

INF. #18-0721. Pág. 1 de 205.

San José, 19 de noviembre, 2018.

Señores
Caja Costarricense del Seguro Social

Atn.: Arq. Jorge Gómez Duarte
Dirección de Arquitectura e Ingeniería

PROYECTO: Tanque de autoconsumo “Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago”, El Guarco, Cartago.

Estimados señores:

Se presenta el informe denominado “Estudio Hidrogeológico Exhaustivo”; para el tanque de autoconsumo de combustibles de la Nueva sede del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago, ubicado en el distrito de Tejar, cantón de El Guarco, provincia de Cartago, según la contratación directa 2018CD -000013- 4402, la cual es elaborada para la Caja Costarricense del Seguro Social. Este análisis es efectuado en un terreno, con número de plano catastrado C-1526529-2011, con 11 Ha 8883 m² de área, donde se proyecta la construcción del nuevo Hospital de Cartago, que consistente en edificios de uno a nueve niveles.

El trabajo incluye la realización de un estudio hidrogeológico exhaustivo para la instalación del tanque de autoconsumo de hidrocarburos, el cual contiene el análisis geológico local, realización de perforaciones exploratorias en donde se efectúan pruebas de permeabilidad tipo Hvorslev, ejecución de pruebas de porosidad, permeabilidad y clasificación de suelos en campo, construcción de un piezómetro de monitoreo, realización de aforos en los ríos y quebradas. Además, la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación y la determinación del riesgo.

Quedamos a su disposición para cualquier ampliación, aclaración o reunión que estimen conveniente.

Muy atentamente,

CARLOS ALONSO VARGAS CAMPOS
HIDROGEOLOGO

ING. C. EUGENIO ARAYA M.
GERENTE TÉCNICO DE LABORATORIO

FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr



I. TERMINOS DE REFERENCIA

En el **Cuadro a**, se muestran los términos de referencia del SENARA y su ubicación dentro del informe.

Cuadro a. Términos de referencia según SENARA.

Términos de referencia		Página
1	Geología local y regional a escala 1:10.000 con sus respectivos perfiles geológicos.	21
2	Análisis de información existente de pozos, manantiales y captaciones superficiales en base de datos institucionales (MINAET, AyA, SENARA y otras)	28
3	Levantamiento de pozos en el campo: medición de niveles estáticos o dinámicos, diseño de pozos, profundidad, tipo, uso del agua que se extrae. Los pozos se tienen que georeferenciar con algún sistema de posicionamiento global (GPS).	28
4	Levantamiento de manantiales en el campo, se tienen que georeferenciar con algún sistema de posicionamiento global (GPS). Establecer si están captados o no; medición del caudal y el uso del agua.	28
5	Levantamiento de captaciones para uso de abastecimiento público de agua superficial (tomas de ríos y/o quebradas) y la microcuenca en la que se localiza.	28
6	Determinación in situ de las siguientes características hidráulicas del suelo: textura (clasificación del suelo), conductividad hidráulica, porosidad, evidencias de niveles freático sub-superficiales (para cada caso el geólogo evaluador definirá la cantidad a realizar)	31
7	Realizar perforación exploratoria para determinar localmente la estratigrafía y características hidráulicas de la zona de interés. Se tiene que describir los materiales perforados y realizar pruebas de conductividad hidráulica (para cada caso el geólogo evaluador definirá la cantidad, especificación y tipo de perforación a realizar)	40
8	Análisis de aguas (bacteriológico, fisicoquímico, orgánicos o pesticidas)	203
9	Aforos de ríos (influencia - efluencia)	41
10	Realizar un modelo hidrogeológico conceptual que incluya: Tipo de acuíferos, espesor de los acuíferos, parámetros hidráulicos de los acuíferos, nivel freático o piezométrico, curvas equipotenciales del agua subterránea, dirección del flujo del agua subterránea, cálculo del gradiente hidráulico.	53
11	Determinación del tiempo de tránsito en la zona no saturada y en la zona saturada en función del gradiente hidráulico hacia un punto de control, que puede ser un pozo, manantial, río o quebrada.	58

FUNDADA EN 1963

INF. #18-0721. Pág. 3 de 205.

12	Realizar las respectivas zonas de captura o protección de los pozos y manantiales levantados en el campo (de consumo humano). La zona de protección absoluta es definida para un tiempo de tránsito de 100 días, la zona intermedia para un tiempo de tránsito de 5 años.	59
13	Análisis de la Vulnerabilidad Hidrogeológica	60, 61
14	Análisis de amenaza: cargas contaminantes, características de los efluentes potenciales esperados del proyecto y clasificación de toxicidad, persistencia y movilidad de estos	60
15	Análisis de recarga	61
16	Riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales debido a los efluentes potenciales del proyecto y elaboración de la matriz de evaluación de riesgo	63
17	Declaración jurada de los estudios entregados	4

1.- DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL:

Por medio de la presente, yo Carlos Alonso Vargas Campos, portador de la cédula de identificación N° 1 - 0952 - 0531, geólogo colegiado N°271, con especialidad en hidrogeología y geotecnia, declaro bajo fe de juramento y advertido de las consecuencias que con lleva el falso testimonio que, la información técnica y científica refrendada en este informe es cierta y verídica y la misma cumple con los lineamientos técnicos y científicos que la buena práctica y la ética establecen y los mismos fueron aplicados en el trabajo que se realizó para este proyecto en el área específica de análisis.

Firmo en San José, el día 19 de noviembre del 2018.

Geo. Carlos A. Vargas Campos.
CGCR N°271
CI-081-2002-SETENA

2.- CUADRO DE CONTENIDO

I. TERMINOS DE REFERENCIA.....	2
1.- DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL:	4
2.- CUADRO DE CONTENIDO	5
3.- INTRODUCCION:	6
4.- METODOLOGIA:	7
Trabajo realizado.	18
5.- RESULTADOS.	18
5.1. Descripción del proyecto.	18
5.2. Geología local y regional.	20
5.3. Información preexistente en bases de datos institucionales.....	27
5.4. Levantamiento de fuentes de agua en campo.	27
Características hidráulicas de la zona no saturada.	30
5.5. Perforación exploratoria y construcción de piezómetro.	39
5.6. Aforos de ríos (influencia – efluencia)	40
5.7. Resistividad eléctrica.	45
5.8. Refracción sísmica.....	51
5.9. Modelo hidrogeológico conceptual.	52
5.10. Tiempo de tránsito de contaminantes.	57
5.11. Zonas de captura o protección de los pozos y manantiales.	58
5.12. Análisis de la vulnerabilidad Hidrogeológica.	59
5.13. Análisis de amenaza	59
5.14. Análisis de recarga	60
5.15. Riesgo de afectación a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas.	62
6. CONCLUSIONES	65
7. REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	67

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO EXHAUSTIVO

PROYECTO: “NUEVO HOSPITAL Dr. MAXIMILIANO PERALTA JIMÉNEZ DE CARTAGO”.

3.- INTRODUCCION:

El agua es un recurso natural indispensable para la vida, el cual se cree llegó a nuestro planeta por medio de una cantidad infinita de asteroides cargados de cristales hidratados con H₂O, a principios de la formación de nuestro planeta, hace 3900 millones de años. Este suceso constituyó uno de los pilares fundamentales para el sostenimiento de la vida en la Tierra. Este suceso y la constitución de la atmósfera primitiva, generó lo que hoy conocemos como ciclo hidrológico, el cual se refiere al movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera, a través de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los sistemas fluviales. Este ciclo, posee ciertas fases, entre las que están la evaporación, la condensación, la precipitación, la escorrentía, la retención, la intercepción y la infiltración. Esta última etapa, se convierte en el inicio del movimiento y formación del agua subterránea, constituyendo los acuíferos que son una fuente indispensable de agua para consumo humano en la actualidad, en todas las culturas y sociedades en el mundo.

La comprensión del comportamiento de este líquido y su distribución en la superficie terrestre, tanto mediante el flujo de las aguas superficiales como subterráneas, forma las ramas de la hidrología e hidrogeología, las cuales se encargan de este tipo de estudios.

La evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo forma parte del conocimiento previo a un manejo eficiente de cualquier actividad, obra o proyecto que se proponga al ser humano. El SENARA mediante la creación de la matriz genérica de protección de acuíferos tanto para actividades agropecuarias, industriales y urbanísticas, ha buscado la estandarización de las condiciones requeridas para poder evaluar ese riesgo hacia los acuíferos. Esta evaluación del riesgo debe efectuarse mediante la elaboración de un estudio hidrogeológico exhaustivo, el cual conlleva una serie de actividades y apartados a analizar. En nuestro país, se cuenta con una base de información de fuentes de agua en los archivos del SENARA, Dirección de Aguas del MINAE y AyA; además de toda la información bibliográfica que se puede encontrar en publicaciones y otras instituciones. Aun así, la complejidad hidrogeológica de cada sitio provoca la necesidad de generar información base para cada proyecto, con la cual se debe evaluar el riesgo a la contaminación de acuíferos.

Nuestra empresa fue contratada para efectuar un estudio hidrogeológico exhaustivo según la contratación directa 2018CD -000013- 4402, la cual fue elaborada en su momento para la Caja Costarricense del Seguro Social, y luego de aprobada fue entonces cuando se procedió a programar los trabajos de campo. Estos fueron efectuados en un terreno ubicado en el distrito de Tejar, cantón El Guarco y provincia de Cartago, con número de plano catastrado C-1526539-2011, con 11 Ha 8883 m² de área, donde se proyecta la construcción del nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago consistente en edificios de uno a nueve niveles.

4.- METODOLOGIA:

El trabajo se trata de la realización de un estudio hidrogeológico exhaustivo que consiste en la descripción de las condiciones geológicas regionales y locales, levantamiento de afloramientos, análisis hidrogeológico y recopilación de información hidrogeológica de pozos, interpretación de la información de las bases de datos institucionales de SENARA, Dirección de Aguas y del AyA, estratigrafía local del sitio mediante la perforación por medio del método de rotación sacanúcleos y construcción de piezómetros, características geológicas de los materiales, determinación de la permeabilidad del sitio con pruebas tipo Hvorslev efectuadas en la perforación, realizar el cálculo de tránsito de contaminantes patógenos según uso de suelo urbano, realización de aforos en el río, levantamiento de pozos, manantiales y captaciones en el campo; efectuar análisis de aguas, análisis de vulnerabilidad hidrogeológica, de amenazas, de recarga y riesgo.

La metodología y el proceso de elaboración de este estudio consiste en tres actividades relevantes, las cuales son: a) la búsqueda de información bibliográfica y bases de datos, b) levantamiento de información de campo, c) ejecución de ensayos y muestreos en el sitio de estudio y d) realización de mapas y redacción del informe.

Las fases de investigación y trabajo son las siguientes:

- **Fase I:** Describir la zona de estudio, la propiedad en análisis y el proyecto que se pretende construir, así como datos específicos del diseño del mismo.
- **Fase II:** Recopilar toda la información bibliográfica regional relacionada con la zona de estudio como la geología regional, mediante el uso de la información de tesis, campañas geológicas, trabajo de curso, publicaciones y mapas geológicos, con depuración e inventariado de la información de la base de datos con los expedientes del archivo nacional de pozos del SENARA, Dirección de Aguas y AyA.
- **Fase III:** Levantamiento de información de campo y mapeo geológico local con elaboración de los mapas geológicos 1: 10 000 o de mayor detalle y análisis de información de pozos, nacientes y fuentes de agua.
- **Fase IV:** Realización de ensayos y muestreo en campo tal como perforación de piezómetros con ejecución de ensayos de permeabilidad y porosidad en el mismo, pruebas de permeabilidad y porosidad en la capa superior, aforos en el río más cercano, ensayos de geofísica, muestreo de suelos y agua.
- **Fase V:** Realización de un modelo hidrogeológico detallado mediante la construcción de perfiles hidrogeológicos y el análisis de toda la información recabada para la zona de estudio, incluyendo los resultados de la perforación y otros datos in situ., estableciendo el comportamiento de los acuíferos existentes en la zona.
- **Fase VI:** Calculo del tiempo de transito de contaminantes.
- **Fase VII:** Construcción del análisis de vulnerabilidad mediante el método GOD en el acuífero existente en la zona de estudio.
- **Fase VIII:** Delimitación de zonas de captura de pozos y manantiales presentes en los alrededores del proyecto.
- **Fase IX:** Definición del riesgo a la contaminación basado en parámetros de vulnerabilidad y recarga.
- **Fase X:** Conclusiones y recomendaciones.

Metodología del análisis geológico

El análisis geológico se ha efectuado por medio de la elaboración de una columna estratigráfica descriptiva de los primeros 30 m de profundidad de un sitio, actividad, obra o proyecto.

* Búsqueda de información geológica regional en bibliografía existente correlacionada con la geología local identificada mediante mapeo de campo. Se debe utilizar la cartográfica a escala 1:50 000 existente, o 1:450 000 en su defecto.

* Realización de un mapa de afloramientos de roca o suelos en al menos 1 kilómetro alrededor de la zona de estudio. En casos donde existe muy poco afloramiento, debe extenderse esta área a 2 o más kilómetros.

* Elaboración de un mapa geológico local a escala 1:10 000 de un kilómetro cuadrado alrededor del proyecto. La escala de las curvas de nivel tiene que ser a 1:10 000 en las zonas donde la información está disponible y a 1:25 000 cuando en el sitio de estudio no exista información a escala 1:10 000; la misma tiene que ser indicada en los mapas impresos. Se tiene que utilizar la proyección geográfica Costa Rica Lambert Norte o CRTM 05 en caso de que exista la cartografía oficial por parte del IGN.

* Confección de al menos 2 perfiles geológicos locales que atraviese el área de proyecto, con sus respectivas escalas horizontal y vertical, orientación, identificación y simbología.

* Diseño de una columna estratigráfica de 30 m de profundidad (Mínimo), con sus respectivas descripciones litológicas, espesores y correlación con las formaciones geológicas regionales.

Metodología de perforación

Las perforaciones realizadas se llevaron a cabo por medio del sistema de rotación con broca de diamante de acuerdo a la norma internacional ASTM D-2113 (Instrucción de Ensayo IE-32*), para de esa forma lograr extraer núcleos de los materiales a los cuales se les efectuó la respectiva descripción litológica y se llevó el registro del porcentaje de recuperación, así como de RQD. La máquina perforadora proporciona la potencia rotatoria y la fuerza descendente (o de avance) o de retracción en el sacanúcleos para poder extraer el núcleo de la roca. Los equipos preferidos de sacanúcleos de diamante, están diseñados con vástago hueco con cabezales rotatorios, de velocidad variable hidráulica o de engranaje, aunque algunos sacanúcleos son fabricados con sistemas de engranaje o de cadena para inserción y retracción. Un control preciso sobre la presión que ejerce la broca puede llevarse a cabo de la mejor manera por medio de un sistema hidráulico de inserción y retracción de ajuste variable.

Los sistemas hidráulicos están equipados a menudo con válvulas de retención que permiten el ajuste de la velocidad de la alimentación descendente (o avance) sin importar el peso de la herramienta o la presión descendente ejercida sobre la broca del sacanúcleos.

Las perforadoras de alimentación hidráulica están equipadas con un medidor de presión hidráulica que puede estar relacionado con presiones en las brocas. Las perforadoras de orificios profundos están equipadas con controles de retención hidráulica, de manera que, si se requiere, no se aplique el peso total de los vástagos de perforación sobre la broca al hacerse una perforación vertical. Las perforadoras con broca de diamante pueden aplicar altas velocidades de rotación, de hasta 1000 rpm, en contraste con las perforadoras corrientes que operan de 60 rpm a 120 rpm. La mayoría de las perforadoras sacanúcleos de broca de diamante están equipadas con un mástil (Fig. 4.1) y un sistema de elevación motorizado para izar sartas pesadas de tubería. Un segundo elevador de cable de acero es útil en perforaciones con "wire-line".

Se determina el acceso al sitio y la disponibilidad del agua para la operación de perforación. Se debe inspeccionar alrededor del sitio de la perforación para ver si hay obstrucciones o peligros aéreos, tales como líneas eléctricas, antes de izar el mástil. También se requiere una inspección de redes subterráneas y demás servicios públicos antes de la perforación, para evaluar peligros.

Se construye la losa y se ensambla la plataforma para la máquina perforadora. El tipo de plataforma dependerá del terreno encontrado, de la profundidad estipulada del orificio de perforación y de la accesibilidad al sitio. Para operaciones basadas en fluidos de agua, se posiciona un foso de lodo para recoger y filtrar el flujo de retorno. Una cantidad inicial de fluido de perforación es mezclada, usando generalmente el foso de lodo como el reservorio principal para la mezcla.

Se reviste cualquier intervalo en la parte inicial del orificio de perforación que penetre el terreno de recubrimiento, para evitar que caiga material suelto en el orificio perforado o haya pérdida del fluido del taladro. La tubería de revestimiento debe extenderse a través del terreno de recubrimiento, por lo menos 3,0 m dentro de la roca.

Puede omitirse la tubería de revestimiento si el orificio puede permanecer abierto sin derrumbarse. Se pueden requerir revestimientos más profundos o acoplados para facilitar la adecuada circulación del fluido del orificio de perforación y control del hueco. Se deben mantener y documentar registros de las longitudes del revestimiento (s) y los intervalos de profundidad.

Se comienza la perforación empleando un tomamuestras de tubo doble giratorio de tamaño N u otro tipo aprobado para esta licitación. Se continúa la perforación de los núcleos hasta que ocurra un bloqueo de los mismos o hasta que la longitud neta del tomamuestras haya sido perforada. Se remueve el tomamuestras del hueco y se desarma si fuere necesario, para extraer el núcleo. Se vuelve a armar y se retorna el tomamuestras al hueco. Se reinicia la toma de los núcleos.

INF. #18-0721. Pág. 10 de 205.

Se coloca el núcleo recobrado en la caja de núcleos con el extremo superior (superficie) del núcleo, en la esquina izquierda de la caja y se continúa el almacenamiento de núcleos con marcadores y espaciadores apropiados. Se deben emplear bloques espaciadores debidamente marcados, para indicar cualquier vacío notorio en un núcleo recobrado que puede indicar un cambio o un vacío en la formación. Se colocan las piezas y fragmentos en la misma forma como se presentarían en la naturaleza. Se detiene la perforación de núcleos cuando se encuentren materiales blandos que produzcan menos del 20% de recuperación.

La estructura subyacente a la superficie, incluyendo la inclinación de los estratos, la ocurrencia de grietas, fisuras, cavidades y áreas fracturadas, se hallan entre los renglones más importantes que deben ser detectados y descritos. Se debe tener especial cuidado de obtener y registrar la información acerca de estos hechos. Si las condiciones no permiten el avance continuo de la perforación de núcleos, el hueco deberá cementarse y perforarse nuevamente o revestirse con el casing, de diámetro superior.

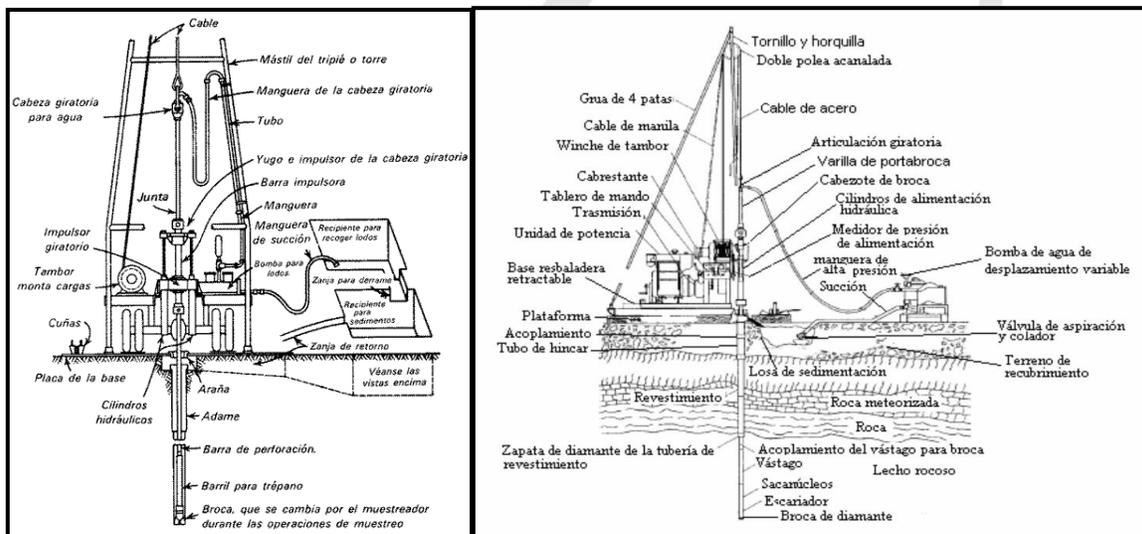


Figura 4.1. Esquema del proceso de perforación

Pruebas de permeabilidad

Las pruebas Hvorslev son ensayos realizados dentro de la perforación para determinar la permeabilidad, contra-fondo de la perforación provocando el bloqueo del equipo de perforación (broca y barril sin alma). Una vez el material haya sido introducido dentro del barril y la broca, se rellena con agua toda la sarta de perforación y con un "chimbo" con una entrada y una salida se mantiene el nivel constante. La configuración de Hvorslev (1949) puede utilizarse con una serie de dispositivos para medir la permeabilidad de los suelos de manera in situ. Estas pruebas se realizan bajo ciertos supuestos como que el suelo en contacto con la boca del tubo es de profundidad indefinida e isotropía direccional, el suelo no se encuentra alterado, no presenta segregación, hinchamiento o consolidación, no existe sedimentación ni arrastres, además hay ausencia de aire o gas en el suelo, no se dan pérdidas importantes en los tubos. La clasificación de los valores de permeabilidad se realiza basándose en la clasificación según Terzaghi y Peck (1967).

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

Castro & DeLaTorre
INGENIEROS CONSULTORES

Pruebas de infiltración (Metodología Porchet)

Las pruebas de infiltración consisten en la medición de la capacidad del terreno para filtrar el agua, se excava un cilindro de radio r y determinada profundidad la cual puede variar entre 0,5 m y 1 m, se llena de agua y se toman medidas durante un intervalo de tiempo correspondiente con 120 minutos a intervalos variables entre mediciones. De esta manera se cuantifica la capacidad de infiltración del terreno donde se realiza la prueba y su capacidad la transmisión del líquido.

Pruebas de porosidad efectiva

La porosidad de una roca puede estar formada por los intersticios que dejan los granos, por cavernas, o por grietas/fracturas, que llegan a intercomunicarse, algunas veces a largas distancias. Las formaciones o unidades geológicas pueden poseer una porosidad constituida por una o varios de los tipos mencionados. La porosidad se refiere al volumen de vacíos que posee la roca, y la porosidad efectiva, a la relación del porcentaje de esos vacíos que poseen conexión.

La porosidad efectiva se calcula mediante la selección de secciones de núcleos de roca extraídos de la perforación con longitudes medias entre 5 cm - 7 cm, los cuales son secados en horno a 104° C, y luego saturados con inyección de volúmenes de agua conocidos. Calculando por las dimensiones de cada sección de núcleo de roca, se puede calcular la porosidad. Si posteriormente se deja drenando el agua inyectada y se puede cuantificar la misma, se logra determinar la retención específica y con esta se deriva la porosidad efectiva.

Metodología geofísica

La metodología de trabajo consistió en realizar Sondeos Eléctricos Verticales con un arreglo electródico tipo Schlumberger, a lo largo de perfiles levantados en el campo. De acuerdo con Telford et al (1990), el método consiste en 4 electrodos que se ubican sobre el terreno de manera lineal, y en donde dos de ellos inyectan corriente al terreno en los extremos (A y B) y los otros dos (M y N) permiten medir la diferencia de potencial que dicha corriente genera en el subsuelo.

Usualmente la corriente penetra en el terreno a través de dos electrodos y se mide la caída de potencial entre un segundo par de electrodos situados entre los anteriores y alineados con ellos. A partir de los valores medidos de la intensidad de corriente inyectada al terreno, de la caída de potencial y de la separación entre los electrodos, puede determinarse el valor de una nueva magnitud: la resistividad aparente. Si el subsuelo es homogéneo, el valor así obtenido coincide con la resistividad verdadera del subsuelo, pero, de no ser así -subsuelo no homogéneo, como sucede generalmente- el valor obtenido depende de las resistividades de las distintas formaciones que atraviesa la corriente.

En el sondeo eléctrico vertical (SEV), el espaciamiento entre los electrodos aumenta mientras se mantiene fija la localización del centro del arreglo electrodico. Debido a que la profundidad de investigación normalmente aumenta al incrementar el espaciamiento de los electrodos, podemos decir que se prefiere el sondeo (SEV) cuando se desea conocer cómo varía la resistividad del subsuelo en función de la profundidad. Un set completo de datos continúa el patrón establecido en la figura de SEV usando de 10 a 40 valores, dependiendo de la profundidad de investigación deseada, de la topografía y del tamaño del área investigada. El análisis de la variación del valor de la resistividad aparente para distintas separaciones interelectródicas permite obtener interesantes conclusiones acerca de la estructura del subsuelo.

Los electrodos se instalan de tal manera que se logre generar una diferencia de voltaje entre ellos como consecuencia de la inyección de corriente. Los electrodos de inyección de corriente están señalados como A y B mientras que los electrodos de Voltaje se indican como M y N (Fig. N° 4.2), al inyectarse corriente al terreno se crea una diferencia de potencial entre los electrodos M y N. Conforme los electrodos de inyección se van separando de forma simétrica, la densidad de corriente en la superficie disminuye de modo que es necesario abrir los electrodos de voltaje. Este procedimiento se repite hasta alcanzar la profundidad de prospección deseada y de esta manera, se obtienen una serie de lecturas de resistividad aparente, que finalmente conforman el gráfico del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

La corriente va alcanzando más profundidad conforme los electrodos de corriente se abren; de esta manera, la corriente va abandonando poco a poco las capas superficiales y progresivamente ingresa a las capas inferiores (Fig. 4.3).

Precisamente es por este motivo que el gráfico final del sondeo se basa en lecturas de resistividad aparente, pero las interpretaciones hechas por medio del software específico generan resistividades absolutas. Finalmente, la información recopilada se incorpora al software, que mediante un algoritmo matemático genera un modelo geofísico de capas geoelectricas que se asocian posteriormente a las existentes u observadas en el sitio (Fig. 4.3).

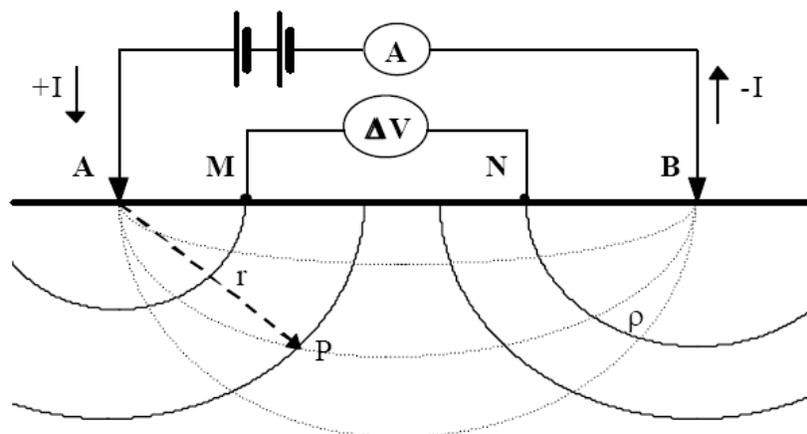


Figura 4.2: Esquema de la ejecución del sondeo eléctrico vertical/SEV.

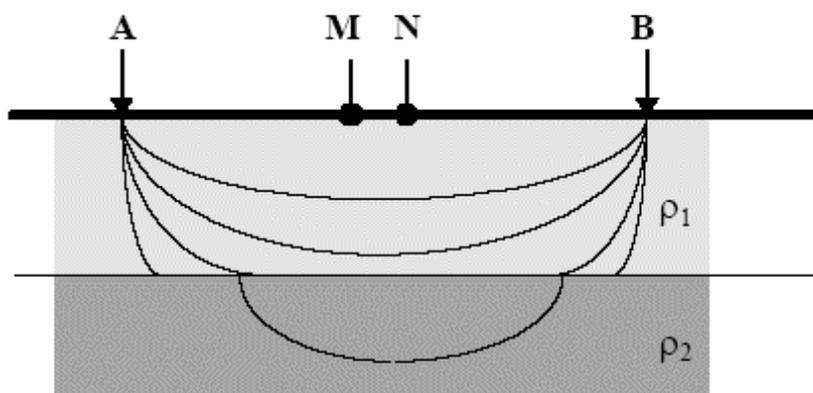


Figura 4.3: Esquema de la penetración progresiva de la corriente a las capas inferiores.

La parte inicial del procesamiento de datos consiste en trabajar los datos topográficos para establecer la ubicación de los sondeos. Posteriormente los datos de campo se sometieron a una depuración para eliminar malas lecturas, ruido o señales parásitas de los datos. Luego se procede a graficar los perfiles de resistividad aparente para comprobar su comportamiento y para analizar el efecto de la depuración. Por la naturaleza del método y gran variabilidad de los valores de resistividad, todo este análisis se lleva a cabo utilizando escalas logarítmicas. La etapa final de procesamiento consiste en efectuar la inversión de los datos. La etapa final de procesamiento consiste en efectuar la inversión de los datos. Para esto se ha utilizado el programa IPI2Win®.

La conducción eléctrica en la mayoría de las rocas es esencialmente electrolítica. Esto es debido a que las rocas -sus granos- son aislantes en sí, por lo que la conducción eléctrica se realiza a través del agua intersticial que normalmente contienen y que siempre tiene, en mayor o menor grado, sales disueltas que la hacen conductora. Por consiguiente, la resistividad de una formación será función de su contenido en electrolitos, que a su vez depende de la porosidad efectiva de la roca y del índice de saturación.

Hay que señalar que la resistividad de cualquier formación varía entre amplios límites, no sólo de una zona a otra, sino incluso dentro de una misma zona. Esto es particularmente cierto cuando se trata de formaciones superficiales no consolidadas. No existe una ley general que correlacione litología con resistividad. No obstante, pueden establecerse criterios de tipo general.

La interpretación de un SEV consiste en determinar el espesor de los diferentes estratos geoelectricos y su resistividad verdadera. Una segunda etapa de la interpretación consiste en asociar, de acuerdo con la estratigrafía del lugar, una litología a los valores de resistividad obtenidos. La esencia de una buena interpretación geoelectrica se basa en el conocimiento de la geología y estratigrafía de la zona, incluso otra información adicional de tipo geomorfológica, hidrológica, hidrogeológica y geotécnica, pueden ser valiosas para la plena concepción geoelectrica del sitio en estudio.

Metodología de medición de caudales

La medición de caudales en ríos y quebradas se ha efectuado mediante la ecuación que dice que el caudal es equivalente a la velocidad del agua por el área de la sección transversal, de la siguiente manera:

$$Q = A \cdot V$$

Dónde: Q = Caudal (m³/s)
A = Área Transversal del Cauce (m²)
V = Velocidad (m/s)

Para lograr la adecuada medición del caudal se debe construir las secciones transversales del cuerpo de agua, colocando una cuerda y una cinta métrica de largo alcance para efectuar mediciones de profundidad del agua y longitud del cauce, tomando como punto de referencia la margen derecha del cauce en el sector donde el agua toca el borde de la riberia del cuerpo de agua. Posteriormente, de ese punto de referencia se mide una longitud igual a la unidad (1 m) y el centro de esa longitud se coloca el correntómetro (molinete) para medir la velocidad del agua, efectuando la cantidad de mediciones que sean necesarias hasta alcanzar la otra margen del cauce (Fig. 4.4).

El correntómetro modelo FLOWATCH, que es el equipo utilizado para la medición de velocidad del flujo de agua, también conocido como molinete, es fabricado por la compañía JDC Instruments con base en Suiza, este equipo consta de tres hélices que permiten según la configuración medir velocidades de 0.1 a 24 m/s, según sea el caso de quebradas o ríos de mediana envergadura (Fig. 4.4)

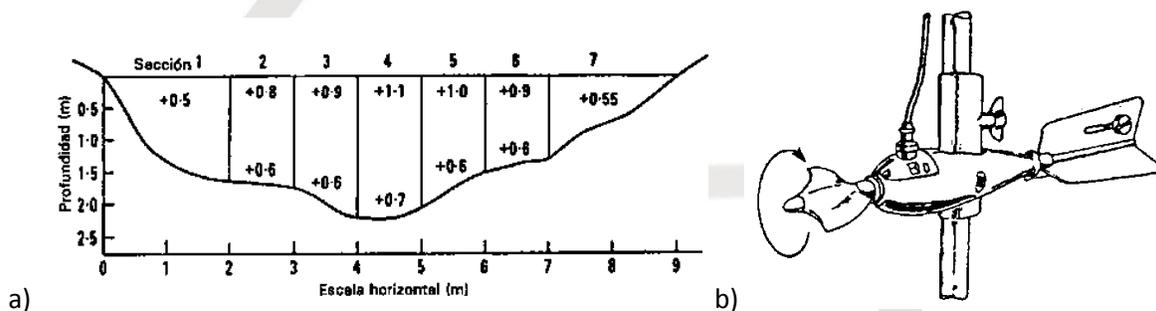


Figura 4.4: Correntómetro FLOWATCH.

Metodología del análisis de tránsito de contaminantes

Para determinar los tiempos de tránsito de los flujos de agua a través del subsuelo se considerase han utilizado "Normas para el cálculo de tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea" del AyA (Rodríguez, 1994)

Estas normas establecen los siguientes supuestos:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Cuando el medio este constituido por brechas lávicas o fisuras se considera una porosidad de 0.1
- Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural (lavas), el tiempo total (vertical en la zona no saturada más el horizontal en la zona saturada) mínimo requerido para el análisis es de 100 y no de 70 días.

Por lo tanto, los tiempos de tránsito para la eliminación de bacterias en las zonas saturada y no saturada dependen del espesor de los mantos rocosos, sus características hidráulicas y litológicas. El tiempo de tránsito del flujo vertical (t) en la zona no saturada, bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$t = (b \cdot \theta) / k$$

Donde:

- b = espesor de la zona no saturada en metros
- θ = porosidad efectiva en la zona no saturada
- k = conductividad hidráulica vertical

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA, para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece que si los tiempos de transito verticales demuestran que las bacterias alcanzan se debe utilizar la siguiente fórmula para definir el desplazamiento horizontal que se mueven la mismas en el acuífero:

$$T = (d \times \theta) / (K \cdot i)$$

Donde:

- d = corresponde a la distancia horizontal de desplazamiento de las bacterias
- θ = valor de la porosidad
- K = conductividad hidráulica del acuífero
- i = gradiente hidráulica

Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos

Para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca se pueden utilizar varias metodologías, entre ellas se citan, GOD, Drastic, Epik, SINTACS, AVI y otros más, y su utilización depende del medio hidrogeológico y de la información disponible. La más utilizada en Costa Rica es el método GOD, por la facilidad en su aplicación, por el tipo de datos que se requiere y que están disponibles. Sin embargo, otras metodologías se pueden aplicar según los casos.

El realizar la valoración de la vulnerabilidad intrínseca por medio de la metodología GOD (Foster e Hirata, 2002), u otro método, depende de las características de la zona no saturada y el tipo de acuífero modelado a nivel local (SENARA realizará la comparación de métodos y la asignación de categorías).

El método de GOD (Foster, 1987, Foster & Hirata, 1991, Foster & Agüero, 2000) trata de ser simple y sistemático. Éste se considera el primer paso para la determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas con el fin de establecer prioridades. Para analizar la vulnerabilidad del acuífero el método GOD considera la interacción de tres parámetros: ocurrencia de agua subterránea, la profundidad al acuífero y el sustrato litológico. Cada uno de estos parámetros tiene un valor y el producto de ellos indica la vulnerabilidad de contaminación del acuífero.

Este es un método empírico en el que es posible establecer la vulnerabilidad relativa del acuífero, como una función entre la inaccesibilidad hidráulica de la zona no saturada desde el punto de vista de la retención física y la reacción química con los contaminantes. Es importante conocer que la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas depende principalmente de (Foster & Hirata, 1991):

- ❖ Las características hidráulicas de las rocas y los suelos.
- ❖ El tipo de acuífero (libre, confinado, semiconfinado)
- ❖ La profundidad del nivel freático.

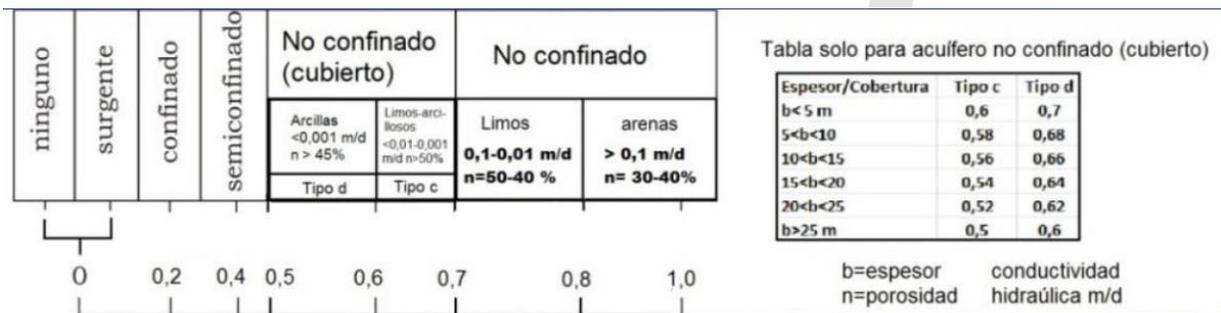
Los factores que considera el método son: La profundidad del nivel del agua, el tipo de sustrato litológico y la ocurrencia del agua subterránea o confinamiento del acuífero. El método se basa en la asignación de índices entre 0, 1 y 3 variables que son las que nominan el acrónimo:

- G (ground water occurrence - tipo de acuífero).
- O (overall aquifer class - litología de la cobertura).
- D (depth - profundidad del agua o del acuífero).

A cada una de estas fases le son asignados valores entre cero y uno, y el producto de los valores se compara con los datos de la metodología, dando el grado de vulnerabilidad. Entre más cercano a uno es el valor del índice de vulnerabilidad, más desfavorable es la condición del acuífero.

Ramírez (2013), ha efectuado una modificación del método GOD para que el parámetro de ocurrencia del nivel freático o tipo de acuífero logre ser menos subjetivo, estableciendo una clasificación de acuerdo con las condiciones de los materiales de cobertura (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Detalle de la diferenciación de parámetro sobre el tipo de acuífero



FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

Metodología para la caracterización de la recarga

La recarga se trata del movimiento del agua a través del suelo, de la zona no saturada o de zonas preferenciales (fracturas, fallas, ríos, quebradas, lagos, drenajes u otras), que llega a formar parte del flujo de agua subterráneo.

Las áreas donde ocurre el proceso de recarga principalmente es lo que se denomina como área de recarga acuífera, la cual involucra muchos aspectos relacionados con la geología, la geomorfología, climatología y características físicas, biológicas de los suelos y rocas.

Las zonas se pueden clasificar en al menos tres categorías de recarga (alta, media, baja) y dependen de las características de cada zona.

En los casos que no se cuenta con mapas de recarga aprobados por el SENARA, se debe considerar una condición de Recarga Potencial Alta o determinar la recarga potencial a nivel puntual utilizando la metodológica de balance de humedad de suelos desarrollado por Schosinsky (2006).

La definición de nivel de recarga acuífera para un sitio específico, se designa según los siguientes parámetros.

- Alta recarga: Cuando el valor de la recarga potencial en el sitio del proyecto corresponde a un valor > de 25 % de la precipitación media anual de la zona.
- Media recarga: Cuando el valor de la recarga potencial para el sitio corresponde a valores entre 10 % y 25 % de la precipitación media anual de la zona.
- Baja recarga: Cuando el valor de la recarga potencial para el sitio corresponde a valores < a 10% de la precipitación media anual de la zona.

Metodología para la caracterización del riesgo

De acuerdo con Guía metodológica para la aplicación de la Matriz Genérica de Protección de Acuíferos (SENARA, 2017), la caracterización del riesgo debe efectuarse valorando y calificando los parámetros de afectación por recarga y por vulnerabilidad.

La nueva Matriz Genérica de Protección de Acuíferos, es un instrumento técnico para regular la aplicación de medidas de protección al recurso hídrico subterráneo en la planificación territorial y a la ejecución de distintos proyectos que pueden tener un impacto en el recurso hídrico subterráneo, por lo que la matriz es detallada en los rangos de evaluación de los factores de amenaza, vulnerabilidad y recarga.

La Matriz Genérica de Protección de acuíferos considera los criterios de riesgo de los recursos hídricos, vulnerabilidad a la contaminación, susceptibilidad a la recarga y amenaza a la contaminación, dado por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \text{Riesgo (a la Calidad)} &= \text{Vulnerabilidad a la contaminación} \times \text{Amenaza} \\ \text{Riesgo (a la Cantidad)} &= \text{Susceptibilidad a la recarga} \times \text{Amenaza} \end{aligned}$$

Trabajo realizado.

Este informe ha sido efectuado mediante la recopilación de información de campo de ensayos realizados en sitio junto con bibliográfica adicional. El trabajo de campo fue realizado por tres cuadrillas de perforación con las máquinas de rotación Comachio 305, Beretta T4 y TMG STR183. Se efectuaron perforaciones a rotación y SPT, construcción de piezómetros, ensayos de permeabilidad Hvorslev, Porchet y doble anillo, toma de muestras de suelos, SEVs (sondeos Eléctricos Verticales) y Refracción Sísmica (Fig. 4.1.1).



Figura 4.1.1. Imagen del proyecto con la ubicación de todos los ensayos realizados.

5.- RESULTADOS.

5.1. Descripción del proyecto.

El proyecto se trata del Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago.

El proyecto es denominado NUEVO HOSPITAL Dr. MAXIMILIANO PERALTA JIMÉNEZ DE CARTAGO, cuyo propietario es la Caja Costarricense del Seguro Social; representada por el señor Presidente Ejecutivo de la CCSS, doctor Román Macaya Hayes, portador de la cédula de identidad, número 9-086-900.

La propiedad donde se desarrollará el proyecto tiene un área total de 118883 m²; 11,8883 Ha, según plano de catastro número C-1526529-2011 (ANEXO 1). La ubicación administrativa de la misma corresponde al distrito Tejar, cantón El Guarco, provincia de Cartago; según coordenadas geográficas CRTM05 1088334 Norte y 504949 Este, hoja cartográfica Istarú I.G.N., escala 1:50000 (Figura 5.1.1).

El proyecto se define arquitectónica, espacial y perceptualmente como un conjunto hospitalario de áreas que se vinculan y se jerarquizan, generando espacios con personalidad a través de su funcionalidad y utilidad social. La planta de conjunto está conformada por 9 edificaciones, calles internas, andenes, patio de maniobras, áreas verdes y sistemas electromecánicos de apoyo al complejo hospitalario, el cual posee dos accesos viales, uno al costado norte que comunica directamente con la ruta nacional número 2 y el otro al costado oeste también sobre carretera asfaltada que conecta con el Barrio Purires, que permitió la proyección de una vía interna vehicular con su respectivas cunetas, aceras y señalización vertical y a nivel de piso, para que sea utilizada por parte de los diferentes vehículos institucionales que dan soporte a los distintos servicios de apoyo del complejo hospitalario. Además, de esta calle o vía principal interna, se han diseñado área de parqueos, área de maniobras, calle paralela al costado norte, todos los accesos viales al costado norte y oeste.

El proyecto consta de edificios de 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9 niveles. El área total de edificios es de 69 015,391 m²; la superficie asfáltica tiene un total de 26 196,1379 m² y las zonas verdes componen un total de 23 671,4711 m² (Fig. 5.1.2).

El proyecto dispondrá de todos los servicios básicos necesarios para su operación. El servicio de agua potable y eléctrico lo brindará la empresa que administra el recurso en la zona, en este caso JASEC; sin embargo, se pretende realizar la tramitología para abastecer el proyecto de manera independiente por medio de un pozo perforado.

Por otra parte, el servicio de recolección de desechos sólidos será brindado por la municipal de El Guarco, aunque el centro hospitalario contará con un proceso de gestión ambiental que disminuirá el consumo y buscará otros métodos de tratamiento de los desechos. Las aguas residuales serán tratadas por medio de planta de tratamiento (PTAR) y se contará con una laguna de retención de aguas pluviales.

El estudio se realiza para analizar el riesgo de contaminación por la existencia de un tanque de autoconsumo de combustibles, para el mantenimiento de un generador eléctrico, en caso de que el flujo eléctrico se pierda.

