



**INFORME DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA  
No 2016CDS-00018-PRI, AyA**

**“Definición zona de protección Bacteriológica del Pozo  
Tambor – Puntarenas”**

---

**MSc. Federico Arellano Hartig**

**Contraparte Técnica y Administrativa de la contratación**

**MSc. Viviana Sánchez Ramos  
Área Funcional de Hidrogeología - AyA**

**Julio, 2016**



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Centro de Documentación e Información  
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,  
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN  
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, **Annette Henchoz Castro**

---

**N° Cédula: 1-0725-0409**

---

**Dependencia: Gerencia General**

---

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

**E-mail:** [centrodoc@aya.go.cr](mailto:centrodoc@aya.go.cr) **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette  
Henchoz Castro


Firmado digitalmente por  
Annette Henchoz Castro  
Fecha: 2019.11.25 16:07:20  
-05107

**Firma:** \_\_\_\_\_

Equipo Profesional:



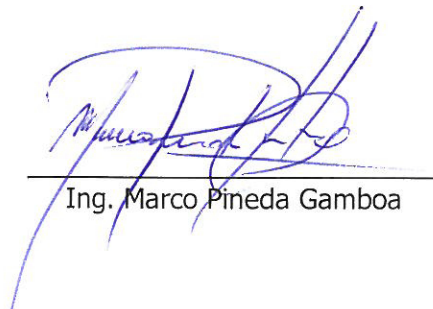
Ing. Federico Arellano Hartig MSc.



Geól. Jorge Suárez Matarrita MSc



Geól. María Gómez Tristán MSc



Ing. Marco Pineda Gamboa

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	OBJETIVO.....	10
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.1.2	METODOLOGÍA APLICADA.....	10
2	GEOLOGÍA.....	12
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL.....	12
2.1.1	GEOLOGÍA LOCAL.....	17
3	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	20
4	HIDROGEOLOGÍA.....	21
4.1	POZO TAMBOR (01-13).....	21
5	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS.....	27
6	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.....	30
7	ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS.....	32
7.1	TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS.....	32
7.2	METODO DEL RADIO FIJO AGUAS ARRIBA POZO.....	34
7.3	MÉTODO DE GRUBB.....	35
8	CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES.....	40
9	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD.....	41
	- ACUÍFERO SEDIMENTARIO ALUVIAL POROSO.....	41
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
11	REFERENCIAS.....	44

## TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación pozo Tambor .....	6
Cuadro 2. Pozo Tambor .....	19
<i>Cuadro 3. Fuentes inscritas MINAE (2016) .....</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 4. Pozos registrados (SENARA, 2016) .....</i>	<i>21</i>
Cuadro 5. Datos litológicos y de armado. ....	23
Cuadro 6: Resultados porosidad (INTA, 2016) .....	32
Cuadro 7: Resultados pruebas infiltración.....	32
Cuadro 8: Resultados de permeabilidad (método Porchet) .....	33
Cuadro 9. Caudal prueba bombeo pozo 01-13 .....	35
Cuadro 10. Parámetros hidráulicos acuífero aluvial.....	36
Cuadro 11. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L según ecuación (2) .....	37
Cuadro 12. Resultados de tiempos de tránsito en la Zona No Saturada .....	38
Cuadro 13. Diferencia entre los 70 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS .....	38
Cuadro 14. Parámetros hidrogeológicos para determinación de la zona de protección zona saturada.....	39
Cuadro 15. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo .....	40
Cuadro 16. Resultados por medio del Método Grubb. ....	41
Cuadro 17: Resumen zonas protección pozo 02-15 .....	41
Cuadro 18. Vulnerabilidad en pozo Tambor .....	47

## **TABLA DE FIGURAS**

Figura 1: Ubicación con base cartográfica .....	8
Figura 2. Ubicación del pozo Tambor, Nicoya.....	9
Figura 3. Mapa geológico regional.....	15
Figura 4. Mapa geológico local.....	18
Figura 5. Mapa de pozos cercanos .....	22
Figura 6. Mapa elementos hidrogeológicos.....	28
Figura 7. Perfil hidrogeológico de la zona de Tambor.....	31
Figura 8. Ubicación Pruebas de Infiltración, Pozo Tambor .....	34
Figura 9. Ubicación Zona de protección del pozo Tambor .....	43
Figura 10. Ubicación Zona de protección del Pozo Tambor (Base Ortofoto). .....	44
Figura 11. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera .....	46

---

## 1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección bacteriológica de pozo ubicado en la zona de playa Tambor, Cóbano, provincia de Puntarenas. Durante la visita de reconocimiento, se determinó que el pozo está conectado a la red de distribución del AYA. Dicho pozo está captando un acuífero Aluvial (Depósitos Aluviales).

El cuadro 1 resume la información del pozo analizado y su ubicación cartográfica en coordenadas Lambert y CRTM 05.

*Cuadro 1. Ubicación pozo Tambor*

Número de fuente (MINAE)	Nombre fuente AyA	Tipo de fuente	Este (Lambert)	Norte (Lambert)	Este (CRTM 05)	Norte (CRTM 05)	Altura de la fuente (msnm)
n.d.	(01-13) Tambor 2	Pozo	423800	187700	386854	1075367	16,0

El camino de acceso al sitio de pozo es a través de la carretera que se dirige entre Tambor y Cóbano. La Figura 1 y la Figura 2 presentan los mapas de ubicación del pozo evaluado y se muestra en la fotografía 1.



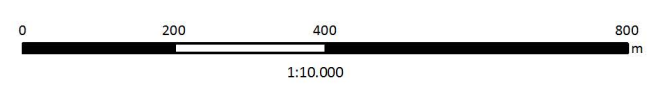
*Fotografía 1: Pozo Tambor (Coordenadas 423800-187700, Lambert Norte)*



**Figura 2. Ubicación del pozo Tambor, Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

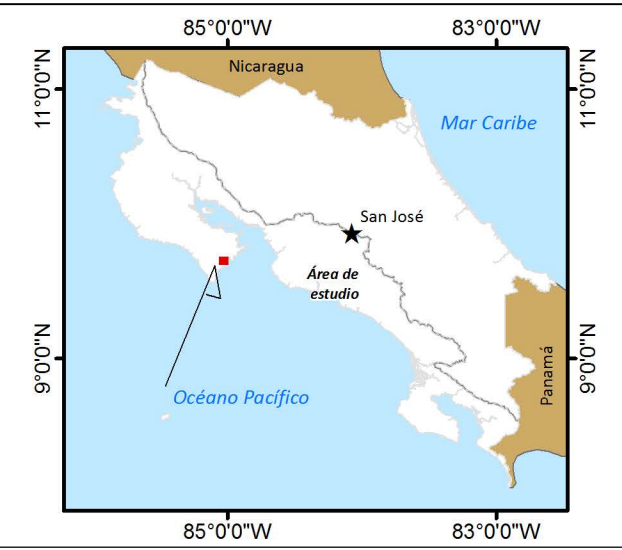
Pozo Tambor



Sistema de Coordenadas Planas:  
 Ocotepeque CR 1935 Lambert Norte  
 Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
 Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional, 1988. (1:50000)  
 Pozos: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI
 
 Elaborado por:

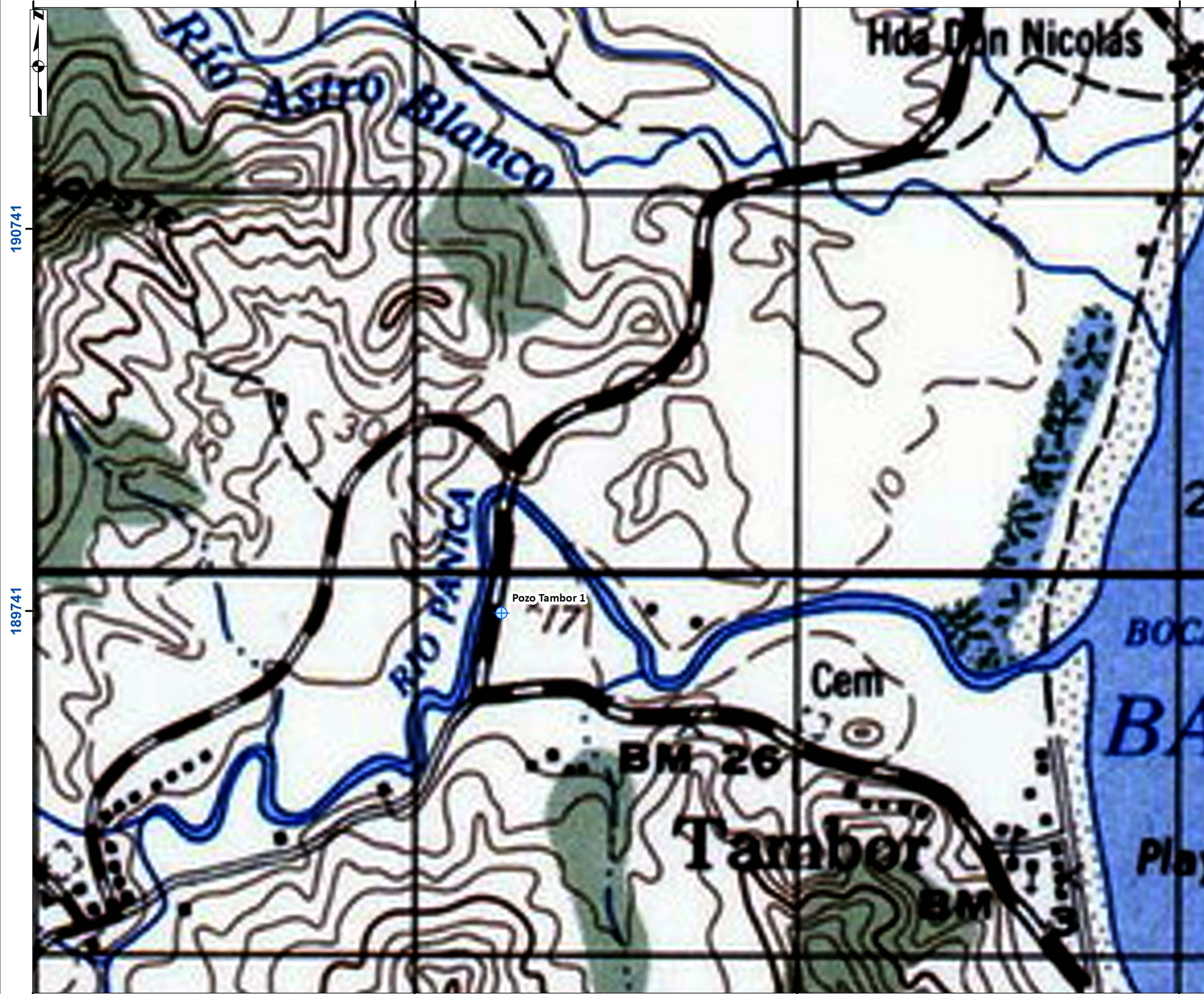


422197

423197

424197

425197



190741

190741

189741

189741

422197

423197

424197

425197



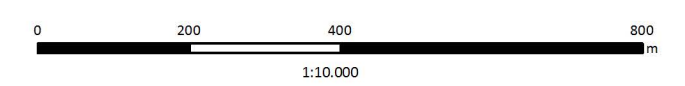
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo  
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico  
 Área Funcional de Hidrogeología

Tam-1

**Figura 1. Ubicación del pozo Tambor Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

 Pozo Tambor

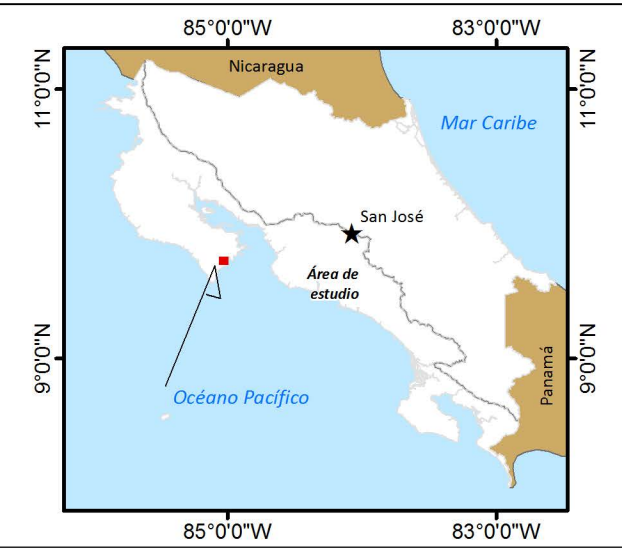


Sistema de Coordenadas Planas:  
 Ocotepeque CR 1935 Lambert Norte  
 Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
 Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional, 1988. (1:50000)  
 Pozos: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:  
 HIDROGEOTECNIA Ltda.





---

## **1.1 OBJETIVO**

El objetivo de la presente contratación es desarrollar un estudio hidrogeológico que contemple la definición de la zona de protección bacteriológica de una fuente de agua del AyA, correspondiente con el pozo 01-13 (Tambor 2) ubicado en la comunidad de playa Tambor, Cóbano, provincia de Puntarenas, con el fin de establecer la zona de protección absoluta o inmediata, que se requiere para la protección ante la amenaza de contaminación, como medida preventiva.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Realizar mapeo geológico de campo en los alrededores de la fuente de agua.
- 2) Identificar si existen otras fuentes de agua cercanas que permitan analizar la situación circundante, como pozos u otras nacientes.
- 3) Obtener el caudal de la fuente de agua.
- 4) Ejecutar una campaña de pruebas de permeabilidad en los alrededores del pozo.
- 5) Obtener los datos de porosidad del suelo en la zona de influencia del pozo.
- 6) Definir el modelo hidrogeológico de la zona evaluada.
- 7) Calcular la zona de protección de la fuente de agua utilizando métodos aplicados para obtener la zona de protección absoluta inmediata.
- 8) Reportar la calidad del agua de la fuente captada.

