

San José, 21 de diciembre del 2018.

Señores  
**DIRECCION DE ARQUITECTURA E INGENIERIA**  
**CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL**

Atn.: Arq. Jorge Gómez  
**Coordinador de Proyecto**

C.C.S.S.-DAI  
21/DIC/2018 PM 2:57  
RECIBIDO *Mohiba*

Referencia: CONTRATACIÓN DIRECTA 2018CD-000013-4402

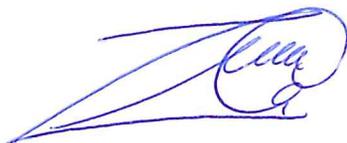
PROYECTO: "CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO".

Asunto: Entrega de archivos finales del "Renglón No.5 Estudio Hidrogeológico" con correcciones solicitadas en acta de recepción provisional.

Estimados señores:

Por este medio hacemos constar que entregamos los archivos corregidos finales (en formato de CD) y envío digital al correo señalado en cartel, según lo solicitado en el acta de recepción provisional del Renglón No.5, correspondiente al Estudio Hidrogeológico de la contratación arriba mencionada.

Muy atentamente,



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

**INFORME # 18-0721B**

**PREPARADO PARA**

**Arq. Jorge Gómez Duarte**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO  
DETALLADO**

**PROYECTO  
“NUEVO HOSPITAL  
DR. MAXIMILIANO PERALTA JIMENEZ”**

**EL TEJAR, CARTAGO, EL GUARCO**

---

**SAN JOSE, COSTA RICA**

**NOVIEMBRE, 2018**

## PROTOCOLO PARA LA HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL DE LA FINCA

### PROYECTO: Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago

**LOCALIZACIÓN:** Provincia: Cartago Cantón: El Guarco Distrito: Tejar

**DESARROLLADOR:** Caja Costarricense del Seguro Social, Gerencia de Infraestructura y Tecnologías, Dirección de Arquitectura e Ingeniería, Subárea de Gestión Administrativa y Logística.

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Geología**

**Nombre del profesional:** Carlos Alonso Vargas Campos

**Número de cédula:** 109520531 **Número de colegiado:** CGCR-271

**Registro SETENA:** CI-081-2002 Vigencia: septiembre 2019

### DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El / La suscrito (a) **Carlos Alonso Vargas Campos**, portador(a) de la cédula de identidad número **109520531**, profesional en **Geología**, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: **Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago**, el cual se desarrollará en el plano catastrado numero: **C-1526529-2011**, finca número **3 3085951-000**

En virtud de ello, someto el presente Protocolo para la Hidrogeología Ambiental de la Finca al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este protocolo se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

**Atentamente.**



**Geól. Carlos Alonso Vargas Campos**  
**CASTRO & DE LA TORRE S.A.**  
**CGCR-271**

Fecha de emisión : 19 de noviembre del 2018

San José, 19 de noviembre del 2018.

**Atn.: Arq. Jorge Gómez Duarte**

**PROYECTO: "NUEVO HOSPITAL DR. MAXIMILIANO PERALTA JIMÉNEZ DE CARTAGO", UBICADA EN TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.**

Estimados Señores:

Se presenta el informe de hidrogeología ambiental con tiempos de tránsito de contaminantes, con formato del SETENA para formulario D-1, en un terreno ubicado en la localidad de Tejar, en el distrito Tejar, del cantón de El Guarco, provincia de Cartago, donde se proyecta la construcción del nuevo hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago.

Nos solicitaron determinar los lineamientos requeridos desde el punto de vista hidrogeológico, para determinar el impacto ambiental en este aspecto.

Nuestros servicios profesionales han sido efectuados de acuerdo con principios y prácticas de Geología aceptados actualmente.

Asimismo, las recomendaciones de este estudio se encuentran gobernadas por las propiedades físico-mecánicas de los estratos encontrados en los sondeos exploratorios, así como por las condiciones proyectadas del manto freático, y por las características del proyecto.

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

Muy atentamente,



**GEÓLOGO**  
**CARLOS ALONSO VARGAS CAMPOS.**  
**CGCR-271**  
**CI-0811-2002-SETENA**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.- Resumen:</b> .....	<b>5</b>
1.1.- Resumen de resultados:.....	5
1.2.- Resumen de conclusiones técnicas: .....	5
<b>2.- Introducción:</b> .....	<b>6</b>
2.1.- Datos sobre el terreno en estudio:.....	6
2.2.- Coordinación profesional realizada: .....	7
2.3.- Objetivos del estudio: .....	7
2.4.- Metodología aplicada para llevarlo a cabo: .....	7
<b>3.- Datos hidrogeológicos del entorno inmediato:</b> .....	<b>10</b>
3.1.- Datos hidrogeológicos: .....	11
3.1.1.- Información hidrogeológica .....	11
3.1.2.- Datos de pozos y manantiales .....	11
<b>4.- Condiciones hidrogeológicas locales:</b> .....	<b>12</b>
4.1.- Descripción de unidades hidrogeológicas: .....	12
4.1.1.- Correlación con la geología .....	12
4.1.2.- Comportamiento hidrogeológico .....	13
4.1.3.- Permeabilidad y porosidad de las unidades aflorantes .....	13
4.2.- Descripción del acuífero: .....	14
4.2.1.- Profundidad del nivel freático .....	14
4.2.2.- Extensión aproximada del acuífero .....	14
4.2.3.- Propiedades hidráulicas del acuífero .....	14
4.2.4.- Identificación y caracterización de manantiales cercanos al terreno .....	14
<b>5.- Síntesis de resultados y conclusiones hidrogeológicas, análisis de vulnerabilidad a la contaminación basado en el modelo hidrogeológico local.</b> .....	<b>15</b>
5.1.- Vulnerabilidad intrínseca del acuífero y evaluación del tiempo de tránsito: .....	15
5.1.1.- Vulnerabilidad a la contaminación método GOD.....	15
5.1.2.- Tiempos de tránsito de contaminantes. ....	16
5.1.3.- Tubos de flujo en pozos o manantiales cercanos.....	17
5.1.4.- Fuentes potenciales de contaminación de agua subterránea.....	17
5.2.- Modelo hidrogeológico local: .....	17
5.2.1.- Modelo hidrogeológico conceptual.....	18
<b>6.- Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio:</b> .....	<b>18</b>
6.1.- Aplicabilidad de los resultados: .....	18
6.2.- Tareas pendientes para fases posteriores del proyecto: .....	19
6.3.- Incertidumbres no resueltas: .....	19
6.4.- Viabilidad hidrogeológica del terreno:.....	19
<b>7.- Referencias bibliográficas:</b> .....	<b>20</b>
<b>8.- ANEXOS:</b> .....	<b>21</b>
ANEXO A: Plano Catastrado y ubicación de las pruebas realizadas .....	22
ANEXO B: Perfiles hidrogeológicos.....	25
ANEXO C: Vulnerabilidad método GOD.....	27
ANEXO D: Fotografías de los trabajos realizados .....	29
ANEXO E: Información de pozos cercanos .....	36
ANEXO F: Fotografías de los trabajos realizados .....	67

## 1.- Resumen:

### 1.1.- Resumen de resultados:

Se da la presencia de un acuífero libre cubierto en los materiales volcánicos, con un gradiente hidráulico de 0,0273; con dirección de flujo hacia el suroeste y un nivel freático ubicado en 5 m de profundidad bajo el proyecto.

De acuerdo con las pruebas de infiltración realizadas en el terreno se obtiene un promedio de permeabilidad  $k$  de 0,00064 m/día, para la capa superficial compuesta por limos plásticos.

La vulnerabilidad del acuífero se define como baja de acuerdo al método GOD. El tránsito de contaminantes para la zona no saturada indica un tiempo de 3295 días.

### 1.2.- Resumen de conclusiones técnicas:

El acuífero presente en el sitio de estudio es un acuífero libre cubierto formado por materiales volcánicos fracturados.

Se descarta la contaminación de las aguas subterráneas por el uso de la planta de tratamiento en el proyecto, según el cálculo realizado para el tránsito de contaminantes.

El acuífero presenta una vulnerabilidad intrínseca baja, por lo tanto el desarrollo del proyecto no generará afectaciones a dicho acuífero.

El desarrollo del proyecto es completamente viable desde el punto de vista hidrogeológico.

## 2.- Introducción:

En nuestro país el desarrollo de proyectos está condicionado a la obtención de una serie de permisos, entre los que se encuentra la licencia y viabilidad ambiental. Todos aquellos proyectos, obras o actividades que impliquen huellas constructivas y movimientos de tierra o actividades que la ley contemple como necesarias de poseer evaluación ambiental preliminar mediante la elaboración de un formulario D-1 para optar por la Viabilidad Ambiental ante SETENA.

Este procedimiento implica la elaboración de una serie de protocolos técnicos además de los instrumentos de evaluación de impacto ambiental que SETENA solicita. Se presenta en este caso, el protocolo de hidrogeología ambiental con el cálculo de tiempos de tránsito de contaminantes para el proyecto de Residencia.