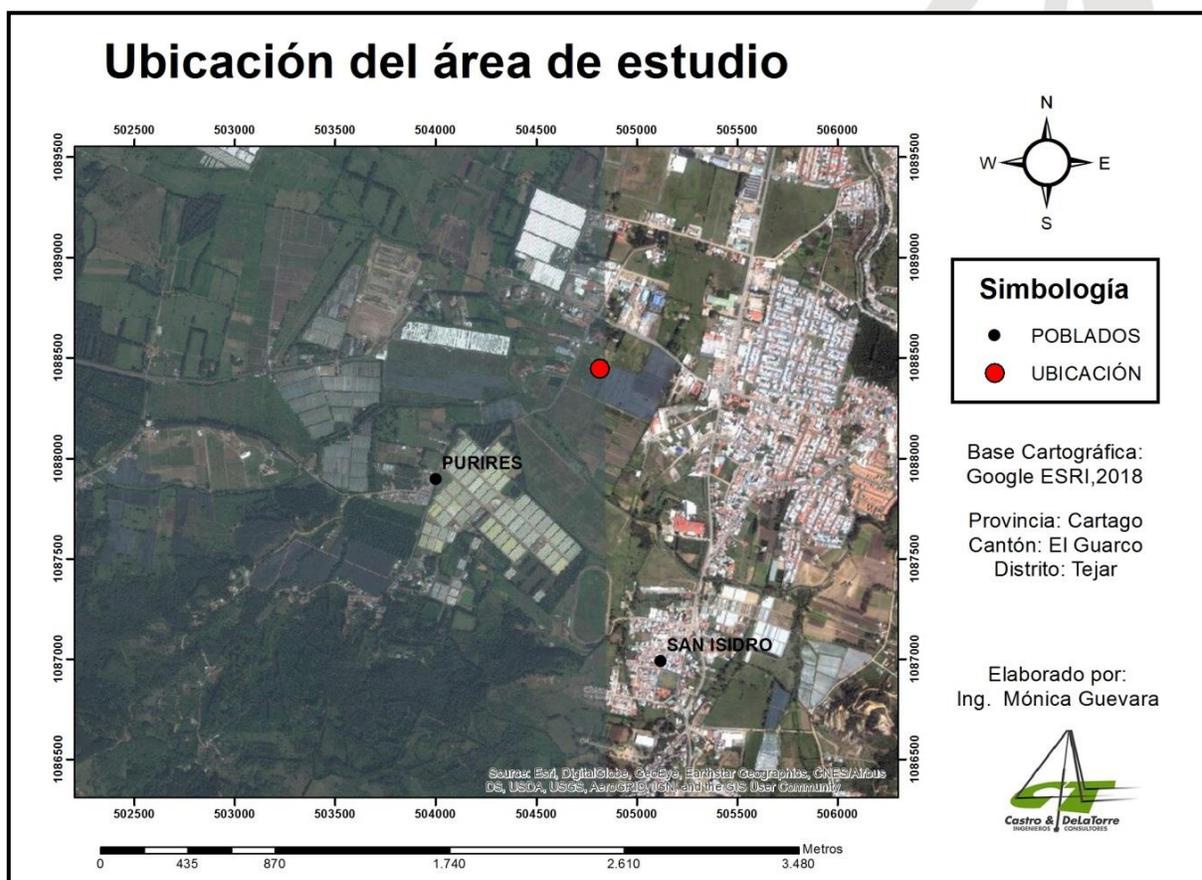


Figura 5.1.1. Ubicación del área de estudio.

5.2. Geología local y regional.

La geología de los alrededores de Tejar del Guarco y Aguacaliente de Cartago está dominada por materiales epiclásticos, aluviales con rocas sedimentarias y volcánicas de basamento, principalmente con la presencia de la formación Reventado y Coris. Según Krushensky (1970), en esta zona afloran la Fm. Peña Negra, Fm. San Miguel, Fm. Coris, y unos Depósitos Fluvioacustres y flujos de lodos.

Formación Peña Negra

Krushensky (1970) clasificó estas rocas como parte de la Formación Terraba, sin embargo, Montero & Kruse, (2006) consideran que pertenecen a la Formación Peña Negra, la cual consiste de areniscas medias, finas y lutitas color gris, verde oscuro y verde claro a blanco, que cruzan los Cerros de la Carpintera, y forman una colina aislada al sur de Tejar. Presenta una estratificación normalmente en rangos de 3 mm de espesor hasta capas de 3 cm de espesor. En afloramientos muy meteorizados se observan fracturas afectando a areniscas muy finas con menos matriz arcillosa.



Figura N°5.1.2. Esquema de distribución del primer nivel

Formación Coris

Esta formación aflora al NW de Coris, entre Bermejitos y Quebradillas, en una pequeña colina al sur de Tejar, al oeste de Hervidero, y al sur de Tobosi. Consiste en areniscas arcillosas y lutitas de color rojo a amarillo, (Krushensky, 1970). Localmente la roca se compone de areniscas cuarzosas bien sorteadas, de grano medio y color blanco a gris amarillento o púrpura. El contenido de arcilla es como máximo de 40%, y se compone de litoclastos de origen volcánico. El espesor de esta formación es de 380 m, con laminaciones muy bien estratificadas.

Formación San Miguel

Esta formación aflora entre Bermejo y Quebradilla, al oeste de Coris, y en una pequeña colina al sur de Tejar, se compone de una caliza cristalina fina a media, de color gris pálido azulado en superficies sanas, y color claro en superficies meteorizadas, (Krushensky, 1970). Presenta planos de estratificación comúnmente ondulados, generalmente se encuentran Péctenes.

Formación Reventado Superior

Se trata de una serie de coladas de lava andesítica augítica grises, bastante afónicas y, algunas veces vesiculares, interestratificados con lahares café claro ligera a profundamente meteorizados y capas de ceniza y tobas ligeramente lapillíticas.

Depósitos Fluvio lacustres

Estos depósitos fluvio lacustres consisten en arenas finas y limos que se extienden desde el Oeste del Río Reventado y al Sur de los Cerros de la Carpintera, también comprende las gravas, arenas y limos del Valle de Ujarrás, que son menos extensos cubriendo aproximadamente 10 km² y hasta la unión de los ríos Agua Caliente y Navarro (Krushensky, 1970).

Estos depósitos son inconsolidados (Cuaternario) y generalmente bien estratificados, y localmente bien sorteados con grava, arena y limo. Los fragmentos de roca que contienen estos depósitos poseen una forma subredondeada a bien redondeada que se correlacionan con las formaciones Aguacate, Reventado, Sapper, Birris y Cervantes, (Krushensky, 1970).

Aluvión de Cartago

Se denomina así a un depósito coluvio aluvial de pie de monte formado por limos, arenas y gravas sin selección ni estratificación.

Geología local

El análisis geológico local demuestra que el sitio de construcción del proyecto se localiza sobre sedimentos fluvio lacustres no consolidados. Principalmente, sedimentos recientes compuestos por materiales arenosos hasta arcillosos. Los depósitos recientes son tipo aluvial producto de la dinámica fluvial del río Coris, que consisten en sedimentos arenosos hasta la presencia de arcillas, en las capas superiores se observa la presencia de bloques subredondeados de tamaño máximo 10 cm los mismos se encuentran en un 25% a 35% con respecto a la matriz.

Unidad de lutitas: Se trata de una secuencia de rocas sedimentarias con estratificación difusa, muy masiva en sectores, con areniscas en capas delgadas hasta lutitas en capas gruesas sumamente meteorizadas con evidencia de alteración hidrotermal y fuerte fracturamiento.

Foto 5.2.1. Caracterización de lutitas y areniscas



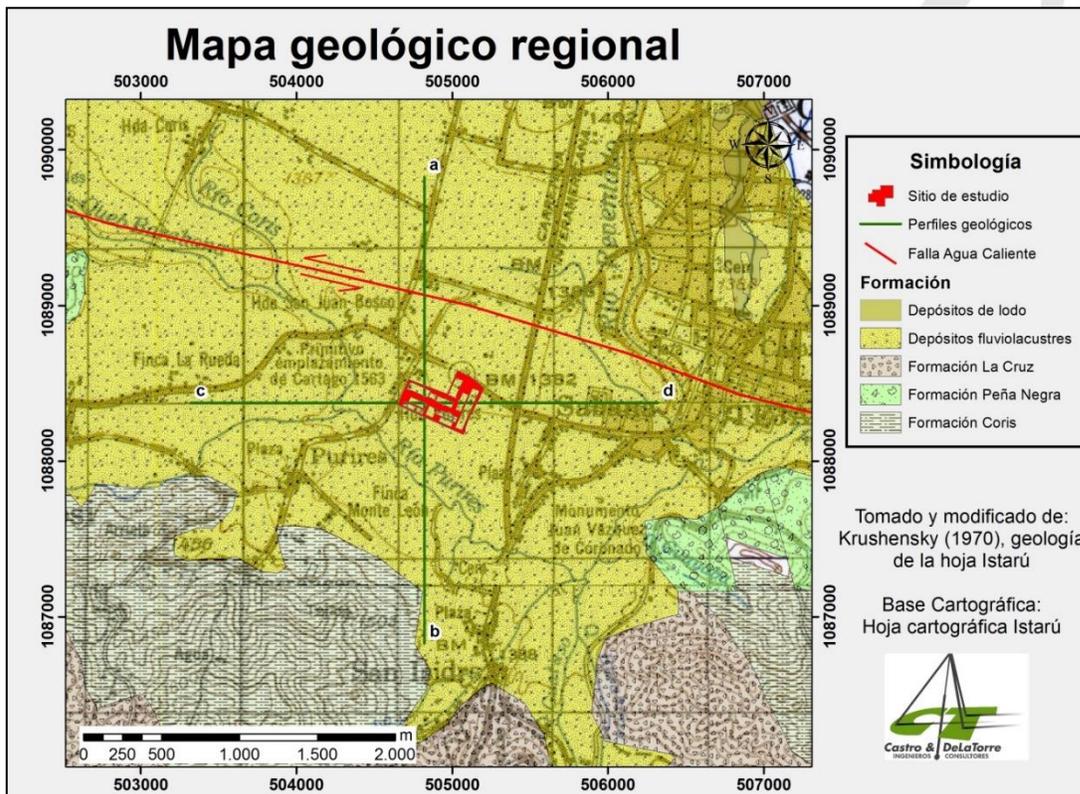


Figura 5.2.1. Mapa geológico del área de los alrededores del área de estudio.

Unidad Coluvial: Deposito semiconsolidado a consolidado, formado por bloque angulares a subangulares de tamaño decimétricos a métricos, de composición lávica andesítica y basáltica, tobas, lutitas silificadas, intrusivos y cornubianitas en una matriz arcillosa de color café claro. Esta unidad presenta una evidente alteración caolinitización y silificación. La silificación es la fase inicial de alteración, mientras que la más intensa es la caolinitización (Foto 5.2.2).

Foto 5.2.2. Caracterización de los materiales coluvio-aluviales presentes en los alrededores.



Unidad Depósitos Recientes: Se localiza en las partes más bajas del área de estudio y en zonas aisladas. Esta unidad está formada principalmente por materiales finos entre arenas, limos y arcillas de color café hasta grisáceo no se da la presencia de bloques dentro de estos sedimentos.

Foto 5.2.3. Caracterización de los materiales aluviales recientes.



Levantamiento de afloramientos

Se realiza un levantamiento detallado de afloramientos (Figura 5.2.4) alrededor de la zona de estudio y dentro de la propiedad del futuro centro hospitalario; con los cuales se han logrado elaborar dos perfiles geológicos identificando claramente cuatro unidades superficiales correspondientes con la Fm. Coris, principalmente lutitas, depósitos coluviales y depósitos fluvio-lacustres recientes. Adicionalmente, sedimentos finos recientes en las riveras de las quebradas secundarias (Cuadro 5.2.1). El perfil A-B presenta hacia el norte la interacción con la falla Agua Caliente y hacia el Sur los sedimentos fluvio-lacustres y la Fm Coris (Fig. 5.2.2). En el perfil C-D, por otro lado, hacia el Este y el oeste muestra la distribución de los materiales fluvio-lacustres de gran importancia por ubicarse el sitio de estudio sobre estos materiales (Fig. 5.2.3)

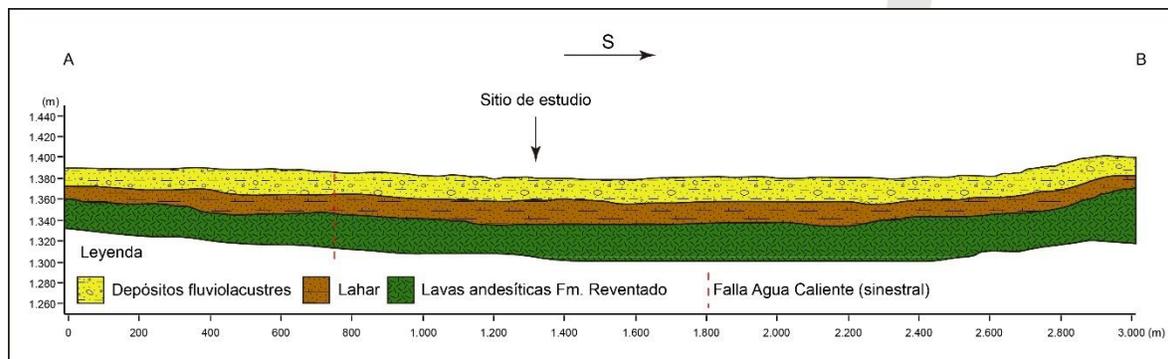


Figura 5.2.2. Perfil geológico AB

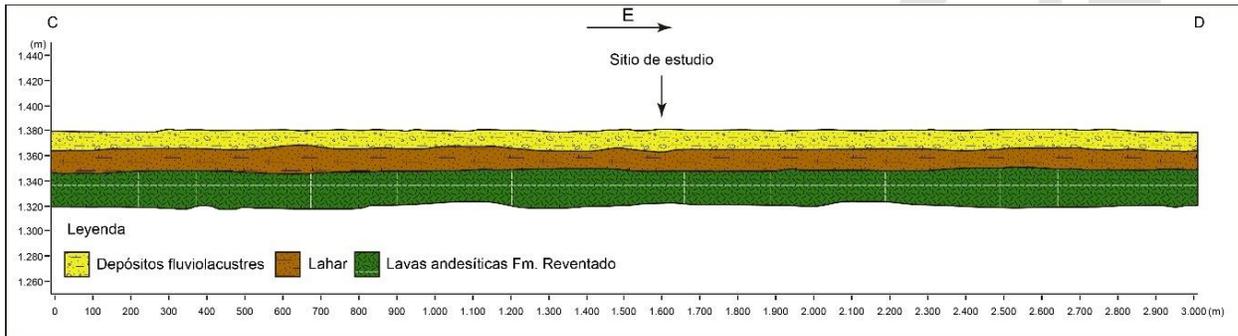


Figura 5.2.3. Perfil geológico C-D.

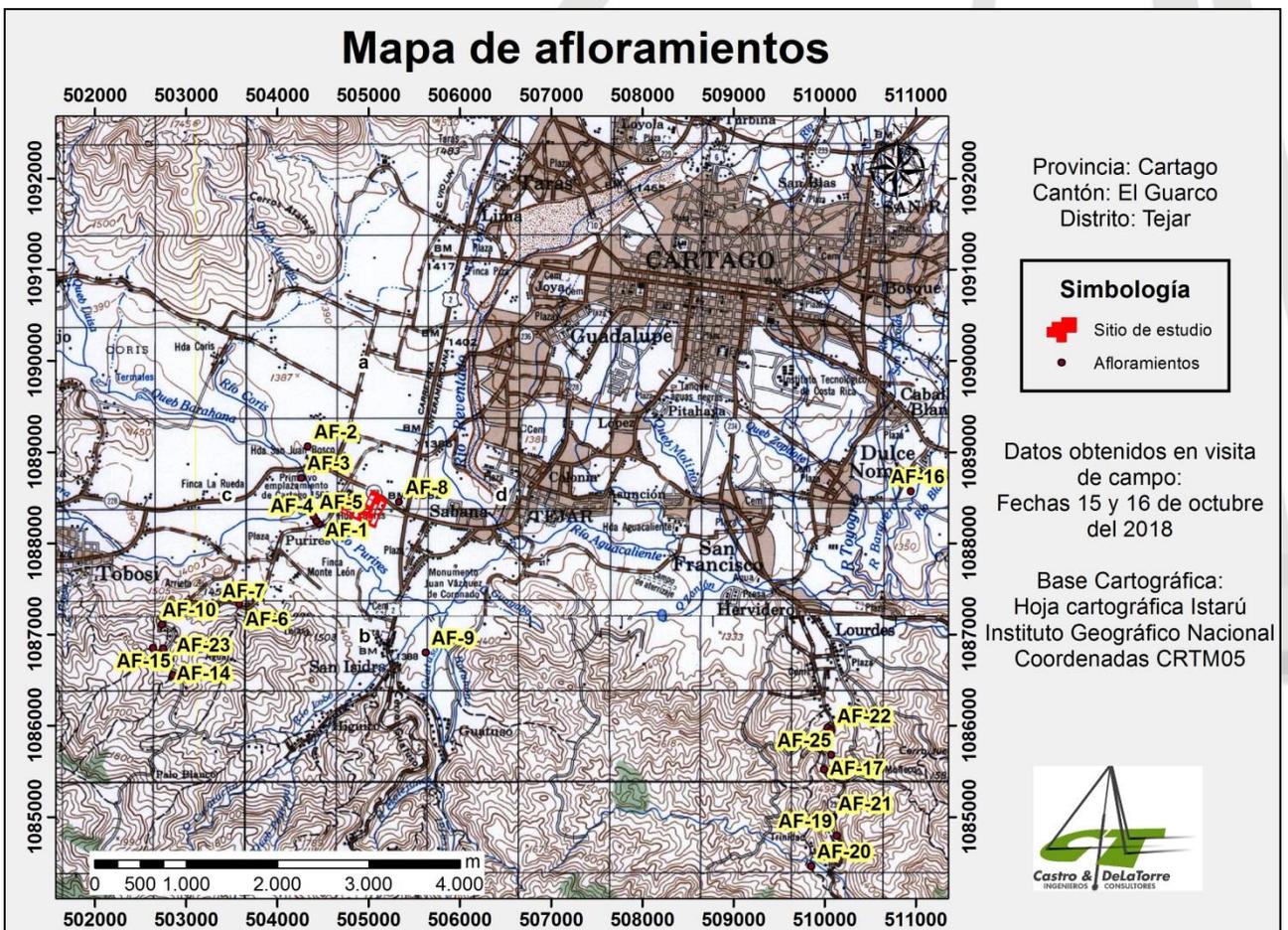


Figura 5.2.4. Mapa de afloramientos vistos en los alrededores del proyecto.

Cuadro 5.2.1. Inventario de afloramientos en los alrededores del proyecto.

Sitio	Coordenadas CRTM05		Litología	Unidad geológica	Fm
	X	Y			
AF-1	504460	1088213	Arenas finas	Materiales aluviales	DFLR
AF-2	504335	1089064	Arenas finas	Materiales aluviales	DFLR
AF-3	504260	1088718	Arcillas	Materiales aluviales	DFLR
AF-4	504427	1088252	Bloques en matriz de arena	Materiales aluviales	DFLR
AF-5	504397	1088294	Arenas estratificadas	Materiales aluviales	DFLR
AF-6	503585	1087334	Limos semiconsolidados	Unidad coluvial	DC
AF-7	503330	1087318	Conglomerados	Unidad coluvial	DC
AF-8	505334	1088454	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-9	505624	1086803	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-10	502732	1087109	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-11	502746	1086850	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-12	502638	1086854	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-13	502820	1086724	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-14	502830	1086727	Conglomerados	Unidad coluvial	DC
AF-15	502857	1086553	Arenisca	Arenisca	FC
AF-16	510940	1088571	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-17	509991	1085520	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-18	510092	1085000	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-19	510129	1084794	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-20	509849	1084460	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-21	510084	1084985	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-22	510071	1085948	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-23	502830	1086724	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-24	510031	1085983	Lutita meteorizada	Lutita	FC
AF-25	510070	1085680	Lutita meteorizada	Lutita	FC

DFLR= Depósito fluviolacustre

DC= Depósito coluvial

FC= Formación Coris

En el anexo 2 se muestran las fotos de los afloramientos identificados con la correlación geológica.

Existencia de la falla Agua Caliente

La falla Aguacaliente geomorfológicamente se ha caracterizado según Montero & Kruse (2006), por el alineamiento de promontorios truncados, valles lineales, ríos y quebradas desplazadas y adaptadas, alineamiento de fuentes termales y mineralizaciones sulfurosas, escarpes y sillas de falla. La falla se considera de desplazamiento predominante sinistral.

La traza de la falla Aguacaliente tiene en general, una forma sinuosa con un rumbo variable entre ENE y WNW. Al sur de San José, el trazo principal de la falla pasa del lado sur de la loma Salitral y continúa hacia el este con un rumbo cercano al E-W hasta salir al valle de Coris. Más al este, la falla se ubica del lado sur de la ciudad de Cartago.

Montero et. al. (2005) indica que un análisis de la sismicidad histórica muestra que a lo largo del sistema de falla Agua Caliente han ocurrido las rupturas del 21 de marzo de 1842, 13 de abril de 1910 (dos rupturas a las 06:37 y a las 07:05 GMT) y del 4 de mayo de 1910 (Ms 6,1). Si el sistema de falla Agua Caliente se continúa al oeste hasta alcanzar la falla Virilla, también se pueden asociar las rupturas del 10 de junio de 1835 (probable) y la del 22 de diciembre de 1990 (Ms 5,7).

5.3. Información preexistente en bases de datos institucionales

Se realiza la investigación de todas las bases de datos de pozos y nacientes existentes, tanto en la Dirección de Aguas (Anexo 3) como ente rector, así como en el AyA (Anexo 4) y SENARA (Anexo 5). Según la información disponible la base de datos de Dirección de Aguas, en un radio de 3 km del proyecto, se encuentra que la mayoría de las concesiones otorgadas están a nombre de empresas privadas tanto en captaciones superficiales como en pozos su principal uso es para riego, hacia el noreste del proyecto se ubican cinco concesiones del AyA por procesos de diferentes abastecimientos de acueductos rurales y ASADAS. No se encuentran concesiones o registros de nacientes, solamente pozos y aguas superficiales asociadas al Río Purires. La base de datos de SENARA se ha utilizado por la cantidad de información de datos litológicos.

5.4. Levantamiento de fuentes de agua en campo.

Levantamiento de pozos

En la inspección de campo se identifican varios pozos cercanos, principalmente se pudo conseguir acceso al pozo IS-344 (Foto 5.4.1), al que se le pudo tomar una foto, sin embargo, no se le pudo medir el nivel de agua, dado que la vía de aire parece que se encuentra obstruida. Se intentó acceder a otros pozos alrededor de la zona de estudio, pero al encontrarse dentro de propiedades privadas no fue permitido el acceso a pesar de dar conocimiento del proyecto que se estaba desarrollando.

Cuadro 5.3.1. Pozos cercanos al área de estudio.

Código pozo	Coordenadas Lambert Norte		Propietario	Distancia (m)	Nivel estático (m.b.n.s.)
	X	Y			
IS-240	541820	203780	EMPRESAS CAVENDISH, S.A.	976,2	3,5
IS-129	541100	203150	sin dato	94,3	6,0
IS-207	540300	203000	VERDES SUPERIORES	852,9	2,5
IS-206	540300	203100	VERDES SUPERIORES	850,5	2,5
IS-257	541970	203260	PLANTEX S.A.	841,7	1,3
IS-350	541060	203900	FLORIAL, S.A.	834,9	4,8
IS-224	541925	203300	PLANTEX S.A.	808,4	1,0
IS-40	540450	203370	LINDA VISTA LTDA.	761,6	11,0
IS-558	541866	203296	J.M.C. CONSTRUCCIONES S.A	750,8	9,0
IS-360	540675	202500	LINDA VISTA, S.A.	742,0	8,4
IS-258	541860	203030	PALMITOS DE COSTA RICA	711,1	2,6
IS-152	541250	203750	MOV. FAMILIAR CRISTIANO	687,3	3,0
IS-334	541750	203150	MARIA CRISTINA BRENES M.	605,3	1,4
INV-69	541200	203100	Superior Greens S.a	58,3	6,0
IS-339	540750	202700	LINDA VISTA, S.A.	544,9	2,5
IS-367	541400	203550	CORPORACION LUMS, S.A.	541,2	4,0
IS-344	540850	203510	FLORIAL, S.A.	532,5	1,9
IS-345	541200	203500	EXTRUSIONES DE ALUMINIO	432,9	15,8
IS-330	541060	203480	T.I.TECNOLOGIA INDUSTRIAL	419,8	0,5
IS-190	541350	203300	EMCOOPER R.L.	304,8	8,0
INV-68	541250	203100	Superior Greens S.a	104,4	43,0

Foto 5.4.1. Pozo IS-344



Cuadro 5.4.1. Pozos revisados en el campo, U: ubicado, N.U: no ubicado.

Código pozo	Coordenadas CRTM05		Propietario	Distancia del proyecto(m)	Nivel estático (m.b.n.s.)	Estado
	X	Y				
IS-240	505468	1089136	EMPRESAS CAVENDISH, S.A.	976,2	3,5	N.U.
IS-129	504748	1088507	sin dato	94,3	6,0	N.U.
IS-207	503948	1088358	VERDES SUPERIORES	852,9	2,5	N.U.
IS-206	503948	1088458	VERDES SUPERIORES	850,5	2,5	N.U.
IS-257	505618	1088616	PLANTEX S.A.	841,7	1,3	N.U.
IS-350	504709	1089257	FLORIAL, S.A.	834,9	4,8	N.U.
IS-224	505573	1088656	PLANTEX S.A.	808,4	1,0	N.U.
IS-40	504098	1088728	LINDA VISTA LTDA.	761,6	11,0	N.U.
IS-558	505514	1088652	J.M.C. CONSTRUCCIONES S.A	750,8	9,0	N.U.
IS-360	504322	1087858	LINDA VISTA, S.A.	742,0	8,4	N.U.
IS-258	505508	1088386	PALMITOS DE COSTA RICA	711,1	2,6	N.U.
IS-152	504898	1089107	MOV. FAMILIAR CRISTIANO	687,3	3,0	N.U.
IS-334	505398	1088507	MARIA CRISTINA BRENES M.	605,3	1,4	N.U.
INV-69	504848	1088457	Superior Greens S.a	58,3	6,0	N.U.
IS-339	504397	1088058	LINDA VISTA, S.A.	544,9	2,5	N.U.
IS-367	505048	1088907	CORPORACION LUMS, S.A.	541,2	4,0	N.U.
IS-344	504498	1088867	FLORIAL, S.A.	532,5	1,9	U
IS-345	504848	1088857	EXTRUSIONES DE ALUMINIO	432,9	15,8	N.U.
IS-330	504708	1088837	T.I.TECNOLOGIA INDUSTRIAL	419,8	0,5	N.U.
IS-190	504998	1088657	EMCOOPER R.L.	304,8	8,0	N.U.
INV-68	504898	1088457	Superior Greens S.a	104,4	43,0	N.U.

Levantamiento de manantiales en el campo.

En la inspección de campo, haciendo el recorrido respectivo por la zona no se localizaron manantiales o nacientes en un radio de 2 km. Como se observa en los anexos 3 y 4, se ha consultado la base de datos de la Dirección de Aguas y SENARA, no se han encontrado manantiales ni nacientes en un radio de 3 km del área del proyecto, además las zonas aledañas se encuentran urbanizadas y los ríos son escasos siendo el río Coris el más importante, además de unas quebradas secundarias.

Levantamiento de captaciones para uso de abastecimiento público de agua superficial (tomas de ríos y/o quebradas).

En la inspección de campo y haciendo el recorrido respectivo por la zona, no se localizaron captaciones para uso de abastecimiento público de agua superficial.

Características hidráulicas de la zona no saturada.

Permeabilidad superficial

Se han llevado a cabo veinte pruebas de permeabilidad tipo Porchet distribuidas en el área del proyecto, cuyo resumen se puede observar en el cuadro 5.5.1, obteniendo condiciones muy homogéneas con permeabilidades muy bajas, con un promedio de 0,00064 m/día, en el rango de 0,00030 a 0,00064 m/día. El resumen de los valores de cada una de las veinte pruebas se muestra en el anexo 5.

Cuadro 5.5.1. Resumen de las pruebas tipo Porchet realizadas.**

Prueba	Coordenadas (CRTM05)		K (m/día)	Tipo de permeabilidad
	x	y		
F-1	505060	1088543	0,00039	Muy baja
F-2	505136	1088485	0,00047	Muy baja
F-3	505066	1088469	0,00030	Muy baja
F-4	505127	1088403	0,00043	Muy baja
F-5	504977	1088406	0,00032	Muy baja
F-6	505029	1088306	0,00000	Muy baja
F-7	505053	1088375	0,00041	Muy baja
F-8	505061	1088235	0,00043	Muy baja
F-9	505093	1088328	0,00052	Muy baja
F-10	504891	1088270	0,00039	Muy baja
F-11	504814	1088315	0,00030	Muy baja
F-12	504671	1088373	0,00289	Muy baja
F-13	504699	1088433	0,00149	Muy baja
F-14	504744	1088484	0,00069	Muy baja
F-15	504813	1088447	0,00075	Muy baja
F-16	504787	1088376	0,00061	Muy baja
F-17	504766	1088333	0,00066	Muy baja
F-18	504864	1088395	0,00073	Muy baja
F-19	504908	1088354	0,00049	Muy baja
F-20	505001	1088214	0,00050	Muy baja

Porosidad superficial

Por otro lado, igualmente se extrajeron muestras inalteradas, mediante el método del cilindro hincado, a la capa de suelo más superficial. Los resultados de estas se muestran en el cuadro 5.5.2.

Cuadro 5.5.2 Valores de las muestras de laboratorio.**

Muestra #	Material	Masa Seca (g)	Masa húmeda (g)	Volumen Total (cm ³)	Gravedad específica	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Muestra-01	Limo plástico	338,4	480,5	316,23	2,6	58	1,07
Muestra-02	Limo plástico	320,0	476,0	312,1	2,4	57	1,02
Muestra-03	Limo plástico	345,3	491,5	322,4	2,52	57	1,07
Muestra-04	Limo plástico	327,9	478,4	314,8	2,53	59	1,04
Muestra-05	Limo plástico	332,6	485,8	318,6	2,5	58	1,04

Se seleccionaron los sitios de las pruebas de permeabilidad doble anillo (Anexo 6), para efectuar el muestreo de suelos de las pruebas de porosidad, además de CC (Capacidad de campo) y PM (Punto de Marchitez). De los datos de las muestras de porosidad a 0,3 m de la superficie, se sabe que la porosidad total se localiza entre el 57% y 59%.

Clasificación de suelos

Utilizando la estratigráfica identificada en las 5 perforaciones realizadas, se han identificado 9 capas importantes. En los cuadros 5.5.4 y 5.5.5 se presenta los resultados de seis ensayos para clasificación del material de la capa B hasta la capa G, respectivamente.

Cuadro 5.5.4. Resultados de la clasificación SUCS de la capa B de limo plástico arenoso

CAPA	Perforación	Profundidad (m)	Descripción General
B	P-09	0,20 a 4,50	Limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con vetillas grises y piedras, de consistencia general variable entre blanda y rígida a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-16	0,90 a 5,40	
	P-20	0,40 a 8,00	
	P-22	0,20 a 4,05	
	P-25	0,35 a 4,50	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		59	58
Índice plástico (IP):		18	13
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m³):		1,77	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		94	86
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		74	67
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		59	51
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfiada, C (kg/cm²):		0,87	
Clasificación según SUCS:		MH-SM	MH-SM

Cuadro 5.5.5. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa C de limo arcilloso

CAPA	Perforación	Profundidad (m)	Descripción General
C	P-09	4,50 a 9,10	Limo arcilloso arenoso de color café oscuro a negro con olor a orgánico y piedras, de consistencia general variable entre semidura y rígida a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-16	5,40 a 8,00	
	P-20	8,00 a 10,37	
	P-22	4,05 a 9,00	
	P-25	4,50 a 8,30	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		45	49
Índice plástico (IP):		9	15
Contenido orgánico (%):		7	6
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m ³):		1,82	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		94	95
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		75	72
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		53	51
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfiada, C (kg/cm ²):		0,95	
Clasificación según SUCS:		ML-SM	ML-SM

Cuadro 5.5.6. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa D de limo plástico arenoso

CAPA	Perforación	Profundidad, m	Descripción General
D	P-09	9,10 a 9,90	Limo plástico arenoso de color gris verdusco con piedras, de consistencia general variable entre muy blanda, hasta dura a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-20	10,37 a 11,00	
	P-25	8,30 a 10,26	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		44	58
Índice plástico (IP):		10	24
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m³):		1,82	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		96	100
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		85	92
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		61	38
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfiada, C (kg/cm²):		0,60	
Clasificación según SUCS:		ML-SM	MH-SM

Cuadro 5.5.7. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa E de limo plástico arenoso

CAPA	Perforación	Profundidad, m	Descripción General
E	P-09	9,90 a 12,05	Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia general variable entre blanda a semidura a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-16	8,00 a 9,00	
	P-20	11,00 a 12,41	
	P-22	9,00 a 11,21	
	P-25	10,26 a 13,26	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		104	
Índice plástico (IP):		46	
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m ³):		1,61	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		100	
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		99	
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		97	
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfiada, C (kg/cm ²):		0,44	
Clasificación según SUCS:		MH	

Cuadro 5.5.8. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa F de limo orgánico de alta plasticidad

CAPA	Perforación	Profundidad (m)	Descripción General
F	P-09	12,05 a 12,90	Limo orgánico de alta plasticidad de color negro (paleosuelo), de consistencia general blanda a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-16	9,00 a 10,25	
	P-20	12,41 a 14,35	
	P-22	11,21 a 12,15	
	P-25	13,26 a 14,80	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		181	200
Índice plástico (IP):		45	70
Contenido orgánico (%):		30	29
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m³):		1,75	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		90	85
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		60	51
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		44	38
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfinaada, C (kg/cm²):		0,38	
Clasificación según SUCS:		MH-OH-CH	MH-OH-CH

Cuadro 5.5.9. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa G de limo de alta plasticidad

CAPA	Perforación	Profundidad, m	Descripción General
G	P-09	12,90 a 13,80	Limo de alta plasticidad de color gris verdusco con piedras y lentes arenosos, de consistencia general variable entre media a dura a lo largo de todas las perforaciones donde se detectó. <i>(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).</i>
	P-16	10,25 a 13,50	
	P-20	14,35 a 15,30	
	P-22	12,15 a 15,20	
	P-25	14,80 a 17,35	
Características físico-mecánicas			
Límite líquido (LL):		96	
Índice plástico (IP):		58	
Peso unitario húmedo, γ_{suelo} (ton/m ³):		1,87	
% pasando la malla 4,75 mm (# 4):		100	
% pasando la malla 0,425 mm (# 40):		98	
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):		90	
Cohesión promedio con base al valor de N_{spt} y compresión inconfiada, C (kg/cm ²):		0,44	
Clasificación según SUCS:		MH-CH	

Permeabilidad profunda

Se han realizado cinco perforaciones dentro del proyecto, de 20 m hasta los 25 m de profundidad y se han escogido las perforaciones 9, 16, 20, 22 y 25 para realizar pruebas de permeabilidad a profundidad variada. La mayoría de las pruebas se realizaron dentro del nivel freático debido a la profundidad del mismo, el cual se encuentra cercano a la superficie. El resumen de los resultados se puede observar en el cuadro 5.5.10.

Cuadro 5.5.10. Resumen de los ensayos de permeabilidad de realizados (Hvorslev).**

Perforación	Ensayo	Profundidad (m.b.n.s.)	k (m/día)	Clasificación de K	Unidad	Condición del Nivel freático
P-09	1	5,0	0,041	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
	2	22,0	0,020	Baja	Lahar	Bajo el nivel
P-16	1	3,0	0,014	Baja	Limo plástico	Sobre el nivel
	2	9,0	1,926	Media	Turba	Bajo el nivel
	3	20,0	0,005	Baja	Lahar	Bajo el nivel
P-20	1	4,0	0,050	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
	2	12,5	1,925	Media	Turba	Bajo el nivel
P-22	1	7,0	0,022	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
	2	15,0	0,021	Baja	Lahar	Bajo el nivel
P-25	1	8,0	0,066	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
	2	19,0	0,019	Baja	Lahar	Bajo el nivel

Los resultados demuestran que las permeabilidades son bajas (Anexo 7), en general, la capa de limos plásticos correspondiente a los depósitos fluviolacustres posee valores de permeabilidad en promedio 0,038 m/día, posterior a esta capa se encuentra una capa de materia orgánica definida como una turba con permeabilidad clasificada como media y un valor promedio de 1,926 m/día y finalizando la columna estratigráfica y su caracterización con respecto a la permeabilidad se encuentra un lahar con permeabilidad promedio de 0,016 m/día clasificada como baja.

Porosidad profunda

Con las perforaciones realizadas se logró recuperar muestras inalteradas en los estratos geológicos identificados.

Cuadro 5.5.11. Valores de las muestras de laboratorio.**

Muestra #	Material	Masa Seca (g)	Masa húmeda (g)	Volumen Total (cm ³)	Gravedad específica	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Muestra-01	Depósito fluviolacustre	335,7	483,6	325,6	2,75	62	1,03
Muestra-02	Turba	330,1	478,5	324,2	2,0	49	1,02
Muestra-03	Lahar	383,7	462,7	328,4	2,67	56	1,17

5.5. Perforación exploratoria y construcción de piezómetro.

Para las perforaciones exploratorias se ha utilizado un sistema de rotación con diamante, mediante el uso de tres máquinas perforadoras TMG STR 183, Comachio 305 y Beretta T4, las que hace rotar barriles de doble tubo a los cuales se les coloca en una de las puntas una broca de diamante.

Por medio de las 5 perforaciones exploratorias se ha logrado construir una columna estratigráfica compuesta generalizada para el proyecto (Fig. 5.6.1), la cual está conformada esencialmente por los materiales fluviolacustres. De esas perforaciones se escogió la perforación P-16 para mantenerla como piezómetro. El registro y descripción de las perforaciones se observa en el Anexo 8 y las fotos de construcción del piezómetro y otros trabajos se observan en el Anexo 9.

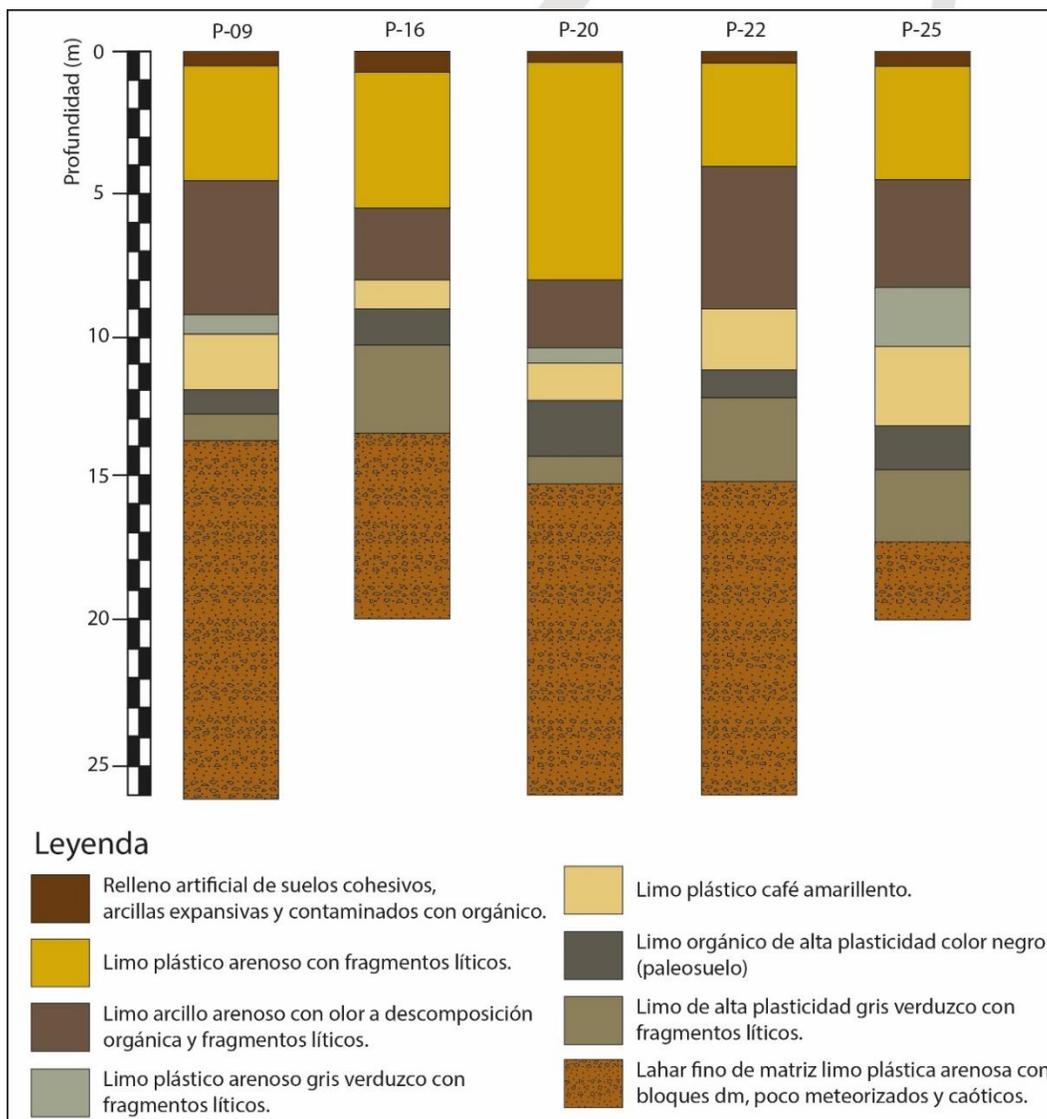


Figura 5.6.1. Columna litológica generalizada de las perforaciones.

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

Castro & DeLaTorre
INGENIEROS CONSULTORES

En el proceso de cada perforación se midieron los niveles freáticos de cada una, y para el caso de los piezómetros se lograron medir los niveles de agua. En general, el nivel de agua es muy irregular en las perforaciones, sin embargo, para efectos se considera el nivel de estabilización como el más aproximado a 5 m. Se recuerda que, dado que las perforaciones se realizan con inyección de agua, el nivel freático puede poseer alguna incertidumbre inmediatamente después de realizada la misma. El diseño del piezómetro se muestra en la figura 5.6.2.

Cuadro 5.6.1.- Medición del nivel freático en cada perforación.

Perforación	Fecha lectura estabilizado	Profundidad nivel freático (m.b.n.s.)
P-09	19/10/2018	6,60
P-16	14/10/2018	1,80
P-20	19/10/2018	4,35
P-22	17/10/2018	4,00
P-25	13/10/2018	2,60

5.6. Afors de ríos (influencia – efluencia)

Se realizaron cinco afors a lo largo del río Purires para determinar la influencia o efluencia de sobre el acuífero en las cercanías con el proyecto (Figura 5.7.1), para poder identificar la posible influencia o efluencia del río hacia el acuífero, estos fueron realizados el día 19 de octubre del año en curso. Los resultados del procesamiento de los datos de campo fueron calculados mediante el uso del programa Molitec 1.0 BETA, diseñado por Jesús Monge. Los caudales obtenidos se detallan en el cuadro 5.7.1. Además, en el anexo 9 se muestran fotos de los trabajos de campo. En las figuras 5.7.2 a 5.7.6 se muestran las imágenes de cálculo de los cada uno de los afors.

El caudal disminuido en todo el tramo analizado es de 620,23 l/s. La razón de disminución del caudal entre puntos es de 155 l/s en promedio con un máximo de 258 l/s y un mínimo de 68 l/s litros, con lo cual se logra evidenciar que el agua del piezómetro es agua de infiltración lateral del río Purires, concluyendo la razón de la dificultad para limpiar el piezómetro; ya que es claro que siendo materiales con tan baja permeabilidad, la recarga de agua del piezómetro es muy lenta y es influida por el caudal del río Purires. Adicionalmente, el hecho de que la calidad del agua del río y la del piezómetro sean tan similares demuestra que el agua procede directamente del río.