### **1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA**

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km<sup>2</sup> a escala 1:25 000 que incluye un perfil hidrogeológico, los espesores calculados para las unidades geológicas se basan en el trabajo de campo realizado.

Adicionalmente se recopiló la información de pozos y nacientes en los alrededores de la fuente de agua con el fin de establecer el modelo geológico e hidrogeológico para cada caso.

Los datos de caudales y parámetros hidráulicos han sido tomados de los registros reportados por el AyA en cada región.

Las porosidades en la zona no saturada se obtuvieron de muestreos de suelos "in situ" que fueron



---

analizados en el Laboratorio de Suelos INTA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Para desarrollar el cálculo de la zona de protección se utilizarán metodologías que incluyen tránsito de contaminantes, Grubb, método analítico y radio fijo; para ello se ejecutaron tres pruebas de permeabilidad para el pozo evaluado usando el método Porchet, mismos sitios donde se tomaron las muestras de suelo para ser evaluadas en el laboratorio del INTA, con el fin de obtener el valor de porosidad para los cálculos hidráulicos.

Adicionalmente se realizó un análisis de la vulnerabilidad a la contaminación en la zona de protección inmediata y a un radio de 500 m alrededor de la fuente utilizando el método GOD, el resultado se presenta en un mapa escala 1:25 000.

---

## 2 GEOLOGÍA

### 2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología de la zona de estudio incluye cerros del Complejo de Nicoya, Formación Piedras Blancas, la Formación Curú, Formación Montezuma, Depósitos Cuaternarios que incluyen Depósitos de Humedales, Depósitos Aluviales, Terrazas Aluviales, Depósitos Coluviales y Depósitos de Playa. El pozo 01-13 está perforado en Depósitos Aluviales, Figura 3.

#### - **Complejo de Nicoya**

Aflora a lo largo de la costa pacífica en las penínsulas de Nicoya, Santa Elena, Osa y Burica, como también en los promotorios de Quepos y Herradura. Dengo (1962a, 1962b) realiza estudios en el Complejo de Nicoya e incluye varias unidades de rocas ígneas (diabasa, dioritas y gabros, dispuestos en diques, *sills* y *stocks*, como abundantes coladas de basaltos en almohadillas y peridotitas. Algunas rocas sedimentarias comprenden lutitas, grawacas y rocas silíceas.

Los eventos de basaltos e intrusiones de diabasa están intercalados con intervalos de conglomerados y aclara que la mayoría de las secuencias de sedimentos marinos y "*pillows*" de basalto son contemporáneas. Los aglomerados de la parte superior del Complejo de Nicoya son bastante masivos y llegan a tener espesores mayores de 300 m.

Gursky (1989) realiza estudios en los sedimentos del Complejo de Nicoya, los cuales tienen espesores de decenas de metros, presentes como lentes, rellenando vacíos de lava en almohadilla, xenolitos, cuerpos intrusivos y tectónicos, así como componentes de brechas y areniscas volcániclasticas producto de la erosión de flujos basálticos. Dominan además las radiolaritas con estratificación rítmica con alto contenido de hematita, nódulos de manganeso y ausencia de detrito terrígeno, indicando ambientes de sedimentación de muy baja energía típico de aguas profundas.

Sinton et al. (1997) por medio de dataciones radiométricas logra comprobar que los basaltos del Complejo se formaron en un tiempo muy restringido entre 88 y 90 M.a., rechazando la hipótesis sobre la existencia de las unidades Matapalo y Esperanza mencionadas anteriormente por Küypers (1979).

Hauff et al. (1999), con base en dataciones  $40\text{AR}/39\text{Ar}$ , definen la edad de una lava en almohadilla en 94,7 M.a. y de un plagiogranito de 87,5 M.a. Además, concluyen que el intervalo de la



---

formación del basamento ígneo es entre 95 y 83 M.a. en contraste con la formación de radiolaritas la cual se dio entre 163 y 84 M.a.

- ***Formación Piedras Blancas***

Formado por sedimentos hemipelágicos incluye calcilitas blancas y rojizas intercaladas con areniscas medias-finas de color grises carbonatadas y un poco silíceas (Flores et al.,2003). Presencia de componentes de origen volcánico y foraminíferos en microscopia (Denyer et al.,2014). Denyer (2014) le atribuye un origen de sedimentación carbonatada hemipelágica, Flores (2003) le asigna una edad de Cretácico Superior.

- ***Formación Curú***

Denominada por Astorga (1987) define la unidad como mezclas de arena, lodo y algo de gravas variando sus proporciones. Se caracterizan por ser origen volcanoclástico básico con abundancia de feldespatos, relativa cantidad de magnetita y minerales ferromagnesianos, con poca cantidad de cuarzo, su composición varía de basáltica-andesítica hacia el techo, presenta areniscas de distinta granulometría finas-gruesas de color oscuro con intercalaciones de lutitas, conglomerados con mucha presencia de fósiles (Denyer et al.,2014). Astorga (1987) le reconoce un origen de depósitos turbidíticos, sedimento terrígeno depositado por gravedad y una edad de Maastrichtiano al Paleoceno Inferior. Dicha Formación se encuentra al Noroeste del pozo Tambor 1.

- ***Formación Montezuma***

Inicialmente fue descrita por Goudkoff & Porter (1942) como conglomerados basales, lutitas arcillosas y areniscas con ripples; Dengo (1962) describe la formación compuesta por conglomerados, areniscas, limonitas, areniscas finas de color gris azulado y pardo claro con presencia de una arenisca verde grisácea. Tanto Dengo (1962) como Mora (1985) describen la existencia de fósiles incluyendo megafósiles de molusco, micromoluscos y un poco de foraminíferos bentónicos. (Denyer et al., 2014) Tanto Aguilar & Fisher (1986) como Mora (1985) le atribuyen un ambiente de depositación litoral-sublitoral y de acuerdo con Chinchila (1989) se le asigna una edad de Plioceno Medio-Pleistoceno Inferior. Dicha Formación se encuentra al Suroeste del pozo Tambor 1.

- ***Depósitos Coluviales***



---

Los Depósitos coluviales se encuentran entre los cerros al Norte del río Pánica y las terrazas Aluviales, ubicadas en dicha zona. Corresponde con arrastre de materiales provenientes de los cerros aledaños ubicados al Oeste.

- **Depósitos Aluviales**

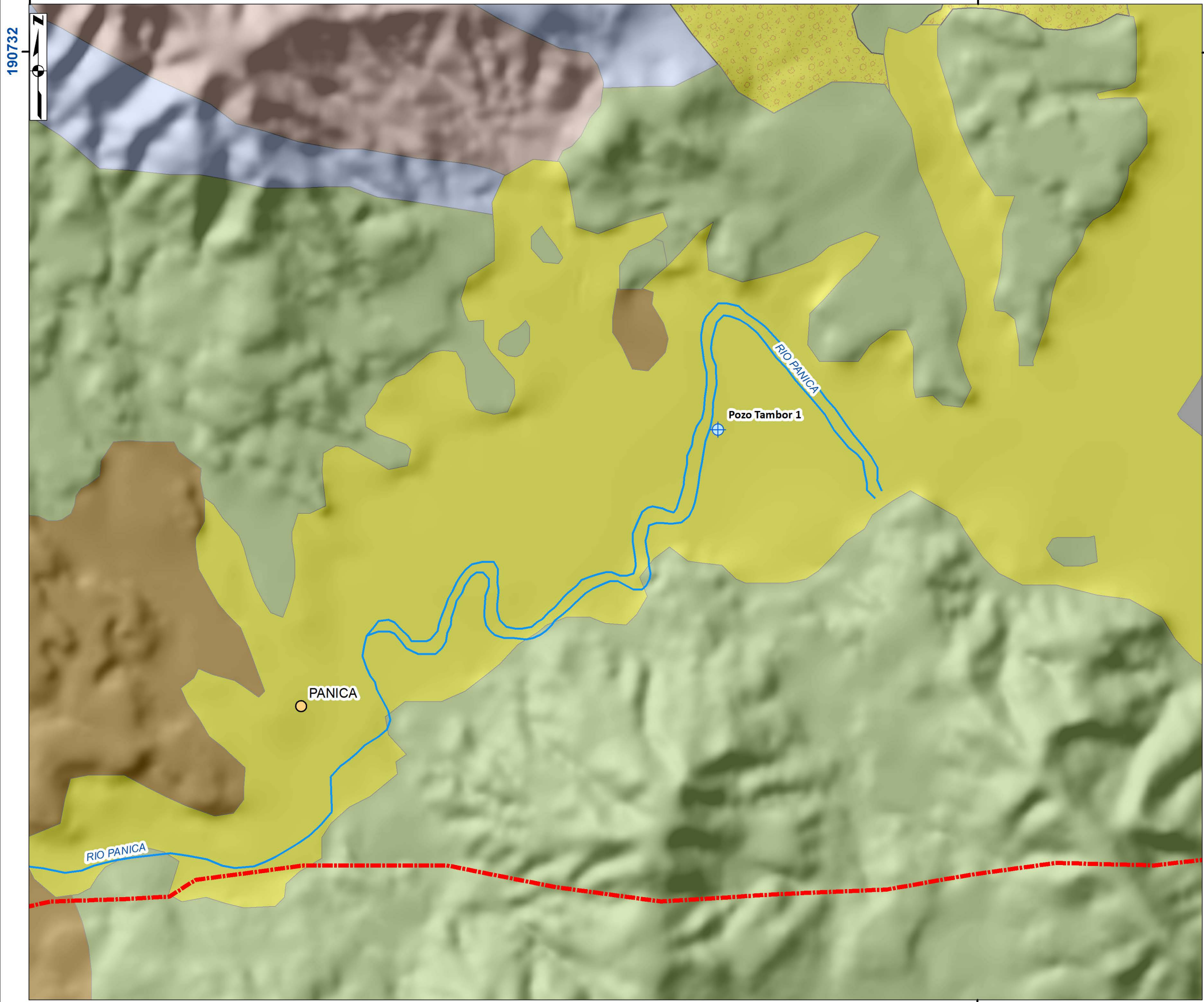
Los Depósitos Aluviales incluyen capas de arenas, arcillas, gravas y bloques no consolidados asociados al arrastre, transporte y sedimentación fluvial asociados a la red fluvial aledaña al área de estudio. Los Depósitos Aluviales cubren grandes extensiones de zonas con baja elevación y topografía plana. El sitio donde se encuentra el pozo 02-15 está asociado a Depósitos Aluviales.

- **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

El poblado de Tambor se encuentra al sureste de la Península de Nicoya. Desde el punto de vista morfoestructural, forma parte de las llanuras de la península de Nicoya, las cuales se encuentran entre el antearco y el arco interno de Costa Rica. Denyer et al. (2003) indican que las rocas del Complejo de Nicoya corresponden con rocas básicas y densas de origen oceánico por lo que están sujetas a un levantamiento tectónico particular.

- *Falla Cóbano*

La falla Cóbano corresponde con una falla neotectónica con un rumbo S200 y un movimiento relativo tipo sinistral, Figura 3.



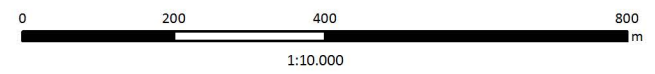
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo  
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico  
 Área Funcional de Hidrogeología

Tam-3

### Figura 3. Geología Regional, Tambor, Puntarenas.

#### Simbología

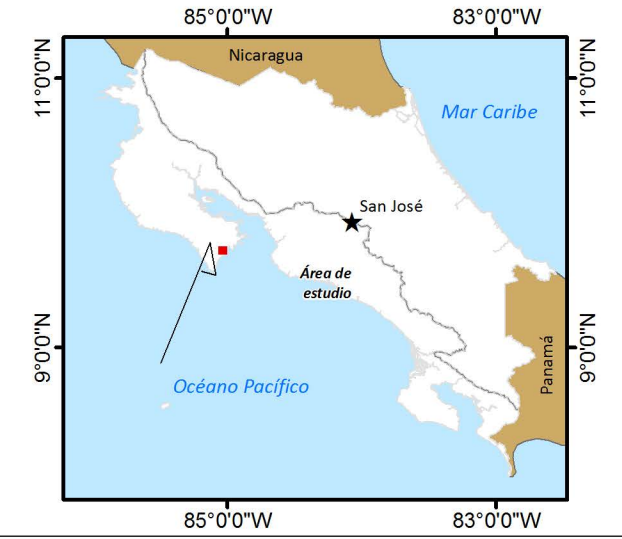
- Pozos Cóbano
  - Poblados
  - Ríos
  - Falla Cóbano
- Geología Regional**
- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Depósitos Aluviales  | Formación Piedras Blancas |
| Depósitos Coluviales | Formación Curú            |
| Formación Montezuma  | Complejo de Nicoya        |



Sistema de Coordenadas Planas:  
 Orotepeque CR 1935 Lambert Norte  
 Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
 Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional 1988. (1:50000)  
 Geología y Fallas: Denyer et al. 2003 (1:50000)  
 Pozo: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI



---

### 2.1.1 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local incluye Complejo de Nicoya, Formación Piedras Blancas, Formación Curú, Formación Montezuma, Depósitos Aluviales, (Figura 4).

La erosión fluvial producto de escorrentía, arrastre y sedimentación del río Pánica ubicado al Oeste del pozo además del río Astro Blanco, río Tuzo, quebrada Panteón, río Cóbano entre otros, producen la depositación de dichos materiales en zonas de baja elevación y topografía plana, correspondientes con llanuras aluviales en la zona de estudio.

En el sitio donde se encuentra el pozo posee una topografía plana, no presenta fracturas, fallas como tampoco se observaron afloramientos, Fotografía 2. Se observó un suelo orgánico color negro oscuro con un espesor aproximado de 10 cm.

