

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
-UEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA**



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

***CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LOS
POZOS 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) DE PUERTO JIMÉNEZ, GOLFITO,
PUNTARENAS.***

Elaboró:

Geól. José Manuel Jiménez Murillo
Área Funcional de Hidrogeología

Con la colaboración de campo:

Téc. Marvin Gomez Barquero
Área Funcional de Hidrogeología

**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología.**

AGOSTO, 2017



**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 **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

Índice de contenido

1 INTRODUCCIÓN.	4
1.1 Objetivos del informe	4
1.1.1 Objetivo General.....	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2 Ubicación Cartográfica y Contextual	5
2 GEOLOGÍA REGIONAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
3 GEOLOGÍA LOCAL	9
4 CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
4.1 Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico	10
5 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO	14
5.1 Conductividad hidráulica en la zona saturada	14
5.2 Conductividad hidráulica en la zona no saturada	15
6 TIEMPOS DE TRÁNSITO BACTERIOLÓGICO.....	17
6.1 Zona no saturada.....	17
6.2 Zona saturada.....	18
7 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA.....	19
7.1 Zona de captura	19
7.2 Radio fijo	20
7.3 Ecuación de Darcy.....	20
7.4 Zona operacional	21
7.5 Zona de protección	22
8 VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA.....	22
9 CALIDAD DE AGUA	28
10 CONCLUSIONES	30
11 REFERENCIAS	31

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio	6
Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.....	8
Figura 3: Mapa de ubicación de perforaciones en los alrededores del área de estudio.....	11
Figura 4: Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para el área de estudio	12
Figura 5: Perfil hidrogeológico A-B.....	13
Figura 6: Ubicación de las pruebas de infiltración en los alrededores de las fuentes en estudio...	16
Figura 7: Zona de protección para el pozo 1 (GD-2).	23
Figura 8: Zona de protección para el pozo 2 (03-04).	24
Figura 9: Zona de protección para el pozo 3 (11-26).	25
Figura 10: Zona de protección para el pozo 4 (15-21).	26
Figura 11: Zonas de protección para el campo de pozos en estudio.	27
Figura 12: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación en el área de estudio.	29

Índice de cuadros

Cuadro 1: Datos generales de los pozos en estudio.	5
Cuadro 2: Datos de los pozos base de datos de SENARA.....	9
Cuadro 3: Datos de los pozos del AyA.....	14
Cuadro 4: Resultados de las pruebas de infiltración	17
Cuadro 5: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.	18
Cuadro 6: Distancia horizontal mínima para la protección de los pozos analizados.	18
Cuadro 7: Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas	19
Cuadro 8: Punto de no retorno para las fuentes analizadas.....	20
Cuadro 9: Radio fijo de protección para el pozo analizado.	20
Cuadro 10: Ancho de la zona de protección calculada a partir de la ecuación de Darcy.....	21
Cuadro 11: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del pozo analizado.....	28

CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LOS POZOS 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) DE PUERTO JIMÉNEZ, GOLFITO, PUNTARENAS.

1 INTRODUCCIÓN.

El presente estudio se realiza mediante la solicitud por parte de Auditoría Interna del AyA, vía correo electrónico del jueves 18 de Mayo del 2017 (Anexo 1) a la Dirección de Hidrogeología, para efectuar los estudios pertinentes con el fin de determinar si el terreno en el cual se encuentra el campo de pozos del AyA en Puerto Jiménez, Golfito es apto para la construcción de una agencia comercial.

Así, la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología, designa un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios correspondientes en el lugar del campo de Pozos. La visita al lugar y los ensayos de campo correspondientes, se realizaron del 31 de Mayo al 02 de Junio del 2017.

Por parte de la UEN de Gestión Ambiental – Área Funcional de Hidrogeología asistieron:

- Geól. José Manuel Jiménez Murillo
- Téc. Marvin Gómez Barquero

1.1 Objetivos del informe

1.1.1 Objetivo General

Determinar la zona de protección absoluta (bacteriológica) de los Pozos 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) del campo de pozos del AyA en Puerto Jiménez, Golfito.

1.1.2 Objetivos específicos

Efectuar un diagnóstico hidrogeológico del entorno en el campo de pozos.

Realizar un cartografiado geológico del sitio.

Realizar pruebas de infiltración alrededor de los pozos, para determinar la conductividad hidráulica de la zona no saturada.

Determinar el tiempo de tránsito de contaminantes patógenos en el medio acuífero que captan los pozos en mención.

Definir geográficamente el área correspondiente a la zona de protección de los pozos.

1.2 Ubicación Cartográfica y Contextual

Los pozos en estudio se ubica entre las coordenadas 539500E / 276700N y 539800E /

276400N (Lambert Sur), en la Hoja Cartográfica Golfo Dulce escala 1:50 000 del IGN, a 500 metros al sur del centro urbano de Puerto Jiménez (Golfito, Puntarenas) (Figura 1).

El acceso al lugar donde se ubica el pozo, se da por la carretera comunal N° 245 que comunica al poblado de Puerto Jiménez con la intersección de la carretera nacional N° 2, la cual se encuentra en buen estado. Por sus condiciones, esta ruta permite el tránsito de todo tipo de vehículo.

En la Fotografía 1 y Fotografía 2 se observa la ubicación de los pozos, cuyos datos se muestran en el Cuadro 1. El lote propiedad del AYA es utilizado exclusivamente para las operaciones y mantenimiento de los pozos. Dentro de la propiedad se localiza el tanque de almacenamiento de agua utilizado para el abastecimiento del acueducto.

Cuadro 1: Datos generales de los pozos en estudio.

Nombre	Lambert Sur		Caudal explotación (L/s)
	Latitud	Longitud	
Pozo 1 (GD-2)	276545	539654	7*
Pozo 2 (03-04)	276583	539654	6*
Pozo 3 (11-26)	276556	539668	5*
Pozo 4 (15-21)	276563	539681	5**

*Caudal de explotación según operador del campo de pozos el día de la inspección.

**Caudal recomendado según prueba de bombeo



Fotografía 1: Pozo 1 (GD-2) (276,548 Norte y 539,647 Este foto izquierda) y Pozo 2 (03-04) (276,585 Norte y 539,663 Este foto derecha), proyección Lambert Costa Rica Sur