### 2.1.- Datos sobre el terreno en estudio:

Los trabajos de campo fueron realizados en un terreno ubicado en la localidad de Tejar, en el distrito de Tejar, del cantón de El Guarco, provincia de Cartago (ver figura 2.1.1), con número de plano catastrado C-1526529-2011, donde se proyecta la construcción del Nuevo Hospital de Cartago.

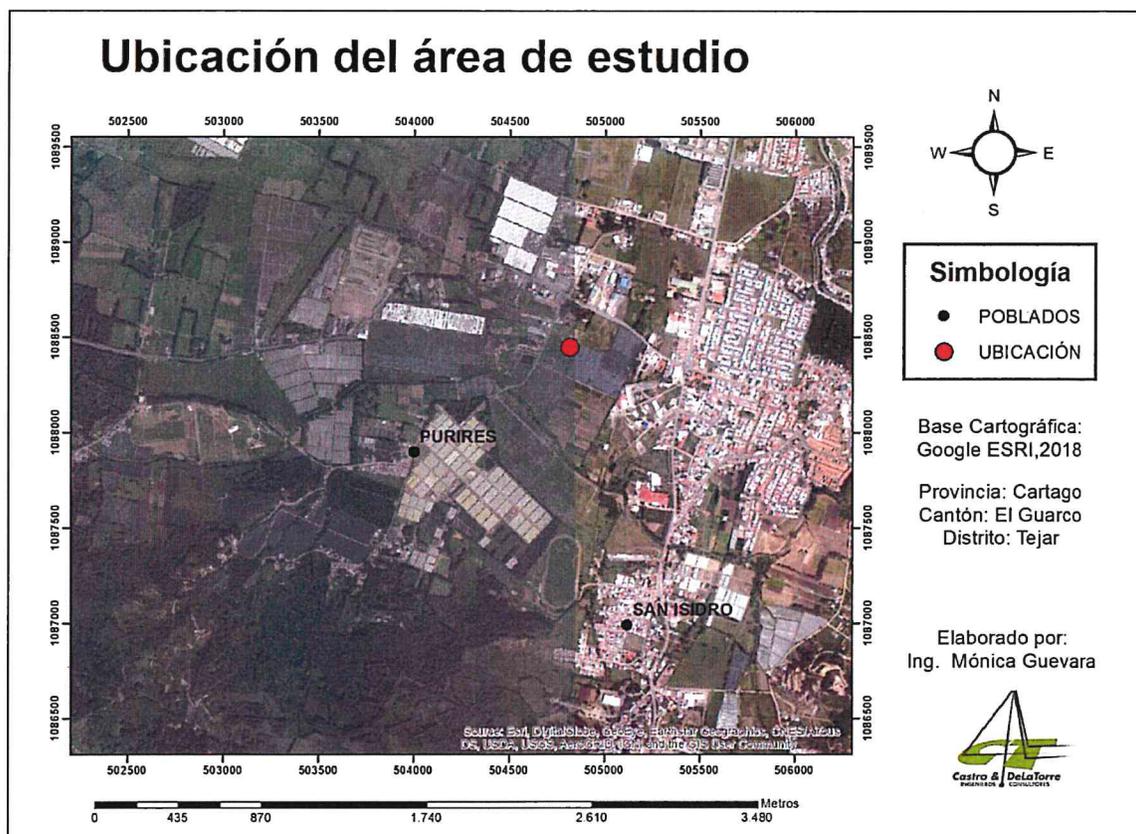


Figura 2.1.1.- Ubicación del proyecto.

## 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.

## 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.

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.

### 3.- Datos hidrogeológicos del entorno inmediato:

Se realiza una búsqueda de la información presente en publicaciones científicas y/o mapas hidrogeológicos disponibles, además de la revisión de datos hidrometeorológicos, el registro de pozos y manantiales localizados alrededor del proyecto en un radio de 2 km.

#### 4.- Condiciones hidrogeológicas locales:

Se presenta la información hidrogeológica local del acuífero subyacente en el sitio de estudio.

#### 4.1.- Descripción de unidades hidrogeológicas:

Se identifica un acuífero en los materiales volcánicos, conformados por lahares y lavas fracturadas.

#### 4.1.1.- Correlación con la geología

El acuífero identificado como Reventado se correlaciona con la Fm. Reventado como se observa en el mapa de la figura 4.1.1.1. compuesto por flujos piroclásticos, cenizas y tobas.

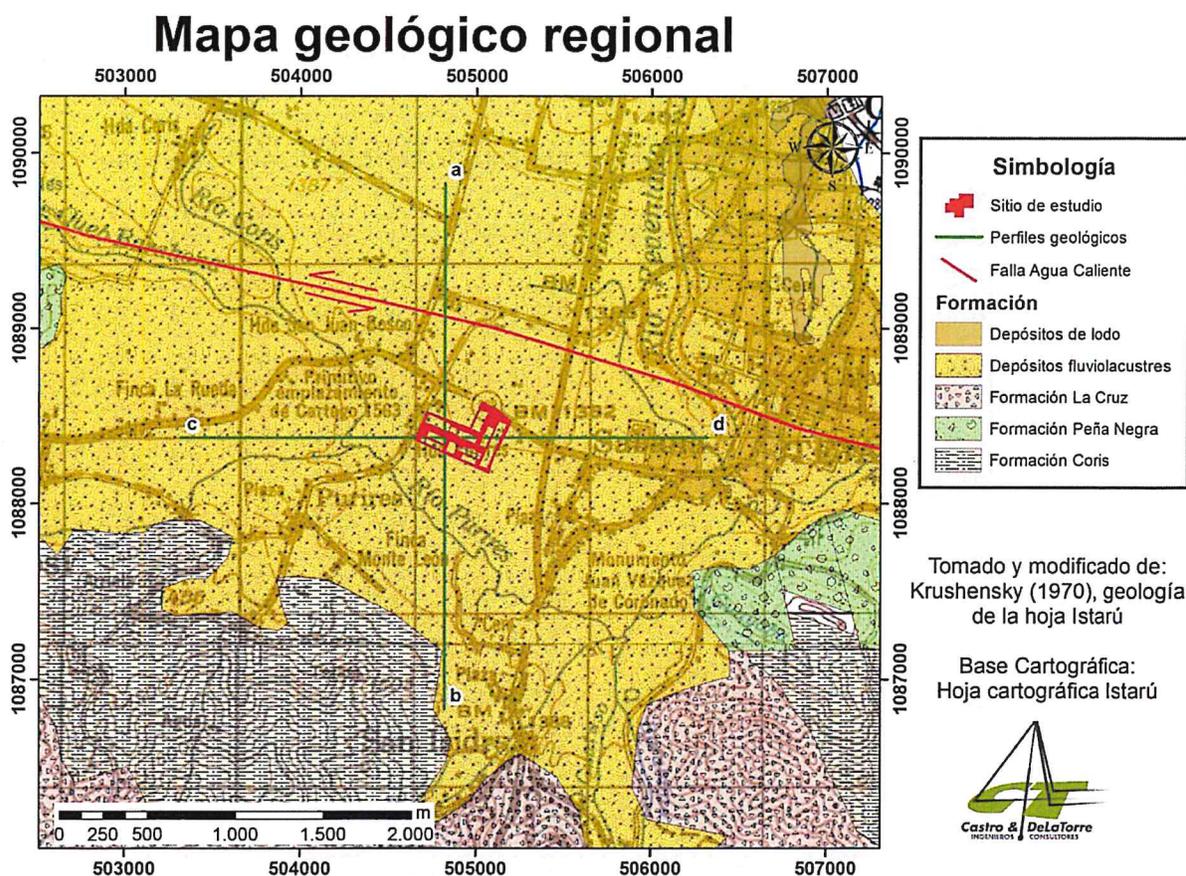


Figura 4.1.1.1. Mapa geológico regional.

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 4.1.3.2.

**Cuadro 4.1.3.2. Valores de las muestras de laboratorio.\*\***

Muestra #	Material	Masa Seca (g)	Masa húmeda (g)	Volumen Total (cm <sup>3</sup> )	Gravedad específica	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
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

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%.

**4.2.- Descripción del acuífero:****4.2.1.- Profundidad del nivel freático**

La profundidad del nivel freático mediante el análisis realizado se ubica en 5 m bajo el proyecto.

**4.2.2.- Extensión aproximada del acuífero**

El acuífero estudiado presenta una amplia extensión según la información de pozos e investigaciones científicas realizadas, es fácilmente localizable en la zona conocida como valle de Coris y valle de El Guarco.

**4.2.3.- Propiedades hidráulicas del acuífero**

En lo que respecta a las propiedades hidráulicas del acuífero en estudio este posee una dirección de flujo preferencial hacia el sureste, con un gradiente hidráulico de 0,0273 (apartado 5.2, del presente informe).

**4.2.4.- Identificación y caracterización de manantiales cercanos al terreno**

No se identificaron manantiales dentro del área del proyecto ni en los linderos.