En las márgenes del río Pánica, Fotografía 3 y Fotografía 4, se observan gravas y arenas con granulometrías finas, medias y gruesas, lentes de arcillas y bloques sub redondeados a redondeados producto de la erosión fluvial de dicho río.

De acuerdo con la geomorfología y conversación con representante de la Oficina Regional del AyA de Pacífico Central, el sitio donde se encuentra el pozo no tiene potencial de inundación.



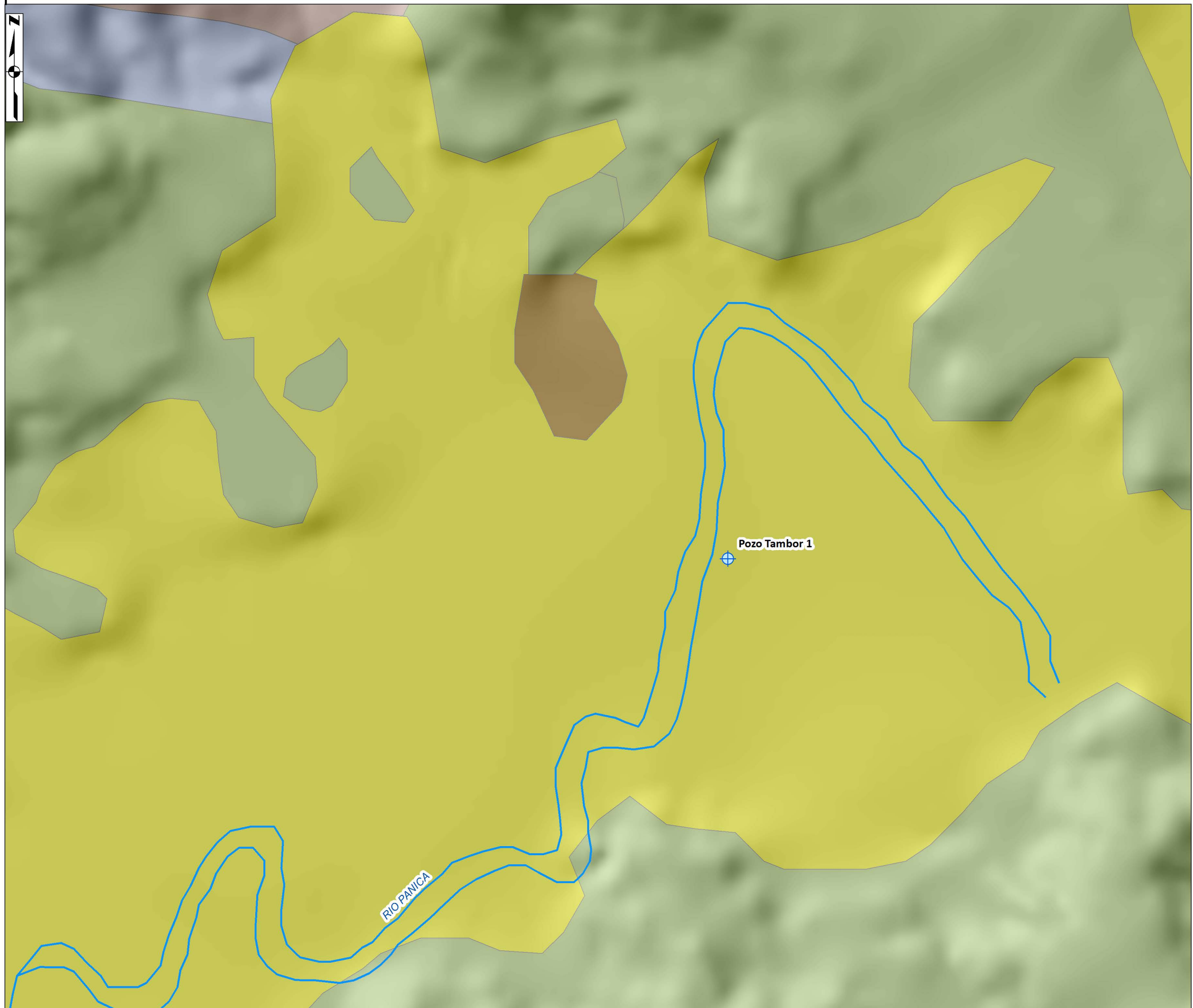
*Fotografía 2: Vista del pozo 01-13; (coordenadas 423800– 187700 Lambert Norte)*



*Fotografía 3: Margen derecha río Pánico (coordenadas 423680-1877680 Lambert Norte)*



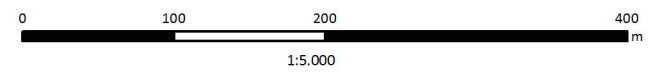
*Fotografía 4: Margen derecha río Pánico, vista aguas arriba (coordenadas 423680-1877685 Lambert Norte)*



**Figura 4. Geología Local, Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

- Pozos Cóbano
  - Poblados
  - Ríos
  - Falla Cóbano
- Geología Regional**
- Depósitos Aluviales
  - Formación Montezuma
  - Formación Piedras Blancas
  - Formación Curú
  - Complejo de Nicoya

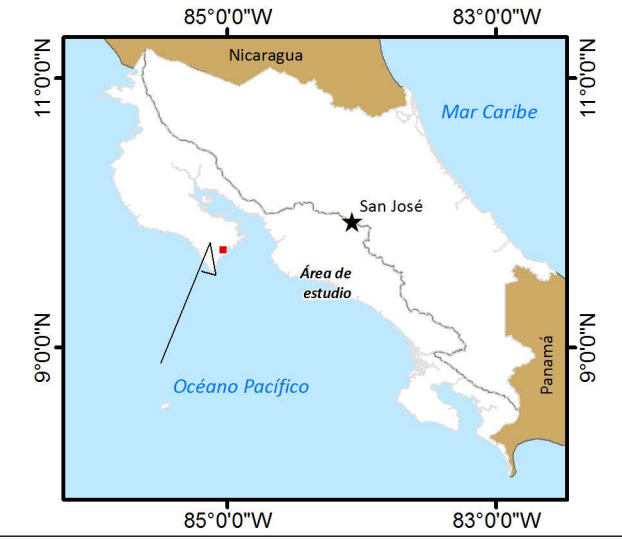


Sistema de Coordenadas Planas:  
 Orotepeque CR 1935 Lambert Norte  
 Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
 Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional 1988. (1:50000)  
 Geología y Fallas: Denyer et al. 2003 (1:50000)  
 Pozo: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:  
 HIDROGEOTECNIA Ltda.



### 3 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

El Cuadro 2 muestra la información respectiva al pozo en estudio, incluyendo ubicación y caudal reportado.

*Cuadro 2. Pozo Tambor*

Nombre fuente AyA	Tipo de fuente	Este (Lambert)	Norte (Lambert)	Altura de la fuente (msnm)	Caudal (l/s) (AyA) ***
(01-13) Tambor 2	Pozo	423800	187700	16,0	4,5*

\*: Caudal reportado por Ofical Regional AyA Pacífico Central

La Fotografía 5 muestra el estado actual del pozo Tambor 2, el cual como ya se indicó, se encuentra conectado a la red de distribución del AyA.



*Fotografía 5: Estado actual pozo Tambor 01-13 (coordenadas 423800 - 187700, Lambert Norte)*



## 4 HIDROGEOLOGÍA

### 4.1 POZO TAMBOR (01-13)

De acuerdo con el análisis de información geológica disponible y comprobada en el campo, información de fuentes (MINAE, 2016) y pozos del Archivo Nacional de Pozos (SENARA, 2016), Anexo 1, se tienen pozos registrados por ambas instituciones a un radio de 2 km del pozo estudiado con el fin de obtener datos e información necesaria para definir la hidrogeología de la zona así como curvas isofreáticas que definen la dirección del flujo acuífero de la zona, Cuadro 3, Cuadro 4 y Cuadro 5, figura 5.

El acuífero de la zona de estudio es de origen sedimentario, asociado a la Depósitos Aluviales que han sido arrastrados de formaciones geológicas ubicadas aguas arriba por efecto de la escorrentía, erosión fluvial de ríos y quebradas aledañas, incluyendo río Pánica, río Cóbano, entre otros.

*Cuadro 3. Fuentes inscritas MINAE (2016)*

Nombre	Longitud (Este)	Latitud (Norte)	Cliente	Estado	No. Expediente	Tipo de fuente
RA-60	415700	185100	AyA	Inscrito	602	Pozo
SIN NUMERO	415927	184927	Vaca Bonita, S.A.	Solicitud Nueva	14779	Pozo
SIN NUMERO	416207	185032	Vaca Bonita, S.A.	Solicitud Nueva	14779	Pozo
SIN NUMERO	416207	185032	Vaca Bonita, S.A.	Solicitud Nueva	14779	Pozo
COBANO 4	415997	186559	AyA	Inscrito	602	Pozo
RIO NEGRO	416372	186751	AyA	Inscrito	602	Pozo
RA-20	415700	186650	AyA	Inscrito	602	Pozo
RA-28	416625	184850	Gitza Gatti	Cancelado	8039	Pozo
COBANO (LOS MANGOS)	416042	186229	AyA	Inscrito	602	Pozo
POZO No. 1	416048	186004	AyA	Inscrito	786	Pozo
RA-186	417560	185044	Vaca Bonita, S.A.	Otorgado	13945	Pozo
SIN NUMERO	416062	184835	Vaca Bonita, S.A.	Solicitud Nueva	14779	Pozo
SIN NUMERO	415966	184567	Vaca Bonita, S.A.	Solicitud Nueva	14779	Pozo
RA-23	415530	186730	AyA	Inscrito	602	Pozo
COLEGIO	415685	185695	AyA	Inscrito	786	Pozo
RA-40	416932	186847	Finca Los Caballos, S.A.	Otorgado	12995	Pozo
n.d.	415750	186800	AyA	Inscrito	602	Pozo
SIN NOMBRE	417092	187029	Linda Vista Rojas e Hijos, S.A.	Solicitud Nueva	15076	Pozo
RA-105	416127	184911	Vaca Bonita, S.A.	Otorgado	12661	Pozo
SIN NUMERO	415536	186536	Servicentro Jisan Alfaro, S.A.	Solicitud Nueva	14487	Pozo
RA-26	416200	186700	AyA	Inscrito	602	Pozo



Cuadro 4. Pozos registrados (SENARA, 2016)

Pozo	Longitud (CRTM 05)	Latitud (CRTM 05)	Latitud (Lambert)	Longitud (Lambert)	Nivel estático (m)	Nivel dinámico (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)	Profundidad (m)
ILG-931	1074970	387596	423950	189500	0,0	0,0	0,0	N.D.	53,0
ILG-932	1074770	387396	423750	189300	0,0	0,0	0,0	N.D.	45,0
RA-112	1075021	386021	422375	189549	5,0	12,0	2,0	N.D.	0,0
RA-119	1076032	386474	422827	190561	7,5	0,0	0,4	N.D.	36,0
RA-152	1075896	386546	422900	190425	11,0	13,0	2,5	35,9	50,0
RA-154	1074520	388376	422827	190561	2,2	6,9	0,3	N.D.	8,0
RA-160	1074015	387281	423636	188545	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-169	1075408	385413	421767	189836	18,5	35,2	2,0	N.D.	57,0
RA-191	1075386	386964	423318	189916	4,2	0,0	0,0	4,0	30,0
RA-29	1075270	387746	424100	189800	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-30	1075220	387796	424150	189750	4,5	5,0	0,6	12,0	11,0
RA-31	1076820	387497	423849	191350	8,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-32	1077070	387497	423849	191600	4,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-33	1077120	387747	424099	191650	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-42	1075421	386346	422700	189950	13,0	31,2	3,0	N.D.	40,0
RA-43	1075671	386196	422549	190200	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-52	1075646	386496	422849	190175	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-57	1075520	386776	422900	190200	9,0	0,0	0,0	N.D.	42,0
RA-75	1074920	387206	423560	189450	12,3	0,0	1,8	N.D.	41,0
RA-77	1074960	387686	424040	189490	0,0	0,0	0,0	N.D.	0,0
RA-82	1075721	386311	422665	190250	7,9	24,3	2,4	N.D.	38,0
RA-84	1075984	385097	421451	190512	7,0	39,0	1,0	N.D.	41,0
RA-88	1074720	386170	422525	189249	6,4	9,2	3,0	N.D.	27,0
AyA 01-13	1075367	386854	423800	187700	6,84	9,10	10,0	N.D.	25,0



**Figura 5. Mapa de pozos cercanos Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

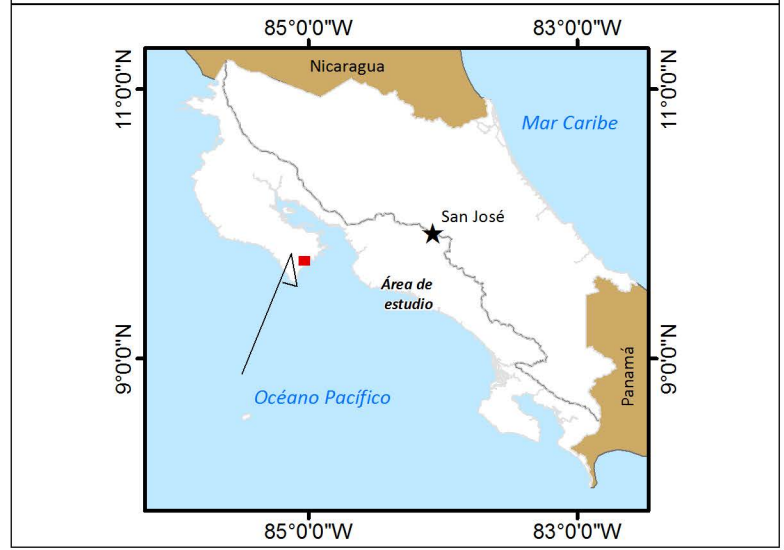
- Pozo Tambor
- Pozos SENARA

0 300 600 1.200  
1:15.000 m

Sistema de Coordenadas Planas:  
Ocotepeque CR 1935 Lambert Norte  
Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional 1988. (1:50000)  
Geología y Fallas: Denyer et al. 2003 (1:50000)  
Pozo: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI Elaborado por:  
HIDROGEOTECNIA Ltda.