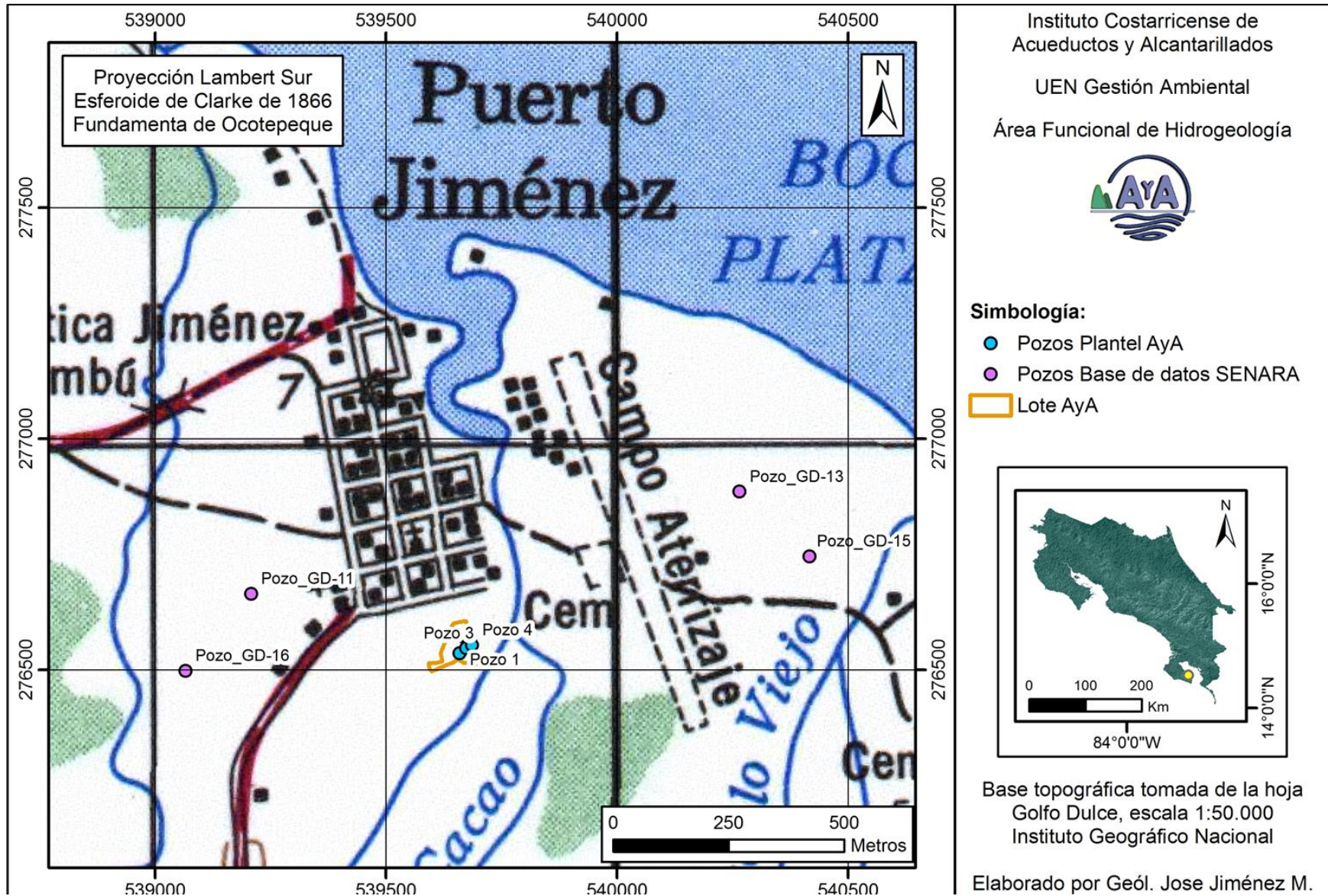


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio



Fotografía 2: Pozo 3 (11-26) (276,552 Norte y 539,671 Este foto izquierda) y Pozo 4 (15-21) (276,562 Norte y 539,681 Este foto derecha), proyección Lambert Costa Rica Sur)

2 GEOLOGÍA REGIONAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Dentro de la información de carácter regional sobre el tipo de materiales geológicos que se encuentran en la zona de estudio, se puede reconocer dos unidades diferentes: Formación Armuelles y la Unidad Depósitos fluvio-marinos. La distribución geográfica de estas unidades se puede observar en la Figura 2.

Estas unidades geológicas son descritas en los párrafos siguientes, tomadas y modificadas de Rodríguez (2013)

Formación Armuelles

De acuerdo con Tournon & Alvarado (1997) se trata de espesas series marinas detríticas que afloran en la parte pacífica sur y que evidencian un levantamiento rápido en esta margen del país. Esta formación está compuesta por rocas sedimentarias del Plio-Pleistoceno, principalmente areniscas, lutitas y conglomerados litorales y sub litorales. Forma las serranías que predominan el paisaje en la parte central de la península de Osa y que limitan por su lado sur a la planicie en donde se asienta Puerto Jiménez.

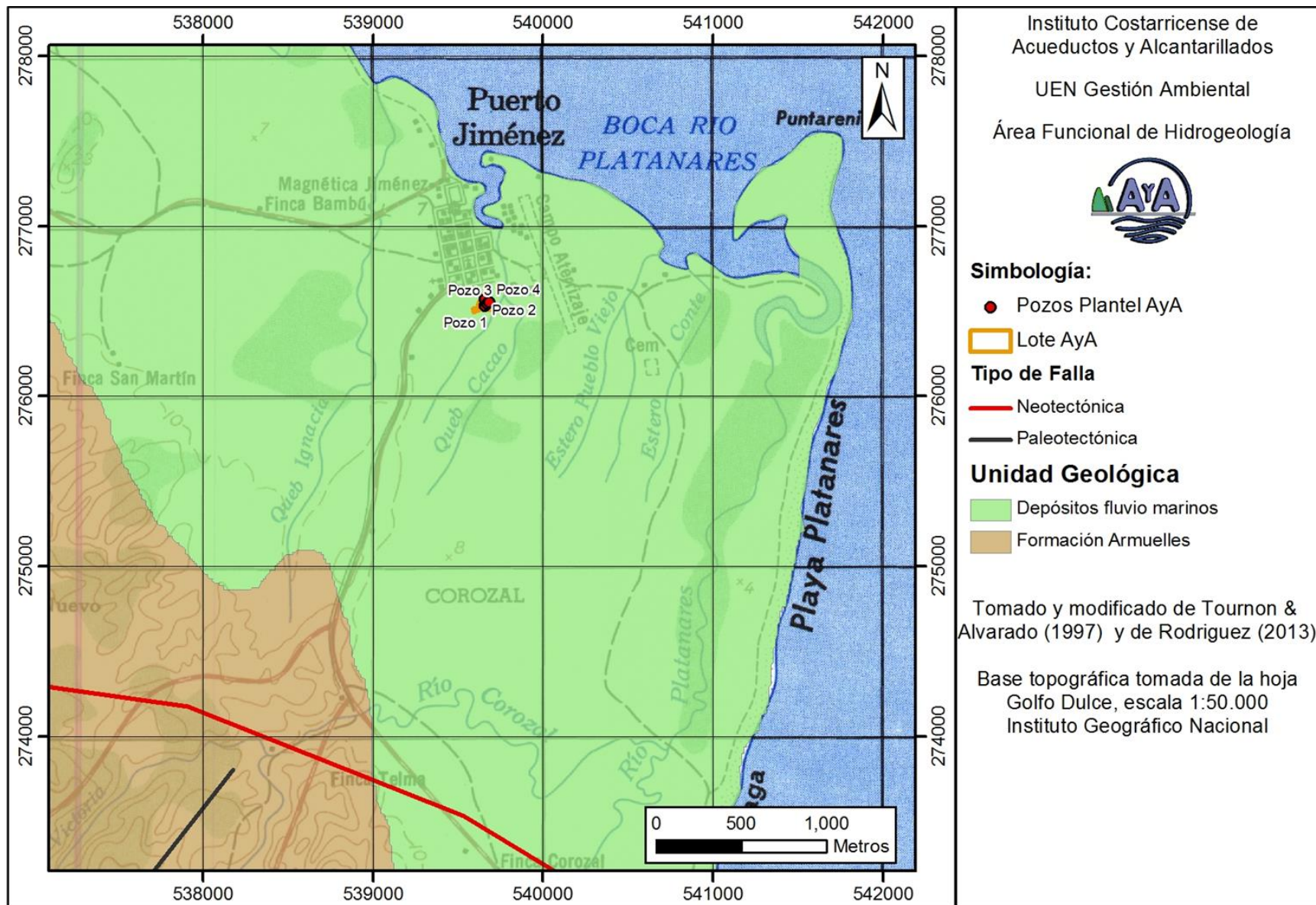


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.

Depósitos fluvio marinos

Forman la extensa planicie de la parte norte y este de la península de Osa. Contiene materiales de origen aluvial como gravas y sedimentos más gruesos y de origen marino, donde predominan las granulometrías más finas como arenas, limos y arcillas. Estos depósitos se encuentran levemente levantados formando pequeñas terrazas en las zonas costeras (Tournon & Alvarado, 1997). Los pozos de estudio se localizan en esta unidad litológica.

3 GEOLOGÍA LOCAL

Los pozos se ubican sobre un terreno formado por depósitos de materiales fluvio-marinos los cuales producen una topografía muy plana con pendientes bajas. Según los reportes de perforación estas litologías corresponden con materiales sedimentarios como arenas hasta limos y arcillas, estos materiales se pueden observar excavando la superficie del terreno. Por la característica de estos depósitos, en el área de estudio no se lograron encontrar cortes de afloramiento para poder observar las litologías en forma de roca, ya que son materiales sin consolidar y que no han pasado por un proceso de compactación y litificación.

4 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según la Base de Datos del SENARA (2017) en los alrededores del área de estudio se tiene registro, de cuatro pozos privados utilizados como insumo adicional para realizar el modelo hidrogeológico (Anexo 2). Los datos de estos pozos se observan en el Cuadro 2 y sus ubicaciones se observan en la Figura 3.

Según se observó durante la visita de campo, los pozos en estudio se encuentran captando materiales de origen fluvial con influencia marina. Según los rasgos morfológicos y el mapa geológico de la Figura 2, estas rocas corresponden con la formación geológica Unidad Depósitos fluvio marino. Por estas condiciones se trata de un acuífero libre y el flujo se da a través de un medio poroso.

Cuadro 2: Datos de los pozos base de datos de SENARA.