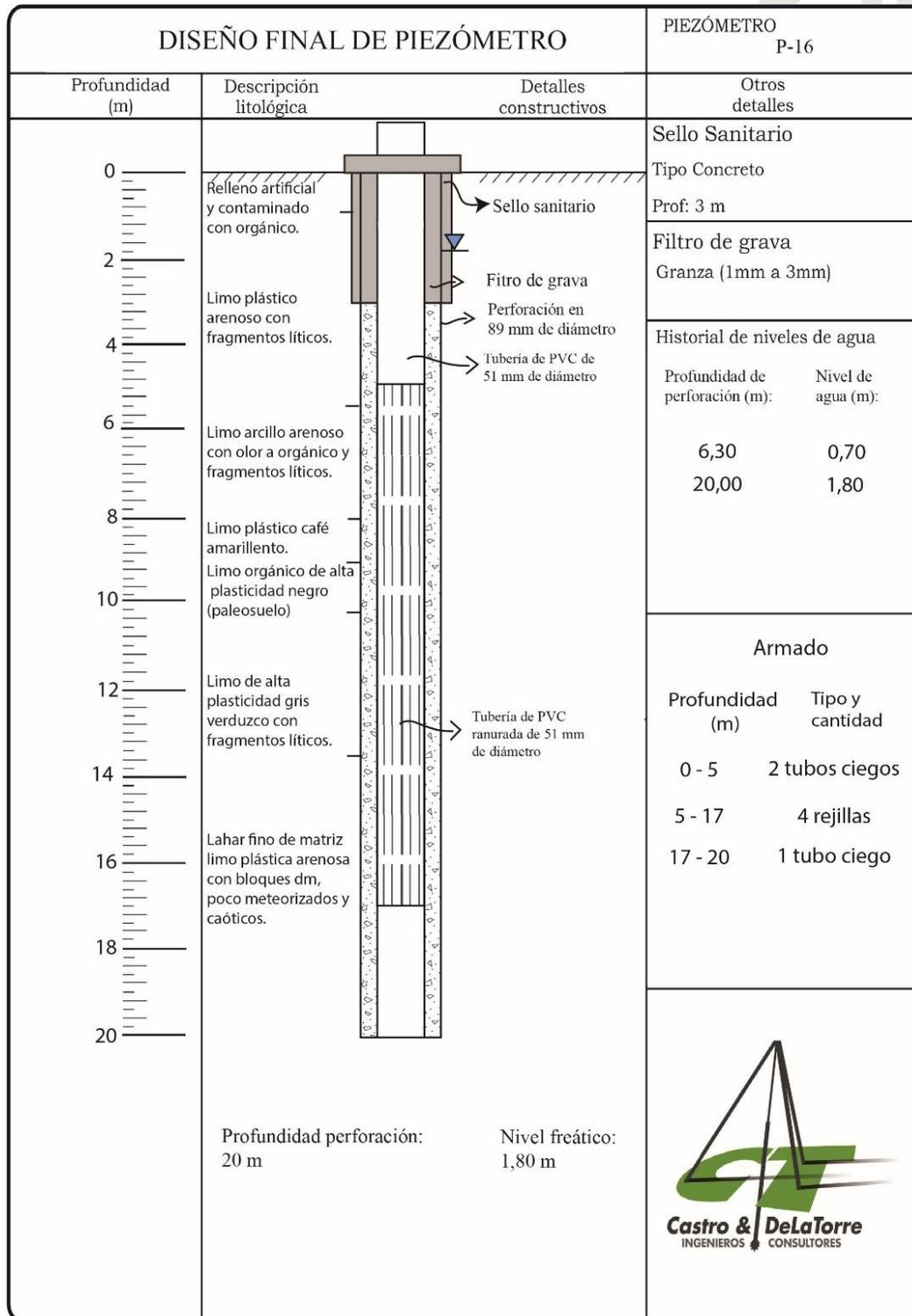


Figura 5.6.2. Detalle de armado del piezómetro.

Cuadro 5.7.1. Resumen de datos de los aforos realizados.

Número Aforo	Coordenadas CRTM05		Caudal (l/s)	Diferencia (l/s)
	X	Y		
1	504435	1088274	1082,97	
2	504601	1088139	824,85	258,12
3	504696	1088001	756,72	68,13
4	504848	1087807	629,92	126,80
5	505085	1087680	462,74	167,18

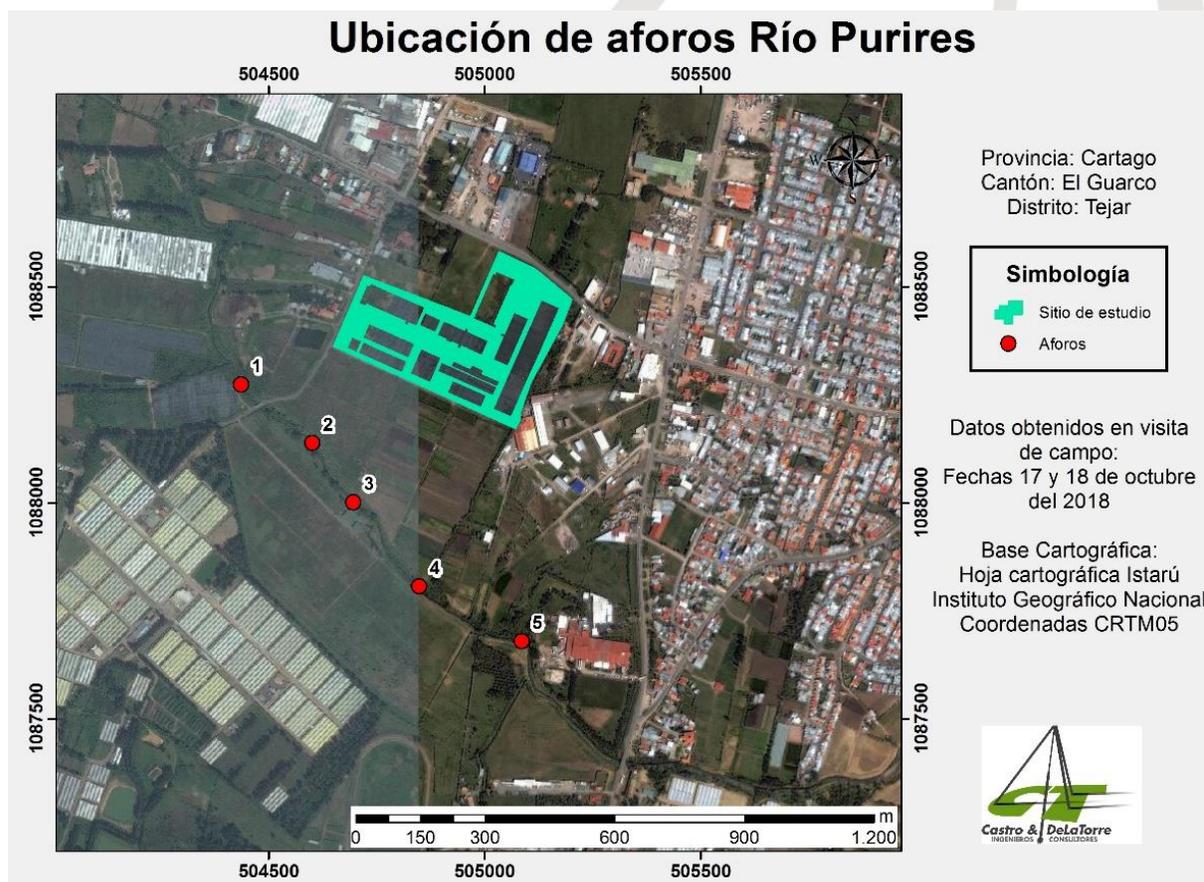


Figura N° 5.7.1. Mapa de ubicación de los aforos realizados.

Forma de la Sección

C 1  C 2  C 3 

Entrada de Datos:

12.8 (m)  (m)

0 (m)

Datos de Cada sección

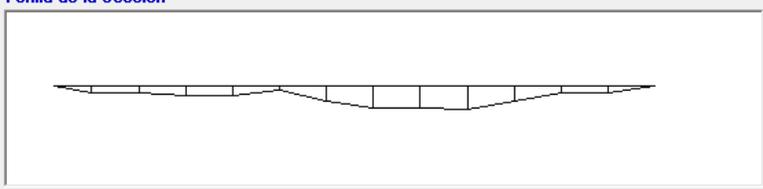
Sección	Area(m2)	Caudal(l/s)
Sección 1	0.0400	5.6624
Sección 2	0.1000	36.2790
Sección 3	0.1100	53.4765
Sección 4	0.1200	43.2264
Sección 5	0.0850	19.0409
Sección 6	0.1250	56.2712
Sección 7	0.2500	215.3425
Sección 8	0.3000	253.7850
Sección 9	0.3100	210.4590
Sección 10	0.2600	121.7216
Sección 11	0.1500	33.6015
Sección 12	0.1000	27.0270
Sección 13	0.0500	7.0780

Revoluciones del Molinete:

Vel 1 0 (m/s) Vel 2 (m/s)

Ingresar Datos Limpiar todo

Forma de la Sección



Area Total 2.0000 (m) Caudal Total: 1.08297 (m3/s) ó 1082.9711 (L/s)

Figura 5.7.2. Datos Aforo 1.

Forma de la Sección

C 1  C 2  C 3 

Entrada de Datos:

8 (m)  (m)

0 (m)

Datos de Cada sección

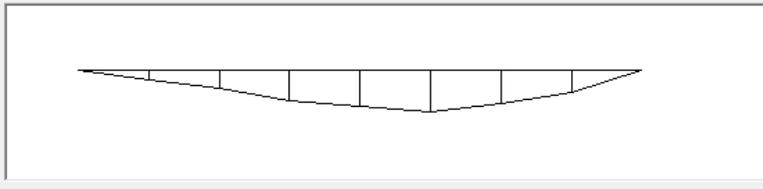
Sección	Area(m2)	Caudal(l/s)
Sección 1	0.0750	5.7060
Sección 2	0.2150	40.3469
Sección 3	0.3800	89.8662
Sección 4	0.5150	138.1745
Sección 5	0.5950	198.3671
Sección 6	0.5800	203.8642
Sección 7	0.4350	126.0739
Sección 8	0.1750	22.4586

Revoluciones del Molinete:

Vel 1 0 (m/s) Vel 2 (m/s)

Ingresar Datos Limpiar todo

Forma de la Sección



Area Total 2.9700 (m) Caudal Total: 0.82486 (m3/s) ó 824.8574 (L/s)

Figura 5.7.3. Datos Aforo 2.

Forma de la Sección

C 1  C 2  C 3 

Entrada de Datos:

7 (m)  (m)

0 (m)

Revoluciones del Molinete:

Vel 1 0 (m/s) Vel 2 (m/s)

Datos de Cada sección

Sección	Area(m2)	Caudal(l/s)
Sección 1	0.1500	18.9210
Sección 2	0.3500	206.1325
Sección 3	0.4000	295.2040
Sección 4	0.4100	149.7976
Sección 5	0.3150	50.3244
Sección 6	0.1950	29.1486
Sección 7	0.0900	7.1892

Forma de la Sección



Area Total 1.9100 (m) Caudal Total: 0.75672 (m3/s) ó 756.7173 (L/s)

Ingresar Datos **Limpiar todo**

Figura 5.7.4. Datos Aforo 3.

Forma de la Sección

C 1  C 2  C 3 

Entrada de Datos:

7 (m)  (m)

0 (m)

Revoluciones del Molinete:

Vel 1 0 (m/s) Vel 2 (m/s)

Datos de Cada sección

Sección	Area(m2)	Caudal(l/s)
Sección 1	0.0600	3.3738
Sección 2	0.1700	24.6024
Sección 3	0.2650	54.2362
Sección 4	0.3800	126.2037
Sección 5	0.5050	239.1200
Sección 6	0.4450	164.0559
Sección 7	0.1650	18.3315

Forma de la Sección



Area Total 1.9900 (m) Caudal Total: 0.62992 (m3/s) ó 629.9235 (L/s)

Ingresar Datos **Limpiar todo**

Figura 5.7.5. Datos Aforo 4.

Forma de la Sección



1



2



3

Entrada de Datos:

(m)

(m)



(m)

Revoluciones del Molinete:

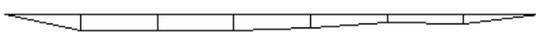
Vel 1 (m/s)

Vel 2 (m/s)

Datos de Cada sección

Sección	Área(m2)	Caudal(l/s)
Sección 1	0.1000	39.5990
Sección 2	0.2000	175.8720
Sección 3	0.2000	147.6020
Sección 4	0.1900	63.5588
Sección 5	0.1400	17.5392
Sección 6	0.1100	13.7808
Sección 7	0.0600	4.7928

Forma de la Sección



Área Total (m)

Caudal Total: (m3/s) ó (L/s)

Figura 5.7.6. Datos Aforo 5.

5.7. Resistividad eléctrica.

Como complemento a la construcción del piezómetro, se han efectuado tres SEVs, (Sondeos Eléctricos Verticales) para correlacionar las condiciones geológicas de los piezómetros con el resto de la propiedad y buscando establecer una mayor profundidad de investigación. El trabajo consiste en la ejecución tres SEVs dentro de la finca y correlacionarlo con los resultados de las perforaciones y toda la información geológica que se posee.

Los ensayos se han efectuado utilizando el arreglo Schlumberger con una separación de 100 m de AB/2, para un alcance en profundidad de 30 m, aproximadamente. Los resultados se presentan en el anexo 10.

Para interpretar los datos del sondeo en una dimensión, se presume normalmente que el subsuelo consiste en capas horizontales homogéneas e isotrópicas. Para estos casos, la resistividad del subsuelo cambia únicamente con la profundidad, pero no cambia en la dirección horizontal.

Algunos valores típicos de la resistividad de ciertos materiales se pueden observar en el cuadro 5.8.1.

Cuadro 5.8.1. Valores de resistividad típicos de algunos materiales geológicos.

Material	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Arias, D (2011)

Para el sitio de estudio se ha efectuado tres SEVs (Sondeo Eléctrico Vertical), mediante los cuales se ha obtenido las condiciones geoelectricas correlativas con las capas observadas en las perforaciones, logrando identificar que en la zona de estudio existe cuatro a cinco capas geoelectricas, con un sector en el que se puede interpretar niveles de saturación. Los resultados de la interpretación de cada SEV se presentan de las figuras 5.8.1, 5.8.2 y 5.8.3. El resumen de los resultados se presenta en los cuadros 5.8.2, 5.8.3. y 5.8.4.

Para el SEV 1, las capas identificadas son, primeramente, una capa de limos plásticos blandos y húmedos, con una resistividad eléctrica de 6 Ωm , luego una capa de limos plásticos sin saturar y de moderada consistencia 48 Ωm con una profundidad de 1,36 m. Se plantea la existencia de un nivel saturado en los limos plásticos con una resistividad eléctrica de 4 Ωm de 3,28 hasta 10,5 m; la presencia del lahar se da después de los 10,5 m presenta una alta resistividad debido posiblemente a su composición de bloques y matriz.

Para el SEV 2, las capas identificadas inician con limos blandos con un espesor de 2,85 m y resistividad de 20 Ωm , posterior a esta capa se da la presencia de una capa de limos plásticos saturados que representa un nivel colgado en este estrato geoelectrico con una resistividad de 7 Ωm alcanzado una profundidad de 4,09 m, subyaciendo las capas ya mencionadas aparece un limo plástico sin saturar con 43 Ωm de resistividad hasta la profundidad de 6,6 m; se da además la ocurrencia de un estrato saturado dentro de una capa identificada como limos plásticos de resistividad 3 Ωm hasta los 13 m y finalizando la secuencia alcanzada por el SEV se ubica la capa de lahar con resistividad de 1747 Ωm .

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

El SEV 3, realizado en el sitio de estudio identifica 4 capas geoelectricas inicia la secuencia desde la superficie una capa de limos plásticos blandos y húmedos de resistividad $9 \Omega m$ con profundidad de 2,01 m esta capa sobreyace unos limos plásticos sin saturar de consistencia moderada hasta los 4,48 m de profundidad y resistencia de $34 \Omega m$, la siguiente capa la compone un limo plástico saturado de resistividad $4 \Omega m$ alcanzando la profundidad de 9,7 m y la última capa que se logra identificar mediante este sondeo en profundidad corresponde con un suelo de alta plasticidad con fragmentos líticos (limos y lahar) con resistividad de $3498 \Omega m$.

Cuadro 5.8.2. Resultados de la distribución geoelectrica de las capas.

Material	Espesor (m)	Prof (m)	Resistividad (Ωm)
Limos plásticos blandos y húmedos	1,36	1,36	6
Limos plásticos sin saturar y de moderada consistencia	1,93	3,28	48
Limos plásticos saturados	7,26	10,5	4
Suelos de alta plasticidad con fragmentos líticos (limos y lahar)	>10	>20	3284

Cuadro 5.8.3. Resultados de la distribución geoelectrica de las capas.

Material	Espesor (m)	Prof (m)	Resistividad (Ωm)
Limos plásticos blandos	2,85	2,85	20
Limos plásticos saturados (nivel colgado) y de moderada consistencia	1,24	4,09	7
Limos plásticos sin saturar y de moderada consistencia	2,5	6,6	43
Limos plásticos saturados	6,3	12,9	3
Suelos de alta plasticidad con fragmentos líticos (limos y lahar)	>10	>20	1747

Cuadro 5.8.4. Resultados de la distribución geoelectrica de las capas.

Material	Espesor (m)	Prof (m)	Resistividad (Ωm)
Limos plásticos blandos y húmedos	2,01	2,01	9
Limos plásticos sin saturar y de moderada consistencia	2,93	4,94	34
Limos plásticos saturados	4,76	9,7	4
Suelos de alta plasticidad con fragmentos líticos (limos y lahar)	>10	>20	3498

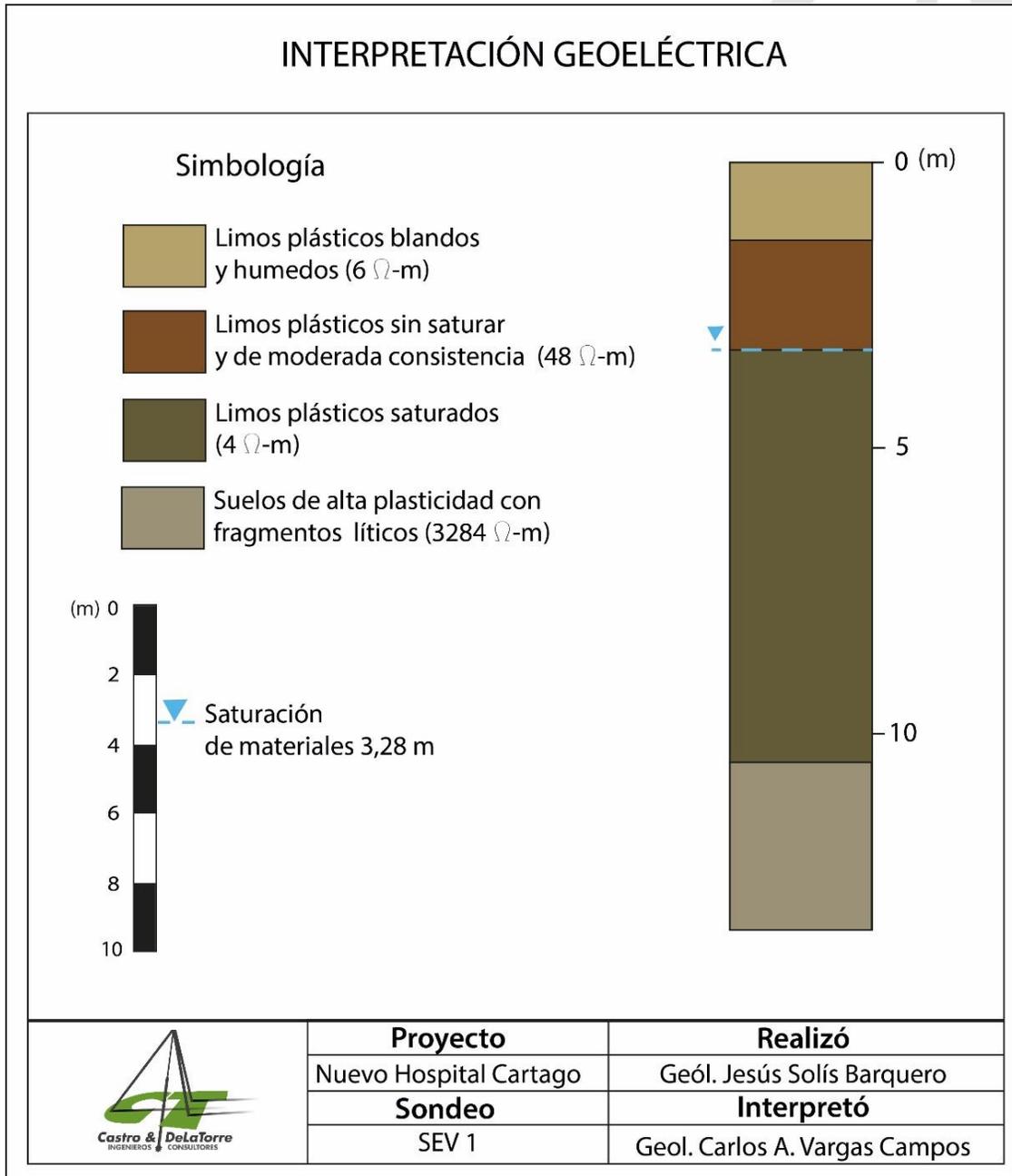


Figura 5.8.1. Distribución estratigráfica de las capas geoelectricas SEV 1.

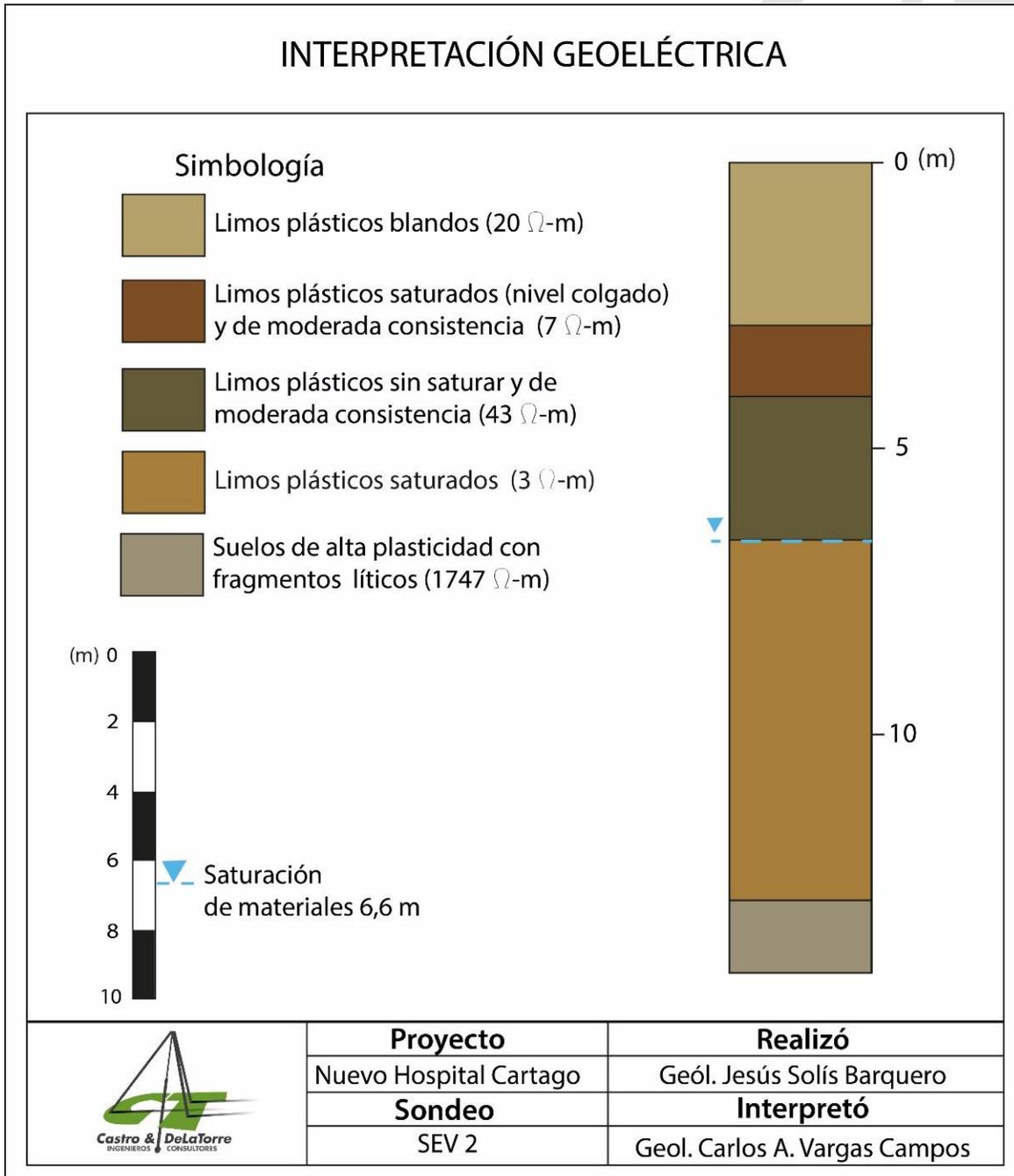


Figura 5.8.2. Distribución estratigráfica de las capas geoelectricas para el SEV2.

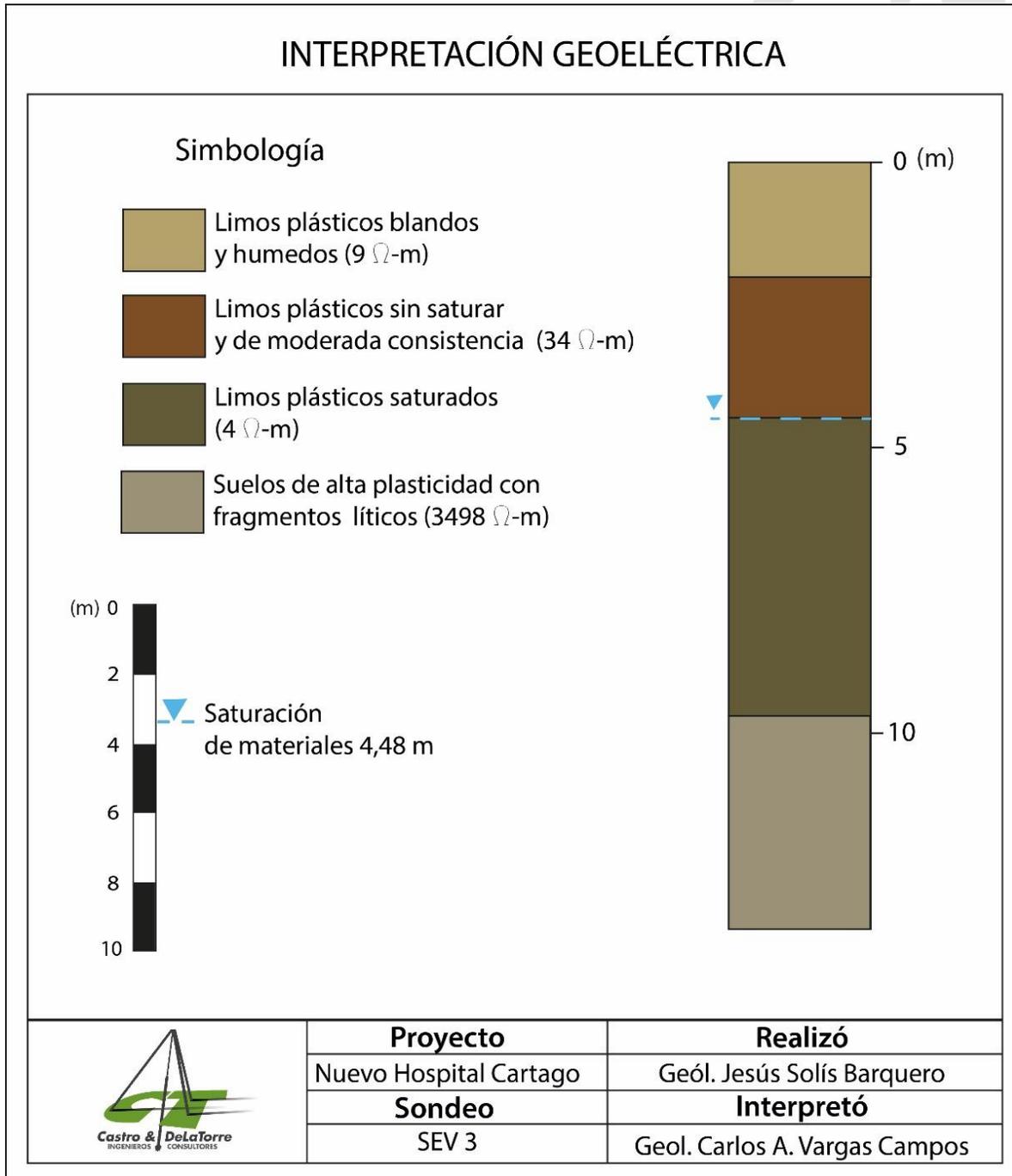


Figura 5.8.3. Distribución estratigráfica de las capas geoelectricas para el SEV3.

5.8. Refracción sísmica.

Se han utilizado dos perfiles sísmicos de refracción realizados los días 24 y 25 de octubre del presente año.

El perfil sísmico 1 (Fig. 5.9.1) detecta una capa irregular con una profundidad media de 15 m.b.n.s, con velocidades primarias cercanas a los 1100 m/s asociada con los lahares detectados en la zona de estudio; además sobreyace esta capa una de menor velocidad (700 m/s) correlacionada con los limos producto de los depósitos fluviolacustres.

El perfil sísmico 2 (Fig. 5.9.2) detecta un basamento bastante regular con una profundidad media de 30 m.b.n.s, con velocidades primarias cercanas a los 1800 m/s. No se logra diferenciar la capa de lahar con los sedimentos fluviolacustres los cuales son agrupados en un solo estrato con velocidad de 1200 m/s.

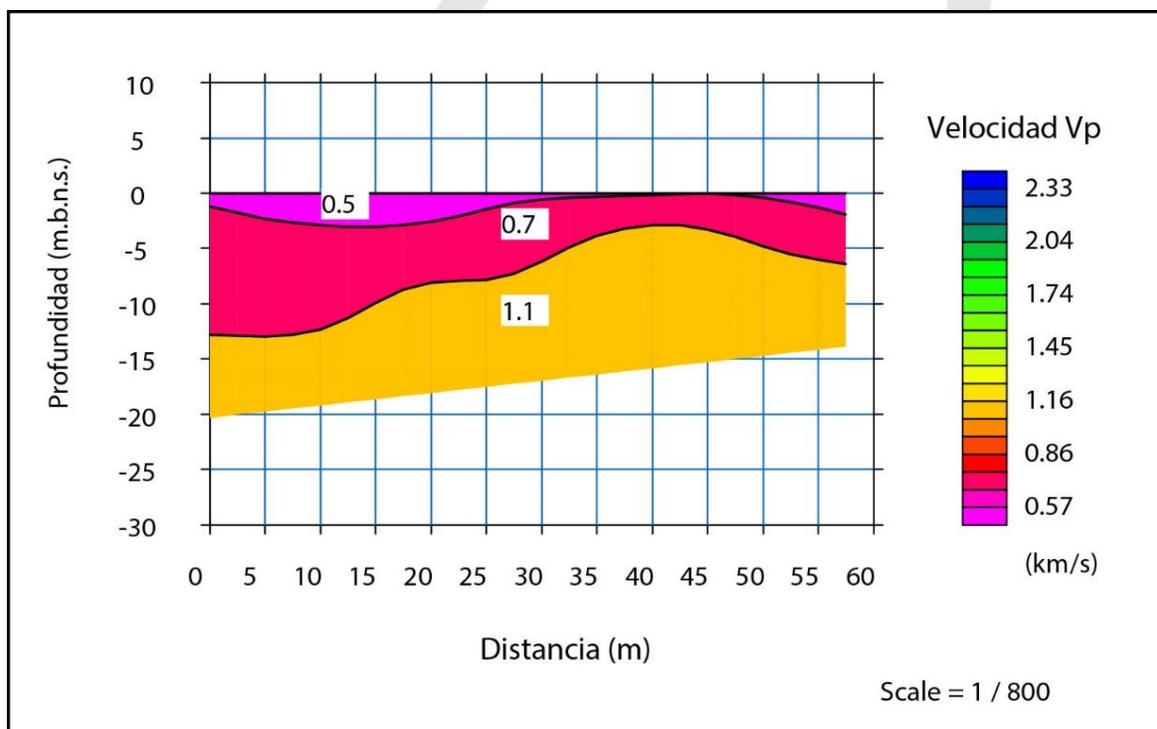


Figura 5.9.1. Resultados e interpretación del perfil sísmico 1.

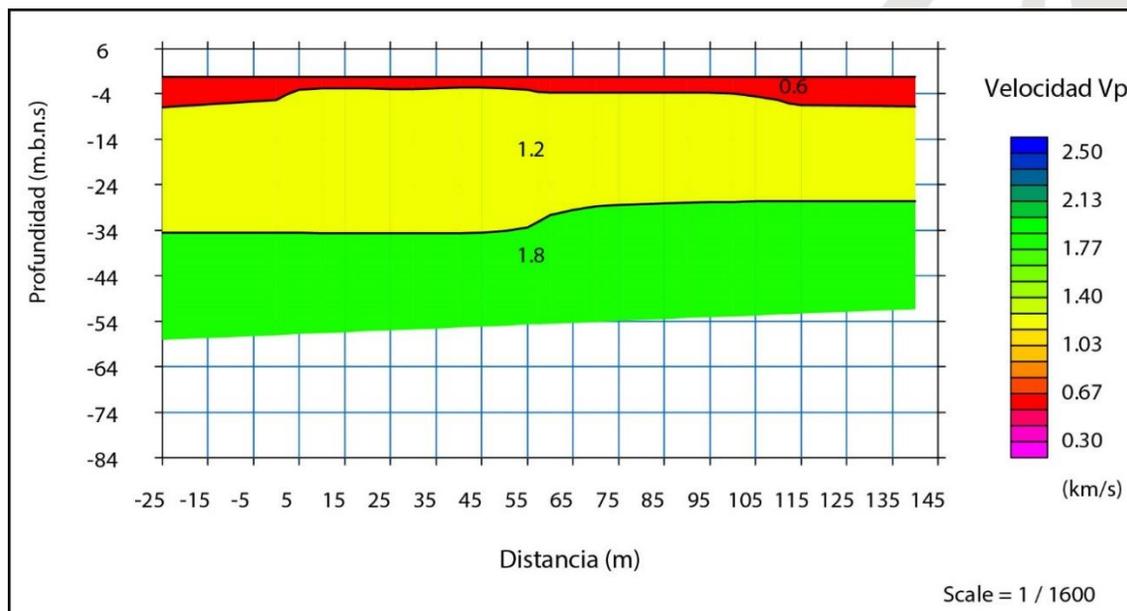


Figura 5.9.2. Resultados e interpretación del perfil sísmico 2

5.9. Modelo hidrogeológico conceptual.

De acuerdo con Geocad (2014) en la zona existe un acuífero denominado como Reventado, desarrollado dentro de paquetes de lavas fracturadas y columnares con intercalaciones de capas de lahares, se ha logrado definir una profundidad de 120 m, con un nivel freático ubicado entre los 3 m a los 10 m. Posee un potencial alto con una explotación que varía entre 1 a los 63 litros por segundo.

El acuífero Reventado se localiza en las lavas andesíticas fracturadas, en la zona de estudio dicho acuífero se encuentra cubierto por materiales fluviolacustres de muy baja permeabilidad. Este acuífero es de tipo libre cubierto en la zona de estudio y se alimenta por la recarga de lluvia. El gradiente hidráulico de este acuífero es de 0,0273; calculado a partir del mapa hidrogeológico como se puede observar en la figura 5.10.1.

El modelo hidrogeológico conceptual evidencia, entonces, la existencia de un acuífero libre cubierto. De acuerdo con las perforaciones, los piezómetros y los SEVs en el sector del proyecto este acuífero posee un nivel de agua cercano a los 5 m. En general, la recarga de este acuífero por infiltración directa. Los aforos realizados en el río Purires indican un aporte cercano a los 2620 l/s en un tramo de 800 m, aproximadamente. La permeabilidad de este acuífero es de 3,30 m/día de acuerdo a la información del pozo IS-140.

En los perfiles hidrogeológicos (Fig. 5.10.2. y Fig. 5.10.3.), se muestra los espesores de las capas localizadas sobre el acuífero en mención, se muestra la cobertura de materiales fluviolacustres de muy baja permeabilidad con un espesor promedio para el sitio de estudio en 15 m determinado con las perforaciones realizadas y los ensayos geofísicos (refracción sísmica y SEV).

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

La información de los pozos utilizados para construir los perfiles hidrogeológicos se resume en el cuadro 5.10.1.

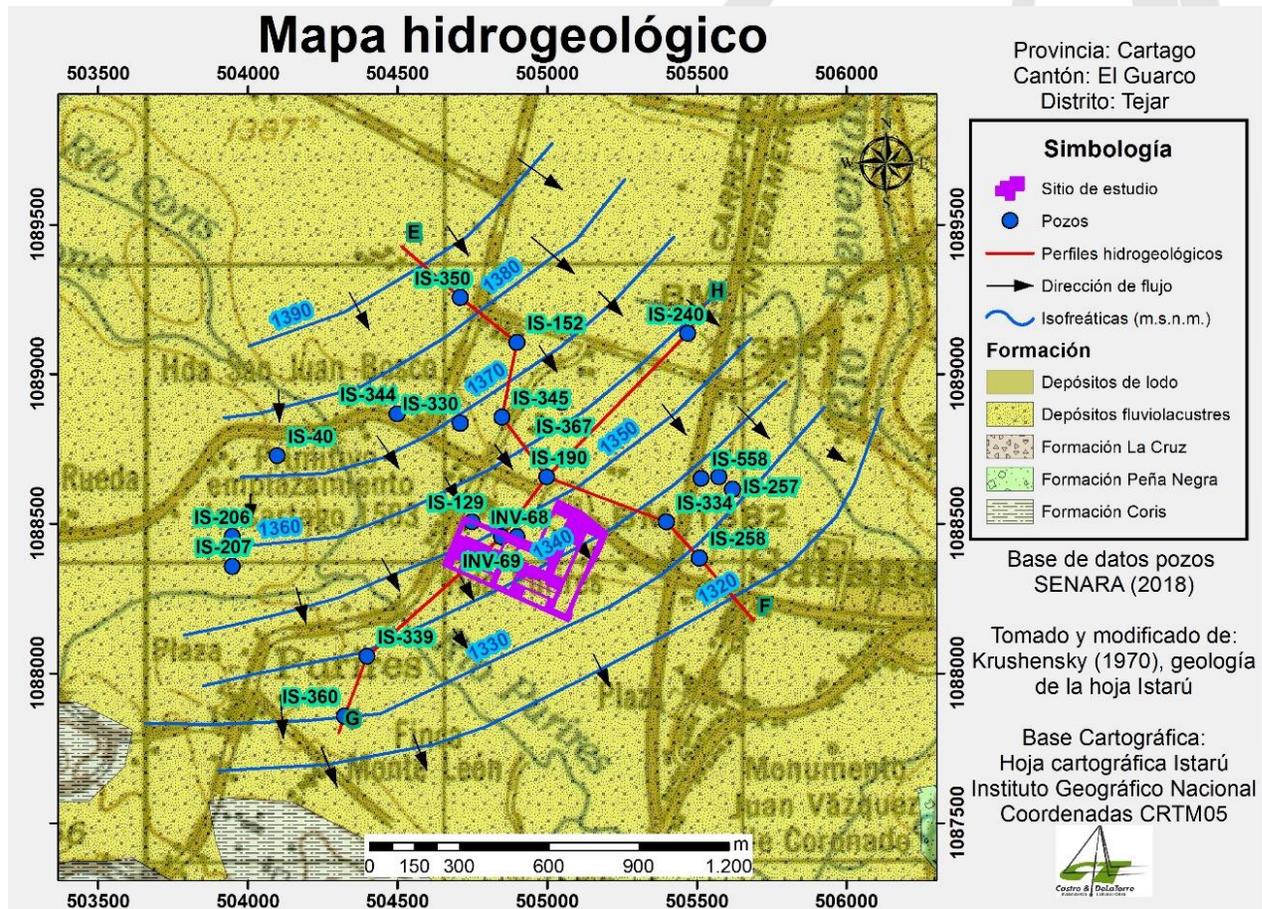


Figura 5.10.1. Mapa hidrogeológico del área de estudio.

Cuadro 5.10.1. Información de los pozos utilizados para la realización de los perfiles

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETA RIO	PROF. (m)	Q (l/s)	USO	N.F. (m.b.n.S.)	LITOLOGÍA
INV-69	541200	203100	Superior Greens S.a	58	0	S.D.	6	0.00 23.00 ARCILLA IMPERMEABLE 23.00 58.00 ARENISCA: CONSTITUIDA POR FRAGMENTOS LAVICOS, Y TOBA PRINCIPALMENTE CONTIENE ARCILLA PLASTICA. NO SE OBSERVAN PLANOS DE OXIDACION. P.A BAJA
IS-152	541250	203750	MOV. FAMILIAR CRISTIANO	35	1,89	Domestico	3	0.00 13.00 LAVINA contiene llavas,tobas y arcilla perm.ap.baja 13.00 18.:0 ARCILLA densa e impermeable 18.:0 25.00 MATERIAL HETEROGENEO contiene lavas meteorizadas y bastante arcilla 25.00 35.00 LAVA ANDESITICA basaltica se observan fragmentos redondeados perm.ap. baja a media
IS-190	541350	203300	EMCOOPER R.L.	50	1	INDUSTRIAL	8	0.00 10.00 ARCILLAS AMARILLENTAS . 10.00 25.00 ARCILLAS CON ARENA FINA GRIS 25.00 44.00 ARENA DE REGULAR TAMAO CON GUIJARROS MEZCLADOS CON ARCILLAS COLOR VERDE 44.00 50.00 ARCILLA CON ARENA FINA COLOR VERDOSO
IS-240	541820	203780	EMPRESAS CAVENDISH, S.A.	25,5	1,58	RIEGO	3,5	0.00 1.00 SUELO GRIS oscuro arcilloso, con grava 1.00 3.30 LAHAR ,arcilla cafe,,grava,arena cantos rodados 3.30 4.80 ARCILLA CAFE ,claro, plastica, adhesiva 4.80 5.10 ARCILLA GRIS ,arena gruesa 5.10 7.10 ARCILLA GRIS PLASTICA adhesiva 7.10 13.00 ARCILLA GRIS OSCURO oscua plastica 13.00 14.60 ARENA Y GRAVA buena permeabilidad 14.60 16.80 ARCILLA GRIS adhesivas, impermeable 16.80 17.20 ARCILLA AMARILLA amarilla adhesiva, fragmentos liticos 17.20 18.00 ARCILLA Y LIMO GRIS CLARO muy plastico 18.00 19.10 CANTOS RODADOS arcillas amarillas 19.10 20.00 CANTOS RODADOS 20.00 23.50 ARENA GRUESA Y GRAVA

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

INF. #18-0721. Pág. 55 de 205.

								23.50 25.50 ARENA GRUESA Y GRAVA 20% de arcilla
IS-258	541860	203030	: PALMITOS DE COSTA RICA	40	1,98	INDUSTRIAL	15,36	0.00 4.00 ARCILLA CAFE CLARO, SUAVE SATURADA PLASTICA OXIDOS DE HIERRO 4.00 12.00 ARCILLA GRISACEA PLASTICA , SUAVE, SATUADA ADHESIVA 12.00 26.00 ARCILLA Y LIMO GRIS OSCURO, PERM.AP.MALA 26.00 34.00 ARCILLA COLOR CAFE CON GRAVA, ARENA GRUESA Y BLOQUES GRANDES PERM.AP.BAJA 34.00 40.00 ARCILLA GRIS VERDOSO DURA, CON OXIDOS DE HIERRO ACUIFUGO
IS-334	541750	203150	MARIA CRISTINA BRENES M.	20	2	INDUSTRIAL	1,4	0-2 Arcilla, color café claro, permeabilidad nula. 2-9 Arcilla con arena 9-20 Arena y Grava, color negro a gris, alta permeabilidad aparente.
IS-339	540750	202700	LINDA VISTA, S.A.	128	6,3	RIEGO	2,5	0.00 24.00 ARCILLAS Y LIMOS color cafe poco permeable 24.00 30.00 LAVA COLOR GRIS permeabilidad media 30.00 52.00 LIMO-ARCILLA color cafe poco permeable 52.00 74.00 GRAVA DE RIO contiene poca arcilla se observan fragmentos bien redondeados perm.media a alta 74.00 98.00 LIMO-ARCILLA poco permeable 98.00 106.00 GRAVA (SIN ARCILLA) fragmentos reondeados perm.alta 106.00 125.00 LIMO ARCILLA . 125.00 128.00 GRAVA CON ARCILLA permeabilidad media
IS-345	541200	203500	: EXTRUSIONES DE ALUMINIO	82	S.D.	INDUSTRIAL	15,75	0.00 8.00 ARCILLA 8.00 40.00 FLUVIO-LACUSRTRE se alternan tramos de arcillas arena y gravs lomo- arenosas ocasionalmente bloques de lava perm.ap. baja 40.00 48.00 TRAMO DE BLOQUES gravillas arenas con menor contenido de arcilla perm.ap. baja a media 48.00 64.00 MATERIAL MUY ARCILLOSO con arenas finas a medias perm.ap. baja 64.00 78.00 TOBA consolidad de color gris oscuro a verdoso perm.ap. media 78.00 82.00 ARCILLA COLOR GRIS perm.ap. muy baja

INF. #18-0721. Pág. 56 de 205.

