomerado	
Arcilla limosa		Escoria		Grava	
Arcilla/arena		Escoria/piroclastos		Aglomerado	
Arena		Caliza		Toba	
Arena/grava		Margas		Ceniza volcánica	
Basalto		Andesita		Profundidad del nivel estático (2010)	

R-7 (R-7)

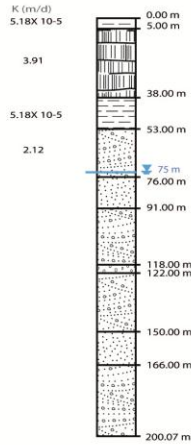
X=484301
Y=2130854



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **1429 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.2**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

R-8 (R-8)

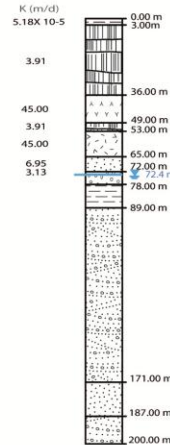
X=484434
Y=2131468



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **1058 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **3.0**
VULNERABILIDAD (AVI): **BAJA**

R-9 (R-9)

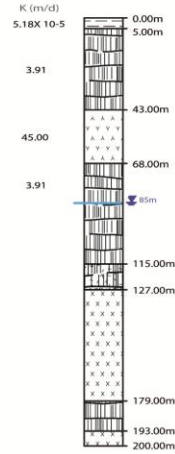
X=484934
Y=2131403



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **159 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.2**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Sur 13 (S-13)

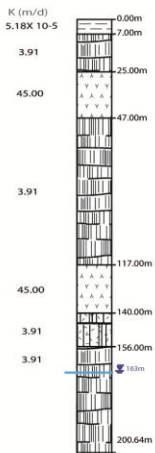
X=498204
Y=2128380



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **265 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Sur 4 (S-4)

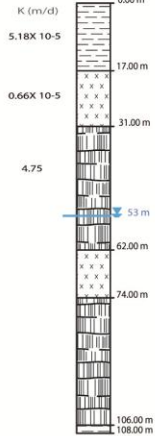
X=486812
Y=2126502



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **371 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.6**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Santa Catarina 11 (SC-11)

X=492491
Y=2134892



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **900 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.9**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

(SC-12) Santa Catarina 12

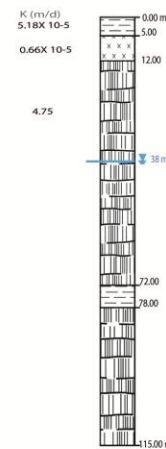
X=492785
Y=2136963



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **0.03 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **-1.5**
VULNERABILIDAD (AVI): **EXTREMADAMENTE ALTA**

Santa Catarina 13 (SC-13)

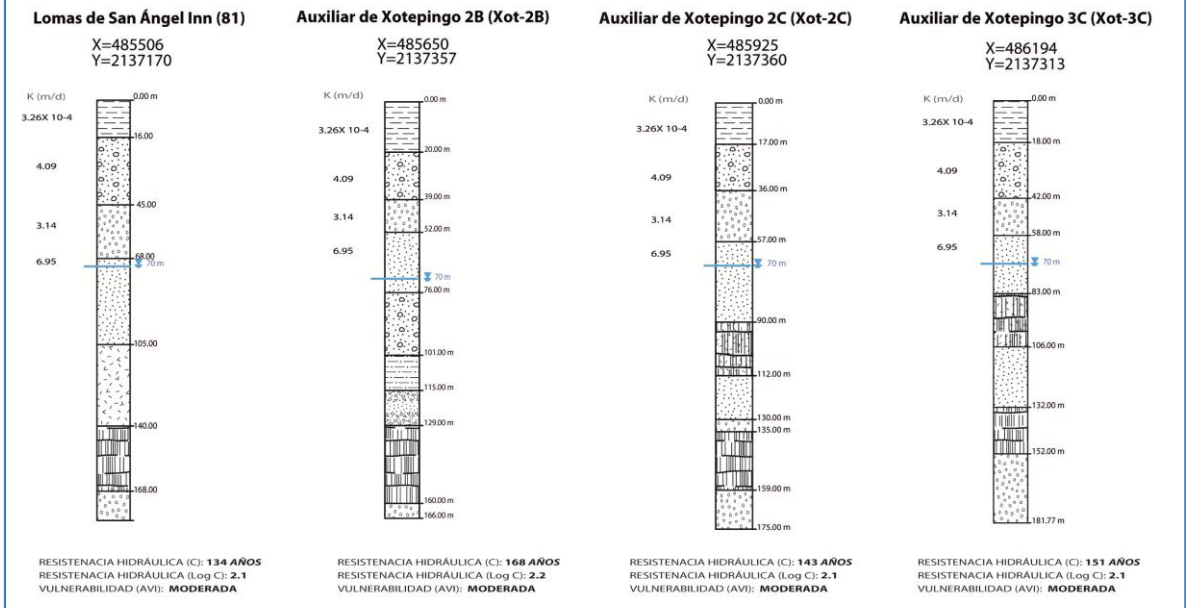
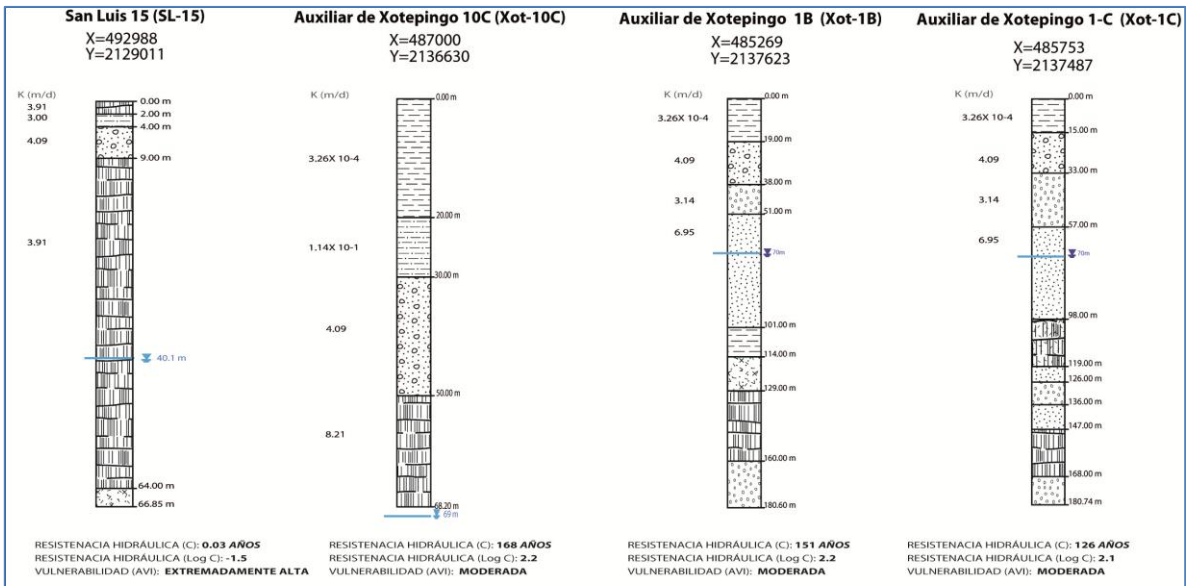
X=492926
Y=2136647



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **265 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.4**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

SIMBOLOGÍA

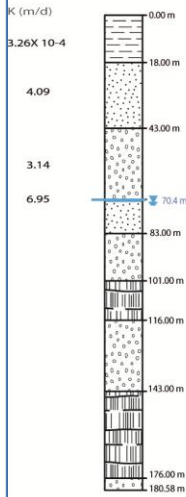
Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)



SIMBOLOGÍA		
Arcilla	Basalto/escoria	Conglomerado
Arcilla limosa	Escoria	Grava
Arcilla/arena	Escoria/piroclastos	Aglomerado
Arena	Caliza	Toba
Arena/grava	Margas	Ceniza volcánica
Basalto	Andesita	Profundidad del nivel estático (2010)

(Xot-4A) Auxiliar de Xotepingo 4-A

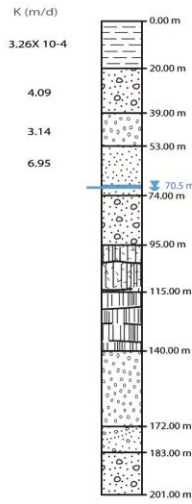
X=485891
Y=2136838



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **151 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.1**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