Cuadro 5. Datos litológicos y de armado.

Pozo	Longitud (CRTM 05)	Latitud (CRTM 05)	Latitud (Lambert)	Longitud (Lambert)	Litología	Armado	Observaciones
RA-30	1075220	387796	189750	424150	0-1,5 m: Coluvio de bloques angulosos en matriz arcillosa / 1,5-5,0 m: Arcilla gris muy plástica, baja permeabilidad / 5,0-9,0 m: Arena media permeabilidad aparente alta / 9-11,0 m: Grava gruesa redondeada, fragmentos de pedernales y lutita negra	0-1,5 m: Sello concreto / 1,5 -9,5 m: Tubería ciega, 101 mm diámetro en PVC / 9,5-11,0 m: Rejilla PVC de 101 mm diámetro slot 10	Transmisividad : 12 m <sup>2</sup> /día
RA-42	1075421	386346	189950	422700	0-2 m: Suelo arcillo limoso color marrón / 2-6 m: Arena grano fino, suelta y color marrón / 6-28 m: Arenisca poco meteorizada y fracturada, PA alta, grano grueso / 28-35 m: Arenisca idem anterior, PA media a baja / 35-40 m: Arenisca idem tramo 6-28 pero a los 38 empieza sana y densa	0-6 m: Sello sanitario, tubería ciega / 6-35 m: Tubería PVC SDR 32,5 con diámetro 152 mm / 35-37 m: Tubería ciega / 37,5-40 m: Relleno	Nivel estático: 4,2 m



RA-57	1075520	386776	190200	422900	0-9 m: Materiales arcillosos color rojo, P.A.: muy baja / 9-21 m: Material sedimentario color café, P.A.: media / 21-34 m: Material meteorizado color café, P.A.: muy alta / 34-35 m: Arcilla arenosa azualda, P.A.: media / 35-44 m: Material sedimentario color café, P.A. Media	0-18 m: Tubería ciega, PVC / 18-30 m: tubería ranurada en zona de mayor interés acuífera / 30-36 m: PVC ciego / 36-42 m: Tubería ranurada // Sello sanitario concreto de 0-2,5 m	
RA-75	1074920	387206	189450	423560	0-1,0 m: Materiales arcillosos / 1-41,0 m: Areniscas y lutitas	0-1,5 m: Sello sanitario concreto / 0-20 m: Tubería ciega PVC / 20-41 m: Tubería ranurada	
RA-82	1075721	386311	190250	422665	0-2,5 m: Materiales arcillosos plásticos / 2,5-18 m: Grava fina a media café / 18-29 m: Grava gruesa a aluvión fino / 29-33 m. Basaltos meteorizados / 33-38 m: Basalto sanos	0-18 m: Tubería PVC ciega de 203 mm diámetro / 18-32 m: Rejilla en PVC / 32-38 m: Tubería ciega PVC	Nivel estático: 7,92 m / Nivel dinámico: 24,25 m



RA-84	1075984	385097	190512	421451	0-5 m: Arenisca de grano fino color café / 5-41 m: Basaltos toleíticos que conforman basamento ultramáfico regional, Complejo de Nicoya	0-6 m: Sello sanitario / 0-18 m: Tubería plástica sin ranurar de 6 pulgadas diámetro, SDR-26 / 18-39 m: Tubería plástica ranurada / 39-41 m: Tubería plástica sin ranurar	
RA-88	1074720	386170	189249	422525	0-9,0 m: Intercalación de arcillas y arenas / 9-18 m: Intercalación de aluviones finos y arenas / 18-27 m: Grava media a gruesa	n.d.	
RA-119	1076032	386474	190561	422827	0-2,5 m: Materiales arcillosos / 2,5-11 m: Basaltos meteorizados / 11-36 m: Basaltos sanos	n.d.	Nivel estático: 7,5 m
RA-152	1075896	386546	190425	422900	0-6 m: Arcilla color café rojizo / 6-18 m: Arenisca grano fino y color amarillo claro / 18-50 m: Arenisca grano fino y color gris claro, sana, fracturada y dura	Sello sanitario: 0-6 m / Tubería sin ranurar 6 pulgadas de 0-12 / 47-50 m // Tubería ranurada 6 pulgadas diámetro SDR-26 de 12-47 m	Caudal: 2,5 l/s / Nivel inicial: 11 m / Nivel final: 13 m / transmisividad : 35,9 m <sup>2</sup> /día / Capacidad específica: 1,25 l/s/m
RA-169	1075408	385413	189936	421767	0-3 m: Material arcilloso / 3-23 m: Materiales	0-24 m: PVC ciego / 24-57	Nivel estático: 18,5 m / Nivel dinámico: 34,2



					arenosos / 23-57 m: basaltos	m: PVC ranurado	m / Caudal: 1,5 l/s
RA-191	1075386	386964	189916	423318	0-1 m: Arcillas / 1-9 m: Gravas gruesas con matriz arcillosa / 9-21 m: gravas de tamaño medio, limpias, poca arcilla / 21-29 m: Gravas de 1/4 a 3/8, limpias, poca arcilla / 29-30 m: Arcillas color café	n.d.	Transmisividad : 4743 m <sup>2</sup> /día
RA-154	1074520	388376	190561	422827	0-1 m: Materiales arcillosos / 1-8 m: Materiales arenosos	Sello sanitario de 0-2 m / 2-6 m: PVC ranurado / 6-8 m: Tubería ciega PVC	Nivel inicial: 2,2 m / Nivel final: 6,9 m
AyA 01-13	1075367	386854	187700	423800	0-3 m: Suelo arcilloso plástico / 3-5 m: Grava y arena en matriz arcillosa / 5-10 m: Arcilla plástica gris oscura con fragmentos grava / 10-14 m: Arcillas limosas con fragmentos grava / 14-18 m: Gravas y arenas en presencia de limos / 18-25 m: Limos con algo de arcilla	0-3 m: Sello sanitario / 0-15 m: Tubería ciega PVC SDR-26 / 15-24 m: Rejilla PVC slot 40	n.d.

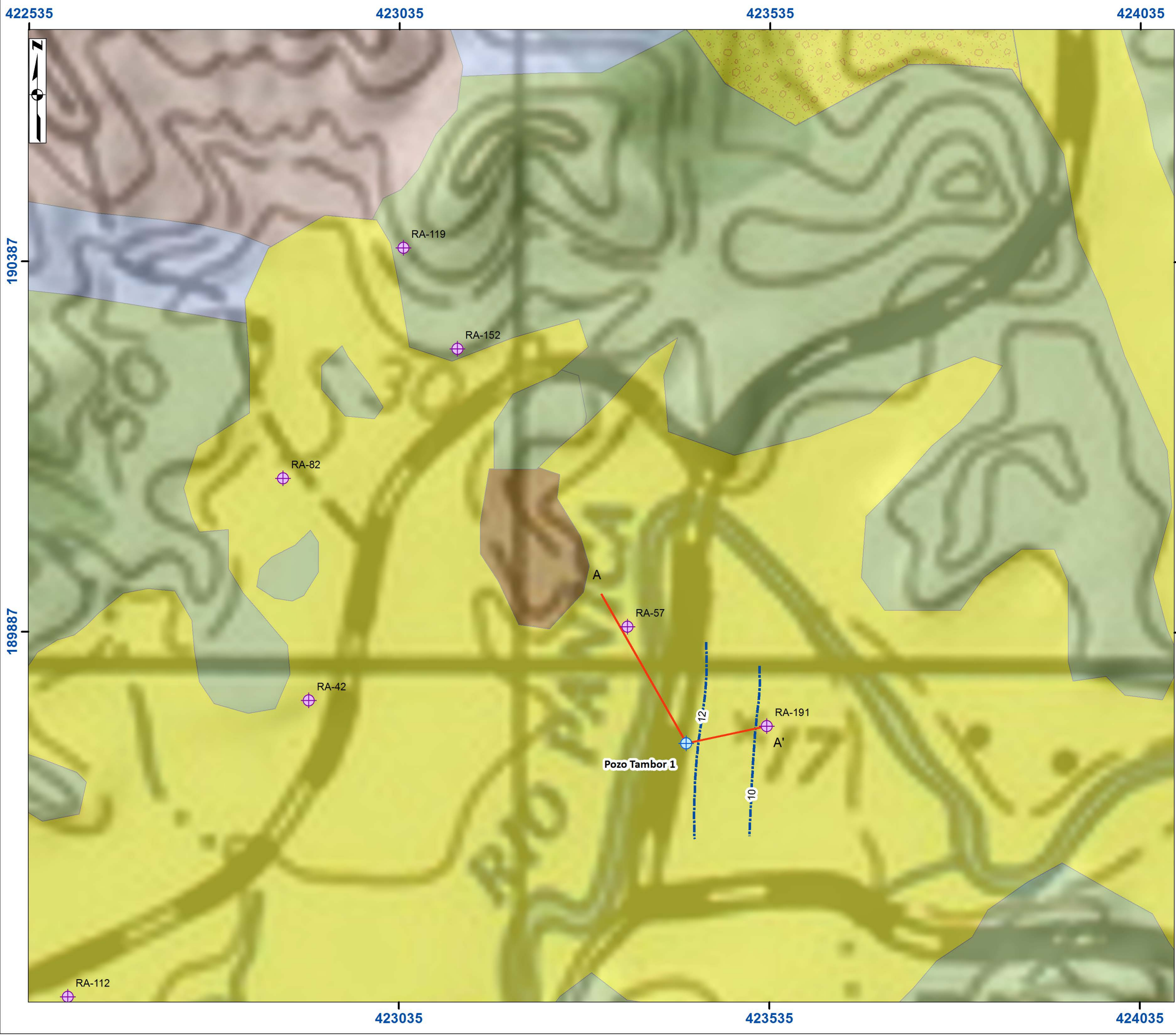
Se realizó un perfil hidrogeológico (Figura 7), el cual incluye los datos de los pozos RA-57, Tambor (01-13) y pozo RA-191. La línea de perfil tiene una longitud de 360 m y una dirección N290 entre RA-57 y pozo Tambor (01-13) y una dirección N72 E entre pozo Tambor (01-13) y RA-191.



---

A partir de dicho perfil hidrogeológico, se tiene que el acuífero donde se encuentra el pozo 01-13, es tipo libre cubierto, de origen coluvio aluvial constituido por gravas, arenas y arcillas. El espesor promedio de dicho acuífero es de 29,86 m y una profundidad del nivel de agua subterránea promedio de 7,33 m. A partir de las líneas equipotenciales 12 m.s.n.m. y 10 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico a una distancia entre sí de 84 m, se tiene un gradiente hidráulico de 0,024.

A partir de las líneas equipotenciales obtenidas del perfil hidrogeológico realizado se tiene una dirección de flujo de agua subterránea hacia el Noroeste, según análisis de dirección de flujo en función de las líneas equipotenciales, Figura 6.



**Figura 6. Elementos Hidrogeológicos Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

- Pozo Tambor
- Pozos SENARA
- Perfil
- Equipotenciales

**Geología Local**

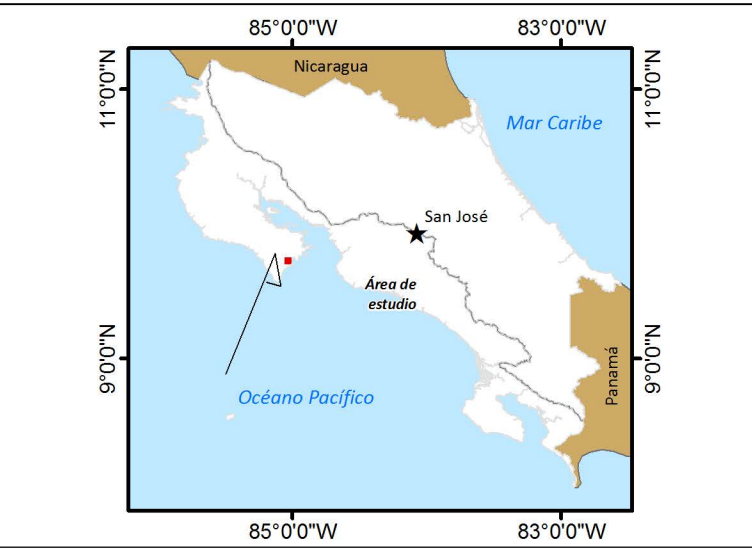
- Depósitos Aluviales
- Depósitos Coluviales
- Formación Montezuma
- Formación Piedras Blancas
- Formación Curú
- Complejo de Nicoya