**CUADRO N°5.1.1.1. Parámetros de la estimación de la vulnerabilidad**

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	Libre cubierto	0,7
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Limos arcillosos lacustres	0,4
Distancia al nivel del agua subterránea	<5	0,9
<b>VULNERABILIDAD INTRINSECA</b>	<b>BAJA</b>	<b>0,252</b>

**5.1.2.- Tiempos 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 5.1.2.1), 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.

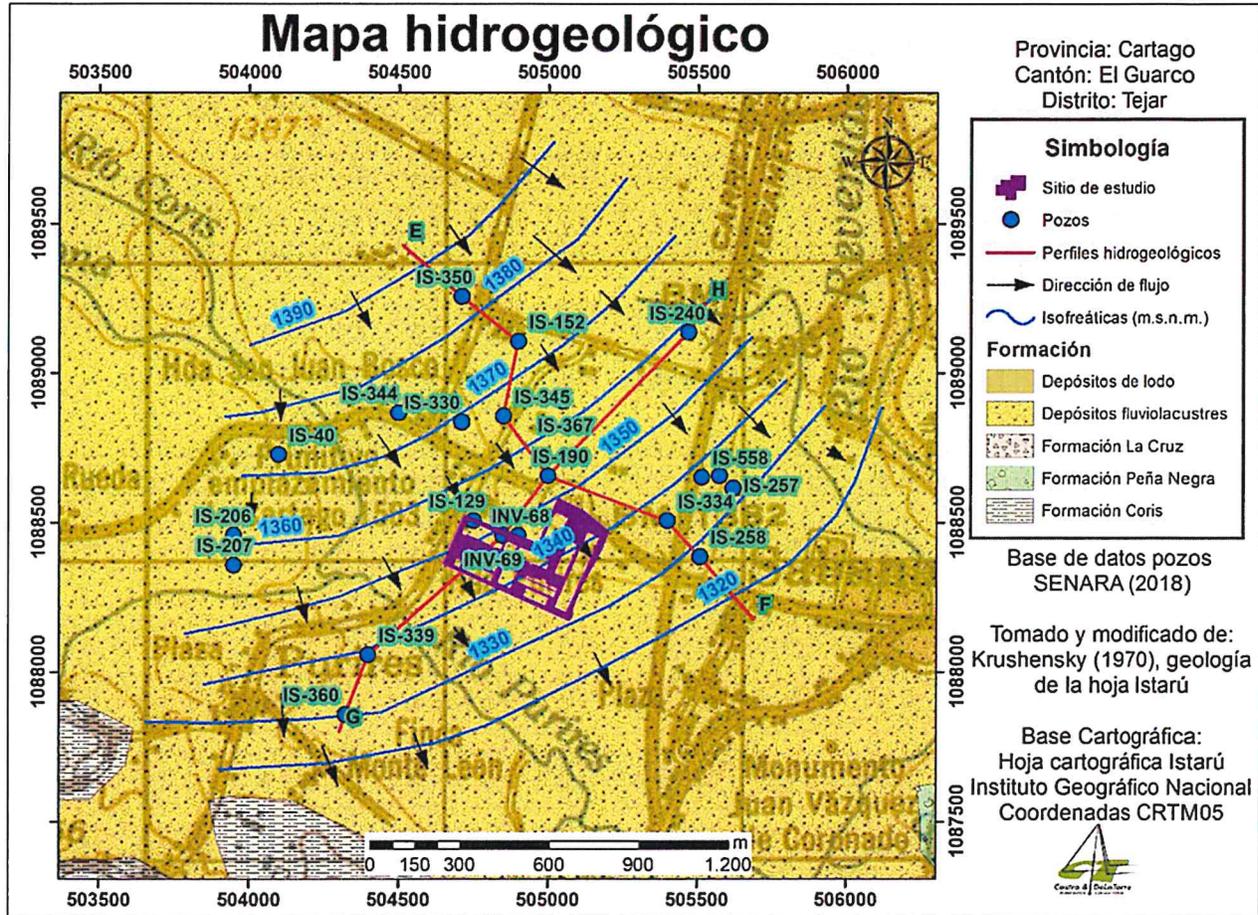
**Cuadro 5.1.2.1. Estimación del tiempo de tránsito de contaminantes patógenos.**

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
<b>Total</b>					<b>3295</b>

Zona saturada

### 5.2.1.- Modelo hidrogeológico conceptual.

Se establece la presencia de un acuífero libre cubierto en los materiales volcánicos, el cual posee una dirección de flujo hacia el sureste, un gradiente hidráulico de 0,0273 y una profundidad del nivel freático en 5 m (Figura 5.2.1.1.), el cual no posee comunicación hidráulica con ríos u otros acuíferos para la zona analizada en este informe como se muestra en el anexo B donde se presentan los perfiles hidrogeológicos realizados. Por la lejanía del proyecto a los pozos ubicados en los alrededores se descarta la delimitación de las áreas de protección.



## 6.- Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio:

### 6.1.- Aplicabilidad de los resultados:

Las pruebas realizadas para el cálculo de la permeabilidad y el análisis de la información hidrogeológica presente en el sitio de estudio y los alrededores, permitieron determinar las condiciones hidrogeológicas para acuífero ubicado bajo el sitio de estudio y con base a los resultados obtenidos se procedió a elaborar las conclusiones y recomendaciones que se presentan en este informe hidrogeológico.

## 7.- Referencias bibliográficas:

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.

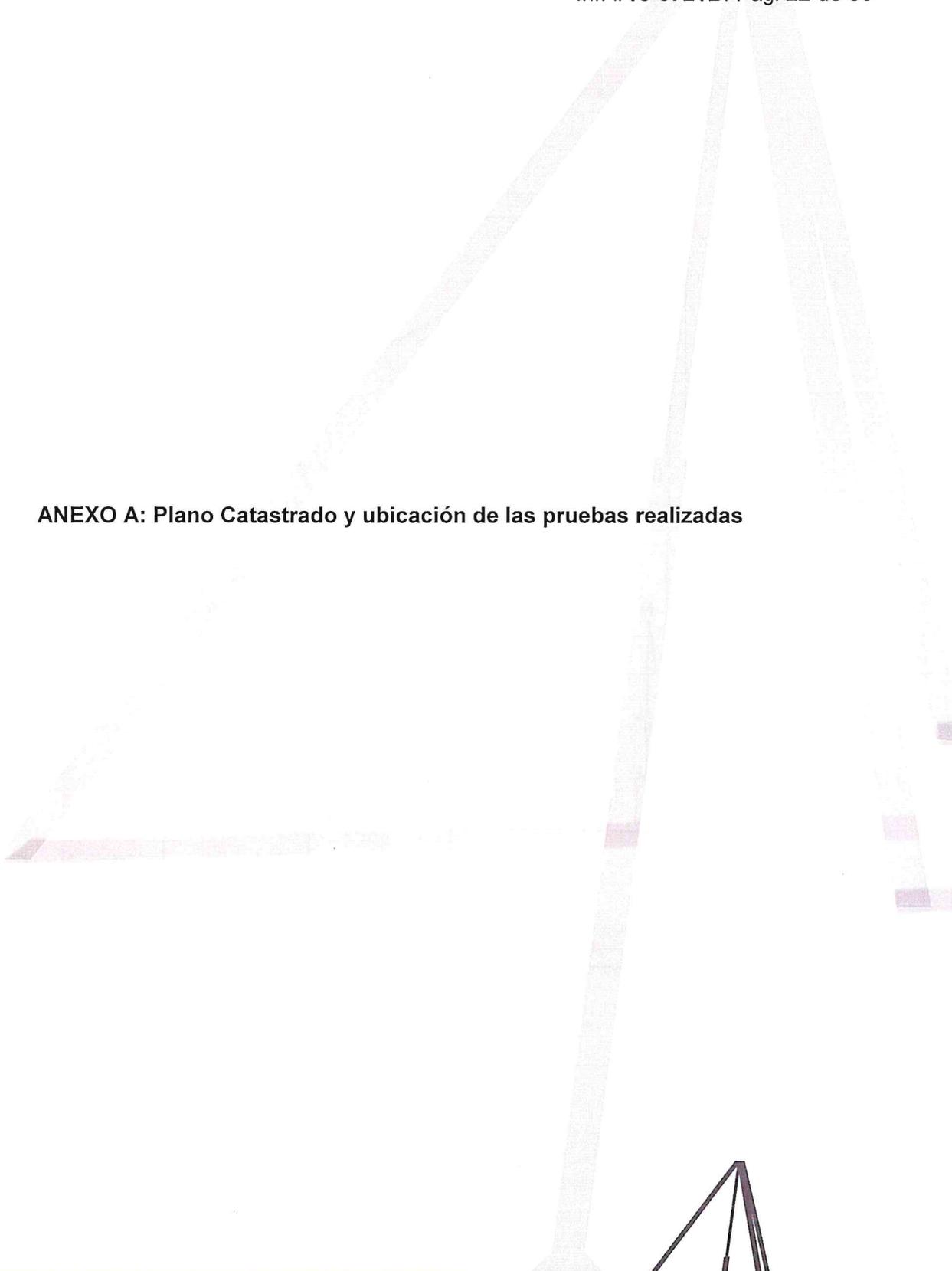
SENARA; 2014: Matriz de protección de acuíferos. – 5 págs. SENARA [Inf. Interno]. Recuperado de: [www.senara.or.cr](http://www.senara.or.cr)

