INF. #18-0721A. Pág. 1 de 215.

San José, 19 de noviembre, 2018.

Señores Caja Costarricense del Seguro Social

Atn.: Arq. Jorge Gómez Duarte

Dirección de Arquitectura e Ingeniería

PROYECTO: Abastecimiento de agua "Nuevo Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago", El Guarco, Cartago.

Estimados señores:

Se presenta el informe denominado "Estudio Hidrogeológico Detallado"; para el análisis de la posibilidad del abastecimiento de agua potable de la Nueva sede del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez de Cartago mediante la construcción de un pozo de agua potable, 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 cinco niveles.

El trabajo incluye la realización de un estudio hidrogeológico detallado para la solicitud del permiso de permiso de perforación de un pozo para el abastecimiento de agua potable, 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..

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





INF. #18-0721A. Pág. 2 de 215.

## 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 dentro del presente informe
Geología local y regional a escala 1:10.000 con sus respectivos perfiles geológicos.	20
Análisis de información existente de pozos, manantiales y captaciones superficiales en base de datos institucionales (MINAET, AyA, SENARA y otras)	27
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).	27
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.	27
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.	27
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.	52
Determinación de la demanda agua y fuente de abastecimiento para abastecer el proyecto.	65
Disminución de zona de protección de 40 metros.	66
Elaboración de mapa hidrogeológico de la zona de interés, escala 1:10.000.	53
Determinación de parámetros hidrogeológicos	30
Determinación de caudales esperados para eventual perforación de pozos en el sitio Estudio sobre riesgo de contaminación: Descripción del marco geológico local y regional, parámetros hidráulicos del terreno, posibilidad de	66
contaminación de los acuíferos por aguas residuales, definición de	

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

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

# INF. #18-0721A. Pág. 3 de 215.

amenazas.	
Pruebas de Infiltración y permeabilidad del suelo	30-38
Conclusiones (potencial hidrogeológico del área)	72
Recomendaciones:  • Profundidad de pozos  • Cantidad según caudal  • Ubicaciones más favorables  • Características de armado  • Diámetros de perforación  • Caudales probables, etc)  • Indicar un costo estimado de construcción y puesta en operación de los pozos según las recomendaciones dadas)	64
Declaración jurada de los estudios entregados.	4



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 4 de 215.

## 1.- DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL:

Por medio de la presente, yo Carlos Alonso Vargas Campos, portador de la cédula de identificación Nº 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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 5 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

# 2.- CUADRO DE CONTENIDO

ı.	TERMI	NOS DE REFERENCIA2						
1.	- DOCI	JMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL:4						
2.	- CUA	DRO DE CONTENIDO 5						
3.	- INTR	ODUCCION: 6						
4.	- METO	DDOLOGIA:7						
	4.1.	Trabajo realizado	- 18					
5.	- RESU	JLTADOS18						
	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					
	5.5.	Características hidráulicas de la zona no saturada	- 30					
	5.6.	Perforación exploratoria y construcción de piezómetro	- 39					
	5.7.	Aforos de ríos (influencia – efluencia) 40						
	5.8.	Resistividad eléctrica	- 45					
	5.9.	Refracción sísmica	- 51					
	5.10.	Modelo hidrogeológico conceptual	- 52					
	5.11.	Tiempo de tránsito de contaminantes.	- 57					
	5.12.	Zonas de captura o protección de los pozos y manantiales	- 58					
	5.13.	Análisis de la vulnerabilidad Hidrogeológica	- 59					
	5.14.	Análisis de amenaza	- 59					
	5.15.	Análisis de recarga	- 60					
	5.16.	Riesgo de afectación a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas	- 62					
	5.17.	Determinación de la demanda de recurso hídrico para el hospital	- 64					
	5.18.	participation of the participa						
	5.19.	Disminución del radio de protección	- 65					
	5.20.	Definición del rendimiento proyectado del pozo	- 66					
6.	CONC	LUSIONES72						
7.	REFE	RENCIAS73						
Λ.	NEVOS	7.4						

INF. #18-0721A. Pág. 6 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

## 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 llego a nuestro planeta por medio de una cantidad infinita de asteroides cargados de cristales hidratados con H<sub>2</sub>O, 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 compresión 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 el 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 cinco niveles.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 7 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

#### 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 rio, 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:

- <u>Fase I</u>: Describir la zona de estudio, la propiedad en análisis y el proyecto que se pretende construir, así como datos específicos del diseño del mismo.
- <u>Fase II</u>: 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: 10000 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 rio más cercano, ensayos de geofísica, muestreo de suelos y aqua.
- Fase V: Realización de un modelo hidrogeológico detallado mediante la construcción de perfiles hidrogeológicos y el análisis de toda la información recababa 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.

INF. #18-0721A. Pág. 8 de 215.

## 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 1:50000 existente, o 1:450000 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.

**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



INF. #18-0721A. Pág. 9 de 215.

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.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 10 de 215.

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.

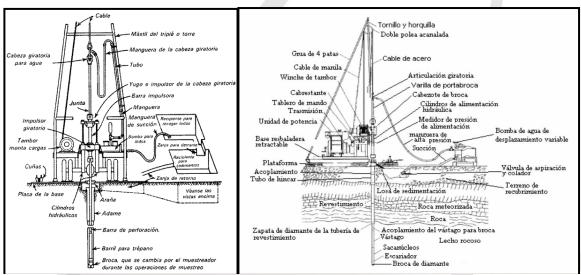


Figura 4.1. Esquema del proceso de perforación

### 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** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 11 de 215.

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.

INF. #18-0721A. Pág. 12 de 215.

En el sondeo eléctrico vertical (SEV), el espaciamiento entre los electrodos aumenta mientras se mantiene fija la localización del centro del arreglo electródico. 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 geoeléctricas que se asocian posteriormente a las existentes u observadas en el sitio (Fig. 4.3).

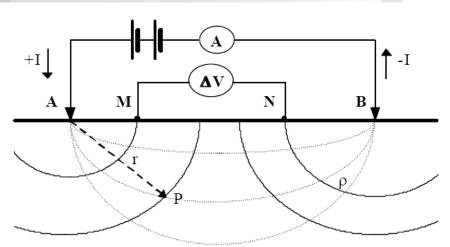


Figura 4.2: Esquema de la ejecución del sondeo eléctrico vertical SEV

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 13 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

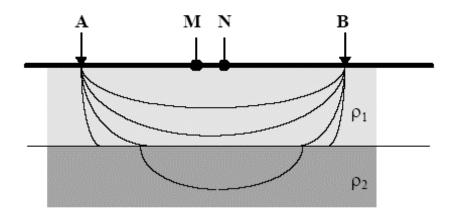


Figura 4.3: Esquema de la penetración progresiva de la corriente a las capas inferiores.

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. 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 geoeléctricos 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 geoeléctrica 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 geoeléctrica del sitio en estudio.

**DeLaTorre** 

Castro & INGENIEROS

INF. #18-0721A. Pág. 14 de 215.

# 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\*V

Dónde:  $Q = Caudal (m^3/s)$ 

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 rivera 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 media la velocidad del agua, efectuando la cantidad de mediciones que sean necesarias hasta alcanzar la otra margen del cauce (Fig. 4.4.a).

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.b).

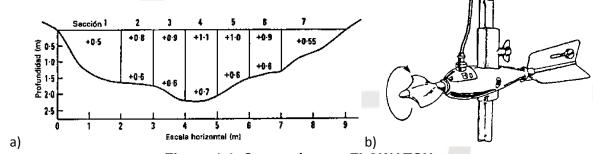


Figura 4.4: Correntómetro FLOWATCH.

## 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).

## **FUNDADA EN 1963**

INF. #18-0721A. Pág. 15 de 215.

- 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:

$$t = (b^*\theta) / k$$

Donde:

b = espesor de la zona no saturada en metros

 $\theta$  = 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:

$$T = (d x \theta) / (K * i)$$

Donde:

d = corresponde a la distancia horizontal de desplazamiento de las bacterias

 $\theta$  = 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).

INF. #18-0721A. Pág. 16 de 215.

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.

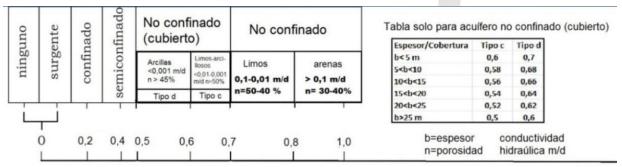
Los factores que considera el método son: La profundidad del nivel del agua, el tipo de substrato litológico y la ocurrencia del agua subterránea o confinamiento del acuífero. El método se basa en la asignación de índices entre 0, 1 y 3 variables que son las que nominan el acrónimo:

- 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 4.1.1).

Cuadro 4.1.1. Detalle de la diferenciación de parámetro sobre el tipo de acuífero



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 17 de 215.

## 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 v 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 especifico, 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:

> Riesgo (a la Calidad) = Vulnerabilidad a la contaminación x Amenaza Riesgo (a la Cantidad) = Susceptibilidad a la recarga x Amenaza

### **FUNDADA EN 1963**



INF. #18-0721A. Pág. 18 de 215.

Castro & |

INGENIEROS

**DeLaTorre** 

CONSULTORES

## 4.1. 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.

www.cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 19 de 215.

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 69015,391 m²; la superficie asfáltica tiene un total de 26196,1379 m² y las zonas verdes componen un total de 23671,4711 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.



INF. #18-0721A. Pág. 20 de 215.

Castro &

INGENIEROS

DeLaTorre

CONSULTORES



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 Fluviolacustres y flujos de lodos.

### Formación Peña Negra

Krushensky (1970) clasificó estas rocas como pate de la Formación Térraba, 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 3mm de espesor hasta capas de 3cm 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 Bermejos y Quebradillas, en una pequeña colina al sur de Tejar, al oste 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 380m, 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 afíricas y, algunas veces vesiculares, interestratificados con lahares café claro ligera a profundamente meteorizados y capas de ceniza y tobas ligeramente lapillíticas.

INF. #18-0721A. Pág. 22 de 215.

# **Depósitos Fluviolacustres**

Estos depósitos fluviolacustres 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, Birrís 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.

## Geologia 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 rio 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.

<u>Unidad de lutitas</u>: 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



**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 23 de 215.

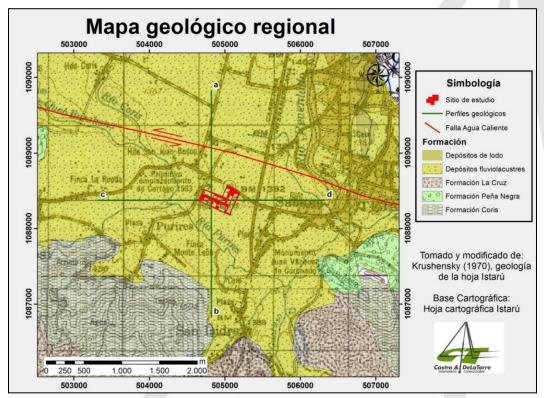


Figura 5.2.1. Mapa geológico del área de los alrededores del área de estudio.

<u>Unidad Coluvial:</u> 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 silicificación 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.



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



### INF. #18-0721A. Pág. 24 de 215.

<u>Unidad Depósitos Recientes:</u> 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.





## 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 fluviolacustres 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 fluviolacustres de gran importancia por ubicarse el sitio de estudio sobre estos materiales (Fig. 5.2.3)

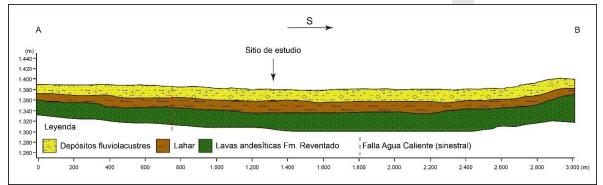


Figura 5.2.2. Perfil geológico AB

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 25 de 215.

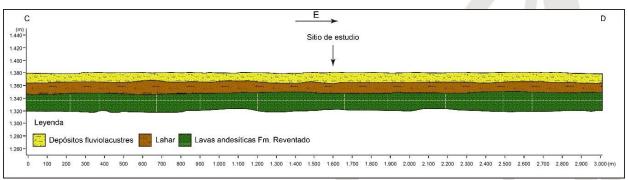


Figura 5.2.3. Perfil geológico C-D.

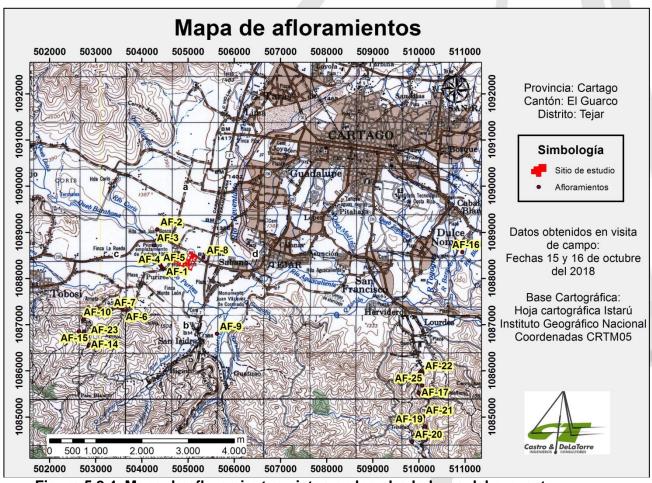


Figura 5.2.4. Mapa de afloramientos vistos en los alrededores del proyecto.



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 26 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

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

Sitio	Coordenada	as CRTM05	Litalogía	Unidad goalágica	Fm
Sitio	Х	Y	Litología	Unidad geológica	FIII
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 sinestral.

INF. #18-0721A. Pág. 27 de 215.

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.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



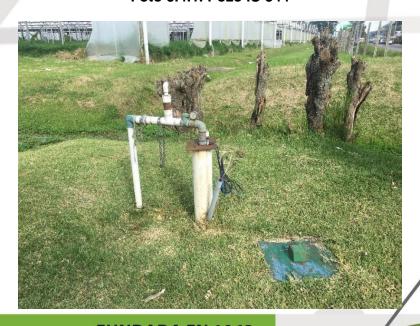
INF. #18-0721A. Pág. 28 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

Cuadro 5.3.1. Pozos cercanos al área de estudio.

Código	Coordenadas Lambert Norte		Propietario	Distancia	Nivel estático
pozo	Х	Υ		(m)	(m.b.n.s.)
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



# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 29 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

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

27.11	Coord	enadas		Distancia	Nivel	
Código	CRI	ГМ05	Propietario	del	estático	Estado
pozo	Х	Υ	•	proyecto(m)	(m.b.n.s.)	
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 rio 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.

INF. #18-0721A. Pág. 30 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

### 5.5. 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	Coordenada	s (CRTM05)	K (m/día)	Tipo de
	x	У	it (iii ala)	permeabilidad
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.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 31 de 215.

Cuadro 5.5.2 Valores de las muestras de laboratorio.\*\*

Muestra #	Material	Masa Seca (g)	Masa húmeda (g)	Volumen Total (cm³)	Gravedad específica	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm³)
Muestra-01	Limo	220.4	400 5	246.22	2.6	50	1.07
	plástico	338,4	480,5	316,23	2,6	58	1,07
Muestra-02	Limo						
Widestra 62	plástico	320,0	476,0	312,1	2,4	57	1,02
Muestra-03	Limo						
Muestra-05	plástico	345,3	491,5	322,4	2,52	57	1,07
Muestra-04	Limo						
Widestra-04	plástico	327,9	478,4	314,8	2,53	59	1,04
Muestra-05	Limo						1
เพเนษรแล-05	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%.

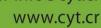
# Clasificación de suelos

Utilizando la estratigráfica identificada en las 5 perforaciones realizadas, se han identificado 9 capas importantes. En los cuadros 5.5.3 y 5.5.8 se presenta los resultados de seis ensayos para clasificación del material de la capa B hasta la capa G, respectivamente.



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 32 de 215.

Cuadro 5.5.3. Resultados de la clasificación SUCS de la capa B de limo plástico arenoso

CAPA	Perforación	Profundidad (m)	Descripció	n General
	P-09	0,20 a 4,50	Limo plástico arenoso	
	P-16	0,90 a 5,40	amarillento con vetilla: consistencia general v	ariable entre blanda y
В	P-20	0,40 a 8,00	rígida a lo largo de todas se det	
	P-22	0,20 a 4,05	(Ver para mayor detalle	y de forma puntual por
	P-25	0,35 a 4,50	<u>perforación anexo 8:</u> <u>Perfora</u>	-
		Característ	ticas físico-mecánicas	
	Límite líquido	) (LL):	59	58
	Índice plástic	o (IP):	18	13
Peso u	nitario húmedo,	y <sub>suelo</sub> (ton/m³):	1,7	77
% pa	sando la malla 4	,75 mm (# 4):	94	86
% pas	ando la malla 0,	425 mm (# 40):	74	67
% pasa	ndo la malla 0,0	75 mm (# 200):	59	51
Cohesión promedio con base al valor de Nspt y compresión inconfinada, C (kg/cm²):			0,8	37
С	lasificación seg	ún SUCS:	MH-SM	MH-SM

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 33 de 215.

Cuadro 5.5.4. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa C de limo arcilloso

САРА	Perforación	Profundidad (m)	Descripció	n General	
	P-09	4,50 a 9,10	Limo arcilloso arenoso de color café oscuro a		
	P-16 5,40 a 8,00		negro con olor a org consistencia general va	riable entre semidura y	
P-22 4.05 a 9.00	P-20	8,00 a 10,37	rígida a lo largo de todas se det		
	<u>(Ver para mayor detalle</u>	y de forma puntual por			
	P-25	4,50 a 8,30   perforación anexo 8: Hojas de Perforación).			
		Característ	icas físico-mecánicas		
	Límite líquido	) (LL):	45	49	
	Índice plástic	o (IP):	9	15	
(	Contenido orgái	nico (%):	7	6	
Peso u	nitario húmedo,	, y <sub>suelo</sub> (ton/m³):	1,8	32	
% pa	sando la malla 4	l,75 mm (# 4):	94	95	
% pas	ando la malla 0,	425 mm (# 40):	75	72	
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):			53	51	
Cohesión promedio con base al valor de Nspt y compresión inconfinada, C (kg/cm²):			0,9	95	
С	lasificación seg	ún SUCS:	ML-SM	ML-SM	

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 34 de 215.

Cuadro 5.5.5. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa D de limo plástico arenoso

САРА	Perforación	Profundidad, m	Descripcio	ón General
	P-09	9,10 a 9,90		e color gris verduzco con a general variable entre
D	P-20	10,37 a 11,00	•	a a lo largo de todas las onde se detectó.
P-25		8,30 a 10,26	(Ver para mayor detalle y de forma puntual p perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de Perforación).	
		Característ	ticas físico-mecánicas	
	Límite líquido	) (LL):	44	58
	Índice plástic	o (IP):	10	24
Peso u	nitario húmedo,	, y <sub>suelo</sub> (ton/m³):	1,	82
% pa	sando la malla 4	l,75 mm (# 4):	96	100
% pas	ando la malla 0,	425 mm (# 40):	85	92
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):			61	38
	ón promedio co ot y compresión (kg/cm²)	inconfinada, C	0,	60
С	lasificación seg	ún SUCS:	ML-SM	MH-SM

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 35 de 215.

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

САРА	Perforación	Profundidad, m	Descripción General
	P-09	9,90 a 12,05	Limo plástico de color café amarillento con vetas
	P-16	8,00 a 9,00	verduzcas, de consistencia general variable entre blanda a semidura a lo largo de todas las
E	P-20	11,00 a 12,41	perforaciones donde se detectó.
	P-22	9,00 a 11,21	(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de
	P-25	10,26 a 13,26	<u>Perforación).</u>
		Característ	icas físico-mecánicas
	Límite líquido	) (LL):	104
	Índice plástic	o (IP):	46
Peso u	nitario húmedo	, y <sub>suelo</sub> (ton/m³):	1,61
% pa	sando la malla 4	,75 mm (# 4):	100
% pas	ando la malla 0,	425 mm (# 40):	99
% pasando la malla 0,075 mm (# 200):			97
Cohesión promedio con base al valor de Nspt y compresión inconfinada, C			0.44
(kg/cm²):			0,44
С	lasificación seg	ún SUCS:	MH

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 36 de 215.

Cuadro 5.5.7. Resultados de la clasificación SUCS de la matriz de la capa F de limo orgánico de alta plasticidad

САРА	Perforación	Profundidad (m)	Descripción General	
	P-09	12,05 a 12,90	Limo orgánico de alta plasticidad de color negro	
	P-16	9,00 a 10,25	(paleosuelo), de consister largo de todas las per	<u> </u>
F	P-20	12,41 a 14,35	detectó.	
	P-22	11,21 a 12,15	(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de	
	P-25	13,26 a 14,80	<u>Perfora</u>	
Características físico-mecánicas				
Límite líquido (LL):			181	200
Índice plástico (IP):			45	70
Contenido orgánico (%):			30	29
Peso unitario húmedo, y <sub>suelo</sub> (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 Nspt y compresión inconfinada, C (kg/cm²):			0,38	
Clasificación según SUCS:			MH-OH-CH	MH-OH-CH

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 37 de 215.

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

САРА	Perforación	Profundidad, m	Descripción General
	P-09	12,90 a 13,80	Limo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos, de consistencia
	P-16	10,25 a 13,50	general variable entre media a dura a lo largo de
G	P-20	14,35 a 15,30	todas las perforaciones donde se detectó.
	P-22	12,15 a 15,20	(Ver para mayor detalle y de forma puntual por perforación anexo 8: Hojas de Perfiles de
	P-25	14,80 a 17,35	<u>Perforación).</u>
		Característ	icas físico-mecánicas
	Límite líquido	) (LL):	96
	Índice plástic	o (IP):	58
Peso u	nitario húmedo	, y <sub>suelo</sub> (ton/m³):	1,87
% pa	sando la malla 4	1,75 mm (# 4):	100
% pas	ando la malla 0,	425 mm (# 40):	98
% pasa	ndo la malla 0,0	)75 mm (# 200):	90
	ón promedio co ot y compresión (kg/cm²)	inconfinada, C	0,44
С	lasificación seg	ún 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 5.5.9.

### **FUNDADA EN 1963**

INF. #18-0721A. Pág. 38 de 215.

Cuadro 5.5.9. 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
P-09	2	22,0	0,020	Baja	Lahar	Bajo el nivel
	1	3,0	0,014	Baja	Limo plástico	Sobre el nivel
P-16	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
F-20	2	12,5	1,925	Media	Turba	Bajo el nivel
P-22	1	7,0	0,022	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
P-22	2	15,0	0,021	Baja	Lahar	Bajo el nivel
P-25	1	8,0	0,066	Baja	Limo plástico	Bajo el nivel
F-25	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 5.5.10. Valores de las muestras de laboratorio.\*\*

Muestra #	Material	Masa Seca (g)	Masa húmeda (g)	Volumen Total (cm³)	Total Gravedad		Densidad aparente (g/cm³)
Muestra-01	Depósito						
Muestra-01	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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 39 de 215.

# 5.6. 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.

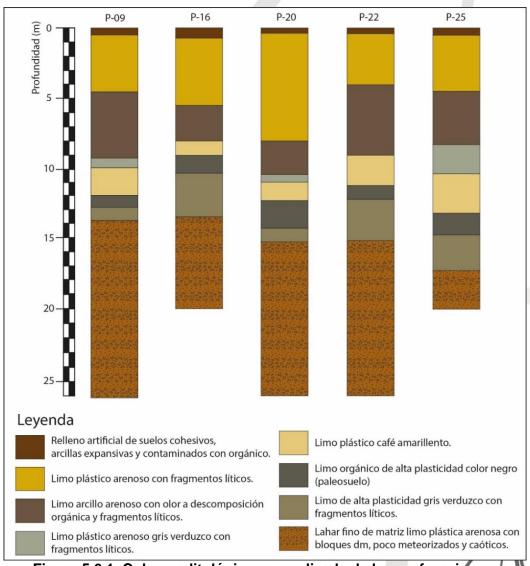


Figura 5.6.1. Columna litológica generalizada de las perforaciones

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 40 de 215.

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 invección 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		

#### 5.7. Aforos de ríos (influencia – efluencia)

Se realizaron cinco aforos 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 aforos.