IS-360	540675	202500	LINDA VISTA, S.A.	95	3,78	DOMESTICO	8,4	0.00 6.00 ARCILLA PLASTICA impermeable 6.00 18.:0 ARENA FINA SIN ARCILLA 18.:0 30.00 ARCILLA GRIS CON ARENA poco permeable 30.00 54.00 GRAVA DE ORIGEN VOLCANICO perm.ap.baja 54.00 60.00 ARCILLA ARENA GRAVA poco permeable 60.00 72.00 ARCILLA GRIS CON MUY POCA ARENA 72.00 95.00 ARENISCA COLOR GRIS basamentos reaciona al h.cl..solida sin planos de oxidación perm.ap.baja a media
--------	--------	--------	-------------------	----	------	-----------	-----	---

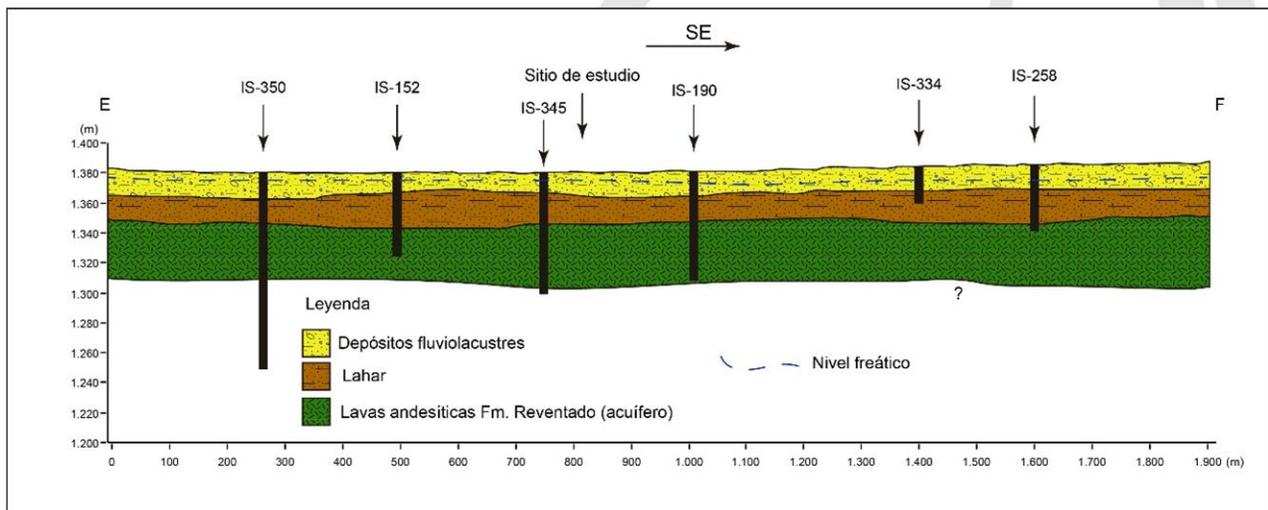


Figura 5.10.2. Perfil hidrogeológico E-F

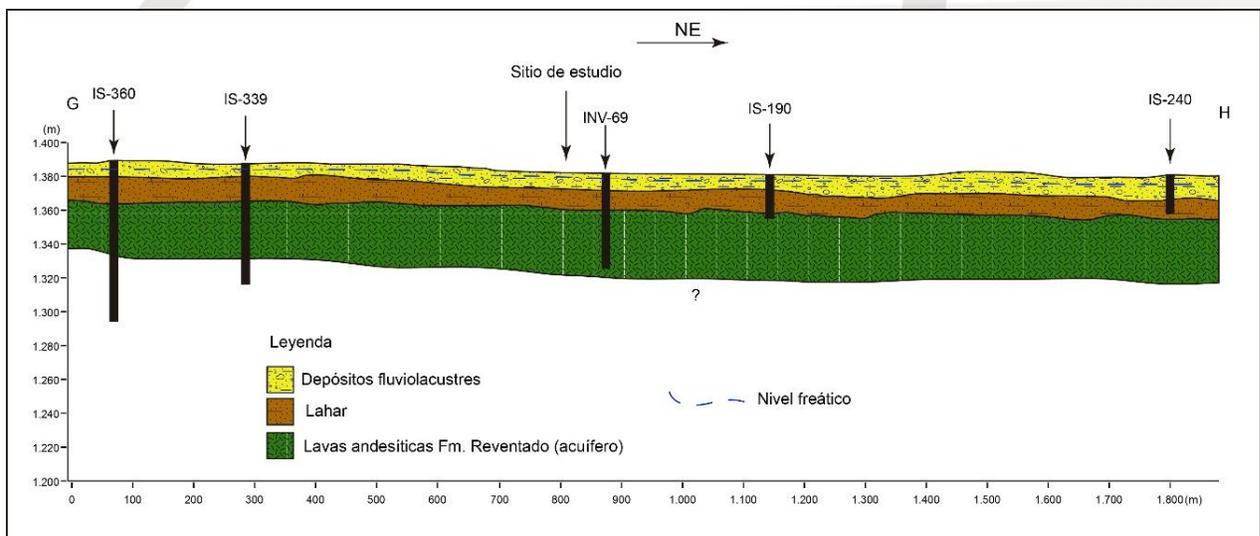


Figura 5.10.3. Perfil hidrogeológico G-H
FUNDADA EN 1963

5.10. Tiempo de tránsito de contaminantes.

Zona no saturada

El tiempo de tránsito para la eliminación de bacterias en las zonas saturada o no saturada dependen del espesor de los estratos de roca, sus características hidráulicas y litológicas; bajo el supuesto que las bacterias poseen un tiempo de residencia máxima en el subsuelo de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994); excepto en lavas muy fracturadas el tiempo mínimo requerido para el análisis es de 100 días (Rodríguez, 1994).

El tiempo de tránsito del flujo vertical (t) en la zona no saturada, bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$T=(b*\theta) / k$$

Donde:

b = espesor de la zona no saturada en metros

θ = porosidad efectiva en la zona no saturada

k = conductividad hidráulica vertical

Para los efectos del cálculo del tiempo de transito se ha efectuado la diferenciación de las distintas capas hasta alcanzar la zona saturada a los 5,0 m (Cuadro 5.11.1), definiendo el tiempo de transito capa por capa, de tal manera que se obtiene un tiempo total de 3295 días, para alcanzar el nivel de agua del acuífero existente debajo de la zona de estudio.

Cuadro 5.11.1. Estimación del tiempo de tránsito de contaminantes patógenos.

Estratos	Descripción	b (m)	k (m/día)	n %	T (días)
Capa A	Relleno	0,3	Nivel de desplante		
Depósito lacustre	Limo plástico	1			
Depósito lacustre	Limo plástico	3,7	0,00064	57	3295
Total					3295

Zona saturada

El tiempo de tránsito del flujo horizontal (t) en la zona saturada, bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$T=(d*\theta) / (k*i)$$

Donde:

d = distancia recorrida por las bacterias en la zona saturada en metros

FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

INF. #18-0721. Pág. 58 de 205.

θ = porosidad efectiva en la zona saturada 56%, según Porosidad del Lahar cuadro 5.5.11.

k = conductividad hidráulica 0,016 m/día, apartado 5.5. del presente informe

i = gradiente hidráulico 0,0273; apartado 5.11. del presente informe

t = 100 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994)

Considerando que el tiempo máximo de residencia de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994); excepto en lavas muy fracturadas donde varía a 100 días (Rodríguez, 1994) y observando que el tiempo requerido para que las bacterias no superen la zona no saturada es mucho menor que el tiempo de tránsito estimado, se determina que no es necesario efectuar el cálculo para el tiempo de tránsito en la zona horizontal, no obstante se determina la distancia que recorrerán las bacterias en el acuífero antes de perecer para descartar con ambos cálculos la posible movilidad de las bacterias hasta llegar a fuentes de agua cercanas.

Por lo tanto, se tiene que:

$$d = \frac{t * k * i}{\theta}$$

Sustituyendo los datos en la fórmula anterior:

$$d = \frac{100 \text{ días} * 0,016 \text{ m/día} * 0,0273}{56\%} = 0,055 \text{ m}$$

Es así se determina la distancia que recorren las bacterias horizontalmente en el acuífero una vez que llegan a la zona saturada en 0,055 m; por lo tanto, se descarta la afectación a los pozos que captan el agua de este acuífero, por otra parte, el proyecto tiene previsto el tratamiento de las aguas residuales.

5.11. Zonas de captura o protección de los pozos y manantiales.

Se realizó una búsqueda exhaustiva de pozos cercanos según las coordenadas de ubicación presentes en la base de datos de SENARA, estos se correlacionaron la base de datos de concesiones de agua del a Dirección de Aguas para ubicar los pozos existentes de manera concreta, sin embargo, solo se encontraron 6 pozos en un radio de 500 m alrededor del proyecto de los cuales ninguno cuenta con una concesión otorgada. Dado que el uso del agua de los pozos es industrial y ninguno posee concesión otorgada se descarta el cálculo de las zonas de captura o protección. En el cuadro 5.12.1. se muestra el estado de los seis pozos según su concesión y el uso asignado a los mismos.

Cuadro 5.12.1. Pozos a una distancia de 500 m del proyecto, estado de concesión y uso.

Código pozo	Estado de concesión	Uso
IS-129	Sin Registro en base de datos DA	Agroindustrial

FUNDADA EN 1963

INV-69	Sin Registro en base de datos DA	Sin dato
INV-68	Sin Registro en base de datos DA	Sin dato
IS-190	Sin Registro en base de datos DA	Industrial
IS-258	Sin Registro en base de datos DA	Industrial
IS-334	Sin Registro en base de datos DA	Industrial

5.12. Análisis de la vulnerabilidad Hidrogeológica.

De acuerdo con la categorización del parámetro G realizada por el SENARA, considerando la conductividad y la porosidad de los materiales encontrados se asigna un valor de 0,7 siendo este un acuífero no confinado cubierto según los ensayos realizados y mostrados en este informe.

Los materiales que conforman la zona no saturada están constituidos, de acuerdo con todo el análisis geológico, las perforaciones realizadas y los ensayos geofísicos, por una capa de arcilla limosa que cubre los lahares compuesto por bloques decimétricos de lavas andesíticas principalmente de matriz limo plástica, el valor del parámetro O en este caso es de 0,4; por los depósitos fluviolacustres (Fig. 5.13.1).

Según el dato de nivel freático obtenido a partir del análisis hidrogeológico y con toda la información recabada, y resaltando nuevamente que, los datos de campo y la información confirma que el agua del piezómetro es debida a la influencia directa del río Purires sobre el terreno, en un sector conformado por los lahares mencionados. Los niveles estáticos en el sitio de estudio se encuentran bajo los 5 m (3 m bajo nivel de desplante), según las perforaciones realizadas y los ensayos geofísicos; se asigna un valor de 0,9 para el parámetro Distancia del nivel de agua subterránea (Cuadro 5.13.1).

El cálculo de la vulnerabilidad intrínseca $G \cdot O \cdot D$ para el acuífero en estudio es:

Índice de vulnerabilidad = $G \cdot O \cdot D$

Índice de vulnerabilidad = $0,7 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 0,252$

Con el resultado obtenido, se tiene que la vulnerabilidad en el acuífero es baja.

Cuadro 5.13.1. Análisis de la Vulnerabilidad Intrínseca del acuífero con método G.O.D.

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento	No confinado (cubierto)	0,7
Ocurrencia de sustrato	Arcillas lacustres	0,4
Distancia al nivel del agua	<5	0,9
Valor del índice de vulnerabilidad	G.O.D	0,252
Vulnerabilidad		BAJA

5.13. Análisis de amenaza

Se realiza el análisis de la amenaza según la toxicidad, la persistencia, y la movilidad; en este caso los hidrocarburos son considerados de alta toxicidad, debido a que pueden ser sustancias que causen repercusiones en la salud de las personas de manera inmediata (2), la persistencia de estas sustancias se clasifica como alta (1), ya que la gama presentan vidas medias superiores a los 30 días y la movilidad presente en los

diversos compuestos hidrocarburos, también varía en este caso se toma una movilidad baja (0,3).

La suma de las tres componentes nos da un total de 3,3 como peso total, y con esto se obtiene un grado de amenaza media.

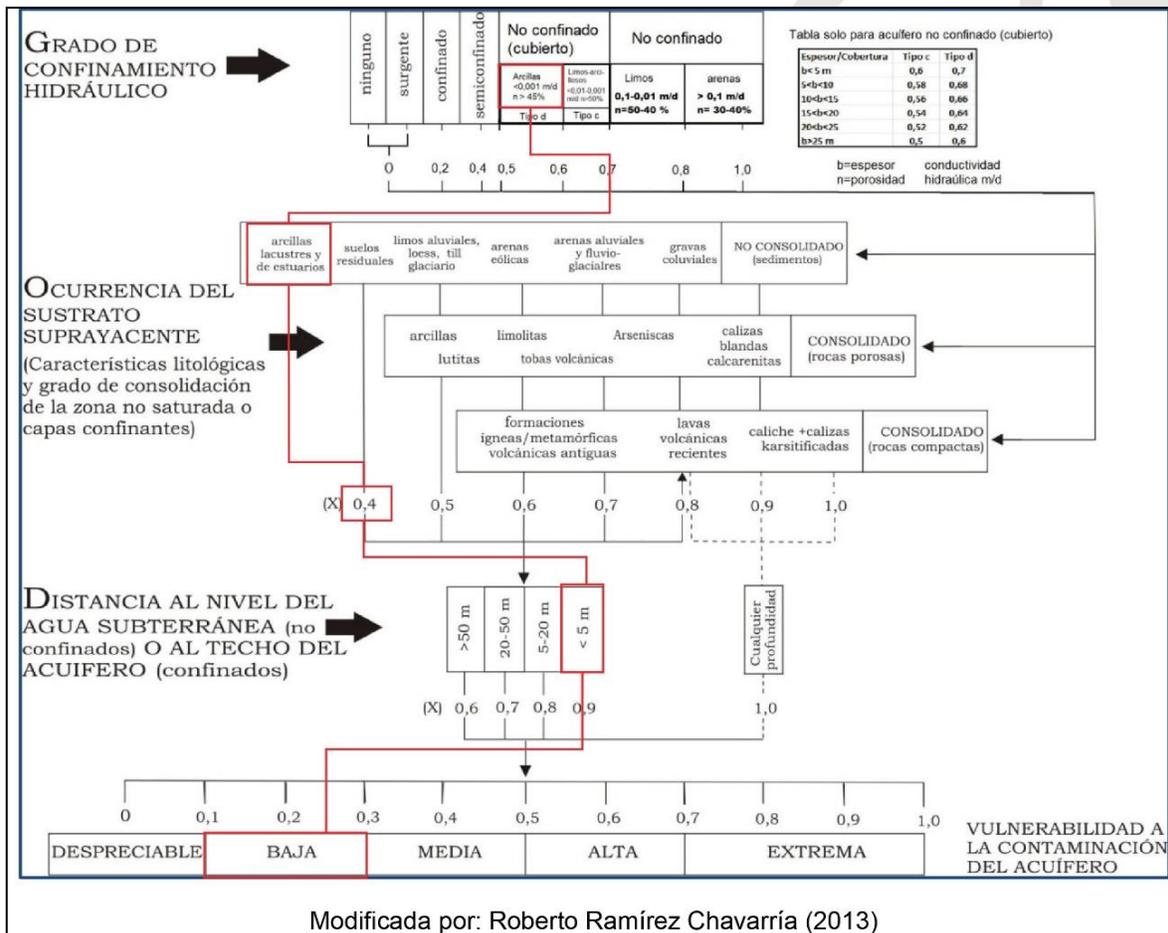


Figura 5.13.1. Diagrama de vulnerabilidad al acuífero (Método GOD).

5.14. Análisis de recarga

Basado en el balance hídrico de suelos realizado (Fig. 5.15.1), se obtiene una recarga baja para el sitio de estudio, con un valor del 3,6%, comparado con la precipitación total. Los datos base para la realización del balance hídrico se trata de los resultados del análisis de la CC y PM (capacidad de campo y punto de marchitez) del laboratorio del CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas), obteniéndose en promedio de las muestras realizadas un valor de 41 para la CC y 30 para el PM (Anexo 12). Además, se ha utilizado un promedio de 0,0633 m/día de los resultados de las pruebas de permeabilidad (Cuadro 5.15.1). Igualmente, se ha utilizado una densidad aparente promedio de 1,35 g/cm³.

Los datos de precipitación han sido tomados del promedio mensual de la estación meteorológica del TEC, igual que los dos datos de temperatura para efectuar el cálculo de la evaporación potencial (Anexo 11) de la metodología de Hargreaves. Los

INF. #18-0721. Pág. 61 de 205.

resultados demuestran que la recarga potencial anual es de 51,66 mm, para una precipitación anual de 1439,40 mm, lo cual indica que la recarga potencial anual equivale al 3,6% de la precipitación, clasificándose como una zona de recarga baja.

Cuadro 5.15.1. Resumen de resultados pruebas de permeabilidad doble anillo

Muestra	Coordenadas CRTM05		K (m/día)	Clasificación
	Norte	Este		
Prueba 1	505086	1088502	0,02675	Muy baja
Prueba 2	505099	1088383	0,02642	Muy baja
Prueba 3	504960	1088307	0,0633	Muy baja
Prueba 4	504824	1088365	0,00777	Muy baja
Prueba 5	504755	1088410	0,01564	Muy baja

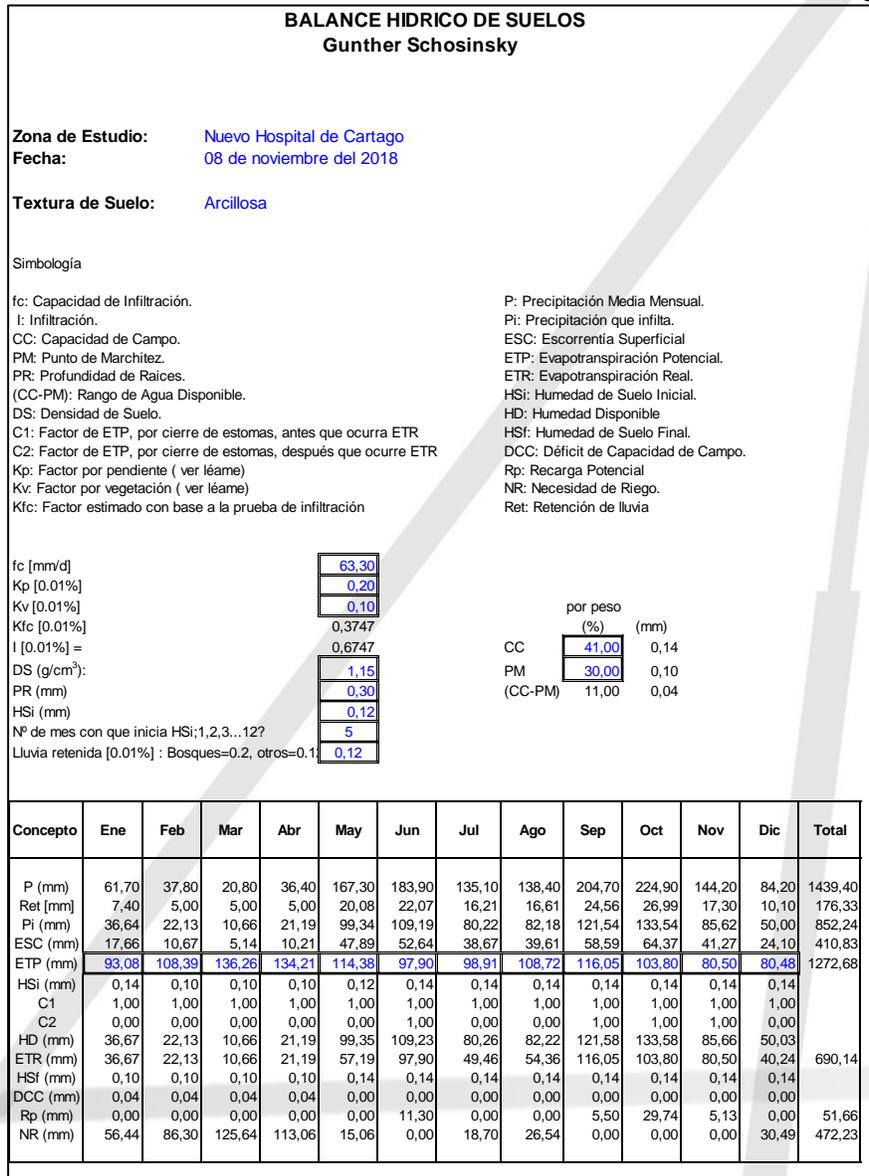


Figura 5.15.1. Recarga potencial para los alrededores del área de estudio.

5.15. Riesgo de afectación a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas.

Se realiza tanto la valoración de riesgo por vulnerabilidad como por recarga de acuerdo con los criterios establecidos por el SENARA.

El riesgo es el peligro del deterioro en la calidad del acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes y es inferido como la relación de la vulnerabilidad con la amenaza.

INF. #18-0721. Pág. 63 de 205.

De esta manera se puede analizar el riesgo en la zona ya que, como vimos anteriormente, la vulnerabilidad intrínseca en el sector estudiado es baja. Por otro lado, la amenaza por toxicidad es media. Al interactuar estos factores en la matriz genérica para la protección de acuíferos, para actividades industriales, la estimación de riesgo es baja (Cuadro 5.16.1).

Cuadro 5.16.1. Matriz de Riesgo a contaminación del acuífero.

Vulnerabilidad a la contaminación	Extrema	RMA		
	Alta	RA	RMA	
	Media	RM		RA
	Baja	RB		
	Desprec	RB		
I-1		Baja	Media	Alta
Amenaza por toxicidad				
Vulnerabilidad a la contaminación	Extrema	RMA		
	Alta	RM	RA	
	Media	RM		RA
	Baja	RB		
	Desprec	RB		
I-2		Baja	Media	Alta
Amenaza por densidad de población				

Por otro lado, dada la amenaza alta por cobertura y una recarga acuífera baja, se obtiene un riesgo bajo por recarga acuífero (Cuadro 5.16.2)

Cuadro 5.16.2. Matriz de riesgos por condiciones de recarga.

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

Recarga acuífera	Alta	RM	RA	RMA	
	Media	RM		RA	RMA
	Baja	RB			
Urb-2		Baja	Media	Alta	Muy Alta
		Amenaza por cobertura			

Cuadro 5.16.3. Matriz de riesgos por condiciones de recarga respecto a densidad de población

Recarga acuífera	Alta	RM	RMA	
	Media	RM		RA
	Baja	RB		
Urb-3		Baja	Media	Alta
		Amenaza por densidad de población		

RB: Riesgo bajo, RM: Riesgo Medio, RA: Riesgo Alto, RMA: Riesgo Muy Alto

Cuadro 5.16.4. Regulaciones según el riesgo de afectación al recurso hídrico.

Riesgo	Id Riesgo	Características
Bajo	RB	Se permite el desarrollo de actividades
Medio	RM	Se permite el desarrollo de actividades bajo ciertas medidas de regulación
Alto	RA	Se permite el desarrollo de actividades por encima de los parámetros establecidos para riesgo medio solo con la implementación de medidas de mitigación
Muy Alto	RMA	No se permite actividades de amenaza al recurso hídrico

6. CONCLUSIONES

El proyecto es denominado Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago, cuyo propietario es la Caja Costarricense del Seguro Social; representada por el señor Presidente Ejecutivo de la CCSS, doctor Román Macaya Hayes, con un área total de 118883 m², 11 Ha 8883 m², según plano de catastro número C-1526529-2011, ubicado en el distrito Tejar, cantón El Guarco y provincia de Cartago.

La geología existente debajo de proyecto está controlada por la presencia de depósitos fluviolacustres principalmente limos plásticos y arcillas, estos depósitos sobreyacen los lahares propios de la actividad volcánica formados por bloques de andesitas dentro de una matriz limo plástica, la presencia de rocas volcánicas tipo andesita demuestra que en profundidad superar en la zona de estudio los 28 m se puede localizar la Fm. Reventado.

No existen manantiales ni captaciones de aguas superficiales utilizadas para abastecimiento público, aunque si se presentan captaciones de aguas superficiales para riego en la agricultura característica del entorno humano que rodea el proyecto.

Se ha logrado demostrar que el río Purires es influente con un caudal de 620,23 l/s en el tramo analizado cercano a los 800 m de longitud.

Se ha logrado identificar la presencia del acuífero Reventado debajo de la propiedad con una profundidad del nivel freático cercano a los 5 m. El acuífero Reventado se localiza en los materiales volcánicos compuestos por lavas fracturadas con transmisividad de 89,5 m²/día; por lo que se clasifica como un acuífero libre cubierto espesor variable entre 50 m y 100 m y un gradiente hidráulico de este acuífero es de 0,0273.

El tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada y saturada indica que el desplazamiento de bacterias en el acuífero no supera 0,055 m de distancia y la vulnerabilidad a la contaminación se ha clasificado como baja. La recarga en el sitio se ha clasificado como baja. Por la caracterización de la toxicidad y la densidad de población, la amenaza es baja, por lo que el riesgo de afectación de las aguas subterráneas por calidad y cantidad es baja de igual forma. Mediante el análisis del riesgo se determina que el proyecto de construcción del tanque de autoconsumo de combustibles puede ser construido en el sitio de estudio para el desarrollo del proyecto.

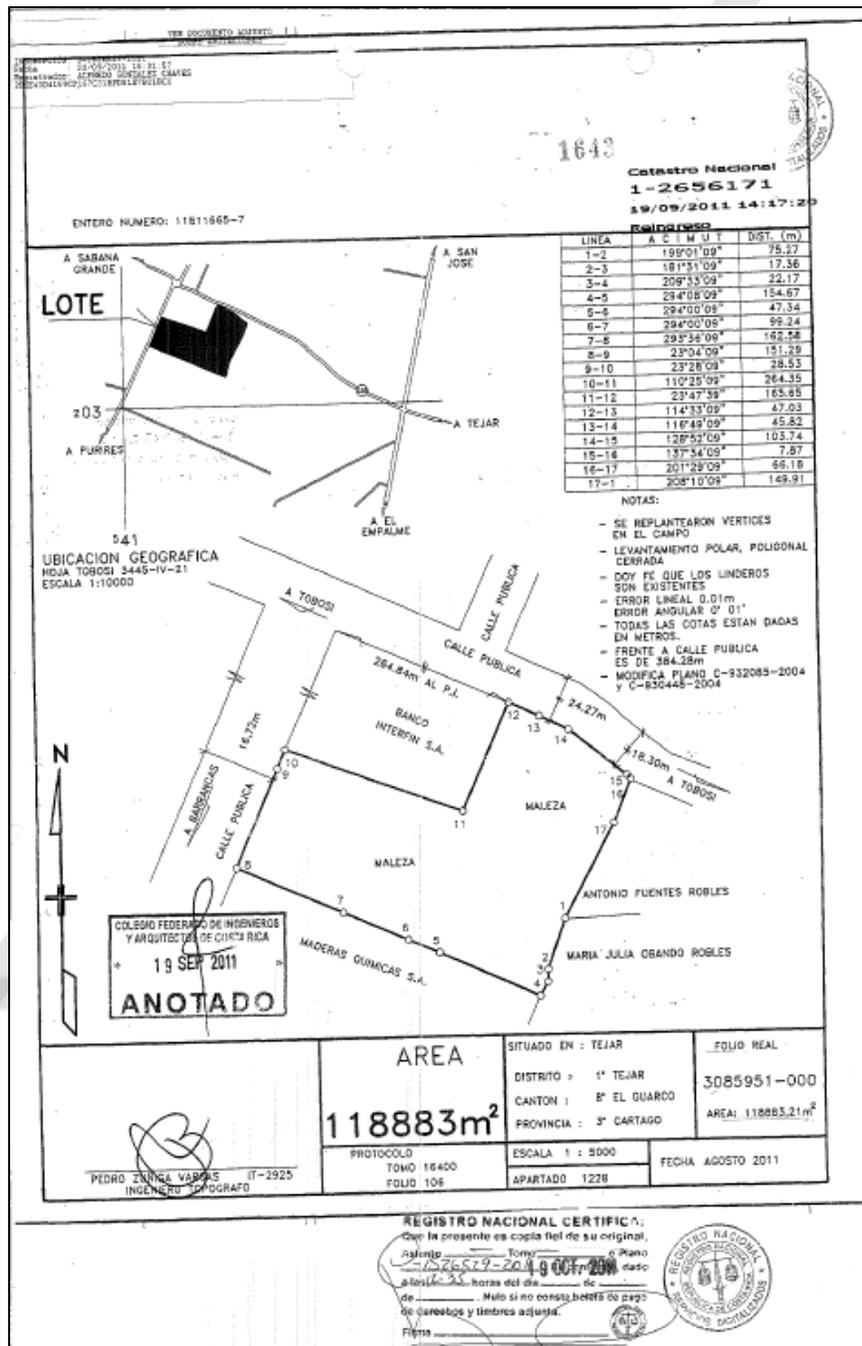
7. REFERENCIAS

- DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 81 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- MONTERO, W., 2001: Neotectónica de la Región Central de Costa Rica: Frontera Oeste de la Microplaca de Panamá. - Revista Geológica de América Central, 24: 29-56.
- RODRÍGUEZ, H. 1994: Normas para el cálculo de tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea. - 4 págs. AyA [Inf. Interno].
- ROMERO, C., AGUDELO, C. & RAMIREZ, R. 2016: Guía metodológica para la aplicación de la matriz genérica de protección de acuíferos. – 44 págs. SENARA [Inf. Interno].
- SCHOSINSKY, G., 2006: Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Rev. Geol. Amér. Central, 34-35: 13-30.
- SENARA; 2014: Matriz de protección de acuíferos. – 5 págs. SENARA [Inf. Interno]. Recuperado de: www.senara.or.cr
- SENARA; 2014: Guía metodológica para la aplicación de la matriz de protección de acuíferos. – 14 págs. SENARA [Inf. Interno]. Recuperado de: www.senara.or.cr

ANEXOS

Anexo 1

Plano y diseño del proyecto





Anexo 2

Fotos de los afloramientos identificados

INF. #18-0721. Pág. 72 de 205.

Afloramiento 1: Arenas finas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 2: Arenas finas depósitos fluviolacustres



INF. #18-0721. Pág. 73 de 205.

Afloramiento 3: Arcillas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 4: bloques en matriz arenosa depósitos fluviolacustres



INF. #18-0721. Pág. 74 de 205.

Afloramiento 5: Arenas estratificadas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 6: limos semiconsolidados depósitos fluviolacustres



INF. #18-0721. Pág. 75 de 205.

Afloramiento 7: Conglomerados semiconsolidados, coluvio



Afloramiento 8: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 9: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 10: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 11: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 12: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 13: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 14: Materiales coluviales



Afloramiento 15: Arenisca meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 16: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 17: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 18: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 19: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 20: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 21: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 22: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 23: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 24: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 25: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Anexo 3

Bases de datos de concesiones del distrito de Tejar, cantón El Guarco, provincia de Cartago

CONCESIONES POR DISTRITOS																
Exped.	Estado	Apellido	Provincia:	Canton:	Distrito:	Fuente:	Lat.	Long.	Área: Hectáreas	Riesgo	Consumo Humano	Comercio	Industria	Finca: Hectáreas	Turismo	Asociado Rural
12039A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	02	202.460	538.800	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		HELECHOS CERDAS S.A.														
12039A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	03	202.460	538.860	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		HELECHOS CERDAS S.A.														
12039A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	04	202.460	538.900	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		HELECHOS CERDAS S.A.														
12039A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	06	202.460	538.960	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		HELECHOS CERDAS S.A.														
12917P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.296	541.866	0.00	0.00	0.29	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
		JMG CONSTRUCCIONES S.A.														
3767P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.212	540.463	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		CONDOMINIO VALLE NOVARUM														
3767P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	02	203.014	540.456	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		CONDOMINIO VALLE NOVARUM														
4355P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.600	541.660	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ROBRELE LTDA.														
4516A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	202.640	538.967	0.00	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		FLORES DE ISTARU S.A.														
4559P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	202.700	542.300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
		ROSA ELENA CORALES BRULLA														
4574P	OTORGADO	LEIVA CERDAS	CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.620	543.650	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		MIRIAM														
4593P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	202.916	539.622	0.00	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		FLORES DE ISTARU S.A.														
5733A	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	202.350	542.450	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		HOSPICIO DE HUERFANOS DE CARTAGO														
5979P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.600	543.600	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		VILLA FRANCISCA LTDA. ARTESAL LTDA.														
602R	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	158	204.138	543.845	0.00	0.00	11.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS														
602R	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	158	204.139	543.810	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS														
602R	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	159	204.066	543.352	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS														
602R	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	159	204.004	543.074	0.00	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS														
602R	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	159	204.040	542.782	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS														
6467P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.600	541.250	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
		EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A.														
6531P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.480	541.060	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
		SERVICIOS GENERALES DEL OESTE, S.A.														
7041P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.800	541.800	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		CONSTRUCTORA LOS SUEÑOS HABITACIONALES S.A.														
7857P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	202.400	541.450	0.00	0.00	0.22	0.00	3.34	0.00	0.00	0.00
		AECEN DEL SUR S.A.														
7857P	OTORGADO		CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	02	202.250	542.350	0.00	0.00	0.23	0.00	3.33	0.00	0.00	0.00
		AECEN DEL SUR S.A.														

Página 1 de 2

DIRECCION DE AGUA

MINE

18/11/2018

FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr



CONCESIONES POR DISTRITOS																		
REPORTE TECNICO																		
Distrito: CARTAGO - EL GUARCO - TEJAR																		
Estado: OTORGADO																		
Unidad de Medida: - Usos: litros / segundos																		
Exped.	Estado	Nombre	Apellido	Provincia	Canton	Distrito	Puente	Lat.	Long.	Área Corte Cúbica	Área Superficial	Riego	Consumo Humano	Comercio	Industria	Energía Hidráulica	Turismo	Asfalto Rural
8867P	OTORGADO	NOEMI	NAVARRO SEQUIRA	CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	01	203.540	543.660	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8867P	OTORGADO	NOEMI	NAVARRO SEQUIRA	CARTAGO	EL GUARCO	TEJAR	02	204.250	543.825	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 4

Pozos en la base de datos de SENARA utilizados para la confección de los perfiles hidrogeológicos

TELEFONO: 25-95-33
San José, Costa Rica

PERFIL GEOLOGICO DEL POZO N° Superior/Green

Máquina No. Operador: Factura No. 3348

CROQUIS ESCALA

LEYENDA

PROF.		Simbol.	FORMACION	DATOS	
M.S.	PIES				
	10		0-23 m. 0-75.4'	Localización	541.20-203.1 ISTARUE Tejar de Cartago
	20		Arzulla: Impermeable.	Tipo de pozo	no artesiano
	30			Método de perforación	percusión
	40		23-58 m. 75 a 190'	Máquina	B-E 22 W
	50		Arzulla: Constituida por frag- mentos lávicos y lava pri- cipalmente.	Profundidad total	58 m.
	60		Contiene arcilla plásti- ca.	Nivel estático del agua	6m.
	70		- No se observan planos de oxidación.	Entubamiento	58 m
	80		- Permeabilidad aparente: baja	Metal	acero
	90			Longitud	secciones de 12'
	100			Díametro	15 cms
	110			Zaranda	
	120			Ranuras	10 cm. 3 mm
	130			Accesorios	sello sanitario
	140			Acabado del pozo	sello concreto
	150			Filtro de Grava	cuartilla
	160			Cementación	plancha
	170			Lavado del pozo con	grava
	180			Desarrollo del pozo	meca m co
	190			Nivel dinámica:	40 mts.
	200			Gasto recomendado para su explotación	220 G.P.M.
				Observaciones	
				GERENTE:	
				SUPERVISOR:	Martique Ortiz.
				Fecha:	

Una Empresa especializada en la perforación de pozos de agua fundada en 1957

4091 San Ramón

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

Castro & DeLaTorre
INGENIEROS CONSULTORES

H J
A. ch.

PERFORADORA COSTARRICENSE LTDA.
 TELEFONO 25-95-31 APARTADO 4194
 San José, Costa Rica

PERFIL GEOLOGICO DEL POZO N. Movimiento Familiar Cristiano de Cartago:

Máquina No. 10 Operador: Edgar Solano Factura No. 3343

CROQUIS ESCALA:

Equipo Instalado:
Bomba sumergible de ½ hp. Con cable, tablero de control, pararrayos, tanque de presión, control de electrodos, y tubería de hierro galvanizado de 2½ cm de diámetro.

LEYENDA

2588-P.

IS-152.

PROF.		Simbol.	FORMACION	DATOS			
M.S.	PIES			Localización	Tipo de pozo	Método de perforación	Máquina
	10		0-13 m. Lavina: Contiene lavas, tobas y arcilla. Permeabilidad aparente: baja.	541.25-203.75. Istari.	no artesiano.	percusión.	Bucyrus-Erie-22W.
	20		13-19 m. Arcilla: Densa e impermeable.				
	30		19-25 m. Material heterogeneo: Contiene lavas meteorizadas, y bastante arcilla.				
	40		25-35 m. lava: Andesítico-basáltico. Se observan fragmentos redondeados. Permeabilidad aparente: baja a media.				
	50						
	60						

ACCESORIOS Y DATOS ADICIONALES:

Profundidad total: 35 m.
 Nivel estático del agua: 3 m.
 Entubamiento: 35 m.
 Metal: P.V.C.
 Longitud: secciones de 6 m.
 Diámetro: 15 cms.
 Zerenda: 12 m (23 a 35 m).
 Ranuras: 10cm x 3mm.
 Accesorios: sello sanitario.
 Acabado del pozo: sello concreto de 4m.
 Filtro de Grava: 4m³ (cuartilla).
 Cementación: planché.
 Lavado del pozo con: bomba.
 Desarrollo del pozo: mecánico.
 Nivel dinámico: 9 m.
 Gasto recomendado para su explotación: 30 G.P.M.
 Observaciones: La perforación se inició el 16-3-79, y se finalizó, el 5-4-79.

GERENTE: *[Firma]*

SUPERVISOR: *[Firma]*
 Fecha: 17-4-79.

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS
Inventario de Pozos y Manantiales

Pozo No. Ts-130
Fecha: 31-7-86 Manantial No. _____
Colector: J. Daniel Usada Fuente de información _____

1.- Localización: Provincia Castago Cantón Guarico Distrito Tejaro Lugar 200 m W Rest. Urujongo Nombre 70
Mapa Hoja Zatamín No. _____ Coordenadas 203,3-541.35

2.- Propietario Coop. Productores Pecueros R.I. Dirección Castago Inquilino _____
Perforador AGUASUB.SA Dirección _____

3.- Topografía _____ Elevación _____ m. sobre-bajo nivel del mar.

4.- Perforación: Rotación _____ Percusión Excavado _____ Clavado _____ Barenado _____
Otros _____ Fecha 2-7-86 Observaciones Terminado 23-7-86

5.- Profundidad: reportada 50 m. Medida _____ m. con _____ por _____
Fecha 23-7-86

6.- Nivel estático: Reportado 80 m. Medido _____ m. con _____ por _____
Fecha 23-7-86 Punto de referencia para medición nivel estático _____ (Esquema atrás)

7.- Acuíferos: Principales de _____ m. a _____ m de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m. Otros de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.

8.- Revestimiento: Tipo PVC ϕ 152 mm de 0 a 26 ϕ 152 mm de 44 a 50 m.
Rejillas: Tipo PVC ϕ 152 mm de 26 a 44 m. ϕ _____ mm de _____ a _____ m.

9.- Explotación: Tipo bomba Capacidad _____ N.D. _____ m. si-no Estabilizado _____.

10.- Usos: Doméstico _____ Abrevaderos _____ Irrigación de Hect. de _____ Industrial .

11.- Calidad: Color _____ Olor _____ Sabor _____ Temp. _____ °C si-no se tomó muestra _____.
Observaciones Dato de: armadillo, bitología, empaje de gava, muestra arqueológica

Manantiales: Roca de donde brota _____

12.- Estructura: Fractura _____ No deojos _____ características _____ Posible origen _____

13.- Descripción de la captación _____
Caudal reportado _____ Fecha _____ Medido _____ con _____ Fecha _____

14.- Precipitación describir _____ Cantidad _____

15.- Esquemas de localización y otros; estratigrafía; análisis, observaciones en página atrás.

/kza

FUNDADA EN 1963

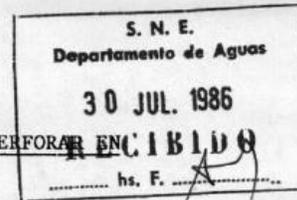
Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr



Castro & DeLaTorre
INGENIEROS CONSULTORES

Pozo: IS-190



ANALISIS HIDROGEOLOGICO DEL POZO A PERFORAR EN
TERRENOS DE EMCOOPER, R.L.

A solicitud de la Compañía Perforadora Aguasub, S.A., se confecciona el informe hidrogeológico, atendiendo la solicitud presentada en el oficio 0931-DA-86 del Servicio Nacional de Electricidad. /

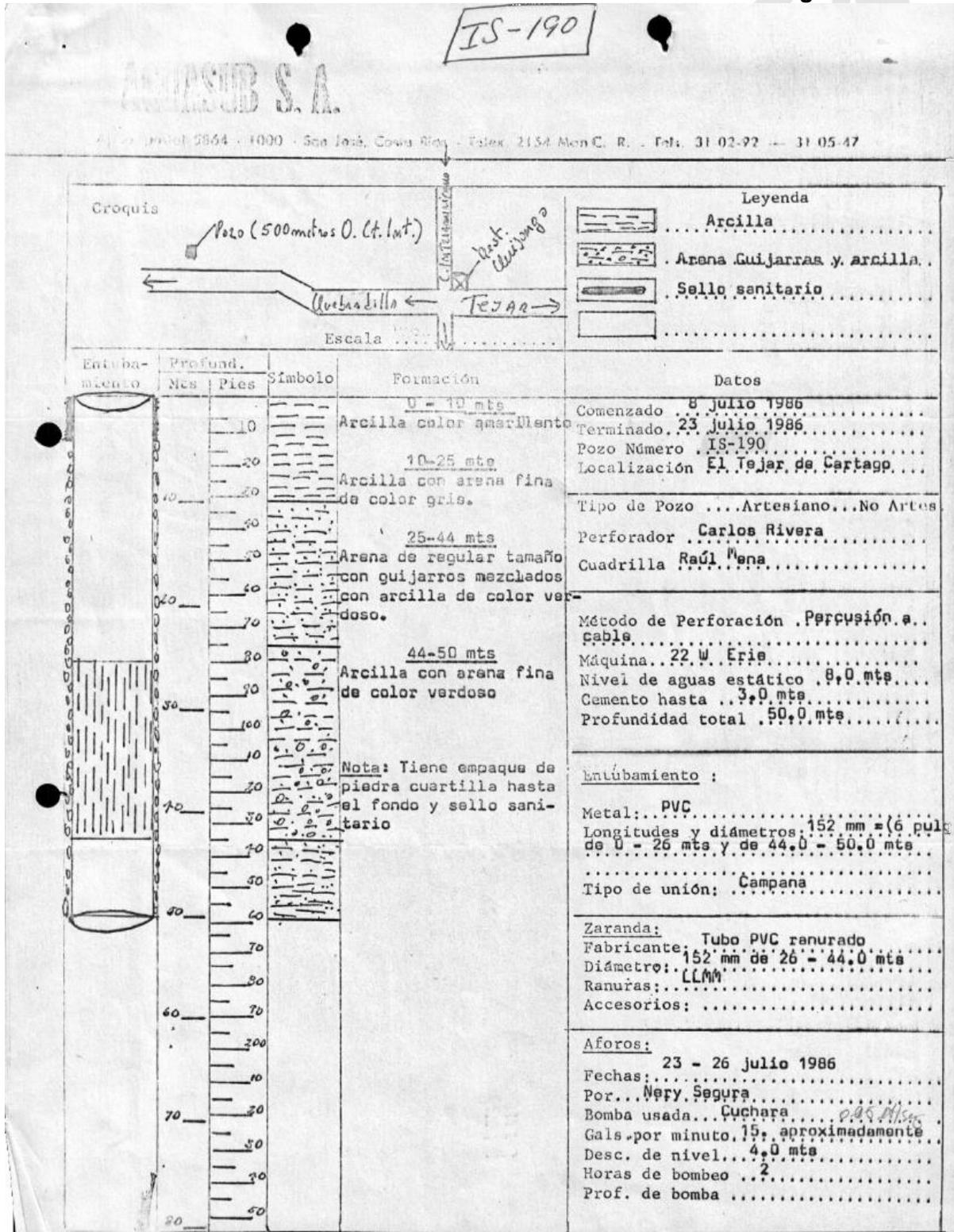
Según este oficio, existen cuatro pozos que podrían verse afectados como consecuencia de la extracción del pozo a perforar en terrenos de EMCOOPER, S.L., en el Tejar de El Guarco, Cartago, estos pozos son: /

- a- IS-121 del Movimiento Familiar Cristiano
- b- IS-125 de Inmobiliaria Cañas, S.A.
- c- IS-127 de Inmobiliaria Cañas, S.A.
- d- IS-129 de Agrítica, S.A.

En visita de inspección realizada el 23 de julio de 1986, se comprobó la distancia real entre el sitio a perforar y los pozos en mención, encontrándose que: el pozo IS-121 está a 600 metros del sitio a perforar, que el pozo IS-125 no se ubica en el sitio que se indica en los archivos del SENARA, unicamente los pozos de Agrítica, S.A. y el IS-127, que actualmente pertenecen a la Hacienda Purires, y el pozo del señor Rafael Vargas (que no está inventariado) podrían verse afectados por el pozo de EMCOOPER R.L., se presenta en la tabla Nº 1 las características de los pozos y la distancia que hay entre ellos y el pozo a perforar (figura Nº 1). /

TABLA Nº 1

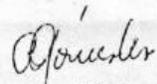
POZO	PROPIETARIO	DISTANCIA (m)	NIVEL ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	CAUDAL l/s	USO
IS-121	Mov. Fam. Cristiano	600	2.5	-	2	abastecimiento
IS-125	Inmobiliaria Cañas	No existe este pozo				
IS-127	Hacienda Purires	200	6	-	1	doméstico
IS-129	AGRITICA, S.A.	250	1	-	2	riego
-	Rafael Vargas	180	-	-	-	No se usa



- 3 -

Como se desprende de este razonamiento no hay influencia del pozo a perforar en la propiedad de EMCOOPER, R.L., sobre los pozos mencionados.