(Xot-4B) Auxiliar de Xotepingo 4-B

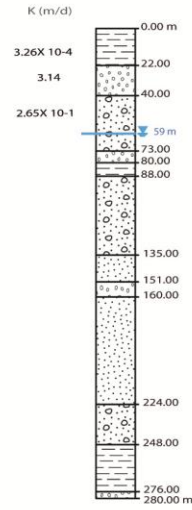
X=486034
Y=2137042



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **168 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.2**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

Nativitas Don Luis (97-R)

X=485550
Y=2142726



RESISTENCIA HIDRÁULICA (C): **185 AÑOS**
RESISTENCIA HIDRÁULICA (Log C): **2.3**
VULNERABILIDAD (AVI): **MODERADA**

SIMBOLOGÍA

Arcilla

Arcilla limosa

Arcilla/arena

Arena

Arena/grava

Basalto

Basalto/escoria

Escoria

Escoria/piroclastos

Caliza

Margas

Andesita

Conglomerado

Grava

Aglomerado

Toba

Ceniza volcánica

Profundidad del nivel estático (2010)

Anexo 6

Tabla de resultados del cálculo de la resistividad hidráulica e
incertidumbre

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre	
R-97	Nativitas Don Luis	485852	2142943	Arcilla	3.263E-04	22	67423.005	67500.526	184.933	2.267	Moderada	193	1047	1464.667	Baja	
				Grava	3.140E+00	18	5.733						119	2300		
				Arena grava	2.647E-01	19	71.788						193	1047		
5	Agrícola Oriental 2	490283	2143340	Arcilla	3.046E-05	61	2002785.570	2002785.570	5487.084	3.739	Baja	38	1973	1973.000	Baja	
7	Agrícola Oriental 5	491460	2143073	Arena	7.415E-01	40	53.945	129.429	0.355	-0.450	Extremadamente alta	8	578	579.000	Baja	
				Arcilla arena	2.915E-01	22	75.483					8	580			
8	Agrícola Oriental 6	492005	2143268	Arena	7.415E-01	63	84.964	59.629	0.163	-0.787	Extremadamente alta	8	0	0.000	Baja	
9	Agrícola Oriental 7	492480	2143391	Arcilla	3.046E-05	24	787981.208	1871457.935	5127.282	3.710	Baja	38	3055	2200.000	Baja	
				Grava	2.337E+00	6	2.567					8	490			
				Arcilla	3.046E-05	33	1083474.161					38	3055			
11	Alameda de Tacubaya	480517	2145190	Arcilla arena	3.200E+00	15	4.688	25.825	0.071	-1.150	Extremadamente alta	33	3407	3828.800	Moderada	
				Arena grava	4.090E+00	9	2.200					36	4110			
				Arcilla arena	3.200E+00	6	1.875					33	3407			
				Conglomerado	2.129E+00	33	15.502					36	4110			
				Arena	9.426E+00	14.7	1.559					36	4110			
13	Alamos Jardín 1	485048	2144858	Arcilla	3.046E-05	30	984976.510	985052.312	2698.773	3.431	Baja	92	956	1858.333	Baja	
				Arcilla arena	2.915E-01	22	75.483					92	837			
				Grava	3.140E+00	1	0.318					119	3782			
14	Alamos Jardín 2	485137	2145220	Arcilla	3.263E-04	28	85811.097	85832.334	235.157	2.371	Moderada	ES3	3414	2853.333	Baja	
				Arena	1.057E+00	22	20.823					92	958			
				Grava	3.140E+00	1.3	0.414					119	4188			
15	Albert y Berlín	485266	2141810	Arcilla	3.263E-04	30	91940.461	92034.437	252.149	2.402	Moderada	119	970	1567.667	Baja	
				Arcilla arena	2.915E-01	27	92.639					92	2780			
				Grava	3.140E+00	4.2	1.338					119	953			
16	Alfonso XIII	479377	2142442	Arenas	9.426E+00	10	1.061	34.489	0.094	-1.025	Extremadamente alta	36	1200	1200.000	Alta	
				Arena grava	4.090E+00	13	3.178					36	1200			
				Toba	1.810E+00	25	13.812					Vázquez, 1995.				
				Conglomerado	2.129E+00	22	10.335					36	1200			
				Arena	9.426E+00	46	4.880					36	1200			
18	Altavista	479022	2139290	Arcilla	3.263E-04	10	30646.820	31145.001	85.329	1.931	Alta	ES3	6153	2051.000	Baja	
				Arena grava	3.932E-02	18	457.780					18	0			
				Conglomerado	2.129E+00	86	40.400					18	0			

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
19	Altillo Universidad	480979	2138684	Arcilla	3.263E-04	21	64358.323	88962.585	243.733	2.387	Moderada	119	4363	2282.429	Moderada
				Grava	3.140E+00	16	5.096			21		722			
				Arcilla	3.263E-04	4	12258.728			119		4363			
				Grava	3.140E+00	9	2.866			21		722			
				Arcilla	3.263E-04	4	12258.728			119		4363			
				Arena grava	1.275E-01	9	70.576			21		722			
				Conglomerado	2.129E+00	17.6	8.268				21	722			
21	Arenal San Ángel	480867	2139378	Arcilla limosa	3.263E-04	16	49034.913	49519.533	135.670	2.132	Moderada	21	0	0.000	Baja
				Arena grava	1.275E-01	61.8	484.620			21		0			
30	Benjamín Franklin	480925	2145870	Arcilla arena	2.915E-01	38	130.380	138.917	0.381	-0.420	Extremadamente alta	92	11397	7598.000	Moderada
				Grava	2.337E+00	19	8.128			92		11397			
				Arena	7.347E+00	3	0.408			30		0			
33	Campos Eliseos	478970	2148226	Arcilla	1.149E-03	11	9573.542	19211.631	52.635	1.721	Alta	ES9	2855	4950.400	Moderada
				Arcilla arena	3.200E+00	15	4.688			76		2088			
				Arena grava	6.434E-01	37	57.506			30		3007			
				Arcilla	1.149E-03	11	9573.542			ES9		2855			
				Grava	2.337E+00	5.5	2.353			92		13947			
34	Casa Amarilla	480056	2145900	Arcillas	1.149E-03	7	6092.254	6167.850	16.898	1.228	Alta	ES9	1882	5450.333	Alta
				Arcilla arena	3.200E+00	5	1.563			36		4640			
				Arena grava	6.434E-01	15	23.313			30		810			
				Grava	2.337E+00	15	6.417			92		12280			
				Arena grava	6.434E-01	23	35.747			30		810			
				Grava	2.337E+00	20	8.556			92		12280			
36	Castañed No.6	478677	2141443	Toba	1.810E+00	12	6.630	36.542	0.100	-1.000	Extremadamente alta	Vázquez, 1995.		0.000	Alta
				Arena grava	4.090E+00	118	28.851			36		0			
				Arena	9.426E+00	10	1.061			36		0			
37	Cedros y Moliere	478840	2148905	Arcilla	1.149E-03	13	11314.186	11392.245	31.212	1.494	Alta	ES9	3306	4027.200	Moderada
				Arcilla arena	3.200E+00	17	5.313			76		1430			
				Arena grava	6.434E-01	38	59.060			30		3600			
				Grava	1.215E+00	7	5.759			92		8200			
				Arena grava	6.434E-01	5.1	7.927			30		3600			
38	Ciudad Deportiva 2	490398	2145310	Arcilla	3.046E-05	54	1772957.717	1772963.013	4857.433	3.686	Baja	92	4656	2328.000	Baja
				Arcilla arena	3.777E-01	2	5.295			38		0			
40	Colonia del Carmen	483107	2140054	Arcilla	3.263E-04	30	91940.461	92344.354	252.998	2.403	Moderada	119	1790	2041.333	Baja
				Arcilla arena	6.712E-02	27	402.282			21		2298			
				Arena	6.954E+00	11.2	1.611			194		2036			
41	Granjas Estrella 1	490082	2136963	Arcilla	5.176E-05	6	115914.368	115934.322	317.628	2.502	Moderada	SC-12	2648	3545.000	Baja
				Escoria	3.708E+00	74	19.955			Xot-2B		4442			