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 rio y la del piezómetro sean tan similares demuestra que el agua procede directamente del rio.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





# INF. #18-0721A. Pág. 41 de 215.

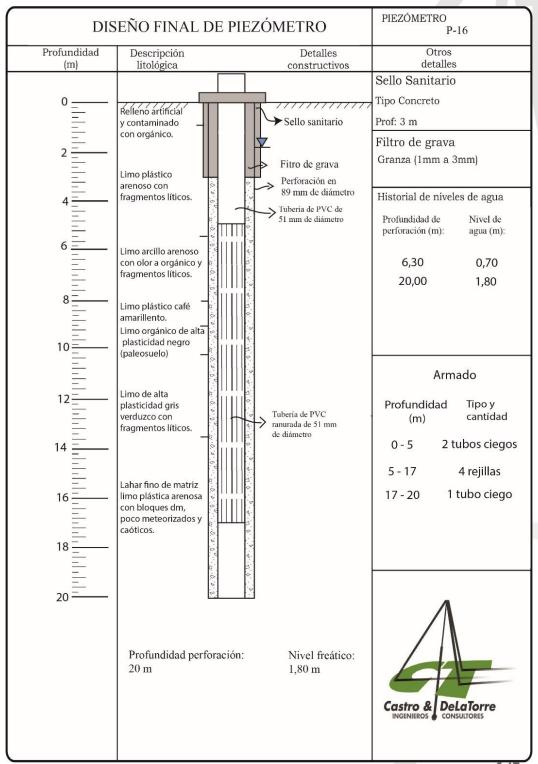


Figura 5.6.2. Detalle de armado del piezómetro.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 42 de 215.

Cuadro 5.7.1. Resumen de datos de los aforos realizados.

Número	Coordenad	as CRTM05	Caudal	Diferencia
Aforo	X	Υ	(l/s)	(I/s)
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

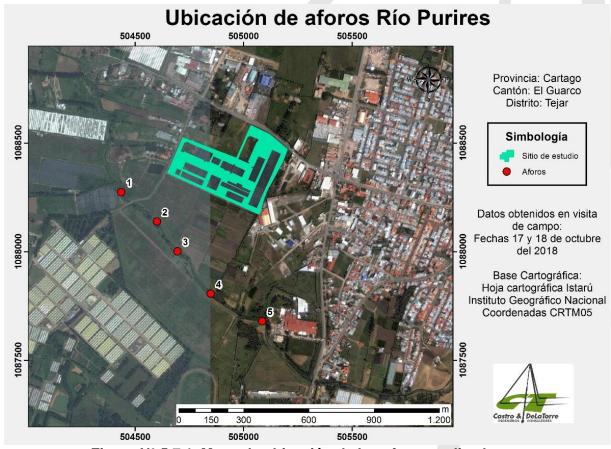


Figura N° 5.7.1. Mapa de ubicación de los aforos realizados.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 43 de 215.

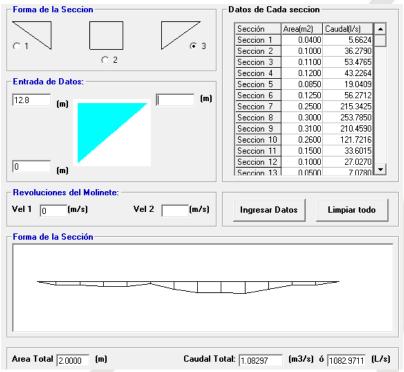


Figura 5.7.2. Datos Aforo 1.

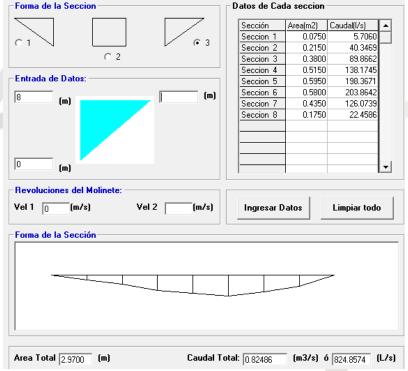


Figura 5.7.3. Datos Aforo 2.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 44 de 215.

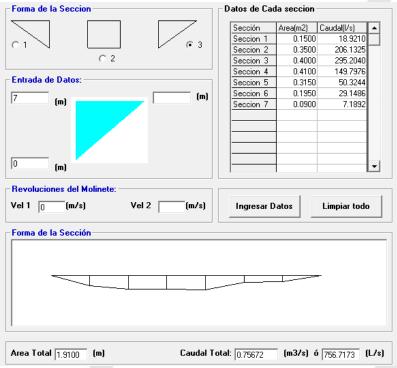


Figura 5.7.4. Datos Aforo 3.

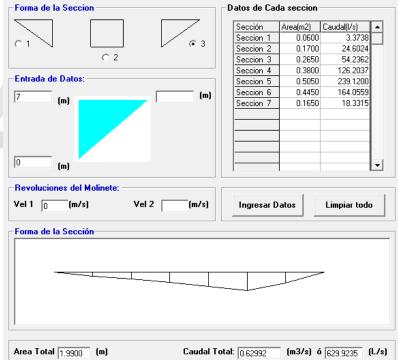


Figura 5.7.5. Datos Aforo 4.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





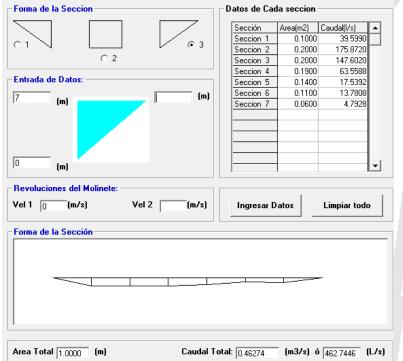


Figura 5.7.6. Datos Aforo 5.

#### 5.8. 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 isótropas. 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 observan en el cuadro 5.8.1.

# **FUNDADA EN 1963**

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 46 de 215.

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 geoeléctricas 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  $\Omega$ m, luego una capa de limos plásticos sin saturar y de moderada consistencia 48  $\Omega$ m 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  $\Omega$ m 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  $\Omega$ m, posterior a esta capa se da la presencia de una capa de limos plásticos saturados que representa un nivel colgado en este estrato geoeléctrico con una resistividad de 7  $\Omega$ m alcanzado una profundidad de 4,09 m; subyaciendo las capas ya mencionadas aparece un limo plástico sin saturar con 43  $\Omega$ m 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  $\Omega$ m hasta los 13 m y finalizando la secuencia alcanzada por el SEV se ubica la capa de lahar con resistividad de 1747  $\Omega$ m.

www.cyt.cr

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 47 de 215.

El SEV 3, realizado en el sitio de estudio identifica 4 capas geoeléctricas 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 geoeléctrica de las capas.

Material	Espesor (m)	Prof (m)	Resistividad (Ω m)
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 geoeléctrica de las capas.

Material	Espesor	Prof (m)	Resistividad
	(m)		(Ω m)
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 geoeléctrica de las capas.

Material	Espesor (m)	Prof (m)	Resistividad (Ω m)
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

www.cyt.cr

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 48 de 215.

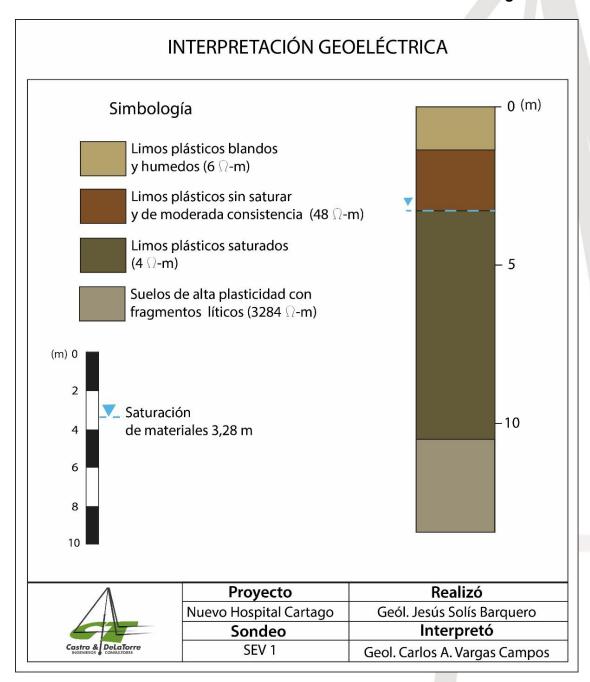


Figura 5.8.1. Distribución estratigráfica de las capas geoeléctricas SEV 1.

### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 49 de 215.

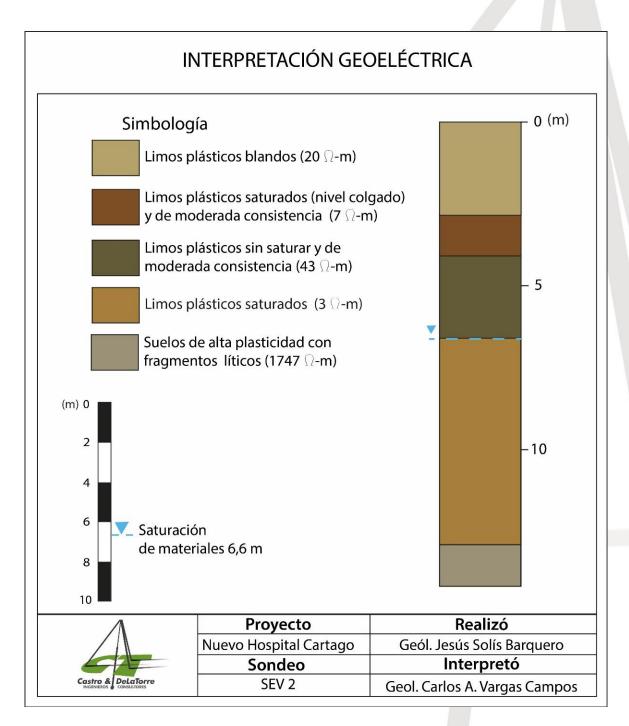


Figura 5.8.2. Distribución estratigráfica de las capas geoeléctricas para el SEV2.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 50 de 215.

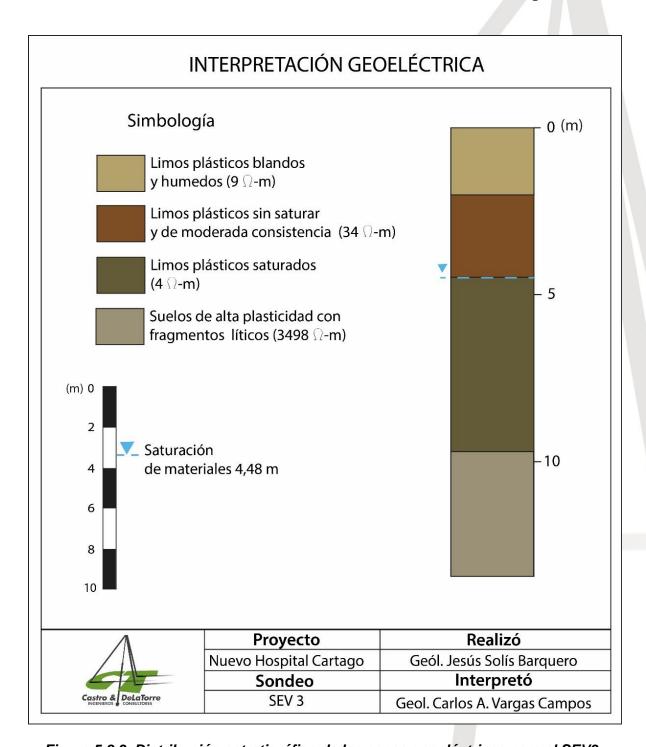


Figura 5.8.3. Distribución estratigráfica de las capas geoeléctricas para el SEV3.

### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 51 de 215.

#### 5.9. 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.

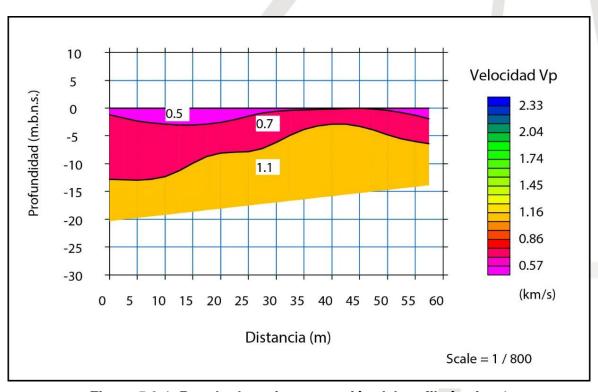


Figura 5.9.1. Resultados e interpretación del perfil sísmico 1.

### **FUNDADA EN 1963**

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 52 de 215.

Castro &

INGENIEROS

DeLaTorre

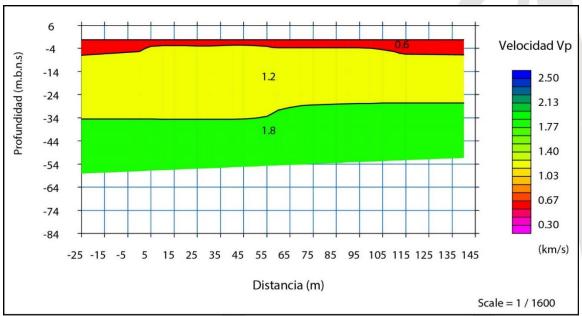


Figura 5.9.2. Resultados e interpretación del perfil sísmico 2

### 5.10. 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** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 53 de 215.

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

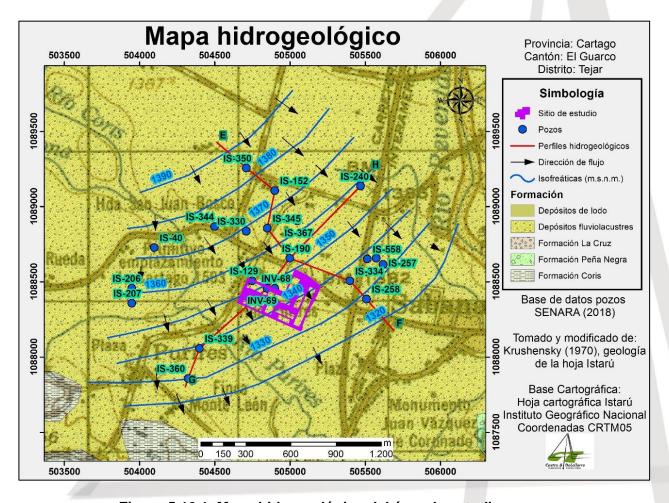


Figura 5.10.1. Mapa hidrogeológico del área de estudio.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 54 de 215.

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 (I/s)	OSN	N.F. (m.b.n.S.)	LITOLOGÍA
69-/NI	541200	203100	Superior Greens S.a	58	0	S.D.	9	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	ო	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 redonddeados 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
								0.00 1.00 SUELO GRIS oscuro arcilloso, con grava 1.00 3.30 LAHAR ,arcilla cafe,,grava,arena cantos rodados
	4					-		3.30 4.80 ARCILLA CAFE ,claro, plastica, adhesiva
IS-240	541820	203780	EMPRESAS CAVENDISH, S.A.	25,5	1,58	RIEGO	3,5	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
			F	UND/	AD/	NEN 1	963	23.50 25.50 ARENA GRUESA Y GRAVA

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

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF #18-0721A Pág 55 de 215

								INF. #18-0721A. Pág. 55 de 215.
								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 ocacionalmente 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 ARCILLOSOcon 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

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



								INF. #18-0721A. Pág. 56 de 215.
IS-360	540675	202500	LINDA VISTA, S.A.	95	3,78	DOMESTICO	8,4	INF. #18-0721A. Pág. 56 de 215.  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.clsolida sin planos de oxidación perm.ap.baja a media

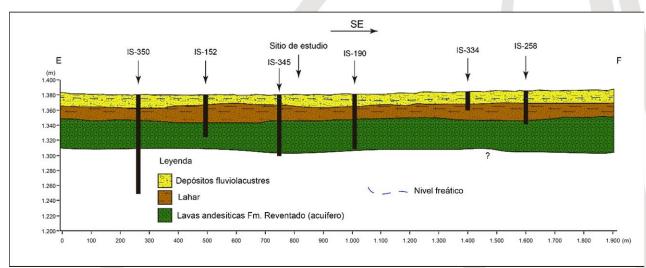
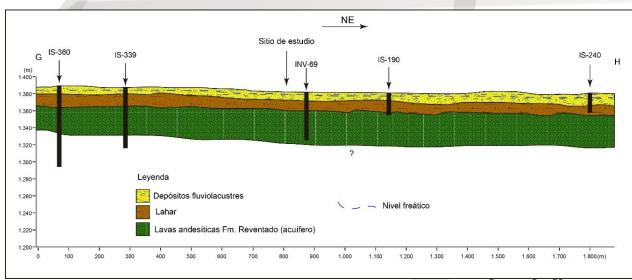


Figura 5.10.2. Perfil hidrogeológico E-F



Figured N.DOAD AcEM Hill 603 eológico G-H

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

INF. #18-0721A. Pág. 57 de 215.

# 5.11. 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  $\theta$  = 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 des		nlanta	
Depósito lacustre	Limo plástico	1	Mivei	ue ue	spiante	
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  $\theta$  = 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)

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 58 de 215.

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 aqua cercanas.

Por lo tanto, se tiene que:

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

Sustituyendo los datos en la fórmula anterior:

$$d = \frac{100 \; d\text{i}as * 0,016 \; m/dia * 0,0273}{56\%} = 0,055 \; m$$

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.

# 5.12. 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
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

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr

INF. #18-0721A. Pág. 59 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS & CONSULTORES

# 5.13. 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 rio 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\*O\*D para el acuífero en estudio es:

Índice de vulnerabilidad = G\*O\*D

Índice de vulnerabilidad = 0.7 \* 0.4 \* 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

#### 5.14. 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 180 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.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



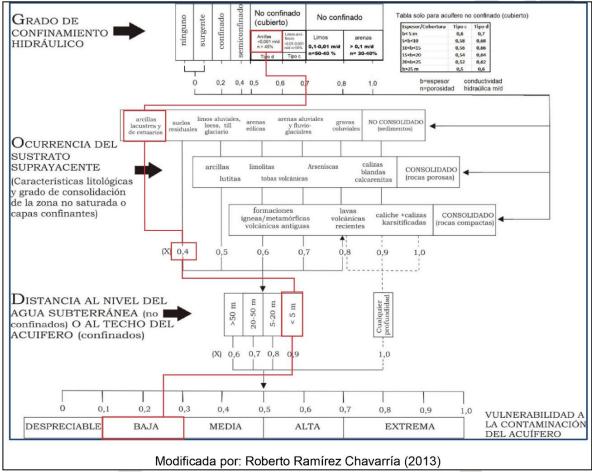


Figura 5.13.1. Diagrama de vulnerabilidad al acuífero (Método GOD).

### 5.15. 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 12) con el uso de la metodología de Hargreaves. Los 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.

# **FUNDADA EN 1963**

INF. #18-0721A. Pág. 61 de 215.

Cuadro 5.15.1. Resumen de resultados pruebas de permeabilidad doble anillo

Muestra	Coordenadas CRT	M05	K (m/día)	Clasificación
Muestra	Norte	Este	K (III/ula)	Ciasilicación
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

				DAL	_		nosins	SUELC ky	55				
Zona de l Fecha:	Estudio	:			de Cart e del 20	_							
Textura o	de Suelo	<b>o</b> :	Arcillos	a									
Simbología													
fc: Capacidad de Infiltración.  I: Infiltración.  P: Precipitación Media Mensual.  Pi: Precipitación que infilta.  CC: Capacidad de Campo.  PM: Punto de Marchitez.  PR: Profundidad de Raices.  (CC-PM): Rango de Agua Disponible.  DS: Densidad de Suelo.  C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR  C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR  Kp: Factor por vegetación (ver léame)  Kr: Factor por vegetación (ver léame)  Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración  P: Precipitación Media Mensual.  Pi: Precipitación Media Mensual.  Pi: Precipitación Que infilta.  ETR: Evapotranspiración Potencial.  ETR: Evapotranspiración Real.  HS: Humedad de Suelo Inicial.  HD: Humedad Disponible  HSf: Humedad de Suelo Final.  DCC: Déficit de Capacidad de Campo.  Rp: Recarga Potencial  NR: Necesidad de Riego.  Ret: Retención de lluvía									).				
fc [mm/d]  Kp [0.01%]  Kv [0.01%]  Kfc [0.01%]  [0.01%] =  DS (g/cm³):  PR (mm)  HSi (mm)					63,30 0,20 0,10 0,3747 0,6747 1,15 0,30 0,12			CC PM (CC-PM)	por peso (%) 41,00 30,00 11,00	(mm) 0,14 0,10 0,04			
№ de mes d Lluvia reteni					5 0,12								
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm) Ret [mm] Pi (mm)	61,70 7,40 36,64	37,80 5,00 22,13	20,80 5,00 10,66	36,40 5,00 21,19	167,30 20,08 99,34	183,90 22,07 109,19	135,10 16,21 80,22	16,61 82,18	204,70 24,56 121,54	224,90 26,99 133,54	144,20 17,30 85,62	84,20 10,10 50,00	176,33 852,24
ESC (mm) ETP (mm) HSi (mm)	17,66 93,08 0,14	10,67 108,39 0,10	5,14 136,26 0,10	10,21 134,21 0,10	47,89 114,38 0,12	52,64 97,90 0.14	38,67 98,91 0.14	108,72	58,59 116,05 0.14	64,37 103,80 0,14	41,27 80,50 0,14	24,10 80,48 0,14	410,83 1272,68
C1 C2 HD (mm) ETR (mm)	1,00 0,00 36,67 36,67	1,00 0,00 22,13 22,13	1,00 0,00 10,66 10,66	1,00 0,00 21,19 21,19	1,00 0,00 99,35 57,19	1,00 1,00 109,23 97,90	1,00 0,00 80,26 49,46	1,00 0,00 82,22	1,00 1,00 121,58 116,05	1,00 1,00 133,58 103,80	1,00 1,00 85,66 80,50	1,00	690,14
HSf (mm) DCC (mm)	0,10 0,04	0,10	0,10	0,10	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	

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

11,30

0,00

0,00

0,00

5,50 29,74

0,00

0,00

5,13

0,00

30,49

51,66

472,23

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

0,00

0,00

0,00

0,00

0,00

Rp (mm)

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 62 de 215.

# 5.16. 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.

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).

**RMA** Extrema contaminación Vulnerabilidad Alta RA **RMA** Media RM RA Baja RB Desprec RB Media Alta Baja I-1 Amenaza por toxicidad

Cuadro 5.16.1. Matriz de Riesgo a contaminación del acuífero.

Vulnerabilidad a la contaminación	Extrema		RIVIA	
	Alta	RM	Α	
	Media	RM		RA
	Baja			
3 8	Desprec	RB		
			Media	Alta
I-2		Amenaza p	or 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)

# **FUNDADA EN 1963**





INF. #18-0721A. Pág. 63 de 215.

Cuadro 5.16.2. Matriz de riesgos por condiciones de recarga.

ga	Alta	RM	RA	RN	ИΑ
Recarga acuífera	Media	R	M	RA	RMA
Reac	Baja	RI		В	
		Baja	Media	Alta	Muy Alta
Urb	o-2		Amenaza po	or cobertura	

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

ga	Alta	RM RMA			
Recarga acuífera	Media	RM		RA	
Reaci	Baja —				
·		Baja	Media	Alta	
Ur	b-3	Amenaza p	or 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	Caracteristicas
Вајо	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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 64 de 215.

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES

# 5.17. Determinación de la demanda de recurso hídrico para el hospital.

Tradicionalmente, en Costa Rica existen dos vías por las cuales una propiedad se puede abastecer de agua para consumo humano y para el sostén de actividades particulares; la primera es mediante el abastecimiento obtenido a través de instituciones administradoras del recurso hídrico (AyA, ASADAS o Acueductos Municipales); y la segunda corresponde con la aplicación de medios propios de abastecimiento que incluyen un proceso de concesión para la extracción y aprovechamiento del recurso hídrico, entre ellos la perforación de pozos, excavación artesanal de pozos y captación de aguas superficiales (ríos, quebradas o nacientes principalmente).

Bajo esta premisa, en sitios donde no se obtiene disponibilidad hídrica mediante los medios habituales ofrecidos por entes administradores del recurso hídrico o que no estén en capacidad de suministrar el caudal solicitado, las opciones se reducen a la búsqueda de medios propios de abastecimiento, los cuales comprenden, en esencia, la utilización de alguno o varios de los tres mecanismos nombrados anteriormente. De esta forma, en lo referente a la perforación de pozos, el Reglamento de Perforación del Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas (N°33884), expresa que "el recurso hídrico debe manejarse con base al principio de gestión integrada del recurso, mismo que promueva el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos naturales, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante, de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales". De ahí nace la necesidad de regular la explotación de las aguas subterráneas con fines exploratorios o de aprovechamiento en los diferentes usos, esta supervisión se da mediante la solicitud al Estado de un permiso para perforar el subsuelo y una concesión para uso del recurso de forma integrada, el cual después de una serie de análisis técnicos determinan si es otorgable o no dicho permiso.