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)	Litología	Armado	Transmisividad m ² /día
GD-11	276665	539051	2,2	0-3 m: Suelo arcilloso color café. 3-11 m: Arena fina bien seleccionada de color negro 11-13 m: Grava muy gruesa, mal seleccionada, clastos de	0-3 m: Tubo ciego 3-21 Rejilla	9,98

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)	Litología	Armado	Transmisividad m ² /día
				areniscas verdosos 13-16 m: Arena con arcilla de color verdoso muy plástica. 16-21 m: Arcilla color verdoso muy plástica		
GD-13	276712	540136	1,21	0-3 m: Arenas finas color café bien seleccionada 3-9 m: Arena gruesa color gris mal seleccionada 9-15 m: Arena de fina a gruesa color gris mal seleccionada	0-3 m: Tubo ciego 3-15 Rejilla	69
GD-15	276728	540254	0,9	0-3 m: Arena fina de color café bien seleccionada 3-9 m: Arena gruesa de color gris mal seleccionada 9-14 m: Arena fina a gruesa color gris mal seleccionada	0-2 m: Tubo ciego 2-14 Rejilla	283
GD-16	276500	538908	4	0-3 m: Suelo arenoso color café amarillento 3-5 m: Arena fina bien seleccionada 5-7 m: Grava muy gruesa mal seleccionada con clastos de areniscas verde 7-14 m: Arcilla color verdoso muy plástica	0-2 m: Tubo ciego 2-14 Rejilla	20

4.1 Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico

Para conocer las direcciones de flujo subterráneo y el gradiente hidráulico se construyó el mapa de líneas isofreáticas de la Figura 4. Para su construcción se tuvo como referencia el nivel freático planteado en el perfil hidrogeológico de la Figura 5, a partir del cual, se elaboraron las curvas equipotenciales, de forma tal que fueran consecuentes con el gradiente hidráulico planteado en dicho perfil.

Puede verse que el flujo subterráneo muestra una dirección de suroeste – noreste, siguiendo la dirección de la pendiente del terreno.

El gradiente hidráulico se calculó a partir de la diferencia de elevación en los niveles estáticos de los pozos, para el pozo AyA 1 (GD-2) el nivel se ubica a una profundidad de 4,53 m.s.n.m., y para el pozo AyA 4 (15-21) a una profundidad de 3,68 m.s.n.m., y de su separación horizontal (32,66 m), por lo que:

$$\begin{aligned}\Delta h &= h_2 - h_1 = 4,53 - 3,68 = 0,85 \text{ m} \\ L &= 32,66 \text{ m} \\ i &= 0,0260\end{aligned}$$

Donde:

i: gradiente hidráulico.

h: elevación de las líneas potenciométricas.

L: distancia entre líneas potenciométricas.

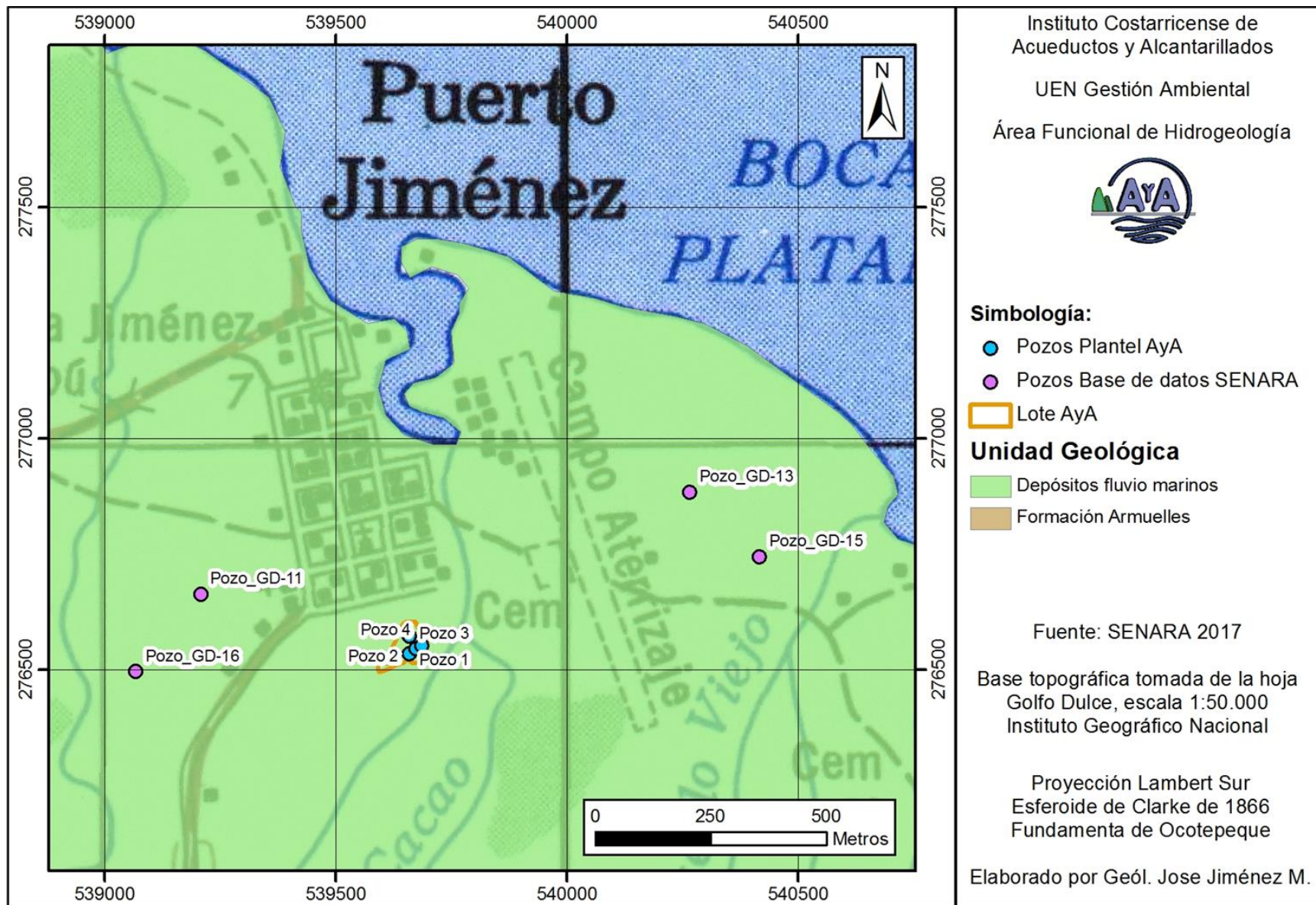


Figura 3: Mapa de ubicación de perforaciones en los alrededores del área de estudio.

Figura 4: Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para el área de estudio

Figura 5: Perfil hidrogeológico A-B.

5 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

5.1 *Conductividad hidráulica en la zona saturada*

Para poder establecer la conductividad hidráulica del acuífero se necesita conocer la transmisividad de éste. La determinación de la transmisividad se estableció para cada pozo utilizando la fórmula propuesta por Galofré (Custodio & Llamas, 1983), debido a que los informes de perforación solo presentan la información de la profundidad del nivel freático al inicio y fin de la prueba y el caudal utilizado, no así los cálculos de los parámetros hidráulicos ni los datos crudos las pruebas.

La formula de Galofré establece que:

$$T = \frac{100 \times Q}{\Delta S}$$

Donde:

T= Transmisividad del acuífero

Q= Caudal de la prueba de bombeo

ΔS = Abatimiento durante la prueba

Para el pozo AyA 4 (15-21) si se cuenta con los datos básicos de la prueba de bombeo por lo tanto para este pozo se interpreta la prueba de bombeo, mostrando los parámetros obtenidos en el Cuadro 3 y en el Anexo 3. El análisis de la prueba de bombeo se realizó mediante el método de Neuman, especial para acuíferos libres.

Cuadro 3: Datos de los pozos del AyA

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)	Litología	Armado	Transmisividad m ² / día	Espesor zona saturada	Conductividad hidráulica
AyA 1 (GD-2)	276535	539659	3,68	0-1 m: Limo marrón, arena muy fina 1-17 m: Arena entre media y fina	0-13 m: Tubo ciego 13-16 m: Rejilla	72,6	3 m	24,2

				17-19 m: Limo y arena muy fina	16-19 m: Tubo ciego			
AyA 2 (03-04)	276571	539659	4,47	0-5 m: Arenas medias a finas 5-8 m: Arenas finas con limos 8-9 m: Arenas medias a finas 9-10 m: Limos 10-20 m: Arenas gruesas a medias 20-22 m: Arcilla limosa	0-13 m: Tubo ciego 13-19 m: Rejilla 19-22 m: Tubo ciego	74,8	6 m	12,46
Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)	Litología	Armado	Transmisividad m²/ día	Espesor zona saturada	Conductividad hidráulica
AyA 3 (11-26)	276545	539672	3,76	0-1 m: Suelo arcilloso 1-2 m: Arenas gruesas color café 2-6 m: Arenas muy finas 6-14 m: Arenas gruesas 14-18 m: Arenas muy finas con arcillas	0-9 m: Tubo ciego 9-15 m: Rejilla 15-18 m: Tubo ciego	174,32	11 m	15,84
AyA 4 (15-21)	276554	539686	4,19*	0-20 m: Arenas finas 20-23 m: Arcillas	0-8 m: Tubo ciego 8-20 m: Rejillas 20-23 m: Tubo ciego	150	12 m	12,5

*Nivel estático medido en la visita de campo, sin brocal

Tomando en cuenta el armado de los pozos y la colocación de las rejillas para conocer el espesor de la zona saturada que captan los pozos, se aplica la siguiente ecuación para obtener la conductividad hidráulica del acuífero (K), la cual establece que:

$$K = \frac{T}{b}$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

T= Transmisividad del acuífero

b= espesor de la zona saturada (según informe de pozo y perfil hidrogeológico)

Por lo tanto para cada pozo se obtiene un valor de k como se muestra en el Cuadro 3. Este valor se utilizara para cálculos posteriores.