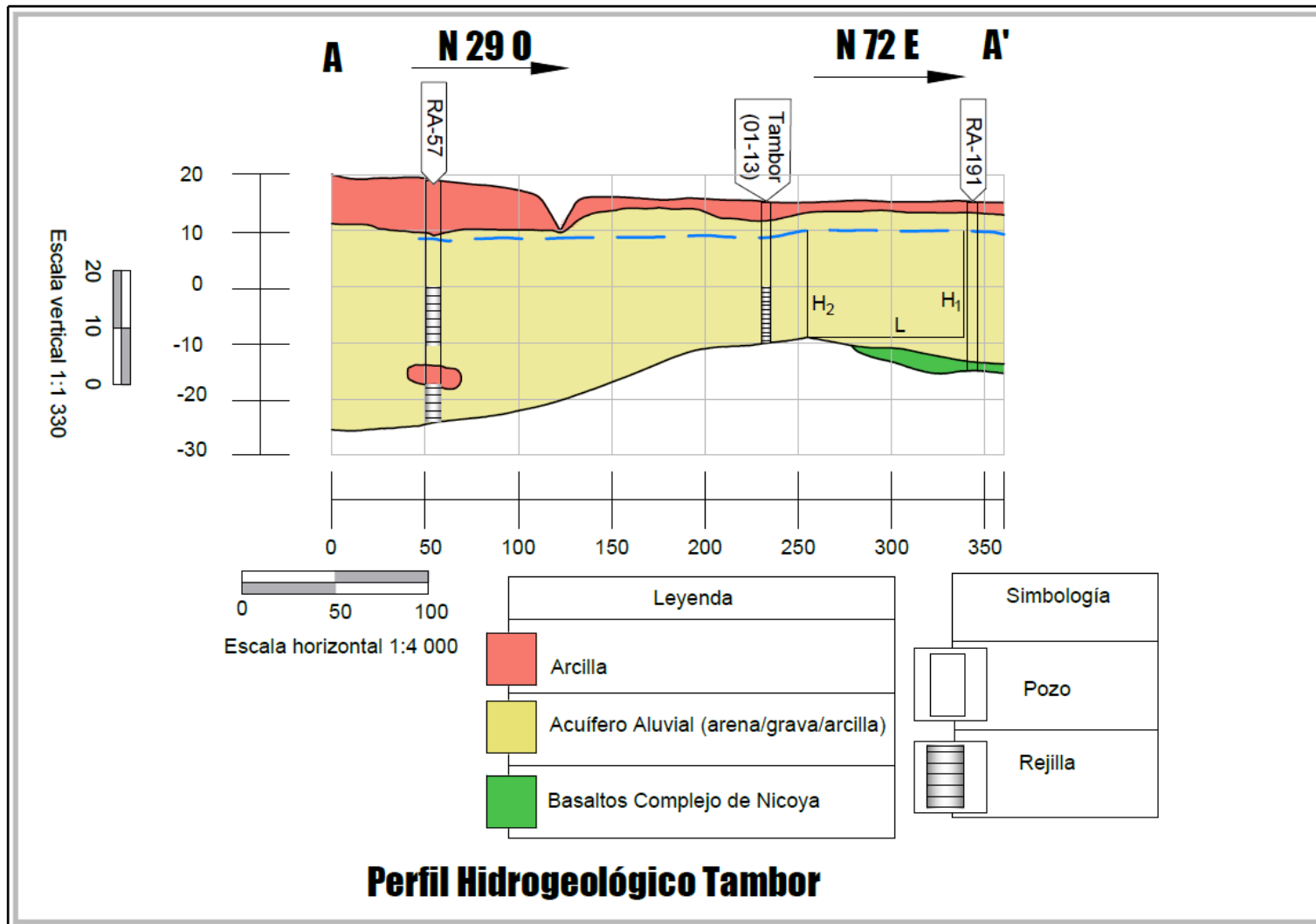
0 100 200 400 m  
1:5.000

Sistema de Coordenadas Planas:  
Orotepeque CR 1935 Lambert Norte  
Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional 1988. (1:50000)  
Geología y Fallas: Denyer et al. 2003 (1:50000)  
Pozo: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI Elaborado por:  
HIDROGEOTECNIA Ltda.







## 5 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS

Se realizaron tres pruebas de porosidad las cuales fueron analizadas en el laboratorio INTA del Ministerio de Ganadería, Anexo 2, Cuadro 6. Dichas muestras fueron obtenidas de los mismos sitios donde se realizaron las tres pruebas de infiltración, Cuadro 7. El Cuadro 8, Anexo 3, muestra los resultados obtenidos de las 3 pruebas de infiltración realizadas utilizando el método Porchet, Figura 8 y las 3 pruebas de porosidad analizadas en el INTA (2016).




Cuadro 6: Resultados porosidad (INTA, 2016)

<b>Porosidad pozo 01-13 (Tambor 2)</b>	<b>Porosidad (%)</b>
No. 1 Tambor 2	52
No. 2 Tambor 2	57
No. 3 Tambor 2	55
<b>Promedio</b>	<b>54,7</b>

Cuadro 7: Resultados pruebas infiltración

<b>Infiltración pozo 01-13 (Tambor 2)</b>	<b>Infiltración (m/día)</b>
No. 1 Tambor 2	1.10
No. 2 Tambor 2	0.06
No. 3 Tambor 2	0.83
<b>Promedio</b>	<b>0,66</b>

Cuadro 8: Resultados de permeabilidad (método Porchet)

Punto	Muestra	Porosidad (%)	Permeabilidad (m/d)	Longitud (Lambert Norte)	Latitud (Lambert Norte)	Fotografía
Pozo Tambor 2 (01-13)	No. 1 Tambor 2	52	1.10	423432	189734	
Pozo Tambor 2 (01-13)	No. 2 Tambor 2	57	0.06	423466	189762	
Pozo Tambor 2 (01-13)	No. 3 Tambor 2	55	0.83	423476	189731	

423262

423362

423462

423562



189798

189798

189698

189698

423262

423362

423462

423562



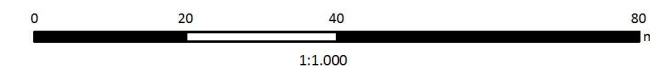
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo  
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico  
Área Funcional de Hidrogeología

Tam-6

### Figura 8. Ubicación de las Infiltraciones, Tambor, Puntarenas.

#### Simbología

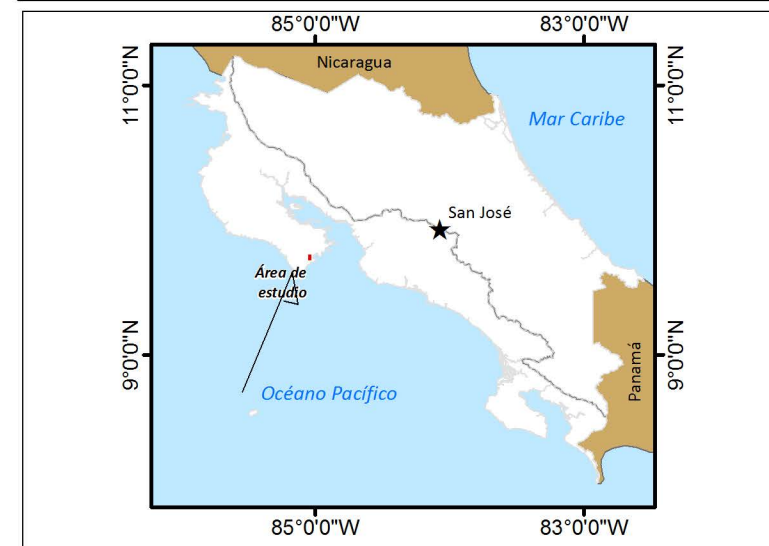
-  Pozo Tambor
-  Infiltraciones



Sistema de Coordenadas Planas:  
Ocotepeque CR 1935 Lambert Norte  
Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.  
Infiltraciones, Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI



## 6 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

El acuífero donde se encuentra el pozo Tambor corresponde con un acuífero aluvial cuyo basamento corresponde con basaltos del Complejo de Nicoya, según reporte litológico de pozo RA-191.

El gradiente hidráulico del acuífero aluvial tiene una dirección preferencial en la zona de estudio desde el nor-oeste hacia el sur-este, descargando en el río Pánica y Golfo de Nicoya. El gradiente hidráulico calculado es de 0,024, calculado a partir del nivel freático obtenido entre las líneas equipotenciales 12,0 m.s.n.m. y 10,0 m.s.n.m., para una distancia entre sí de 84,0 m, medidos sobre línea perpendiculares a las líneas equipotenciales (Figura 6).

Los caudales reportados según base de datos (SENARA, 2016) y MINAE (2016) registran un caudal promedio de 3,17 l/s, clasificándose, así como un acuífero de rendimiento hídrico medio. Los pozos RA-30, RA-152 y RA-191 reportan datos de transmisividad hidráulica. Cabe aclarar que el pozo RA-30 posee rejilla en un espacio muy pequeño del acuífero y el pozo RA-152 reporta areniscas en el acuífero, por lo que se utiliza el dato reportado para el pozo RA-191 con un valor de 4743 m<sup>2</sup>/día. Dicho valor de transmisividad es alto, sin embargo, de acuerdo con la descripción litológica del pozo RA-191, aunque no tenga reporte de armado de pozo, corresponde con gravas y arcillas del Acuífero Aluvial; mismo acuífero correspondiente al pozo Tambor 2 (01-13).

De acuerdo con la Oficina Regional y el Departamento de Perforación del AyA (2016), el pozo Tambor 2 01-13 tiene un caudal de 4,5 l/s, un nivel estático de 6,84 m y un nivel dinámico de 9,1 m, Cuadro 9, Anexo 3.

Cuadro 9. Caudal prueba bombeo pozo 01-13

Pozo	Caudal (l/s)
01-13	4,5

El Cuadro 10 muestra los parámetros hidráulicos del acuífero aluvial en la zona de estudio con base en el inventario de pozos (SENARA, 2016).



El espesor saturado promedio del acuífero aluvial según datos de los pozos RA-191, RA-119, RA-152, RA-57 y 01-13, es de 29,86 m. El espesor saturado para el pozo de estudio 01-13 es de 18,5 m.

*Cuadro 10. Parámetros hidráulicos acuífero aluvial*

<b>Pozo</b>	<b>Porosidad acuífera (Custodio &amp; Llamas, 1996) (%)</b>	<b>Conductividad acuífero (m/día) *</b>	<b>Espesor saturado (m) pozo 01-13</b>	<b>Transmisividad acuífera (m<sup>2</sup>/d) pozo RA-191</b>
01-13	25	261,18	18,16	4743

\*Valor obtenido a partir de la fórmula de flujo  $T = k \times b$

## 7 ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS

### 7.1 TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS

Para determinar el ancho de la zona de captura o zona de influencia, se utiliza la fórmula hidráulica de Darcy (1) y (2) que estipula lo siguiente:

$$(1) Q = TiL$$

$$(2) L = Q/Ti$$

En el Cuadro 11, se resumen los datos hidráulicos para el cálculo de L del pozo 01-13.

Cuadro 11. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L según ecuación (2)

Pozo	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	Gradiente (adimensional)	Caudal prueba bombeo, oficina regional (AyA) (L/s)	Caudal prueba bombeo, reporte pozo (AyA) (m <sup>3</sup> /día)	L (ancho del tubo de flujo) (m)
Tambor 2 (01-13)	4743	0,024	4,5	388,8	3,42

#### **- Tránsito en la zona no saturada**

Considerando que el tiempo de residencia máxima de bacterias patógenas para flujos porosos de 70 días, se calcula el tiempo de tránsito para la zona no saturada según lo establecido en ecuación (3):

$$(3) \quad t = (b \cdot \theta) / k$$

donde

- b: es el espesor de la zona no saturada (6,84 m nivel estático pozo 01-13)
- $\theta$ : es la porosidad media del obtenido en el laboratorio del (54,70%)
- K: es la permeabilidad de la zona no saturada, con base en las pruebas de Porchet realizadas para el pozo 01-13, valor promedio de 0,66 m/d

Del análisis del tiempo de tránsito en la zona no saturada, se incluye el cuadro 12:

Cuadro 12. Resultados de tiempos de tránsito en la Zona No Saturada

<b>Pozo</b>	<b>Espesor ZNS (m)</b>	<b>Porosidad promedio (INTA, 2016)</b>	<b>Permeabilidad promedio pruebas Porchet  (m/día)</b>	<b>t (tiempo de tránsito zona no saturada)  días</b>
01-13	6,84	54,7	0,66	5,67

Como el tiempo tránsito para medios porosos se ha estimado en 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1992 en Rodríguez, 1994), se observa que al hacer el cálculo para la zona no saturada (ZNS) y el tiempo de tránsito vertical el valor en días NO supera los 70 días para la degradación de las bacterias patógenas. Por lo tanto, se calcula el tiempo de tránsito en la zona saturada (ZS) para eliminar las bacterias y conocer la zona de protección absoluta del pozo, tomando en cuenta la diferencia entre 70 días menos los días obtenidos en la zona no saturada para el pozo 01-13, que se presenta en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Diferencia entre los 70 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS

<b>Pozo</b>	<b>Tiempo de transito obtenido de la ZNS  (días)</b>	<b>Tiempo faltante para calcular en la ZS  (días)</b>
01-13	5,67	64,32

### **- Tránsito en la zona saturada**

La fórmula de Darcy (ecuación 4) se establece para el cálculo en la Zona Saturada (ZS):

$$(4) \quad t = (d^2 \theta) / (k \cdot i)$$

donde:

t: tiempo restante vida bacterias

d: distancia de desplazamiento

$\theta$ : porosidad zona saturada

k: Permeabilidad acuífera (obtenida a partir de la fórmula  $T = k \times B$ )

i: gradiente hidráulica

Cuadro 14. Parámetros hidrogeológicos para determinación de la zona de protección zona saturada

<b>Pozo</b>	<b>Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)</b>	<b>Porosidad Efectiva promedio (Custodio &amp; Llamas, 1996)</b>	<b>Conductividad hidráulica (m/día)</b>	<b>Gradiente del acuífero para pozo</b>	<b>Distancia de la zona de protección inmediata Método Bacterias (m)</b>
Tambor 2 (01-13)	64,32	25	261,18	0,024	1612,71

La distancia de la zona de protección inmediata mediante el método de tránsito de contaminantes es de 1612,71 m aguas arriba del pozo Tambor 2 (01-13).