De acuerdo con el manual de dotación de la Dirección de Aguas del MINAE se considera un volumen de 800 l/cama/día para centros médicos como hospitales, sin tomar en cuenta condiciones de riego y los empleados del hospital, los cuales demandan 100 l/trabajador/día. Adicionalmente, las necesidades de riego ascienden a 1000 l/día, referenciado 200 m2 de áreas verdes. Por otro lado, los requerimientos de lavandería aumentan el caudal en 10000 l/día. Así es como si se asumen 1000 camas y 200 empleados, el hospital requiere aproximadamente 10 l/s.

#### 5.18. Selección del sitio de construcción del pozo

Tomando en consideración la información de los SEVs, las perforaciones y los perfiles de refracción sísmica, se obtiene que el sitio más idóneo para la perforación se trata del que posee las coordenadas 1088304 N / 505031 E (Fig. 5.19.1). La intención de esta ubicación es captar tanto el nivel superficial como el nivel en las lavas del acuífero Reventado.

**FUNDADA EN 1963** 

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

INF. #18-0721A. Pág. 65 de 215.

# 5.19. Disminución del radio de protección

Según las Metodologías Hidrogeológicas para la evaluación del recurso hídrico, publicada en La Gaceta N. 243, jueves 15 de diciembre 2010, las zonas de protección de pozos debe ser una herramienta básica de protección de los acuíferos. Se debe definir la zona de captura del pozo utilizando la ecuación analítica de Darcy (ancho y punto de no retorno) y una zona de protección bacteriológica (70 días en medios porosos y 100 días en medios fracturados) definida con la metodología de radio fijo.

A continuación, se definirá la zona de captura del pozo utilizando la ecuación analítica de Darcy (ancho y punto de no retorno) y una zona de protección bacteriológica (70 días en medios porosos y 100 días en medios fracturados), definida con la metodología de radio fijo:

$$R(m) = \sqrt{\frac{Q\left(\frac{m3}{dia}\right) * T(dias)}{\pi * n * b(m)}}$$

Donde:

r = Radio m

**Q** = Caudal de explotación propuesto (10,0 l/s= 864  $\frac{m^3}{dig}$ )

**n** = Porosidad del acuífero (0,57)

**b** = Espesor del acuífero en el pozo IS-350 (62 m)

t= Tiempo (100 días en medios fracturados)

Por lo tanto

$$R = \sqrt{\frac{864 \frac{m3}{dia} * 100 dias}{\pi * 0.57 * 62}} =$$
 27.9 m

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 66 de 215.

Castro &

INGENIEROS

DeLaTorre

CONSULTORES

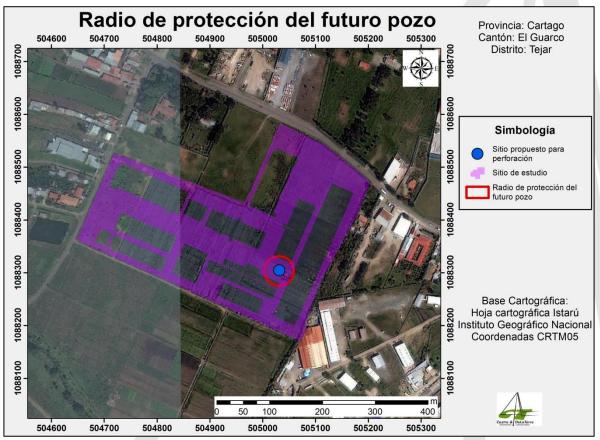


Figura 5.19.1. Mapa del radio de protección del futuro pozo.

Se ha calculado la zona de protección para el futuro pozo utilizando el método de radio fijo calculado, el cual considera el tiempo promedio que tardan las bacterias en degradarse en el suelo, este tiempo es de 100 días, según los estándares establecidos, y se calcula la distancia que recorre el agua en el subsuelo, esto permite identificar cualquier riesgo de contaminación de acuíferos.

La zona mínima de protección para un pozo debe ser la distancia que recorre el agua en 100 días, en este caso, se ha calculado un radio de protección mínimo de 27.9 m; para un tiempo de 100 días por tratarse de un medio fracturado (Figura 5.19.1).

### 5.20. Definición del rendimiento proyectado del pozo

A continuación, debido a que el sitio en el que se desea perforar se encuentra en la zona de regulación de perforación sujeta a estudio hidrogeológico establecida en el Mapa Unificado de Zona de Reserva del Valle Central (SENARA, 2013); se realizarán los cálculos pertinentes para la determinación de la oferta y la demanda, así como la determinación del ancho del tubo de flujo en el sistema hidrogeológico del acuífero Colima, que sería la unidad hidrogeológica a captar mediante la futura perforación, según los términos de referencia establecidos para el caso.

### **FUNDADA EN 1963**

INF. #18-0721A. Pág. 67 de 215.

# Determinación del ancho del tubo de flujo

Este estudio construirá el modelo de flujo y se determinará por el método de TIL el caudal que pasa por esa sección del acuífero.

Se debe aportar la información de los parámetros hidráulicos (transmisividad y coeficiente de almacenamiento) de las pruebas de bombeo existentes en los registros de pozos, sin embargo, después de investigar en la base de datos del SENARA, se llegó a la conclusión de que únicamente el pozo IS-140 localizado a 4 km de distancia del sitio a perforar, posee datos de prueba de bombeo, por lo que estos serán los datos a utilizar en los cálculos.

Según el modelo hidrogeológico conceptual y considerando la información de parámetros hidráulicos de los pozos cercanos, se determinan datos importantes como el acuífero a captar, la distribución espacial de las equipotenciales y la orientación de las líneas de la red de flujo para el mismo. La metodología consiste en definir una sección de acuífero, transversal al tubo de flujo que alimenta el área donde se ubicará el pozo, en la cual se calcula el flujo de agua subterránea en la unidad hidrogeológica que se pretende captar. Para esto se determina la zona de contribución del futuro pozo, mediante la ecuación de flujo uniforme para acuíferos confinados de Todd (1980).

El ancho de la zona de contribución " $Y_L$ ", que determina la amplitud de influencia del tubo de flujo para el pozo propuesto y la proyección gradiente abajo,  $X_L$ , conocida como punto de no retorno se calculan de la siguiente manera:

$$Y_L = \frac{\pm Q}{2khi}$$

Donde:

Q = caudal de bombeo del pozo en m<sup>3</sup>/día.

K = Conductividad hidráulica en m/día.

**b** = Espesor de la zona saturada en metros.

**i** = gradiente hidráulico.

En caso de disponer del valor de transmisibilidad (T) en m²/día, equivalente a (K \* b), la fórmula anterior se convierte en:

$$Y_L = \frac{\pm Q}{2Ti}$$

Por lo tanto para un valor de  $Q=864 \text{ m}^3/\text{dia}$  (caudal demandado por el proyecto), i= 0,0273 y T = 89,5 m<sup>2</sup>/día (pozo IS-140), se obtiene que:

$$Y_L = \frac{\pm 864m^3/dia}{2 * 89.5m^2/dia * 0.0273} = 176.8 m$$

# **FUNDADA EN 1963**



INF. #18-0721A. Pág. 68 de 215.

El valor que resulta se proyecta a ambos de la línea central de flujo que se intersecta con el punto seleccionado para la perforación del nuevo pozo. En consecuencia, el ancho de la zona de captura del pozo es la sumatoria de los valores +YL y –YL, es decir, 176,8 m a cada lado del punto en el que se perforará el pozo.

Es así como se define el diámetro del tubo de flujo en 353,6 m; con el futuro pozo en su punto medio, y es ahí donde el nuevo pozo generará influencia directa durante el proceso de bombeo para extracción del agua subterránea. La distancia al punto de no retorno está dada por la fórmula:

$$X_L = \frac{Q}{2\pi T i}$$

Con lo que se obtiene:

$$X_L = \frac{\pm 864m^3/dia}{2 * \pi * 89,5m^2/dia * 0,0273} = 56,3 m$$

Obteniéndose que la distancia al punto de no retorno, es 56,3 m aguas abajo desde el sitio a perforar.

En general, esta geometría para un tubo de flujo está sujeta a variabilidad o error por cambios en la dirección de flujo del agua subterránea, por variaciones espaciales de los parámetros hidrogeológicos del acuífero o por una combinación de estos factores.

Considerando este aspecto, se toma en cuenta el procedimiento que establecen Spayd y Jonhsons en las Guías para la definición de zonas de protección para pozos de abastecimiento público (elaborado por el Departamento Ambiental de New Jersey y Servicio Geológico de New Jersey), el cual indica que se debe considerar una rotación de 20° a ambos lados de la línea central de flujo para que las posibles variaciones de las líneas de flujo derivados de la calidad de los datos fuente que inciden en el valor calculado del gradiente hidráulico (i), o por diferencias producto de la anisotropía de K y b, (o en su defecto del valor de T) obtenidos de la prueba de bombeo.

Con la finalidad de definir el ancho del tubo de flujo en el que se realizará el balance entre oferta y demanda del recurso hídrico subterránea en el acuífero Reventado, tomando la zona de contribución al pozo propuesto, modificada con el criterio indicado en el párrafo anterior, es decir, se usará como ancho del tubo de flujo el ancho de la zona de contribución dado por la sumatoria de valores de ±YL y de las ampliaciones angulares de 20°, medido ortogonalmente a la línea de flujo central a una distancia de 50 m respecto a la ubicación del punto de ubicación del futuro pozo, como se muestra en la Fig. N°5.20.1.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 69 de 215.

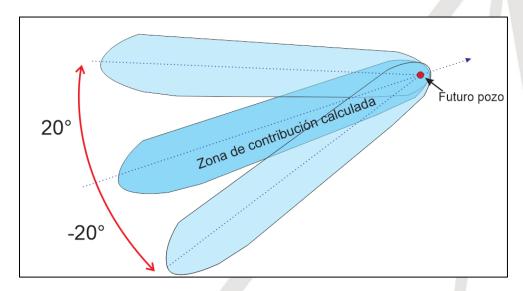


Figura N°5.20.1. Geometría de la zona de captura del pozo, modificada según Spayd y Johnson (2003)

Posteriormente, se emplea la ecuación de Darcy para calcular el caudal del tubo de flujo del sitio donde se localiza el futuro pozo, determinando de esta manera el caudal disponible y el caudal utilizado por los pozos ubicados dentro de dicho tubo y por el pozo.

Se analizaron los datos de los pozos cercanos, para generar las curvas isopotenciales del acuífero Colima mostradas en el Mapa Hidrogeológico regional, con el fin de determinar su tendencia general de orientación y definir las líneas de flujo que las cortan perpendicularmente.

Para calcular el caudal que fluye en la sección se utiliza la ecuación de Darcy:

$$Q\left(\frac{m^3}{dia}\right) = KiA$$

Donde:

K = conductividad hidráulica en m/d

i = gradiente hidráulico (calculado en 0,0273)

A = área de la sección del tubo en  $m^2 = b^*L$ .

Considerando que: T=k\*b

y sustituyendo k y A se obtiene que:

Q = T \* i \* L

donde:

 $T = transmisibilidad m^2/d.$ 

i = gradiente hidráulico.

L= ancho de la sección del acuífero en m.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 70 de 215.

Para efectos de los cálculos del balance a realizar, se tomarán en cuenta los siguientes datos:

Caudal a extraer Q=10 l/s, equivalente a 864 m<sup>3</sup>/día

 $T = 89,5 \text{ m}^2/\text{d}$ , corresponde con la transmisividad obtenida a partir de la prueba de bombeo del pozo IS-140, el cual es el único que presenta este dato para el acuífero en estudio.

i = 0,0273: con base en las elevaciones piezométricas y el mapa hidrogeológico realizado en el apartado 5.10. del presente informe.

Además se utilizan los resultados de los cálculos de la zona de contribución al pozo, ampliada por los criterios descritos por Spayd y Johnson detallados al inicio de este capítulo.

- $Y_L = m$ , valor que se ha extendido a ambos lados de la línea de flujo central determina un ancho total de 18,93 m.
- Ancho de la zona de contribución con rotación de 20º a ambos lados de la línea de flujo central, medida a 50 m del punto de origen (sitio del pozo propuesto) = 354,01 m
- Ancho total de la zona de captura (2Y<sub>L</sub> + ancho corregido) = 412,69 m.

Con base en estos elementos se calcula el caudal que fluye en la sección transversal al tubo de flujo definido con base en los parámetros explicados anteriormente. El caudal, obtenido al aplicar la fórmula Q= TiL, como se muestra a continuación:

Q = 
$$89.5m^2/\text{dia} * 0.0273 * 412.69m =$$
  
 $1008.35m^3/\text{dia} = 11.67 \text{ l/s}$ 

La demanda actual de agua se debe calcular considerando los caudales extraídos en los pozos ubicados dentro del tubo de flujo definido por el ancho de la zona de contribución al pozo propuesto ampliada como se indicó antes, contabilizando tanto los pozos gradiente arriba como gradiente abajo del punto propuesto dentro del radio recomendado de 500 m.

Como se observa en la Fig. N°5.20.2., dentro de un radio de 500 m alrededor del futuro pozo no se encuentran concesiones otorgadas.

El cuadro 5.20.1. corresponde al balance de disponibilidad de agua subterránea para el punto en el que se solicita el permiso de perforación, considerando un tubo de flujo de 306,16 m de ancho.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 71 de 215.

Castro &

INGENIEROS

DeLaTorre

CONSULTORES



Figura N°5.20.2. Cuadro de concesiones con zona de captura.

Cuadro N°5.20.1. Balance de la zona de captura del futuro pozo.

Aspecto	Caudal (I/s)
Oferta total de agua subterránea para el tubo de flujo	11,67
Total de extracción potencial concesionado	0
Caudal restante del sistema (oferta total disponible)	11,67
40% de oferta disponible	4,67
Caudal solicitado para el futuro pozo	10

El análisis realizado demuestra que, en el teórico tubo de flujo, establecido con la metodología descrita en este informe (TIL), fluyen en el acuífero Reventado unos 11,67 litros por segundo. El sistema actualmente tiene una demanda de 0 l/s, con lo que la oferta total disponible es de 11,67 l/s; y el 40 % de este caudal restante es de 4,67 l/s; por lo cual se concluye que el sistema no es capaz de ceder el caudal requerido para el proyecto.

### **FUNDADA EN 1963**

INF. #18-0721A. Pág. 72 de 215.

### **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 supera 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 de espesor variable entre 50 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.

De acuerdo al balance de aguas subterráneas se determina que la capacidad del acuífero para suministrar agua es de 4,67 l/s; con esto se concluye que no existe la capacidad para cubrir la demanda de agua del proyecto la cual fue calculada en 10 l/s.

El radio de protección queda definido en 27,9 m; para un caudal de explotación del futuro pozo de 10 l/s.

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 73 de 215.

#### 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: <a href="https://www.senara.or.cr">www.senara.or.cr</a>
- SENARA; 2014: Guía metodológica para la aplicación de la matriz de protección de acuíferos. 14 págs. SENARA [Inf. Interno]. Recuperado de: <a href="https://www.senara.or.cr">www.senara.or.cr</a>

### **FUNDADA EN 1963**



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 74 de 215.

**ANEXOS** 



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 75 de 215.

# Anexo 1

Plano y diseño del proyecto

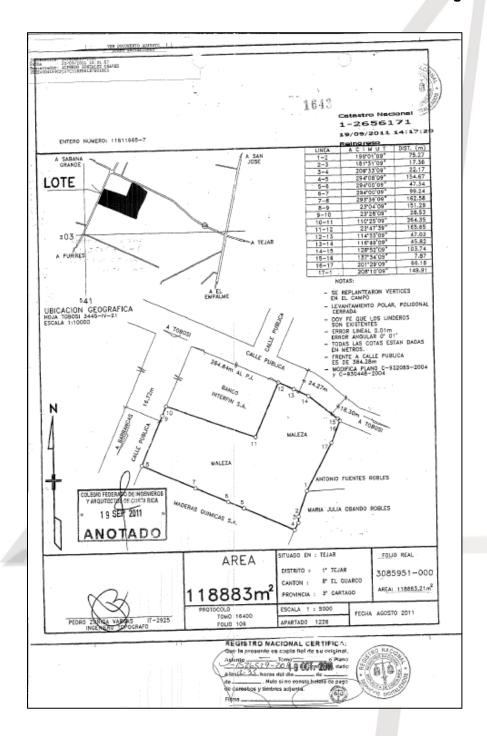


Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



### INF. #18-0721A. Pág. 76 de 215.



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 77 de 215.



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 78 de 215.

# Anexo 2

Fotos de los afloramientos identificados

### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 79 de 215.

Afloramiento 1: Arenas finas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 2: Arenas finas depósitos fluviolacustres



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 80 de 215.

Afloramiento 3: Arcillas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 4: bloques en matriz arenosa depósitos fluviolacustres



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 81 de 215.

Afloramiento 5: Arenas estratificadas depósitos fluviolacustres



Afloramiento 6: limos semiconsolidados depósitos fluviolacustres



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 82 de 215.

Afloramiento 7: Conglomerados semiconsolidados, coluvio



Afloramiento 8: Lutita meteorizada Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 83 de 215.

Afloramiento 9: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 10: Lutita meteorizada Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 84 de 215.

Afloramiento 11: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 12: Lutita meteorizada Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 85 de 215.

Afloramiento 13: Lutita meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 14: Materiales coluviales



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 86 de 215.

Afloramiento 15: Arenisca meteorizada Fm. Coris



Afloramiento 16: Lutita meteorizada, Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 87 de 215.

Afloramiento 17: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 18: Lutita meteorizada, Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 88 de 215.

Afloramiento 19: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 20: Lutita meteorizada, Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 89 de 215.

Afloramiento 21: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 22: Lutita meteorizada, Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 90 de 215.

Afloramiento 23: Lutita meteorizada, Fm. Coris



Afloramiento 24: Lutita meteorizada, Fm. Coris



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 91 de 215.

Afloramiento 25: Lutita meteorizada, Fm. Coris





Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 92 de 215.

# Anexo 3

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

### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 93 de 215.

																							B				
S		Acueducto Rural																									
DISTRITO		Turlsmo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Pâgina 1 de 2
CONCESIONES POR DISTRITOS		Fuerza Hidraulica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Pag
VCESION		Industria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.00	3.34	333	
00		Comercio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Consumo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	4.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.02	11.34	8.00	8.00	7.60	1.50	0.00	0.00	0.00	0.22	0.23	
		Rego	2.00	0.00	0.00	0.00	000	0.00	0.00	000	4.11	0.00	0.25	3.36	0.05	0.00	000	0.00	0.00	0.00	000	000	0.00	125	0.00	0.00	
		Agroin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Agrope	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Long.	538.800	538.860	538.900	538.960	541.866	540.483	540.456	541.680	538.987	542.300	543.850	539.622	542.450	543.900	543.845	543.610	543,352	543.074	542.782	541.250	541.060	541.800	541,450	542.350	
		ŧ	202.490	202.490	202.480	202.490	203.296	203.212	203.014	203.600	202.840	202.700	203.820	202.916	202.350	203.500	204.138	204.139	204.066	204.004	204.040	203.600	203.480	203.800	202.400	202.250	
			_ <b>&amp;</b>	ដ	8	83	E C	ENO.	EKO.	NO.	8	RO	RO	340	8	RO	RO	RO	RO	RO	RO	180	RO	RO	RO	0	
		Fuerte:	RIO PURIRES	RIO	RIO PURIRES	RIO PURIRES	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	RIO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	RIO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	ACUIFERO	DIRECCION DE AGUA
0 - TEJAR	sopundes /		23	8	3	8	6	50	8	6	6	5	10	10	6	5	85	158	159	159	159	6	5	5	5	8	DIRECCIO
- EL GUARO 20	- Usos: Iltos	Distrito:	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	TEJAR	
Disimio: CARTAGO - EL GUARGO - TEJAR Estado: OTORGADO	Unidad de Medida - Usos: litros / segundos	Cantón:	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	EL GUARCO	MINAE				
	-	Provincia:	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	CARTAGO	
		Apelldo											LENA CERDAS														
		Nombre	HELECHOS CERDAS S.A.	HELECHOS CERDAS S.A.	HELECHOS CERDAS S.A.	HELECHOS CERDAS S.A.	JMG CONSTRUCCIONES S.A.	CONDOMINIO VALLE NOVARUM	CONDOMINIO VALLE NOVARUM	ROBRELE LTDA	FLORES DE ISTARU S.A.	ROSA ELENA CORALES BINILLA	MIRIAM	FLORES DE ISTARU S.A.	HOSPICIO DE HUERFANOS DE CARTAGO	VILLA FRANCISCA LTDA, ORTISSA LTDA.	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A.	SERVICIOS GENERALES DEL OESTE, S.A.	CONSTRUCTORA LOS SUEÑOS HABITACIONALES S.A.	AJECEN DEL SUR S.A.	AJECEN DEL SUR S.A					
REPORTE TECNICO		Estado	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	OTORGADO	2018
<u> </u>		Exped.	12039A	12039A	12039A	12039A	12917P	3787P	3787P	4355P	4516A	4550P	4574P	4920P	5793A	S979P	602R	602R	602R	602R	602R	6467P	6531P	7041P	7857P	7857P	18/11/2018
	_																							_			_

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 94 de 215.

					_
SC			Acueducto Rural		
DISTRITO			Turlsmo	0.00	7 20 7 50 11
CONCESIONES POR DISTRITOS			Fuerza Hidráulica	0.00	ě.
NCESION			Industria	0.00	
8			Comercio	000	
			Consumo	0.00	
			Rlego	0.10	
			Agroin	0.00	
			Agrope	0.00	
			Long	543,650	
			Ħ	203.840	
			Li Li	ACUIFERO	AGUA
0 4 1	Ś	sopuni	Fuerte:		DIRECCION DE AGUA
T. OTHER		os: Iltros / seg	Distrito:	TEJAR	8
Dictriby CARTAGO, FI GLIGHOO, TELEP	Estado: OTORGADO	Unidad de Medida - Usos: Ilfros / segundos	Cantón:	EL GUARCO	MINAE
			Provincia:	CARTAGO	
			Apellido	NAVARRO SEGURA	
			Nombre	NOEM	
REPORTE TECNICO			Estado	OTORGADO	18/11/2018
R			Exped.	8867P	18/11

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 95 de 215.

# Anexo 4

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

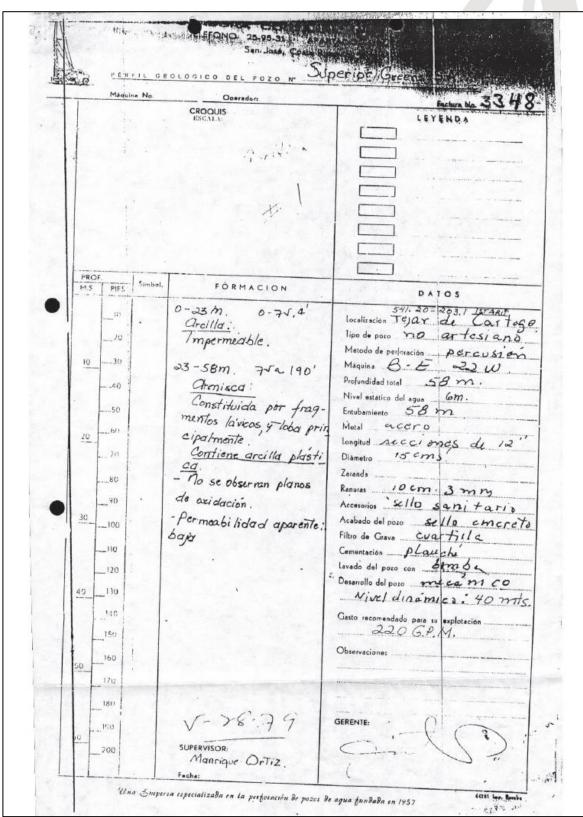
### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 96 de 215.



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 97 de 215.