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
43	Lomas Estrella	489813	2136481	Arcilla arena	3.002E+00	8	2.665	193206.087	529.332	2.724	Moderada	SC-12	2990	3467.750	Moderada
				Arcilla	5.176E-05	10	193190.613					SC-12	2990		
				Escoria	3.708E+00	19	5.123					Xot-2B	4264		
				Basalto	8.255E+00	5	0.606					SC-12	2990		
				Escoria	3.708E+00	11	2.966					Xot-2B	4264		
				Basalto	8.255E+00	18	2.181					SC-12	2990		
				Escoria	3.708E+00	6	1.618					Xot-2B	4264		
				Basalto	8.255E+00	2.6	0.315					SC-12	2990		
47	Educación 1	485286	2138246	Arcilla	3.263E-04	19	58228.959	58283.634	159.681	2.203	Moderada	119	2950	2236.250	Baja
				Arena	4.090E+00	30	7.335					194	1620		
				Grava	3.140E+00	16	5.096					194	1620		
				Arcilla arena	1.136E-01	4.8	42.245					74	2755		
48	Educación 2	486189	2137922	Arcilla	3.263E-04	20	61293.641	61489.458	168.464	2.227	Moderada	119	3552	3038.400	Moderada
				Grava	3.140E+00	12	3.822					194	2175		
				Arcilla arena	1.136E-01	15	132.015					74	3645		
				Grava	3.140E+00	17	5.414					194	2175		
				Arcilla arena	1.136E-01	6.2	54.566					74	3645		
49	El Trébol	482247	2131672	Arcilla arena	1.136E-01	11	96.811	114.451	0.314	-0.504	Extremadamente alta	74	6300	4612.800	Moderada
				Basalto	3.911E+00	21	5.369					Per-3	4191		
				Escoria	2.060E+00	11	5.339					Per-3	4191		
				Basalto	3.911E+00	18	4.602					Per-3	4191		
				Escoria	2.060E+00	4.8	2.330					Per-3	4191		
50	Fraccionamiento Banjidal	485622	2140823	Arcilla	3.263E-04	31	95005.143	95063.103	260.447	2.416	Moderada	119	1035	1920.000	Baja
				Grava	3.140E+00	24	7.644					119	1035		
				Arcilla arena	1.510E-01	7.6	50.316					92	3690		
52	Fraccionamiento Churubusco	486604	2140181	Arcilla	3.263E-04	36	110328.553	110507.358	302.760	2.481	Moderada	119	2230	2723.667	Baja
				Arcilla arena	1.510E-01	27	178.755					92	4400		
				Basalto	2.216E+01	1.1	0.050					194	1541		
56	Hormiga	479688	2146909	Arcilla	1.149E-03	8	6962.576	6976.504	19.114	1.281	Alta	ES9	1878	2968.667	Baja
				Arcilla arena	3.200E+00	15	4.688					76	3514		
				Conglomerado	6.385E+00	59	9.240					76	3514		
58	Irrigación	478190	2149975	Arena grava	6.518E+00	5	0.767	234859.490	643.451	2.809	Moderada	141	6377	4707.000	Moderada
				Arcilla	2.984E-05	7	234587.032					ES1	6729		
				Conglomerado	6.385E+00	34	5.325					76	780		
				Arena	1.577E-01	42	266.366					30	4942		
60	Iztacalco	487854	2143839	Arcilla	3.263E-04	52	159363.466	159423.051	436.775	2.640	Moderada	193	3180	2650.000	Baja
				Arcilla arena	1.510E-01	9	59.585					92	2120		
63	Jardín San Jacinto	479849	2138934	Arcilla	3.263E-04	11	33711.502	34898.113	95.611	1.981	Alta	ES3	6172	2212.000	Baja
				Arena	1.442E-01	31	215.018					18	892		
				Arena grava	3.932E-02	38	966.425					18	892		
				Conglomerado	2.129E+00	11	5.167					18	892		
69	Jardines del Pedregal No.5	477248	2135365	Basalto	3.235E+01	34	1.051	1.051	0.003	-2.541	Extremadamente alta	69	0	0.000	Baja