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](http://www.senara.or.cr)

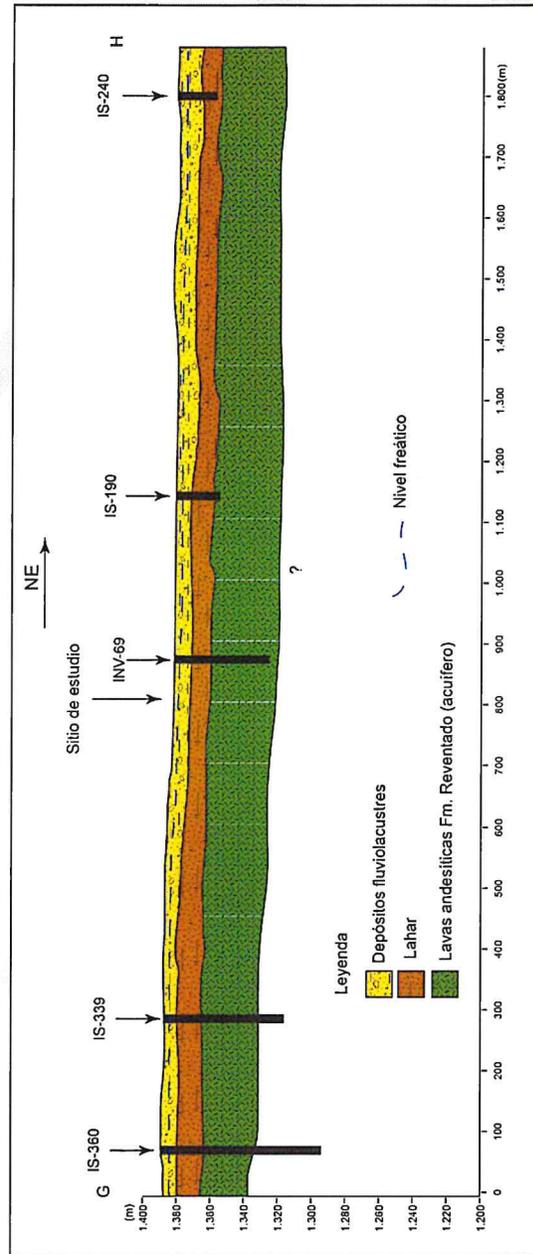
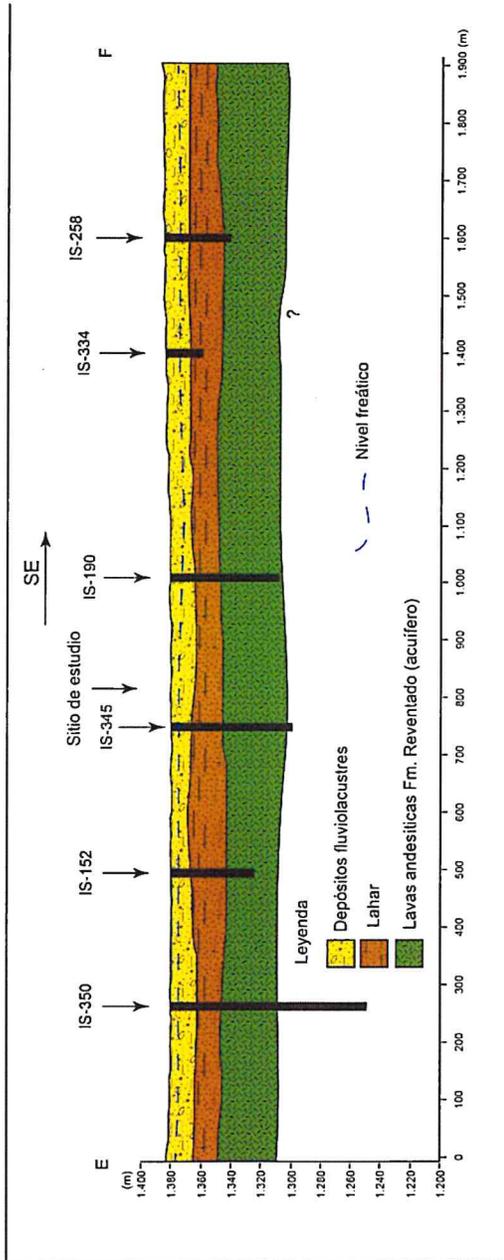
Fetter, C. W. 2001: Applied Hydrogeology. Prentice-Hall, 4ta ed. 598 pág.

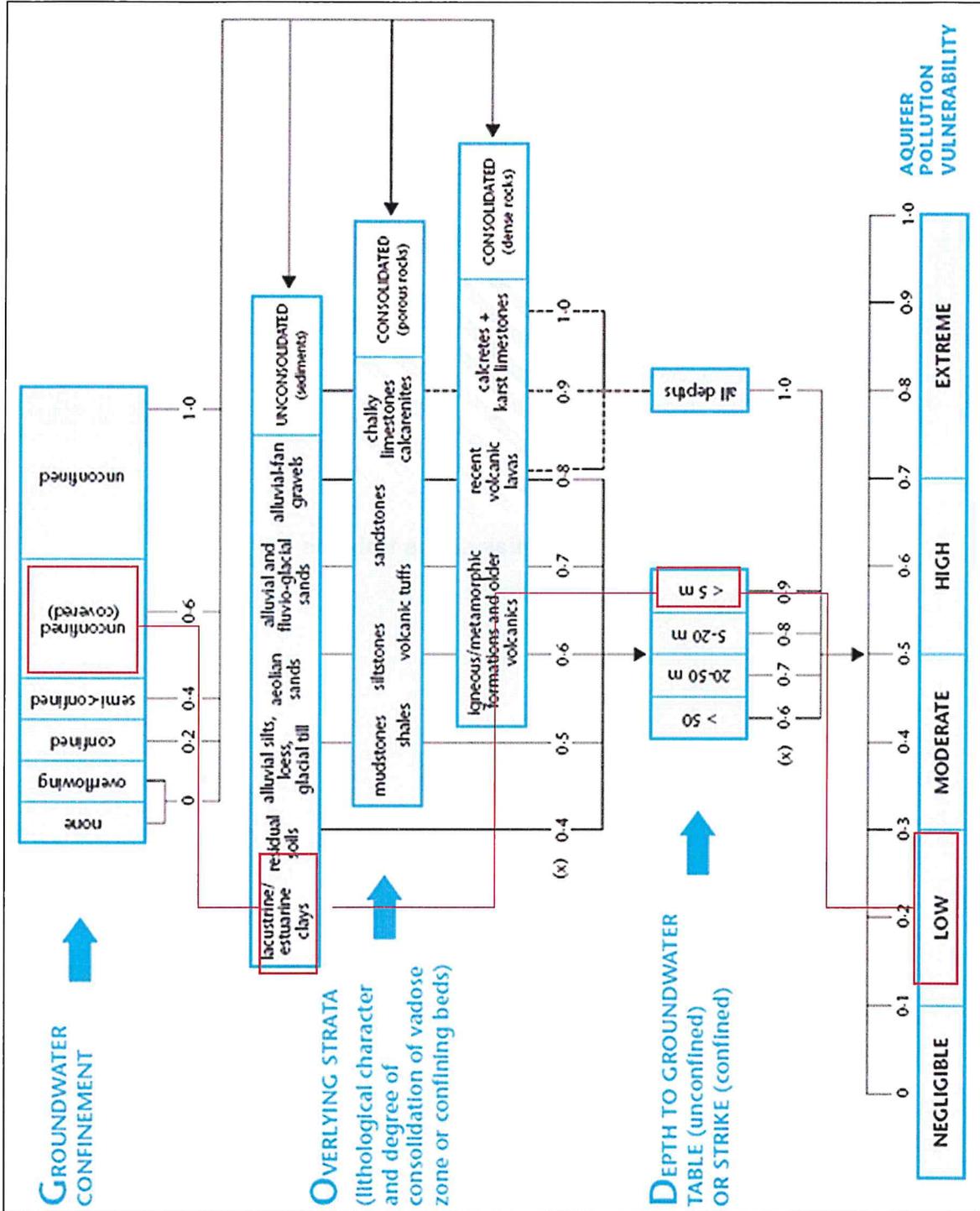
Sanders, L. 1998: A manual of Field Hydrogeology. Prentice-Hall. 381 pag.