					HI
			EDITO	DRADORA- COSTARRIC	SEMESTETDA Anch.
No.		P	ERFC	TELEFONO 25-95-31 APARTA	DO 4194
1				San José, Costa Rica	
1/3				Marirait	ento Familiar Cristiano de CARTAgo:
	6	PERFI		LOGICO DEL POZO Nº POVINIO	Facture No.33 43
		Màquina	No. 10	Operedor: Edgar Solan CROQUIS	LEYENDA
				ESCALA:	
		6	quipo /	'nstalado:	
				Bomba sumerjible de	
		生hp.	Con	cable, tablero de control,	
		para	rayes,	tauque de presión, control	
3		de es	lectroo	las, y tuberia de hierro	
		gal vo	iniza	do de 22 em de diameto.	IS-158.
•	PROF.	PIES	Simbol.	FORMACION	DATOS
				0-13 m.	localización 541.25-203.75. IsTArú.
		_10		Lavina:	Tipo de pozo no artesiano.
		20		Contiene lavas, tobas y	Método de perforación percusión.  Máquina Bucyrus-Érie - 22 W.
	10	30		arcilla. Permeabilidad aparente:	Profundidad total 35 m.
		40		baja.	Nivel estático del agua 3 m.
		50		13-19 m.	Entubamiento 35 m.  Metal P. V. C.
		60		ancilla:	longitud secciones de 6 m.
	20	70		Densa e impurmeable.	Diagram 15 cms.
				19-25m.	Zerenda 12 m (23 a 35 m).  Renuras 10cm x 3mm.
		80		Material Heterogeneo:	Accession sello sanitario.
1	30	90		Contiens laws meteori- zadas, y bastante arci-	Acabado del pozo sello concreto de Filtro de Grava 4m3 (cuartilla).
		100		Ila.	Comentación planche
		110		25-35m.	lavado del pozo con tomba.
		_120		lava: Andesitico-basa'Hico.	Deserrollo del pozo micarrico.  Nivel dinámico: 9 m.
	40	_130		Se observan fragmentes	Gasto recomendado para su explotación
		_140		redondeades.	30 G.P.M.
		_150		Permeabilidad aparen te: baja a media.	Observaciones La perforación se
	50	160			inicio el 16-3-79, y se fina.
	30	170			() ()
		180			
		190			GERENTE: COLOR
	60			SUPERVISOR: M	100
		_200		SUPERVISOR: Maury J.	
				Fecha: 17-4-79.	water &

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



	INF. #18-0721A. Pág. 98 de 21
Inve	entario de Portes y Manantiales
,	
	Pozo Nº. Ts - 130.
	Fecha: 31-7-86 Manantial No
11	,
Cole	ctor: J. Daniel Unesado. Fuente de información
2/4	
1 1	Localización: Provincia Cantago Cantón Quarco Distrito
	Tieser Lugar 200 mil Rest Chrisman Nombre 88.
	Mapa Hoja Zotamu No Coordenadas 203, 3-541.3
1	
1/2-	Propietario Coop. Productors Puradog Prección Cartage Inquisino
101	Perforador A60A8UB.SAirección
al	
3	Topografía Elevación m.sobre-bajo nivel
	del mar.
4	THE DAY OF THE CONTRACT OF THE
	Otros . Fecha p-7-86 Observaciones Turning do 73-7-86
5	Profundidad:reportada 50. m. Medida m. con por
	- Fecha 23-7-86 ·
6	Nivel estático: Reportado 8 0 m. Medido m. con por
	. Fecha 72 786 . Punto de referencia para medición nivel estático (Esquema atrás)
7	Acufferos:Principales de m.a m de m a m.: le
	ma m.; de ma m. Otros de ma m; de ma m; de
8	
	de <u>44</u> a <u>50</u> m.
	Rejillas: Tipo PVC Ø152 mm de 26 a 44 m.Ø mm de a
	m.
9	Explotación: Tipo bemba Capacidad N.D.
	m. si-no Estabilizado
10.0	Usos: Doméstico Abrevaderos Irrigación de X Hect. de Industrial X
11	Calidad:Color Olor Sabor Temp. OC si-no
	se tomó muestra
	Observaciones Davio de armado litología, empane de sava
	Mamantiales: Roca de donde brota
12	Estructura: Fractura Nº demjos característi-
	cas Posible origen
13	Descripción de la captación
	Caudal reportado Fecha Medido con Fecha
14	Precipitación describir Cantidad
15	
A STATE OF	ciones en página atrás.

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

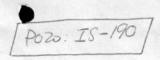
correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr



/kza

INF. #18-0721A. Pág. 99 de 215.



S. N. E. Departamento de Aguas

3 0 JUL. 1986

ANALISIS HIDROGEOLOGICO DEL POZO A PERFORAR ENC. I B I D
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, x.L., en el Tejar de El Guarco, Cartago, estos pozos son:

- a- IS-121 del Movimiento Familiar Cristiano
- o- 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, encontrán dose 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

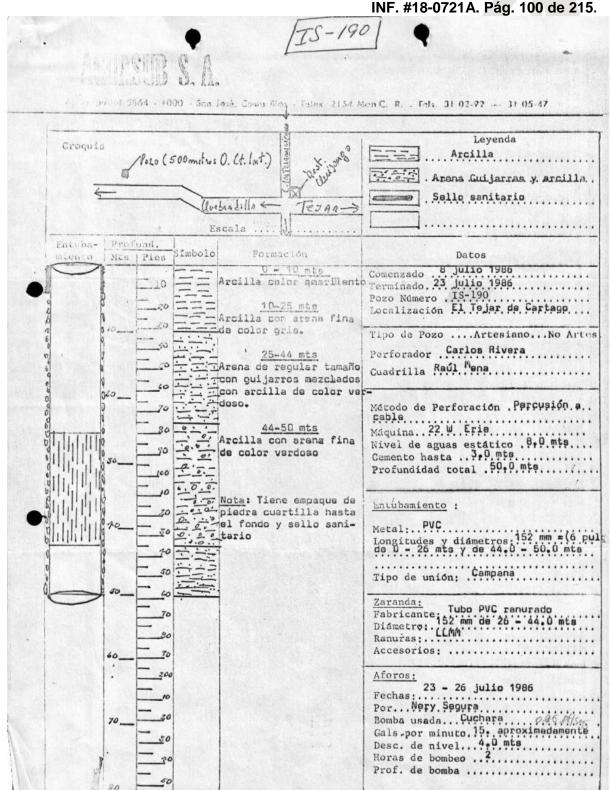
POZO .	PROPIETARIO	DISTANCIA (m)	NIVEL ESTATICO (m)	CONTROL STRUCTURE	CAUDAL 1/s	USO
	Mov. Fam. Cristiano Inmobiliaria Cañas	The state of the s	2.5 te este p	-	2	abastecimiento
IS-127	Hacienda Purires	200	6	-	1	doméstico
	AGRITICA, S.A.	250	1	-	2	riego
-	Rafael Vargas	180	-	-	-	No se usa

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 101 de 215.

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,

Credencial Nº 110 C.G.C.R.

Julio 28, 1986

### **FUNDADA EN 1963**



### INF. #18-0721A. Pág. 102 de 215.

- 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:

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/dia respectivamente, y ambos pozos captan el acuífero que será capta do 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 № 2 los valores del radio de influencia.

Tabla Nº 2

T(m <sup>2</sup> /dia)	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

#### **FUNDADA EN 1963**



INF. #18-0721A. Pág. 103 de 215.

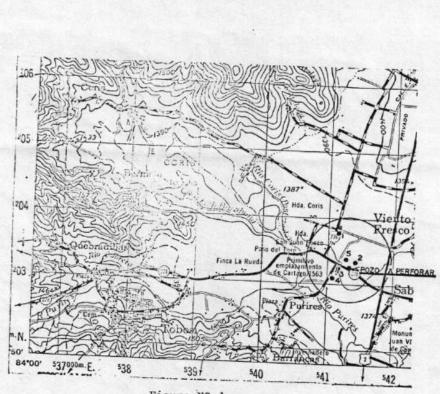


Figura Nº 1

Hoja ISTARU

Escala: 1:50.000

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

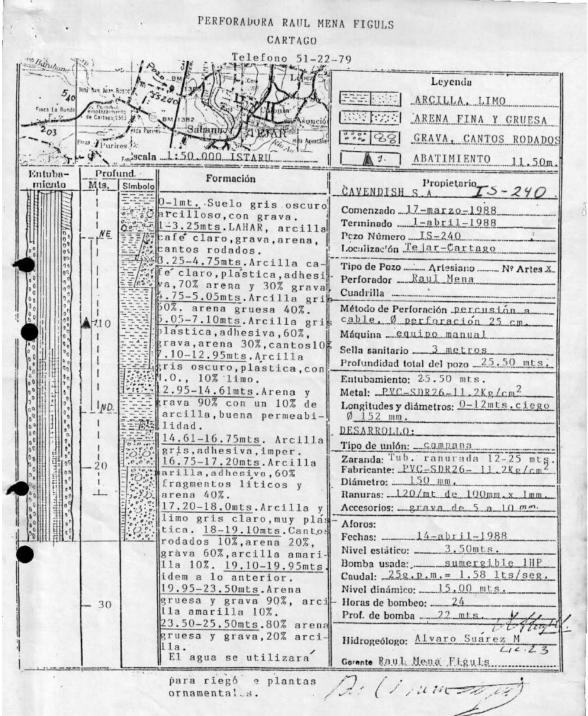
### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



### INF. #18-0721A. Pág. 104 de 215.



### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 105 de 215.

Gord 1170 HOJA_IN	VENTARIOON scre	en				
SENARA		OS DE PERFO				
N.	600				No t	IS 25
FECHA: 21/02/9	CONCESION:					
PROV.: CARTAGO	CANTON: EL	GUARCO	DI	STRITO:	TEJAR	
LUGAR: TEJAR	COLECT: V.	RAMIREZ	HC	JA TOP.:	ISTARU	
LAMBERT E : 541.8	160 LAMPERT N	203.030	EL	EV. 1	-	msnm
PROPIET: PALMITOS	DE COSTA RICA	_ PERFORA	DORA: 9	SANCHEZ. S	L.A.	
PROFUND: 4	0.00 mbns. BROC	AL:	m.	DIAM.	PERF:	304.8
METODO PERF: PERC	USION FECH	A INC: 01/	03/91	FECH	A FIN:	12/03/
NIVEL ESTATICO:	2,58 mbns.	FECHA	: 09/0	3/91		
CAUDAL DE PRUEBA:	1.98 1/s	NIV.DINAM	.: 15	<u>36</u> m. ES	TABILIZ	ADO 7 1
PROF. BOMBA:	36.00 m.	TIPO BOMB	A: SUM	ERGIBLE		
CAUDAL REC.:	<u>1,50</u> 1/s	USO:	IND	JSTRIAL	-	
DISERO Y ARMADO	REVEST.TIPO: DIAMETROS:	101.6 m	nm de _ nm de _ nm de _	0,00 m	a	19.00
	REJILLA: DIAMETROS:		nm de _ nm de _ nm de _	TIPO: 	a	
	EMPAQUE DE G	RAVA: SI	Т	APA AL FO	NDO: S	<u> </u>
OBSERV.:						
DATOS DISPONIBLES	3:					
DELINE TARECTORIANCE			-	n - c1	AN. DI	UIMICO:
LITOLOGIA : S	DISERO	: SI PR	. BUMBE	D I WA		

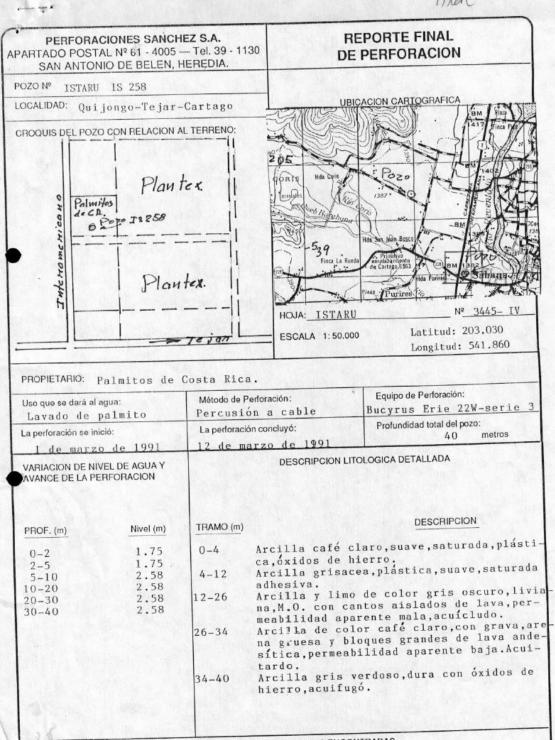
### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



### INF. #18-0721A. Pág. 106 de 215.



### 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 suceptible a combios que pueden ser ocacionados por deficit de lluvia o mala distribución de la misma.

EN CASO NECESARIO, USE HOJAS ADICIONALES

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

		IN	F. #18-0721A. Pág. 107
70.10	,		OTROS DETALLES
ZO № IS 2-	85*	SELLO SANITARIO	
OFUNDIDAD ( m )	DESCRIPCION LITOLOGICA	DETALLES CONSTRUCTIVOS	Tipo: Prof. m.
OF GRODINAD ( III )	020011111111111111111111111111111111111		inpo.
			concreto 3.0m.
			FILTRO DE GRAVA
			TIPO5-7mm.de Ø subredonde
	Ademe 12		TRAMO:
0	N.estático Sello s	anitario di I	DESARROLLO
De la	掛掛		TIPO: Aire comprimido
4		)6	
0	国共工社 A.	6	HORAS: 8
8		Ø 12"	PEONEECCION: N-
	<b>建筑双耳</b>		DESINFECCION: No
12			CALIDAD DEL AGUA-Ligerament
	N. dinámico		CALIDAD DEL AGUA:Ligerament turbia, pH 8.5
16	SANSTELL GAMMAN	6	91 1
	1300 to 1		LODOS O ADITIVOS EMPLEADOS: arcillas insitu
	Tubo SDR	26, 120ran/	PRUEBA DE BOMBEO
	不表序版图 mt.,de I	OOmm.x 0.5mm.	EQUIPO: 3 HP sumergible
24			4
	<b>深有</b> 菌		PROFUNDIDAD: 36 mts.
28	Grava		
	1977E		FECHA: 9-marzo-1991
32			5
	127		HORAS DE BOMBEO: 8
36	Tapa.	de fondo	
	12年13世	0	CAUDAL: 1.98 litros/seg.
40	生生生:	. PIST	4
			NIVEL INICIAL: 2.58mts.
200 No. 100			
	ARCILLA		NIVEL FINAL: 15.36mts.
SP West 18			
	AMENAS ARENAS		ESTABILIZADO? No
	ARENAS		TIEMPO DE RECUPERACION:
	BLOQUES DE LA	VA	
	BLUQUES DE LA	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	40 minutos % DE RECUPERACION:
NE LINE	A / )	13 36mte	
	ABATIMIENTO	13.301103.	72.0%
			TRANSM. (m²/D):
			CAPACIDAD ESP.:0.149 Lt/sg
	RECOMENDACIONE	S DEL EQUIPO A INS	STALAR
			PROFUND
BOMBA A INSTAL	AR:		ADDANOUE
MOTOR:		CABLE:	ARRANQUE
A STATE OF THE STA		ELECTRODOS	PARE
TUBERIA DESCA			ACION
	RECOMENDACION	NES SOBRE EXPLOT	
	DOS/SEG: 4.5	HORAS DIARIAS: 8	BOMBEO MAX. 18mts
CAUDAL EN LITE	ROS/SEG.: 1.5		
GEOLOGO CURT	RVISOR Alvaro Suarez Monte	ro REPRESENTA	NTE DE LA EMPRESA
GEOLOGO SOPE	Por: HIDROGEOCONSULTA		
CARNE: 23	TOI - HIDROGEOGNESSEE	TO PER MENTINE STREET	FECHA:
	rzo-1991		21.0.0

\*Alcances LE-0+3 y 01 023 Ver alcances en www.eca.or.cr

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 108 de 215.

			Repor	rte Prue	eba de	Bomb	eo	
echa 9 ruipo usa	-3-9 do 3/	1 Psur	Nivel Está	258 t tico 3 0	5 A una	profundida	Profundiond de 3	Tejan delouan iad 400m 6.0m
	Tiempo	Abati	miento Me	miento Metros		dal Lit. por	. Observaciones:	
Hora	Minutos	Acum.	Nivel	Increm.	Vol.	Tiempo	Q	Juser vaciones.
10.00	0		3.05					
	1	0.89	3.94				2.0	
	2	1.88		099				54010
	3	2.49	554					ļ
	4		602			ļ		tunbia
	5		6.43				ļ	+44019
	7		6.89					
	9		7.25					Lumbia
	11		7.44			-	1	17.50
	15	**********		0.19			2.0	
	20	Francisco Contractor	The state of the s	032	••••			sucia
		5.25			***********			
		5.39						
	40			0.51				sucia
		6.22		0.32				
11:00		6.45		0.23			2.0	

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 109 de 215.

#### Perforaciones Sánchez, S. A. Perforadora Pozos Profundos Tel. 39-11-30 Apdo. 61 Belén Reporte Prueba de Bombeo 258 Palmitos CD Ubicación Quijongo Tejan del Quareco Nivel Estático 3.05 Profundidadelel Jugo 4004 Equipo usado 3 H - severa ible A una profundidad de 36.0 un. Referencia O. 47 M. .... Hecho por .. Abatimiento Metros Caudal Lit. por seg. Tiempo Observaciones: Hora Minutes 0 Vol. Tiempo Nivel Increm. 6.66 0.21 9.71 1062 11'30 90 10.62 105 138 12.0 12.00 120 10.23 13.28 1.28 180 13:00 11.23 14.28 300 11.86 14.91 0.63 15:00 13 03 16.08 16:00 420 13.46 16.51 0.43 17:00 0.41+ 13.05 16.10 18'00 Resuperscion 6.68 .36 405 4.05 4.25 0.20 15 708 4.53 0.28 7.53 0.33 75 7.88 8.33 30

9.63

ING. HIDROGEOLOGO

6.08

6.32

11

0.28

0 42

0.50 024

GERENTE

Reuperación por a 40

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

www.cyt.cr



R-11293

INF. #18-0721A. Pág. 110 de 215.



"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

INFORME FINAL

DE

POZO

IS-\$334

PROPIEDAD

DE

MARIA CRISTINA BRENES MATA

TEJAR DEL GUARCO

CARTAGO

EMPRESA PERFORADORA

LUIS GONZALEZ LOAIZA

ENERO, 1991

TELS.: 22-71-69 21-63-86 OF. C. 26 AV. 3 y 5 (FTE. COLG. PALMOL.) - APDO. 99-1005 B0 MEXICO - FAX: 21-26-74 - SAN JOSE, COSTA RICA

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 111 de 215.



"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 sellevó 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 construído con el respectivo permiso de perforación del SNE y SENARA; se llevo la bitàcora 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 construído con maquinària 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

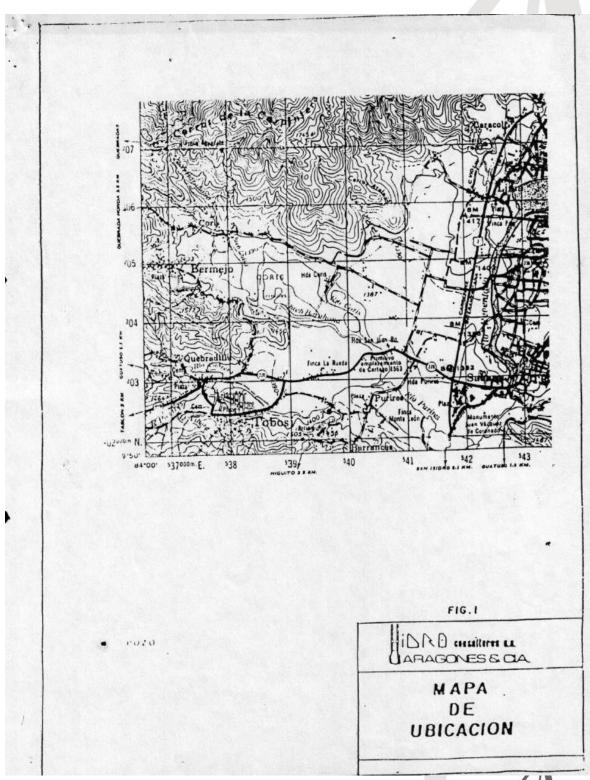
#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 112 de 215.



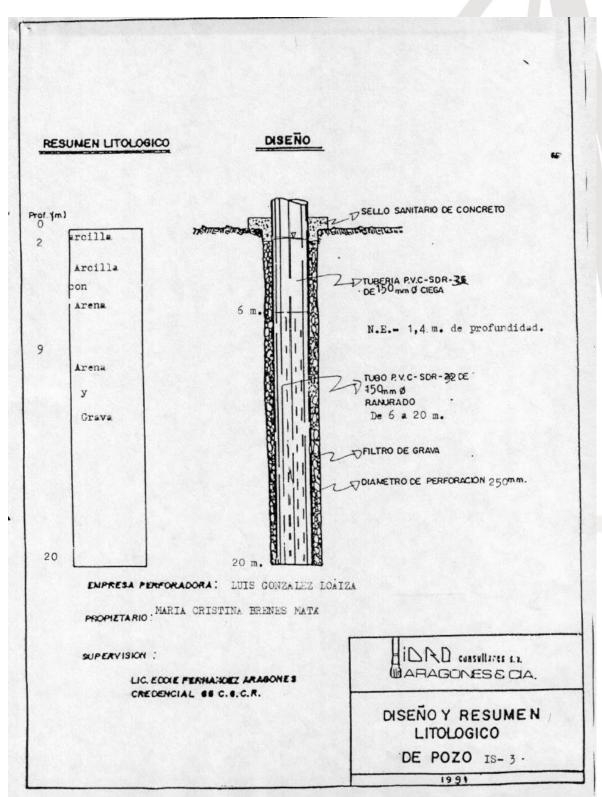
## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 113 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 114 de 215.



"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
  - 2. LITOLOGIA:

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

0-2 m. ARCILLA, color café claro, permeabilidad aparente nula.
2-9 m.ARCILLA CON ARENA, color café oscuro, Permeabilidad aparente baja a media. Ademas existen bloques redondeados lávicos, que dificultaron el proceso de perfor ación.
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

#### 3. HIDROGEOLOGIA:

aparente es de media a alta.

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.) - APDO. 99-1005 B\* MEXICO - FAX: 21-26-74 - SAN JOSE, COSTA RICA



INF. #18-0721A. Pág. 115 de 215.



"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 Fernandez Aragonés

Credencial 65 COLEGIO DE GEOLOGOS DE COSTA RICA

EFA/nmch

cc: Arch.



LS.: 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

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 116 de 215.

1.	PERFORADORA FUNDADA EN 1956 - TELEF	FONOS 25-95-31 Y 25-91	6-90 FAX: 25-99-12
	WINA EMPRESA ESPECIALIZADA EN LA	PERFORACION DE POZ TUDIOS HIDROGEOLOG	OS DE AGUA, PRUEBAS DE
Aidros Marie	Pozo No. 15 - 330  Diego fiz  Ubicación: Purires,  Hoja cartográfica: 1574  Coordenadas: Lat. 200, 700	El Guarco Rú	Simbologia litológica
(mega)	Descripción Etológica		Dates
0-	Arcillas y limes cula cafe. Poco permeable.	Profundidad:	
	24- 30 mts.	Elevación:	m.s.n.m.
20-	Permeabilidadi mudia,	Perforación por: Ros Otros:	
30-	30- 32 mts Limo -ancilla. Color café.	de O m/s	200 mm.
40-	52-74 mts.	\$ 200 mm	be ransmater Pic-26.  de 122 mbs  de 116 a 98, de 80
•	. Grava de río:	Explotación con	50 mts.
50-	Gentiene poca arcilla Be ebservan fragments	Bomba tipo: 50 Caudal: 6.3	40 mts.
60-	Permeabilidad; media	Estabilizado S Usos: Abast, Público	I by NO D
00-	a cura,		Irrigación X Flores
70-	74- 98 mts. Limo-Arcilla. Poco permeable.	Calidad: Color C	ristalina. Sabor
80-	98- 106 mts. Grava (sin Arcilla) Fragmenth redondeach		recrmendado,
90-	Permea bilidadis ALTA.	2. Se reci	otacióni 200 gale- omienda instalar 100 a 105 mts.
	125-128 mts Com ancilla. Grava com ancilla.	de pro for	ndi doel.  e perferó en 14" p es, luego en 12 p a 128.
10-	Techai 13 agosto 1991	. De Huston	

# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 117 de 215.

CONAGUA S.A CONSULTORES DE AGUAS, S. A. POZO 15-345 EXTRUSIONES DE ALUMINIO S.A. DISTRITO TEJAR, CANTON GUARCO PROVINCIA DE CARTAGO INFORME FINAL Diciembre 1991 TELEFONOS: 30-7182 - 25-1632 APARTADO 29 Z. P. 2450 SAN JOSE - COSTA RICA

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 118 de 215.

#### 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 eleva-ción aproximada de 1385 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo de la perforación, era captar un acuifero 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 diametro de 305 mm (12").

#### LITOLOGIA

00	_	a	m:	ARCILLA.
00	-	- 63	m	PARTO I LILAN .

- 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.

Material muy arcilloso, con arenas finas a medias. Permeabilidad aparente: Baja. 48 - 64 m:

64 - 78 m: Consolidada, de color gris oscuro a verdo-

Tramo superior escoriáceo, poroso, luego se

presenta más densa, con fracturas. Permeabilidad aparente: Media.

78 - 82 m.: ARCILLA. Color gris.