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
72	Jardín Pombo	480745	2144289	Arcilla arena	6.316E-01	51	80.742	82.545	0.226	-0.646	Extremadamente alta	92	5052	4264.500	Baja
				Arena	9.426E+00	17	1.803					36	3477		
74	La Ciénega N.1	483894	2137744	Basalto	8.211E+00	5	0.609	171.139	0.469	-0.329	Extremadamente alta	Xot-2B	3201	800.250	Baja
				Arcilla arena	1.136E-01	18	158.418					74	0		
				Grava	3.140E+00	15	4.777					74	0		
				Arena grava	4.090E+00	30	7.335					74	0		
76	La Pirulera	478870	2150360	Arcilla	1.149E-03	25	21758.050	21780.677	59.673	1.776	Alta	ES9	4282	5498.667	Alta
				Arena grava	6.518E+00	15	2.301					141	5991		
				Toba	1.810E+00	30	16.575					Vázquez, 1995.			
				Arcilla arena	3.200E+00	12	3.750					161	6223		
77	La Legaria	478753	2150666	Arcilla	1.149E-03	16	13925.152	13968.869	38.271	1.583	Alta	ES9	4595	3390.667	Alta
				Arcilla arena	3.200E+00	18	5.625					76	390		
				Toba	1.810E+00	38	20.994					Vázquez, 1995.			
				Arena grava	6.434E-01	11	17.096					30	5187		
79	Chapultepec 3	476176	2145743	Arcilla	3.263E-04	4	12258.728	12841.338	35.182	1.546	Alta	ES3	5697	2519.167	Moderada
				Arena grava	6.434E-01	26	40.410					30	4709		
				Conglomerado	9.081E-01	50	55.058					79	0		
				Arena	7.413E-02	31	418.165					79	0		
				Arena grava	6.434E-01	21	32.639					30	4709		
				Conglomerado	9.081E-01	33	36.338					79	0		
81	Lomas de San Ángel Inn	478142	2138872	Arena grava	3.932E-02	30	762.967	1276.717	3.498	0.544	Extremadamente alta	18	1018	1605.333	Baja
				Arcilla arena	6.712E-02	32	476.779					21	2780		
				Conglomerado	2.129E+00	78.7	36.971					18	1018		
83	Marina Nacional 1	481485	2149637	Arcilla	9.962E-04	15	15057.968	15073.813	41.298	1.616	Alta	ES4	3512	3106.000	Baja
				Arcilla arena	3.200E+00	50.7	15.845					76	2700		
84	Marina Nacional 3	480674	2150671	Arcilla	9.962E-04	31	31119.800	31161.173	85.373	1.931	Alta	ES4	4206	3584.333	Baja
				Arcilla arena	3.200E+00	18	5.625					76	1777		
				Arena grava	6.434E-01	23	35.747					30	4770		
86	Mártires de Tacubaya	480600	2144749	Arcilla	3.263E-04	14	42905.549	43005.627	117.824	2.071	Moderada	ES3	1182	2004.400	Baja
				Arcilla arena	1.510E-01	6	39.723					92	5192		
				Conglomerado	2.129E+00	32	15.033					30	1216		
				Arena grava	6.434E-01	21	32.639					30	1216		
				Arena	1.577E-01	2	12.684					30	1216		
88	Merced Gómez 1	479101	2141225	Arcilla	3.263E-04	5	15323.410	15374.093	42.121	1.624	Alta	ES3	4406	1785.333	Baja
				Arena grava	4.090E+00	19	4.645					36	475		
				Conglomerado	2.129E+00	98	46.038					36	475		
90	Miguel Alemán	485058	2143993	Arcilla	3.263E-04	22	67423.005	67654.724	185.355	2.268	Moderada	193	1713	1329.500	Baja
				Arcilla arena	1.510E-01	35	231.719					92	946		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
91	Miraflores	480623	2143756	Arcilla	3.263E-04	25	76617.051	76816.765	210.457	2.323	Moderada	ES3	1508	2991.000	Baja
				Arcilla arena	6.316E-01	26	41.163					92	5267		
				Arena	1.577E-01	25	158.551					30	2198		
92	La Moderna	485806	2144537	Arcilla	3.046E-05	38	1247636.912	1411805.186	3867.959	3.587	Baja	92	0	0.000	Baja
				Arena	7.347E+00	28	3.811					92	0		
				Arcilla	3.046E-05	5	164162.752					92	0		
				Grava	2.337E+00	4	1.711					92	0		
94	Multifamiliar Coapa 7	486391	2133377	Arcilla	5.176E-05	16.5	318764.511	318774.146	873.354	2.941	Moderada	ES2	5641	3218.000	Baja
				Toba	4.501E+01	4.5	0.100					Per-9	2053		
				Arena grava	4.090E+00	39	9.535					Per-3	1960		
98	Olivar del Conde	478271	2142123	Arcilla	3.263E-04	8	24517.456	24578.813	67.339	1.828	Alta	ES3	4367	1968.333	Baja
				Arena grava	4.090E+00	20	4.890					36	769		
				Conglomerado	2.129E+00	120.2	56.466					36	769		
105	Mariscal Sucre	482742	2144082	Arcilla	3.263E-04	29	88875.779	88971.849	243.758	2.387	Moderada	193	2934	3036.500	Baja
				Arcilla arena	2.915E-01	28	96.070					92	3139		
109	Peñon 3	497467	2142890	Arcilla arena	2.915E-01	63	216.157	216.157	0.592	-0.228	Extremadamente alta	8	5457	5457.000	Baja
112	Peñon 6	497151	2142032	Arcilla arena	2.915E-01	60	205.864	205.864	0.564	-0.249	Extremadamente alta	8	5293	5293.000	Baja
113	Peñon 7	496720	2141774	Arcilla arena	6.316E-01	65	102.906	102.906	0.282	-0.550	Extremadamente alta	8	4921	4921.000	Baja
119	Portales	484601	2141067	Arcilla	3.263E-04	37	113393.235	113399.738	310.684	2.492	Moderada	119	0	437.667	Baja
				Grava	3.140E+00	15	4.777					119	0		
				Arena	6.954E+00	12	1.726					193	1313		
120	Pozo Casso	479468	2143737	Arcilla	3.263E-04	6	18388.092	18507.760	50.706	1.705	Alta	ES3	2514	3189.333	Baja
				Arena grava	6.434E-01	32	49.735					30	2609		
				Grava	1.215E+00	85	69.933					18	4445		
127	Radio Mil	484235	2143687	Arcilla	3.263E-04	45	137910.692	137912.705	377.843	2.577	Moderada	193	1619	1619.000	Baja
				Arena	6.954E+00	14	2.013					193	1619		
128	Reforma Iztaccihuatl	486265	2143552	Arcilla	3.263E-04	38	116457.917	116528.970	319.257	2.504	Moderada	193	1741	1519.667	Baja
				Arcilla arena	2.915E-01	13	44.604					92	1077		
				Arena grava	2.647E-01	7	26.448					193	1741		
129	Romero de Terreros	482019	2138835	Arcilla	3.263E-04	30	91940.461	92150.304	252.467	2.402	Moderada	119	3423	1971.667	Baja
				Arena	1.544E-01	32	207.295					21	1246		
				Grava	3.140E+00	8	2.548					21	1246		
130	Ruiz Cortines	484678	2136210	Arcilla	3.263E-04	9	27582.138	27597.234	75.609	1.879	Alta	119	4860	2172.000	Baja
				Arena	6.954E+00	9	1.294					Xot-2B	1500		
				Arena grava	4.090E+00	25	6.112					Xot-2B	1500		
				Grava	3.140E+00	18	5.733					Xot-2B	1500		
				Arena grava	4.090E+00	8	1.956					Xot-2B	1500		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre	
131	Salesiano	481338	2150292	Arcilla	2.984E-05	38	1273472.461	1273478.016	3488.981	3.543	Baja	ES1	3569	4184.333	Baja	
				Arena	6.518E+00	25	3.836						141	6586		
				Arcilla arena	3.200E+00	5.5	1.719						76	2398		
135	San Joaquin Tacuba	478133	2150954	Arcilla	2.984E-05	3	100537.300	536222.513	1469.103	3.167	Baja	ES1	6731	5339.000	Alta	
				Arena	6.518E+00	18	2.762						141	5422		
				Arcilla	2.984E-05	9	301611.899						ES1	6731		
				Toba	1.810E+00	32	17.680						Vázquez, 1995.			
				Arena	6.518E+00	12	1.841						141	5422		
				Arcilla	2.984E-05	4	134049.733						ES1	6731		
138	San Juanico Iztapalapa	487683	2142140	Conglomerado	6.385E+00	8.3	1.300					76	997			
				Arcilla	3.263E-04	29	88875.779	88905.420	243.576	2.387	Moderada	193	2621	3127.333	Baja	
				Arena	6.954E+00	22	3.164						193	2621		
140	San Martin Xochinahuac 1	479882	2155918	Arcilla arena	3.777E-01	10	26.477					38	4140			
				Arcilla	2.984E-05	31	1038885.429	1038893.623	2846.284	3.454	Baja	ES1	7109	3847.500	Moderada	
				Arena	6.518E+00	8	1.227						141	1280		
				Arcilla arena	3.200E+00	11	3.438						76	5721		
141	San Martin Xochinahuac 2	478706	2156331	Arena	6.518E+00	23	3.529					141	1280			
				Arcilla	2.984E-05	19	636736.230	636745.574	1744.508	3.242	Baja	ES1	8154	4077.000	Baja	
				Arena grava	6.518E+00	60.9	9.344						141	0		
143	San Pedro Xalpa	478009	2154421	Arcilla	2.984E-05	34	1139422.728	1139434.807	3121.739	3.494	Baja	ES1	7731	4004.500	Moderada	
				Arena	6.518E+00	25	3.836						141	2020		
				Arcilla arena	3.200E+00	17	5.313						76	4247		
				Arena grava	6.518E+00	19.1	2.931						141	2020		
144	Santa Anita	486997	2145264	Arcilla	3.263E-04	57.6	176525.685	176525.685	483.632	2.685	Moderada	193	3577	3577.000	Baja	
148	Santa Úrsula Xitla	481273	2131506	Arena grava	4.090E+00	10	2.445	13.538	0.037	-1.431	Extremadamente alta	148	0	1646.667	Baja	
				Basalto	3.911E+00	30	7.670						Per-3	4940		
				Arena grava	4.090E+00	14	3.423						148	0		
151	Sector Popular 2	487515	2141057	Arcilla	3.263E-04	61.9	189703.818	189703.818	519.736	2.716	Moderada	193	2745	2745.000	Baja	
158	Tizapan	478838	2138599	Arcilla	3.263E-04	10	30646.820	32704.983	89.603	1.952	Alta	ES3	6793	2230.750	Baja	
				Arena grava	3.932E-02	42	1068.154						18	710		
				Arena	1.442E-01	21	145.657						18	710		
				Arena grava	3.932E-02	33.2	844.351						18	710		
159	Toriello Guerra	483059	2133285	Arcilla	3.263E-04	24	73552.369	73566.256	201.551	2.304	Moderada	ES2	2701	3566.333	Baja	
				Conglomerado	2.129E+00	28	13.154						69	6167		
				Arena grava	4.090E+00	3	0.733						148	1831		
160	Tlacotal	490421	2144029	Arcilla	3.046E-05	48	1575962.416	1576000.500	4317.810	3.635	Baja	92	1766	1766.000	Baja	
				Arcilla arena	2.915E-01	11.1	38.085						92	1766		
161	Trabajadores del Hierro	484111	2153792	Arcilla	2.976E-05	35	1176075.269	1176082.019	3222.143	3.508	Baja	ES10	2640	1320.000	Baja	
				Arcilla arena	3.200E+00	21.6	6.751						161	0		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre			
162	Unidad Modelo 1	486972	2141522	Arcilla	3.263E-04	30	91940.461	91942.999	251.899	2.401	Moderada	193	2040	2220.000	Baja			
				Basalto	2.216E+01	9	0.406							194	2490			
				Arena	6.954E+00	8	1.150								193	2040		
				Basalto	2.216E+01	9	0.406								194	2490		
				Arena	6.954E+00	4	0.575								193	2040		
163	Unidad Modelo 2	486722	2140761	Arcilla	3.263E-04	35	107263.871	107266.274	293.880	2.468	Moderada	119	2170	1952.000	Baja			
				Arena	6.954E+00	12	1.726								194	1843		
				Basalto	2.216E+01	15	0.677								194	1843		
166	La Veronica	481815	2148868	Arcilla	2.984E-05	25	837810.829	837822.174	2295.403	3.361	Baja	ES1	3634	3433.000	Baja			
				Arcilla arena	3.200E+00	36.3	11.345								76	3232		