5.2 Conductividad hidráulica en la zona no saturada

Para conocer las características de los materiales que cubren al acuífero se hicieron 6 pruebas de infiltración directamente sobre el terreno, cuya ubicación se observa en la Figura 6. Las pruebas PI 1, PI 2, PI 3 y PI 4, fueron realizadas por Rodriguez (2013) en la propiedad de los pozos y alrededores, por lo tanto se utilizarán estos valores como parte del análisis. En el Cuadro 4 y en el Anexo 4 se observan los resultados obtenidos con estos ensayos.

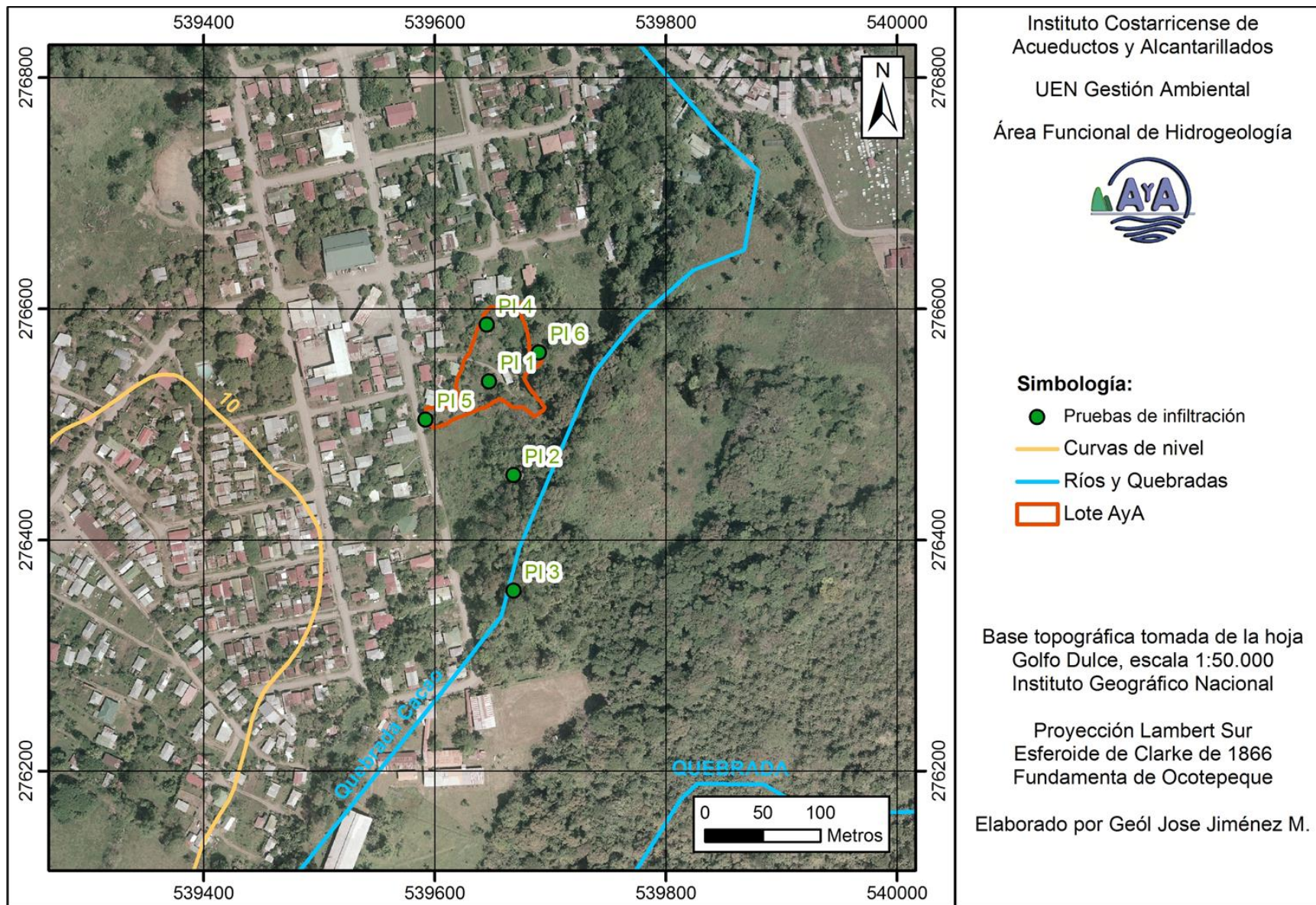


Figura 6: Ubicación de las pruebas de infiltración en los alrededores de las fuentes en estudio.

Cuadro 4: Resultados de las pruebas de infiltración

Código	Latitud	Longitud	Infil (cm/min)	Infil (m/s)	Tipo de suelo
PI 1*	276537	539647	0,76	1,27E-04	Arena media
PI 2*	276456	539668	0,0486	8,10E-06	Arena fina
PI 3*	276356	539668	0,0694	1,16E-05	Arena fina
PI 4*	276586	539645	0,3125	5,21E-05	Arena media
PI 5**	276504	539592	0,2683	4,47E-05	Arena media
PI 6**	276562	539690	0,2733	4,56E-05	Arena fina

*Datos tomados de Rodriguez (2013)

**Datos tomados durante la gira de campo

A partir de estos resultados, se tiene que la infiltración promedio en los alrededores de la fuente en estudio es de $4,82 \times 10^{-5}$ m/s (4,165 m/día). El valor de porosidad para esos suelos se tomara el mismo utilizado por Rodriguez (2013) siendo de 0,35, representativo para arenas finas a medias encontradas en los suelos donde se ubicaron las pruebas.

6 TIEMPOS DE TRÁNSITO BACTERIOLÓGICO

6.1 *Zona no saturada*

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada (t_1), se determina con la fórmula:

$$t_1 = \frac{b * ne}{K_v * i}$$

Donde:

t = tiempo de tránsito vertical.

b = espesor de la zona no saturada (Según perfil hidrogeológico e informes de perforación).

ne = Porosidad efectiva = 0,35

K_v = Conductividad hidráulica vertical (Promedio 4,165 m/día)

i = Gradiente hidráulico = 1 (flujo vertical)

Para el cálculo del tránsito vertical de contaminantes en la zona no saturada, se analizará cada caso por separado ya que existe una diferencia en el espesor de la zona no saturada para cada pozo. Estos espesores se tomarán según los reportados en los informes de perforación.

Sustituyendo estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados consignados en el Cuadro 5. El valor de permeabilidad se utiliza según lo averiguado en las pruebas de infiltración en el apartado 17.

Cuadro 5: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.

Pozo	Permeabilidad (m/d)	Porosidad	Espesor	t ₁ (días)
AyA 1 (GD-2)	4,165	0,35	3,68	0,31
AyA 2 (03-04)	4,165	0,35	4,47	0,38
AyA 3 (11-26)	4,165	0,35	3,76	0,32
AyA 4 (15-21)	4,165	0,35	4,19	0,35

6.2 Zona saturada

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve en la tabla de agua subterránea (t₂), se determina con la fórmula:

$$t_2 = \frac{d * ne}{k * i}$$

Donde:

- d: distancia recorrida por un contaminante en un tiempo t₂
- ne: porosidad del medio en la zona saturada
- k: permeabilidad del acuífero (según se calculó en el apartado 15)
- i: gradiente hidráulico

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA, para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t₂), puede determinarse restando el tiempo total de vida de las bacterias, 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994), menos el tiempo en el tránsito vertical.

Para la porosidad del medio en la zona saturada se utiliza el valor utilizado por Rodriguez (2013) para los materiales de este acuífero.

Por lo tanto, la distancia mínima requerida para la protección de las fuentes será (Cuadro 6):

Cuadro 6: Distancia horizontal mínima para la protección de los pozos analizados.