Permeabilidad aparente: Muy baja.



INF. #18-0721A. Pág. 119 de 215.

#### DISENO 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-quimica y bacteriológica del agua.

El nivel piezométrico de este acuifero, 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.



INF. #18-0721A. Pág. 120 de 215.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1- La perforación alcanzó el objetivo de captar el acuifero inferior, y aislar las aguas más superficiales. El acuifero 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 acuifero captado es de tipo confinado, por lo tanto no es aconsejable hacer descender el nivel dinámico del agua por debajo del techo del acuifero, 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 acuifero 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.

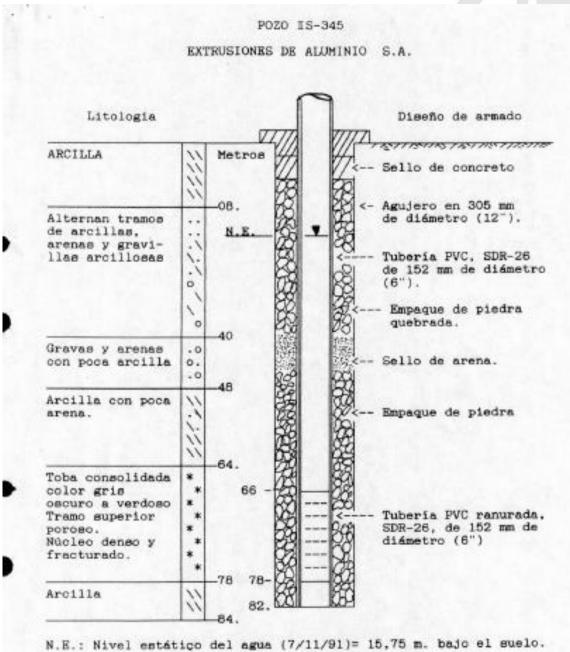
Lic. Ernesto Echandi Echeverría Hidrogeólogo

cc/S.N.E. SENARA Perforadora Sicar S.A. Archivos Se adjunta:

Mapa de ubicación Diseño del pozo.



INF. #18-0721A. Pág. 121 de 215.



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

CONAGUA S.A.

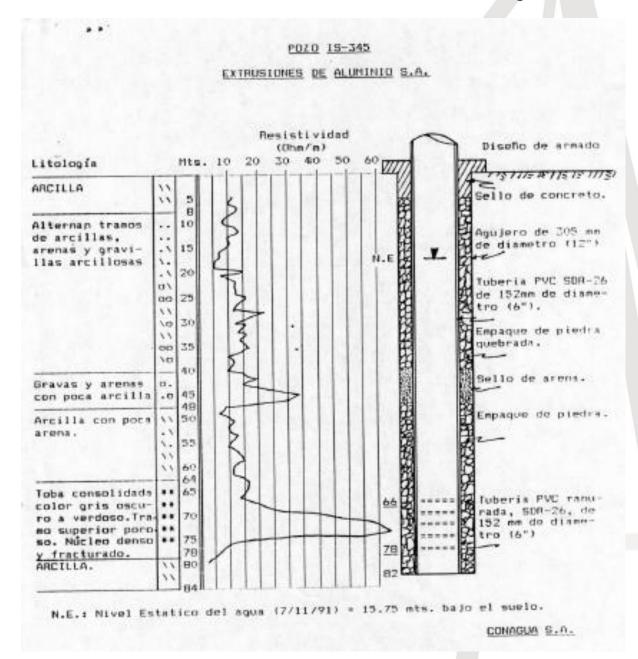
#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 122 de 215.



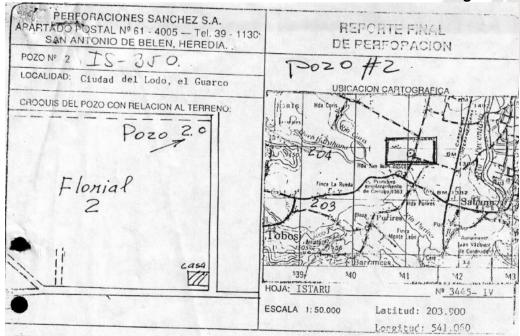
#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 123 de 215.



PROPIETARIO: FLORIAL 2

Uso que se dará al agua:	Método de Perforación:	Equipo de Perloración:	
riego	percusión a cable	Bucyrus Erie 22 W serie 3	
La perforación se inició: 28-oct1991	La perforación concluyó: 27-nov1791	Profundidad total del pozo:	

VARIACION DE NIVEL DE AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACION

DESCRIPCION LITOLOGICA DETALLADA



TRAMO (m)

DESCRIPCION

Lahar. 0-0.50m. suelo arcilloso,café amarillento,con manchas grises. 0.50-4m. Arcilla amarilla con arena,plástica. 4-6m. Arcilla efé verdoso,adhesiva. 6-8m. Arcilla negra, liviana. 8-10m. Arcilla café grisaceo. 10-12m. Arcilla gris verdoso. 12-14m. Arcilla negra. 14-16m. Arcilla negra mive plástica. 16-20m. Arcilla negra. 14-16m. Arcilla negra mive plástica. 16-20m. Arcilla negra. 10-12m. Arcilla negra mive plástica. 16-20m. Arcilla negra. 20-22m. Arcilla amarilla liviana. 22-24m. Grava de 5 a 10mm. Ø, limpia, perme aparente buena. 24-28m. Arcilla negra. 28-34m. Arcilla gris oscuro a negro. 40-68m. Arcilla gris verouso, 68-70m. Arcilla negra con mucha arena. 70-80m. arcilla gra con clastos angulares de ignimbrita y lava, permeabili dad aparente moderada. 80-86m. Lava andesítica gris claro, macrocristales de feldespatos, completamente fracturada, permeabilidad aparente buena. 86-110m. Arcilla amarilla, liviana, adhesiva, moldeable muy plástica, permeabilidad cerrada, tiene aspecto de bentonita al tacto.

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS ENCONTRADAS

El nivel del agua apareció a los 4.0mts. y se mantuvo invariable durante todo el proceso de perforación, se puede establecer la presencia de dos zonas acuíferas. la primera de 4 a 48mts., acuífero libre, baja permeabilidad, producción de l a 2 lt/seg. La segunda esta ubicada de 68 a 86mts. con una sección de lava fracturada de 82-86mts., con permeabilidad aparente buena y con condición de artesianismo. El armado de este pozo se hizo hasta los 90mts. de 90 a 110mts. fue aterrado.

EN CASO NECESARIO, USE HOJAS ADICIONALES

#### **FUNDADA EN 1963**

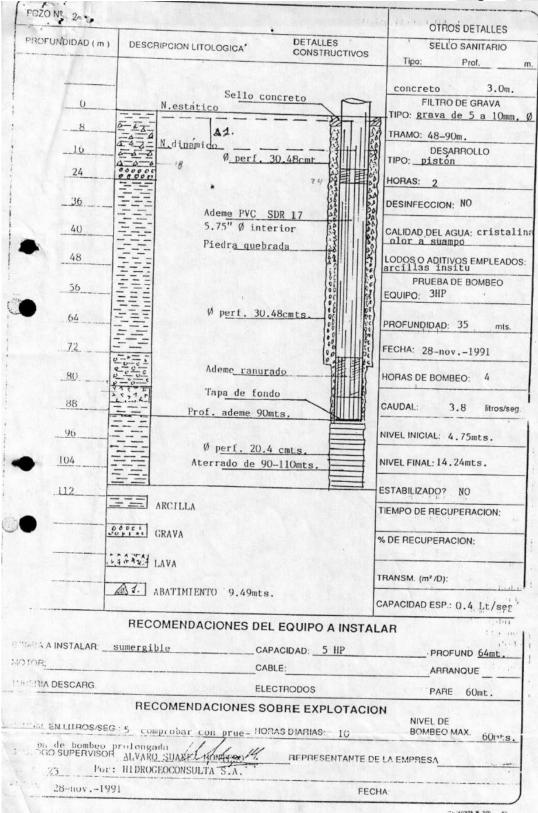
Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

# INF. #18-0721A. Pág. 124 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 125 de 215.

	UNA EMPRESA ESPECIALIZADA EN LA P BOMBEO Y ESTL	- SAN JOSE, COSTA PERFORACION DE POZI JOIOS HIDROGEOLOGI	OS DE AGUA, PRUEBAS DE . COS.		
roquis de u	Pozo No. 15 - 360 . Ubicación: Purires, Tobase Hoja cartográfica. 15TARL Coordenadas: Lat. 202.500		Simbología litológica		
landided metres)	Descripción litológica	VIII NAME OF THE OWNER.	Dates		
0-	0-6 mts. Arcilla plastica, imper- meable.	Profundidad:	8.4 m/s		
10-	Δrena fina, sin ancilla.	Topografia:P	m.s.n.m.		
20-	Arcilla gris com arena.  Poco permeable.	Perforación por: Rotación por locies . Otros: Revestimiento tipo Puc-SDR-36 . mm			
30-	30.54 mts. Grava:	Rejilla: tipo Ful	bo ranuradir.		
40-	Origen volcánico. Permeabilidad aparents: media. Se observan algunos pla-	om Explótación con: Bomba tipo:S Caudal:			
50-	nos de axidación. 54-60 mts. Arcilla, arena, grava.	Nivel dinámico: Estabilizado	SI D NO D		
60-	Poco permeable. 60-72 mts. Arcilla gris cm may po-	Otros	Irrigación 🖍		
70-	ca arena . 12-95 mts.	Olor	Sabor NO D		
80-	basamentr. Reacciona al H.C.L. Sollida, sin planos de	80.4 a 74.6	de 92 a 86.2 mts, de mts, de 63 a 59.2 mts, de 63 a 59.2 mts, de 39.8 mts		
90-	Permabilidad apasen- te: baje a media.		o en 12 p Hosts el for		

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 126 de 215.

	VENCHAL DE AMAS SUBTERRANEAS
	Poze No 7 5 - 140
	Fecha 24-1-80 Manantial No
	lector for Soyand C. Fuente de información Porco Madrigel
1	Localización: Provincia Cartago Centón Cartago Distrito Cart
	Lugar tores Nombre Residences San Nicola
	Mapa Hoja Istavu Nº Coordenadas 542.8 - 206
	2 Propietario Pesidencids Winder Dirección Inquiláno
	Perforador El Nico Dirección Pacapago S. A.
	3 Topografia ondulada Elevación n. sobre-bajo nivel del mar
	4 Perforación: Rotación Percusión X Excavado Clavado Barrenado Otros
	Pechs 31-8-74 Observaciones 15-9-79
	5 Profumdidad: Reportada 30 m. Nadida m. com por Fee
	6 Nivel estático: Reportado 6 18 m. Medido m. com J. S. Sport or Segurative
	Punto de referencia para medición nivel estático Decl de Suele (Esqu
	7 Acuiferos:Principales de na m; de na m.; de na n.; de
	Otros de ma m; de ma m; de ma m; de ma m; de m
	8 Revestiniento: Tipo PV ( riego \$151 mm do 0 a 16 m. 8 mm de a m.
	Rejillas: Tipo DVC prayre do \$152mm do 16 a 30m. 8 mm de a m.
	9 Explotación: Tipo Nemby Sympocidad 1 1/2 H.P. N.D. 10. 30 m. si-me estabili:
1	0 Usos:Doméstico Abrevaderos Irrigación de Hect. de Indus
- 10	11 Calidad:Color
	Observaciones 1: 4.84.P.S. Dowle de puedes de hourto
1	Manentiales: Roca de donde brots
	12 Estructura: Prectura Nº de cjos Características
	Posible origen
	13 - Descripción de la captación
	13 Descripción de la captación  Caudal:Reportado Fecha Medido con Fecha
	Caudal: Reportado Fecha Medido con Fecha
	Caudal: Reportado Fecha Medido con Fecha

## **FUNDADA EN 1963**

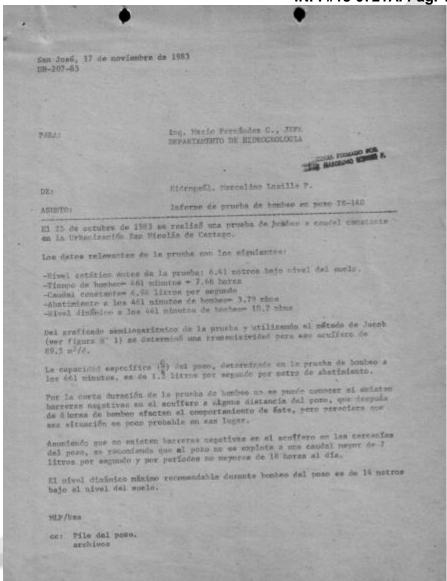
Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 127 de 215.



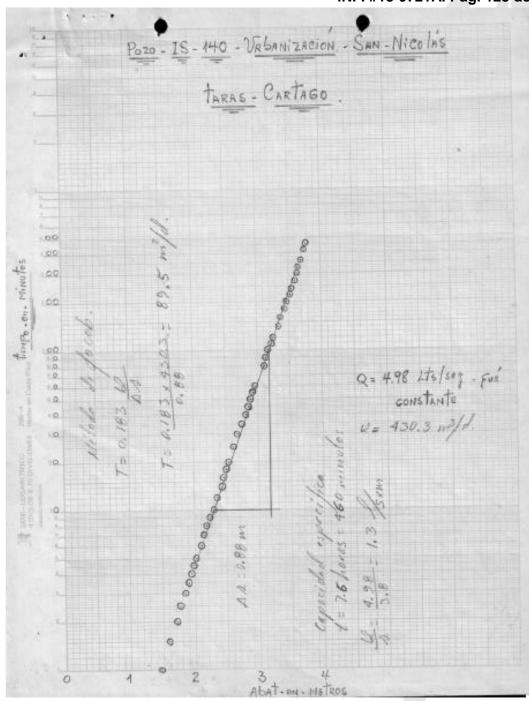
## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 128 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 129 de 215.

SENVICI	O NAC	COSTARIO		INE AS	PROTECTO LUGAR LA COM ZEGO - SANDER		
	. 4	tube 10 1.98	Briampo d	e pombeo	461	min	riempe de recuperación 45 na
refuedi roserio d soutero e	o de	e con son de	s retro	>	Profus	de 31 veristicas, vidad de 1 vidad de 1	surgoble, electron
	ENPO	MEDIDA DON DINTA	A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH	The second second	ABAFMIEN-		
	NOT EL	ARRIBA ARAJO	ARE O	DAD AL	TO O HE-	CAMOAL	DASEE ROMANET
20 14	Nutos		ND		MTs	6.P.M	
	2		7.67		1.16		NE . 6.41 miles .
- 1	1		7.89		1.48	2	a los 3 2 mento aqua
1	15		8.01		1.60	-	jarco turlis a los 5 mi
	2,		8.12		1.71		muto se allalo . + -
	25		8.19	-	1.785		a volimba abierta.
	3,		8.29		1.84		0
	31		8.34	2. 2	1.90	1	Q = 4.98, He/mg
	4.		8.36		1.95		pre constante.
- 1	42		8.40		1.995		
	5		8.43	-	2.02	-	
1	6		8.54		2-10		
	+	-	8.55		2.14	-	agua clara. salor
	8		8.60		2.19		a funo.
2016	9		8.65		2.24	70.00	
11	10		8.10		100000000000000000000000000000000000000	78.94	
11	12		8.78		2.37		WHAT THE PARTY
- 1	14		8.14	-	2.43		
	16		8.88	1	2.47	5	THE RESERVE TO SERVE
	18	-	8.90	1	2.54		
	20		9.03		2.62	+	
-	30				2.69		
1	20	100	9.10		2.75		
; 00	35		9.25		2.81		
	-	estas per Ques	MATERIAL PROPERTY.	-	20 Ara 0	The same of	

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 130 de 215.

INVEST	IGACIO	DE AGE	AS SUE	TERRAN	REPORTE DE PRUEBA DE BOMBEO				
EN COSTA RICA									
							IS-	140	DE PROCESA TENTISO
-	TIEMPO	MEDIDA CO	H CINTA	LINEA DE	PROPUNDI-	TO 4 NE-	g water or y	NL.	DBBERVACIONES
HORA	HIGH	ARRIBA	OLASA	ELECTRICA	AUBA	CUPERLICON	G.P.	-	
i	Minutos			ND		MTS 2.PS	6, F.	1	
	46			9.26		2.89		1	
	50			9.30		2.92	1	1	
	55			9.33		2.96		+	
10:20	60			9.37	-	7.30	-	1	
2217-11	70		1	-	-	7 4	1	-	
Take V	80			9.52		3-11	-	+	
	90			9.55	1-	3.14		+	
	100			9.59		3.1	_	+	
	110			9.64		13.4	-	-+	
11:50	120			9.67		3.2		001	
71/11/22	1440			9.75		3.3	7 7	8.77	
	160			9.7		3.3		-	
12:5	0180			9.8	4+	3.4		-	
12.4	20	0			96-	3.4			
-	22				3 -	3.5	21-	-	
13.2	0 24	_			65-	3.8	555.		
13.4	127			10.		3.6	CONTRACTOR	-	
14:2	9 30	_		10.	05	3.6		-	
1	33				08,-	and the second second	91		
15:3	20 36			10.	M	3.	_		
16:5	10 45	0		AO.	47	3.			Se paro a es
17:0	1 46	.1		10.	20	3.	79	_	The form in a
1	1						-		they.
-							-		
-							-		
-	1						-		
							_	_	
-									
-									
-				9					-
-									
-	+								
-	-	State Street	per Que			100 9:20		ins/17:	HOJA_DE_

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 131 de 215.

INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERNAMEAS   REPORTE DE PROPERTO   DERA (1.60 % de la 1.60 % de la 1.
TIENPO   SENTA CON CINTA   LINER DE   PROPUNCIA MARTINA   AND CAUDAL
13:02 Minoles    ND   MTS     R. 81   2.40   NE - 6.41 min   R. 81   2.40     A   R. 64   2.23     A   R. 64   2.23     A   R. 64   2.05     A   R. 64   2.0
1
1 2 9.54 2.13 - Calte - C. 86 2 9.46 2.05 3.2 1.94 3.2 1.94 3.2 1.94 4.2 2.2 1.94 4.2 2.2 1.94 4.2 2.2 1.94 1.96 3.2 1.94 1.96 1.97 1.96 1.97 1.96 1.97 1.96 1.97 1.96 1.97 1.96 1.97 1.96 1.97 1.97 1.96 1.97 1.97 1.97 1.97 1.97 1.97 1.97 1.97
2
2 2 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9
3
3 2
4     8.22       4½     8.47       8.08     1.67       8.08     1.67       8.02     1.67       8.02     1.60       9     7.92       9     7.87       12     7.87       12     7.76       12     7.76       14     7.76       15     1.35       16     7.76       18     7.66       12     7.76       12     7.76       12     7.76       12     7.76       12     7.76       12     7.76       13     7.76       14     7.76       15     7.76       16     7.76       17     7.76       18     7.66       18     7.66       18     7.76
42   ()
\$\begin{align*} \begin{align*} \begi
6 8.08 1.61 2 7 8.02 1.61 2 8 7.99 1.50 2 9 7.92 1.51 2 17:12 7.76 1.35 1.41 2 14 7.76 1.35 1.41 2 16 7.76 1.35 1.41 2 17 7.76 1.35 1.41 2 18 7.76 1 18 7
7.99 1.50 9 7.92 - 1.514 - 1.
7.92 - 1.514 - 1.514 - 1.714 -
17:12 10 7:87 5. 1.4) 4 12 7:76 1.35 14 7:76 1.35 16 7:76 1.35 18 7:66 1.35
12 7.76 1.35 14 7.76 1.35 16 7.76 1.35
7.76 1.35 16 7.74 1.365- 18 7.666- 1.265-
16 7.66 1.25 1.25 1.25 1.25 1.25 1.25 1.25 1.25
18 7.66 - 1.25
1/8   17/2   1/24
7.54 1.13
7.44 1.03
135 1.37 1076
7318- 0.90- 1
17:47 45 7.27 - 0.16 - Une se suche



INF. #18-0721A. Pág. 132 de 215.

SER	ICIO NAC	IONAL DE	AGUAS S	SUBTERRA	REPO	REPORTE DE PRUEBA DE BOMBEO			
			TA RIC		PROTECTS		LUBARSEN N. color Con		
				the same	POZO Nº	15-14	O. DE PRIVEDA TESTIDO		
Facha	5 00 No	cherta.	. (280	_Tiempo di	e bombeo	180		iempo de recuperación 30 ma	
prefu tuber Acuito		eros DI perferación e fo esp	3/ .	o m, troi	paros de La Bonba Electrica corresponda de la columna de aire				
Fedas	tes medida	e estan re	foridaga.				-		
HORA	TIEMPO DESDE EL	MEDIDA C	ON CINTA	AME O	PROFUNDI- DAD AL ABUA	ARATMIEN-	GPM	OFSERVACIONES	
моня	INICIO	ARRIBA	ABAJO	PERGRAILA	4.27	0	65		
	1				5.88	1.11		Wind estates 4.37	
	2				5.08	1.20		al initio on to prost	
	3				6.09	1.32	1		
	4				6.14	1.37		Could: 65 GF	
	5				6.12	1.42	-	(4.1. Its po seg.)	
	7				6.26	1.49			
	5				6.34	1.57			
	11				6.38				
	1.5			1	6.41	1.66			
	21		1		6.46		-		
1	20	-	-		6-55		2 7		
	25	-	-	-	6.62	1.85		Children E. A. C.	
-	30		-	1	6-66			10 1101	
1	+10	-		-	6.82	2.05		2 - 1.0 -/58	
1	50	-	1		6.89	100000000000000000000000000000000000000		12 = 1.6 fs	
-	25	1			6.35	1122234616		1 = 180 min	
1	30		1		2.0	THE RESIDENCE			
	105		1		2.01	THE R. P. LEWIS CO., LANSING			
	120				7.12	To 100 Street 200		The state of the state of	
1	150	.00			7.0	The second second	1		
	180				7. 2	2.52	65		
		-			1	1			
_	-	-	-	ARREST	CHICAGO STATE	-	e 100	Mrs. 404 05	

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 133 de 215.

SER	VICIO NAC	TONAL DE	AQUAS S	SUBTERR	RNEAS	REPO	REPORTE DE PRUEBA DE BOMBEO				
		cos	TA RIC	4		PROYECTO LUGAR					
				ne waste	ACCOUNT.	P020 N	-13-19	LO DE PROCESA TESTIDO			
Feela.	5 00 NO	V	de 1380	_Tiempo e	e bambea		anin	riampo de recuperación 30 em			
Tober Apult	O indidod de i rio de adem ero expues iro espuesto	10 10 40 <u>9</u>	de de	:_;		Profus	teristicas. didad de l	rg S DE LA BOWBA  Morce  Geowing  Whee de dire			
Todas	he medida		eferidaza.		*************						
NORA	TIEMPO DES DE FL INICIO	ARRIVA C	ON CINTA	ARE O	0.750.000.000.0000	CON PE-	CAUDAL	OBSERVACIONES			
	0	Assets	AGAN	ELE COMICS	7.29	0	-				
	1				5.79	1.50					
	2				5.74	1-55					
	3				5-69	1.60	-				
	4				5.65	1.64		Nota · Falteren			
	5				5.63	1.66		53 cm pers			
	2				5.60	1.67		recognise totalount			
	g				5.54	1.75					
	111				5.51	1.24					
	13				5.47	1.82					
	15				5.44	1.85					
	20				5.40	1.83					
	25				5.35	1.59					
	30				5.30	1.93	1				
			-				-				
					-		-				
					-	-	-				
				-		-	-				
		-		-	-	-	-				
		1			-		-				
	4				-		-				
		-	-	-	-	-	-				
		-	-				-				
-		1	and the same of th	NAME OF TAXABLE PARTY.	do 100	Ara	e toe	br			
		heahas so						MOJA DE			
	Medidos	Aschar po	w		de 100	hes.	9 700	A QUASUB Nº			
								A QUASUB IN			

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 134 de 215.

# Anexo 5

Pruebas de permeabilidad superficiales (Porchet)

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





# INF. #18-0721A. Pág. 135 de 215.

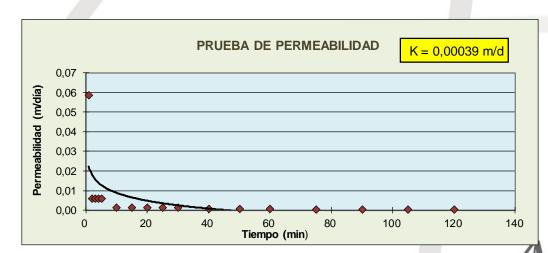
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 136 de 215.