Atentamente,



Geól. Alicia Gómez C.
Credencial Nº 110 C.G.C.R.

Julio 28, 1986

- 2 -

El pozo a perforar por la Compañía Aguasub, alcanzará una profundidad de 50 m y el agua subterránea que se extraiga del mismo se utilizará en el proceso de limpiado de productos perecederos y en limpieza de sus instalaciones, se ha estimado un caudal de extracción de 2 litros por segundo.

Para estimar el radio de influencia se ha utilizado la ecuación de Jacob, la cual considera los parámetros hidráulicos del acuífero y el tiempo máximo de bombeo:

$$R = \sqrt{\frac{2.25 T t}{S}}$$

donde R= radio de influencia al tiempo t

T= transmisividad del acuífero.

Se han considerado dos valores de transmisividad, determinados en los pozos IS-85 e IS-140, estos valores son 300 y 400 m²/día respectivamente, y ambos pozos captan el acuífero que será captado por el pozo a perforar.

t= tiempo máximo de bombeo diario en nuestro caso será de 0.5 día

S= parámetro adimensional que indica el tipo de acuífero, el acuífero a captar es libre y se analizan dos valores extremos a fin de considerar el punto más crítico y el más favorable.

Se representa en la Tabla Nº 2 los valores del radio de influencia.

Tabla Nº 2

T(m ² /día)	S	t horas	R(m)
300	0.08	0.5	65
300	0.16	0.5	46
400	0.08	0.5	75
400	0.16	0.5	53

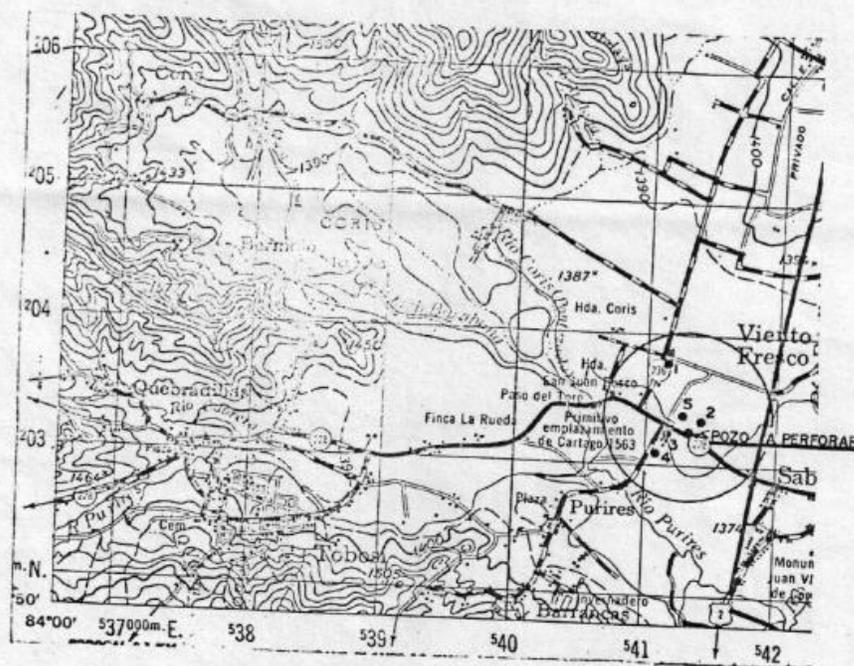
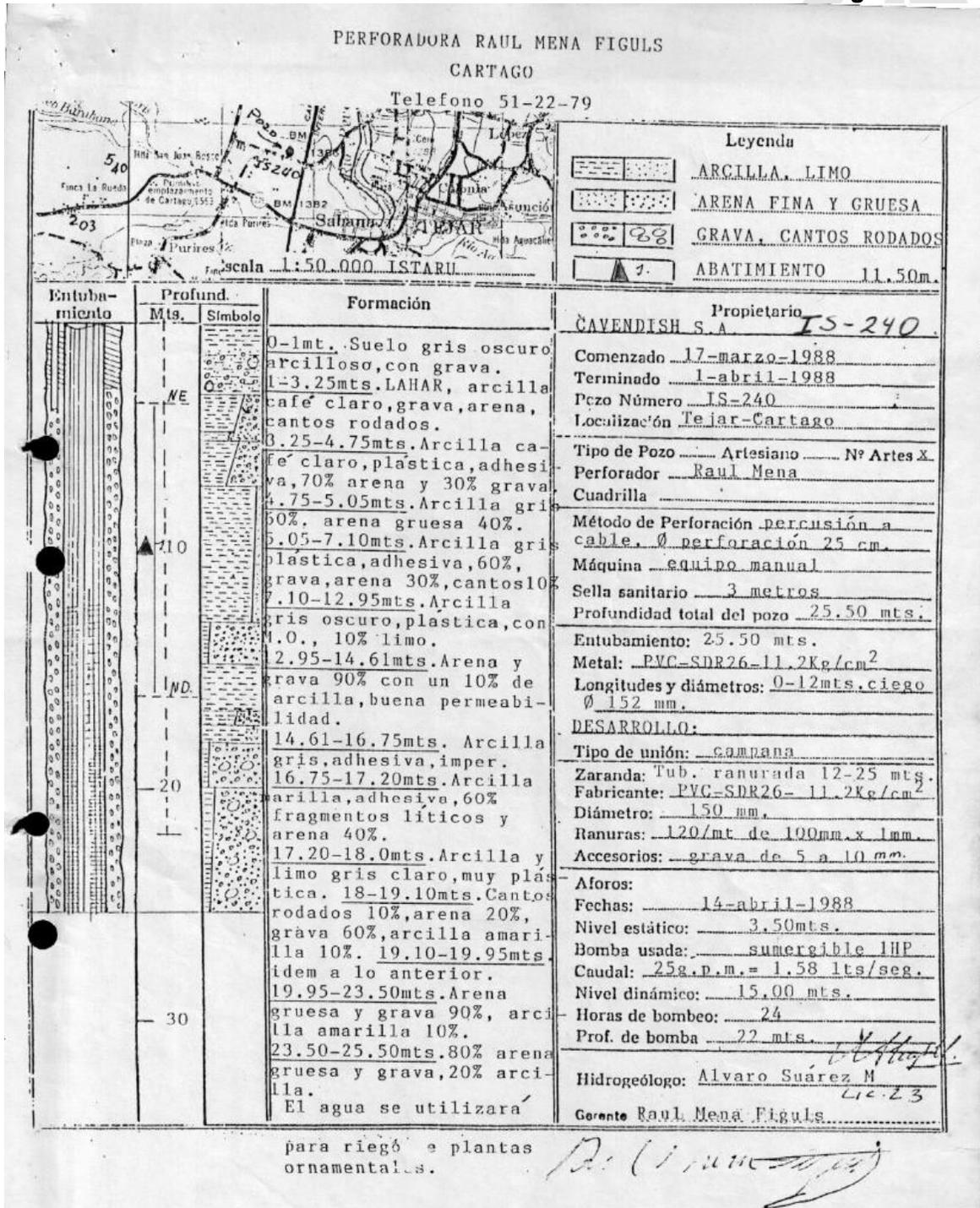


Figura No 1

Hoja ISTARU

Escala: 1:50.000

- (1) IS-121
- (2) IS-125
- (3) IS-127
- (4) IS-129
- (5) Rafael Vargas



Record I170 HOJA_INVENTARIO Don screen



BASE DATOS DE PERFORACIONES
DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGIA

POZO No : IS - 258

FECHA: 21/02/91 CONCESION: _____-P

PROV.: CARTAGO CANTON: EL GUARCO DISTRITO : TEJAR

LUGAR: TEJAR COLECT: V. RAMIREZ HOJA TOP.: ISTARU

LAMBERT E : 541.860 LAMBERT N : 203.030 ELEV. : _____ msnm

PROPIET: PALMITOS DE COSTA RICA PERFORADORA: SANCHEZ, S.A.

PROFUND: 40.00 mbns. BREGAL: _____ m. DIAM.PERF: 304.8 mm

METODO PERF: PERCUSION FECHA INC: 01/03/91 FECHA FIN: 12/03/91

NIVEL ESTATICO: 2.58 mbns. FECHA : 09/03/91

CAUDAL DE PRUEBA: 1.98 l/s NIV.DINAM.: 15.36 m. ESTABILIZADO ? NO

PROF.BOMBA: 36.00 m. TIPO BOMBA: SUMERGIBLE

CAUDAL REC.: 1.50 l/s USO: INDUSTRIAL

DISENO Y ARMADO

REVEST.TIPO: P.V.C.

DIAMETROS: 101.6 mm de 0.00 m a 19.00 m
 _____ mm de _____ m a _____ m
 _____ mm de _____ m a _____ m

REJILLA : P.V.C TIPO: RANURADO

DIAMETROS: 101.6 mm de 19.00 m a 31.00 m
 _____ mm de _____ m a _____ m
 _____ mm de _____ m a _____ m

EMPAQUE DE GRAVA: SI TAPA AL FONDO: SI

OBSERV.: _____

DATOS DISPONIBLES:

LITOLOGIA : SI DISENO : SI PR. BOMBEO : SI AN. QUIMICO: NO

AN. BACTER.: NO HIDROGRAMA : NO GRANULOM. : NO REG. GEOF. : NO

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr



Castro & DeLaTorre
INGENIEROS CONSULTORES

PERFORACIONES SANCHEZ S.A. APARTADO POSTAL Nº 61 - 4005 — Tel. 39 - 1130 SAN ANTONIO DE BELEN, HEREDIA.		REPORTE FINAL DE PERFORACION																									
POZO Nº ISTARU IS 258 LOCALIDAD: Quijongo-Tejar-Cartago		UBICACION CARTOGRAFICA																									
CROQUIS DEL POZO CON RELACION AL TERRENO:																											
		HOJA: ISTARU Nº 3445- IV ESCALA 1:50.000 Latitud: 203.030 Longitud: 541.860																									
PROPIETARIO: Palmitos de Costa Rica.																											
Uso que se dará al agua: Lavado de palmito	Método de Perforación: Percusión a cable	Equipo de Perforación: Bucyrus Erie 22W-serie 3																									
La perforación se inició: 1 de marzo de 1991	La perforación concluyó: 12 de marzo de 1991	Profundidad total del pozo: 40 metros																									
VARIACION DE NIVEL DE AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACION		DESCRIPCION LITOLÓGICA DETALLADA																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROF. (m)</th> <th>Nivel (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0-2</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>2-5</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>5-10</td><td>2.58</td></tr> <tr><td>10-20</td><td>2.58</td></tr> <tr><td>20-30</td><td>2.58</td></tr> <tr><td>30-40</td><td>2.58</td></tr> </tbody> </table>	PROF. (m)	Nivel (m)	0-2	1.75	2-5	1.75	5-10	2.58	10-20	2.58	20-30	2.58	30-40	2.58	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TRAMO (m)</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-4</td> <td>Arcilla café claro, suave, saturada, plástica, óxidos de hierro.</td> </tr> <tr> <td>4-12</td> <td>Arcilla grisacea, plástica, suave, saturada adhesiva.</td> </tr> <tr> <td>12-26</td> <td>Arcilla y limo de color gris oscuro, liviana, M.O. con cantos aislados de lava, permeabilidad aparente mala, acuícludo.</td> </tr> <tr> <td>26-34</td> <td>Arcilla de color café claro, con grava, arena gruesa y bloques grandes de lava andesítica, permeabilidad aparente baja. Acuitardo.</td> </tr> <tr> <td>34-40</td> <td>Arcilla gris verdoso, dura con óxidos de hierro, acuífugó.</td> </tr> </tbody> </table>	TRAMO (m)	DESCRIPCION	0-4	Arcilla café claro, suave, saturada, plástica, óxidos de hierro.	4-12	Arcilla grisacea, plástica, suave, saturada adhesiva.	12-26	Arcilla y limo de color gris oscuro, liviana, M.O. con cantos aislados de lava, permeabilidad aparente mala, acuícludo.	26-34	Arcilla de color café claro, con grava, arena gruesa y bloques grandes de lava andesítica, permeabilidad aparente baja. Acuitardo.	34-40	Arcilla gris verdoso, dura con óxidos de hierro, acuífugó.
PROF. (m)	Nivel (m)																										
0-2	1.75																										
2-5	1.75																										
5-10	2.58																										
10-20	2.58																										
20-30	2.58																										
30-40	2.58																										
TRAMO (m)	DESCRIPCION																										
0-4	Arcilla café claro, suave, saturada, plástica, óxidos de hierro.																										
4-12	Arcilla grisacea, plástica, suave, saturada adhesiva.																										
12-26	Arcilla y limo de color gris oscuro, liviana, M.O. con cantos aislados de lava, permeabilidad aparente mala, acuícludo.																										
26-34	Arcilla de color café claro, con grava, arena gruesa y bloques grandes de lava andesítica, permeabilidad aparente baja. Acuitardo.																										
34-40	Arcilla gris verdoso, dura con óxidos de hierro, acuífugó.																										
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS ENCONTRADAS																											
Estamos en presencia de un acuífero libre de recarga local condiciones de permeabilidad deficientes. Todos los materiales encontrados son de permeabilidad aparente muy baja, la posible zona productora se comporta como acuitardo. El agua tiene pH 8.5 (campo) posiblemente por el alto contenido del hierro. Este pozo es susceptible a cambios que pueden ser ocasionados por deficit de lluvia o mala distribución de la misma.																											
EN CASO NECESARIO, USE HOJAS ADICIONALES																											

POZO Nº IS 2-85		OTROS DETALLES			
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	DETALLES CONSTRUCTIVOS	SELLO SANITARIO		
			Tipo:	Prof.	m.
			concreto	3.0m.	
			FILTRO DE GRAVA		
			TIPO: 5-7mm. de Ø subredondeado.		
			TRAMO:		
			DESARROLLO		
			TIPO: Aire comprimido		
			HORAS: 8		
			DESINFECCION: No		
			CALIDAD DEL AGUA: Ligeramente turbia, pH 8,5		
			LODOS O ADITIVOS EMPLEADOS: arcillas insitu		
			PRUEBA DE BOMBEO		
			EQUIPO: 3 HP sumergible		
			PROFUNDIDAD: 36 mts.		
			FECHA: 9-marzo-1991		
			HORAS DE BOMBEO: 8		
			CAUDAL: 1.98 litros/seg.		
			NIVEL INICIAL: 2.58mts.		
			NIVEL FINAL: 15.36mts.		
			ESTABILIZADO? No		
			TIEMPO DE RECUPERACION:		
			40 minutos		
			% DE RECUPERACION:		
			72.0%		
			TRANSM. (m ² /D):		
			CAPACIDAD ESP.: 0.149 Lt/sg/mt.		
RECOMENDACIONES DEL EQUIPO A INSTALAR					
BOMBA A INSTALAR: _____		CAPACIDAD: _____		PROFUND _____	
MOTOR: _____		CABLE: _____		ARRANQUE _____	
TUBERIA DESCARG. _____		ELECTRODOS _____		PARE _____	
RECOMENDACIONES SOBRE EXPLOTACION					
CAUDAL EN LITROS/SEG.: 1.5		HORAS DIARIAS: 8		NIVEL DE BOMBEO MAX. 18mts.	
GEOLOGO SUPERVISOR <u>Alvaro Suárez Montero</u>		REPRESENTANTE DE LA EMPRESA _____			
CARNE: 23		Por: HIDROGEOCONSULTA SA.			
FECHA: 9-marzo-1991		FECHA: _____			

Perforaciones Sánchez, S. A.

Perforadora Pozos Profundos
Tel. 39-11-30 Apdo. 61 Belén

1

Reporte Prueba de Bombeo

Pozo Palmitos de C.R. Is 258 Ubicación Crujeango Tejar del Cuanco
 Fecha 9-3-91 Nivel Estático 3.05 Profundidad 40.0m
 Equipo usado 3 HP sumergible A una profundidad de 36.0m
 Referencia 0.47 Hecho por _____

Hora	Tiempo Minutos	Abatimiento Metros			Caudal Lit. por seg.			Observaciones:
		Acum.	Nivel	Increment.	Vol.	Tiempo	Q	
10:00	0	0	3.05	0				
	1	0.89	3.94	0.89			2.0	
	2	1.88	4.93	0.99				sucia
	3	2.49	5.54	0.61				
	4	2.97	6.02	0.48				
	5	3.38	6.43	0.41				turbia
	7	3.84	6.89	0.46				
	9	4.20	7.25	0.36				
	11	4.39	7.44	0.19				turbia
	13	4.51	7.56	0.12				
	15	4.70	7.75	0.19			2.0	
	20	5.02	8.07	0.32				sucia
	25	5.25	8.30	0.23				
	30	5.39	8.44	0.14				
	40	5.90	8.95	0.51				sucia
	50	6.22	9.27	0.32				
11:00	60	6.45	9.50	0.23			2.0	

R-112-3

[Signature]
ING. HIDROGEOLOGO

GERENTE

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr



Perforaciones Sánchez, S. A.
Perforadora Pozos Profundos
Tel. 39-11-30 Apdo. 61 Belén

2

Reporte Prueba de Bombeo

Pozo Is 258 Palmitos CD Ubicación Quijongo Tejar del Guarico
Fecha 9-3-91 Nivel Estático 3.05 Profundidad del pozo 40.0m
Equipo usado 3 HP sumergible A una profundidad de 36.0m
Referencia 0.47 m Hecho por _____

Hora	Tiempo Minutos	Abatimiento Metros			Caudal Lit. por seg.			Observaciones:	
		Acum.	Nivel	Incum.	Vol.	Tiempo	Q		
11:15	75	6.66	9.71	0.21					
11:30	90	7.57	10.62	0.91			1.92		
11:45	105		10.62					clama pH 8.5	
12:00	120	8.95	12.0	1.38					
13:00	180	10.23	13.28	1.28					
14:00	240	11.23	14.28	1.00					
15:00	300	11.86	14.91	0.63					
16:00	360	13.03	16.08	1.17			1.92		
17:00	420	13.46	16.51	0.43				fumbia	
18:00	480	13.05	16.10	0.41					
		Recuperación							
	1	4.05	4.05	13	6.68	.36			
	2	4.25	0.20	15	7.08	.40			
	3	4.53	0.28	20	7.53	.45			
	4	4.86	0.33	25	7.88	.35			
	5	5.16	0.28	30	8.33	.45			
	7	5.58	0.42	40	9.63	1.30			
	9	6.08	0.50					Recuperación por a 40 minutos 73.79%	
	11	6.32	0.24						

R-112-3

ING. HIDROGEOLOGO GERENTE

FUNDADA EN 1963

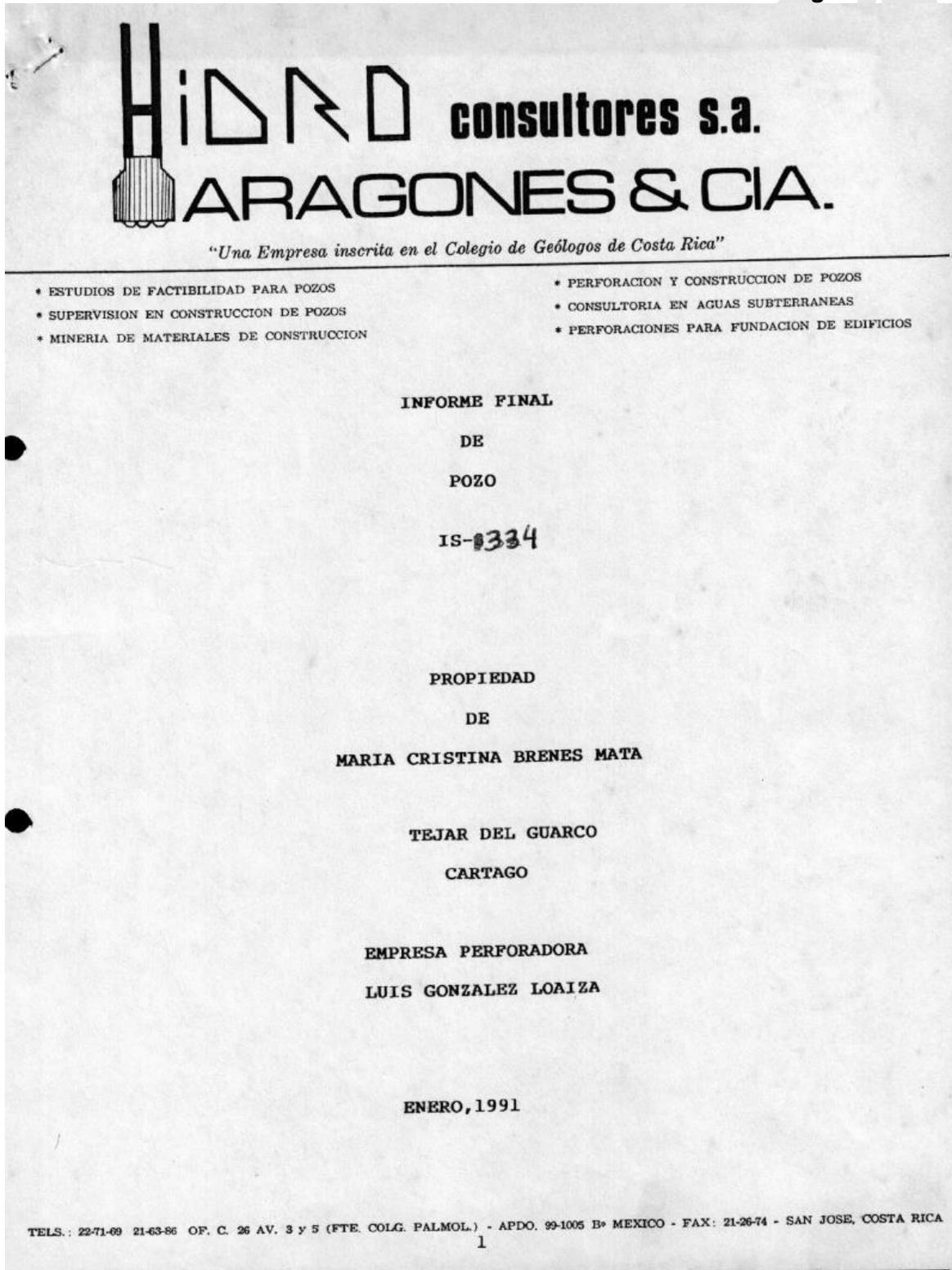
Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr





HIDRO consultores s.a. ARAGONES & CIA.

"Una Empresa inscrita en el Colegio de Geólogos de Costa Rica"

- * ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PARA POZOS
- * SUPERVISION EN CONSTRUCCION DE POZOS
- * MINERIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

- * PERFORACION Y CONSTRUCCION DE POZOS
- * CONSULTORIA EN AGUAS SUBTERRANEAS
- * PERFORACIONES PARA FUNDACION DE EDIFICIOS

1. INTRODUCCION:

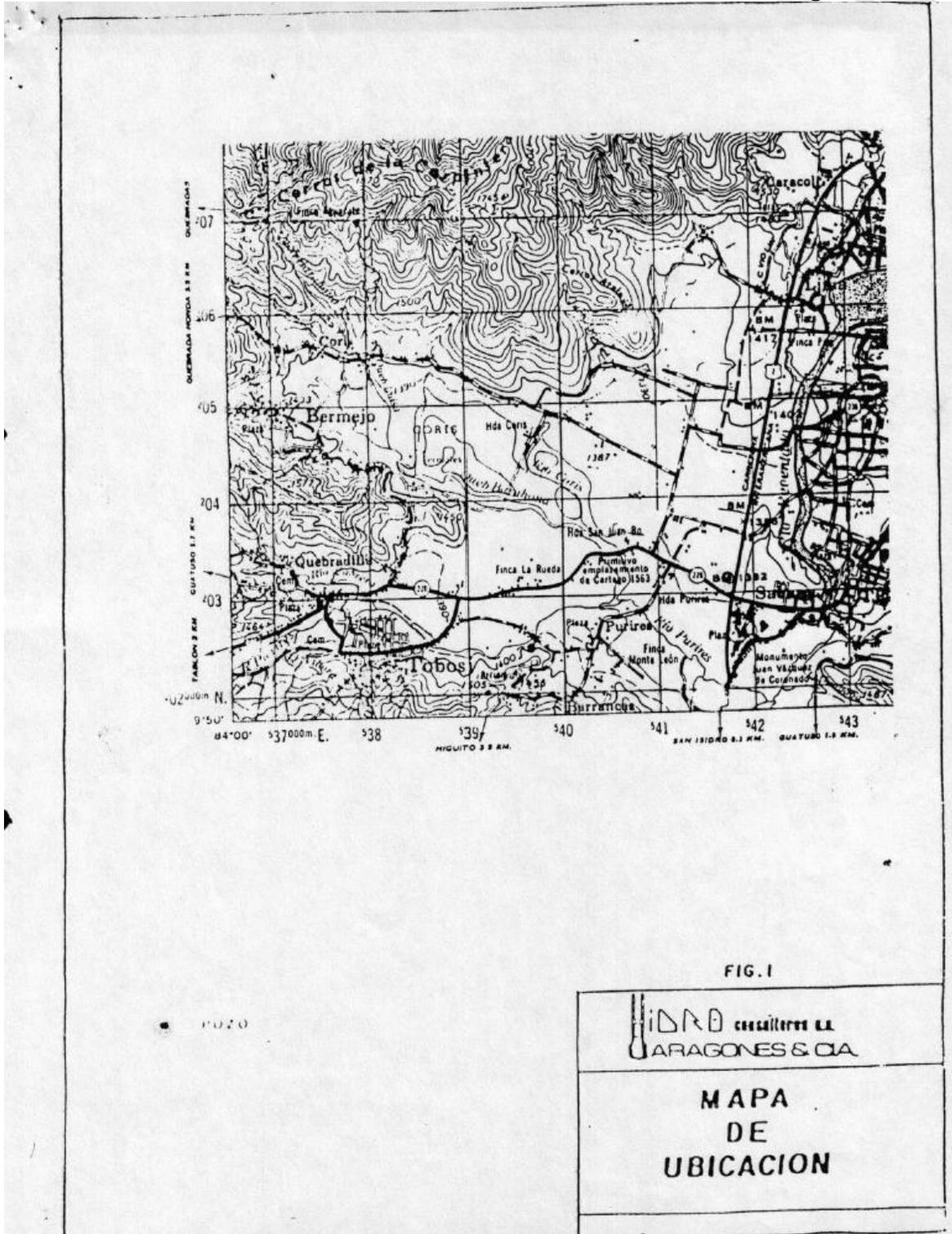
Durante el mes de enero 1991 se llevó a cabo la perforación y construcción del pozo propiedad de Maria Cristina Brenes Mata , en Tejar del Guarco, Cartago. Ubicado exactamente entre las coordenadas 203,150 de latitud y 541,750 de longitud, de la hoja topográfica ISTARU, escala 1:50.000 del INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. (VER MAPA DE UBICACION).

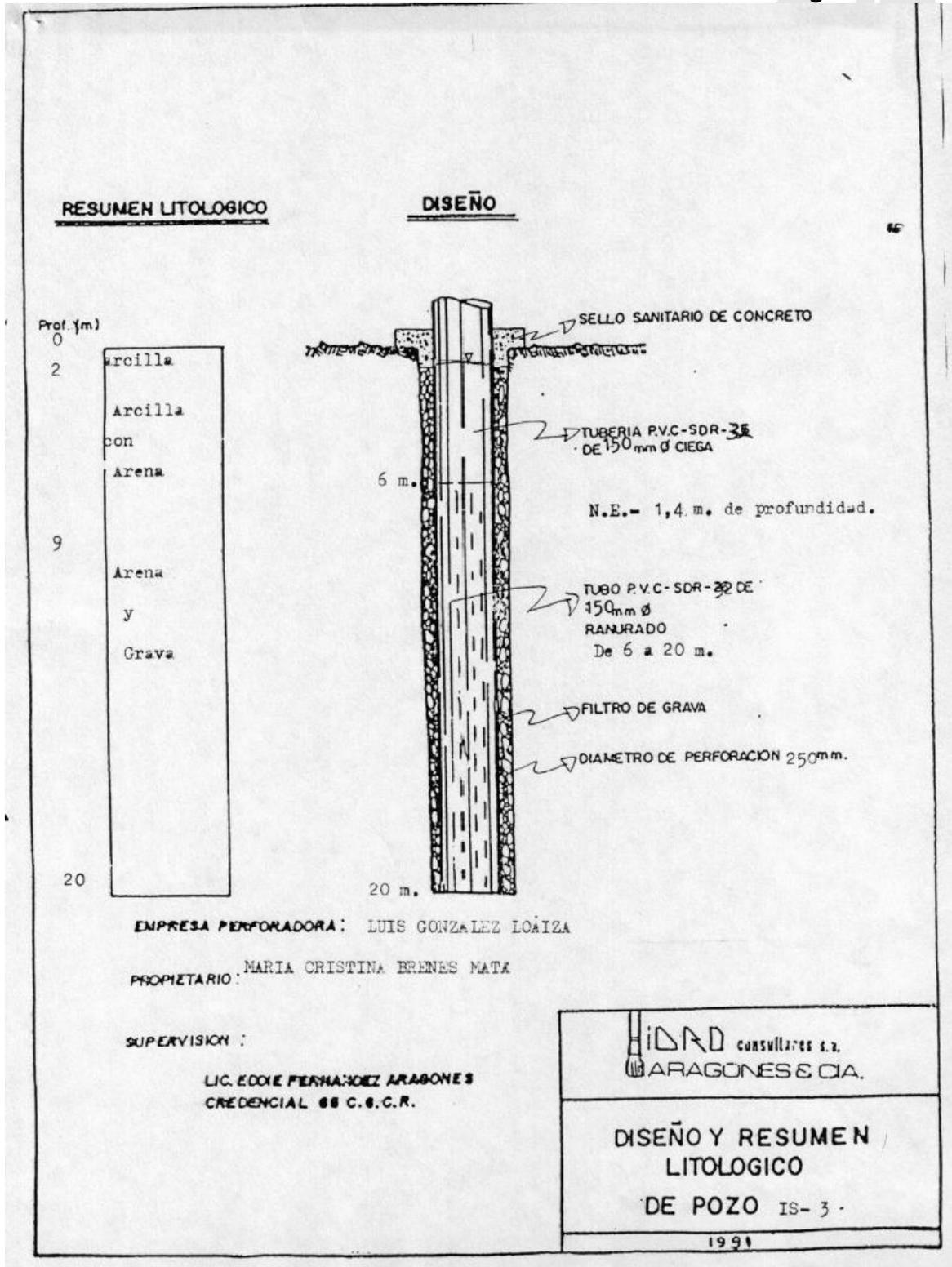
El pozo fue construido con el respectivo permiso de perforación del SNE y SENARA; se llevó la bitácora del COLEGIO DE GEOLOGOS DE COSTA RICA, según decreto ejecutivo 17464-MIEM, del 3 de mayo, 1987.

La profundidad total del pozo es de 20 m., el diámetro de perforación es de 250 mm., la tubería colocada fue de 150 mm. de diámetro, PVC SDR-32. Otros detalles constructivos y de diseño se indican en el perfil adjunto.

Este pozo fue construido con maquinaria de percusión. Los perforadores fueron los Srs. Luis Gonzalez Loaiza.

TELS.: 22-71-69 21-63-86 OF. C. 26 AV. 3 y 5 (FTE. COLG. PALMOL.) - APDO. 99-1005 B° MEXICO - FAX: 21-26-74 - SAN JOSE, COSTA RICA
2





HIDRO consultores s.a. ARAGONES & CIA.

"Una Empresa inscrita en el Colegio de Geólogos de Costa Rica"

- * ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PARA POZOS
- * SUPERVISION EN CONSTRUCCION DE POZOS
- * MINERIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
- * PERFORACION Y CONSTRUCCION DE POZOS
- * CONSULTORIA EN AGUAS SUBTERRANEAS
- * PERFORACIONES PARA FUNDACION DE EDIFICIOS

2. LITOLOGIA:

0-2 m. ARCILLA, color café claro, permeabilidad aparente nula.

2-9 m. ARCILLA CON ARENA, color café oscuro, Permeabilidad aparente baja a media . Además existen bloques redondeados lávicos, que dificultaron el proceso de perforación.

9-20 m. ARENA Y GRAVA, color general negro a gris, existen tramos de solo grava (por ej. de 15 a 17 m.), de alta permeabilidad aparente. Otros tramos de solo arena negra de granulometría homogénea, y otros (la mayoría) se componen de grava y arena , y en menor cantidad arcilla. La permeabilidad aparente es de media a alta.

3. HIDROGEOLOGIA:

Este pozo capta una formación inconsolidada, compuesta por arenas y gravas de permeabilidad, media a alta, que constituyen un acuífero de tipo confinado, no surgente.

Se realizó una prueba de bombeo a un caudal de 0.75 litros/seg. (10 GPM), de 2 horas de duración , y el nivel dinámico se ubicó a 9,4 metros de profundidad. Por lo anterior este pozo tiene un potencial mayor a 0,75 litros/segundo, pero para saberlo

ELS.: 22-71-69 21-63-86 OF. C. 26 AV. 3 y 5 (FTE. COLG. PALMOL.)₃ - APDO. 99-1005 B* MEXICO - FAX: 21-26-74 - SAN JOSE, COSTA RICA

HIDRO consultores s.a. ARAGONES & CIA.

"Una Empresa inscrita en el Colegio de Geólogos de Costa Rica"

- * ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PARA POZOS
- * SUPERVISION EN CONSTRUCCION DE POZOS
- * MINERIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
- * PERFORACION Y CONSTRUCCION DE POZOS
- * CONSULTORIA EN AGUAS SUBTERRANEAS
- * PERFORACIONES PARA FUNDACION DE EDIFICIOS

exactamente sera necesario realizar una prueba de bombeo prolongada (unas 24 horas), a un caudal de aproximadamente 2 litros/segundo.

4- RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar una bomba sumergible capaz de producir 15 GPM.
- Tramitar el respectivo permiso de explotación ante el departamento de Aguas del SNE.

POR HIDROCONSULTORES ARAGONES Y CIA. S.A.

Lic. Eddy Fernández Aragonés
Credencial 65
COLEGIO DE GEOLOGOS DE COSTA RICA

EFA/nmch

cc: Arch.



PERFORADORA COSTARRICENSE LTDA.

FUNDADA EN 1956 - TELEFONOS 25-95-31 Y 25-96-90 FAX: 25-99-12
APARTADO 4194 - SAN JOSE, COSTA RICA

UNA EMPRESA ESPECIALIZADA EN LA PERFORACION DE POZOS DE AGUA, PRUEBAS DE BOMBEO Y ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

Hydrogeólogo: *Martín...*

Ubicación: *Purires, El Guarco*

Hoja cartográfica: *1STARÚ*

Coordenadas: Lat. *202.700* Long. *540.750*

Pozo No.: *IS-339*

Simbología litológica

Profundidad (mts)	Descripción litológica	Datos
0	0-24 mts. Arcillas y limas color café. Poco permeable.	Propietario: <i>Linda Vista S.A.</i> Profundidad: <i>128</i> mts Nivel estático: <i>2.5</i> mts Topografía: <i>plana.</i> Elevación: _____ m.s.n.m. Perforación por: Rotación <input checked="" type="checkbox"/> Otros: _____
10	24-30 mts. Lava color gris. Permeabilidad: media.	Revestimiento tipo <i>PVC SPA-26</i> _____ ϕ <i>200</i> mm. de <i>0</i> mts a <i>128</i> m.
20	30-52 mts Limo-arcilla. Color café. Poco permeable.	Rejilla: tipo <i>tubo ranurado PVC-26</i> ϕ <i>200</i> mm. de <i>122</i> mts a <i>128</i> mts, de <i>116</i> a <i>98</i> , de <i>80</i> a <i>50</i> mts.
30	52-74 mts. Grava de río: Contiene poca arcilla. Se observan fragmentos bien redondeados. Permeabilidad: media a alta.	Explotación con: _____ Bomba tipo: <i>sumergible.</i> Caudal: <i>6.3</i> l/s. Nivel dinámico: <i>40</i> mts. Estabilizado SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Usos: Abast. Público _____ Doméstico _____ Irrigación <input checked="" type="checkbox"/> Flores _____ Otros _____
40	74-98 mts. Limo-arcilla. Poco permeable.	Calidad: Color <i>Cristalina.</i> Olor _____ Sabor _____ Muestreo: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
50	98-106 mts. Grava (sin arcilla.) Fragmentos redondeados. Permeabilidad: <u>ALTA</u> .	Observaciones: 1. Caudal recomendado para explotación <i>200 galones/minute.</i> 2. Se recomienda instalar bomba de <i>100 a 105</i> mts. de profundidad. 3. Pozo se perforó en <i>14"</i> hasta <i>96</i> mts, luego en <i>12"</i> a <i>128</i> .
60	106-125 mts. Limo arcilla.	
70	125-128 mts. Grava con arcilla. Permeabilidad: <u>Media</u>	
80		
90		
100		

Fecha: *13 agosto 1991*

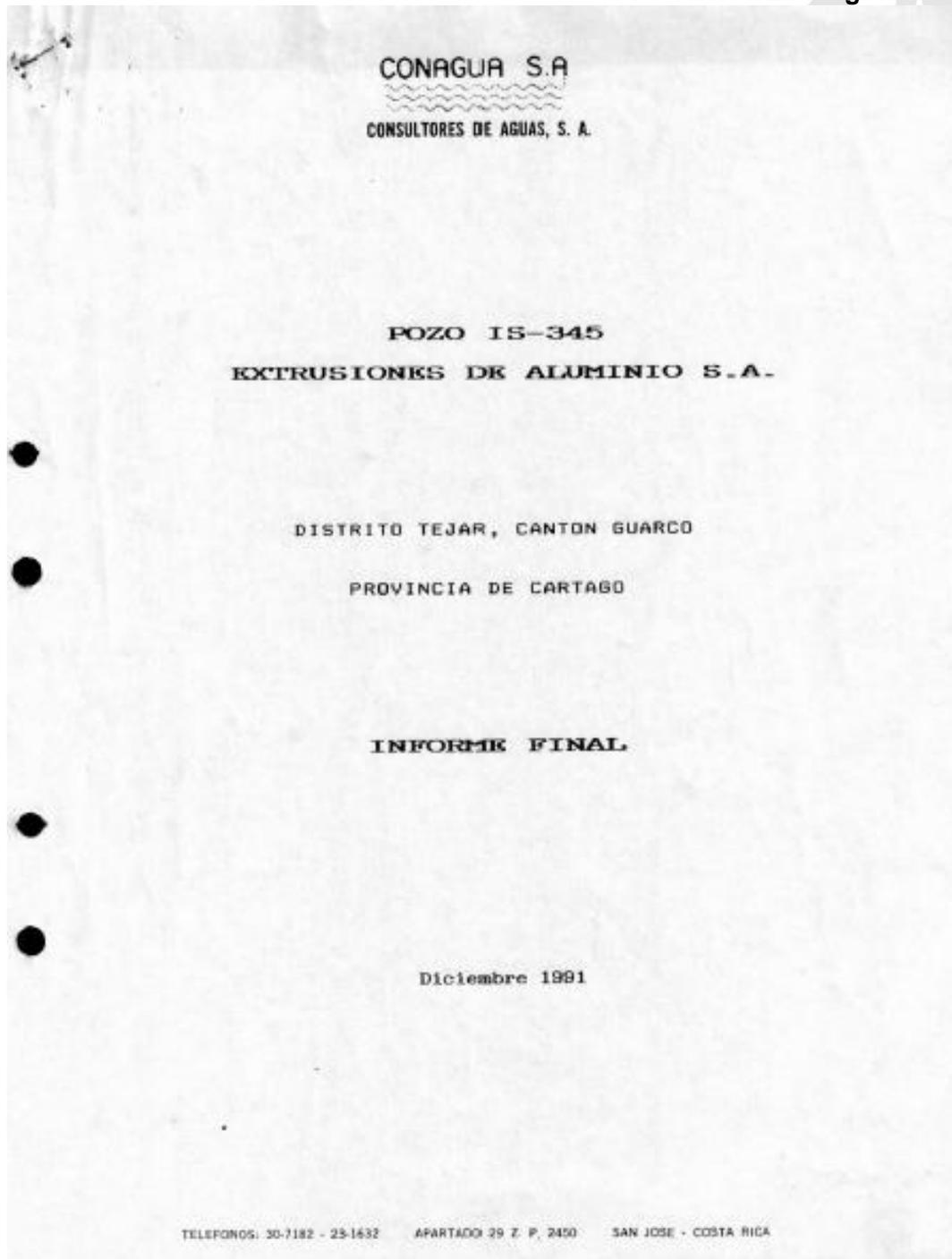
FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr



INTRODUCCION

El pozo IS-345, fue perforado por PERFORADORA SICAR S.A., para EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A., en un terreno localizado en el Distrito Tejar, Cantón de Guarco de la provincia de Cartago.

Se ubica sobre las coordenadas 544.200 - 203.500 de la hoja Istarú, a escala 1:50.000, editada por el I.G.N., y a una elevación aproximada de 1385 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo de la perforación, era captar un acuífero profundo generado en rocas volcánicas consolidadas, de acuerdo al estudio Hidrogeológico realizado para tal efecto.

OPERACIONES DE PERFORACION

El pozo se realizó en el mes de octubre de 1991.

La perforación se efectuó mediante una máquina MAYHEU 2.000, y se empleó el sistema de rotación con lodos industriales.

El agujero alcanzó una profundidad total de 82 metros, perforados en un diámetro de 305 mm (12").

LITOLOGIA

00 - 8 m:	ARCILLA.
8 - 40 m:	FLUVIO-LACUSTRE. Se alternan tramos de arcillas, arenas y gravas limo-arenosas. Ocasionales bloques de lava. Permeabilidad aparente: Baja
40 - 48 m:	Tramo de bloques, gravillas y arenas con menor contenido de arcilla. Permeabilidad aparente: Baja a media.
48 - 64 m:	Material muy arcilloso, con arenas finas a medias. Permeabilidad aparente: Baja.
64 - 78 m:	TOBA. Consolidada, de color gris oscuro a verdoso. Tramo superior escoriáceo, poroso, luego se presenta más densa, con fracturas. Permeabilidad aparente: Media.
78 - 82 m.:	ARCILLA. Color gris. Permeabilidad aparente: Muy baja.

DISEÑO DE ARMADO

Desde la superficie y hasta los 82 metros de profundidad, el pozo se encamisó con tubería PVC, SDR-26, de 152 mm de diámetro (6").

En el tramo localizado entre los 66 y 78 metros, esa tubería se encuentra ranurada, con una área abierta de aproximadamente el 5%.

El espacio anular comprendido entre las paredes de la formación y la tubería, se relleno de los 82 a los 45 metros, con un empaque de piedra quebrada para sostener la formación y permitir instalar un empaque de arena media de los 45 a los 40 metros de profundidad. De los 40 metros hasta la 5 metros abajo de la superficie del terreno, se colocó un empaque de piedra quintilla.

Desde la superficie y hasta una profundidad aproximada de 5 metros, se construyó un sello sanitario de concreto.

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

En los materiales no-consolidados que se encuentran desde aproximadamente los 20 metros de profundidad y hasta los 64 metros, se presenta un acuífero de bajo rendimiento, el cual no fue captado en este pozo. El nivel piezométrico de ese acuífero se debería de ubicar en los primeros 6 metros de profundidad.

Un segundo acuífero se ha generado en las tobas consolidadas, las cuales muestran cierta porosidad y fracturación. El acuífero también se encuentra confinado.

El pozo se diseñó para captar precisamente esa unidad, a fin de asegurar una mejor calidad físico-química y bacteriológica del agua.

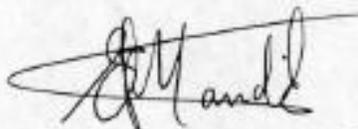
El nivel piezométrico de este acuífero, se midió el día 7 de noviembre a 15,75 metros de profundidad, a partir de la superficie del suelo.

Se pudo estimar, mediante un aforo realizado con el aire comprimido de la máquina perforadora, que el pozo podría ceder un caudal de agua de 3 a 5 litros por segundo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1- La perforación alcanzó el objetivo de captar el acuífero inferior, y aislar las aguas más superficiales. El acuífero es confinado, de tipo fisural, y de mediano potencial.
- 2- Se recomienda la instalación de una bomba sumergible a 64 metros de profundidad. Lo anterior debido a que el acuífero captado es de tipo confinado, por lo tanto no es aconsejable hacer descender el nivel dinámico del agua por debajo del techo del acuífero, ésto es a los 64 metros de profundidad. La potencia de la bomba vendrá determinada por el caudal de agua requerido, y por la carga dinámica total a vencer.
- 3- Una vez instalada la bomba, se deberá de realizar una prueba de bombeo de al menos 8 horas de duración. Esta prueba permitirá reconocer algunas características del acuífero y definir el mejor régimen de explotación del pozo.
- 4- Para efectuar esa prueba y mediciones futuras del nivel del agua en el pozo, se deberá instalar un tubo PVC de al menos 19 mm de diámetro (3/4"), hasta un metro por encima de la bomba. El tubo más profundo deberá de ranurarse ligeramente. Dicha tubería permitirá introducir el indicar electrónico de niveles.
- 5- El pozo deberá de desinfectarse y posteriormente, al finalizar la prueba de bombeo, se tomarán las muestras del agua para realizarle los análisis bacteriológicos y físico-químicos.
- 6- Se deberán de efectuar los trámites para solicitar la concesión de aprovechamiento de agua ante el S.N.E, para lo cual se adjunta el formulario respectivo.