Fuente	k (m/día)	i	t ₂ (días)	Porosidad	d (m)
AyA 1 (GD-2)	24,2	0,0260	69,69	0,35	125
AyA 2 (03-04)	12,47	0,0260	69,62	0,35	64
AyA 3 (11-26)	15,85	0,0260	69,68	0,35	82
AyA 4 (15-21)	12,5	0,0260	69,65	0,35	65

7 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA

7.1 Zona de captura

Para delimitar la zona de protección del pozo en estudio, Grubb (1993) propone una serie ecuaciones validas para acuíferos de tipo libre con las que se calcula el ancho máximo de la zona de captura (tubo de flujo) en el sentido perpendicular a la dirección del flujo, así como el punto de no retorno de aguas abajo de la toma de agua en sentido de la dirección de flujo.

Así, este método incluye las siguientes expresiones matemáticas:

$y = \frac{2 * Q * L}{k * (h_1^2 - h_1^2)}$	$x_0 = \frac{\pm Q * L}{\pi * k * (h_1^2 - h_1^2)}$
---	---

Donde:

y: ancho de la zona de captura en el eje “y”.

x₀: punto de no retorno en el eje “x”.

Q: caudal ($m^3 / \text{día}$).

k: conductividad hidráulica (m / día)

L: distancia entre dos puntos de observación.

h_1 : Altura de la tabla de agua 50 m aguas arriba del pozo AyA 3 (11-26).

h_2 : Altura de la tabla de agua 15 m aguas arriba del pozo AyA 3 (11-26).

Al sustituir estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados expuestos en el Cuadro 7 y Cuadro 8.

Cuadro 7: Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas

Fuente	Q (L/s)	Q (m^3/d)	k (m/d)	h_1 (m)	h_2 (m)	L (m)	y (m)
AyA 1 (GD-2)	7	604,8	24,2	5,4	4,44	35	185,2
AyA 2 (03-04)	6	518,4	12,47	5,4	4,44	35	308,1
AyA 3 (11-26)	5	432	15,85	5,4	4,44	35	202
AyA 4 (15-21)	5	432	12,5	5,4	4,44	35	256

Cuadro 8: Punto de no retorno para las fuentes analizadas

Fuente	Q (L/s)	Q (m^3/d)	k (m/d)	h_1 (m)	h_2 (m)	L (m)	$\pm X_0$ (m)
AyA 1 (GD-2)	7	604,8	24,2	5,4	4,44	35	29,5
AyA 2 (03-04)	6	518,4	12,47	5,4	4,44	35	49
AyA 3 (11-26)	5	432	15,85	5,4	4,44	35	32,1
AyA 4 (15-21)	5	432	12,5	5,4	4,44	35	40,8

Para los pozos 1,2 y 3 se utilizó el caudal de explotación para el día de la visita de campo, mientras que para el pozo 4 se utilizó el caudal de recomendación según la prueba de bombeo aportada en el informe de perforación, ya que este no se encuentra actualmente en operación.

7.2 Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección a partir de un círculo de radio “R”, se emplea la siguiente ecuación del radio fijo:

$$R = \sqrt{\frac{Q * t}{\pi * n * b}}$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) del pozo.

t: tiempo de tránsito del flujo horizontal en el acuífero.

n: porosidad del acuífero.

b: espesor del acuífero.

R: es el radio fijo en metros.

Cuadro 9: Radio fijo de protección para el pozo analizado.

Fuente	Q (L/s)	Q (m ³ /d)	t (días)	Porosidad	b (m)	R (m)
AyA 1 (GD-2)	7	604,8	69,69	0,35	3	113
AyA 2 (03-04)	6	518,4	69,62	0,35	6	73,9
AyA 3 (11-26)	5	432	69,68	0,35	11	49,9
AyA 4 (15-21)	5	432	69,65	0,35	12	47,7

7.3 Ecuación de Darcy

Para establecer el ancho de la zona de protección, una de las metodologías a emplear se basa en la aplicación de la Ley de Darcy, la cual establece que:

$$Q = T * i * L$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) del pozo.

T: transmisibilidad promedio del acuífero.

L: ancho de la sección transversal a través de la cual se da el flujo de agua.

Despejando “L” de la ecuación anterior, se tiene:

$$L = \frac{Q}{T * i}$$

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados expuestos del Cuadro 10:

Cuadro 10: Ancho de la zona de protección calculada a partir de la ecuación de Darcy

Fuente	Q (L/s)	Q (m³/d)	T (m²/día)*	i	L (m)
AyA 1 (GD-2)	7	604,8	72,6	0,0260	320,4
AyA 2 (03-04)	6	518,4	74,8	0,0260	266,5
AyA 3 (11-26)	5	432	174,3	0,0260	95,3
AyA 4 (15-21)	5	432	150	0,0260	110,7

*: Valor de transmisibilidad promedio calculado en el apartado 15.

7.4 Zona operacional

Según Foster et al (2002), la zona operacional de un pozo se define como el perímetro de protección más interior dentro de una zona de resguardo o protección, la cual comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. Es deseable que esta área sea propiedad y esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación.

Es un área de reserva absoluta y no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aún así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que contaminantes alcancen la fuente ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las adyacencias (Foster et al, 2002).

Todas las partes de esta zona que sean usadas para actividades de mantenimiento del pozo. Para prevenir la invasión de animales y vandalismo, la colocación de una cerca perimetral en esta zona es una práctica usual y muy recomendable (Foster et al, 2002).

La especificación de la dimensión de esta área es siempre algo arbitraria y depende en cierto modo de la naturaleza de las formaciones geológicas locales, aunque es altamente recomendable que posea un radio de por lo menos 15 metros (Foster et al, 2002), tal como se observa en la Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11.

7.5 Zona de protección

Luego de integrar los resultados obtenidos con los distintos métodos de análisis, así como el área mínima que debe guardar la zona operacional, se ha definido la zona de protección para los pozos analizados (Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11) por medio de la metodología del radio y el tiempo de degradación bacteriológica fijo, cuyas dimensiones son las siguientes:

- La **zona operacional y de protección absoluta** tendrá un ancho de 30 m, definido como un radio de 15 m alrededor de la fuente. En ella no se podrán desarrollar actividades ajenas a la captación, mantenimiento y protección de la fuente. Esta delimitación aplica para todos los pozos en estudio.
- La **zona de protección absoluta (bacteriológica)**, según los resultados obtenidos con la metodología de radio fijo será la siguiente:

Pozo AyA 1 (GD-2): tendrá un ancho de 113 m definidos con la metodología de radio fijo y un largo de 125 m según el tiempo de degradación bacteriológica (Figura 7).

Pozo AyA 2 (03-04): tendrá un ancho de 73,97 m definidos con la metodología de radio fijo y un largo de 73,97 m según la metodología de radio, por ser la distancia más crítica (Figura 8).

Pozo AyA 3 (11-26): tendrá un ancho de 49,89 m definidos con la metodología de radio fijo y un largo de 82 m según el tiempo de degradación bacteriológica (Figura 9).

Pozo AyA 4 (15-21): tendrá un ancho de 47,75 m definidos con la metodología de radio fijo y un largo de 65 m según el tiempo de degradación bacteriológica (Figura 10).

8 VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA

La vulnerabilidad de la zona operacional y de protección inmediata es determinada mediante la aplicación del método G.O.D. (Foster et al, 2002), el cual toma en cuenta tres factores y aplica un índice a cada uno de ellos (Figura 12). Los tres factores analizados son los siguientes:

- Grado de confinamiento (G)
- Estrato sobreyacente (O)
- Profundidad al nivel freático (D)