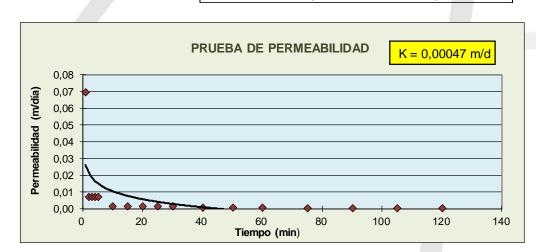
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 137 de 215.

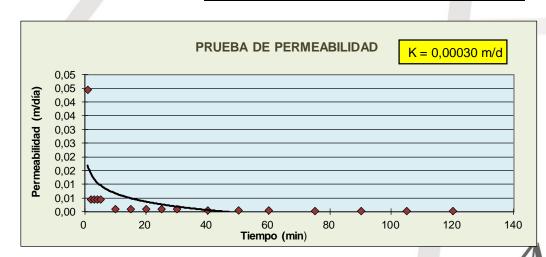
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 138 de 215.

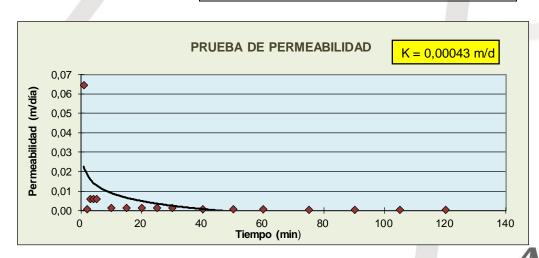
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





# INF. #18-0721A. Pág. 139 de 215.

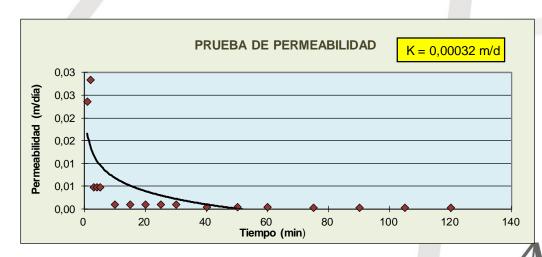
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 140 de 215.

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)
(11111)	(em)	(CIII)		
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	0,000	0,000
120	0,0	50,0	0,0000	0,000
		k	0,00E+00	0,0000



Tipo de permeabilidad:

Prácticamente impermeable

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

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 141 de 215.

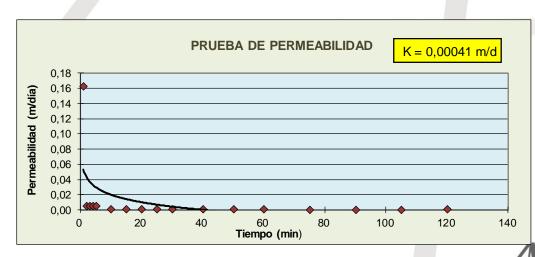
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 142 de 215.

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°8

Prof. agujero:

Prof. Prueba:

Diám. agujero:

Radio agujero:

110 cm

55 cm

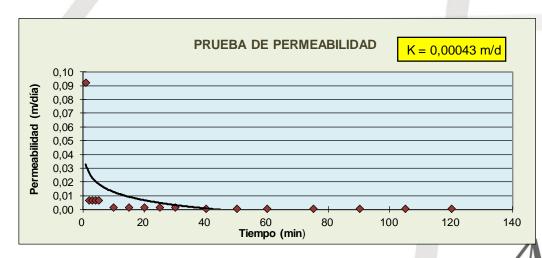
10,16 cm

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 143 de 215.

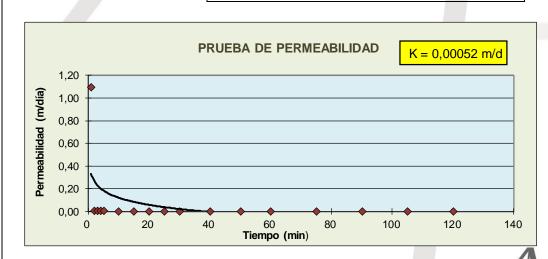
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 144 de 215.

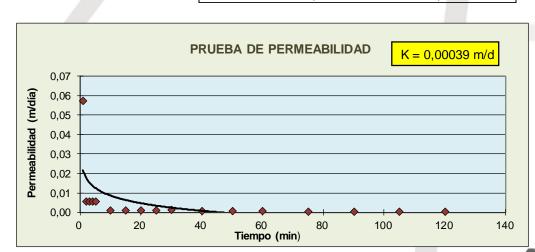
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 145 de 215.

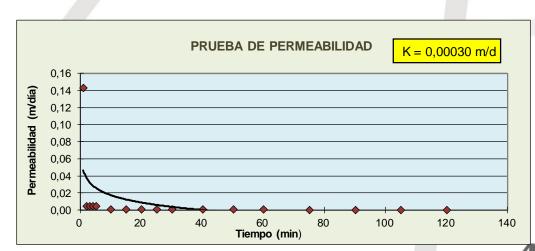
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 146 de 215.

Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°12

Prof. agujero:

Prof. Prueba:

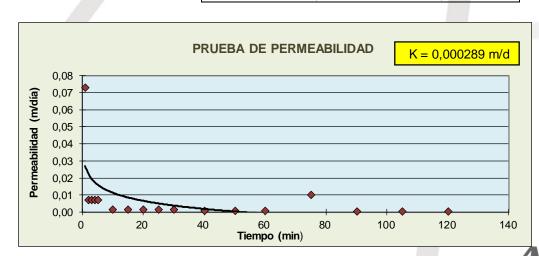
Diám. agujero:

Radio agujero:

110 cm
62 cm
10,16 cm
7,08 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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 147 de 215.

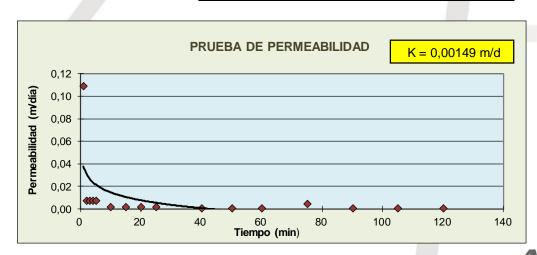
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°13

Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 62 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm

	$\bigwedge$
Castro &	DeLaTorre CONSULTORES

Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	h (cm)	k(cm/min)	k(m/día)
(IIIII)	(CIII)	(CIII)		
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	0,000	0,000486
120	0,4	47,6	0,000	0,000486
		k	8,09E-05	0,00149



Tipo de permeabilidad:

Muy baja

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 148 de 215.

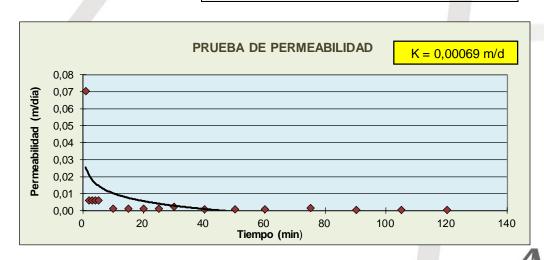
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°14

Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm

	$\Lambda$
6	
Castro & INGENIEROS	<b>DeLaTorre</b> CONSULTORES

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 149 de 215.

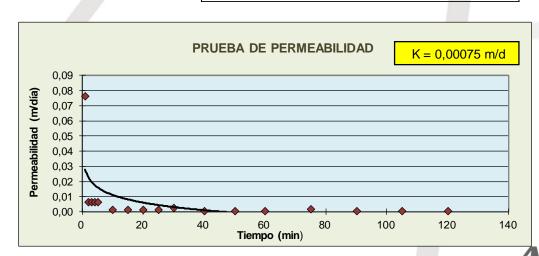
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 150 de 215.

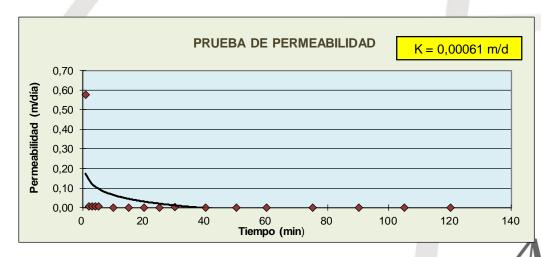
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 151 de 215.

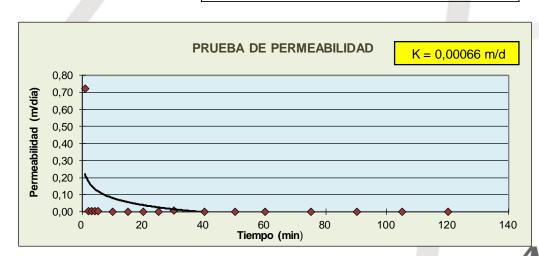
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°17

Prof. agujero: 110 cm Prof. Prueba: 45 cm Diám. agujero: 10,16 cm 5,08 cm Radio agujero:



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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 152 de 215.

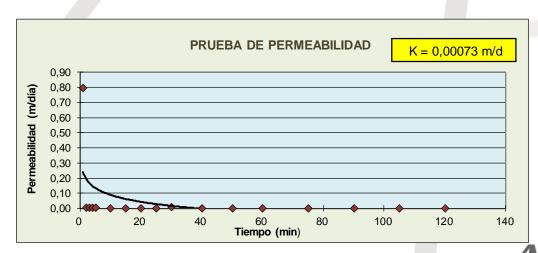
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 153 de 215.

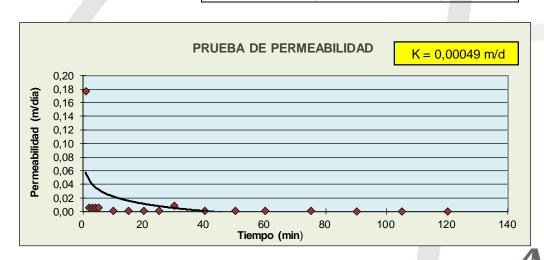
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°19

Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm

	1
Castro & INGENIEROS	DeLaTorre consultores

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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 154 de 215.

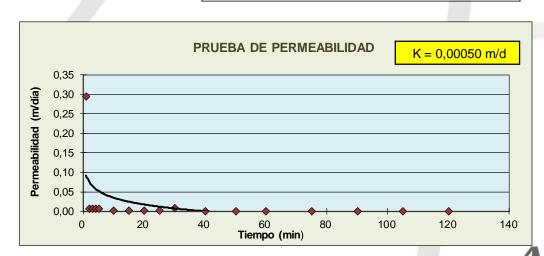
Proyecto: 2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Litología: Arcilla Prueba: Porchet N°19

Prof. agujero: 110 cm
Prof. Prueba: 50 cm
Diám. agujero: 10,16 cm
Radio agujero: 5,08 cm

Castro & DeLaTorre INGENIEROS CONSULTORES	

Tiempo	Prof.agua	h	k(cm/min)	k(m/día)
(min)	(cm)	(cm)		
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

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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 155 de 215.

# Anexo 6

Pruebas de permeabilidad método doble anillo

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



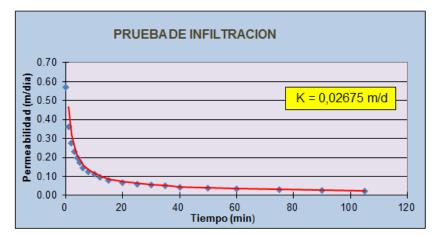
#### INF. #18-0721A. Pág. 156 de 215.

Proyecto:	2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Cartago

Tipo de suelo: Arcilla Doble Anillo Metodologia Prueba: Clima: Nublado Consolidacion: Baja Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/dia)
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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



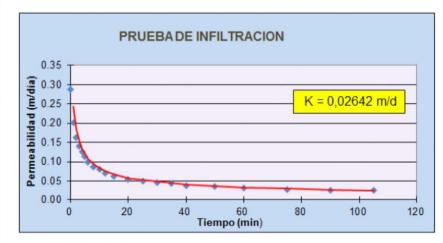
#### INF. #18-0721A. Pág. 157 de 215.

Proyecto:	2018CD-000013-4402 Nuevo Hospital de Carta	go
-----------	--	----

Tipo de suelo: Arcilla Metodologia Doble Anillo 2 Prueba: Clima: Nublado Consolidacion: Media Cobertura: Pasto



Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/dia)
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

## **FUNDADA EN 1963**

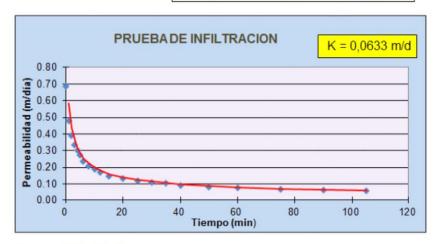
Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



#### INF. #18-0721A. Pág. 158 de 215.

Proyecto:	2018CD-000013-4402	Nuevo Hospital de Cartago
Tipo de suelo:	Arcilla	
Metodologia	Doble Anillo	Λ
Prueba:	3	
Clima:	Nublado	
Consolidacion	: Media	
Cobertura:	Pasto	Castro & DeLaTorre

Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/dia)
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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

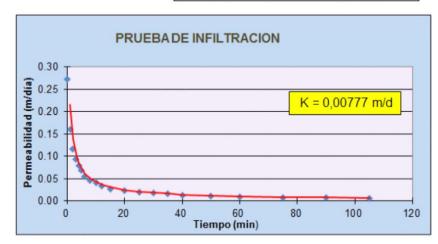
correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 159 de 215.

Proyecto:	2018CD-000013-4402 N	Nuevo Hospital de Cartago
Tipo de suelo:	Arcilla	
Metodologia	Doble Anillo	Λ
Prueba:	4	/ //
Clima:	Nublado	
Consolidacion:	Baja	
Cobertura:	Pasto	Castro & DeLaTorre

Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/dia)
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



**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

Permeabilidad: Muy baja

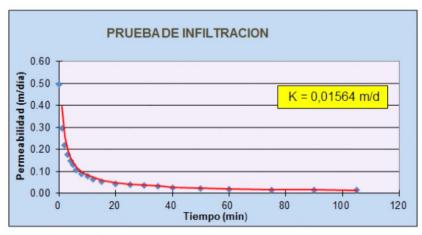




#### INF. #18-0721A. Pág. 160 de 215.

Proyecto:	2018CD-00001	3-4402 Nuevo H	ospital de Cartage	0
Tipo de suelo:	Arcilla			
Metodologia	Doble Anillo		/	Λ
Prueba:	5			/ 🐧
Clima:	Nublado			
Consolidacion:	Baja			
Cobertura:	Pasto		Castro &	DeLaTorre CONSULTORES
Tiempo	Prof.agua	Acumulado	k(cm/min)	k(m/dia)
(min)	(cm)	(cm)		

Tiempo (min)	Prof.agua (cm)	Acumulado (cm)	k(cm/min)	k(m/dia)
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

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 161 de 215.

## Anexo 7

Pruebas de permeabilidad dentro de las perforaciones (Hvorslev)

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Carga Constante

1

L (m):

m:

INF. #18-0721A. Pág. 162 de 215.

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

Limo plástico

5 m TIPO

0,065 m

2,8 m.b.n.s.

1 m.s.n.s.

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN:

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

ARREGLO DE ENSAYO:

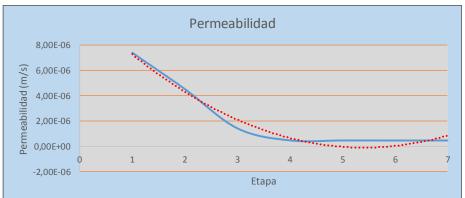
VALOR DE Hc: CONSTANTE m:

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

Suma de nivel freático + manómetro se asume medio isotrópico con kh=kv



Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volumei	n salida	Caudal	k	
ьіара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	4,785E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	7,417E-06 m/s	Fecha de ejecución 19/10/2018	3
Permeabilidad mínima	4,713E-07 m/s	Lugar	
Permeabilidad recomendada	4,713E-07 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



Carga Constante

INF. #18-0721A. Pág. 163 de 215.

Castro &

**DeLaTorre** 

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

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

Lahar

PERFORACIÓN: P-09

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO:

DIÁMETRO:

ARREGLO DE ENSAYO:

6,6 m.b.n.s. L (m): 1 m.s.n.s. m: 0,065 m

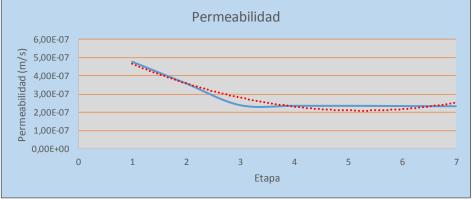
22 m

TIPO

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con kh=kv

Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	2,357E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	4,785E-07 m/s	Fecha de ejecución 22/10/201	8
Permeabilidad mínima	2,333E-07 m/s	Lugar	
Permeabilidad recomendada	2,333E-07 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en un Lahar, de permeabilidad baja

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 164 de 215.

Castro &

**DeLaTorre** 

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

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN:

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

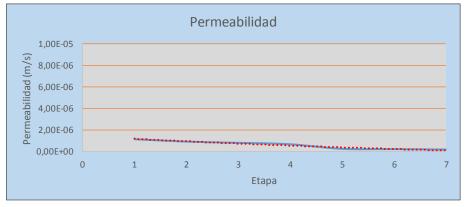
ARREGLO DE ENSAYO: VALOR DE Hc:

CONSTANTE m:

3 m TIPO Carga Constante Limo plástico m.b.n.s L (m): 0,5 1 1 m.s.n.s. m: 0,065 m

C (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303 Suma de profundidad de prueba + manómetro se asume medio isotrópico con kh=kv

Etapa	Tiempo	Volumen	entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
				-				Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



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 Permeabilidad recomendada El Guarco, Cartago 1,632E-07 m/s

Observaciones

Comportamiento descendente en un sedimentos fluviolacustres, de permeabilidad baja

#### **FUNDADA EN 1963**



#### INF. #18-0721A. Pág. 165 de 215.

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

9 m

NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO PROYECTO:

PERFORACIÓN:

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

TIPO Carga Constante 2 Turba 2,7 m.b.n.s. L (m): 1 m.s.n.s. 0,065 m

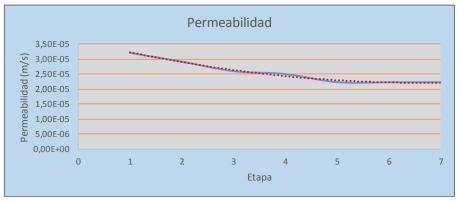
**DeLaTorre** 

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=kv

Etopo	Tiempo	Volumer	n entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
Etapa	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



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

Lugar

El Guarco, Cartago

Observaciones

Comportamiento descendente en una turba, de permeabilidad media

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 166 de 215.

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

NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO PROYECTO:

Lahar

PERFORACIÓN:

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

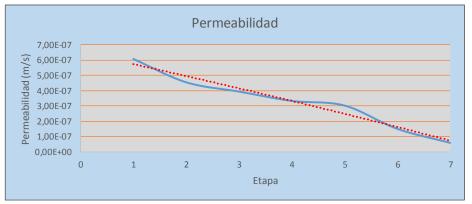
ARREGLO DE ENSAYO:

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con kh=kv

20 m	0/11/1/100		
TIPO	Carga Cor	nstante	
r			
2 m.b.n.s.	L (m):	1	
1 m.s.n.s.	m:	1	Castro & DeLaTorr INGENIEROS & CONSULTORES
0,065 m			

Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volumei	n salida	Caudal	k	
Цара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	3,334E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	6,061E-07 m/s	Fecha de ejecución 13/10/201	18
Permeabilidad mínima	6,061E-08 m/s	Lugar	
Permeabilidad recomendada	6.061E-08 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en un lahar, de permeabilidad baja



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



Carga Constante

L (m):

#### INF. #18-0721A. Pág. 167 de 215.

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

Limo plástico

4 m

0,065 m

TIPO

2,7 m.b.n.s.

1 m.s.n.s.

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN: P-20

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO:

DIÁMETRO:

CONSTANTE m:

ARREGLO DE ENSAYO:

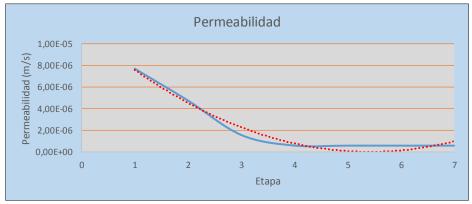
VALOR DE Hc:

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303 Suma de nivel freático + manómetro

se asume medio isotrópico con kh=kv



Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volumer	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	5,897E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	7,716E-06 m/s	Fecha de ejecución 19/10/201	8
Permeabilidad mínima	5,824E-07 m/s	Lugar	
Permeabilidad recomendada	5.824E-07 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



INF. #18-0721A. Pág. 168 de 215.

Castro &

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

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN: P-20

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

ARREGLO DE ENSAYO:

VALOR DE Hc: CONSTANTE m:

14,5 m

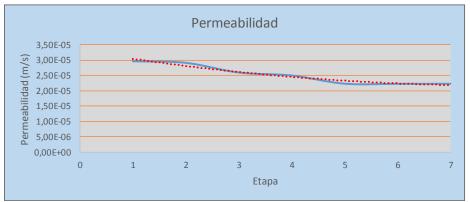
TIPO Carga Constante Turba

uiba		
2,7 m.b.n.s.	L (m):	1
1 m.s.n.s.	m:	1
0,065 m		

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

Suma de nivel freático + manómetro se asume medio isotrópico con kh=kv

Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



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	
Permeabilidad recomendada	2,229E-05 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en una turba, de permeabilidad media

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 169 de 215.

**DeLaTorre** 

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

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN:

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO:

DIÁMETRO:

ARREGLO DE ENSAYO:

VALOR DE Hc: CONSTANTE m:

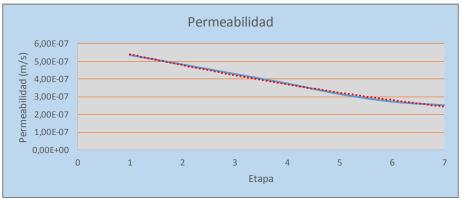
7 m TIPO Carga Constante 0,7 m.b.n.s. L (m): 1 m.s.n.s. m:

Limo plástico 0,065 m

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

Suma de nivel freático + manómetro se asume medio isotrópico con kh=kv

Etapa	Tiempo	Volumer	entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
⊏тара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	3,744E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	5,348E-07 m/s	Fecha de ejecución 18/10/201	8
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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





#### INF. #18-0721A. Pág. 170 de 215.

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

16 m

NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO PROYECTO:

PERFORACIÓN: P-22

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

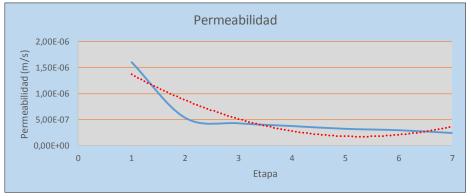
2 TIPO Carga Constante Lahar 0,7 m.b.n.s. L (m): 1 m.s.n.s. m: 0,065 m

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=kv

Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volume	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	3,744E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	1,604E-06 m/s	Fecha de ejecución 18/10/20	18
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

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



#### INF. #18-0721A. Pág. 171 de 215.

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

PROYECTO: NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO

PERFORACIÓN: P-25

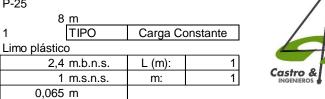
PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: NIVEL FREÁTICO: ALTURA MANÓMETRO:

DIÁMETRO:

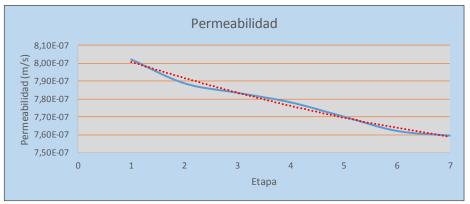
ARREGLO DE ENSAYO: G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

VALOR DE Hc: Suma de nivel freático + manómetro CONSTANTE m: se asume medio isotrópico con kh=kv





Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volumer	n salida	Caudal	k	
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)	
								Simbología:
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	k= Permeabilidad
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	



Permeabilidad media	7,782E-07 m/s	Tipo de permeabilidad	Baja
Permeabilidad máxima	8,022E-07 m/s	Fecha de ejecución 10/10/2018	3
Permeabilidad mínima	7,594E-07 m/s	Lugar	
Permeabilidad recomendada	7,594E-07 m/s	El Guarco, Cartago	

Observaciones

Comportamiento descendente en un limo plástico, de permeabilidad baja

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



#### INF. #18-0721A. Pág. 172 de 215.

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

NUEVO HOSPITAL DE CARTAGO PROYECTO:

PERFORACIÓN: P-25

PROFUNDIDAD PRUEBA:

PRUEBA: LITOLOGÍA: **NIVEL FREÁTICO:** 

ALTURA MANÓMETRO: DIÁMETRO:

ARREGLO DE ENSAYO:

VALOR DE Hc: CONSTANTE m:

19 m TIPO Carga Constante 2 Lahar 2,6 m.b.n.s. L (m): 1 m.s.n.s.