### **7.2 METODO DEL RADIO FIJO AGUAS ARRIBA POZO**

Para calcular el radio fijo del pozo analizado, se utiliza la fórmula (5) que fue publicada en el diario oficial La Gaceta No. 147 del 31 de julio del 2012. Dicha metodología incluye la ecuación analítica de Darcy, con base en el siguiente planteamiento y que se muestra en el Cuadro 15:

$$(5) \quad r = \sqrt{(Q * t / \pi * n * b)}$$

donde:

- Q= caudal del pozo en m<sup>3</sup>/d
- t= días remanentes luego del cálculo de la zona no saturada (ZNS).
- n= porosidad de las rocas que albergan al acuífero.
- b= espesor acuífero obtenido del pozo 01-13

Cuadro 15. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo

<b>Pozo No.</b>	<b>Caudal prueba bombeo (m<sup>3</sup>/d)</b>	<b>Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)</b>	<b>Porosidad Efectiva promedio (Custodio &amp; Llamas, 1996)</b>	<b>Espesor saturado para pozo 01-13 (m)</b>	<b>Distancia de la zona de protección inmediata Método Radio Fijo (m)</b>
Tambor 2 (01-13)	388,8	64,33	25	18,5	41,4

### 7.3 MÉTODO DE GRUBB

Para utilizar el método de Grubb (1993), se aplica la fórmula (6):

$$(6) \quad Y = Q L / (k(h_1^2 - h_2^2))$$

Para el pozo 01-13, se presenta el resumen del valor obtenido según aplicación de la ecuación (6), Cuadro 16.

Cuadro 16. Resultados por medio del Método Grubb.

Pozo No.	Caudal prueba bombeo (m <sup>3</sup> /d)	L Longitud entre dos puntos de observación del NF (m)	Conductividad hidráulica (m/día)	h1	h2	Y (m)	2 Y (m)
Tambor 2 (01-13)	388,8	84,0	261,18	20,0	18,0	1,64	3,29

### - Punto de no retorno

Para determinar la zona del punto de no retorno ecuación (7) se analiza:

$$(7) \text{ Punto No Retorno (estancamiento): } Q \times L / \pi \times k (h_1^2 - h_2^2)$$

A partir de dicho análisis, se tiene una distancia de punto no retorno aguas abajo del pozo 01-13 de 179,11 m.

El Cuadro 17 presenta el resumen de las zonas de protección obtenidos por diferentes métodos y las ecuaciones aplicadas para el pozo 01-13.

Cuadro 17: Resumen zonas protección pozo 02-15

Pozo	Distancia zona saturada para 70 días	Ancho tubo flujo protección Darcy	Ancho (Y) Grubb	Punto No Retorno	Radio fijo
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Tambor 2 (01-13)	1612,71	3,42	1,64	0,52	41,4

Se calculó el punto de no retorno el pozo 01-13 sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo del pozo de 15 m.

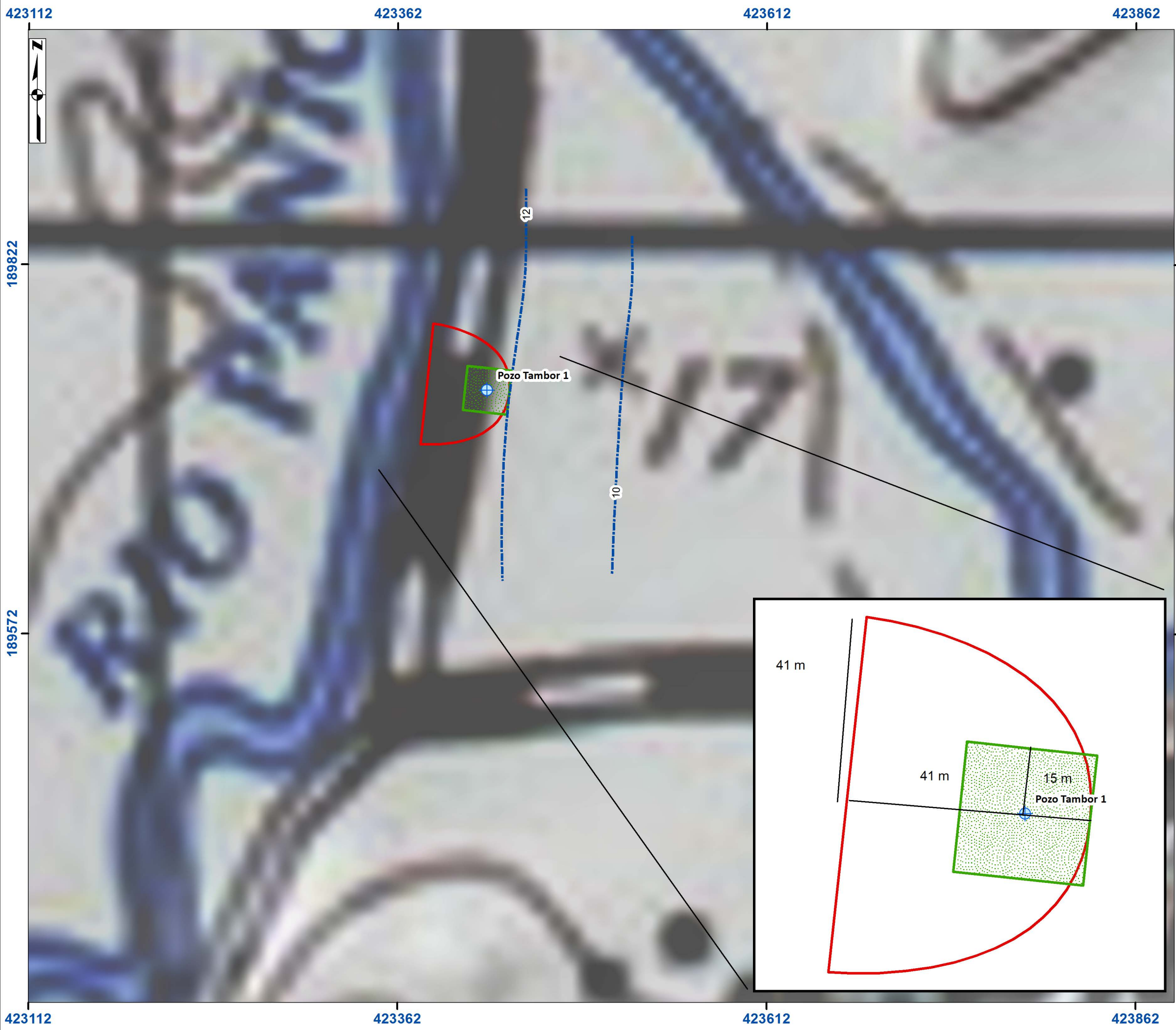


---

Para el caso del pozo 01-13, la zona de protección se extiende 41,4 m aguas arriba con un ancho de protección de 41,4 m, ambos criterios dados según metodología de radio fijo.

En la zona de protección absoluta no se deben realizar ningún tipo de actividad agrícola, humana y/o comercial. En la zona operacional, no se deben realizar actividades que puedan afectar el recurso hídrico en cantidad y calidad, donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas.

Las siguientes figuras 8 y 9 muestran las zonas de protección para el pozo Tambor 2 (01-13).



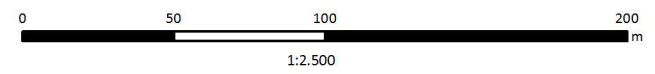
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo  
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico  
 Área Funcional de Hidrogeología

Tam-7

### Figura 9. Zona de protección del Pozo Tambor. Tambor, Puntarenas.

#### Simbología

- Pozo Tambor
- Equipotenciales
- Zona de protección absoluta (Operacional)
- Zona de protección absoluta (Vulnerabilidad Moderada)

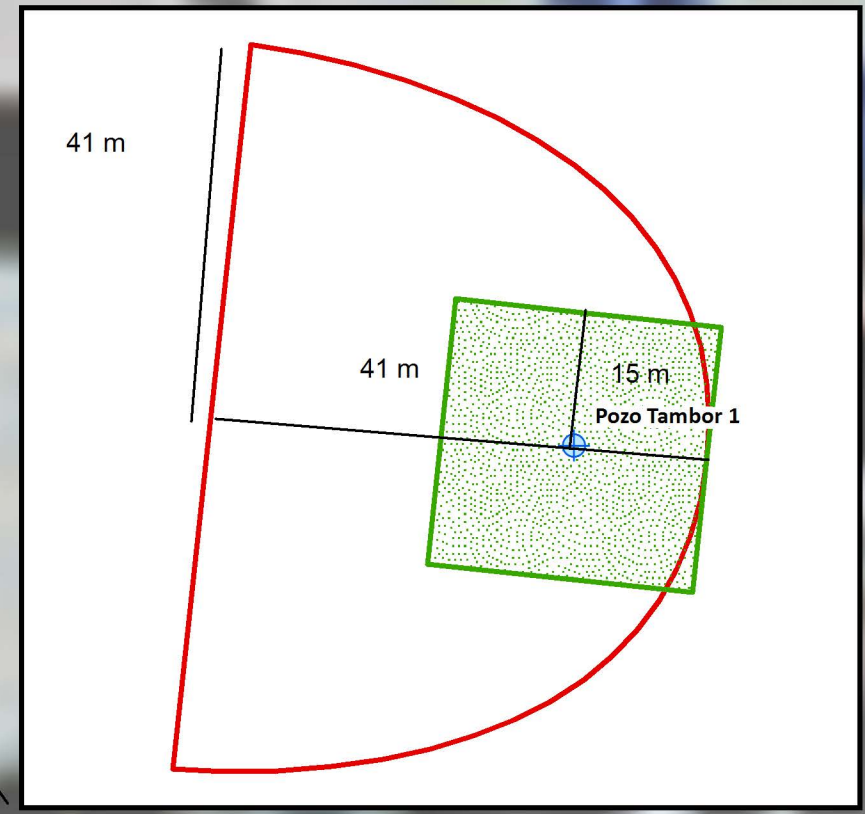
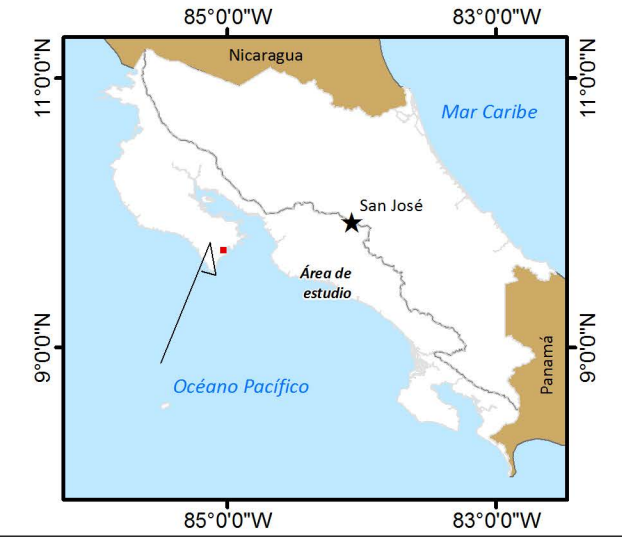


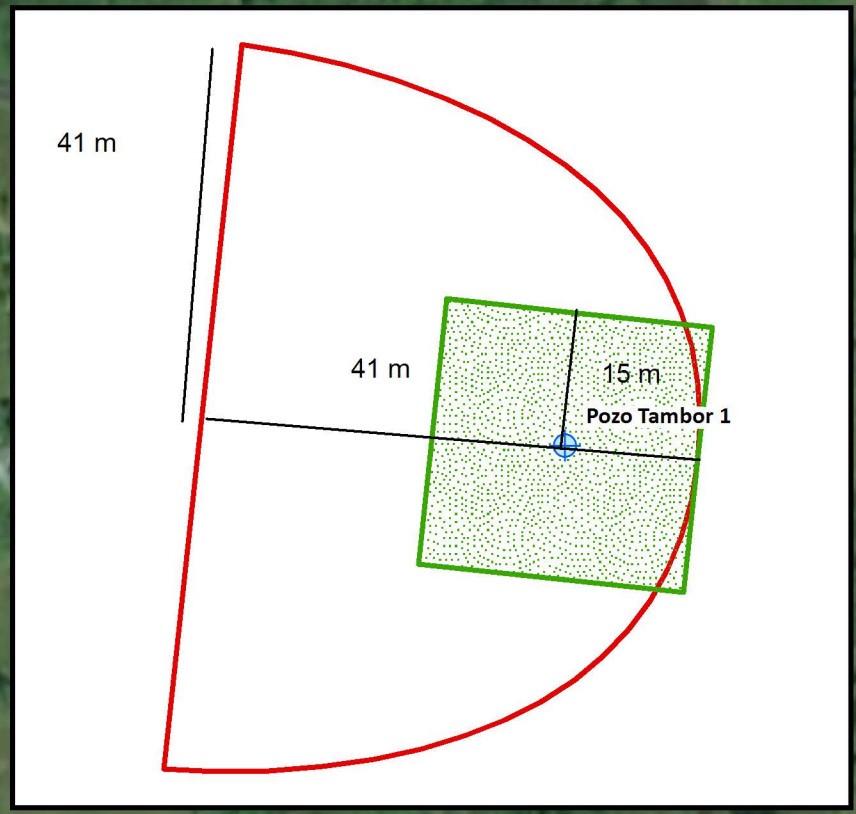
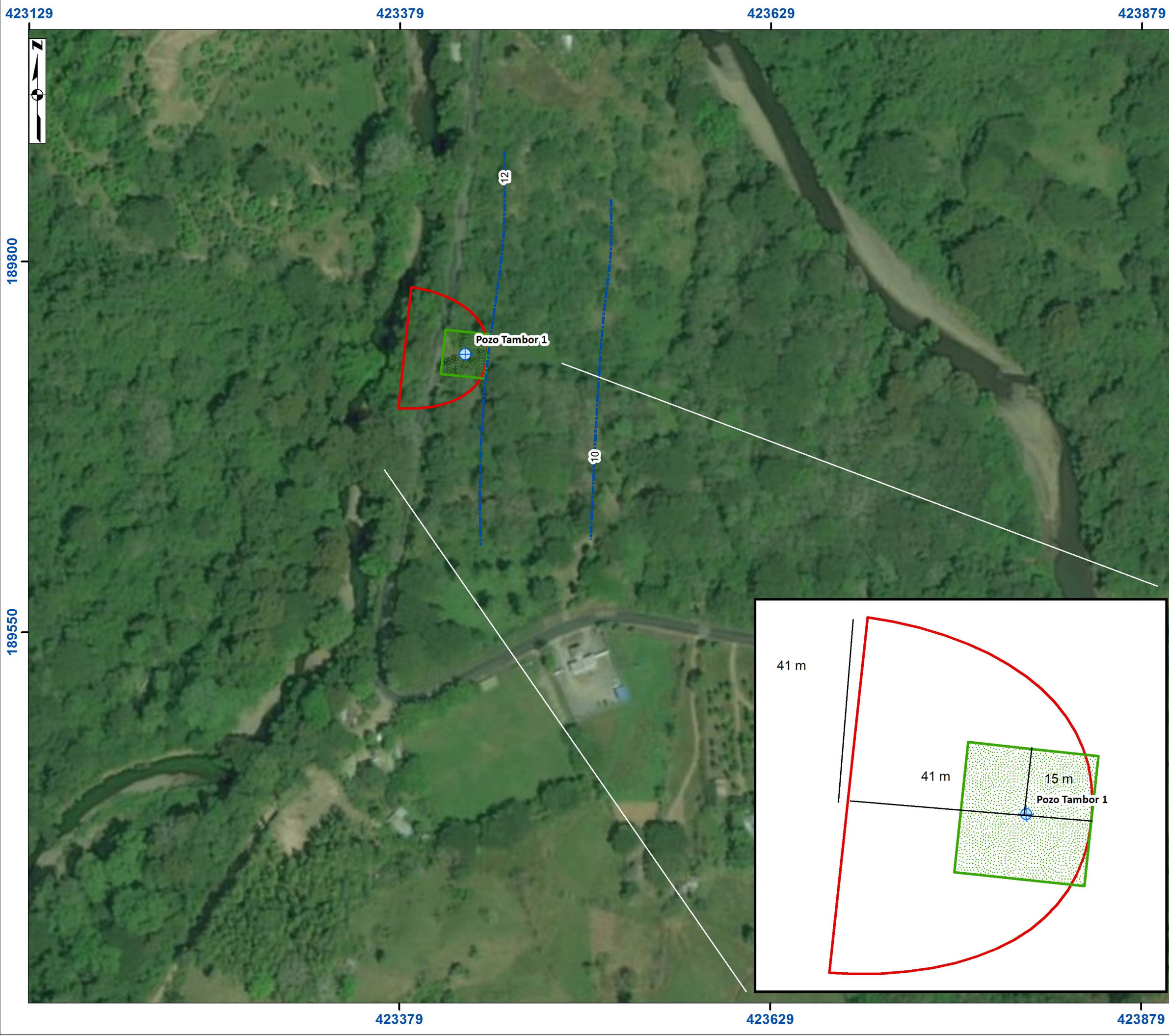
Sistema de Coordenadas Planas:  
 Ocoetepeque CR 1935 Lambert Norte  
 Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
 Hoja Río Arío: Instituto Geográfico Nacional 1988. (1:50000)  
 Pozo y zona de protección: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:  
 HST  
 HIDROGEOTECNIA Ltda.