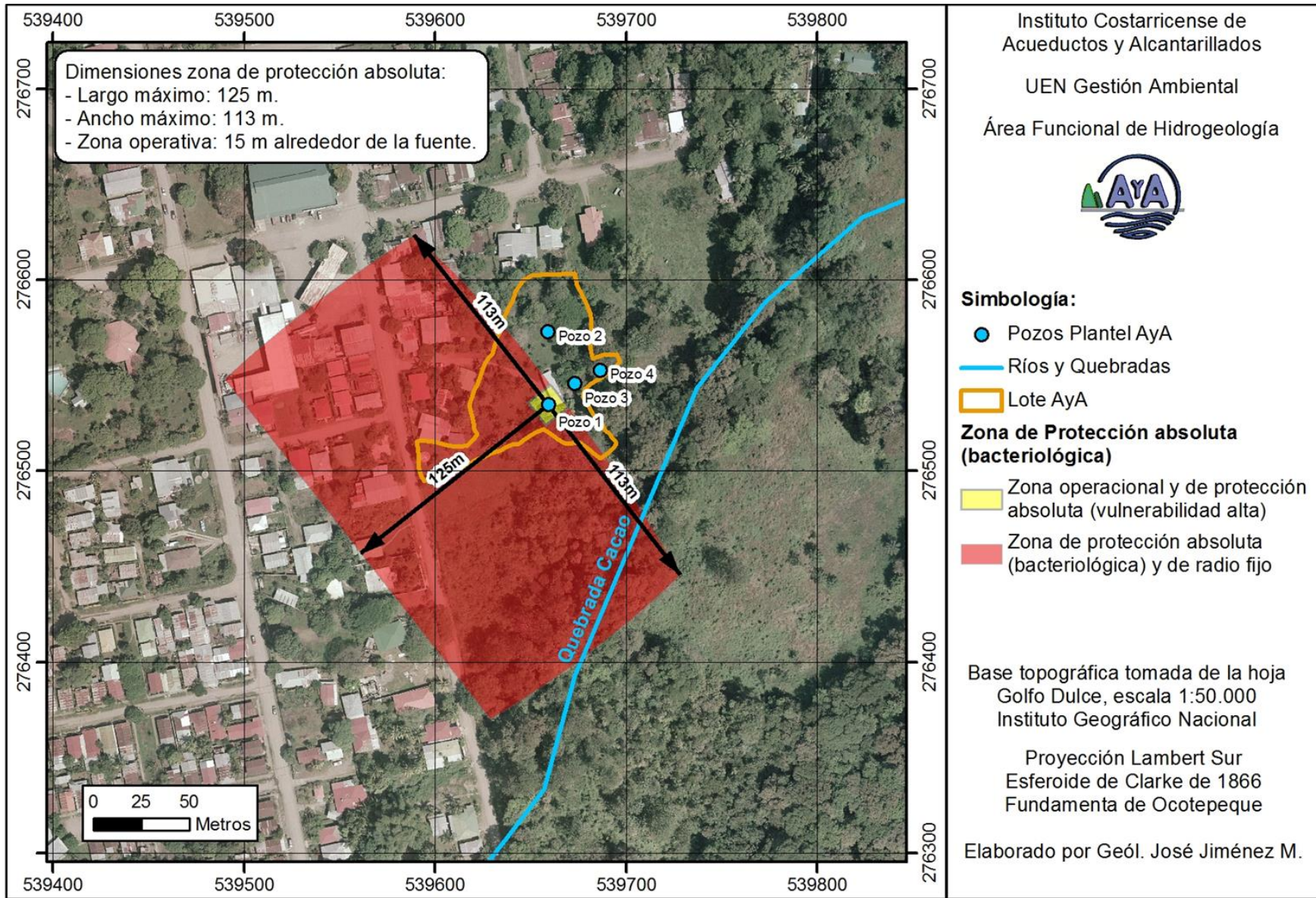


Figura 7: Zona de protección para el pozo 1 (GD-2).

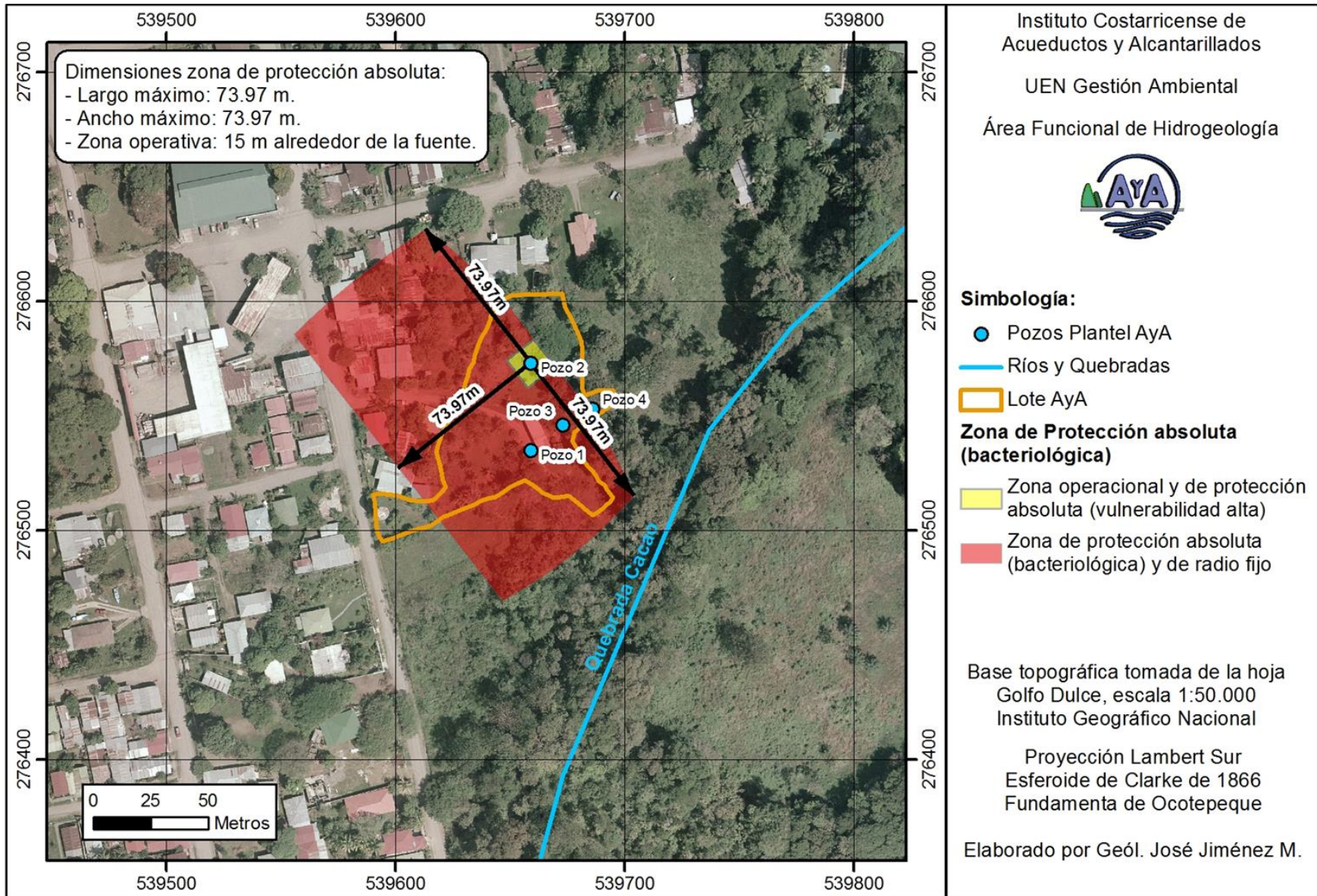


Figura 8: Zona de protección para el pozo 2 (03-04).