0,065 m

G (Según Lambe & Whitman, 1991, pags 302-303

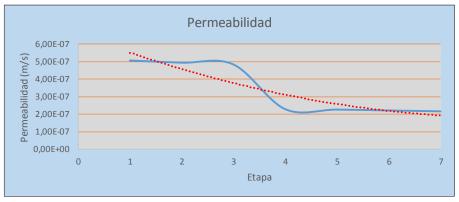
Suma de nivel freático + manómetro se asume medio isotrópico con kh=kv

Etapa	Tiempo	Volumer	n entrada	Volumei	n salida	Caudal	k
⊏іара	(min)	Inicio (m3)	Final (m3)	Inicio (m3)	Final (m3)	(m3/s)	(m/s)
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



**DeLaTorre** 

k= Permeabilidad



Permeabilidad media 2,273E-07 m/s Permeabilidad máxima 5.051E-07 m/s Permeabilidad mínima 2,147E-07 m/s Permeabilidad recomendada 2,147E-07 m/s

Tipo de permeabilidad Baja Fecha de ejecución 12/10/2018 Lugar

El Guarco, Cartago

Observaciones

Comportamiento descendente en un lahar, de permeabilidad baja

**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 173 de 215.

## **Anexo 8**

Descripción del registro de perforación.



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 174 de 215.

	1										PROY	ECTO	) i		HOSI	PITAL	DE C/	RTA	GO.
_											HBIC	ACIOI	M -		E 6	UARC	0 64	DTAG	10
Castr	o & De	LaTor	re Su	u pro	vect	o ei	n su	elo	firn	ne.	OBIC	ACIO			EL G	UARC	o, ca	KIAU	io.
INTOLIN	RACIO	SULTORES	P-9		,						LOCA	LIZACI	ON DE	PERF	ORACIO	ON:			VER PLANO
PROFUN	IDIDAD TO	OTAL :	26,60	m.									PERF						PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE
	EL TERRE		NIVEL		UAL							ORADO						YLU	JIS AGUILAR.
	DE INIC		09/10/ 19/10/								FECH		POR:		Geol.	Jesús S 08/	11/201	8	INFORME # : 18-0705 19/59
	VACION																		PIEZOMETRO: (x) SI (X) NO
INTER	VALOS	Pt	TIPO DE PERF	0	No 20		OLI	PES 60		80	N*	N corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
0,00	0,45			$\prod$		$\prod$		$\prod$											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	SPT				Ш	$\parallel$			14		43	1,20	0,82		69		
0,90	1,35		Bar					$\parallel$			38						56		
1,35	1,80		Bar		Ш	$\parallel$	Ш	$\parallel$	Ш		14						80		
1,80	2,25	2	SPT		Щ	$\parallel$	Ш	$\parallel$			13		33	1,40	0,87		87		0.20 m. 4.50 m. CADA P.
2,25	2,70		Bar			$\parallel$	$\prod$	$\parallel$	Щ		18			1	9		0		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.
2,70	3,15		Bar		Щ	$\parallel$	$\prod$	$\parallel$			15		4				56		
3,15	3,60	3	SPT			$\parallel$					20		55	1,03	1,05		64		
3,60	4,05		Bar			$\parallel$	$\prod$	$\parallel$	$\mathbb{H}$		20	A					71		
4,05	4,50		Bar			╫	Н	╫	H		23	1					60		
4,50	4,95	4	SPT		Ш			╫			18		46	1,26	1,10		76		
4,95	5,40		Bar				$\mathbb{H}$	#	H	H	34			_		_	82		
5,40	5,85 6,30	5	Bar			╁	H	$\parallel$	$\parallel$	H	33		48	1 47	1,44		71 100		4,50 m - 9,10 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y
6,30	6,75	_	Bar					$\parallel$	H		50		40	1,17	1,44		78		piedras, de consistencia dura y rígida.
6,75	6,85		TP					Ť	H		60								
6,85	8,40		HQ													0	46		1
8,40	8,85	6	SPT		Ш		$\ $				2	3	58	1,03	0,34		44		9,10 m - 9,90 m CAPA D
8,85	9,90	A	HQ	Ш	Ш	$\parallel$	Ш	$\parallel$	Ш							0	49		Limo plástico de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos, de consistencia muy blanda.
9,90	10,35	7	SPT		Щ	$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		6	9	56	1,08	0,33		49		0.00 m - 12.05 m CADA E
10,35	11,40		HQ		Щ	$\parallel$	Ш	$\parallel$	Щ							0	35		9,90 m - 12,05 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia media y semidura.
11,40	11,85	8	SPT		Щ	$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		4	6	76	0,86	0,39		51		12.05 m - 12.90 m CAPA F
11,85	12,90		HQ	Ш												0	37		Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de consistencia blanda.
																			N.F. = 1,80 m Est 4,00 m.
TP = Tr	épanos														Bar =	Barrer	10		
Pt = #1															SPT =	Sister	na de		tración Estándar
	nbología alor -N- \$		ACTA	150	e I	4	ماخ.	. d-	Er		. IE 10	Α		% Rec. = % de recuperación					
	alor -N- S lumedad												i*)	H.Q. = Rotación con broca de diamante					
Hs = Pe	so unita nesión, l	rio se	eco, g/o	cm3 (	AST	N D	293	7**)						* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado					
															Щ				<del></del>

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



## INF. #18-0721A. Pág. 175 de 215.

	$\Lambda$			-							PROY	ECTO	ı		HOSI	PITAL	DE C/	RTA	ieo.
4											UBIC	ACIO	N:		EL G	UARC	O, CAI	RTAC	30.
HOLIEL	& Dei	POLICILE	_	u proy	ect/	o e	n su	Jelo	firi	ne.									
PROFUNI			P-9 26,60	m.										PERFO		ON:			VER PLANO PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE
NIVEL DE	L TERRE	NO:		L ACTL	JAL						PERF(	ORADO	R:		ALEX			YL	UIS AGUILAR.
FECHA I	ACION :		19/10/								FECH		PUR:		Geol.	Jesús 08	/11/201	8	INFORME # : 18-0705 20/59
OBSERV	/ACION	ES:																	PIEZOMETRO: (x) SI (X) NO
INTERV		Pt	TIPO DE PERF	0	<b>N</b> o 20		<b>3OL</b> 40	PES 60		80	N*	N corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQE	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
12,90	13,35	9	SPT		Ш	Ш					3	5	41	1,32	0,35		78		12,90 m - 13,80 m CAPA G Limo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos, de consistencia media.
13,35	14,40		HQ					Ш	Ц							0	67		
14,40	14,52	10	SPT				$\parallel$	Щ	$\parallel$		30	45	46			1	100	-	
14,52	15,90		HQ	Ш			$\parallel$	Щ	$\parallel$							0	49		
15,90	16,35	11	SPT				$\parallel$	Щ	$\parallel$		32	48	37	1,41	0,80	/	67	•	
16,35	17,40		HQ		Ш	Щ		Щ	$\parallel$	$\parallel$				1	7	0	67		
17,40	17,85	12	SPT				$\parallel$	Щ	$\parallel$	H	40	60	31	1,50	1,21		58		
17,85	18,90		HQ	Ш		$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$				4			0	100		
18,90	18,90	13	SPT			$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	H	10	Δ	REE	ОТА			0		
18,90	20,40		HQ	Ш	Ш		H		$\parallel$	H	1	/				0	87		13.80 m - 36.60 m CAPA H
20,40	20,85	14	SPT			П			$\parallel$	H	43	65	41	1,29	0,98		62		Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poco meteorizados(relación de matriz y
20,85	21,00		HQ		Ш	$\blacksquare$	$\parallel$	Ш	$\parallel$	H						0	38		bloques 70/30) de consistencia rígida.
21,00	21,90		HQ		Н	$\parallel$	╫		╫	H						0	44		
-	21,90	15	SPT		Н	$\parallel$	╫	Н	╫	H	10		REE	ВОТА	1		0		
	23,40	40	HQ		Ш		$\parallel$	$\parallel \mid$	#	$\parallel$	,,					0	43	ŀ.	
	23,85	16	SPT				$\parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	H	41	62				0	67 97	•	
	24,90	17	SPT		$\parallel$	$\parallel$	$\dagger$		$\parallel$	Ħ	10		REE	ОТА	<u> </u>		0	• •	
	26,40	A	HQ			$\parallel$	Ħ	H	Ħ	Ħ						0			
	26,60	18	SPT						$\ $		55	83	42	1,35	1,74			١.	
																			N.F. = 1,80 m Est 4,00 m.
TP = Tré	panos														Bar =	Barre	no		
Pt = # N	<b>l</b> uestra													SPT = Sistema de Penetración Estándar					
S = Sim N = Va	lor -N- S	SPT (												% Rec. = % de recuperación H.Q. = Rotación con broca de diamante					
%W = Hi Hs = Pes C = Coh	so unita	rio se	co, g/	cm3 (A	STI	M D	-293	7**)					*)	* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado					

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 176 de 215.

	Λ										PRO	ECTO	1		HOS	PITAL	DE CA	RTA	GO.	
1		<u> </u>									LIBIC	ACIO	M -		TEJA	P FI	GUAR	co.	CARTAGO.	
Castro	& De	LaTor	re Si	u pro	yec	to e	en s	uele	o fii	rme.	-	AUIUI	-				COAL		ON I POU	
PERFO	acos 👺 con	POLICIALS	P-16								LOCA	LIZACI	ON DE	PERF	ORACIO	ON:			VER PLANO	
PROFUNI			20,00									MA DE		ORACI					PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE	
NIVEL DE			11/10/		UAL							ORADO ARADO				Jesús (		ARC	D MOSCO	
INALIZ			14/10/								FECH					08/	11/201	3	INFORME # : 18-0705 32/59	
OBSER\	ACION	ES:	CA.	IA CO	DST	AR	RIC	EN	BE	DEL	SEGUI	RO 80	CIAL.						PIEZOMETRO: (x) SI () NO	
INTERV		Pt	TIPO DE PERF	0	20		<b>GO</b> l	LPE	<b>S</b>	80	N*	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	%RQE	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO	
0,00	0,45							$\parallel$		Щ									0,00 m - 0,90 m CAPA A Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado	
0,45	0,90	1	SPT		Щ	Щ	Ш	$\parallel$		Щ	9		37				60		con orgánico y arcilla expansiva de color gris, de consistencia semidura.	
0,90	1,35		Bar		Ш	Ц	Ш	$\parallel$		Ш	8					- 4	82			
1,35	1,80		Bar		$\parallel$	$\parallel$	Ш	$\parallel$		Щ	9						69			
1,80	2,25	2	SPT		$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$		Щ	4		47	1,19	0,38		42			
2,25	2,70		Bar			$\parallel$	Щ	$\parallel$		Щ	8			1	1		47			
2,70	3,15		Bar				Щ	$\parallel$		$\parallel$	14		1		7		56		0,90 m - 5,40 m CAPA B Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes	
3,15	3,60	3	SPT			ı	Щ	$\parallel$		Щ	34		54	1,12	1,09		60		arenosos y piedras, de consistencia blanda, media, semidura, dura y rígida.	
3,60	4,05		Bar				Ш	$\parallel$			29	A					69			
4,05	4,50		Bar			$\parallel$	Ш	$\parallel$		Щ	19	1					60			
4,50	4,95	4	SPT		Ш		Ш	$\parallel$			14						0			
4,95	5,40		Bar			H	Н	$\parallel$		Щ	25						33			
5,40	5,85		Bar			H	Ш	$\parallel$		Щ	25						47		5,40 m - 8,00 m CAPA C	
5,85	6,30	5	SPT			$\parallel$	Ш	$\parallel$	H	Щ	23						0		Limo arcillo arenoso de color caté oscuro a negro con olor a descomposición y piedras, de consistencia dura.	
6,30	7,50		HQ		$\parallel$	$\parallel$	Н	╫		H							56		000 000 000 5	
7,50	9,00		HQ	$\mathbb{H}$	$\parallel$	₩	Н	$\parallel$	H	Н							47		8,00 m - 9,00 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas.	
9,00	10,50	_	HQ	Ш	$\parallel$	$\parallel$	$\ $	$\parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$							40		9,00 m - 10,25 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba).	
10,50	11,00		HQ	Ж	$\parallel$	$\parallel$	$\ $	$\parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$							80		10,25 m - 13,50 m CAPA G	
	12,00	4	HQ	Н	$\parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$	$\parallel$	H	$\mathbb{H}$							80		10,25 m - 13,50 m CAPA G Limo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos	
_	13,50		HQ	Ж	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	#	$\parallel$	$\parallel$	_						60			
	15,00		HQ	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\ $	$\parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$			_				53	• •	13,50 m - 20,00 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con	
	16,00		HQ	$\mathbb{H}$	#	$\parallel$	$\ $	╫	$\parallel$	$\mathbb{H}$							30	ţ.	bloques decimétricos heterogéneos, poca meteorización relación de matriz y bloques 70/30 de tamaño máximo 10 cm.	
16,00	16,50		HQ	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	1						80	<u> </u>   .	N.F. = 2,25 m - E.S.T. = 0,70 m.	
D _ T-4	inana-										1				Dar.	Barrei	1			
	épanos ⁄luestra																	Pene	tración Estándar	
s = Sim	bología	3													% Rec	c. = % c	de recu	pera	ción	
											o IE-16 e ensay		*)		B.Q. =	Rotac	cion co	n bro	ca de diamante	
ls = Pe	so unita	ario se	eco, g/	cm3 (	AST	M E	<b>)-29</b>	37**	)		sayo IE		,		* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado					

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



#### INF. #18-0721A. Pág. 177 de 215.

	$\Lambda$										PRO	YECT	) i		HOS	PITAL	DE CA	RTA	GO.				
1											UBIC	ACIO	N:		TEJ/	AR. EL	GUAR	CO.	CARTAGO.				
Castro	& Del	LaTori	e Su	pro	yed	to e	en s	suel	o fi	irme.	_				TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.								
:RFO	RACIO	N:	P-16								LOCA	LIZAC	ION DE	PERF	ORACI	ON:			VER PLANO				
IVEL DEL TERRENO : NIVEL ACTUAL PI													PERF	ORACI					PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE				
												ORAD	OR: O POR:			Jesús S		ARCO	O MOSCO				
	ACION :	0.	14/10/								FECH		J FOR.		Geoi.		11/201	8	INFORME # : 18-0705 33/59				
BSER\	/ACION	ES:	CAJ	A C	081	AR	RIC	EN	SE	DEL	SEGU	RO SC	CIAL.						PIEZOMETRO: (x)SI ()NO				
TIPO No. GOLPES N90																		,					
NTERV	ALOS	Pt	DE	_							N*	N90 corre	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO				
METRO	os	FI	PERF	ů.	20	, П	40	т	60 	80		gido											
6,50	18,00		HQ	Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш							30						
8,00	19,50		HQ	П		$\prod$	Ш		$\prod$	$\prod$							27	•	13,50 m - 20,00 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con				
0,00	13,30		114	$\mathbb{H}$	Ш	₩	₩	$\mathbb{H}$	₩	Ш	$\vdash$	<u> </u>	<u> </u>	_	<u> </u>	<u> </u>	-		bloques decimétricos heterogéneos, poca meteorización relación de matriz				
9,50	20,00		HQ	$\ $	Ш	Ш			Ш	Ш						- 2	44		bloques 70/30 de tamaño máximo 10 cm.				
				$\parallel$	Ш	T		$\parallel$	T	Ш			1		1	1	7						
_				$\parallel$	Ш	#	₩	$\mathbb{H}$	#	Ш	$\vdash$	<u> </u>		_									
				$\ $	Ш	Ш			Ш	Ш					A								
_			$\vdash$	Ħ		#	$\dagger \dagger \dagger$	$\parallel \parallel$	#	Ш	$\vdash$	1	1										
				$\perp$	Ш	Ш	Ш	Щ	#	Ш				A	1								
				$\ $	Ш	Ш			Ш	Ш			- 2										
				$\parallel$	Ш	#	$\dagger \dagger \dagger$	$\parallel \parallel$	#	Ш	$\vdash$			7	1	1	<b>-</b>						
				$\parallel$	Ш	Щ	Ш	Щ	Ш	Ш	L		A				_						
				$\parallel$		$\parallel$	Ш		$\prod$	Ш		1	7										
_				$\mathbb{H}$	Н	╫	₩	$\mathbb{H}$	╫	Ш	$\vdash$		/		1	1	-						
					Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш		7											
				П	Ш	П	Ш	П	П	П		7											
				$\mathbb{H}$	Ш	₩	Ш	Ш	₩	Ш													
				Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
				П	Ш	П	Ш	П	П	П													
				Н	Ш	₩	Ш	Ш	₩	Ш													
				Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
				Ħ	Ш	Ħ	Ш	Ħ	Ħ	Ш													
				Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
				Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
-				$\parallel$	Ш	$\dagger \dagger$	$\dagger \dagger \dagger$	$\parallel \parallel$	#	Ш	$\vdash$	<b>!</b>	1		1	1	_						
			1	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
				$\ $	Ш	Ш			Ш	Ш													
_				$\parallel$	H	₩	₩	₩	#	Н													
		1	7	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш													
					Ш	Ш			Ш	Ш													
			Щ	+	H	₩	₩	$\mathbb{H}$	₩	Ш	$\vdash$	1	<u> </u>		<u> </u>	<u> </u>							
					Ш		Ш	Ш	$\coprod$	Ш													
_				П		П	П	$\prod$	$\ $	Ш		1	1		1	1							
				$\mathbb{H}$	Ш	₩	₩	$\mathbb{H}$	₩	Ш													
				$\ $			Ш		$\ $	Ш													
									-		+		1		1	1	<b>-</b>		N.F. = 2,25 m - E.S.T. = 0,70 m.				
											_	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>			11.1 - 2,20 III 2.0.1.1 - 0,10 III				
	panos															Barrer			to the Early Lo				
	/luestra bología															= Sister c. = % c			tración Estándar ción				
= Va	lor -N- S	SPT (A																	ca de diamante				
	umedao so unita									ón d	e ensa	/o IE-0	5*)		-								
			2 (AST								oove II	22+1			1	ayo Ac			** Ensayo No Acreditado				

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



## INF. #18-0721A. Pág. 178 de 215.

	١												HOSPITAL DE CARTAGO.								
										CACIO	N:		TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.								
& Del	SULTORES	re <b>S</b> (	u pro	yect	о е	า รบ	elo f	firme						•							
RACIO		P-20	_						_												
		NIVEL	ACT									URACI	OMER			ERN/					
											POR:		Geol.			0	INFORME # : 18-0705 40/59				
										CIAL.			00/	11/201	,	PIEZOMETRO: (x)SI ()NO					
TIPO NO GOI DES							т -	N90		I		I									
ALOS	Pt	DE PERF	0	20			60 80			corre	%W*	Hs**	C*	%RQD	%REC	S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO  0,00 m - 0,40 m CAPA A				
0,45			Ш	Ш	Ш	Ш	Ш										Relleno artificial heterogéneo limo plástico de color café oscuro contaminado con orgánico y arcilla expansiva de color gris.				
0,90	1	SPT		Щ	Ш	Ш	Ш	Ш	9		51	1,15	0,60		100						
1,35		Bar		Щ	Щ	Щ	Ш	Щ	13						91						
1,80		Bar				Щ	Щ	Щ	14						82						
2,25	2	SPT				Щ	Щ	Щ	38		36	1,36	1,10	/	87						
2,70		Bar			Ш	Щ	Щ	$\parallel$	19			1	1		100						
3,15		Bar		ш			Щ	$\parallel \mid$	54		1				73						
3,60	3	SPT		Ш			Ш		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				
4,05		Bar			Ц	Ш	Щ		29	A					56		arenosos y piedras, de consistencia semidura, dura y rígida.				
4,35		Bar					Ш		59						38						
4,80		TP				Ц	Ш		45												
5,25		TP					Ш		58												
5,65		TP							89												
6,92		HQ					Ш								35						
7,37	4	SPT					Ш		17	26	44	1,25	1,05		93						
8,46		HQ	Щ	Щ	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel \mid$	-						87						
8,91	5	SPT	Щ		$\parallel$	$\prod$	$\parallel \parallel$	$\parallel \parallel$	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				
9,92		HQ	Ш	Щ	$\mathbb{H}$	$\mathbb{H}$	$\parallel \parallel$	$\parallel$							0		piedras, de consistencia muy blanda y dura.				
10,37	6	SPT			$\mathbb{H}$	$\mathbb{H}$	$\parallel \parallel$	#	19	29					0		4007 44.00 0101.0				
11,46		HQ	Ш	$\parallel$	$\mathbb{H}$	$\mathbb{H}$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	_	<u> </u>					100		10,37 m - 11,00 m CAPA D Limo plástico de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos.				
11,91	7	SPT			$\parallel \parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	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				
12,92		HQ	Щ	$\mathbb{H}$	$\mathbb{H}$	$\parallel$	$\parallel \parallel$	#							100		blanda.				
13,37	8	SPT	Ш		Ш	Ш	Ш		4	6	46	1,18	0,34		100		NE -440 × FOT -040 ×				
																	N.F. = 1,40 m - E.S.T. = 0,40 m.				
panos													Bar = Barreno								
bología													% Rec	SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación							
											S*)		B.Q. =	Rotac	ción co	n broo	ca de diamante				
so unita	rio se	co, g/	cm3 (	AST	M D-	2937	**)				,		* Ens	* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado							
	LTERRE 2 LTE	ALOS	MIADA TOTAL   26,00	MINING   M	Name	No. 0	MADAD TOTAL	No.   Solution   No.   No.	No.   Section   Section	INDICATION   SIST   TERRENO : NIVEL ACTUAL   PERF   DEC   NIVEL ACTUAL   PERF   DEC   NIVEL ACTUAL   PERF   DEC   NIVEL ACTUAL   PERF   DEC   NIVEL ACTUAL   PREF   DEC   NIVEL ACTUAL   PREF   DEC   DEC	No.   SISTEMA DI   PERFORADI   PERPARADI   PERPARADI	SISTEMA DE PERF   SISTEMA DE	SISTEMA DE PERFORACI   TERRENO:   NIVEL ACTUAL   PERFORADOR:	MINDATOTALL   26.00 m   SISTEMA DE PERFORACION:   OMER	IDAD TOTAL.   26.00 m   SISTEMA DE PERFORACION:	IRAN DT OTAL   26,00 m	INDATOTAL   26,00 m				

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



## INF. #18-0721A. Pág. 179 de 215.

	$\overline{\Lambda}$											PRO	PECTO	) i		HOS	PITAL	DE CA	RT/	GO.					
4												UBIC	ACIO	N:		TEJ/	TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.								
Castr	EROS M COI	LaTor		u pr	oye	cto	en	su	elo	fir	me.														
	DRACIO		P-20 26,00	m											ORACI		ORACION: VER PLANO  DEDCUISION ESTANDAR Y POTACION CON RECCA DE DIAMANTE								
NIVEL D	IVEL DEL TERRENO: NIVEL ACTUAL F											PERF	ORADO	DR:		OMER	OMER RAMIREZ Y FERNANDO GONZALES								
FECHA DE INICIO: 10/10/2018 FINALIZACION: 19/10/2018										PREP	ARADO A:	POR:		Geol.	Jesús : 08	Solís /11/2018	3		INFORME # : 18-0705 41/59						
DBSERVACIONES : CAJA COSTARRICENSE DEL SE											EL			CIAL.			-				PIEZOMETRO: (x) SI () NO				
	NTERVALOS Pt			No. GOLPES 0 20 40 60 80							80	N*	N90 corre	%W*	Hs**	C*	%RQE	%REC	s	1	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO				
METR 13,37	os 14,46		PERF	۩ٚڶ	П	m	Ť	Ĭ	M	Ī	ΤĨ		gido					23			12,41 m - 14,35 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de consistencia blanda.				
14,46	14,91	9	SPT									6	9					100		Lir	14,35 m - 15,30 m CAPA G mo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos				
14,91	15,92		HQ							$\parallel$	$\parallel$						1	56			de consistencia media.				
15,92	16,37	10	SPT		П		+	$\parallel$		$\parallel$	$\parallel$	28	42	42	1,29	1,72		60	•						
16,37		11	HQ			Ш	l			$\ $	$\parallel$	63	95		- 1	4		0							
17,51 17,96	17,96 19,23	''	HQ				Ī			4	$\parallel$	03	90	2	4			24							
19,23	19,68	12	SPT					Ï		$\ $	Ħ	47	71	38	1,35	1,31		69	•						
19,68	20,51		HQ	1[									A	/				20							
20,51	20,96	13	SPT							$\parallel$	$\parallel$	36	54	37	1,35	1,20		60			15,30 m - 26,00 m CAPA H Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con				
20,96	21,97		HQ					Ш	Щ	$\parallel$	$\parallel$							59	١		oques decimétricos heterogéneos, poca meteorización relación de matriz y loques 70/30, de tamaño máximo 10 cm y el mínimo 5 cm de consistencia dura y rígida.				
21,97	22,17	14	SPT		П		T	Ш		$\parallel$	$\parallel$	58	87	35	1,33	1,57		69							
22,17	23,56	15	HQ		Ш			Ш	Ш		Ħ	70	105	23	1,82			65 82							
23,86	25,00		HQ	Ī	П		Ī			I	Ħ				.,02			57	•						
25,00	25,45	16	SPT									60	90	32	1,43			47							
25,45	26,00		HQ		$\parallel$					$\parallel$	$\parallel$							60							
			4	$\  \ $	$\parallel$	Ш	+	$\parallel$		$\parallel$	$\parallel$														
			1	╢	$\parallel$	H	+			$\parallel$	$\parallel$														
				╁	$\dagger$	H	+	H		$\parallel$	$\parallel$														
				╽╽	$\parallel$	Ш	1	H		$\parallel$	Ħ														
				1 [																					
																					N.F. = 1,40 m - E.S.T. = 0,40 m.				
	épanos Muestra																Barre		Dans	tracia	ón Estándar				
S = Sin	nbología	а														% Rec	SPT = Sistema de Penetración Estándar % Rec. = % de recuperación B.Q. = Rotación con broca de diamante								
√W = H Hs = Pe	alor -N- lumeda eso unita	d natu ario se	ıral (A eco, g/	ASH cm3	TO (AS	T-2	65, D-2	Ins 293	tru ( 7**)	cić	n d	e ensay	o IE-06	5*)											
	hesión,										e en	sayo IE	-33*)			* Ens	* Ensayo Acreditado ** Ensayo No Acreditado								