**ANEXO A: Plano Catastrado y ubicación de las pruebas realizadas**









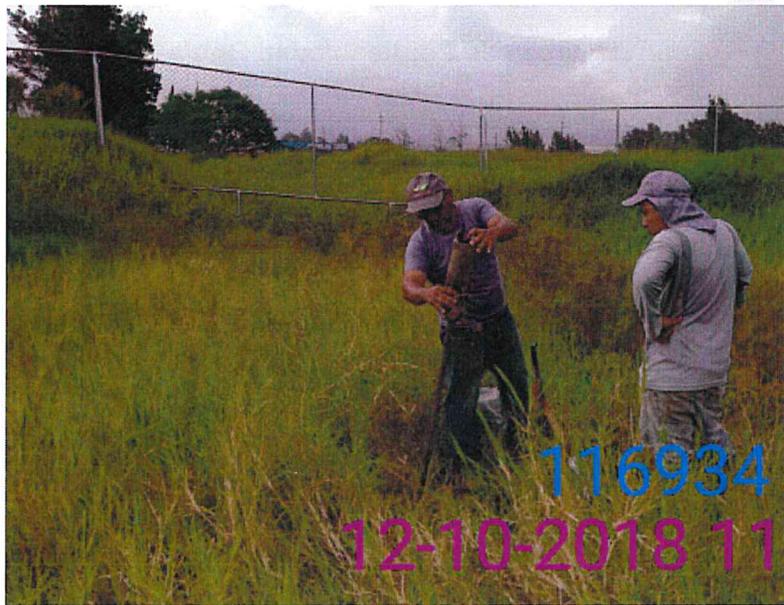
FUNDADA EN 1963

\*Alcances LE-045 y OI-025  
Ver alcances en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076  
correo-e: [info@cyt.cr](mailto:info@cyt.cr)  
[www.cyt.cr](http://www.cyt.cr)









**Prueba 3**



**Prueba 4**

**ANEXO E: Información de pozos cercanos**

H I  
Anch.

**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 1/2 hp. Con cable, tablero de control, pararrayes, tanque de presión, control de electrodos, y tubería de hierro galvanizado de 2 1/2 cm de diámetro.*

LEYENDA

PROF.		Simbol.	FORMACION	DATOS
M.S.	PIES			
	10		0-13 m. <i>Lavina: Contiene lavas, tobas y arcilla. Permeabilidad aparente: baja.</i>	Localización <i>541.25-203.75. ISTARÓ.</i> Tipo de pozo <i>no artésiano.</i> Metodo de perforación <i>percusión.</i> Máquina <i>Bucyrus-Erie 22W.</i> Profundidad total <i>35 m.</i> Nivel estático del agua <i>3 m.</i> Entubamiento <i>35 m.</i> Metal <i>P.V.C.</i> Longitud <i>secciones de 6 m.</i> Diámetro <i>15 cms.</i> Zaranda <i>12 m (23 a 35 m).</i> Ranuras <i>10cm x 3mm.</i> Accesorios <i>sello sanitario.</i> Acabado del pozo <i>sello concreto de 4m.</i> Filtro de Grava <i>4m<sup>3</sup> (cuartilla).</i> Cementación <i>planché</i> Lavado del pozo con <i>bomba.</i> Desarrollo del pozo <i>mecánico.</i> Nivel dinámico: <i>9 m.</i> Gasto recomendado para su explotación <i>30 G.P.M.</i> Observaciones <i>La perforación se inició el 16-3-79, y se finalizó, el 5-4-79.</i>
10	30		13-19 m. <i>Arcilla: Densa e impermeable.</i>	
	40		19-25 m. <i>Material heterogeneo: Contiene lavas meteorizadas, y bastante arcilla.</i>	
20	60		25-35 m. <i>Lava: Andesítico-basáltico. Se observan fragmentos redondeados. Permeabilidad aparente: baja a media.</i>	
	70			
	80			
	90			
	100			
30	110			
	120			
	130			
	140			
	150			
	160			
50	170			
	180			
	190			
60	200			

GERENTE: *[Signature]*

SUPERVISOR: *Mauricio J.*

Fecha: *17-4-79.*



Pozo: IS-190

S. N. E.  
Departamento de Aguas  
30 JUL. 1986  
ENCIBLO  
..... hs. F. ....

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.A., 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 Agritica, 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 Agritica, 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).

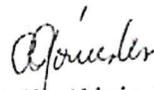
TABLA Nº 1

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

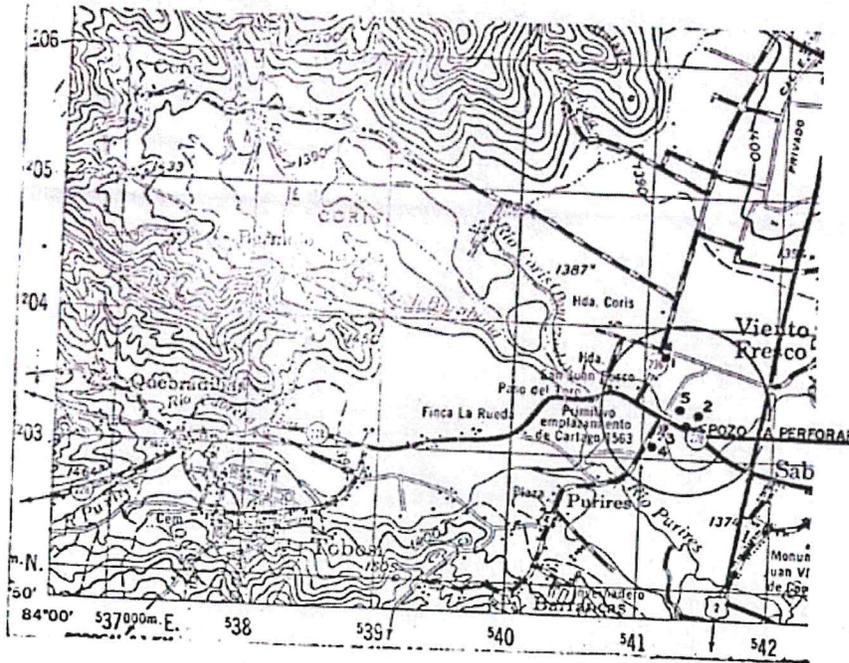


Figura No 1

Hoja ISTARU

Escala: 1:50.000

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



**SENARA**

*OK*  
*14/05/01*  
*24/09/01*

**BASE DATOS DE PERFORACIONES  
DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGIA**

POZO No : 18 - 258

FECHA: 21/02/91 CONCESION: \_\_\_\_\_-P  
 PROV.: CARTAGO CANTON: EL GUARCO DISTRITO : TEJAR  
 LUGAR: TEJAR COLECT: V. RAMIREZ HOJA TOP.: ISTABU  
 LAMBERT E : 541,860 LAMBERT N : 203,030 ELEV. : \_\_\_\_\_ msnm  
 PROPIET: PALMITOS DE COSTA RICA PERFORADORA: SANCHEZ, S.A.

PROFUND: 40,00 mbns. BROCAL: \_\_\_\_\_ 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: SUMERSIBLE  
 CAUDAL REG.: 1,50 l/s USO: INDUSTRIAL

**DISEÑO 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: RAMBADO  
 DIAMETROS: 101,6 mm de 19,00 m a 51,00 m  
 \_\_\_\_\_ mm de \_\_\_\_\_ m a \_\_\_\_\_ m  
 \_\_\_\_\_ mm de \_\_\_\_\_ m a \_\_\_\_\_ m

EMPAQUE DE GRAVA: SI TAPA AL FONDO: SI

OBSERV. : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**DATOS DISPONIBLES:**

LITOLOGIA : SI DISEÑO : SI PR. BOMBEO : SI AN. QUIMICO: NO  
 AN. BACTER.: NO HIDROGRAMA : NO GRANULOM. : NO REG. GEOF. : NO

POZON 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 <sup>2</sup> /D):
			CAPACIDAD ESP.: 0.149 Lt/sg/mt.
0		Ademe 12" Ø	
4		Sello sanitario	
8		Ø 12"	
12			
16		N. dinámico	
20		Tubo SDR 26, 120ran/mt., de 100mm.x 0.5mm.	
24			
28		Grava	
32			
36		Tapa de fondo	
40			
	ARCILLA		
	ARENAS		
	BLOQUES DE LAVA		
	ABATIMIENTO 13.36mts.		
<b>RECOMENDACIONES DEL EQUIPO A INSTALAR</b>			
BOMBA A INSTALAR:	CAPACIDAD:	PROFUND	
MOTOR:	CABLE:	ARRANQUE	
TUBERIA DESCARG.	ELECTRODOS	PARE	
<b>RECOMENDACIONES SOBRE EXPLOTACION</b>			
CAUDAL EN LITROS/SEG.:	1.5	HORAS DIARIAS:	8
		NIVEL DE BOMBEO MAX.	18mts.
GEOLOGO SUPERVISOR	<i>Alvaro Suárez Montero</i>	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