167	Viga 1	487194	2140483	Arcilla	3.263E-04	49	150169.420	150170.061	411.425	2.614	Moderada	193	2808	2482.500	Baja			
				Basalto	2.216E+01	14.2	0.641								194	2157		
168	Viga 2	487135	2141202	Arcilla	3.263E-04	37	113393.235	113483.915	310.915	2.493	Moderada	193	2308	2308.000	Baja			
				Arena grava	2.647E-01	24	90.680								193	2308		
169	Viga 3	487134	2142242	Arcilla	3.263E-04	44	134846.010	134848.023	369.447	2.568	Moderada	193	2026	2026.000	Baja			
				Arena	6.954E+00	14	2.013								193	2026		
191	Galeana Tlalpan	482519	2132463	Arcilla arena	1.136E-01	13	114.413	128.300	0.352	-0.454	Extremadamente alta	74	5450	4954.000	Baja			
				Arena grava	4.090E+00	24	5.868								Per 3	3380		
				Conglomerado	2.120E+00	17	8.019								69	6032		
192	Miravalle	485128	2140818	Arcilla	3.263E-04	37	113393.235	113456.193	310.839	2.493	Moderada	119	542	1570.750	Baja			
				Arena	6.954E+00	5	0.719								194	964		
				Basalto	2.216E+01	14	0.632								194	964		
				Arcilla arena	1.136E-01	7	61.607								74	3813		
193	Ortiz Rubio	485040	2142278	Arcilla	3.263E-04	35	107263.871	107317.309	294.020	2.468	Moderada	193	0	600.000	Baja			
				Arena grava	2.647E-01	10	37.783								193	0		
				Basalto	2.216E+01	12	0.541								194	2400		
				Arena grava	2.647E-01	4	15.113								193	0		
194	Country Club	485129	2139839	Arcilla	3.263E-04	21	64358.323	64367.714	176.350	2.246	Moderada	119	1337	445.667	Baja			
				Arena	6.954E+00	16	2.301								194	0		
				Arena grava	4.090E+00	29	7.090								194	0		
198	Parque los Venados	483733	2142046	Arcilla	3.263E-04	24	73552.369	73594.179	201.628	2.305	Moderada	193	1300	1300.000	Baja			
				Arena	6.954E+00	28	4.027								193	1300		
				Arena grava	2.647E-01	10	37.783								193	1300		
199	Diagonal San Antonio	484193	2145068	Arcilla	3.046E-05	27	886478.859	886483.428	2428.722	3.385	Baja	92	1710	1710.000	Baja			
				Arena	7.347E+00	21	2.858								92	1710		
				Grava	2.337E+00	4	1.711								92	1710		
200	La Huerta	482897	2142725	Arcilla arena	4.698E-02	35	744.966	116665.911	319.633	2.505	Moderada	21	3932	3277.000	Baja			
				Conglomerado	2.129E+00	14	6.577								30	3713		
				Arena grava	2.647E-01	10	37.783								193	2186		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
214	San Lorenzo Atemoaya 2	489672	2128227	Arcilla	5.176E-05	6	115914.368	115928.558	317.612	2.502	Moderada	SC-12	9280	5360.000	Moderada
				Basalto escoria	3.911E+00	38	9.716					SL-15	3400		
				Basalto	3.911E+00	17.5	4.474					SL-15	3400		
223	San Pedro Martir 1	483097	2130169	Arcilla arena	1.136E-01	3	26.403	52.604	0.144	-0.841	Extremadamente alta	74	7852	6837.333	Moderada
				Conglomerado	2.129E+00	17	7.986					21	9460		
				Arena grava	4.090E+00	74.5	18.215					Per-9	3200		
226	Huipulco	485250	2132660	Arcilla	5.176E-05	9	173871.551	173883.322	476.393	2.678	Moderada	SC-12	8660	4426.000	Moderada
				Arena	6.954E+00	4	0.575					Per-3	2125		
				Grava	3.140E+00	8	2.548					Xot-2B	4610		
				Arena	6.954E+00	34	4.890					Per-3	2125		
				Grava	3.140E+00	11.8	3.758					Xot-2B	4610		
227	Nativitas 1	490081	2127614	Arcilla	5.176E-05	14	270466.858	270471.362	741.017	2.870	Moderada	SC-12	9660	6106.667	Moderada
				Basalto	3.911E+00	15	3.835					SL-15	3200		
				Toba	4.501E+01	30.1	0.669					Per-9	5460		
230	Prados del Rosario	477940	2155870	Arcilla	3.046E-05	20	656651.006	656756.383	1799.333	3.255	Baja	92	9150	9783.500	Moderada
				Arena grava	6.434E-01	67.8	105.376					30	10417		
232	Providencia	478227	2155248	Arcilla	3.046E-05	12	393990.604	394111.833	1079.758	3.033	Baja	92	8500	9143.500	Moderada
				Arena grava	6.434E-01	78	121.229					30	9787		
233	Presidente Madero	478901	2155738	Arcilla	3.046E-05	40	1313302.013	1313402.737	3598.364	3.556	Baja	92	7515	10248.000	Alta
				Arena	1.577E-01	14	88.789					30	10106		
				Grava	2.337E+00	27.9	11.936					92	13123		
234	San Pedro Xalpa 2	477245	2154735	Arcilla	3.046E-05	5	164162.752	295730.178	810.220	2.909	Moderada	92	8925	8016.714	Muy alta
				Arena	1.577E-01	11	69.763					30	9609		
				Conglomerado	6.385E+00	15	2.349					76	4720		
				Arcilla	3.046E-05	4	131330.201					92	8925		
				Arena	1.577E-01	20	126.841					30	9609		
				Arcilla arena	3.200E+00	23	7.188					76	4720		
				Arena grava	6.434E-01	20	31.084					30	9609		
239	Jardín San Álvaro	480808	2151993	Arcilla	3.046E-05	34	1116306.711	1346151.304	3688.086	3.567	Baja	92	4510	6037.750	Moderada
				Arena grava	6.434E-01	4	6.217					30	6131		
				Arcilla	3.046E-05	7	229827.852					92	4510		
				Grava	2.337E+00	24.6	10.524					92	9000		
242	Pro-Hogar	483543	2153256	Arcilla	3.046E-05	28	919311.409	919350.109	2518.767	3.401	Baja	92	3500	5653.000	Baja
				Arena grava	6.434E-01	24.9	38.700					30	7806		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre		
244	Iztapalapa 4 (Luis Rodríguez)	493090	2140984	Arcilla	5.176E-05	42	811400.573	811401.232	2223.017	3.347	Baja	SC-12	4010	6436.667	Moderada		
				Toba	4.501E+01	16	0.355						Per-9	11900			
				Basalto	3.231E+01	9.8	0.303						Izt-8	3400			
247	Mercado Astahuacan	497539	2139611	Arcilla	5.176E-05	20	386381.225	386387.522	1058.596	3.025	Baja	SC-12	5450	5450.000	Baja		
				Arcilla arena	3.002E+00	18.9	6.297						SC-12	5450			
248	Viveros del Reloj 2	485153	2135947	Arcilla	3.263E-04	17	52099.595	70498.730	193.147	2.286	Moderada	119	5147	2495.571	Moderada		
				Arena	6.954E+00	6	0.863						Xot-2B	1435			
				Arcilla	3.263E-04	6	18388.092							119	5147		
				Grava	3.140E+00	7	2.229							Xot-2B	1435		
				Arena	6.954E+00	8	1.150							Xot-2B	1435		
				Arena grava	4.090E+00	17	4.156							Xot-2B	1435		
249	Santa Cruz Acalpixca 2	492821	2127982	Arcilla	5.176E-05	7	135233.429	135241.190	370.524	2.569	Moderada	SC-12	8900	4607.500	Moderada		
				Basalto	3.911E+00	27	6.903						SL-15	1000			
				Toba	4.501E+01	11	0.244						Per-9	7530			
				Basalto	3.911E+00	2.4	0.614						SL-15	1000			
				Arcilla	3.263E-04	32	98069.825	98172.504	268.966	2.430	Moderada	119	3113	2939.250	Baja		
255	Paseo Tasqueña	487031	2139124	Arcilla	3.263E-04	32	98069.825	98172.504	268.966	2.430	Moderada	119	3113	2939.250	Baja		
				Arena grava	4.090E+00	8	1.956						194	2000			
				Arcilla arena	1.136E-01	11	96.811							74	4644		
				Arena grava	4.090E+00	16	3.912							194	2000		
256	Pedregal Iman	481926	2135177	Arcilla	3.263E-04	5	15323.410	15339.680	42.027	1.624	Alta	119	6470	3869.250	Moderada		
				Basalto	3.911E+00	22	5.625						Per-3	3080			
				Grava	3.140E+00	15	4.777						74	2847			
				Arena grava	4.090E+00	24	5.868						Per-3	3080			
259	Los Reyes Coyoacán	483900	2138236	Arcilla	3.263E-04	4	12258.728	33724.316	92.395	1.966	Alta	119	2905	2474.200	Baja		
				Basalto	8.211E+00	22	2.679						Xot-2B	1940			
				Arena grava	4.090E+00	28	6.846						74	1386			
				Arcilla	3.263E-04	7	21452.774							119	2905		
				Conglomerado	2.129E+00	7	3.288							21	3235		
262	Lago Ginebra	479633	2150096	Arcilla	3.046E-05	30	984976.510	1149281.144	3148.715	3.498	Baja	92	8220	6323.500	Moderada		
				Arena grava	6.434E-01	26	40.410						30	4427			
				Arcilla	3.046E-05	5	164162.752							92	8220		
				Arena	1.577E-01	16	101.473							30	4427		
264	Viaducto	481653	2144959	Arcilla	3.263E-04	12	36776.184	36968.348	101.283	2.006	Moderada	119	9284	6371.750	Moderada		
				Arcilla arena	1.136E-01	21	184.820						74	6086			
				Arena grava	4.090E+00	26	6.357							Per-3	3545		
				Conglomerado	2.129E+00	2.1	0.987							69	6572		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
270	Rey Moctezuma	483565	2137233	Arcilla	3.263E-04	5	15323.410	15372.649	42.117	1.624	Alta	119	3968	2499.200	Baja
				Basalto	8.211E+00	21	2.557					Xot-2B	2005		
				Arena grava	4.090E+00	12	2.934					74	1542		
				Conglomerado	2.129E+00	25	11.744					21	3439		
				Arena	1.562E-01	5	32.004					74	1542		
271	Residencial del Sur	486104	2131663	Arcilla	5.176E-05	7	135233.429	135248.540	370.544	2.569	Moderada	SC-12	8500	3986.143	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	7	1.711					Per-9	300		
				Basalto	3.911E+00	8	2.045					Per-3	3310		
				Toba	4.501E+01	12	0.267					Per-9	300		
				Arena grava	4.090E+00	12	2.934					Per-9	300		
				Conglomerado	2.129E+00	16	7.516					69	9583		
				Grava	3.140E+00	2	0.637					Xot-2B	5610		
276	Cerrillos 3	498591	2127771	Arcilla	5.176E-05	5	96595.306	96622.153	264.718	2.423	Moderada	SC-12	10830	8277.500	Moderada
				Basalto	3.911E+00	105	26.847					SL-15	5725		
278	Nativitas 2	490273	2126715	Basalto escoria	8.311E+00	29	3.489	10.026	0.027	-1.561	Extremadamente alta	SL-15	3335	4333.333	Baja
				Basalto	3.911E+00	24	6.136					SL-15	3335		
				Toba	4.501E+01	18	0.400					Per-9	6330		
280	Peña Pobre (Artesanías, Villa Olímpica 8)	480402	2133542	Arcilla arena	1.136E-01	5	44.005	54.558	0.149	-0.825	Extremadamente alta	74	4924	5164.500	Moderada
				Basalto	3.911E+00	15	3.835					Per-3	4760		
				Toba	4.501E+01	30	0.667					Per-9	6050		
				Grava	3.140E+00	19	6.051					74	4924		
285	Fuentes Brotantes 2	481091	2132491	Conglomerado	2.129E+00	26	12.214	102.237	0.280	-0.553	Extremadamente alta	69	4800	4893.000	Moderada
				Arena	6.954E+00	12	1.726					Per-3	4536		
				Arcilla arena	1.136E-01	10	88.010					74	5700		
				Arena	6.954E+00	2	0.288					Per-3	4536		
300	Viaducto Tlalpan 1	483067	2132249	Arcilla	3.263E-04	15	45970.231	45978.917	125.970	2.100	Moderada	119	8969	5109.667	Moderada
				Arena	6.954E+00	40	5.752					Per-3	3180		