Por CONAGUA S.A.

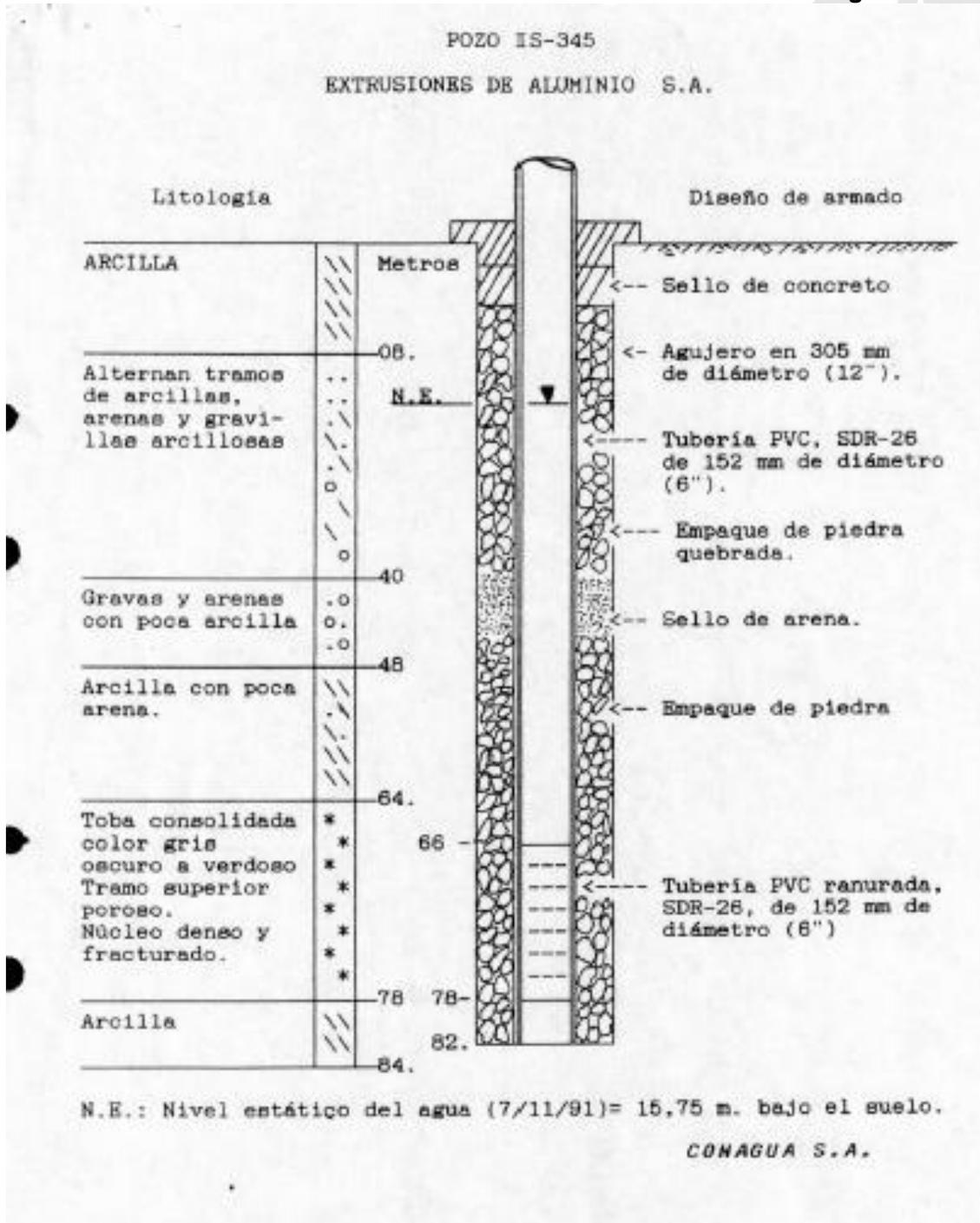


Lic. Ernesto Echandi Echeverría
Hidrogeólogo

cc/S.N.E.
SENARA
Perforadora Sicar S.A.
Archivos

Se adjunta:

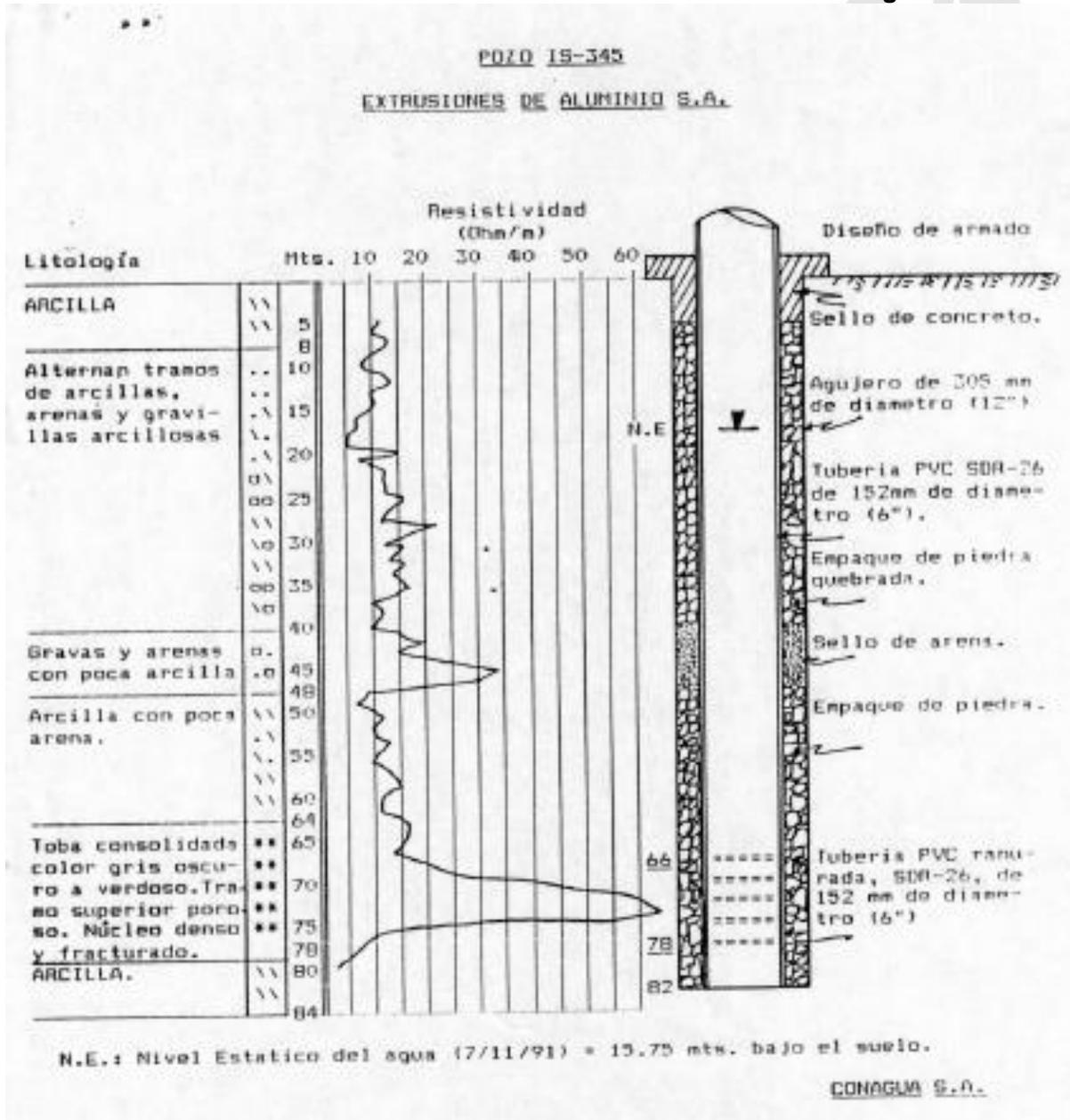
Mapa de ubicación
Diseño del pozo.



FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr



FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

POZO Nº 2		OTROS DETALLES	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA*	DETALLES CONSTRUCTIVOS	SELLO SANITARIO
			Tipo: Prof. m.
0	N. estático	Sello concreto	concreto 3.0m.
8			FILTRO DE GRAVA
10	N. dinámico		TIPO: grava de 5 a 10mm, Ø
24		Ø perf. 30.48cm	TRAMO: 48-90m.
36			DESARROLLO
40	Ademe PVC SDR 17		TIPO: pistón
48	5.75" Ø interior		HORAS: 2
56	Piedra quebrada		DESINFECCION: NO
64		Ø perf. 30.48cms.	CALIDAD DEL AGUA: cristalina olor a suampo
72			LODOS O ADITIVOS EMPLEADOS: arcillas insitu
80	Ademe ranurado		PRUEBA DE BOMBEO
88	Tapa de fondo		EQUIPO: 3HP
96	Prof. ademe 90mts.		PROFUNDIDAD: 35 mts.
104	Ø perf. 20.4 cms.		FECHA: 28-nov.-1991
112	Aterrado de 90-110mts.		HORAS DE BOMBEO: 4
	ARCILLA		CAUDAL: 3.8 litros/seg.
	GRAVA		NIVEL INICIAL: 4.75mts.
	LAVA		NIVEL FINAL: 14.24mts.
	ABATIMIENTO 9.49mts.		ESTABILIZADO? NO
			TIEMPO DE RECUPERACION:
			% DE RECUPERACION:
			TRANSM. (m²/D):
			CAPACIDAD ESP.: 0.4 Lt/sec

RECOMENDACIONES DEL EQUIPO A INSTALAR			
BOMBA A INSTALAR:	sumergible	CAPACIDAD:	5 HP
MOTOR:		PROFUND:	64mt.
TIUBERIA DESCARG.		CABLE:	ARRANQUE
		ELECTRODOS	PARE 60mt.

RECOMENDACIONES SOBRE EXPLOTACION			
CAUDAL EN LITROS/SEG:	5	comprobar con prue-	HORAS DIARIAS: 10
tiempo de bombeo prolongada		NIVEL DE BOMBEO MAX.	60mts.
ENCARGADO SUPERVISOR	ALVARO SUAREZ ROMERO	REPRESENTANTE DE LA EMPRESA	
	Por: HIDROGEOCONSULTA S.A.		
FECHA:	28-nov.-1991	FECHA:	

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr





PERFORADORA COSTARRICENSE LTDA.

FUNDADA EN 1956 - TELEFONOS 25-95-31 Y 25-96-90 FAX: 25-99-12
 APARTADO 4194 - SAN JOSE, COSTA RICA
 UNA EMPRESA ESPECIALIZADA EN LA PERFORACION DE POZOS DE AGUA, PRUEBAS DE BOMBEO Y ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

Pozo No. <u>15-360.</u> Ubicación: <u>Purices, Tobosí, Guarco.</u> Hoja cartográfica: <u>ISTARU.</u> Coordenadas: Lat. <u>202.500</u> Long. <u>540.675</u>	Simbología litológica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	---

Cronología de ubicación	Descripción litológica	Datos
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	0-6 mts. Arcilla plástica, impermeable. 6-19 mts. Arena fina, sin arcilla. 19-30 mts. Arcilla gris con arena. Poco permeable. 30-54 mts. Grava: Origen volcánico. Permeabilidad aparente: media. Se observan algunos planos de oxidación. 54-60 mts. Arcilla, arena, grava. Poco permeable. 60-72 mts. Arcilla gris con muy poca arena. 72-95 mts. Arenisca color gris. basamento. Reacción al H.C.L. Sólida, sin planos de oxidación. Permeabilidad aparente: baja a media.	Propietario: <u>Linda Vista S.A.</u> Profundidad: <u>95</u> m/s Nivel estático: <u>8.4</u> m/s Topografía: <u>plana.</u> Elevación: _____ m.s.n.m. Perforación por: Rotación <u>por lotes.</u> Otros: _____ Revestimiento tipo <u>PVC-SDR-26.</u> de <u>Ø 200</u> mm. de _____ m. a _____ m. Rejilla: tipo <u>tubo ranurado.</u> <u>Ø 200</u> mm. de _____ m. o _____ m. Explotación con: Bomba tipo: <u>sumergible.</u> Caudal: <u>3.78</u> L/s. Nivel dinámico: <u>7.0</u> m/s Estabilizado SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Usos: Abast. Público _____ Doméstico _____ Irrigación <input checked="" type="checkbox"/> Otros _____ Calidad: Color <u>cristalino.</u> Olor _____ Sabor _____ Muestreo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones: 1. Rejillas: de 92 a 86.2 mts, de 80.4 a 74.6 mts, de 63 a 57.2 mts, de 51.4 mts a 39.8 mts. 2. Perforación en 14" Ø hasta 60 mts, luego en 12" Ø hasta el fondo

Hidro-geólogo: [Firma]
 Mantique Ortiz [Firma]
7318 Imp. 85000A 07-14

FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr



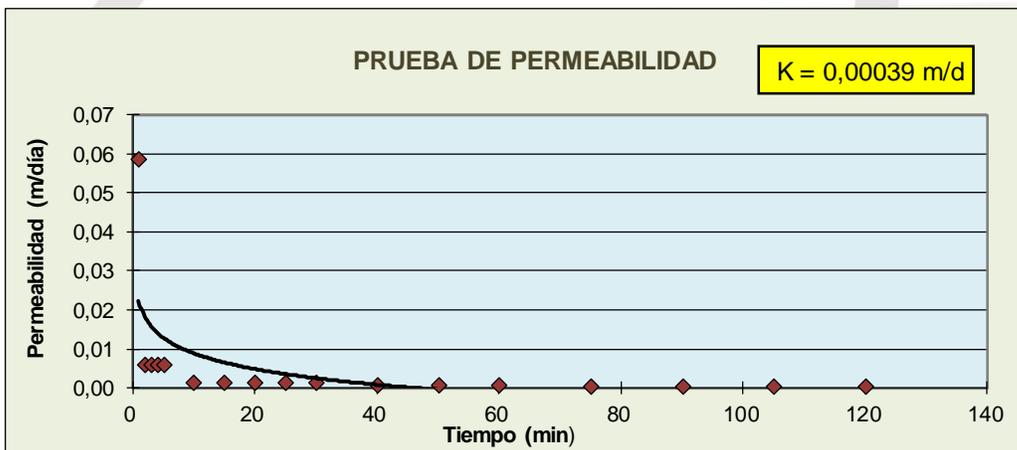
Anexo 5

Pruebas de permeabilidad superficiales (Porchet)

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°1
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	60,0		
1	0,1	59,9	0,0041	0,05853098
2	0,1	59,9	0,0004	0,00585825
3	0,1	59,9	0,0004	0,00585919
4	0,1	59,9	0,0004	0,00586013
5	0,1	59,9	0,0004	0,00586107
10	0,2	59,9	0,0001	0,00117240
15	0,2	59,8	0,0001	0,00117259
20	0,2	59,8	0,0001	0,00117278
25	0,2	59,8	0,0001	0,00117297
30	0,2	59,8	0,0001	0,00117315
40	0,2	59,8	0,0000	0,00058667
50	0,2	59,8	0,0000	0,00058677
60	0,2	59,8	0,0000	0,00058686
75	0,2	59,8	0,0000	0,00039130
90	0,2	59,8	0,0000	0,00039137
105	0,3	59,8	0,0000	0,00039143
120	0,3	59,7	0,0000	0,00039149
k			3,30E-05	0,00039



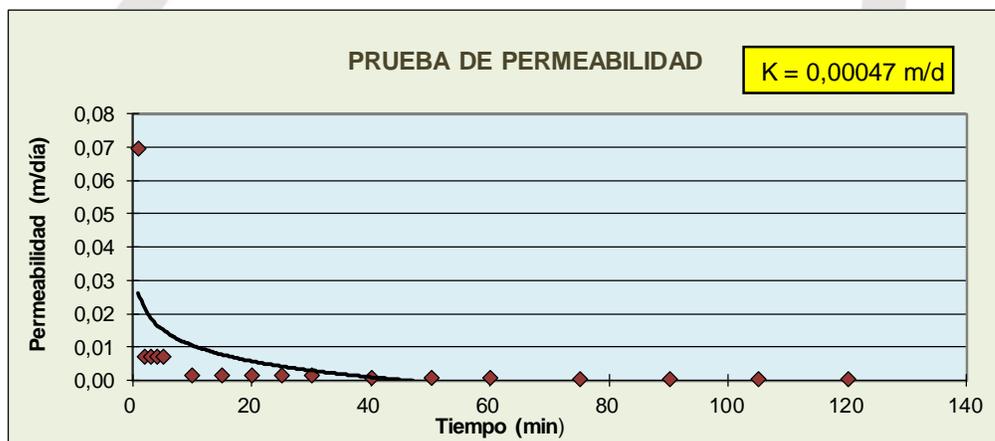
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N°2
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 60 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	50,0		
1	0,1	49,9	0,0048	0,0696819
2	0,1	49,9	0,0005	0,0069755
3	0,1	49,9	0,0005	0,0069768
4	0,1	49,9	0,0005	0,0069782
5	0,1	49,9	0,0005	0,0069795
10	0,2	49,9	0,0001	0,0013962
15	0,2	49,8	0,0001	0,0013964
20	0,2	49,8	0,0001	0,0013967
25	0,2	49,8	0,0001	0,0013970
30	0,2	49,8	0,0001	0,0013972
40	0,2	49,8	0,0000	0,0006987
50	0,2	49,8	0,0000	0,0006989
60	0,2	49,8	0,0000	0,0006990
75	0,2	49,8	0,0000	0,0004661
90	0,2	49,8	0,0000	0,0004662
105	0,3	49,8	0,0000	0,0004663
120	0,3	49,7	0,0000	0,0004664
k			3,93E-05	0,00047



Tipo de permeabilidad:

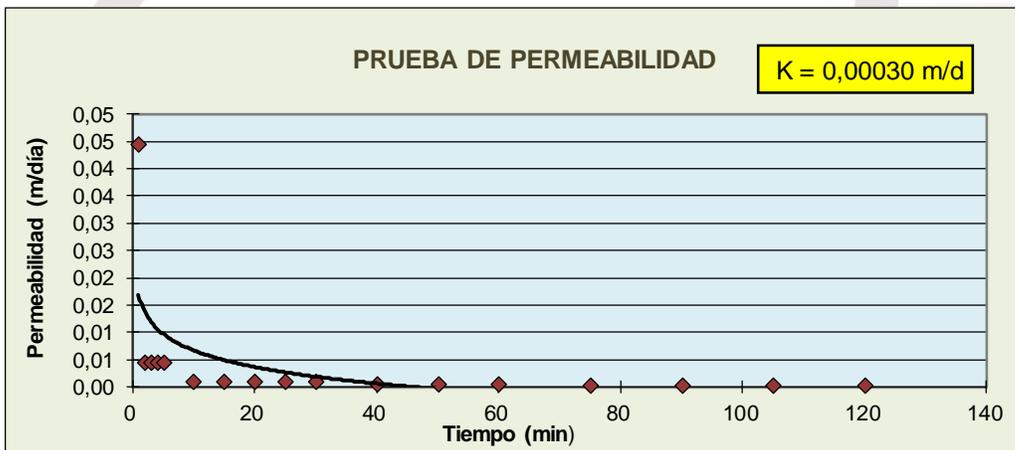
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°3
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 30 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	80,0		
1	0,1	79,9	0,0031	0,044340
2	0,1	79,9	0,0003	0,004437
3	0,1	79,9	0,0003	0,004437
4	0,1	79,9	0,0003	0,004438
5	0,1	79,9	0,0003	0,004439
10	0,2	79,9	0,0001	0,000888
15	0,2	79,8	0,0001	0,000888
20	0,2	79,8	0,0001	0,000888
25	0,2	79,8	0,0001	0,000888
30	0,2	79,8	0,0001	0,000888
40	0,2	79,8	0,0000	0,000444
50	0,2	79,8	0,0000	0,000444
60	0,2	79,8	0,0000	0,000444
75	0,2	79,8	0,0000	0,000296
90	0,2	79,8	0,0000	0,000296
105	0,3	79,8	0,0000	0,000296
120	0,3	79,7	0,0000	0,000296
k			2,50E-05	0,00030



Tipo de permeabilidad:

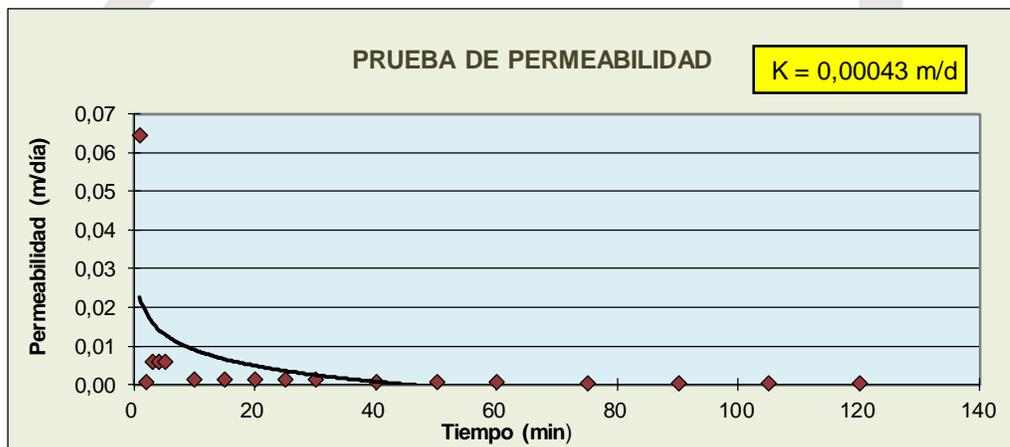
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N°4
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	60,0		
1	0,1	59,9	0,0045	0,0643892
2	0,1	59,9	0,0000	0,0005859
3	0,1	59,9	0,0004	0,0058593
4	0,1	59,9	0,0004	0,0058602
5	0,1	59,9	0,0004	0,0058612
10	0,2	59,8	0,0001	0,0011724
15	0,2	59,8	0,0001	0,0011726
20	0,2	59,8	0,0001	0,0011728
25	0,2	59,8	0,0001	0,0011730
30	0,2	59,8	0,0001	0,0011732
40	0,2	59,8	0,0000	0,0005867
50	0,2	59,8	0,0000	0,0006455
60	0,2	59,8	0,0000	0,0006456
75	0,2	59,8	0,0000	0,0004305
90	0,2	59,8	0,0000	0,0004305
105	0,3	59,7	0,0000	0,0004306
120	0,3	59,7	0,0000	0,0004307
k			3,57E-05	0,00043



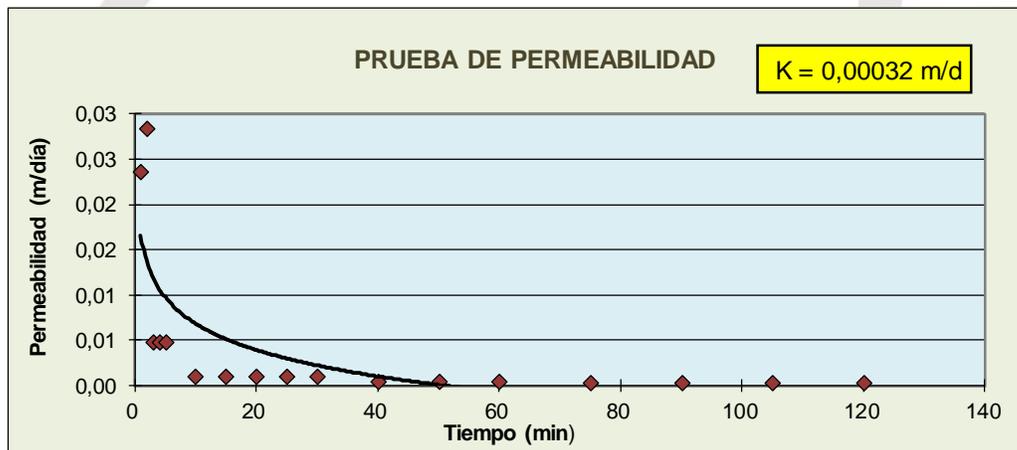
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°5
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 35 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof. agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	75,0		
1	0,1	75,0	0,0016	0,02359
2	0,1	74,9	0,0020	0,02833
3	0,1	74,9	0,0003	0,00472
4	0,1	74,9	0,0003	0,00472
5	0,1	74,9	0,0003	0,00473
10	0,2	74,9	0,0001	0,00095
15	0,2	74,8	0,0001	0,00095
20	0,2	74,8	0,0001	0,00095
25	0,2	74,8	0,0001	0,00095
30	0,2	74,8	0,0001	0,00095
40	0,2	74,8	0,0000	0,00047
50	0,2	74,8	0,0000	0,00047
60	0,2	74,8	0,0000	0,00047
75	0,2	74,8	0,0000	0,00032
90	0,2	74,8	0,0000	0,00032
105	0,3	74,8	0,0000	0,00032
120	0,3	74,7	0,0000	0,00032
k			2,66E-05	0,00032



Tipo de permeabilidad:

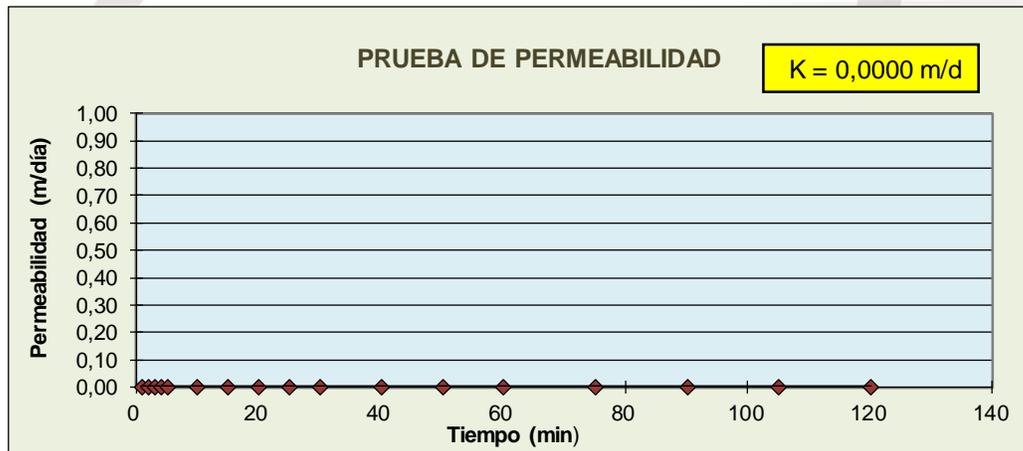
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°6
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 60 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	50,0		
1	0,0	50,0	0,0000	0,000
2	0,0	50,0	0,0000	0,000
3	0,0	50,0	0,0000	0,000
4	0,0	50,0	0,0000	0,000
5	0,0	50,0	0,0000	0,000
10	0,0	50,0	0,0000	0,000
15	0,0	50,0	0,0000	0,000
20	0,0	50,0	0,0000	0,000
25	0,0	50,0	0,0000	0,000
30	0,0	50,0	0,0000	0,000
40	0,0	50,0	0,0000	0,000
50	0,0	50,0	0,0000	0,000
60	0,0	50,0	0,0000	0,000
75	0,0	50,0	0,0000	0,000
90	0,0	50,0	0,0000	0,000
105	0,0	50,0	0,0000	0,000
120	0,0	50,0	0,0000	0,000
k			0,00E+00	0,0000



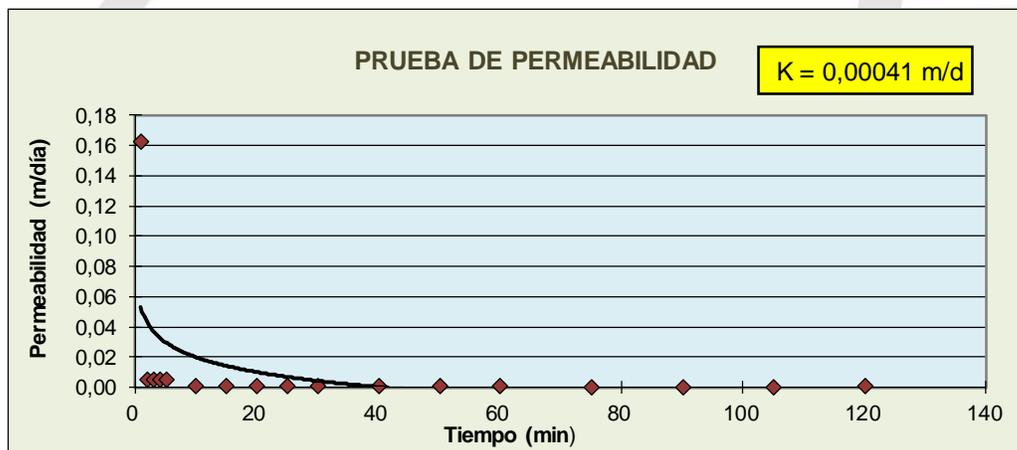
Tipo de permeabilidad: Prácticamente impermeable

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°7
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 45 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	65,0		
1	0,3	64,7	0,0113	0,16283
2	0,3	64,7	0,0004	0,00544
3	0,3	64,7	0,0004	0,00544
4	0,3	64,7	0,0004	0,00544
5	0,3	64,7	0,0004	0,00544
10	0,4	64,7	0,0001	0,00109
15	0,4	64,6	0,0001	0,00109
20	0,4	64,6	0,0001	0,00109
25	0,4	64,6	0,0001	0,00109
30	0,4	64,6	0,0001	0,00109
40	0,4	64,6	0,0000	0,00054
50	0,4	64,6	0,0000	0,00065
60	0,4	64,6	0,0000	0,00054
75	0,4	64,6	0,0000	0,00040
90	0,4	64,6	0,0000	0,00029
105	0,5	64,5	0,0000	0,00040
120	0,5	64,5	0,0000	0,00055
k			3,35E-05	0,00041



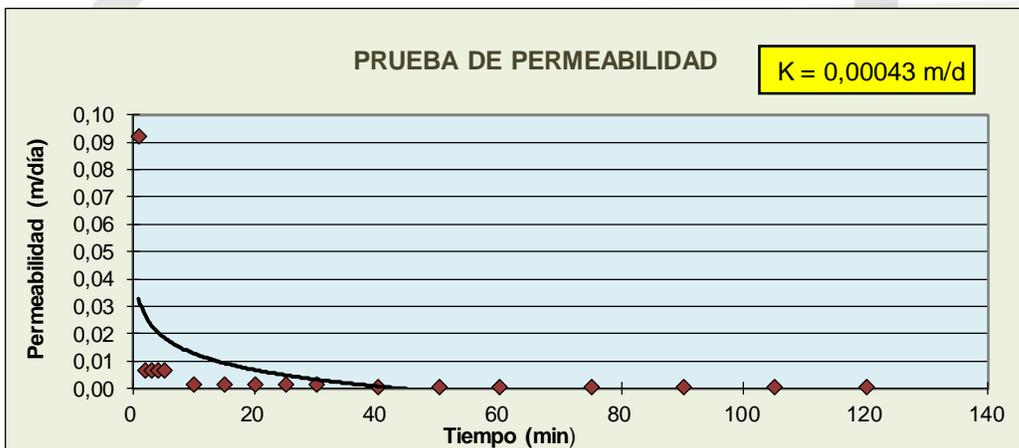
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Litología: Arcilla
 Prueba: Porchet N°8
 Prof. agujero: 110 cm
 Prof. Prueba: 55 cm
 Diám. agujero: 10,16 cm
 Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	55,0		
1	0,1	54,8	0,0064	0,09236
2	0,2	54,8	0,0004	0,00638
3	0,2	54,8	0,0004	0,00638
4	0,2	54,8	0,0004	0,00638
5	0,2	54,8	0,0004	0,00638
10	0,2	54,8	0,0001	0,00128
15	0,2	54,8	0,0001	0,00128
20	0,2	54,7	0,0001	0,00128
25	0,2	54,7	0,0001	0,00128
30	0,2	54,7	0,0001	0,00128
40	0,2	54,7	0,0000	0,00064
50	0,3	54,7	0,0000	0,00064
60	0,3	54,7	0,0000	0,00064
75	0,3	54,7	0,0000	0,00043
90	0,3	54,7	0,0000	0,00043
105	0,3	54,7	0,0000	0,00043
120	0,3	54,7	0,0000	0,00043
k			3,59E-05	0,00043



Tipo de permeabilidad:

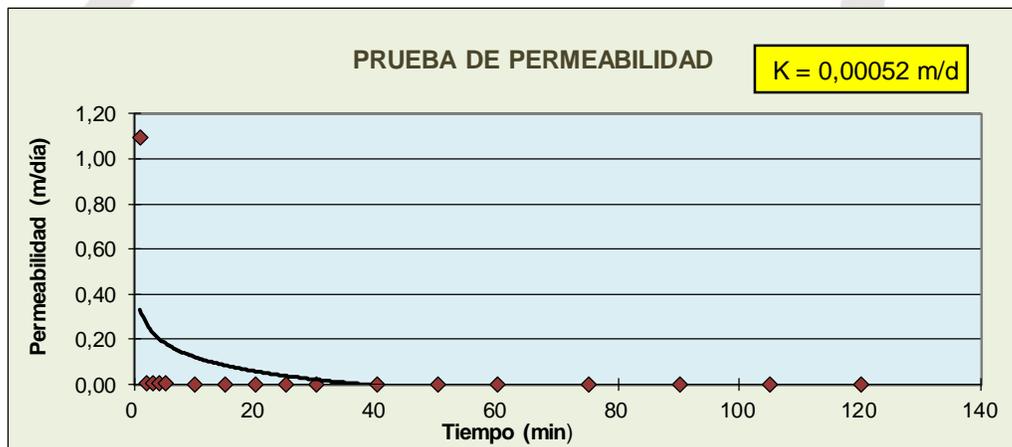
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°9
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 65 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	1,3	43,7		
1	1,4	42,4	0,0759	1,092620
2	1,4	42,4	0,0006	0,008144
3	1,4	42,4	0,0006	0,008146
4	1,4	42,3	0,0006	0,008148
5	1,4	42,3	0,0006	0,008150
10	1,4	42,3	0,0001	0,001630
15	1,4	42,3	0,0001	0,001631
20	1,4	42,3	0,0001	0,001631
25	1,4	42,3	0,0001	0,001631
30	1,5	42,3	0,0001	0,001305
40	1,5	42,3	0,0001	0,000816
50	1,5	42,3	0,0001	0,000816
60	1,5	42,3	0,0001	0,000816
75	1,5	42,3	0,0000	0,000435
90	1,5	42,2	0,0000	0,000544
105	1,5	42,2	0,0000	0,000545
120	1,5	42,2	0,0000	0,000545
k			4,48E-05	0,00052



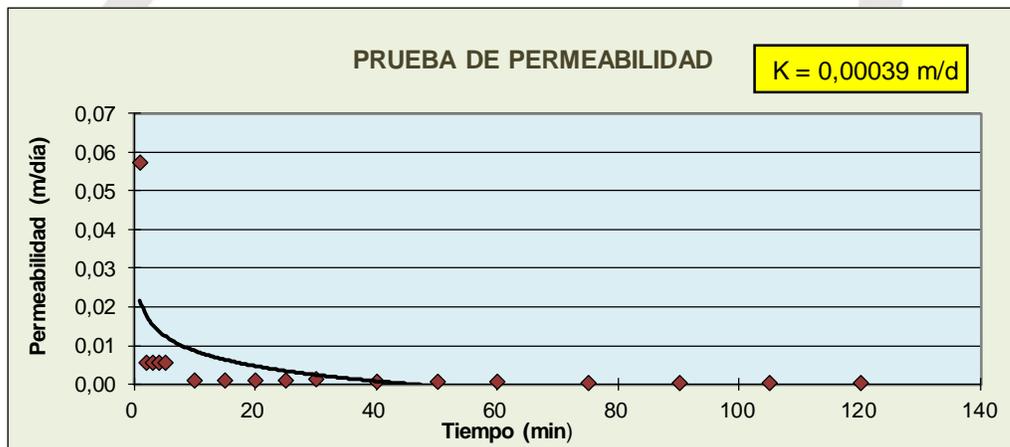
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N°10
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 48 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	62,0		
1	0,1	61,9	0,0040	0,057284
2	0,1	61,9	0,0004	0,005677
3	0,1	61,9	0,0004	0,005677
4	0,1	61,9	0,0004	0,005678
5	0,1	61,9	0,0004	0,005679
10	0,2	61,8	0,0001	0,001136
15	0,2	61,8	0,0001	0,001136
20	0,2	61,8	0,0001	0,001136
25	0,2	61,8	0,0001	0,001137
30	0,2	61,8	0,0001	0,001250
40	0,2	61,8	0,0000	0,000568
50	0,2	61,8	0,0000	0,000569
60	0,2	61,8	0,0000	0,000569
75	0,2	61,8	0,0000	0,000417
90	0,2	61,8	0,0000	0,000379
105	0,3	61,7	0,0000	0,000379
120	0,3	61,7	0,0000	0,000379
k			3,23E-05	0,00039



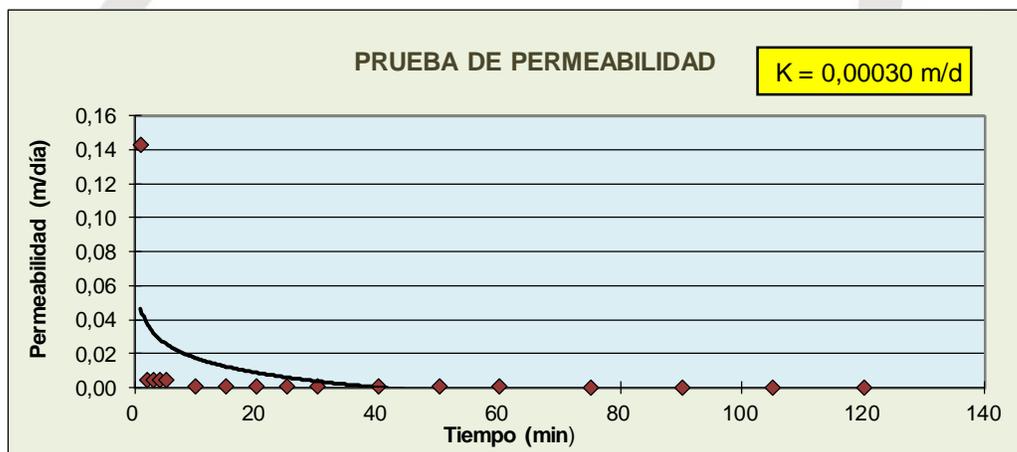
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°11
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 35 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,2	74,8		
1	0,3	74,5	0,0099	0,142630
2	0,3	74,5	0,0003	0,004748
3	0,3	74,5	0,0003	0,004749
4	0,3	74,5	0,0003	0,004749
5	0,3	74,5	0,0003	0,004750
10	0,4	74,4	0,0001	0,000950
15	0,4	74,4	0,0001	0,000950
20	0,4	74,4	0,0001	0,000950
25	0,4	74,4	0,0001	0,000950
30	0,4	74,4	0,0001	0,001046
40	0,4	74,4	0,0000	0,000475
50	0,4	74,4	0,0000	0,000475
60	0,4	74,4	0,0000	0,000475
75	0,4	74,4	0,0000	0,000263
90	0,4	74,4	0,0000	0,000317
105	0,5	74,3	0,0000	0,000317
120	0,5	74,3	0,0000	0,000317
k			2,62E-05	0,00030



Tipo de permeabilidad:

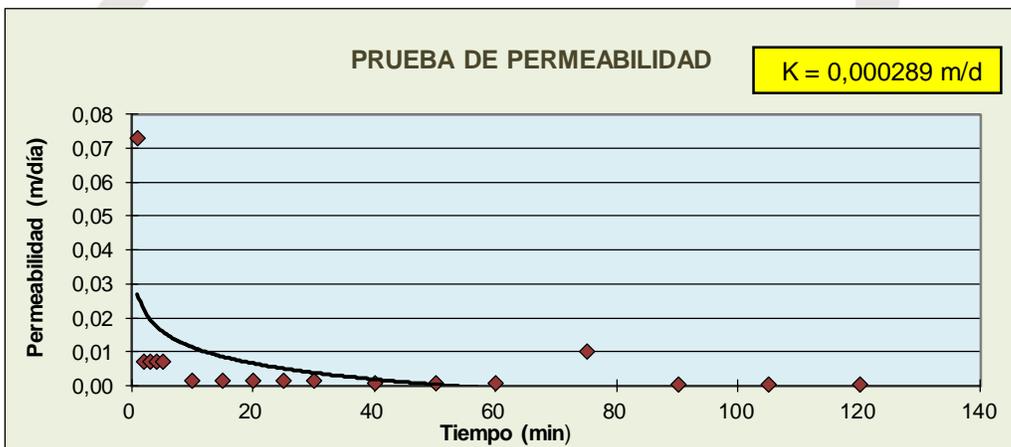
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°12
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 62 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	48,0		
1	0,1	47,9	0,0051	0,073169
2	0,1	47,9	0,0005	0,007252
3	0,1	47,9	0,0005	0,007254
4	0,1	47,9	0,0005	0,007255
5	0,1	47,9	0,0005	0,007257
10	0,2	47,8	0,0001	0,001452
15	0,2	47,8	0,0001	0,001452
20	0,2	47,8	0,0001	0,001452
25	0,2	47,8	0,0001	0,001452
30	0,2	47,8	0,0001	0,001598
40	0,2	47,8	0,0001	0,000727
50	0,2	47,8	0,0001	0,000727
60	0,2	47,8	0,0001	0,000727
75	0,4	47,6	0,0007	0,010102
90	0,4	47,6	0,0000	0,000487
105	0,5	47,5	0,0000	0,000487
120	0,5	47,5	0,0000	0,000487
k			1,36E-04	0,00289



Tipo de permeabilidad:

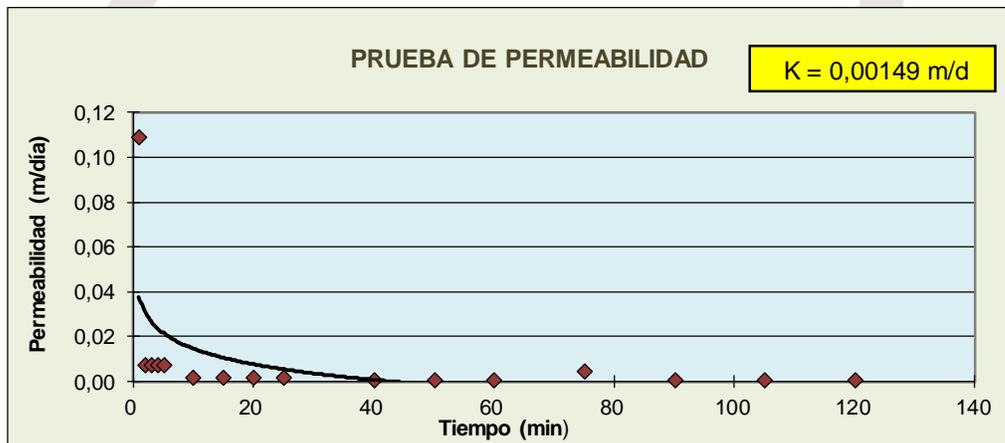
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N°13
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 62 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,1	48,0		
1	0,2	47,8	0,0076	0,108825
2	0,2	47,8	0,0005	0,007267
3	0,2	47,8	0,0005	0,007268
4	0,2	47,8	0,0005	0,007269
5	0,2	47,8	0,0005	0,007271
10	0,2	47,8	0,0001	0,001454
15	0,2	47,7	0,0001	0,001455
20	0,2	47,7	0,0001	0,001455
25	0,2	47,7	0,0001	0,001455
30	0,2	47,8	-0,0003	-0,004801
40	0,2	47,7	0,0001	0,000727
50	0,2	47,7	0,0001	0,000727
60	0,2	47,7	0,0001	0,000728
75	0,3	47,6	0,0003	0,004516
90	0,3	47,6	0,0000	0,000486
105	0,3	47,6	0,0000	0,000486
120	0,4	47,6	0,0000	0,000486
k			8,09E-05	0,00149



Tipo de permeabilidad:

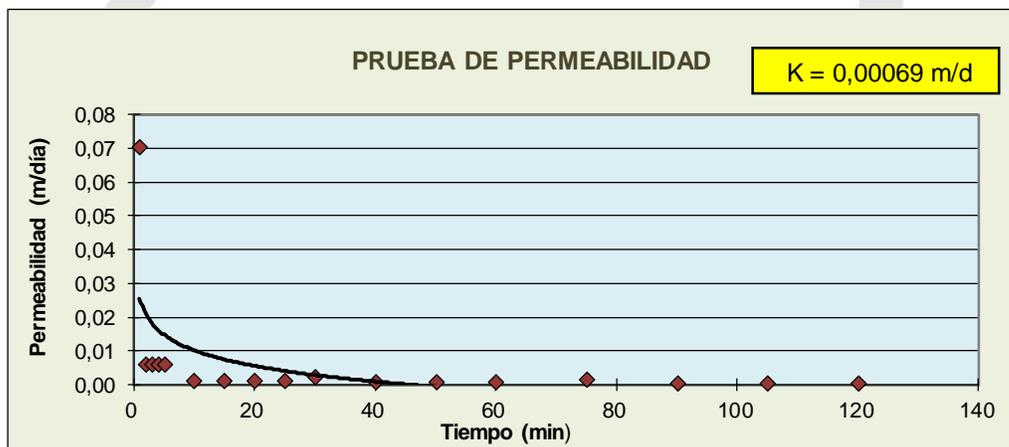
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N° 14
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	60,0		
1	0,1	59,9	0,0049	0,070271
2	0,1	59,9	0,0004	0,005862
3	0,1	59,8	0,0004	0,005863
4	0,2	59,8	0,0004	0,005864
5	0,2	59,8	0,0004	0,005865
10	0,2	59,8	0,0001	0,001173
15	0,2	59,8	0,0001	0,001173
20	0,2	59,8	0,0001	0,001174
25	0,2	59,8	0,0001	0,001174
30	0,2	59,8	0,0002	0,002348
40	0,2	59,8	0,0000	0,000587
50	0,2	59,7	0,0000	0,000587
60	0,3	59,7	0,0000	0,000587
75	0,3	59,7	0,0001	0,001567
90	0,3	59,7	0,0000	0,000392
105	0,3	59,7	0,0000	0,000392
120	0,3	59,7	0,0000	0,000392
k			4,47E-05	0,00069



Tipo de permeabilidad:

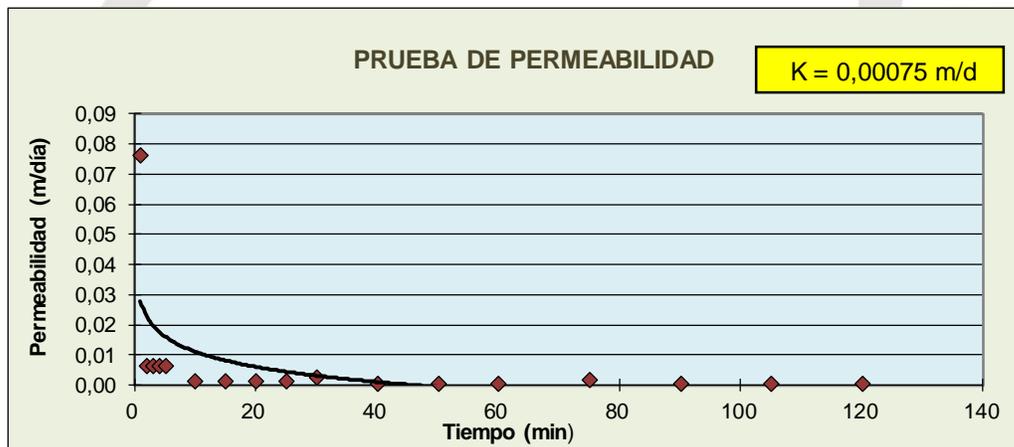
Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Litología: Arcilla
 Prueba: Porchet N°15
 Prof. agujero: 110 cm
 Prof. Prueba: 55 cm
 Diám. agujero: 10,16 cm
 Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,0	55,0		
1	0,1	54,9	0,0053	0,076386
2	0,1	54,9	0,0004	0,006373
3	0,1	54,8	0,0004	0,006374
4	0,2	54,8	0,0004	0,006375
5	0,2	54,8	0,0004	0,006376
10	0,2	54,8	0,0001	0,001275
15	0,2	54,8	0,0001	0,001276
20	0,2	54,8	0,0001	0,001276
25	0,2	54,8	0,0001	0,001276
30	0,2	54,8	0,0002	0,002553
40	0,2	54,8	0,0000	0,000638
50	0,2	54,7	0,0000	0,000638
60	0,3	54,7	0,0000	0,000639
75	0,3	54,7	0,0001	0,001704
90	0,3	54,7	0,0000	0,000426
105	0,3	54,7	0,0000	0,000426
120	0,3	54,7	0,0000	0,000426
k			4,86E-05	0,00075



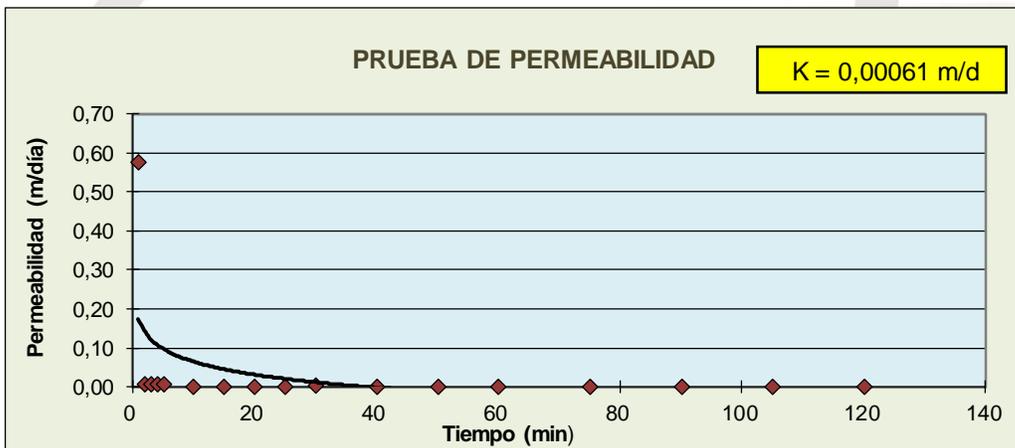
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°16
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 40 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	1,0	69,0		
1	1,1	67,9	0,0401	0,577311
2	1,1	67,9	0,0004	0,005196
3	1,1	67,8	0,0004	0,005197
4	1,2	67,8	0,0004	0,005197
5	1,2	67,8	0,0004	0,005198
10	1,2	67,8	0,0001	0,001040
15	1,2	67,8	0,0001	0,001040
20	1,2	67,8	0,0001	0,001040
25	1,2	67,8	0,0001	0,001040
30	1,2	67,8	0,0001	0,002081
40	1,2	67,8	0,0000	0,000520
50	1,2	67,7	0,0000	0,000520
60	1,3	67,7	0,0000	0,000520
75	1,3	67,7	0,0001	0,001388
90	1,3	67,7	0,0000	0,000347
105	1,3	67,7	0,0000	0,000347
120	1,3	67,7	0,0000	0,000347
k			3,96E-05	0,00061



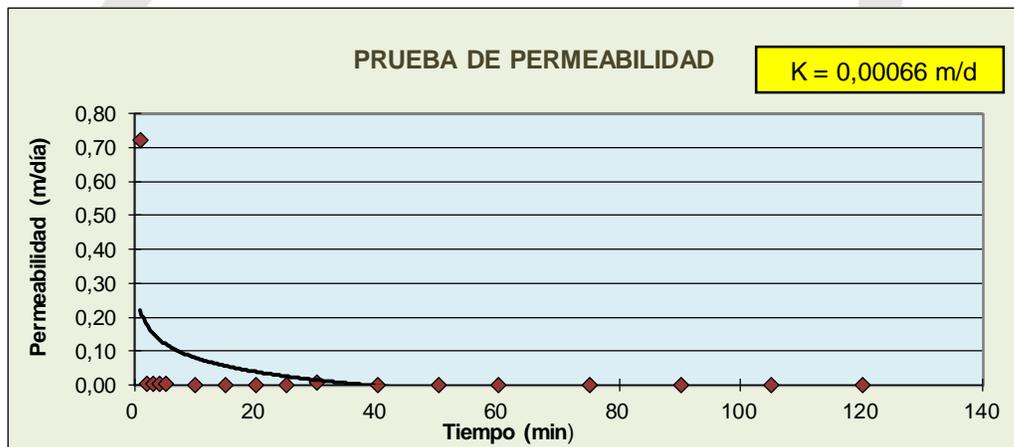
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°17
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 45 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	1,2	63,8		
1	1,3	62,5	0,0503	0,723860
2	1,3	62,5	0,0004	0,005624
3	1,3	62,5	0,0004	0,005625
4	1,3	62,5	0,0004	0,005626
5	1,3	62,5	0,0004	0,005627
10	1,4	62,5	0,0001	0,001126
15	1,4	62,4	0,0001	0,001126
20	1,4	62,4	0,0001	0,001126
25	1,4	62,4	0,0001	0,001126
30	1,4	62,4	0,0005	0,006760
40	1,5	62,4	0,0000	0,000564
50	1,5	62,3	0,0000	0,000564
60	1,5	62,3	0,0000	0,000564
75	1,5	62,3	0,0001	0,001504
90	1,5	62,3	0,0000	0,000376
105	1,5	62,3	0,0000	0,000376
120	1,5	62,3	0,0000	0,000376
k			4,29E-05	0,00066



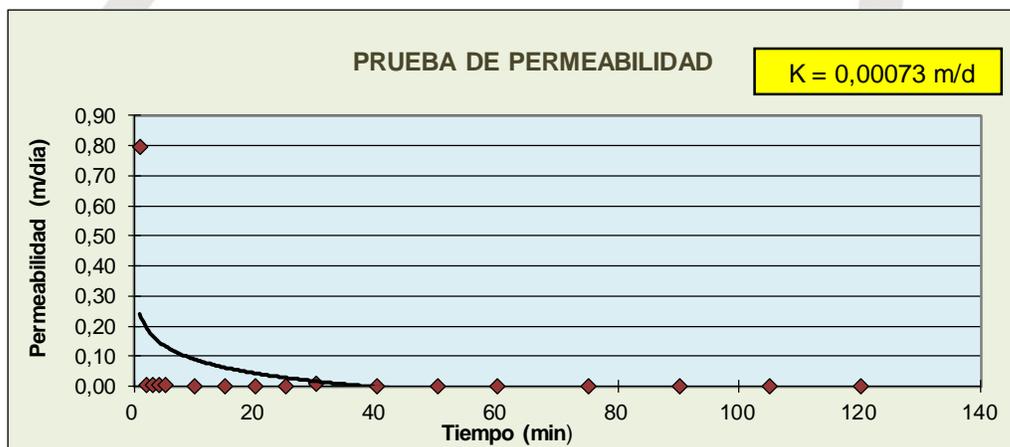
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba : Porchet N°18
Prof. agujero : 110 cm
Prof. Prueba : 51 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	1,2	57,8		
1	1,3	56,5	0,0553	0,796627
2	1,3	56,5	0,0004	0,006196
3	1,3	56,5	0,0004	0,006197
4	1,3	56,5	0,0004	0,006198
5	1,3	56,5	0,0004	0,006199
10	1,4	56,5	0,0001	0,001240
15	1,4	56,4	0,0001	0,001240
20	1,4	56,4	0,0001	0,001240
25	1,4	56,4	0,0001	0,001241
30	1,4	56,4	0,0005	0,007448
40	1,5	56,4	0,0000	0,000621
50	1,5	56,3	0,0000	0,000621
60	1,5	56,3	0,0000	0,000621
75	1,5	56,3	0,0001	0,001657
90	1,5	56,3	0,0000	0,000415
105	1,5	56,3	0,0000	0,000415
120	1,5	56,3	0,0000	0,000415
k			4,73E-05	0,00073



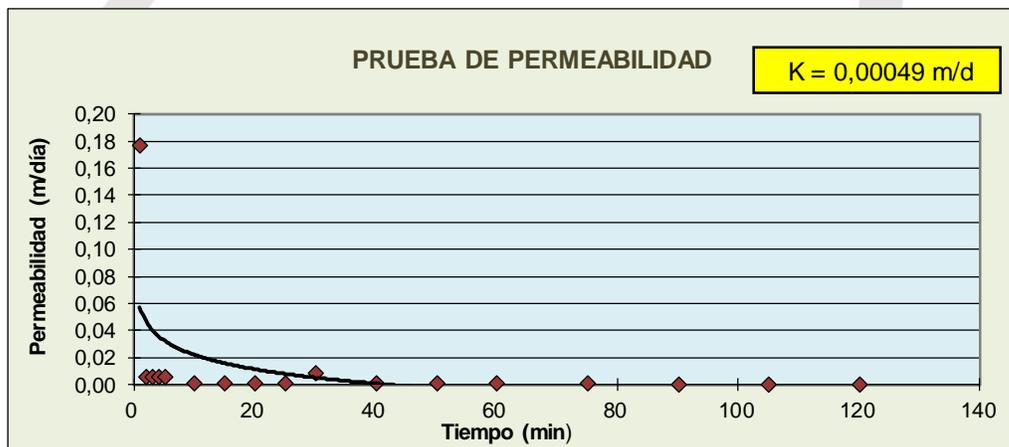
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°19
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,2	59,8		
1	0,3	59,5	0,0123	0,176440
2	0,3	59,5	0,0004	0,005896
3	0,3	59,5	0,0004	0,005897
4	0,3	59,5	0,0004	0,005898
5	0,3	59,5	0,0004	0,005899
10	0,4	59,5	0,0001	0,001180
15	0,4	59,4	0,0001	0,001180
20	0,4	59,4	0,0001	0,001180
25	0,4	59,4	0,0001	0,001181
30	0,5	59,4	0,0006	0,008269
40	0,5	59,3	0,0000	0,000591
50	0,5	59,3	0,0000	0,000591
60	0,5	59,3	0,0000	0,000591
75	0,5	59,3	0,0001	0,000788
90	0,5	59,3	0,0000	0,000394
105	0,5	59,3	0,0000	0,000394
120	0,5	59,3	0,0000	0,000394
k			3,72E-05	0,00049



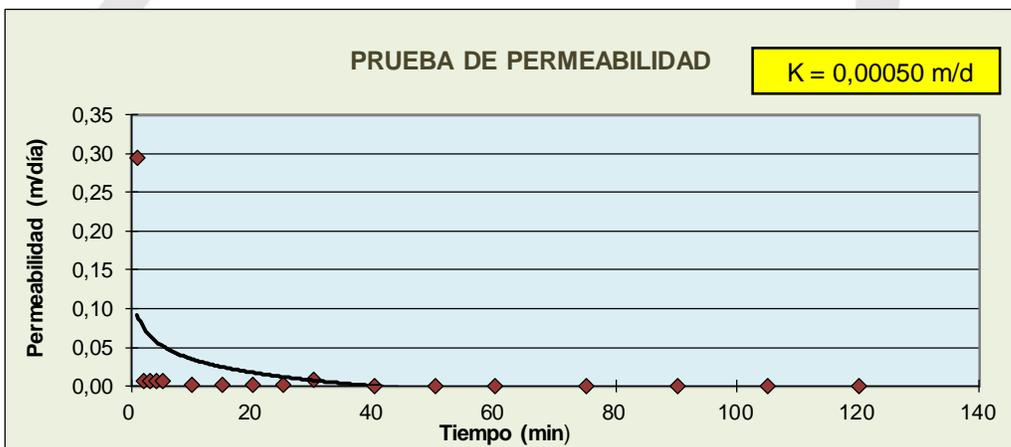
Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
Litología: Arcilla
Prueba: Porchet N°19
Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	0,4	59,6		
1	0,5	59,1	0,0205	0,295494
2	0,5	59,1	0,0004	0,005934
3	0,5	59,1	0,0004	0,005935
4	0,5	59,1	0,0004	0,005936
5	0,5	59,1	0,0004	0,005937
10	0,6	59,1	0,0001	0,001188
15	0,6	59,0	0,0001	0,001188
20	0,6	59,0	0,0001	0,001188
25	0,6	59,0	0,0001	0,001188
30	0,7	59,0	0,0006	0,008323
40	0,7	58,9	0,0000	0,000595
50	0,7	58,9	0,0000	0,000595
60	0,7	58,9	0,0000	0,000595
75	0,7	58,9	0,0001	0,000794
90	0,7	58,9	0,0000	0,000397
105	0,7	58,9	0,0000	0,000397
120	0,7	58,9	0,0000	0,000397
k			3,74E-05	0,00050



Tipo de permeabilidad: Muy baja

$$K = \left(\frac{r}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \ln \left(\frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right)$$

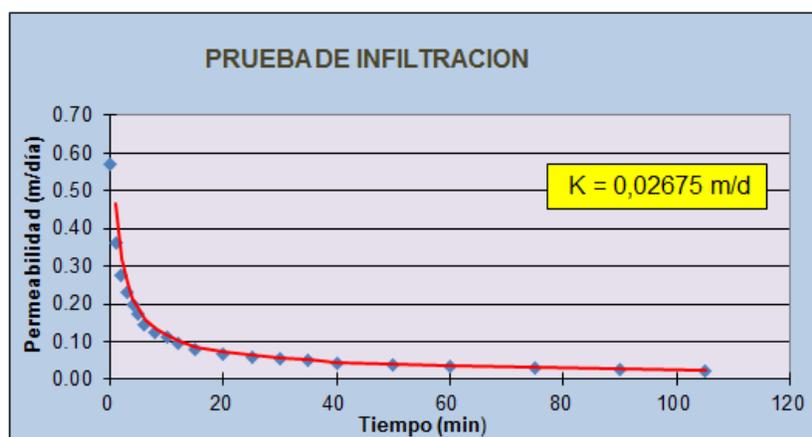
Anexo 6

Pruebas de permeabilidad método doble anillo

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Tipo de suelo: Arcilla
 Metodología: Doble Anillo
 Prueba: 1
 Clima: Nublado
 Consolidación: Baja
 Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	7.5	-		
1	7.4	0.1	0.0398	0.572511
2	7.4	0.1	0.0252	0.362355
3	7.3	0.2	0.0193	0.277288
4	7.3	0.2	0.0159	0.229342
5	7.3	0.2	0.0137	0.197940
6	7.2	0.3	0.0122	0.175502
8	7.2	0.3	0.0101	0.145156
10	7.2	0.3	0.0087	0.125281
12	7.2	0.3	0.0077	0.111079
15	7.2	0.3	0.0067	0.095870
20	7.2	0.3	0.0055	0.079293
25	7.2	0.3	0.0048	0.068436
30	7.2	0.3	0.0042	0.060678
35	7.1	0.4	0.0038	0.054809
40	7.1	0.4	0.0035	0.050186
50	7.1	0.4	0.0030	0.043315
60	7.0	0.5	0.0027	0.038404
75	7.0	0.5	0.0023	0.033146
90	7.0	0.5	0.0020	0.029389
105	6.9	0.6	0.0018	0.026546
120	6.9	0.6	0.0017	0.024307
k			1.86E-03	0.02675

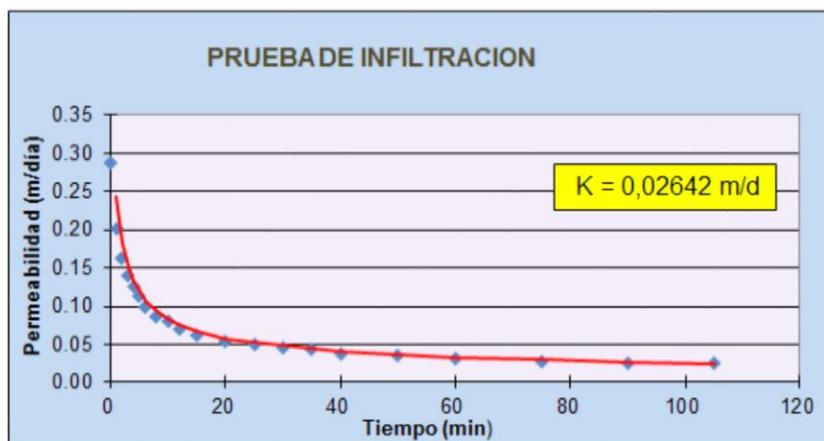


Permeabilidad: Muy baja

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Tipo de suelo: Arcilla
 Metodología: Doble Anillo
 Prueba: 2
 Clima: Nublado
 Consolidación: Media
 Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof. agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	7.5	-		
1	7.5	0.0	0.0199	0.286588
2	7.5	0.0	0.0139	0.200775
3	7.5	0.0	0.0113	0.163044
4	7.4	0.1	0.0098	0.140657
5	7.4	0.1	0.0087	0.125432
6	7.4	0.1	0.0079	0.114223
8	7.4	0.1	0.0068	0.098540
10	7.4	0.1	0.0061	0.087873
12	7.4	0.1	0.0056	0.080021
15	7.3	0.2	0.0050	0.071360
20	7.3	0.2	0.0043	0.061561
25	7.3	0.2	0.0038	0.054898
30	7.3	0.2	0.0035	0.049992
35	7.2	0.3	0.0032	0.046188
40	7.2	0.3	0.0030	0.043128
50	7.2	0.3	0.0027	0.038460
60	7.2	0.3	0.0024	0.035023
75	7.2	0.3	0.0022	0.031232
90	7.2	0.3	0.0020	0.028441
105	7.1	0.4	0.0018	0.026277
120	7.1	0.4	0.0017	0.024536
k			1.83E-03	0.02642

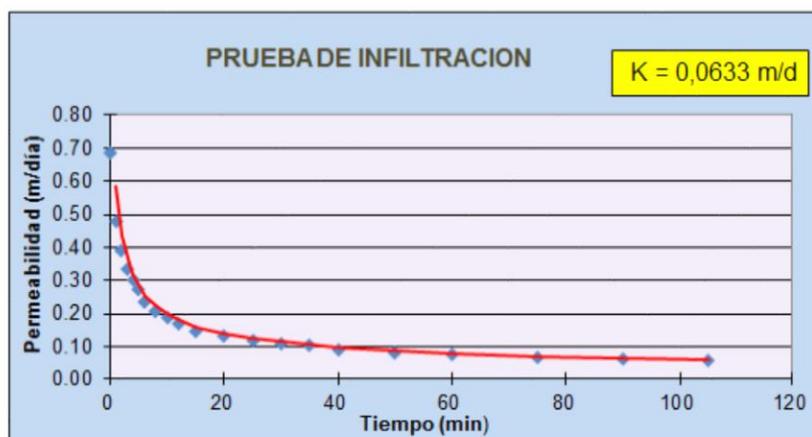


Permeabilidad: Muy baja

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Tipo de suelo: Arcilla
 Metodología: Doble Anillo
 Prueba: 3
 Clima: Nublado
 Consolidación: Media
 Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof. agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	7.5	-		
1	7.4	0.1	0.0476	0.684730
2	7.4	0.1	0.0333	0.479901
3	7.3	0.2	0.0271	0.389809
4	7.3	0.2	0.0234	0.336344
5	7.3	0.2	0.0208	0.299977
6	7.3	0.2	0.0190	0.273202
8	7.2	0.3	0.0164	0.235730
10	7.2	0.3	0.0146	0.210242
12	7.2	0.3	0.0133	0.191476
15	7.1	0.4	0.0119	0.170773
20	7.0	0.5	0.0102	0.147350
25	7.0	0.5	0.0091	0.131418
30	6.9	0.6	0.0083	0.119688
35	6.9	0.6	0.0077	0.110591
40	6.9	0.6	0.0072	0.103272
50	6.8	0.7	0.0064	0.092106
60	6.8	0.7	0.0058	0.083885
75	6.7	0.8	0.0052	0.074815
90	6.7	0.8	0.0047	0.068137
105	6.7	0.8	0.0044	0.062958
120	6.6	0.9	0.0041	0.058792
k			4.40E-03	0.06330

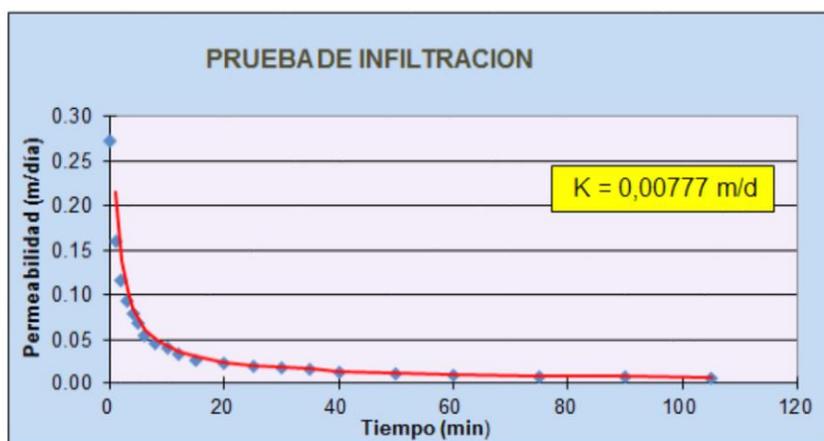


Permeabilidad: Muy baja

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Tipo de suelo: Arcilla
 Metodología: Doble Anillo
 Prueba: 4
 Clima: Nublado
 Consolidación: Baja
 Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof. agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	7.5	-		
1	7.4	0.1	0.0189	0.272471
2	7.4	0.1	0.0111	0.160181
3	7.4	0.1	0.0082	0.117396
4	7.4	0.1	0.0065	0.094168
5	7.4	0.1	0.0055	0.079365
6	7.4	0.1	0.0048	0.069015
8	7.4	0.1	0.0038	0.055360
10	7.4	0.1	0.0032	0.046657
12	7.3	0.2	0.0028	0.040573
15	7.3	0.2	0.0024	0.034195
20	7.3	0.2	0.0019	0.027429
25	7.3	0.2	0.0016	0.023117
30	7.3	0.2	0.0014	0.020103
35	7.3	0.2	0.0012	0.017863
40	7.3	0.2	0.0011	0.016125
50	7.3	0.2	0.0009	0.013590
60	7.3	0.2	0.0008	0.011818
75	7.3	0.2	0.0007	0.009960
90	7.3	0.2	0.0006	0.008661
105	7.3	0.2	0.0005	0.007696
120	7.2	0.3	0.0005	0.006948
k			5.39E-04	0.00777



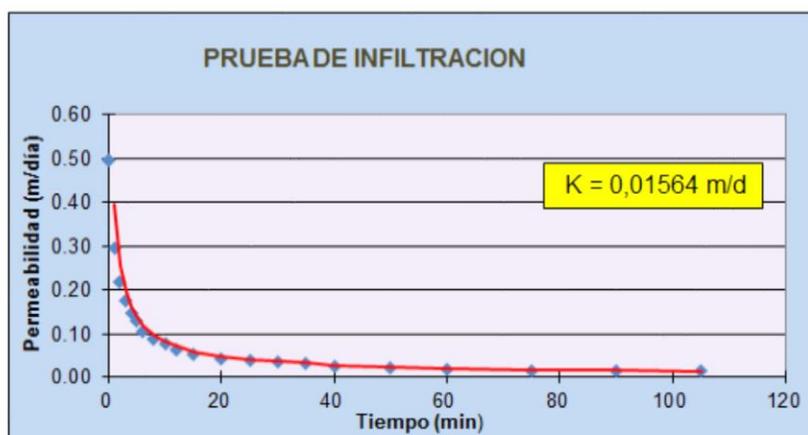
Permeabilidad: Muy baja

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago
 Tipo de suelo: Arcilla
 Metodología: Doble Anillo
 Prueba: 5
 Clima: Nublado
 Consolidación: Baja
 Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof. agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
0	7.5	-		
1	7.4	0.1	0.0344	0.495936
2	7.3	0.2	0.0206	0.295970
3	7.3	0.2	0.0152	0.218833
4	7.3	0.2	0.0123	0.176633
5	7.3	0.2	0.0104	0.149590
6	7.3	0.2	0.0091	0.130598
8	7.3	0.2	0.0073	0.105413
10	7.2	0.3	0.0062	0.089274
12	7.2	0.3	0.0054	0.077940
15	7.2	0.3	0.0046	0.066007
20	7.2	0.3	0.0037	0.053278
25	7.2	0.3	0.0031	0.045121
30	7.2	0.3	0.0027	0.039392
35	7.2	0.3	0.0024	0.035120
40	7.2	0.3	0.0022	0.031796
50	7.2	0.3	0.0019	0.026928
60	7.1	0.4	0.0016	0.023509
75	7.1	0.4	0.0014	0.019910
90	7.1	0.4	0.0012	0.017382
105	7.0	0.5	0.0011	0.015497
120	7.0	0.5	0.0010	0.014030

k	1.09E-03	0.01564
---	----------	---------



Permeabilidad: Muy baja

Anexo 7

Pruebas de permeabilidad dentro de las perforaciones (Hvorslev)

INF. #18-0721. Pág. 147 de 205.

Gráfico N°1. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-9 a 5 m

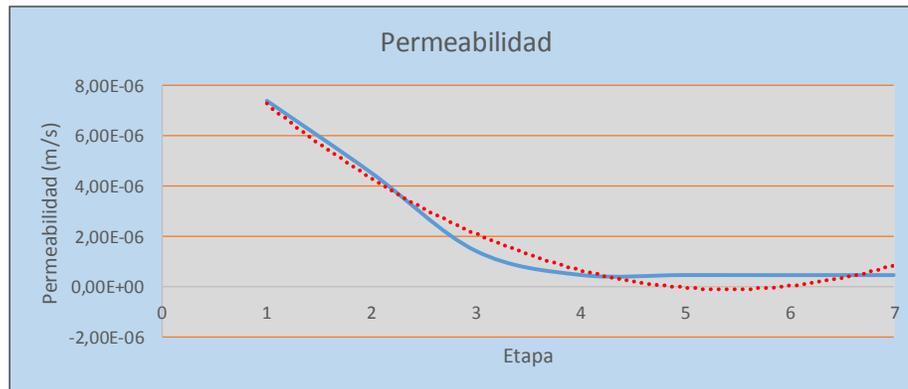
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-09
PROFUNDIDAD PRUEBA: 5 m
PRUEBA: 1 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Limo plástico
NIVEL FREÁTICO: 2,8 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h=k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,631	0,762	0,112	0,212	5,17E-05	7,42E-06
2	10	0,762	0,893	0,212	0,324	3,17E-05	4,55E-06
3	10	0,893	1,024	0,324	0,449	1,00E-05	1,44E-06
4	10	1,024	1,155	0,449	0,578	3,33E-06	4,79E-07
5	10	1,155	1,286	0,578	0,707	3,30E-06	4,74E-07
6	10	1,286	1,417	0,707	0,836	3,28E-06	4,71E-07
7	10	1,417	1,548	0,836	0,965	3,28E-06	4,71E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	4,785E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	7,417E-06 m/s	Fecha de ejecución	19/10/2018
Permeabilidad mínima	4,713E-07 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	4,713E-07 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

Gráfico N°2. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-9 a 22 m

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-09
PROFUNDIDAD PRUEBA: 22 m
PRUEBA: 2

TIPO	Carga Constante
------	-----------------

LITOLOGÍA: Lahar
NIVEL FREÁTICO:

6,6 m.b.n.s.	L (m):	1
--------------	--------	---

ALTURA MANÓMETRO:

1 m.s.n.s.	m:	1
------------	----	---

DIÁMETRO:

0,065 m

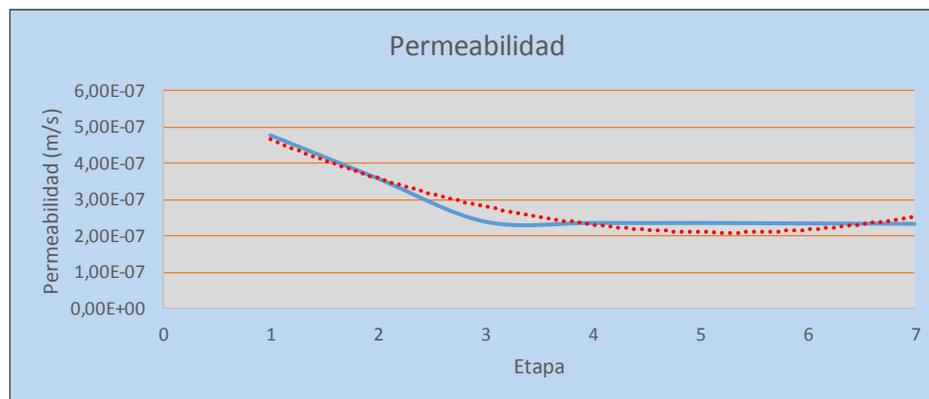
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,248	0,679	0,035	0,462	6,67E-06	4,79E-07
2	10	0,679	1,110	0,462	0,890	5,00E-06	3,59E-07
3	10	1,110	1,541	0,890	1,319	3,33E-06	2,39E-07
4	10	1,541	1,972	1,319	1,748	3,28E-06	2,36E-07
5	10	1,972	2,403	1,748	2,177	3,28E-06	2,36E-07
6	10	2,403	2,834	2,177	2,607	3,27E-06	2,34E-07
7	10	2,834	3,265	2,607	3,036	3,25E-06	2,33E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	2,357E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	4,785E-07 m/s	Fecha de ejecución	22/10/2018
Permeabilidad mínima	2,333E-07 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	2,333E-07 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en un Lahar, de permeabilidad baja

Gráfico N°3. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-16 a 3 m

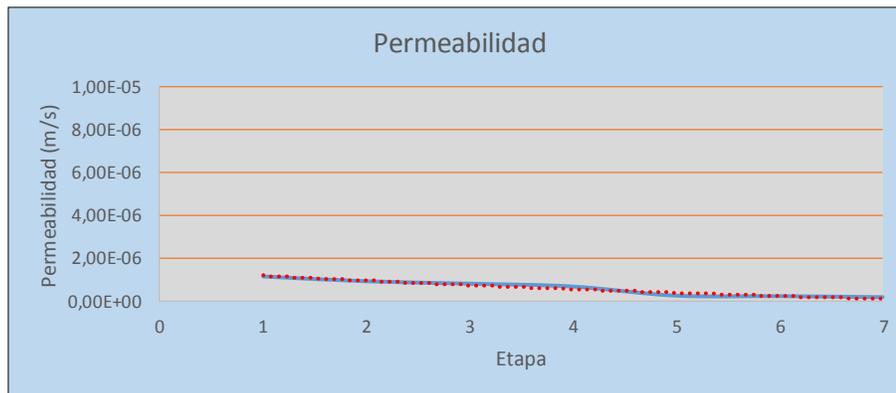
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-16
PROFUNDIDAD PRUEBA: 3 m
PRUEBA: 1 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Limo plástico
NIVEL FREÁTICO: - m.b.n.s. L (m): 0,5
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: C (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de profundidad de prueba + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $kh=k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	2,271	2,296	0,354	0,379	8,33E-07	1,17E-06
2	10	2,296	2,321	0,379	0,403	6,67E-07	9,32E-07
3	10	2,321	2,346	0,403	0,428	5,83E-07	8,16E-07
4	10	2,346	2,371	0,428	0,453	4,83E-07	6,76E-07
5	10	2,371	2,396	0,453	0,477	1,67E-07	2,33E-07
6	10	2,396	2,421	0,477	0,502	1,50E-07	2,10E-07
7	10	2,421	2,446	0,502	0,527	1,17E-07	1,63E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	6,760E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	1,166E-06 m/s	Fecha de ejecución	12/10/2018
Permeabilidad mínima	1,632E-07 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	1,632E-07 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en un sedimentos fluviolacustres, de permeabilidad baja

Gráfico N°4. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-16 a 9 m

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-16
PROFUNDIDAD PRUEBA: 9 m
PRUEBA: 2

TIPO	Carga Constante
------	-----------------

LITOLOGÍA: Turba
NIVEL FREÁTICO:

2,7 m.b.n.s.	L (m):	1
--------------	--------	---

ALTURA MANÓMETRO:

1 m.s.n.s.	m:	1
------------	----	---

DIÁMETRO:

0,065 m

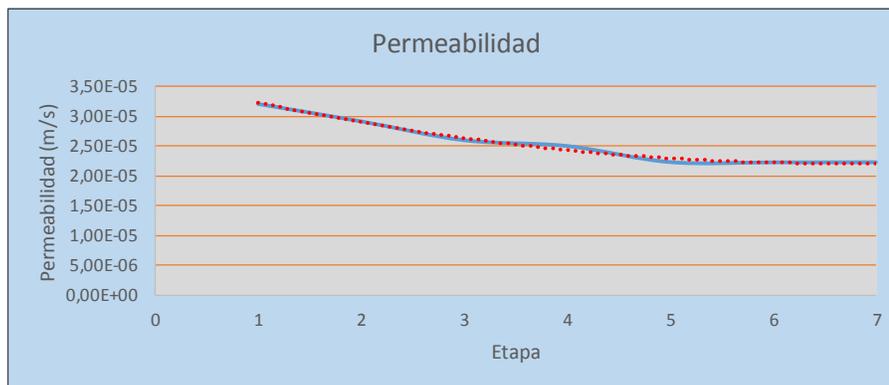
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,654	0,885	0,112	0,212	2,18E-04	3,22E-05
2	10	0,885	1,116	0,212	0,324	1,98E-04	2,92E-05
3	10	1,116	1,347	0,324	0,449	1,77E-04	2,60E-05
4	10	1,347	1,578	0,449	0,578	1,70E-04	2,51E-05
5	10	1,578	1,809	0,578	0,718	1,52E-04	2,23E-05
6	10	1,809	2,040	0,718	0,858	1,51E-04	2,23E-05
7	10	2,040	2,271	0,858	0,998	1,51E-04	2,23E-05

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	2,506E-05 m/s	Tipo de permeabilidad	Media
Permeabilidad máxima	3,219E-05 m/s	Fecha de ejecución	13/10/2018
Permeabilidad mínima	2,229E-05 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	2,229E-05 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en una turba, de permeabilidad media

Gráfico N°5. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-16 a 20 m

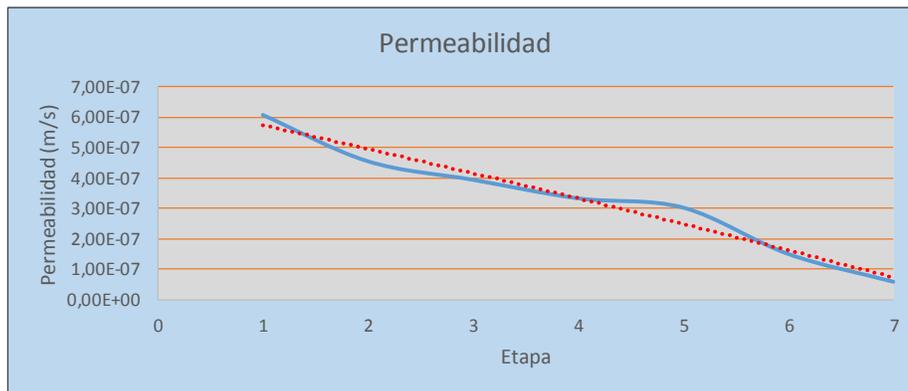
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-16
PROFUNDIDAD PRUEBA: 20 m
PRUEBA: 3 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Lahar
NIVEL FREÁTICO: 2 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,654	0,885	0,112	0,341	3,33E-06	6,06E-07
2	10	0,885	1,116	0,341	0,570	2,50E-06	4,55E-07
3	10	1,116	1,347	0,570	0,800	2,17E-06	3,94E-07
4	10	1,347	1,578	0,800	1,030	1,83E-06	3,33E-07
5	10	1,578	1,809	1,030	1,260	1,67E-06	3,03E-07
6	10	1,809	2,040	1,260	1,490	8,33E-07	1,52E-07
7	10	2,040	2,271	1,490	1,721	3,33E-07	6,06E-08

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	3,334E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	6,061E-07 m/s	Fecha de ejecución	13/10/2018
Permeabilidad mínima	6,061E-08 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	6,061E-08 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en un lahar, de permeabilidad baja

INF. #18-0721. Pág. 152 de 205.

Gráfico N°6. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-20 a 4 m.

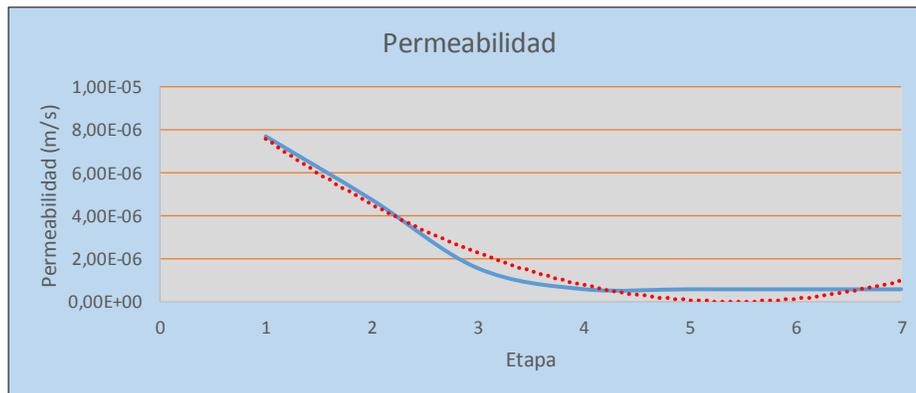
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-20
PROFUNDIDAD PRUEBA: 4 m
PRUEBA: 1 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Limo plástico
NIVEL FREÁTICO: 2,7 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h=k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,631	0,762	0,112	0,212	5,23E-05	7,72E-06
2	10	0,762	0,894	0,212	0,324	3,23E-05	4,77E-06
3	10	0,894	1,025	0,324	0,449	1,07E-05	1,57E-06
4	10	1,025	1,157	0,449	0,578	4,00E-06	5,90E-07
5	10	1,157	1,288	0,578	0,707	3,97E-06	5,85E-07
6	10	1,288	1,419	0,707	0,836	3,95E-06	5,82E-07
7	10	1,419	1,551	0,836	0,965	3,95E-06	5,82E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	5,897E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	7,716E-06 m/s	Fecha de ejecución	19/10/2018
Permeabilidad mínima	5,824E-07 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	5,824E-07 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

INF. #18-0721. Pág. 153 de 205.

Gráfico N°7. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-20 a 14,5 m.

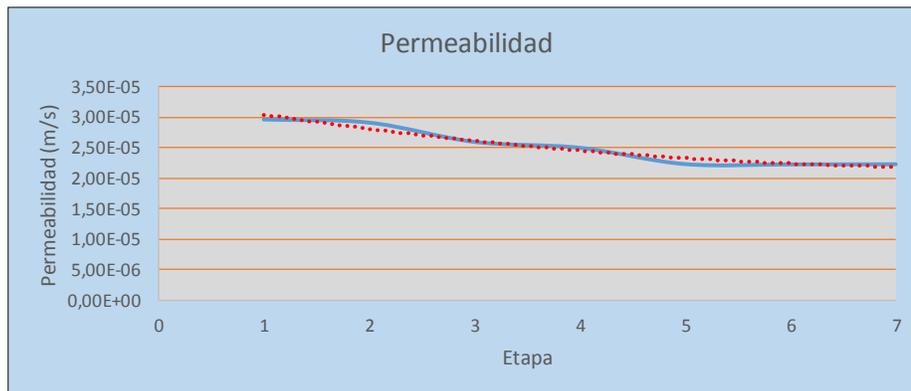
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-20
PROFUNDIDAD PRUEBA: 14,5 m
PRUEBA: 2 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Turba
NIVEL FREÁTICO: 2,7 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,654	1,285	0,112	0,622	2,02E-04	2,97E-05
2	10	1,285	1,916	0,622	1,134	1,98E-04	2,92E-05
3	10	1,916	2,547	1,134	1,659	1,77E-04	2,60E-05
4	10	2,547	3,178	1,659	2,188	1,70E-04	2,50E-05
5	10	3,178	3,809	2,188	2,728	1,51E-04	2,23E-05
6	10	3,809	4,440	2,728	3,268	1,51E-04	2,23E-05
7	10	4,440	5,071	3,268	3,808	1,51E-04	2,23E-05

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media	2,504E-05 m/s	Tipo de permeabilidad	Media
Permeabilidad máxima	2,973E-05 m/s	Fecha de ejecución	13/10/2018
Permeabilidad mínima	2,229E-05 m/s	Lugar	El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada	2,229E-05 m/s		

Observaciones

Comportamiento descendente en una turba, de permeabilidad media

Gráfico N°8. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-22 a 7,0 m.

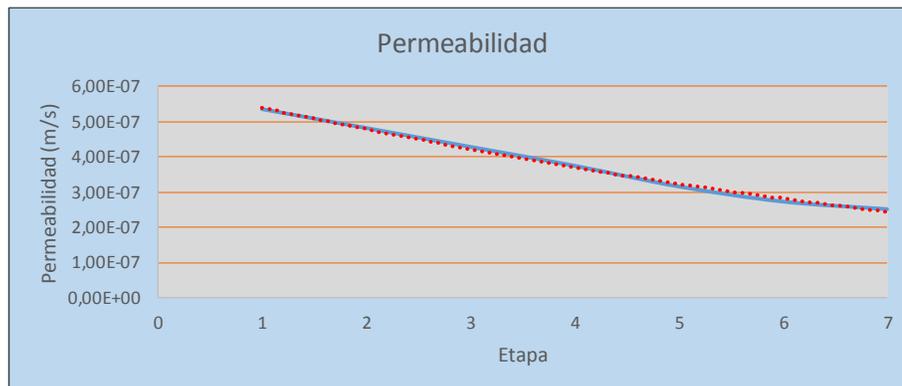
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-22
PROFUNDIDAD PRUEBA: 7 m
PRUEBA: 1 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Limo plástico
NIVEL FREÁTICO: 0,7 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $kh=k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,387	1,374	1,270	2,256	1,67E-06	5,35E-07
2	10	1,374	2,361	2,256	3,242	1,50E-06	4,81E-07
3	10	2,361	3,348	3,242	4,228	1,33E-06	4,28E-07
4	10	3,348	4,335	4,228	5,214	1,17E-06	3,74E-07
5	10	4,335	5,322	5,214	6,201	9,83E-07	3,16E-07
6	10	5,322	6,309	6,201	7,187	8,50E-07	2,73E-07
7	10	6,309	7,296	7,187	8,174	7,83E-07	2,51E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media: 3,744E-07 m/s **Tipo de permeabilidad:** Baja
Permeabilidad máxima: 5,348E-07 m/s **Fecha de ejecución:** 18/10/2018
Permeabilidad mínima: 2,514E-07 m/s **Lugar:**
Permeabilidad recomendada: 2,514E-07 m/s El Guarco, Cartago

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

INF. #18-0721. Pág. 155 de 205.