#2

### Reporte Prueba de Bombeo

Pozo Is 258 Palmitos CD Ubicación Quijongo Tejan del Guarico  
 Fecha 9-3-91 Nivel Estático 3.05 Profundidad del pozo 400m  
 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	()	
11:15	75	6.65	9.71	0.21				
11:30	90	7.57	10.62	0.91			1.92	
11:45	105		10.62				clara 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			furbia	
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-1123

ING. HIDROGEOLOGO

GERENTE

# **HIDRAD 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).

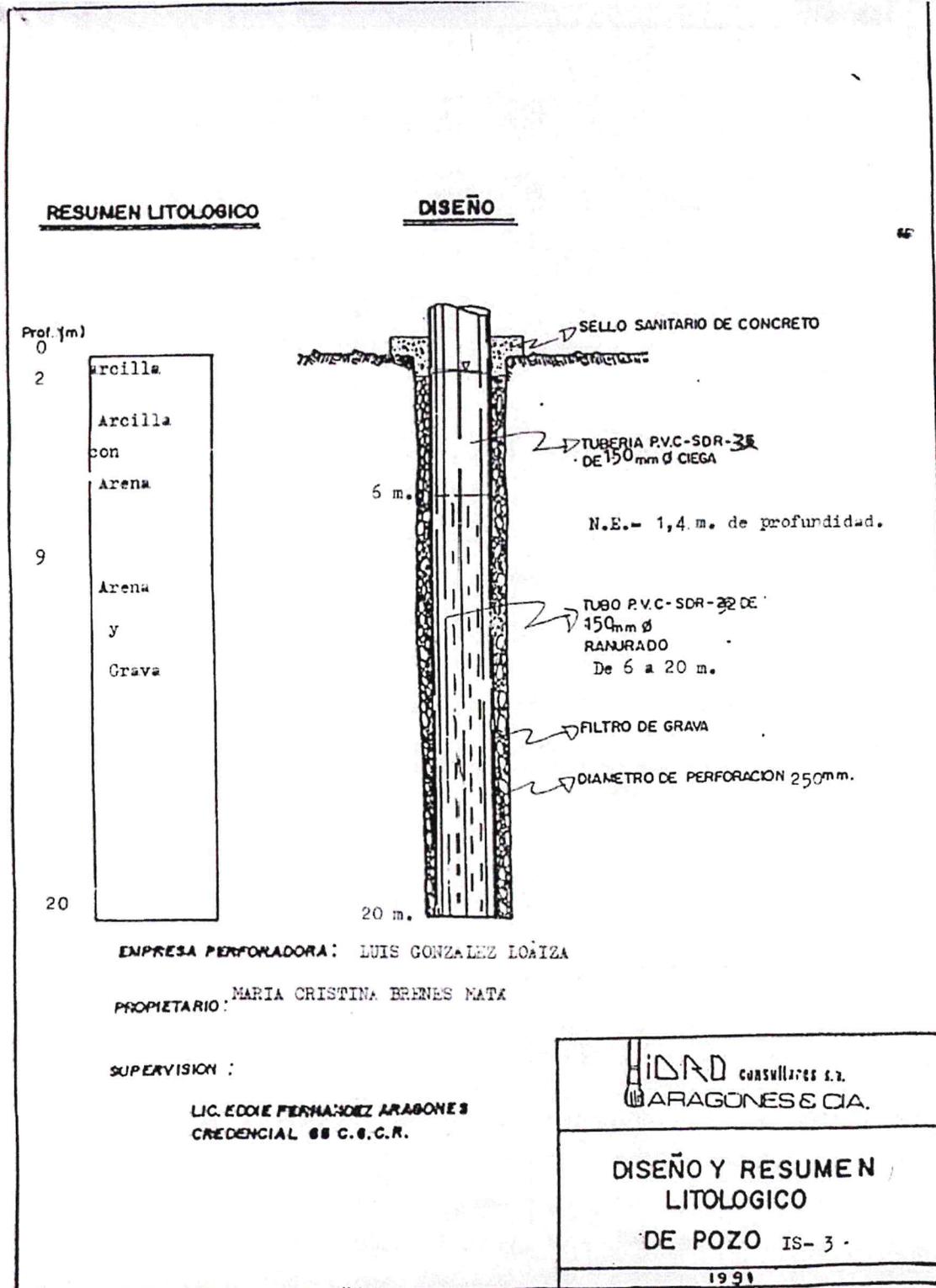
El pozo fue construido con el respectivo permiso de perforación del SNE y SENARA; se llevó la bitácora del COLEGIO DE GEOLOGOS DE COSTA RICA, según decreto ejecutivo 17464-MIEM, del 3 de mayo, 1987.

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 21-63-66 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

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.



**CONAGUA S.A**  
  
**CONSULTORES DE AGUAS, S. A.**

**POZO IS-345**  
**EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A.**

**DISTRITO TEJAR, CANTON GUARCO**

**PROVINCIA DE CARTAGO**

**INFORME FINAL**

**Diciembre 1991**

TELEFONOS: 30-7182 - 23-1632    APARTADO 29 Z. P. 2450    SAN JOSE - COSTA RICA

## 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 rellenó 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.

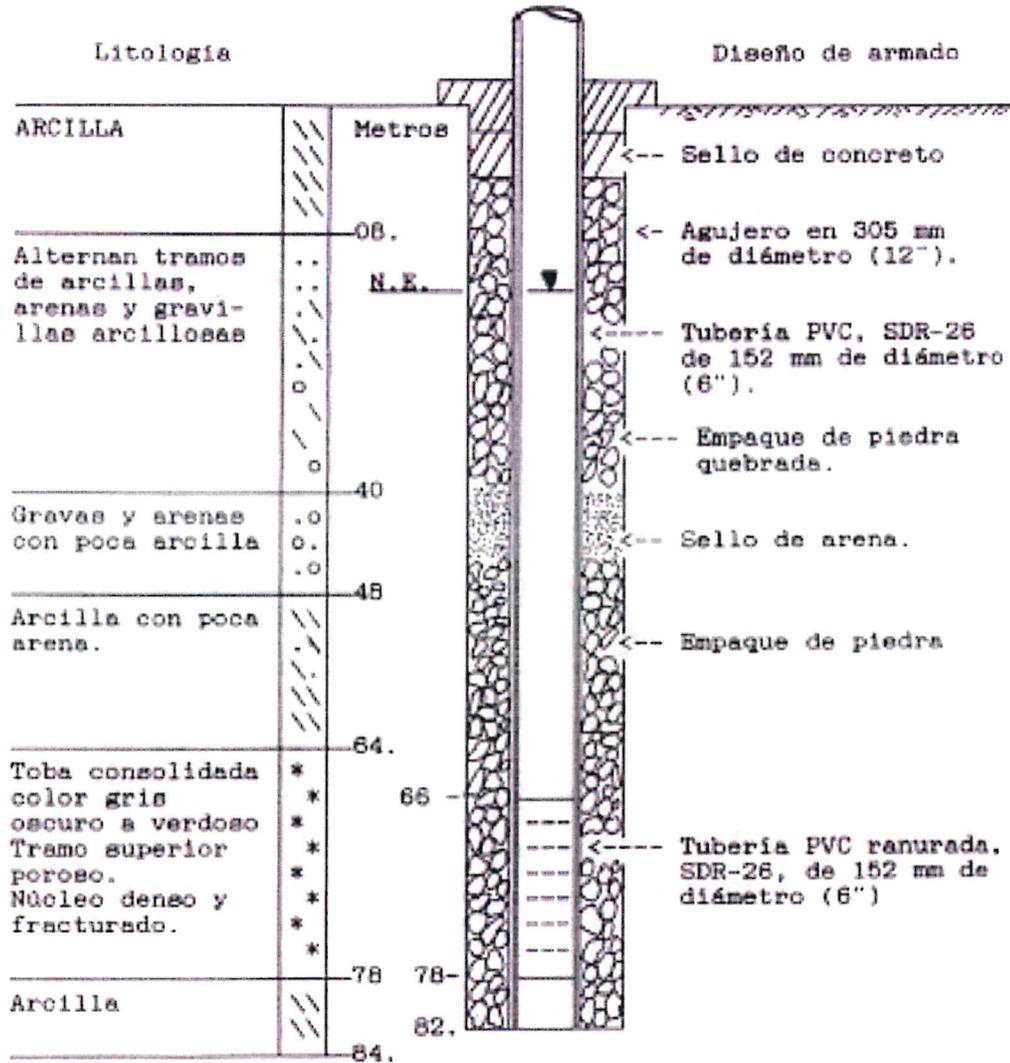
Un segundo acuífero se ha generado en las tobas consolidadas, las cuales muestran cierta porosidad y fracturación. El acuífero también se encuentra confinado.

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.

POZO IS-345  
EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A.



N.E.: Nivel estático del agua (7/11/91)= 15,75 m. bajo el suelo.

CONAGUA S.A.

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](http://www.eca.or.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.