				Arena grava	4.090E+00	12	2.934					Per-3	3180		
301	Viaducto Tlalpan 2	482858	2131928	Arcilla	3.263E-04	12	36776.184	36968.348	101.283	2.006	Moderada	119	9284	6371.750	Moderada
				Arcilla arena	1.136E-01	21	184.820					74	6086		
				Arena grava	4.090E+00	26	6.357					Per-3	3545		
				Conglomerado	2.129E+00	2.1	0.987					69	6572		
302	Arenal	485134	2131708	Arcilla	5.176E-05	40	772762.450	772769.785	2117.177	3.326	Baja	SC-12	8900	4950.000	Baja
				Arena grava	4.090E+00	30	7.335					Per-9	1000		
305	Issste Coapa 1	486869	2133692	Arcilla arena	1.136E-01	40	352.039	149111.745	408.525	2.611	Moderada	74	6128	5006.000	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	12	2.934					Per-3	2170		
				Arcilla	5.176E-05	7.7	148756.772					SC-12	6720		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
306	Issste Coapa 2	488653	2133597	Arcilla arena	3.002E+00	22	7.329	18.837	0.052	-1.287	Extremadamente alta	SC-12	5290	4600.600	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	10	2.445					Per-3	3834		
				Arcilla arena	3.002E+00	20	6.663					SC-12	5290		
				Grava	3.140E+00	6	1.911					Xot-2B	4755		
				Arena grava	4.090E+00	2	0.489					Per-3	3834		
307	Issste Coapa 3	486961	2134772	Arcilla	5.176E-05	25	482976.531	483251.073	1323.976	3.122	Baja	SC-12	6130	4528.667	Baja
				Arcilla arena	1.136E-01	31	272.830					74	5496		
				Arena grava	4.090E+00	7	1.711					Per-3	1960		
308	Issste Coapa 4	487422	2135593	Arcilla	5.176E-05	20	386381.225	386603.670	1059.188	3.025	Baja	SC-12	5520	4508.000	Baja
				Arcilla arena	1.136E-01	25	220.024					74	5444		
				Arena grava	4.090E+00	9.9	2.421					Per-3	2560		
316	Cedros	488152	2135511	Arcilla	5.176E-05	20	386381.225	386603.182	1059.187	3.025	Baja	Sc-12	4800	4354.000	Moderada
				Arcilla arena	1.136E-01	25	220.024					74	6156		
				Arena	6.954E+00	8	1.150					Per-3	3230		
				Arena grava	4.090E+00	3.2	0.782					Per-3	3230		
319	Deportivo Vivanco	481948	2133119	Arcilla	3.263E-04	5	15323.410	15334.971	42.014	1.623	Alta	193	9670	6112.333	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	20	4.890					Per-3	3480		
				Conglomerado	2.129E+00	14.2	6.671					69	5187		
320	Xochitl	480974	2132928	Arcilla	3.263E-04	5	15323.410	15341.359	42.031	1.624	Alta	193	10200	6355.333	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	15	3.667					Per-3	4420		
				Conglomerado	2.129E+00	30.4	14.281					69	4446		
Izt-8	Iztapalapa 8	495991	2139160	Arcillas	5.176E-05	70	1352334.288	1352339.874	3705.041	3.569	Baja	SC-12	3850	1925.000	Baja
				Arena	7.340E+00	41	5.586					Izt-8	0		
N-4	Noria 4	487845	2129014	Arcilla arena	3.002E+00	4	1.333	13.990	0.038	-1.416	Extremadamente alta	SC-12	9300	5770.000	Moderada
				Arena grava	4.090E+00	9	2.200					Per-9	2900		
				Basalto	3.911E+00	40.9	10.457					SL-15	5110		
Per-1	Periférico 1	485465	2136252	Arcilla	3.263E-04	29	88875.779	88887.061	243.526	2.387	Moderada	119	4901	2383.667	Baja
				Grava	3.140E+00	17	5.414					Xot-2B	1125		
				Arena grava	4.090E+00	24	5.868					Xot-2B	1125		
Per-10	Periférico 10	486599	2132358	Arcilla	5.176E-05	23	444338.409	444345.146	1217.384	3.085	Baja	SC-12	9350	5948.333	Moderada
				Arena	6.954E+00	34	4.890					Per-3	2890		
				Grava	3.140E+00	5.8	1.847					Xot-2B	5605		
Per-11	Periférico 11	488423	2133026	Arcilla	5.176E-05	25	482976.531	482981.817	1323.238	3.122	Baja	SC-12	5850	4946.667	Baja
				Arena	6.954E+00	29	4.171					Per-3	3850		
				Grava	3.140E+00	3.5	1.115					Xot-2B	5140		
Per-12	Periférico 12	488283	2133245	Arcilla	5.176E-05	35	676167.144	676170.509	1852.522	3.268	Baja	SC-12	5830	4725.000	Baja
				Arena	6.954E+00	23.4	3.365					Per-3	3620		
Per-2	Periférico 2	486471	2134565	Arcilla	5.176E-05	37	714805.267	714811.624	1958.388	3.292	Baja	SC-12	6750	4113.500	Baja
				Arena grava	4.090E+00	26	6.357					Per-3	1477		
Per-3	Periférico No.3	484820	2133932	Arcilla	3.263E-04	32	98069.825	98074.772	268.698	2.429	Moderada	ES2	4899	2102.667	Baja
				Arena	6.954E+00	31	4.458					Per-3	0		
				Arena grava	4.090E+00	2	0.489					Per-3	0		
Per-6	Periférico 6	484121	2132796	Arcilla	3.263E-04	12	36776.184	199204.606	545.766	2.737	Moderada	ES2	3378	6245.667	Moderada
				Arcilla limosa	3.263E-04	53	162428.148					119	8290		
				Arena	6.954E+00	1.9	0.273					Per-3	2157		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
Per-9	Periférico 9	486058	2131329	Arcilla arena	1.136E-01	10	88.010	94.195	0.258	-0.588	Extremadamente alta	74	7602	2628.857	Moderada
				Basalto	3.911E+00	14	3.580					Per-3	3600		
				Toba	4.501E+01	8	0.178					Per-9	0		
				Arena	6.954E+00	9	1.294					Per-3	3600		
				Toba	4.501E+01	9	0.200					Per-9	0		
				Arena	6.954E+00	6	0.863					Per-3	3600		
				Toba	4.501E+01	3.2	0.071					Per-9	0		
R-2	R-2	483178	2130597	Arcilla arena	1.136E-01	10	88.010	102.016	0.279	-0.554	Extremadamente alta	74	7459	4817.800	Moderada
				Arena	6.954E+00	20	2.876					Per-3	4550		
				Basalto	3.911E+00	14	3.580					Per-3	4550		
				Arena grava	4.090E+00	11	2.689					Per-9	2980		
				Arena	6.954E+00	33.8	4.861					Per-3	4550		
R-7	R-7	484302	2130855	Arcilla	5.176E-05	12	231828.735	521701.848	1429.320	3.155	Baja	ES2	3808	4767.000	Moderada
				Basalto	3.911E+00	45	11.506					Per-3	3980		
				Arcilla	5.176E-05	15	289785.919					ES2	3808		
				Arcilla arena	1.136E-01	8.6	75.688					74	7388		
R-8	R-8	484434	2131469	Arcilla	5.176E-05	5	96595.306	386399.998	1058.630	3.025	Baja	ES2	3749	7985.000	Alta
				Basalto	3.911E+00	33	8.438					Per-3	3350		
				Arcilla	5.176E-05	15	289785.919					ES2	3749		
				Conglomerado	2.129E+00	22	10.335					21	8650		
R-9	R-9	484935	2131403	Arcilla	5.176E-05	3	57957.239	57973.947	158.833	2.201	Moderada	ES2	4252	3683.143	Moderada
				Basalto	3.911E+00	33	8.438					Per-3	3340		
				Toba	4.501E+01	13	0.289					Per-9	1120		
				Basalto	3.911E+00	4	1.023					Per-3	3340		
				Escoria	2.060E+00	12	5.824					Per-3	3340		
				Arena	6.954E+00	7	1.007					Per-3	3340		
				Grava	3.140E+00	0.4	0.127					74	7050		
S-13	Sur 13	498204	2128380	Arcilla	5.176E-05	5	96595.306	96609.924	264.685	2.423	Moderada	ES2	3749	8320.000	Alta
				Basalto	3.911E+00	38	9.716					SL-15	5355		
				Toba	4.501E+01	25	0.555					Per.9	12450		
				Basalto	3.911E+00	17	4.347					SL-15	5355		
S-4	Sur 4	486812	2126502	Arcilla	5.176E-05	7	135233.429	135262.809	370.583	2.569	Moderada	ES2	8368	6888.571	Muy alta
				Basalto	3.911E+00	18	4.602					SL-15	6605		
				Toba	4.501E+01	22	0.489					Per-9	4900		
				Basalto	3.911E+00	70	17.898					SL-15	6605		
				Toba	4.501E+01	23	0.511					Per-9	4900		
				Basalto escoria	3.911E+00	16	4.091					SL-15	6605		
				Basalto	3.911E+00	7	1.790					SL-15	6605		
SC-11	Santa Catarina 11	492491	2134892	Arcilla	5.176E-05	17	328424.041	328449.883	899.863	2.954	Moderada	SC-12	2000	1333.333	Alta
				Ceniza volcánica	6.600E-01	14	21.212					Vázquez, 1995.			
				Basalto	4.753E+00	22	4.629					SC-12	2000		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
SC-12	Santa Catarina 12	493230	2135746	Arcilla arena	3.002E+00	3	0.999	12.467	0.034	-1.467	Extremadamente alta	SC-12	0	0.000	Alta
				Ceniza volcánica	6.600E-01	3	4.545					Vázquez, 1995.			
				Basalto	4.753E+00	32.9	6.923					SC-12	0		
SC-13	Santa Catarina 13	492926	2136647	Arcilla	5.176E-05	5	96595.306	96611.383	264.689	2.423	Moderada	SC-12	320	213.333	Alta
				Ceniza volcánica	6.600E-01	7	10.606					Vázquez, 1995.			
				Basalto	4.753E+00	26	5.471					SC-12	320		
SL-15	San Luis 15	492988	2129012	Basalto	3.911E+00	2	0.511	11.330	0.031	-1.508	Extremadamente alta	SL-15	0	3807.500	Moderada
				Arcilla arena	3.002E+00	2	0.666					SC-12	7930		
				Arena grava	4.090E+00	9	2.200					Per-9	7300		
				Basalto	3.911E+00	31.1	7.952					SL-15	0		
Xot-10C	Auxiliar de Xotepingo 10C	487000	2136630	Arcilla	3.263E-04	20	61293.641	61388.854	168.189	2.226	Moderada	119	5038	3182.250	Baja
				Arcilla arena	1.136E-01	10	88.010					74	4645		
				Arena grava	4.090E+00	20	4.890					Xot-2B	1523		
				Basalto	8.211E+00	19	2.314					Xot-2B	1523		
Xot-1B	Auxiliar de Xotepingo 1B	485269	2137623	Arcilla	3.263E-04	18	55164.277	55175.550	151.166	2.179	Moderada	119	3509	1229.750	Baja
				Arena grava	4.090E+00	18	4.401					Xot-2B	470		
				Grava	3.140E+00	13	4.140					Xot-2B	470		
				Arena	6.954E+00	19	2.732					Xot-2B	470		
Xot-1C	Auxiliar de Xotepingo 1C	485753	2137487	Arcilla	3.263E-04	15	45970.231	45984.145	125.984	2.100	Moderada	119	3754	1060.750	Baja
				Arena grava	4.090E+00	18	4.401					Xot-2B	163		
				Grava	3.140E+00	24	7.644					Xot-2B	163		
				Arena	6.954E+00	13	1.870					Xot-2B	163		
Xot-2A	Auxiliar de Xotepingo 2A	485506	2137170	Arcilla	3.263E-04	16	49034.913	49049.616	134.383	2.128	Moderada	119	3996	1167.750	Baja
				Arena grava	4.090E+00	29	7.090					Xot-2B	225		
				Grava	3.140E+00	23	7.325					Xot-2B	225		
				Arena	6.954E+00	2	0.288					Xot-2B	225		
Xot-2B	Auxiliar de Xotepingo 2B	485650	2137357	Arcilla	3.263E-04	20	61293.641	61305.015	167.959	2.225	Moderada	119	3800	950.000	Baja
				Arena grava	4.090E+00	19	4.645					Xot-2B	0		
				Grava	3.140E+00	13	4.140					Xot-2B	0		
				Arena	6.954E+00	18	2.589					Xot-2B	0		
Xot-2C	Auxiliar de Xotepingo 2C	485925	2137360	Arcilla	3.263E-04	17	52099.595	52112.798	142.775	2.155	Moderada	119	3862	1156.750	Baja
				Arena grava	4.090E+00	19	4.645					Xot-2B	255		
				Grava	3.140E+00	21	6.688					Xot-2B	255		
				Arena	6.954E+00	13	1.870					Xot-2B	255		