Gráfico N°9. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-22 a 16,0 m.

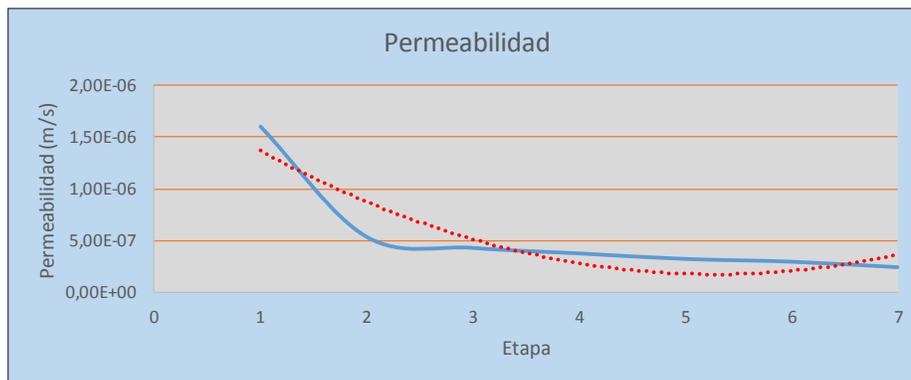
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-22
PROFUNDIDAD PRUEBA: 16 m
PRUEBA: 2 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Lahar
NIVEL FREÁTICO: 0,7 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	2,227	2,758	1,003	1,531	5,00E-06	1,60E-06
2	10	2,758	3,289	1,531	2,061	1,67E-06	5,35E-07
3	10	3,289	3,820	2,061	2,591	1,33E-06	4,28E-07
4	10	3,820	4,351	2,591	3,122	1,17E-06	3,74E-07
5	10	4,351	4,882	3,122	3,652	1,00E-06	3,21E-07
6	10	4,882	5,413	3,652	4,182	9,17E-07	2,94E-07
7	10	5,413	5,944	4,182	4,713	7,50E-07	2,41E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media 3,744E-07 m/s Tipo de permeabilidad Baja
 Permeabilidad máxima 1,604E-06 m/s Fecha de ejecución 18/10/2018
 Permeabilidad mínima 2,407E-07 m/s Lugar
 Permeabilidad recomendada 2,407E-07 m/s El Guarco, Cartago

Observaciones

Comportamiento descendente en un lahar, de permeabilidad baja

Gráfico N°10. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-25 a 8 m.

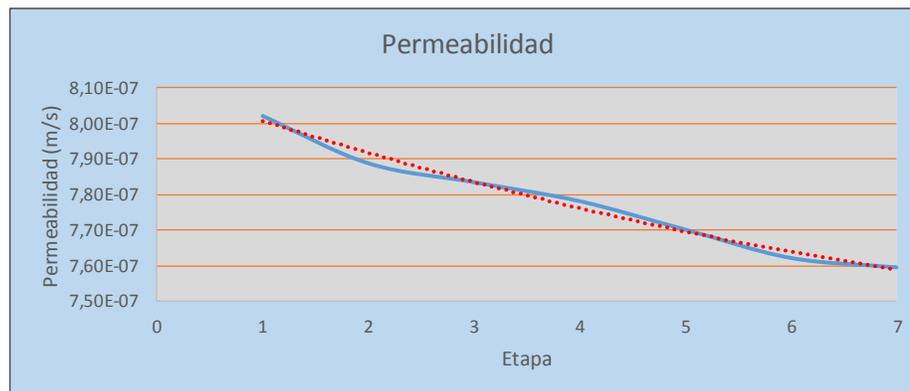
PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-25
PROFUNDIDAD PRUEBA: 8 m
PRUEBA: 1 TIPO Carga Constante
LITOLOGÍA: Limo plástico
NIVEL FREÁTICO: 2,4 m.b.n.s. L (m): 1
ALTURA MANÓMETRO: 1 m.s.n.s. m: 1
DIÁMETRO: 0,065 m
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h=k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	0,654	1,386	0,046	0,775	5,00E-06	8,02E-07
2	10	1,386	2,118	0,775	1,504	4,92E-06	7,89E-07
3	10	2,118	2,850	1,504	2,233	4,88E-06	7,84E-07
4	10	2,850	3,582	2,233	2,962	4,85E-06	7,78E-07
5	10	3,582	4,314	2,962	3,691	4,80E-06	7,70E-07
6	10	4,314	5,046	3,691	4,420	4,75E-06	7,62E-07
7	10	5,046	5,778	4,420	5,149	4,73E-06	7,59E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media: 7,782E-07 m/s **Tipo de permeabilidad:** Baja
Permeabilidad máxima: 8,022E-07 m/s **Fecha de ejecución:** 10/10/2018
Permeabilidad mínima: 7,594E-07 m/s **Lugar:** El Guarco, Cartago
Permeabilidad recomendada: 7,594E-07 m/s

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

Gráfico N°11. Prueba de permeabilidad tipo Hvorslev, P-25 a 19,0 m.

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO
PERFORACIÓN: P-25
PROFUNDIDAD PRUEBA: 19 m
PRUEBA: 2

TIPO	Carga Constante
------	-----------------

LITOLÓGIA: Lahar
NIVEL FREÁTICO:

2,6 m.b.n.s.	L (m):	1
--------------	--------	---

ALTURA MANÓMETRO:

1 m.s.n.s.	m:	1
------------	----	---

DIÁMETRO:

0,065 m

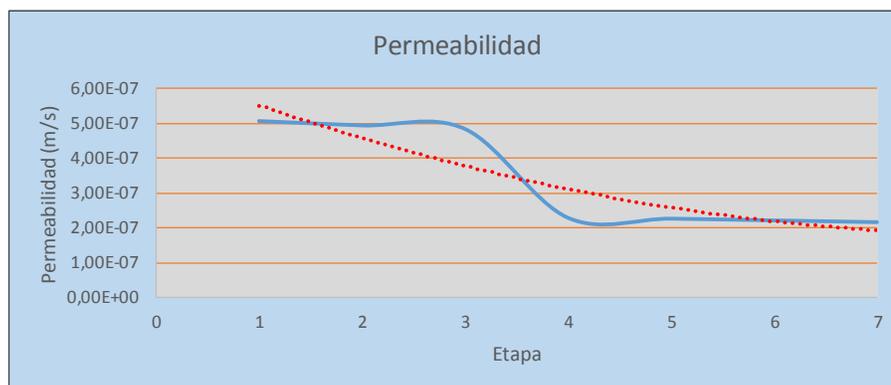
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303)
VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro
CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con $k_h = k_v$



Etapa	Tiempo (min)	Volumen entrada		Volumen salida		Caudal (m3/s)	k (m/s)
		Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)		
1	10	3,214	3,968	1,117	1,869	3,33E-06	5,05E-07
2	10	3,968	4,722	1,869	2,621	3,25E-06	4,92E-07
3	10	4,722	5,476	2,621	3,373	3,18E-06	4,82E-07
4	10	5,476	6,230	3,373	4,126	1,50E-06	2,27E-07
5	10	6,230	6,984	4,126	4,879	1,48E-06	2,25E-07
6	10	6,984	7,738	4,879	5,632	1,45E-06	2,20E-07
7	10	7,738	8,492	5,632	6,386	1,42E-06	2,15E-07

Simbología:

k= Permeabilidad



Permeabilidad media: 2,273E-07 m/s **Tipo de permeabilidad:** Baja
Permeabilidad máxima: 5,051E-07 m/s **Fecha de ejecución:** 12/10/2018
Permeabilidad mínima: 2,147E-07 m/s **Lugar:**
Permeabilidad recomendada: 2,147E-07 m/s El Guarco, Cartago

Observaciones

Comportamiento descendente en un lahar, de permeabilidad baja

Anexo 8

Descripción del registro de perforación.

INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES										DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO				
P1	P2		0	20	40	60	80	N*	N corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S		
0,00	0,45																0,00 m - 0,20 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo de limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris.
0,45	0,90	1						14		43	1,20	0,82		69			0,20 m - 4,50 m CAPA B Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes arenosos y piedras, de consistencia semidura, dura y rígida.
0,90	1,35	Bar						38						56			
1,35	1,80	Bar						14							80		4,50 m - 9,10 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y piedras, de consistencia dura y rígida.
1,80	2,25	2						13		33	1,40	0,87		87			
2,25	2,70	Bar						18							0		9,10 m - 9,90 m CAPA D Limo plástico de color gris verdusco con piedras y lentes arenosos, de consistencia muy blanda.
2,70	3,15	Bar						15							56		
3,15	3,60	3						20		55	1,03	1,05		64		9,90 m - 12,05 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia media y semidura.	
3,60	4,05	Bar						20							71		
4,05	4,50	Bar						23							60		12,05 m - 12,90 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de consistencia blanda.
4,50	4,95	4						18		46	1,26	1,10		76			
4,95	5,40	Bar						34							82		N.F. = 1,80 m Est 4,00 m.
5,40	5,85	Bar						26							71		
5,85	6,30	5						33		48	1,17	1,44		100			
6,30	6,75	Bar						50							78		
6,75	6,85	TP						60							0	46	
6,85	8,40	HQ															
8,40	8,85	6						2	3	58	1,03	0,34		44			
8,85	9,90	HQ													0	49	
9,90	10,35	7						6	9	56	1,08	0,33		49			
10,35	11,40	HQ													0	35	
11,40	11,85	8						4	6	76	0,86	0,39		51			
11,85	12,90	HQ													0	37	

TP = Trépanos
 Pt = # Muestra
 S = Simbología
 N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*)
 %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*)
 Hs = Peso unitario seco, g/cm3 (ASTM D-2937*)
 C = Cohesión, kg/cm2 (ASTM D-2166, Instrucción de ensayo IE-33*)

Bar = Barreno
 SPT = Sistema de Penetración Estándar
 % Rec. = % de recuperación
 H.Q. = Rotación con broca de diamante

* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado

INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES		N°	N corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
12,90	13,35	9	SPT	[Barra]	3	5	41	1,32	0,35		78		12,90 m - 13,80 m CAPA G Limo de alta plasticidad de color gris verdusco con piedras y lentes arenosas, de consistencia media.
13,35	14,40		HQ	[Barra]					0	67			
14,40	14,52	10	SPT	[Barra]	30	45	46				100		13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
14,52	15,90		HQ	[Barra]					0	49			
15,90	16,35	11	SPT	[Barra]	32	48	37	1,41	0,80		67		13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
16,35	17,40		HQ	[Barra]					0	67			
17,40	17,85	12	SPT	[Barra]	40	60	31	1,50	1,21		58		13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
17,85	18,90		HQ	[Barra]					0	100			
18,90	18,90	13	SPT	[Barra]	10	REBOTA					0		13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
18,90	20,40		HQ	[Barra]					0	87			
20,40	20,85	14	SPT	[Barra]	43	65	41	1,29	0,98		62		13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
20,85	21,00		HQ	[Barra]					0	38			
21,00	21,90		HQ	[Barra]					0	44			13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
21,90	21,90	15	SPT	[Barra]	10	REBOTA					0		
21,90	23,40		HQ	[Barra]					0	43			13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
23,40	23,85	16	SPT	[Barra]	41	62				67			
23,85	24,90		HQ	[Barra]					0	97			13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
24,90	24,90	17	SPT	[Barra]	10	REBOTA					0		
24,90	26,40		HQ	[Barra]					0				13,80 m - 36,60 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y bloques 70/30) de consistencia rígida.
26,40	26,60	18	SPT	[Barra]	55	83	42	1,35	1,74				

N.F. = 1,80 m Est 4,00 m.

TP = Trépanos
Pt = # Muestra
S = Simbología
N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*)
%W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*)
Hs = Peso unitario seco, g/cm3 (ASTM D-2937**)
C = Cohesión, kg/cm2 (ASTM D-2166, Instrucción de ensayo IE-33*)

Bar = Barreno
SPT = Sistema de Penetración Estándar
% Rec. = % de recuperación
H.Q. = Rotación con broca de diamante
* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado

INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES				N°	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
0,00	0,45													0,00 m - 0,90 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris, de consistencia semidura.	
0,45	0,90	1	SPT			9		37						60	
0,90	1,35		Bar			8								82	
1,35	1,80		Bar			9								69	
1,80	2,25	2	SPT			4		47	1,19	0,38				42	
2,25	2,70		Bar			8								47	
2,70	3,15		Bar			14								56	
3,15	3,60	3	SPT			34		54	1,12	1,09				60	
3,60	4,05		Bar			29								69	
4,05	4,50		Bar			19								60	
4,50	4,95	4	SPT			14								0	
4,95	5,40		Bar			25								33	
5,40	5,85		Bar			25								47	
5,85	6,30	5	SPT			23								0	
6,30	7,50		HQ											56	
7,50	9,00		HQ											47	
9,00	10,50		HQ											40	
10,50	11,00		HQ											80	
11,00	12,00		HQ											80	
12,00	13,50		HQ											60	
13,50	15,00		HQ											53	
15,00	16,00		HQ											30	
16,00	16,50		HQ											80	
N.F. = 2,25 m - E.S.T. = 0,70 m.															
TP = Trépanos Pt = # Muestra S = Simbología N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*) Hs = Peso unitario seco, g/cm ³ (ASTM D-2937**)							Bar = Barreno SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante * Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado								

PERFORACION:		P-20		PROYECTO:	HOSPITAL DE CARTAGO.							
PROFUNDIDAD TOTAL:		26,00 m		UBICACION:	TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.							
NIVEL DEL TERRENO:		NIVEL ACTUAL		LOCALIZACION DE PERFORACION:	VER PLANO							
FECHA DE INICIO:		10/10/2018		SISTEMA DE PERFORACION:	PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE							
FINALIZACION:		19/10/2018		PERFORADOR:	OMER RAMIREZ Y FERNANDO GONZALES							
OBSERVACIONES:		CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL.		PREPARADO POR:	Geol. Jesús Solís		FECHA:	08/11/2018				
				INFORME #:	18-0705		40/59					
				PIEZOMETRO:	(x) SI		() NO					
INTERVALOS METROS	Pt	TIPO DE PERF	No. GOLPES	N°	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
0,00	0,45											0,00 m - 0,40 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris.
0,45	0,90	1	SPT	9		51	1,15	0,60		100		
0,90	1,35		Bar	13						91		
1,35	1,80		Bar	14						82		
1,80	2,25	2	SPT	38		36	1,36	1,10		87		
2,25	2,70		Bar	19						100		
2,70	3,15		Bar	54						73		
3,15	3,60	3	SPT	17		46	1,21	1,04		73		0,40 m - 8,00 m CAPA B Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes arenosas y piedras, de consistencia semidura, dura y rígida.
3,60	4,05		Bar	29						56		
4,05	4,35		Bar	59						38		
4,35	4,80		TP	45								
4,80	5,25		TP	58								
5,25	5,65		TP	89								
5,65	6,92		HQ							35		
6,92	7,37	4	SPT	17	26	44	1,25	1,05		93		
7,37	8,46		HQ							87		
8,46	8,91	5	SPT	2	3	35	1,41	0,38		82		8,00 m - 10,37 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y piedras, de consistencia muy blanda y dura.
8,91	9,92		HQ							0		
9,92	10,37	6	SPT	19	29					0		
10,37	11,46		HQ							100		10,37 m - 11,00 m CAPA D Limo plástico de color gris verdusco con piedras y lentes arenosos.
11,46	11,91	7	SPT	3	5	72	0,91	0,42		91		11,00 m - 12,41 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia blanda.
11,91	12,92		HQ							100		
12,92	13,37	8	SPT	4	6	46	1,18	0,34		100		
N.F. = 1,40 m - E.S.T. = 0,40 m.												
TP = Trépanos Pt = # Muestra S = Simbología N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*) Hs = Peso unitario seco, g/cm3 (ASTM D-2937**) C = Cohesión, kg/cm2 (ASTM D-2166, Instrucción de ensayo IE-33*)				Bar = Barreno SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante * Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado								

INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES		N°	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
0,00	0,45												0,00 m - 0,20 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris.
0,45	0,90	1	SPT		2		48				49		
0,90	1,35		Bar		3						71		
1,35	1,80		Bar		8						56		
1,80	2,25	2	SPT		11		50				56		0,20 m - 4,05 m CAPA B Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes arenosos y piedras, de consistencia muy blanda, blanda, media, semidura y dura.
2,25	2,70		Bar		12						49		
2,70	3,15		Bar		15						69		
3,15	3,60	3	SPT		16						100		
3,60	4,05		Bar		25						60		
4,05	4,50		Bar		24						47		
4,50	4,95	4	SPT		18						29		
4,95	5,40		Bar		25						51		
5,40	5,85		Bar		33						64		
5,85	6,30	5	SPT		25						24		4,05 m - 9,00 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y piedras, de consistencia semidura, dura y rígida.
6,30	6,75		Bar		34						60		
6,75	7,20		TP		20								
7,20	7,35		TP		50								
7,35	9,00		HQ								64		
9,00	9,45	6	SPT		10	15	53				49		
9,00	10,11		HQ								27		9,00 m - 11,21 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia media y semidura.
10,11	10,56	7	SPT		5	8	68	0,95	0,52		100		
10,11	11,61		HQ								70		
11,61	12,06	8	SPT		4	6	47	1,19	0,68		100		11,21 m - 12,15 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de consistencia blanda.
													N.F. = 3,50 m - E.S.T. = 0,40 m.
TP = Trépanos Pt = # Muestra S = Simbología N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*) Hs = Peso unitario seco, g/cm ³ (ASTM D-2937**) C = Cohesión, kg/cm ² (ASTM D-2166, Instrucción de ensayo IE-33*)						Bar = Barreno SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante * Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado							

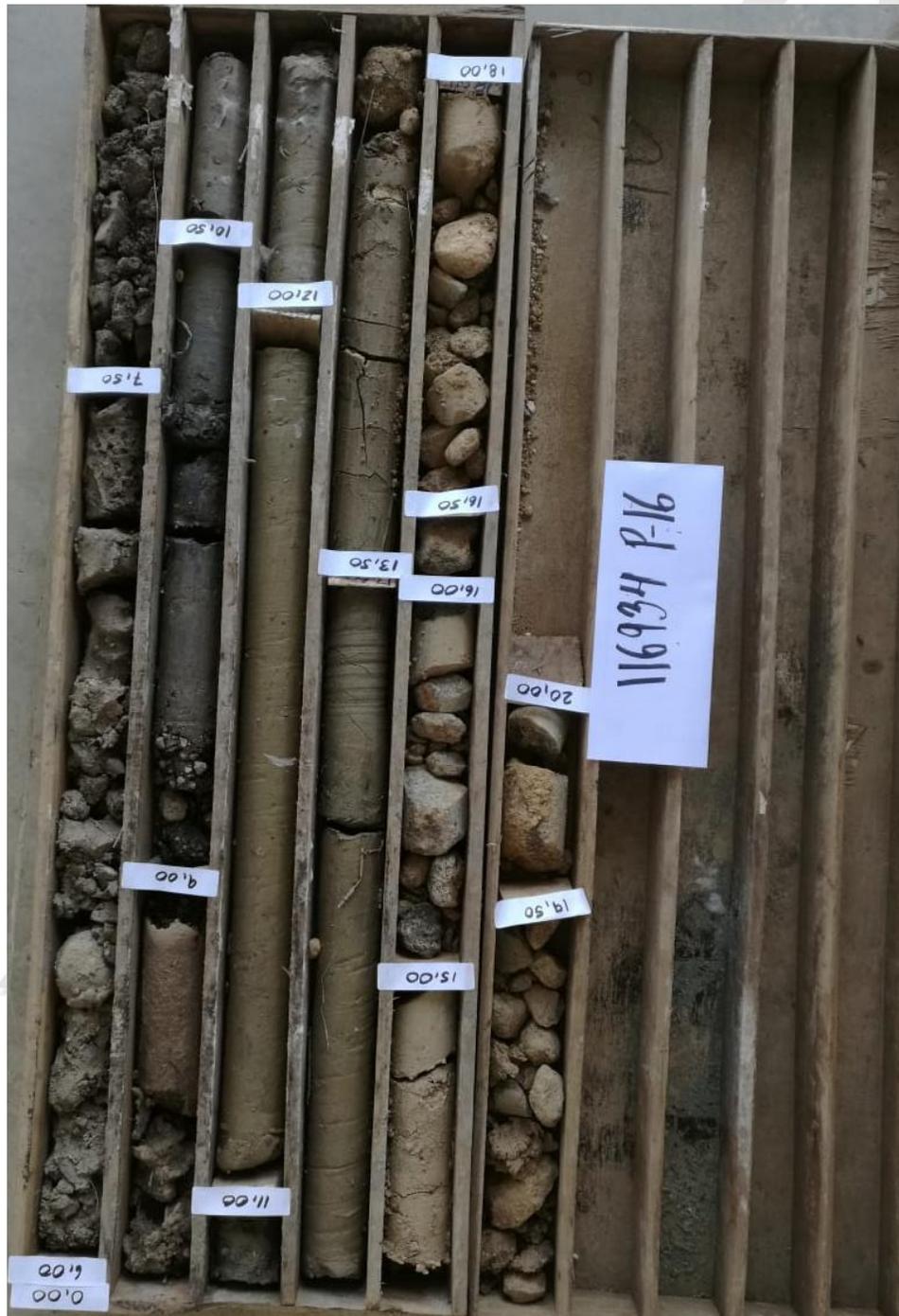
INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES				N°	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
11,61	13,11	HQ	[Barra de golpeos]												11,21 m - 12,15 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de consistencia blanda.
13,11	13,56	9 SPT	[Barra de golpeos]				10	15	31	1,47	0,56		100		
13,11	14,61	HQ	[Barra de golpeos]												12,15 m - 15,20 m CAPA G Limo de alta plasticidad de color gris verdusco con piedras y lentes arenosos, de consistencia semidura y dura.
14,61	15,06	10 SPT	[Barra de golpeos]				24	36	47	1,20	1,04		100		
14,61	16,11	HQ	[Barra de golpeos]												
16,11	16,56	11 SPT	[Barra de golpeos]				29	44	48	1,21	1,53		82		
16,11	17,61	HQ	[Barra de golpeos]												
17,61	17,71	12 SPT	[Barra de golpeos]				50	75					0		
17,61	19,11	HQ	[Barra de golpeos]												
19,11	19,11	13 SPT	[Barra de golpeos]				REBOTA						0		
19,11	20,61	HQ	[Barra de golpeos]												
20,61	21,06	14 SPT	[Barra de golpeos]				32	48	24	1,54			60		
20,61	22,11	HQ	[Barra de golpeos]												
22,11	22,11	15 SPT	[Barra de golpeos]				REBOTA						0		
22,11	23,00	HQ	[Barra de golpeos]												
23,00	23,00	16 SPT	[Barra de golpeos]				REBOTA						0		
N.F. = 3,50 m - E.S.T. = 0,40 m.															
TP = Trépanos Pt = # Muestra S = Simbología N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*) Hs = Peso unitario seco, g/cm ³ (ASTM D-2937**) C = Cohesión, kg/cm ² (ASTM D-2166, Instrucción de ensayo IE-33*)							Bar = Barreno SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante * Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado								

INTERVALOS METROS		TIPO DE PERF	No. GOLPES		N°	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
0,00	0,45		0	20									0,00 m - 0,35 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris.
0,45	0,90	1	SPT		6						27		
0,90	1,35		Bar		7						27		
1,35	1,80		Bar		12	172					27		
1,80	2,25	2	SPT		15						87		0,35 m - 4,50 m CAPA B Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes arenosos y piedras, de consistencia media, semidura y dura.
2,25	2,70		Bar		19						73		
2,70	3,15		Bar		17						80		
3,15	3,60	3	SPT		15	49	1,24				71		
3,60	4,05		Bar		17						38		
4,05	4,50		Bar		15						100		
4,50	4,95	4	SPT		24	48	1,25	0,95			69		4,50 m - 8,30 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y piedras, de consistencia dura y rígida.
4,95	5,40		Bar		24						64		
5,40	5,85		Bar		21						82		
5,85	6,30	5	SPT		16	44	1,25	0,80			76		
6,30	6,75		Bar		30						80		
6,75	7,20		Bar		39						71		
7,20	7,65	6	SPT		23	45	1,24	1,16			100		
7,65	8,10		Bar		51						71		
8,10	8,30		TP		80								
8,30	9,81		HQ								64		8,30 m - 10,26 m CAPA D Limo plástico arenoso de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos, de consistencia dura.
9,81	10,26	7	SPT		19	29	35	1,46	0,86		100		
10,26	11,35		HQ								58		10,26 m - 13,26 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia blanda y media.
11,35	11,80	8	SPT		6	9	68	1,00	0,56		100		
N.F. = 2,60 m - E.S.T. = 0,50 m.													
TP = Trépanos Pt = # Muestra S = Simbología N = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) %W = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*) Hs = Peso unitario seco, g/cm ³ (ASTM D-2937**)						Bar = Barreno SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante * Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado							

Anexo 9

Fotos de las cajas de muestreos y los trabajos realizados











Proceso de perforación

Perforación P-9



Perforación P-16



Perforación P-20



Perforación P-22



Perforación P-25



Pruebas de permeabilidad

Prueba permeabilidad Hvorslev





Pruebas de permeabilidad Porchet







Pruebas de Permeabilidad Doble anillo



Prueba 1



Prueba 2



Prueba 3



Prueba 4



Prueba 5

Muestreo de suelos porosidad y CC



Muestreo de suelos porosidad y CC



Aforo del río Purires



Aforo 1



Aforo 2



Aforo 3



Aforo 4



Aforo 5

Realizacion de SEVs



SEV 1



SEV 2



SEV 3

Realización de perfiles de refracción sísmica



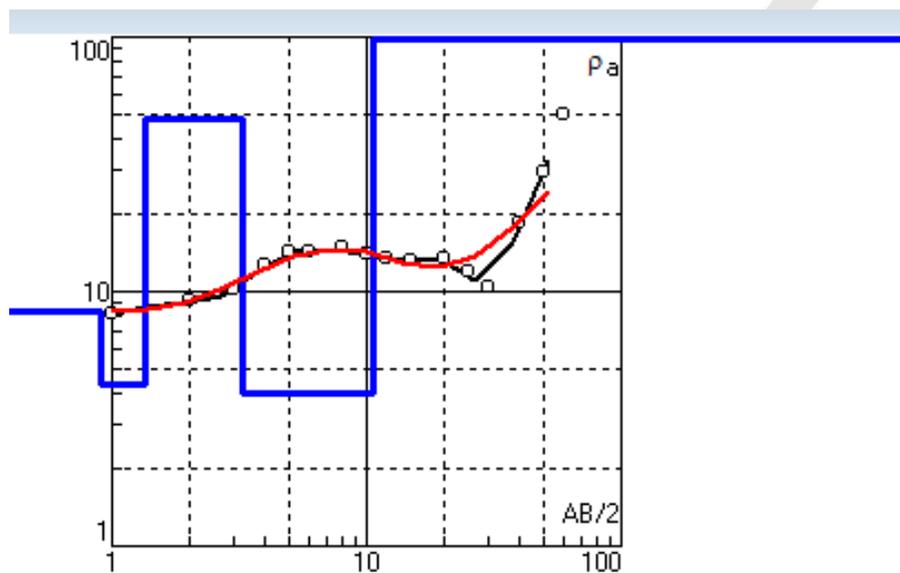
Refracción 1



Refracción 2

Anexo 10

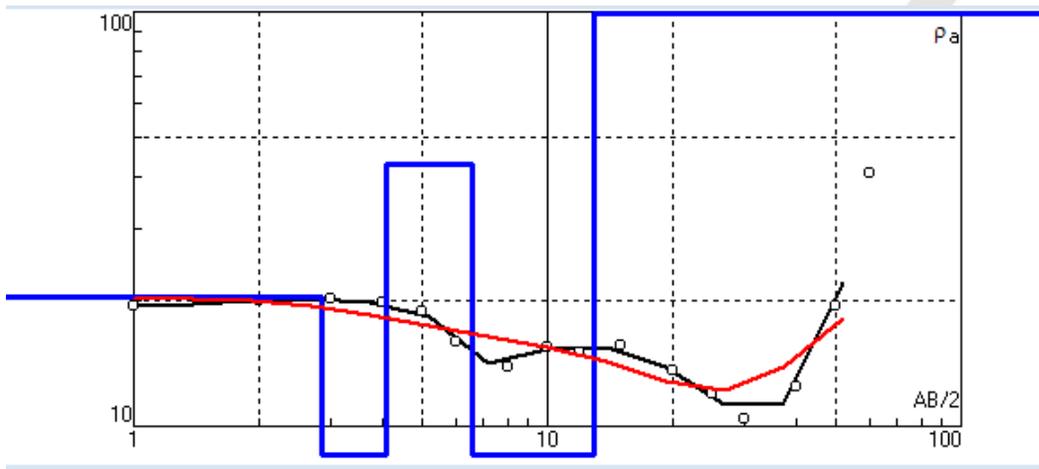
Resumen de los ensayos SEVs dentro del proyecto



Curva teórica e inversión. SEV 1

Cuadro resultados SEV1

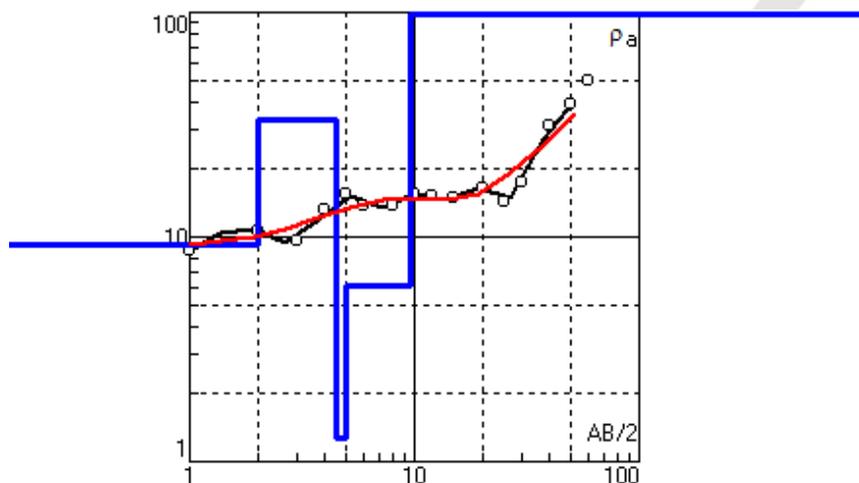
Error = 11.1%				
N	p	h	d	Alt
1	8.32	0.899	0.899	-0.898
2	4.31	0.458	1.36	-1.357
3	47.5	1.93	3.28	-3.282
4	3.96	7.26	10.5	-10.54
5	3284			



Curva teórica e inversión. SEV2

Cuadro resultados SEV2

Error = 9.99%				
N	ρ	h	d	Alt
1	20.4	2.85	2.85	-2.847
2	6.94	1.24	4.09	-4.092
3	43	2.5	6.6	-6.597
4	2.57	6.3	12.9	-12.9
5	1747			



Curva teórica e inversión. SEV3

Cuadro resultados SEV3

Error = 10.5%				
N	ρ	h	d	Alt
1	9.17	2.01	2.01	-2.006
2	33.5	2.48	4.48	-4.485
3	1.27	0.455	4.94	-4.94
4	6.04	4.76	9.7	-9.697
5	3498			

Anexo 11

Resumen de la interpretación de los perfiles sísmicos.
Valores promedio para ambos ensayos realizados

Capa	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Espesor (m)	Densidad (g/cc)	Modulo G (MPa)	Modulo E (MPa)
1	600	200	6	1,516159032	60,64636126	145,551267
2	1200	400	24	1,532323553	245,1717685	588,4122444
3	1800	600	24	1,533880774	552,1970785	1325,272988

Anexo 12

Resumen de resultados de CC y PM del CIA



**CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES
REPORTE DE ENSAYO**

Nº DE REPORTE: 68923

USUARIO: Castro & De La Torre S.A.
SUBCLIENTE: PROY. HOSPITAL CARTAGO
RESPONSABLE: CARLOS ALONSO VARGAS CAMPOS
CORREO: cvargas@cyt.cr; jsolis@cyt.cr
TELÉFONO: 2232-2273

PROVINCIA: CARTAGO
CANTÓN: EL GUARCO

CULTIVO: SIN CULTIVO

ANÁLISIS:
FECHA RECEPCIÓN:
EMISIÓN DE REPORTE:
Nº DE MUESTRAS TOTAL:
PÁGINA:

Ret_H (2 ptos)
25/10/2018
06/11/2018
2
1/1

ANÁLISIS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD, DENSIDAD Y CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

ID USUARIO	ID LAB	RETENCIÓN DE HUMEDAD			Conductividad Hidráulica cm h ⁻¹
		% Retención		% Agua	
		0,33	15	UTIL	
HC-1	RN-18-02715	40	30	10	NR
HC-2	RN-18-02716	41	35	6	NR

NR: NO REQUERIDO POR EL CLIENTE

**Ing. Agr. Rafael Mata Chinchilla M.Sc.
COORDINADOR DEL LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES**

1. El muestreo es responsabilidad del usuario. 2. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 3. El tiempo de custodia es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo válido es el original, firmado y sellado. Cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico o fax, libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr



Anexo 13

Datos utilizados para la realización del balance hídrico

EVAPOTRANSPIRACIÓN POR EL MÉTODO HARGREAVES

$$ETP=(K*RA*SQRT(TD))*(0.0075)*(32+1.8\text{ }^{\circ}\text{C})$$

ETP= Evapotranspiración potencial mensual (mm)

Coficiente: 0.170

RA= Radiación extrat. al tope de la atmosfera (mm mensual promedio de agua evap.)
(tomado de Herrera Wilberth, 1985, pag. 98)

TD= Diferencia entre temperatura máxima y temperatura mínima mensual promedio(°C)

Latitud: 10°

Mes	RA	Temperatura [°C]			SQRT (TD) [°C]	ETP [mm]	ETP (mm) mensual
		máxima	mínima	media			
Enero	13.0	33.0	21.1	27.0	3.4	4.61	143.03
Febrero	14.1	33.6	21.4	27.5	3.5	5.11	143.05
Marzo	15.1	34.8	22.3	28.5	3.5	5.65	175.25
Abril	15.5	34.5	23.1	28.8	3.4	5.58	167.43
Mayo	15.3	32.8	22.9	27.8	3.1	5.05	156.52
Junio	15.1	31.7	22.4	27.0	3.0	4.73	141.93
Julio	15.1	31.9	22.3	27.1	3.1	4.83	149.74
Agosto	15.3	31.8	22.0	26.9	3.1	4.91	152.24
Setiembre	15.1	31.4	22.0	26.7	3.1	4.74	142.12
Octubre	14.3	31.0	21.9	26.4	3.0	4.38	135.78
Noviembre	13.2	31.0	21.5	26.2	3.1	4.11	123.37
Diciembre	12.6	31.7	20.9	26.3	3.3	4.20	130.35
							1760.81

Anexo 14

Análisis de agua del piezómetro



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
e-mail: lambda@racsa.co.cr • www.laboratoriolambda.com



RESULTADO DE ANALISIS # 455,699



---RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLOGICO---

FECHA: 29 DE OCTUBRE DE 2018

SOLICITANTE: CASTRO Y DE LA TORRE S.A

ATENCION: Sr. JESUS SOLIS BARQUERO

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA PIEZOMETRO, NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO, RECIBIDAS EN EL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 25 DE OCTUBRE DE 2018.

MUESTRA:	COLIFORMES TOTALES* (N.M.P./100 mL)	COLIFORMES FECALES* (N.M.P./100 mL)
MUESTRA DE AGUA PIEZOMETRO, NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO	2,5 x 10 ²	< 1

OBSERVACIONES:

- **** ENSAYO NO ACREDITADO**
- **N.M.P/ 100 mL:** NUMERO MAS PROBABLE POR CIENTO MILILITROS DE MUESTRA.
- VER ALCANCE DE ACREDITACION DEL LABORATORIO QUIMICO LAMBDA EN LA DIRECCION ELECTRONICA www.eca.or.cr.
- PROCEDIMIENTO UNICAMENTE DE REFERENCIA: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22ST EDITION, 2012: 9020B(3), 9020B(8), 9020B(9), 9223A, 9223B.
- METODOS UTILIZADOS: LAMBDA PT-14 Determinación de coliformes totales, termotolerantes y *E. coli* en aguas potables, residuales, recreacionales y piscinas, METODO VALIDADO EN EL LABORATORIO LAMBDA.
- LA PRESENCIA DE COLIFORMES FECALES INDICA QUE LA MUESTRA **NO** CUMPLE CON LOS CRITERIOS DE POTABILIDAD PARA CONSUMO HUMANO SEGUN DECRETO EJECUTIVO 38924-S. SE RECOMIENDA IMPLEMENTAR ACCIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LOS CUERPOS CONTENEDORES Y RED DE ABASTECIMIENTO.
- DIGITADO POR: car.
- CODIGO LAMBDA: 5134-T00.

Dr. CARLOS RAMÍREZ
M.Q.C. CODIGO 934

NOTA: Refiérase al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.
Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

N° DE PERMISO SANITARIO DE FUNCIONAMIENTO: CS-ARSSEM-891-2018
RIGE: 4- 07- 2018; VENCE: 4- 07- 2023.

LAMBDA R-04

FUNDADA EN 1963

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr





Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
E-mail: lambda@lambdas.com • www.laboratoriolambda.com

RESULTADO DE ANÁLISIS # 453,795



---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---

FECHA: 30 DE OCTUBRE DE 2018

SOLICITANTE: CASTRO Y DE LA TORRE S.A.

ATENCIÓN: Sr. JESUS SOLIS BARQUERO

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA PIEZOMETRO, NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO. RECIBIDA POR PERSONAL DEL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 25 DE OCTUBRE DE 2018

NIVEL N1 Programa de Control Básico – Según Artículo 8, inciso b), del Decreto Ejecutivo 38924-S
Reglamento para la Calidad del Agua Potable

ANÁLISIS:	RESULTADO PROMEDIO	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
pH ^(a)	6,57	6,0	8,0
TEMPERATURA*	25,1 °C		
TURBIDEZ*	52,1 NTU	1 NTU	5 NTU
COLOR APARENTE*	20,00 CU	<5 CU	15 CU
OLOR**	INOLORO	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
SABOR**	INSIPIDO	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA*	397 µS/cm	400 µS/cm	---
CLORO RESIDUAL LIBRE ^(a)	< 0,05 mg/L	0,3 mg/L	0,6 mg/L ^{(b)(c)}
CLORO RESIDUAL COMBINADO*	< 0,05 mg/L	1,0 mg/L	1,8 mg/L

OBSERVACIONES:

- ** ENSAYO NO ACREDITADO
- *ENSAYO ACREDITADO
- VER ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO LAMBDA EN LA DIRECCION ELECTRONICA: www.eca.or.cr
- PROCEDIMIENTOS ÚNICAMENTE DE REFERENCIA: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 22nd 2012
- ^(a) SE ESTABLECEN RANGOS PERMISIBLES Y NO VA (Valor Alerta), NI VMA (Valor Máximo Admisible), SEGÚN REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 38924-S
- ^(b) SE PERMITIRÁ VALOR MÁXIMO DE CLORO RESIDUAL LIBRE DE 0,8 mg/L EN NO MÁS DEL 20% DE LAS MUESTRAS MEDIDAS, SEGÚN REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 38924-S
- ^(c) EN SITUACIONES DE EMERGENCIA CALIFICADA COMO TAL POR EL MINISTERIO DE SALUD SE PERMITIRÁ UNA CONCENTRACIÓN DE CLORO RESIDUAL LIBRE DE 0,8 mg/L EN LOS PUNTOS DE MUESTREO MEDIDOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 38924-S
- DIGITADO POR: ags
- MUESTRA CODIGO LAMBDA: 5134-T00



NOTA: Refiérase al código Lambda para cualquier consulta
Resultados de análisis válidos únicamente para la muestra enviada al laboratorio por el interesado.

LAMBDA R-04

FUNDADA EN 1963

*Alcances LE-045 y OI-025
Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076
correo-e: info@cyt.cr
www.cyt.cr





Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
CONTINUACIÓN DE RESULTADO DE ANÁLISIS # 453795
www.laboratoriolambda.com



---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---

FECHA: 30 DE OCTUBRE DE 2018

SOLICITANTE: CASTRO Y DE LA TORRE S.A.

ATENCIÓN: Sr. JESUS SOLIS BARQUERO

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA PIEZOMETRO, NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO. RECIBIDA POR PERSONAL DEL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 25 DE OCTUBRE DE 2018

NIVEL N2 Programa Ampliado – Según Artículo 8, inciso c), del Decreto Ejecutivo 38924-S
Reglamento para la Calidad del Agua Potable

ANÁLISIS:	RESULTADO PROMEDIO	Valor Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
ALUMINIO (Al ³⁺)*	< 0,10 mg/L	---	0,2
CALCIO (Ca ²⁺)*	57,6 mg/L	---	100
CLORURO (Cl)*	9,1 mg/L	25	250
COBRE (Cu)*	< 0,05 mg/L	1,0	2,0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)*	179,5 mg/L	300	400
FLUORURO (F)*	0,33 mg/L	---	0,7 a 1,5 ^(a)
HIERRO (Fe)*	0,31 mg/L	---	0,3 ^(b)
MAGNESIO (Mg ²⁺)*	8,6 mg/L	30	50
MANGANESO (Mn)*	0,32 mg/L	0,1	0,5 ^(b)
POTASIO (K ⁺)*	0,34 mg/L	---	10
SODIO (Na ⁺)*	24,1 mg/L	25	200
SULFATO (SO ₄ ⁻²)*	9,2 mg/L	25	250
ZINC (Zn)*	< 0,05 mg/L	---	3,0

OBSERVACIONES:

- ** ENSAYO NO ACREDITADO
- VER ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO LAMBDA EN LA DIRECCION ELECTRONICA: www.eca.or.cr
- PROCEDIMIENTOS ÚNICAMENTE DE REFERENCIA: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 22nd 2012
- ^(a) 1,5 mg/L PARA TEMPERATURAS DE 8 a 12 °C Y 0,7 mg/L PARA TEMPERATURAS DE 25 a 30 °C, SEGÚN REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 38924-S
- ^(b) EN AGUAS SUBTERRANEAS, DONDE SE ENCUENTRAN ESTOS DOS METALES, EL VMA (Valor Máximo Admisible) (Fe + Mn) ES 0,3 mg/L, SEGÚN REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 38924 – S
- DIGITADO POR: ags
- MUESTRA CODIGO LAMBDA: 5134-T00

***ENSAYO ACREDITADO**



NOTA: Refiérase al código Lambda para cualquier consulta
Resultados de análisis válidos únicamente para la muestra enviada al laboratorio por el interesado.

LAMBDA R-04



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
CONTINUACIÓN DE RESULTADO DE ANÁLISIS # 453,795
www.laboratoriolambda.com



---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---

FECHA: 30 DE OCTUBRE DE 2018

SOLICITANTE: CASTRO Y DE LA TORRE S.A.

ATENCIÓN: Sr. JESUS SOLIS BARQUERO

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA PIEZOMETRO, NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO. RECIBIDA POR PERSONAL DEL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 25 DE OCTUBRE DE 2018

NIVEL N3 Programa de Control Avanzado - Según Artículo 8, inciso d), del Decreto Ejecutivo 38924-S
Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

ANÁLISIS	RESULTADO PROMEDIO	Valor Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
NITRATO (NO ₃) *	1,08 mg/L	25	50
NITRITO (NO ₂) *	< 0,025 mg/L	---	0,1
AMONIO (NH ₄) **	3,26 mg/L	0,05	0,5
ARSÉNICO (As) *	< 0,003 mg/L	---	0,01
CADMIO (Cd) *	< 0,002 mg/L	---	0,003
CROMO (Cr) *	< 0,01 mg/L	---	0,05
MERCURIO (Hg) *	< 0,0003 mg/L	---	0,001
NÍQUEL (Ni) *	< 0,02 mg/L	---	0,02
ANTIMONIO (Sb) *	< 0,002 mg/L	---	0,005
SELENIO (Se) *	< 0,002 mg/L	---	0,01
PLOMO (Pb) *	< 0,001 mg/L	---	0,01
CIANURO (CN)**	< 0,01 mg/L	---	0,07

OBSERVACIONES:

- ** ENSAYO NO ACREDITADO
- VER ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO LAMBDA EN LA DIRECCIÓN ELECTRÓNICA: www.eca.or.cr.
- PROCEDIMIENTOS ÚNICAMENTE DE REFERENCIA: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 22nd 2012.
- DIGITADO POR: ags.
- MUESTRA CÓDIGO LAMBDA: 5134-T00.

* ENSAYO ACREDITADO



NOTA: Refiérase al código Lambda para cualquier consulta.
Resultados de análisis válidos únicamente para la muestra enviada al laboratorio por el interesado.

LAMBDA R-04