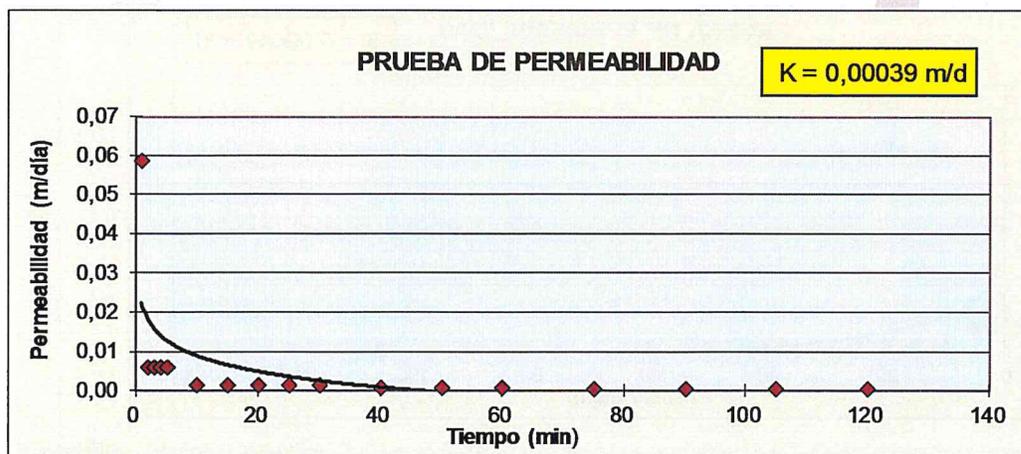
<p><b>Croquis de ubicación</b></p> <p>Pozo No. <u>15-360.</u>          Ubicación: <u>Purires, Tobaci, Guarco.</u>          Hoja cartográfica: <u>ISTARU.</u>          Coordenadas: Lat. <u>202.500</u> Long. <u>540.675</u></p>	<p><b>Simbología litológica</b></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>
---	---

Candidad (metros)	Descripción litológica	Datos
0	0-6 mts. Arcilla plástica, impermeable.	Propietario: <u>Linda Vista S.A.</u>
10	6-19 mts. Arena fina, sin arcilla.	Profundidad: <u>95</u> m/s
20	19-30 mts. Arcilla gris con arena. Poco permeable.	Nivel estático: <u>8.4</u> m/s
30	30-54 mts. Grava; Origen volcánico. Permeabilidad aparente: media. Se observan algunos planos de oxidación.	Topografía: <u>plana.</u>
40	54-60 mts. Arcilla, arena, grava. Poco permeable.	Elevación: _____ m.s.n.m.
50	60-72 mts. Arcilla gris con muy poca arena.	Perforación por: Rotación <u>por lotes.</u>
60	72-95 mts. Arenisca color gris. Basamento. Reacciona al H.C.L. Sólida, sin planos de oxidación. Permeabilidad aparente: baja a media.	Otros: _____
70		Revestimiento tipo <u>PVC-SDR-26.</u>
80		de <u>200</u> mm.
90		de _____ m.
100		Rejilla: tipo <u>tubo ranurado.</u>
		<u>200</u> mm. de _____ 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>crystalino.</u>
		Olor _____ Sabor _____
		Muestreo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
		Observaciones: <u>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.</u> <u>2. Perforación en 14" hasta 60 mts, luego en 12" hasta el fondo.</u>
		Hydro-geólogo: <u>Manrique Ortiz</u>

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:

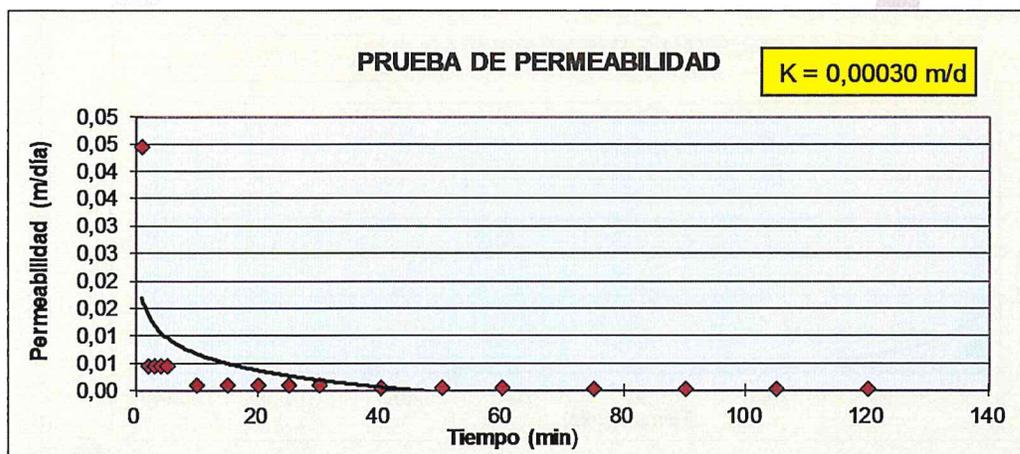
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
 Litología: Arcilla  
 Prueba: Porchet N°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:

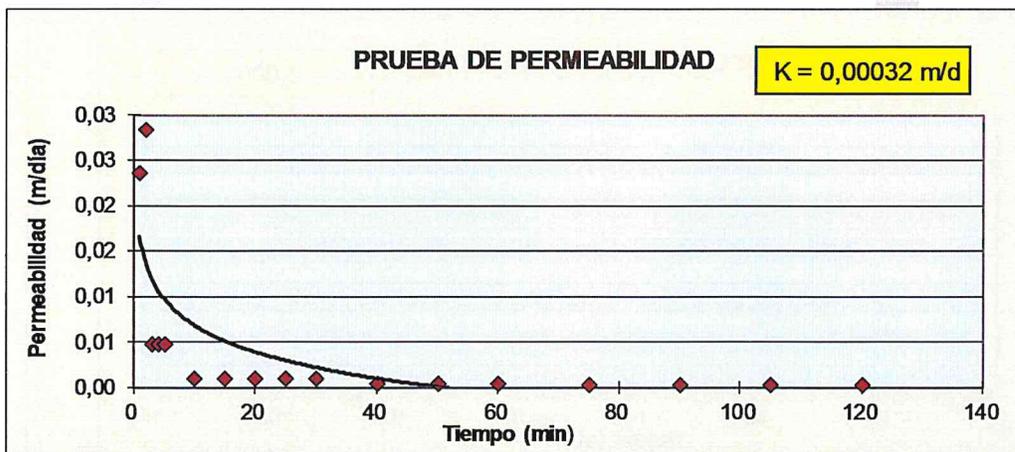
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
 Litología: Arcilla  
 Prueba: Porchet N°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
<b>k</b>			2,66E-05	0,00032



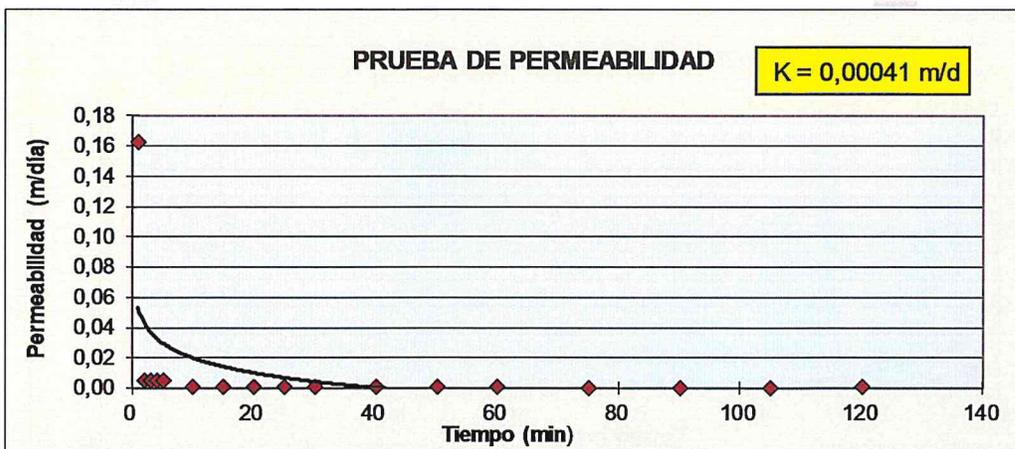
Tipo de permeabilidad: **Muy baja**

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
Litología: Arcilla  
Prueba: Porchet N°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