Clave	Pozo	X	Y	Litología hasta nivel freático	K (m/d)	bi (m)	C para cada litología (días)	C (días)	C (años)	Log C	Vulnerabilidad	Fuente	Distancia a la fuente mas cercana (m)	Promedio de distancias	Incertidumbre
Xot-3C	Auxiliar de Xotepingo 3C	486194	2137313	Arcilla	3.263E-04	18	55164.277	55176.966	151.170	2.179	Moderada	119	4075	1420.000	Baja
				Arena grava	4.090E+00	24	5.868					Xot-2B	535		
				Grava	3.140E+00	16	5.096					Xot-2B	535		
				Arena	6.954E+00	12	1.726					Xot-2B	535		
Xot-4A	Auxiliar de Xotepingo 4A	485891	2136838	Arcilla	3.263E-04	18	55164.277	55176.599	151.169	2.179	Moderada	119	4420	1850.667	Baja
				Arena	6.954E+00	25	3.595					Xot-2B	566		
				Grava	3.140E+00	27.4	8.727					Xot-2B	566		
Xot-4B	Auxiliar de Xotepingo 4B	486034	2137043	Arcilla	3.263E-04	20	61293.641	61305.262	167.960	2.225	Moderada	119	4280	1433.000	Baja
				Arena grava	4.090E+00	19	4.645					Xot-2B	484		
				Grava	3.140E+00	14	4.459					Xot-2B	484		
				Arena	6.954E+00	17.5	2.517					Xot-2B	484		