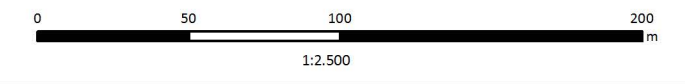




**Figura 10. Zona de protección del Pozo Tambor. Tambor, Puntarenas.**

**Simbología**

- Pozo Tambor
- Equipotenciales
- Zona de protección absoluta (Operacional)
- Zona de protección absoluta (Vulnerabilidad Moderada)

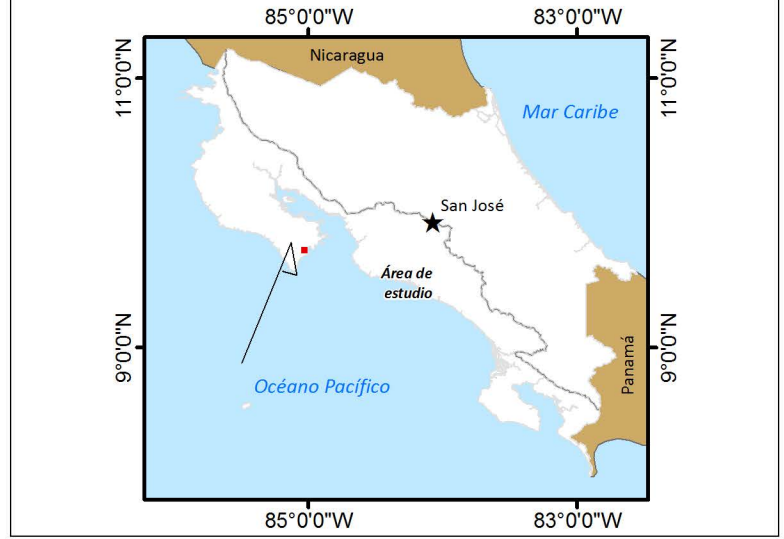


Sistema de Coordenadas Planas:  
Orotepeque CR 1935 Lambert Norte  
Fecha: Octubre, 2016

Fuente de datos:  
Ortofoto: ESRI, 2012. (1:50000)  
Pozo y zona de protección: Hidrogeotecnia, 2016. (1:50000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:  
**HST**  
HIDROGEOTECNIA Ltda.





---

## **8 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES**

En el Anexo 4 se adjuntan los resultados físicos químicos y bacteriológicos aportados por la el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA, donde mediante Informe de Resultados AyA-ID-04725-2015 del Laboratorio Nacional de Aguas, se indican las condiciones ambientales del agua para el pozo 01-13.

Dentro de las observaciones se tiene el valor de conductividad de 629  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo el valor recomendado de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No se reporta presencia de arsénico y la concentración de hierro es de 65,6  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

A partir del detalle del reporte de resultados para los distintos análisis, las condiciones del pozo 01-13 están dentro de los valores recomendados.

## 9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD

A continuación, se presenta el análisis, para determinar su condición de vulnerabilidad siguiendo el método GOD, Figura 11.

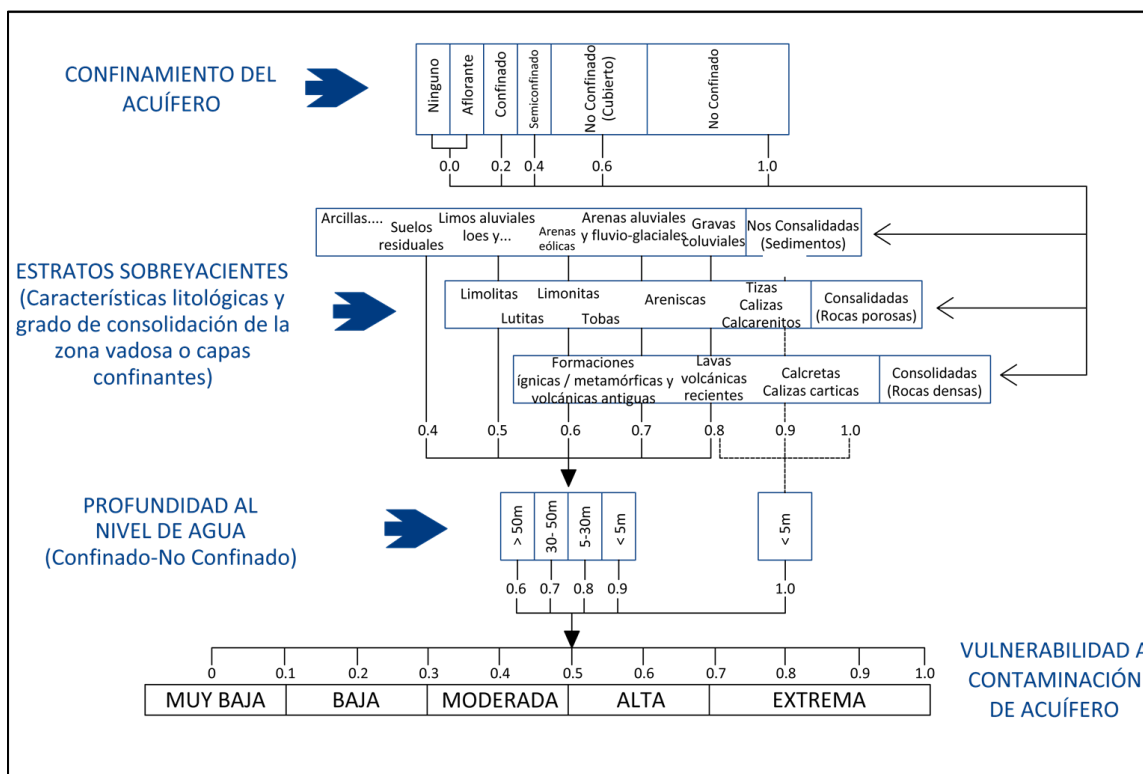


Figura 11. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera  
Fuente: Foster, et al, 2002.

### - Acuífero sedimentario aluvial poroso

A partir de la Figura 11 se tiene la clasificación según metodología GOD para el acuífero donde se encuentra el pozo Tambor 2 (01-13).

Se tiene un grado de confinamiento de un acuífero libre cubierto por arcillas con un valor asignado de 0,6. De acuerdo con las características litológicas de la zona no saturada se tienen suelos asociados a Depósitos Aluviales arcillosos, asignándose un valor de 0,7. La profundidad nivel freático en pozo Tambor 2 (01-13) según perfil hidrogeológico y reporte de pozo, es de 6,85 m, asignándosele valor de 0,8, Cuadro 18, Figura 9, Figura 10.

*Cuadro 18. Vulnerabilidad en pozo Tambor*

<b>Clasificación GOD</b>	<b>Descripción del factor</b>	<b>Valor asignado</b>	<b>Tipo de vulnerabilidad</b>
Grado de confinamiento	Libre cubierto	0,6	Moderada
Tipo de característica litológica de la zona no saturada	Depósitos aluviales arcillosos no consolidados	0,7	
Profundidad del nivel freático (promedio cerca de la naciente)	6,85	0,8	
Evaluación de vulnerabilidad	<b>0,336</b>		



---

## **10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1) En la zona de estudio donde se encuentra el pozo Tambor 2 (01-13) que abastece poblado de Tambor se encuentra un acuífero de origen sedimentario asociado a Depósitos Aluviales de origen aluvial.
- 2) La zona de protección para el pozo Tambor se definió con base en el caudal y parámetros hidráulicos obtenidos a partir del perfil hidrogeológico, datos del pozo analizado y observación de geología de campo.
- 3) De acuerdo con el análisis de zonas de protección, se tiene una zona de protección absoluta de 41,50 m aguas arriba del pozo según criterio de radio fijo. El ancho de dicha zona de protección absoluta es de 41,50 m, según criterio de radio fijo.
- 4) El punto de no retorno aguas abajo del pozo es de 0,52 m, sin embargo, por criterio de experto se recomienda un radio de 15 m aguas abajo.
- 5) La vulnerabilidad analizada a partir del método GOD, demuestra que la zona de protección inmediata del pozo Tambor 2 (01-13) presenta una categoría de vulnerabilidad moderada.
- 6) Se recomienda realizar análisis de calidad de aguas cada seis meses para monitorear la calidad del agua según año hidrológico.
- 7) En la zona de protección absoluta (41,50 m aguas arriba y hacia los lados) y zona operacional de 15 m de radio; no se deben realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial entre otros, Figura 9 y Figura 10.
- 9) El pozo Tambor 2 (01-13) actualmente distribuye agua a la comunidad. Presenta caseta de protección con su respectiva puerta con candado. El sitio se encuentra limpio con el zacate corto y con el debido mantenimiento.
- 10) Se recomienda respetar las zonas de protección ya que el uso de suelo de la región de Tambor es agropecuario y turístico.



---

## 11 REFERENCIAS

- DENYER, P. ,MONTERO, W. & FLORES, K., 2005: Apuntes sobre la geología de las hojas Golfo y Berrugate, Costa Rica .- EN: Rev. Geológ. De Amérc. Central, 32: 99-108.
- FLORES, K., DENYER, P. & AGUILAR, T., 2003: Mapa geológico de la hoja Abangares.- Rev. Gel. Amér. Central, 29, Serie: Colección de mapas geológicos 4 (Escala 1:100 000).
- FLORES, K. & DENYER, P., 2004: Mapa geológico de la Hoja Berrugate.- Colección de Mapas Geológicos (7) . Rev. Geól. Amér. Central, 32.
- LINKIMER, L. & AGUILAR, T., 2000: Geología de Costa Rica.- EN: Geología de Costa Rica.- Ed. Tecnológico de Costa Rica
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, 1988: Hoja Berrugate y Venado.-Escala 1: 50 000, I.G.N., San José.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, ENERGIA Y TELECOMUNICACIONES, 2016: Base de datos concesiones.- [www.drh.go.cr](http://www.drh.go.cr)
- SERVICIO NACIONAL DE RIEGO AVENAMIENTO Y AGUAS SUBTERRANEAS (SENARA), 2016: Inventario de pozos hoja Marbella No. 3046 II, San José.
- VARGAS, A., 2000: Acuíferos.- [En] Geología de Costa Rica, Ed. Tecnológica de Costa Rica.