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





#### INF. #18-0721A. Pág. 180 de 215.

	1										PRO	ECTO	1		HOS	PITAL	DE C/	RTA	GO.				
											HBIC	ACIO	u .		TE 14	TT IAD EL CUADOS CADIAGO							
Castr	n & Dr	LaTo	- S	, pro	vaci		n ei	uale	, Gi	ma	UBIC	ACIUI			I EJ/	TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.							
medire	RACIO	POLICIAL	P-22	, р. с	,			-			LOCA	LIZACI	ON DE	PERF	DRACION: VER PLANO								
	IDIDAD T		23,00	m									PERF			J14.			PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE				
	EL TERR		NIVEL		UAL							ORADO						AYN	MARCO ALVARADO				
	DE INIC		11/10/ 17/10/								PREP	ARADO	POR:		Geol.	Jesús	Solís /11/201	0	INFORME # : 18-0705 44/59				
	VACION				DST/	ARI	RIC	EN:	SE I	DEL	SEGU		CIAL.			00	/11/201	,	PIEZOMETRO: (x) SI () NO				
	TERVALOS Pt		TIPO DE PERF	0	N 20		GOL 40	PE:		80	N*	N90 corre	%W*	Hs**	C*	%RQE	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO				
0,00	0,45		PERF	Ш								gido							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	Н			Ħ	Ħ		Ħ	2		48				49		con diganico y atoma expansiva de color gris.				
0,90	1,35		Bar	Ш			Ħ	Ħ		T	3						71						
1,35	1,80		Bar				$\parallel$			$\parallel$	8					Á	56						
1,80	2,25	2	SPT								11		50		1	4	56		0,20 m - 4,05 m CAPA B				
2,25	2,70		Bar							$\downarrow \downarrow$	12			1	1		49		Limo plástico de color café claro a amarillento con vetas grises, lentes arenosos y piedras, de consistencia muy blanda, blanda, media, semidura y dura.				
2,70	3,15		Bar			Щ	$\parallel$			$\downarrow \downarrow$	15		4		/		69						
3,15	3,60	3	SPT			Щ	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	16		4				100						
3,60	4,05		Bar			Щ	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	25	4		_			60						
4,05	4,50		Bar			Щ	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	24	/					47						
4,50	4,95	4	SPT		L	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	18						29						
4,95	5,40		Bar				$\parallel$	H	$\parallel$	$\parallel$	25						51						
5,40 5,85	5,85 6,30	5	SPT				$\dagger$	$\parallel$	H	$\dagger$	25						64 24		4,05 m - 9,00 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color café oscuro a negro con olor a descomposición y				
6,30	6,75	H	Bar				$\dagger$	$\parallel$		$\dagger$	34					<del>                                     </del>	60		piedras, de consistencia semidura, dura y rígida.				
6,75	7,20		TP								20												
7,20	7,35		ТР							$\prod$	50												
7,35	9,00		HQ			Щ	$\parallel$	$\parallel$	Ш	$\downarrow \downarrow$							64						
9,00	9,45	6	SPT		$\parallel$		$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	10	15	53				49						
9,00	10,11		HQ		$\parallel$	Щ	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$							27		9,00 m - 11,21 m CAPA E Limo plástico de color calé amarillento con class verduzcas, de consistencia				
10,11	10,56	7	SPT		+	$\mathbb{H}$	$\parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$	$\parallel$	5	8	68	0,95	0,52		100		media y semidura.				
-	11,61		HQ		+	$\parallel$	$\parallel$	H		$\parallel$	-			<u> </u>	_	_	70		11,21 m - 12,15 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de				
11,61	12,06	8	SPT	Ш	Ш	Ш	<u> </u>	Ш	Ш	Ш	4	6	47	1,19	0,68		100		Limo de alia plasticidad de color negorio con materia vegerar (turba), de consistencia blanda.  N.F. = 3,50 m - E.S.T. = 0,40 m.				
		<u> </u>									<u> </u>			<u> </u>		<u> </u>							
TP = Tr																Barre							
Pt = # I S = Sim																	ma de de recu		etración Estándar				
S = SIII N = Va			ASTM I	D-158	6, In	stru	ccić	n d	e E	nsay	o IE-16	*)							oca de diamante				
%W = H Hs = Pe C = Col	so unit	ario s	eco, g/o	cm3 (	AST	M D	-293	37**	)				*)		* Ens	ayo A	credita	lo	** Ensayo No Acreditado				

#### **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



# INF. #18-0721A. Pág. 181 de 215.

	$\Lambda$											PRO	ECTO	ì		HOS	PITAL	DE CA	RT/	).			
4												UBIC	ACIO	N :		TEJ/	IR, EL	GUAR	CO,	ARTAGO.			
Castro	RUS # CON	LaTor		u pre	oye	ecto	o e	n sı	velo	o fii	rme	_											
	RACIO DIDAD TO		P-22 23,00	m									LIZACI MA DE				RACION: VER PLANO  N: PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMA						
NIVEL DE	L TERRE	NO:	NIVE	AC		۱L						PERF	ORADO	R:	ALEX			ΑYΙ	RCO ALVARADO				
	DE INIC		11/10/ 17/10/									FECH.	ARADO A:	POR:	Geol.	Jesús 08	Solis /11/201	8	INFORME # : 18-0705	45/59			
)BSER\	SERVACIONES : CAJA COSTARRICENSE DE						DEL	SEGUI	RO 80	CIAL.						PIEZOMETRO: (x)SI ()NO							
INTERV	ALOS	Pt	TIPO DE	0								N*	N90 corre	%W*	Hs**	C*	* %RQD	%REC	%REC S	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO			
METRO 11,61	13,11	Pt	PERF	Ĭ	П	20	П	40	П	50	80	gido				70		11,21 m - 12,15 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba), de					
13,11	13,56	9	SPT		H	Ħ	Ħ	Ħ	$\parallel$			10	15	31	1,47	0,56		100		consistencia blanda.			
13,11	14,61		но										70		12,15 m - 15,20 m CAPA G Limo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedra	as y lentes arenosos							
14,61	15,06	10	SPT HQ					24	36	47	1,20	1,04	Á	100		de consistencia semidura y dura.	a.						
14,61	16,11							Ш					1	1	33								
16,11	6,11 16,56 11 SPT							$\prod$	29	44	48	1,21	1,53		82								
16,11	17,61		HQ	Ш	Ш		Ш	Ш	Щ		Ш			- 4				70					
17,61	7,61 17,71 12 SPT					50	75	4				0	•										
17,61	7,61 19,11 HQ						A					40		15,20 m - 23,00 m CAPA H									
19,11	19,11	13	SPT				A	REBOTA				<del>    </del>			Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro bloques decimétricos heterogéneos, poca meteorización bloques 70/30, de tamaño máximo 25 cm y el mínimo 5	relación de matriz							
19,11	20,61		HQ SPT									33	۱	dura y rígida.									
20,61	21,06	14		П	П	П	$\parallel$	$\parallel$	╫	H	Н	32	48	24	1,54			60					
20,61	22,11		HQ	H	H	H	H	$\parallel$	╫	H	H					47							
22,11	22,11	15	SPT	H	H	H	H	H	╫	H	Н		l	KEE	ВОТА	l	0		•				
22,11	23,00	16	SPT	H	H	Ħ	Ħ	Ħ	$\parallel$					REF	ВОТА		45 0						
20,00	20,00		o	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	H	Ħ			<u>-</u> -									
			Á	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ														
		Á	7																				
						$\prod$					Ш												
					$\parallel$	$\parallel$	$\prod$	$\parallel$	$\parallel$		Ш												
				$\  \ $	$\parallel$	Ц	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		Щ												
											Ш												
																<u> </u>		<u> </u>		N.F. = 3,50 m - E.S.T. = 0,40 m.	•		
	épanos																Barre		Da	oión Entándos			
s = Sim	/luestra bología															% Red	c. = % (	de recu	pera				
l = Va	lor -N- S	SPT (A										yo IE-16 e ensay		;*)		B.Q. :	Rota	ción co	n br	de diamante			
ls = Pe	so unita	rio se	co, g/	cm3	(AS	STN	1 D	293	37**	)		isayo IE		,		* Ens	ayo Ad	credita	lo	Ensayo No Acreditado			

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



## INF. #18-0721A. Pág. 182 de 215.

	$\Lambda$									PROY	ECTO	1		HOS	PITAL	DE CA	RT/	AGO.		
		_								LIBIC	ACIOI	M -		TE 14	D EI	GUAR	~	CAPTAGO		
Castro	Castro & DeLaTorre Su proyecto en suelo firme.  PERFORACION: P-25									OBIC	AUIUI	•		1207	TEJAR, EL GUARCO, CARTAGO.					
intolini	EROS 👺 CON	POLICIAL	_	, ,						LOCA	LIZACI	ON DE	PERF	ORACIO	ON:			VER PLANO		
	DIDAD T		20,00	m						SISTEMA DE PERFORACIO										
	DE INIC		10/10/	ACTUAL						PERFORADOR: PREPARADO POR:					ANDER Jesús S		YF	ERNANDO GONZALES		
	ACION		13/10/							FECH/		POR.		Geo. v		/11/201	8	INFORME # : 18-0705 50/59		
OBSER	VACION	ES:		A COSTA	RR	ICE	NS	E DE	L 8			CIAL.						PIEZOMETRO: (x) SI (X) NO		
INTER\ METRO		Pt	TIPO DE PERF	0 20		<b>OL</b> F	PES 60	8	30	N*	N90 corre gido	%W*	Hs**	C*	C* %RQD	%REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO		
0,00	0,45							9							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		Ц	Ш	Ш	Ш		7					- 4	27				
1,35	1,80		Bar		$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		12		172			A	27				
1,80	2,25	2	SPT		$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		15				1		87		0.25 4.50 0.40 4.0		
2,25	2,70		Bar		$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		19			1	1		73		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.		
2,70	3,15		Bar		$\parallel$	$\parallel \mid$	$\parallel$	$\parallel \parallel$		17		4		/		80				
3,15	3,60	3	SPT		$\parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	$\parallel \parallel$		15		49	1,24			71				
3,60	4,05		Bar		$\parallel$	$\parallel \mid$	$\parallel$	$\parallel \parallel$		17	A					38				
4,05	4,50		Bar		$\parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$		15	/					100				
4,50	4,95	4	SPT		$\parallel$	$\parallel \parallel$	$\parallel$	$\mathbb{H}$		24		48	1,25	0,95		69				
4,95	5,40	_	Bar		$\parallel$	$\parallel \parallel$	#	H		24						64				
5,40	5,85	_	Bar		$\parallel$	₩	#	₩		21		44	1 25	0.00		82				
5,85 6,30	6,30	5	Bar		$\parallel$	$\parallel$	$\dagger$	₩		16 30		44	1,25	0,80		76 80		4,50 m - 8,30 m CAPA C Limo arcillo arenoso de color calé oscuro a negro con olor a descomposición y		
6,75	7,20		Bar		ч	$\parallel \parallel$	$\dagger$	$\parallel \parallel$		39						71		piedras, de consistencia dura y rígida.		
7,20	7,65	6	SPT			$\parallel \parallel$	$\parallel$	$\parallel \parallel$		23		45	1,24	1,16		100				
7,65	8,10		Bar	"						51						71				
8,10	8,30	A	TP							80										
8,30	9,81		HQ		$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ								64		8,30 m - 10,26 m CAPA D		
9,81	10,26	7	SPT		$\parallel$	Щ	$\parallel$	Щ		19	29	35	1,46	0,86		100		Limo plástico arenoso de color gris verduzco con piedras y lentes arenosos, de consistencia dura.		
10,26	11,35		HQ		$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	Щ								58		10,26 m - 13,26 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistencia		
11,35	11,80	8	SPT			Ш		Ш		6	9	68	1,00	0,56		100		blanda y media.		
																		N.F. = 2,60 m - E.S.T. = 0,50 m.		
	P = Trépanos														Barre		Parr	etración Estándar		
S = Sim	Pt = # Muestra S = Simbología													% Red	c. = % (	de recu	pera	ación		
N = Va	s = simbología y = Valor -N- SPT (ASTM D-1586, Instrucción de Ensayo IE-16*) WW = Humedad natural (AASHTO T-265, Instrucción de ensayo IE-06*)																	oca de diamante		
Hs = Pe	so unita	rio se	eco, g/o	ASHTO T-2 cm3 (ASTN M D-2166,	I D-	2937	7**)					*)		* Ens	ayo Ad	creditad	do	** Ensayo No Acreditado		

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





## INF. #18-0721A. Pág. 183 de 215.

	$\overline{\Lambda}$												PRO'	/ECT	) i		HOS	PITAL	DE C	ARTA	GO.
1		_											UBIC	ACIO	N:		TEJ4	AR. EI	. GUAF	CO.	CARTAGO.
Castro & DoLo Torre Su proyecto en suelo firme.  PERFORACION: P-25 PROFUNDIDAD TOTAL: 20,00 m									ıe.					1 - 201	I LUAR, EL GUARGO, UNRIAGO.						
														ORACI	ON:			VER PLANO			
	OFUNDIDAD TOTAL: 20,00 m EL DEL TERRENO: NIVEL ACTUAL CHA DE INICIO: 10/10/2018 IALIZACION: 13/10/2018													E PERF	ORAC					PERCUSION ESTANDAR Y ROTACION CON BROCA DE DIAMANTE	
	CHA DE INICIO: 10/10/2018										PERFORADOR: PREPARADO POR:					Jesús S		YF	ERNANDO GONZALES		
INALIZ	ACION :		13/10/	2018	3								FECHA:						3/11/201	8	INFORME # : 18-0705 51/59
BSER\	ACION	ES:	CA.	A C	:08	ST/	R	RIC	EN	ISE	DI	EL S	BEGU	RO SC	CIAL.						PIEZOMETRO: (x) SI (X) NO
INTERV METRO		Pt	TIPO DE PERF	0		<b>N</b> c 20		<b>GO</b> 40		<b>ES</b>		80	N*	N90 corre	%W*	Hs**	C*	%RQI	D %REC	s	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO
	12,81		HQ											gido					69		10,26 m - 13,26 m CAPA E Limo plástico de color café amarillento con vetas verduzcas, de consistenci
12,81	13,26	9	SPT				$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	Щ	$\parallel$		3	5	85	0,81	0,44		71		blanda y media.
13,26	14,35		HQ				$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$							1	100		13,26 m - 14,80 m CAPA F Limo de alta plasticidad de color negro con materia vegetal (turba) de
	14,80	10	SPT	П	H	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		10	15	172			4	47		consistencia semidura.
14,80	<del>─┤</del>			-	Ļ	_	<u> </u>	<u> </u>	0.45		59		14,80 m - 17,35 m CAPA G								
15,81	6,26 17,35 HQ					6	9	41	1,41	0,42		100 64		Limo de alta plasticidad de color gris verduzco con piedras y lentes arenoso: de consistencia media.							
								1	7			87		17,35 m - 20,00 m CAPA H							
	20,00		HQ	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$				7		_		27		Lahar fino de limo plástico arenoso de color café claro a amarillento con bloques decimétricos heterogéneos, poca meteorización relación de matriz bloques 70/30, de tamaño máximo 10 cm y el mínimo 2 cm.
				I	I	I	I	Ħ	$\parallel$		$\parallel$		7							11111	
														/							
					$\parallel$		$\parallel$	Ш	$\parallel$		Ш										
				H	$\parallel$		$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	_									
				H	$\parallel$	H	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	-									
				$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	-	_							-	
				$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		-							-	
			1	H	H	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$					-					
		A	7	$\parallel$	Ħ	H	$\parallel$	$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$										
						j															
								$\prod$													
					$\parallel$	$\parallel$		$\parallel$	$\parallel$	Щ	$\parallel$										
				Ш																	
															1	1	1	1	1		N.F. = 2,60 m - E.S.T. = 0,50 m.
	épanos																	Barre			Code Fate In
t = # Muestra s = Simbología																	ma de de reci		tración Estándar ción		
1 = Va	lor -N- S	SPT (A																			ca de diamante
ls = Pe	umedad so unita lesión, k	rio se	co, g/	cm3	(AS	STN	N D	-29	37*	*)					6*)		* Ens	savo A	credita	do	** Ensayo No Acreditado

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 184 de 215.

# Anexo 9

Fotos de las cajas de muestreos y los trabajos realizados

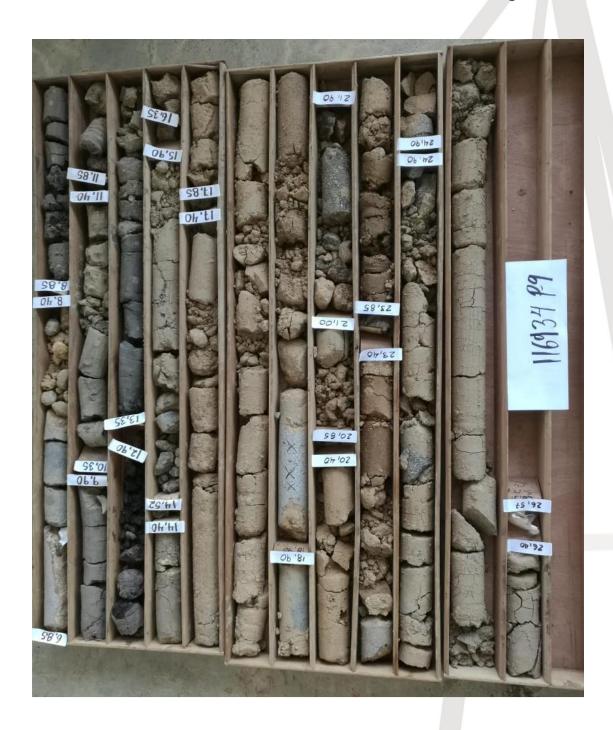


Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 185 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr

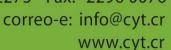


INF. #18-0721A. Pág. 186 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 187 de 215.



**FUNDADA EN 1963** 

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 188 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr





Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 189 de 215.



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr





INF. #18-0721A. Pág. 190 de 215.

# Proceso de perforación

#### Perforación P-9



Perforación P-16



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 191 de 215.

## Perforación P-20



Perforación P-22



# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 192 de 215.

Perforación P-25



# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 193 de 215.

## Pruebas de permeabilidad

Prueba permeabilidad Hvorslev





## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 194 de 215.



## Pruebas de permeabilidad Porchet



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 195 de 215.





## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



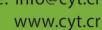
INF. #18-0721A. Pág. 196 de 215.





# **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 197 de 215.

#### Pruebas de Permeabilidad Doble anillo



Prueba 1



Prueba 2



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 198 de 215.



Prueba 3



Prueba 4





INF. #18-0721A. Pág. 199 de 215.



Prueba 5

## Muestreo de suelos porosidad y CC



## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 200 de 215.

# Muestreo de suelos porosidad y CC



#### Aforo del río Purires



Aforo 1

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 201 de 215.



Aforo 2



Aforo 3



INF. #18-0721A. Pág. 202 de 215.



Aforo 4



Aforo 5



INF. #18-0721A. Pág. 203 de 215.

#### Realizacion de SEVs



SEV<sub>1</sub>



SEV 2



INF. #18-0721A. Pág. 204 de 215.



SEV<sub>3</sub>

## Realización de perfiles de refracción sísmica



Refracción 1

## **FUNDADA EN 1963**

correo-e: info@cyt.cr www.cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 205 de 215.



Refracción 2



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 206 de 215.

# Anexo 10

Resumen de los ensayos SEVs dentro del proyecto

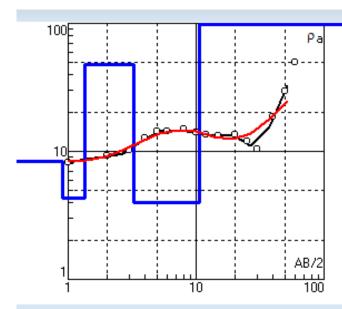
## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 207 de 215.



Curva teórica e inversión. SEV 1

#### Cuadro resultados SEV1

∏ Er	ror = 11.1	.%	- 0	X
N	ρ	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			

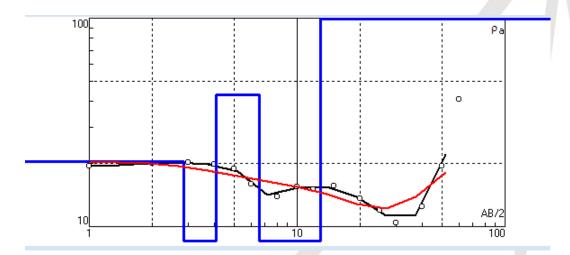
## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 208 de 215.



Curva teórica e inversión. SEV2

#### Cuadro resultados SEV2

∏ Er															
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														

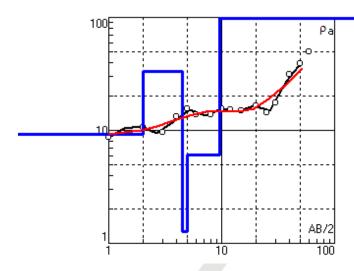
## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076





INF. #18-0721A. Pág. 209 de 215.



Curva teórica e inversión. SEV3

#### Cuadro resultados SEV3

	7														
∏ Er															
N	ρ	h	d	Alt											
1	9.17	2.01	2.01	-2.008											
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														

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 210 de 215.

# **Anexo 11**

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

## **FUNDADA EN 1963**

Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 211 de 215.

Сара	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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 212 de 215.

# Anexo 12

Resumen de resultados de CC y PM del CIA



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



#### INF. #18-0721A. Pág. 213 de 215.





Ret\_H (2 ptos)

25/10/2018

06/11/2018

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

Nº DE REPORTE: 68923

Castro & De La Torre S.A. USUARIO: 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:

1/1

ÁLISIS DE RETENCIÓN	DE HUMED	AD, DENS	IDAD Y	CONDUCTIVI	DAD HIDRÁULI
		RETE	NCIÓN DE	HUMEDAD	
		% Rete	ención	% Agua	Conductividad Hidráulica
ID USUARIO	ID LAB	0,33	15	UTIL	cm h <sup>-1</sup>
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.



Su proyecto en suelo firme
Laboratorio de Materiales - Ingenieros Geotécnicos - Mecánica de Suelos - Control de Calidad - Inspección

INF. #18-0721A. Pág. 214 de 215.

# Anexo 13

Datos utilizados para la realización del balance hídrico



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076

correo-e: info@cyt.cr



INF. #18-0721A. Pág. 215 de 215.

## EVAPOTRANSPIRACIÓN POR EL MÉTODO HARGREAVES ETP=(K\*RA\*SQRT(TD)\*(0.0075)\*(32+1.8 °C)

ETP= Evapotranspiración potencial mensual (mm)

Coeficiente: 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 minima mensual promedio(°C)

Latitud: 10°

Mes	RA	Temperat	tura [°C]		SQRT (TD)	ETP [mm]	ETP (mm)
		máxima	minima	media	[°C]		mensual
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



Tel: 2232 2273 - Fax: 2296 0076