8 REFERENCIAS CITADAS

Aller L. et al "Drastic: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings". EPA 600/2-87/035, Junio 1987.

Birkle y Torres "The water balance for the Basin of the Valley of Mexico and implications for future water consumption". Hydrogeology Journal 6: 500-517 pp. 1998.

Bryan, K., 1948. Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos. Bol. Soc. Geol. Mex., XIII, 1-20.

Carrera-Hernández, Jaime Jesús, 2007. Spatio-temporal analysis of aquifer recharge and groundwater potentiometric levels in the Basin of Mexico through the development of a regional database and an open source tool for groundwater flow modeling. Thesis submitted as partial requirement for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Civil Engineering and Applied Mechanics. McGill University. Montréal, Canada. 353 pp.

Carrillo N (1947). Influence of artesian wells in the sinking of Mexico City. Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, Anuario 47. In: Volumen Nabor Carrillo. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, 1969, pp 7-14.

Civita M., De Maio M. (1997) - SINTACS. Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia & Automatizzazione. Vol. 60 - Pitagora Editrice, Bologna 191 pp., 1997.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero (0901) Zona Metropolitana de la Cd. de México. 28pp.

Custodio E. y Llamas M, "Hidrogeología subterránea", 1996. Segunda Edición.

Damon, E. P., M. Shafigullah y F. K. Clark, 1981. Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis. Rev. Inst. Geol. UNAM, 5, 2, 223-238.

De Cserna, Z., C. Fries, C. Rincon-Orta, T. L. Silver, H. Westley, J. Solorio-Munguia y E. Schmitter-Villada, 1974. Datos Geocronométricos Terciarios de los estados de México, Morelos y Guerrero. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol., XXVI, 4-6. 263-273.

Departamento del Distrito Federal (DDF), 1984. Actividades geohidrológicas en el Valle de México. DGCOH. Vol. I, II, III. Elaborado por Lesser y Asoc. S. A.

Doerfliger, N. and Zwahlen, F.: EPIK: a new method for outlining of protection areas in karstic environment, in: International symposium and field seminar on "karst waters and environmental impacts", edited by: Günay, G. and Jonshon, A. I., Antalya, Turkey, Balkema, Rotterdam, 117-123, 1997.

Duffield G. M., AQTESOLV. HydroSOLVE Inc., 2000.

Durazo J, Farvolden R-N (1989). The groundwater regime of the Valley of Mexico from historic evidence and field observations. J Hydrol 112:171-190.

Enciso de la Vega, Salvador, 1992. Propuesta de nomenclatura estratigráfica para la Cuenca de México. Revista del Instituto de Geología de la UNAM. Vol 10, núm. 1. 26-36 pp.

Foster, S.E. y R. Hirata. "Determinación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas". CEPIS-OMS. Lima, Perú, 1991.

Facultad de Ingeniería (FI), UNAM, 2010. Nivel de Riesgo en la Ciudad de México en Función de las Características Hidrogeológicas de la Zona Metropolitana del Valle de México y Fuentes Potenciales y Activas de Contaminación por Hidrocarburos. Proyectos Aprobados en el Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Distrito Federal. Número de proyecto 121128.

Freeze, R. A. and Cherry J. A., 1979. Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 604 pp.

Fries, C., Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México, UNAM. Inst. Geol., vol. 60, 236.

Gogu R. C. y Dasargues A., 2000a. Sensitivity Analysis for the EPIK Method of Vulnerability Assessment in a Small Karstic Aquifer, Southern Belgium. Hydrogeol Jour. Vol 8 no. 3, 337-345 pp.

Gogu, R. C. y Dessargues, A., 2000b. Current Trend and Future Changes in Groundwater Vulnerability Assessment Using Overlay and Index Methods. Environmental Geology, 39 (36), Abril.

Goya Sánchez, Jesica, 2011. Distribución espacial de la vulnerabilidad del acuífero de abastecimiento de la Ciudad de México aplicando la metodología DRASTIC. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería. UNAM. 94 pp.

Hansen R (1990). Lake deposits from Chalco Basin sediment description and first results from the core a/b. In: Abstr Vol Primer Simp El Cuaternario en México. México.

Herrera, I., Martínez, R., and Hernández, G. (1989). Contribución para la administración científica del agua subterránea de la Cuenca de México. Geof. Internacional, 28-2: 297-334.

INEGI, INE "Indicadores de desarrollo sustentable en México". Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática y el Instituto Nacional de Ecología, 2000.

Leyva Suárez, Esther, 2010. Acuíferos semiconfinados y su modelación: aplicaciones al acuífero de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, 231 pp.

Marsal RJ, Mazari M (1959). The subsoil of Mexico City. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, two vol.

Marsal, R. J. and Masari, M., 1959. El subsuelo de la Ciudad de Mexico. Inst. Ing., UNAM., Contrib. Inst. Eng. to the First Panam. Conf. Soil Mech. Found. Eng., 377 pp.

Mooser, F., y C. Molina. 1993. Nuevo Modelo Hidrogeológico para la Cuenca de México. Boletín del Centro de Investigación Sísmica de la Fundación Javier Barros Sierra, México D.F., vol. 3, n. 1, 68-84 p.

Ortega G. Adrian. and farvolden R. N., 1988. Computer analysis of regional groundwater flow and boundary conditions in the Basin of México. Journal of Hydrology, 110 (1989) 271-294 pp.

Ortega-Guerrero M-A, 1993. Origin and migration of pore water and salinity in the consolidating Chalco aquitard, near Mexico City. PhD Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.

Ortega-Guerrero M-A, Farvolden R-N, 1989. Computer analysis of regional groundwater flow and boundary conditions in the Basin of Mexico. J Hydrol 110:271-294.

Puente Palazuleos, Alfredo, 2008. Evaluación de la vulnerabilidad acuífera en la Ciénega de Chapala, Michoacán. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional, IPN, 136 pp.

Ramos Leal J. A., Noyola Medrano C., Tapia Silva F. O., 2010. Aquifer vulnerability and groundwater quality in mega cities: case of the Mexico Basin. *Environ Earth Sci* (2010) 61:1309–1320.

Ramos Leal José Alfredo y Rodríguez Castillo Ramiro, 2002. Aquifer vulnerability mapping in the Turbio river valley, Mexico: A validation study. *Geofísica Internacional*, Vol. 42, Num. 1, pp. 141-156.

Ramos Leal, J. A. 1998b, "Diagnóstico de Impacto Ambiental en Sitios con Fuentes Contaminantes Potenciales o Activas en la Cuenca de México", Memorias. 1er. Seminario del Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM.

Ramos Leal, José Alfredo, 2001. Vulnerabilidad de Acuíferos. Taller I: Protección de acuíferos frente a la contaminación: metodología. Toluca, México.

Rodríguez C. R.; J. A Mejía; Berlín, M. A. Armienta H. y T. González. 2000. Estudio para la determinación del grado de alteración de la calidad del agua subterránea por compuestos orgánicos en Salamanca Gto. CEASG, IGF-UNAM. Reporte Téc. II

Rodríguez C. y Ochoa A., "Estudio geoelectrico del sistema acuífero de la cuenca de México", *Geof. Int.*, 28-2, 1989, pp. 191-205.

SACM (2005). Estudio para obtener la disponibilidad del acuífero de la zona metropolitana de la ciudad de México. Reporte técnico, IMTA.

SARH-CAVM (1981). Boletín de Mecánica de Suelos 1974–1977 (Bulletin of Soil Mechanics). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Comisión de Aguas del Valle de México, México, vol 8.

Sililo, O.T.N., Saayman, I.C. and Fey, M.V. (2001) Groundwater vulnerability to pollution in urban catchments. WRC Report No 1008/1/01, Water Research Commission, Pretoria.

Urrutia-Fucugauchi J, Lozano-García S, Ortega-Guerrero B, Caballero-Miranda M, Hansen R, Böhnelt H, Negen-dank J-F-W(1994). Palaeomagnetic and palaeoenvironmental studies in the southern Basin of Mexico. I. Volcanosedimentary sequence and basin structure of Chalco Lake. *Geofís Int* 33(3):421–430.

Van Stempvoort, D., Ewert, L., and L. Wassenaar, 1992. AVI: A Method for Groundwater Protection Mapping in the Prairie Provinces of Canada. Prairie Provinces Water Board, Regina, Saskatchewan.

Vázquez Sánchez E., Modelo Conceptual hidrogeológico y características hidráulicas del acuífero en explotación en la parte meridional de la cuenca de México, México D.F., 1995.

Vázquez-Sánchez E., Jaimes-Palomera R., 1989. Geología de la cuenca de México. *Geofísica internacional*. Vol. 28, núm. 2. 57pp.

Vrba, J., and Zaporozec, A., 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Association of Hydrogeologists. Vol. 16, 131 pp.