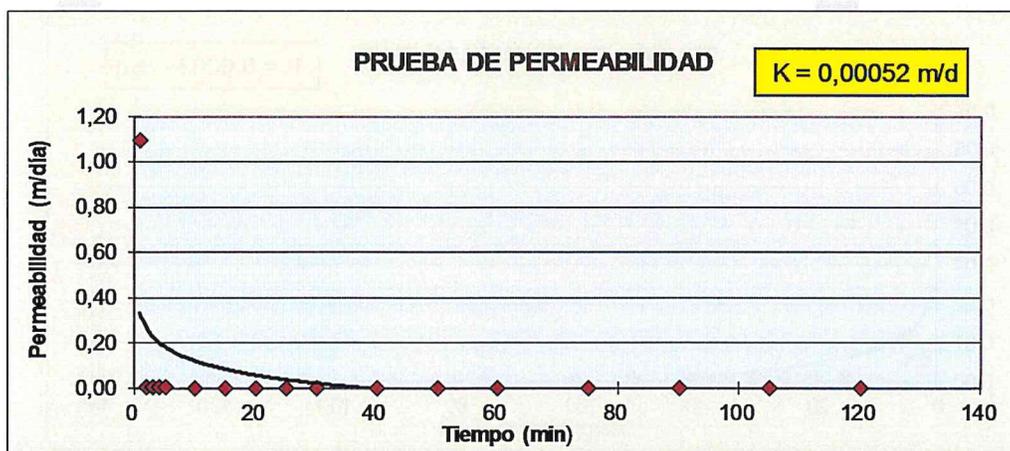
Tipo de permeabilidad: Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
 Litología: Arcilla  
 Prueba: Porchet N°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



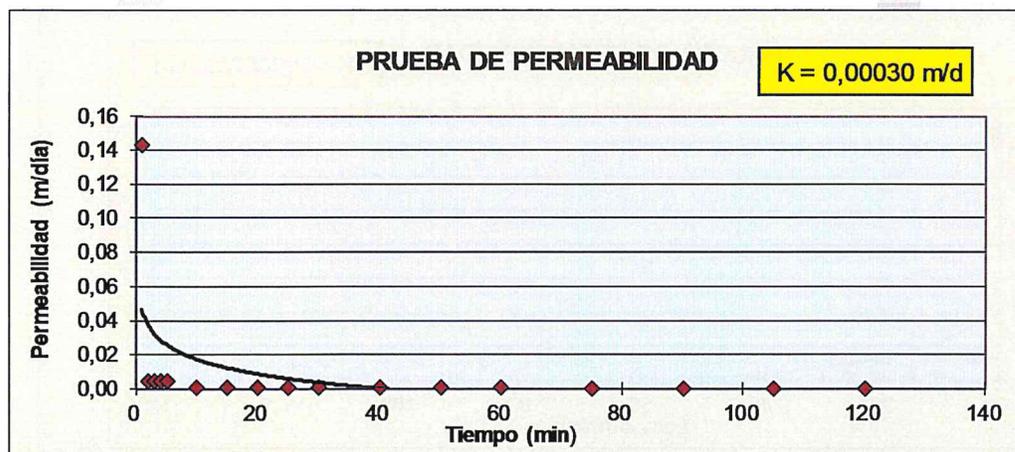
Tipo de permeabilidad: Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
 Litología: Arcilla  
 Prueba: Porchet N°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
<b>k</b>			2,62E-05	0,00030



Tipo de permeabilidad:

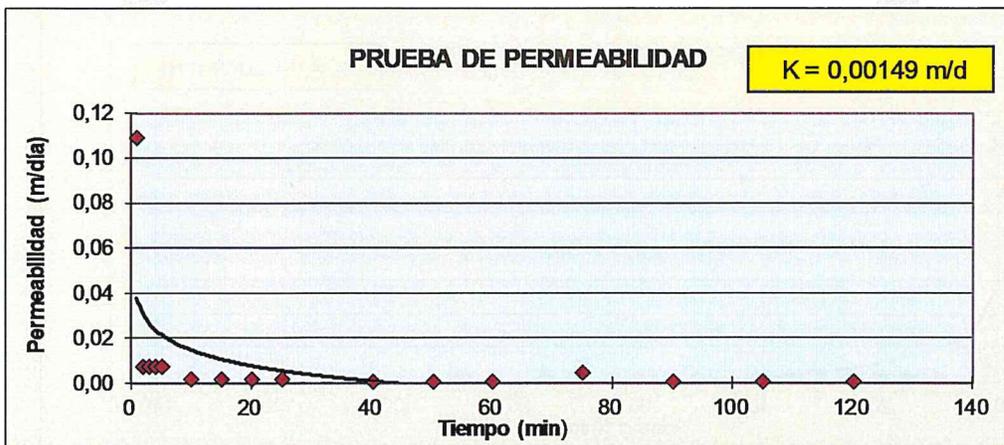
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
Litología: Arcilla  
Prueba: Porchet N°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:

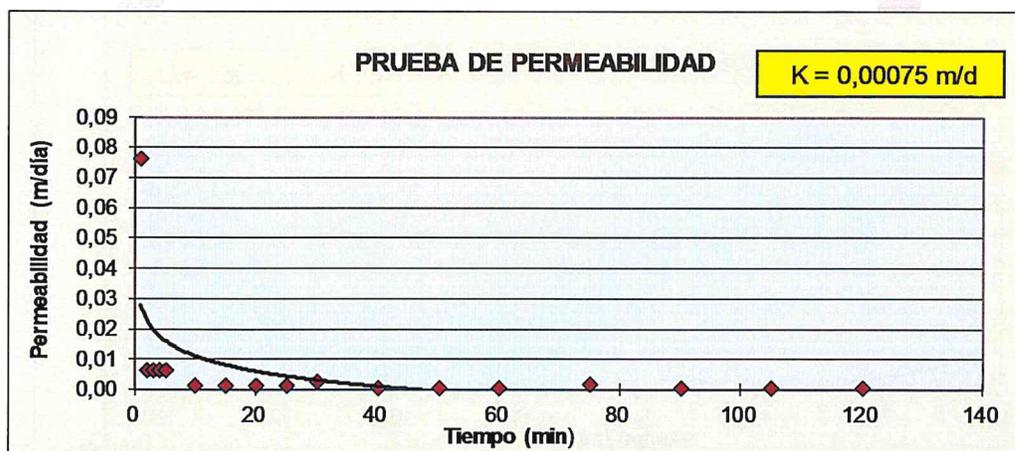
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
 Litología: Arcilla  
 Prueba: Porchet N°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:

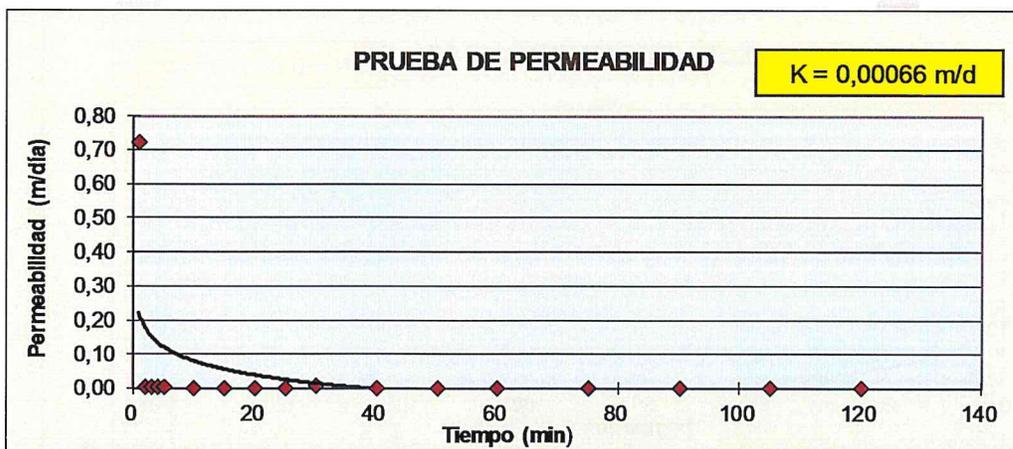
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
Litología: Arcilla  
Prueba: Porchet N°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:

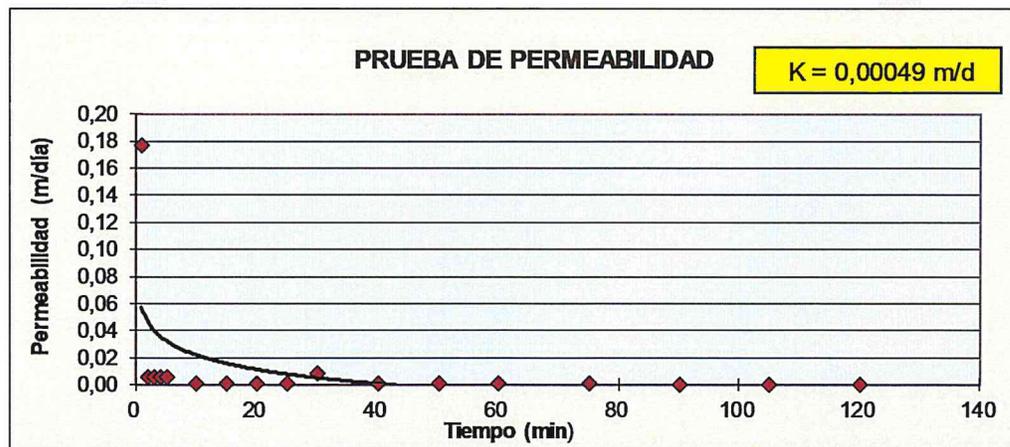
Muy baja

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

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago  
Litología: Arcilla  
Prueba: Porchet N°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

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