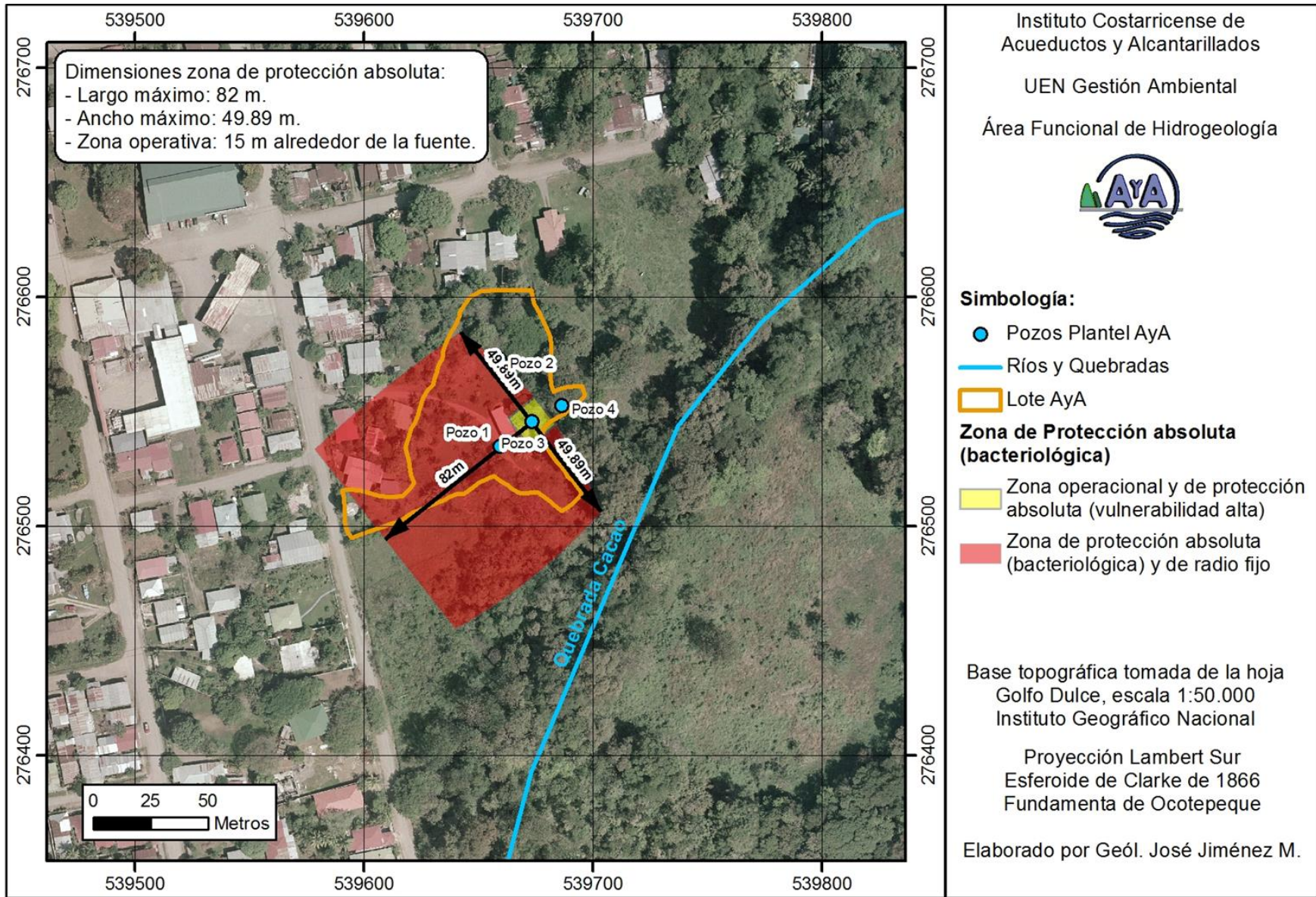


Figura 9: Zona de protección para el pozo 3 (11-26).

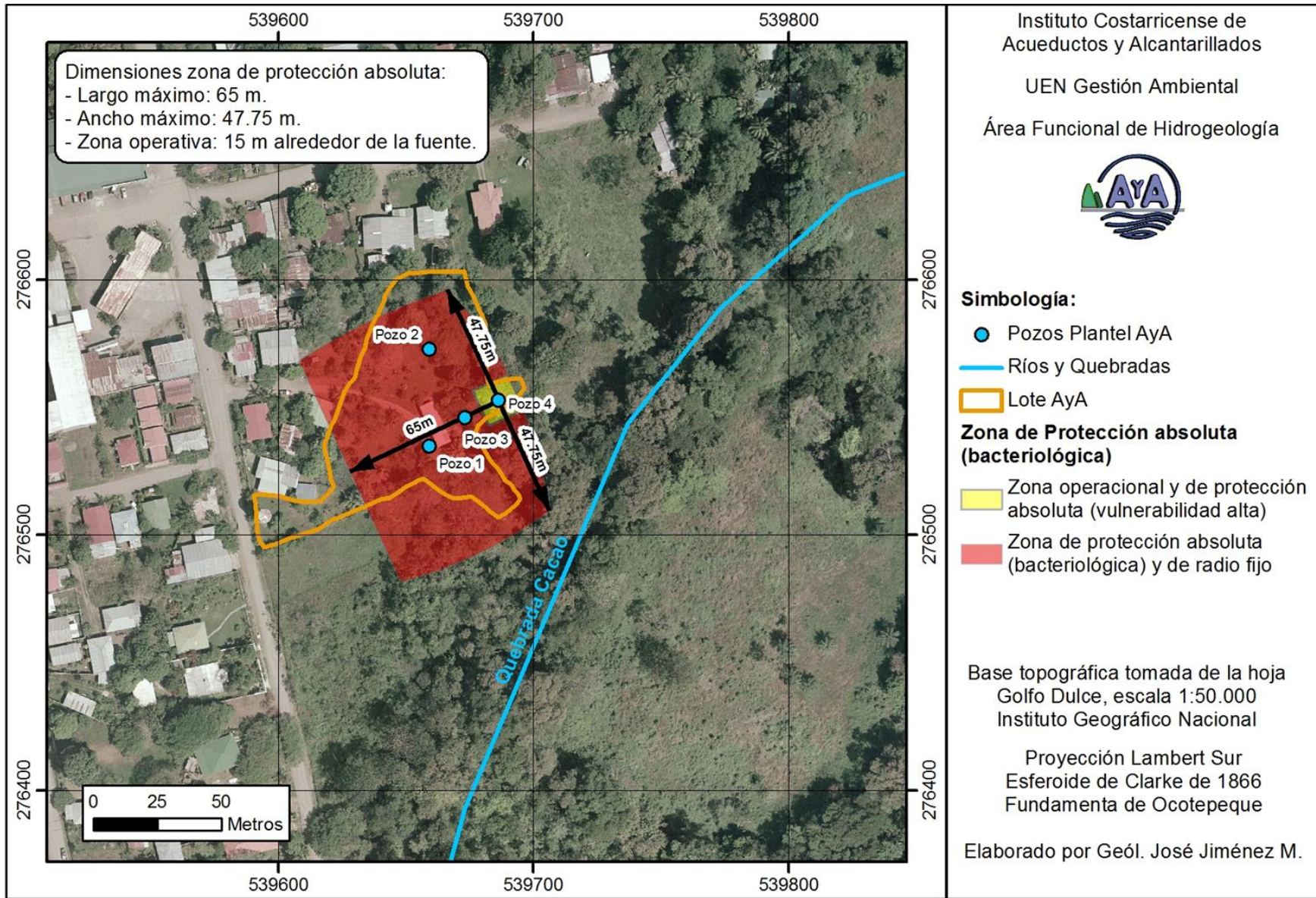


Figura 10: Zona de protección para el pozo 4 (15-21).

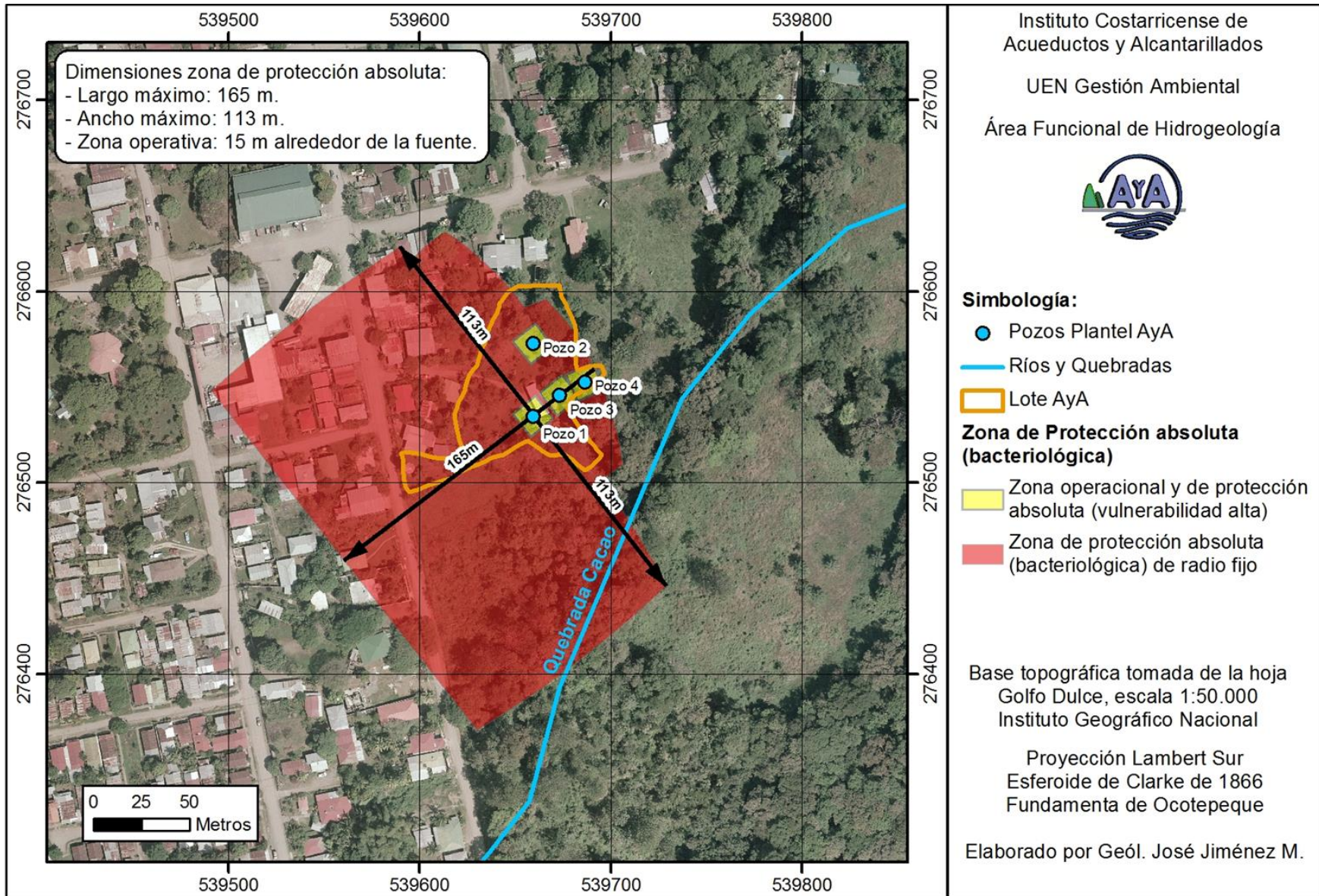


Figura 11: Zonas de protección para el campo de pozos en estudio.