# **ANEXO No. 1**

## **REPORTES PERFORACION**



Pozo	Latitud Lambert N	Longitud Lambert N	Litología	Armado	Observaciones
BR-50	220800	407000	0-1 m: Suelo color café claro / 1-7 m: Arcilla plástica color café / 7-15 m: Arena grano medio / 15-20 m: Grava / 20-40 m: Arcilla muy consolidada dura	Diámetro perforación: 12 pulgadas / diámetro armado: 8 pulgadas	No presenta detalle de armado
BR-51	220650	407050	0-2 m: Arcilla plástica / 2-19 m: Grava gruesa / 19-21 m: Arcilla consolidada	Profundidad pozo: 21 m / diámetro perforación: 12 pulgadas / diámetro armado: 8 pulgadas	Transmisividad: 660 m <sup>2</sup> /día / No presenta detalle de armado
BR-21	220700	407100	n.d.	n.d.	5,24 m profundidad
02-15	220162	407238	0-1 m: Arcilla / 1-4 m: Arenas gruesas / 4-6 m: Arcilla café / 6-10 m: Arenas gruesas / 10-11 m: Arcilla café / 11-13 m: Lutitas y areniscas / 13-15 m: Gravas / 15-19 m: Arcillas plásticas	Diámetro perforación: 300 mm / Diámetro rejilla: 200 mm / Sello sanitario: 0-3 m / Tubo ciego: 0-5 m; 8-12 m; 15-19 m PVC SDR-26 / Rejilla PVC Slot 60 de 5-8 m y 12-15 m	Nivel estático: 4,94 m / Nivel dinámico: 6,24 m / Transmisividad: 3337,19 m <sup>2</sup> /día
VE-137	219412	407314	0-7 m: Materiales arcillosos / 7-15 m: Arenas y gravas / 15-33 m: Arenas y gravas con arcilla	0-6 m: Tubo ciego / 6-18 m: PVC Ranurado / 18-24 m: PVC ciego / 24-33 m: PVC ranurado	Caudal: 12 l/s
VE-124	219065	407705	0-5 m: Suelo arcilloso / 1-19 m: Materiales aluviales / 19-30 m: Basaltos	0-6 m: PVC ciego / 6-24 m: PVC ranurado / 24-30 m: PVC ciego 6 pulgadas	N. Estático: 4 m
BR-49	217900	408150	0-7 m: Arenas finas / 7-12 m: Arenas gruesas / 12-18 m: Aluvión con bloques, arenas y arcillas / 24-28 m: Areniscas / 28-30 m: Roca fracturada color gris verdoso	0-3 m: Sello sanitario concreto / 3-29 m tubería ranurada / 29-30 m: Tubería PVC diámetro ciega	Nivel estático: 2,5 m
VE-36	219900	408150	0-1 m: Arcilla color café oscuro / 1-3 m: Guijarros y grava fragmentos grandes de lavas y sedimentarios / 3-30 m: Guijarros, arenas y gravas	n.d.	n.d.





## **ANEXO No. 2**

# **ANALISIS POROSIDAD**



**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**  
**Laboratorio de Suelos**  
**Tel-Fax: 2278-0514; e-mail: labsuelos@in**



**NOMBRE:** HIDROGEOTECNIA  
S.A.

**FECHA:** 23/9/2016

**UBICACION:** Puntarenas - Cóbano - Varios

**INFORME #:**

IDENTIFICACION		D.aparente	D.Real	Porosidad	MUESTRAS
# LAB.	#CAMPO	(g/cm3)	(g/cm3)	(%)	
3130	1	1,1	3,1	65	1-Cóbano 4
3131	2	1,0	3,2	69	2-Cóbano 4
3132	3	1,3	2,9	55	3-Cóbano 4
3133	4	1,1	2,9	62	1-Cóbano 5
3134	5	1,2	3,2	63	2-Cóbano 5
3135	6	1,0	3,1	68	3-Cóbano 5
3136	7	1,0	3,0	67	1-Cóbano 7
3137	8	1,0	3,1	68	2-Cóbano 7
3138	9	1,2	2,9	59	3-Cóbano 7
3139	10	1,3	2,7	52	1- Tambor 2
3140	11	1,2	2,8	57	2- Tambor 2
3141	12	1,3	2,9	55	3- Tambor 2
3142	13	1,4	2,4	42	1-Pochote-Pozo
3143	14	1,3	2,4	46	2-Pochote-Pozo
3144	15	1,2	2,7	56	3-Pochote-Pozo
3145	16	1,3	2,3	43	1-Naciente Pochote
3146	17	1,4	2,5	44	2-Naciente Pochote
3147	18	1,2	2,7	56	3-Naciente Pochote

Ing. Alexis Vargas  
Villagra

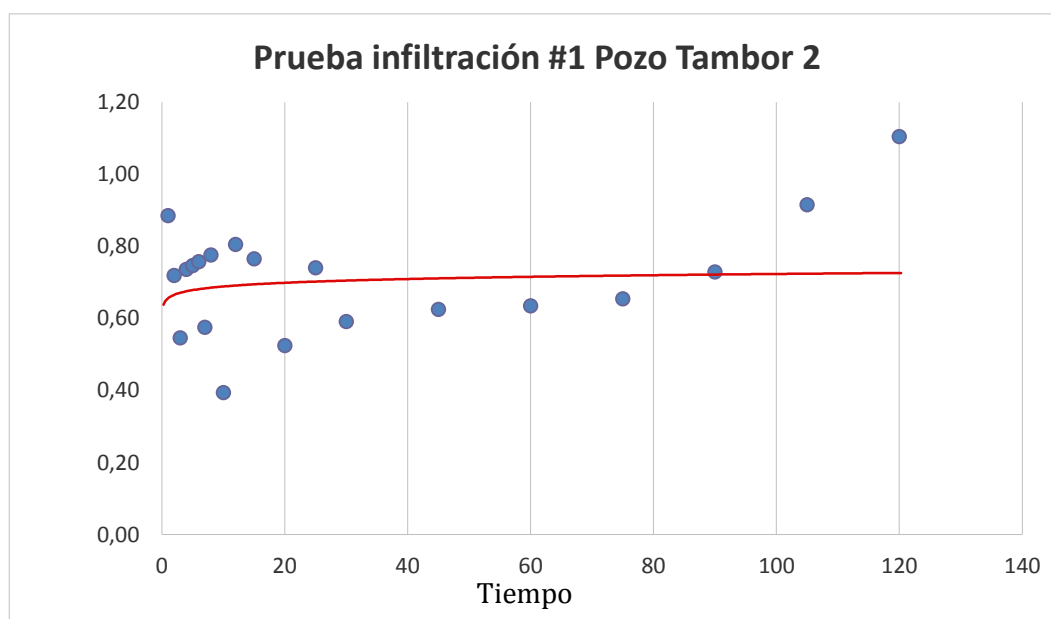


# **ANEXO No.3**

## **PRUEBAS INFILTRACION**

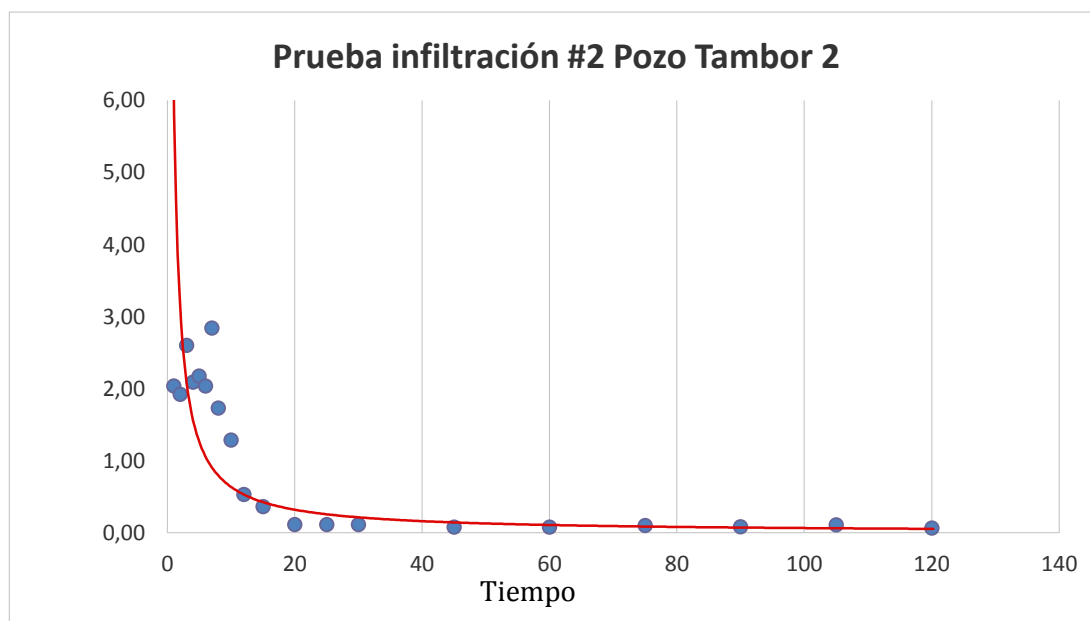


<b>PRUEBA DE PORCHET</b>			
Tipo aprovechamiento:	Pozo	Fecha: 11/8/2016	
No:	#1	Hora:	
Ubicación:	Tambor 2		
Coordenadas:			
TIEMPO	LECTURA	K	K
(min)	(cm)	(cm/min)	(m/día)
0	27,00		
1	26,50	0,06	0,89
2	26,10	0,05	0,72
3	25,80	0,04	0,55
4	25,40	0,05	0,74
5	25,00	0,05	0,75
6	24,60	0,05	0,76
7	24,30	0,04	0,57
8	23,90	0,05	0,78
10	23,50	0,03	0,39
12	22,70	0,06	0,80
15	21,60	0,05	0,76
20	20,40	0,04	0,52
25	18,80	0,05	0,74
30	17,60	0,04	0,59
45	14,20	0,04	0,62
60	11,30	0,04	0,63
75	8,80	0,05	0,65
90	6,50	0,05	0,73
105	4,20	0,06	0,91
120	2,10	0,08	1,10
Radio de excavación =		7,5	



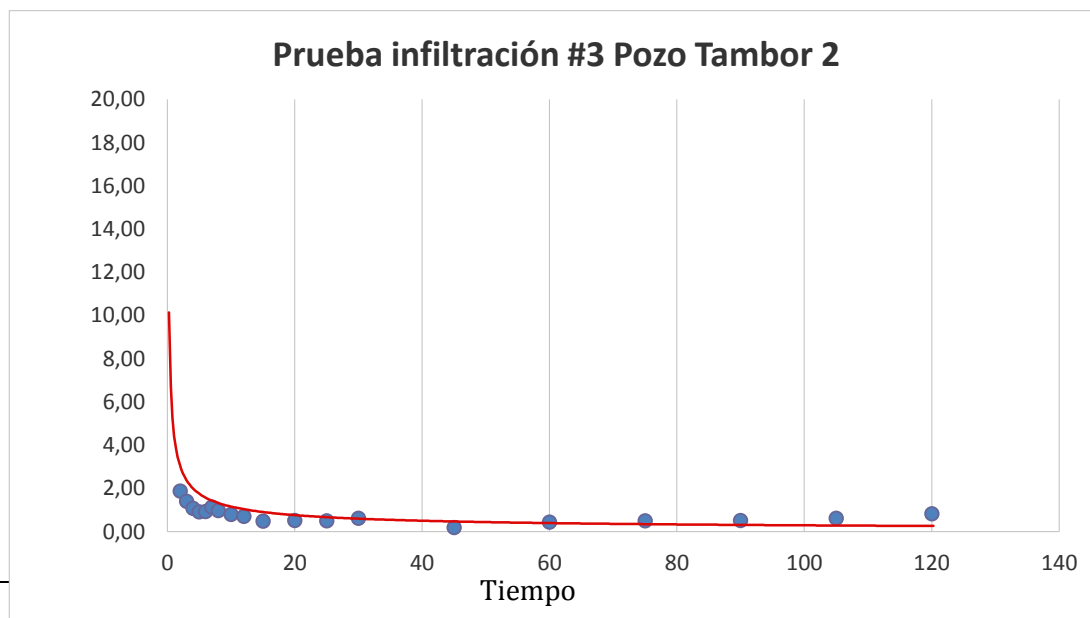


<b>PRUEBA DE PORCHET</b>			
Tipo aprovechamiento:	Pozo	Fecha: 13/7/2016	
No:	#2	Hora: 10am	
Ubicación:	Cartagena El Edén		
Coordenadas:	01149226 / 00317744		
TIEMPO	LECTURA	K	K
(min)	(cm)	(cm/min)	(m/día)
0	26,00		
1	24,90	0,14	2,03
2	23,90	0,13	1,92
3	22,60	0,18	2,60
4	21,60	0,15	2,09
5	20,60	0,15	2,17
6	19,70	0,14	2,03
7	18,50	0,20	2,84
8	17,80	0,12	1,73
10	16,80	0,09	1,28
12	16,40	0,04	0,53
15	16,00	0,03	0,36
20	15,80	0,01	0,11
25	15,60	0,01	0,11
30	15,40	0,01	0,11
45	15,00	0,01	0,08
60	14,60	0,01	0,08
75	14,10	0,01	0,10
90	13,70	0,01	0,08
105	13,20	0,01	0,10
120	12,90	0,00	0,06
Radio de excavación =		7,5	





<b>PRUEBA DE PORCHET</b>			
Tipo aprovechamiento:	Pozo	Fecha: 11/8/2016	
No:	#3	Hora:	
Ubicación:	Tambor 2		
Coordenadas:			
TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (m/día)
0	303,00		
1	28,50	8,45	121,64
2	27,40	0,13	1,87
3	26,60	0,10	1,40
4	26,00	0,07	1,08
5	25,50	0,06	0,92
6	25,00	0,06	0,93
7	24,40	0,08	1,14
8	23,90	0,07	0,97
10	23,10	0,06	0,79
12	22,40	0,05	0,71
15	21,70	0,03	0,49
20	20,50	0,04	0,52
25	19,40	0,03	0,50
30	18,10	0,04	0,62
45	17,00	0,01	0,19
60	14,60	0,03	0,44
75	12,20	0,04	0,50
90	10,10	0,04	0,51
105	7,90	0,04	0,62
120	5,50	0,06	0,83
Radio de excavación =		7,5	





# **ANEXO N° 4**

## **CALIDAD AGUAS**