Para las fuentes analizadas, debido a que presentan las mismas condiciones de grado de confinamiento, de roca sobreyacente y que el espesor a la zona saturada no supera los 5 m en ninguno de los pozos, se puede decir que el análisis de vulnerabilidad será el mismo para cada pozo, por lo tanto su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación es la siguiente (Cuadro 11):

Cuadro 11: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del pozo analizado.

Fuente	G	O	D*	Vulnerabilidad	
AyA 1 (GD-2)	1 (Acuífero no confinado)	0,7 (Material aluvial y fluvio-glacial)	0,9 (3,68 m)	0,63	Alta
AyA 2 (03-04)	1 (Acuífero no confinado)	0,7 (Material aluvial y fluvio-glacial)	0,9 (4,47 m)	0,63	Alta
AyA 3 (11-26)	1 (Acuífero no confinado)	0,7 (Material aluvial y fluvio-glacial)	0,9 (3,76 m)	0,63	Alta
AyA 4 (15-21)	1 (Acuífero no confinado)	0,7 (Material aluvial y fluvio-glacial)	0,9 (4,19 m)	0,63	Alta

*: Espesor de la zona no saturada según informes de perforación y perfil hidrogeológico

9 CALIDAD DE AGUA

Mediante correo electrónico con fecha 26 de Julio del 2017 se aportó por parte del Área de Química de Agua Potable & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 4): para los pozos AyA 1 (reporte AYA – ID – 09725-2016), pozo 2 (reporte AYA – ID – 09726-2016) y pozo 3 (reporte AYA – ID – 09727-2016) indican que “Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S”. Para el pozo AyA 4 se tiene el reporte físico – químico AYA – ID – 09725-2015 que indica “Agua de calidad mala, según los parámetros físicos-químicos evaluados, y los criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012”.

Mediante correo electrónico con fecha 03 de Agosto del 2017 se aportó por parte Área de Micro biología & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 4): reporte 130159 del 15 de octubre del 2015, indica que: “4-De acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, la calidad del agua es excelente” y

el reporte 133571 del 27 de setiembre del 2016, indica que: "4-El agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano".

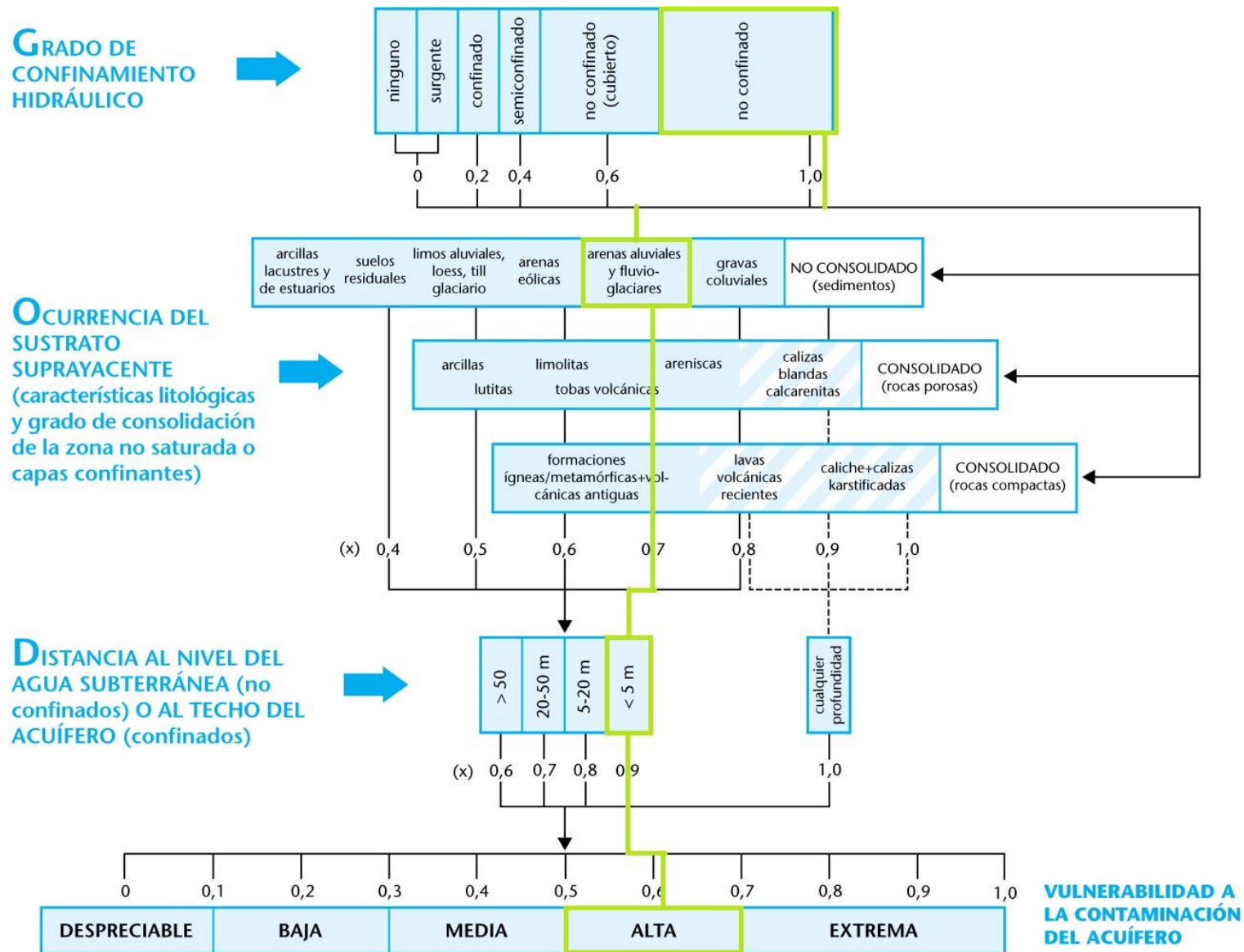


Figura 12: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación en el área de estudio.

10 CONCLUSIONES

Luego de analizar la información existente sobre el área de estudio, así como de la información producto del trabajo de campo, se tienen las siguientes conclusiones:

- 1) El área de estudio se encuentra en un medio geológico de depósitos inconsolidados de origen fluvial con influencia marina, conformado por arenas de granulometría variada.
- 2) El agua se encuentra almacenada en las capas de sedimentos inconsolidados generado por los depósitos de materiales acarreados por los ríos de la zona y con influencia marina. Estos depósitos se caracterizan por la alternancia de lentes de diferentes granulometrías pero en el rango de las arenas. Por estas características se clasifica al acuífero como libre.
- 3) En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá cumplir lo siguiente:
 - La superficie de la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
 - El área de reserva absoluta, solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
 - Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
 - Mantener una cerca perimetral alrededor del campo de pozos.
 - La zona de protección absoluta debe dedicarse a la conservación y protección forestal
- 4) En lo que respecta a la zona de protección (Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11) de los pozos, sus dimensiones quedan establecidas de la siguiente forma:

Fuente	Zona operacional y de protección absoluta	Zona de protección absoluta (Bacteriológica)
AyA 1 (GD-2)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 113 m Largo de 125 m
AyA 2 (03-04)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 73,97 m Largo de 73,97 m
AyA 3 (11-26)	30 metros de ancho, definido como un radio	Ancho de 49,89 m

	de 15 m alrededor de cada fuente.	Largo de 82 m
AyA 4 (15-21)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 47,75 m Largo de 65 m

- 5) Se determina a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, con los cuales se contó a la fecha de elaboración de este informe, en los reportes físico –químicos para los pozos AyA 1, AyA 2 y AyA 3, estos cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S, mientras para el pozo AyA 4 se indica “Agua de calidad mala, según los parámetros físicos-químicos evaluados, y los criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012”. Según el reporte Bacteriológico 130159 en el pozo AyA 4 y 133571 en los pozos AyA 1, AyA 2 y AyA 3 del Laboratorio Nacional de Aguas, se determina que *“la calidad del agua es excelente y aptas para consumo humano”*.
- 6) La zona donde se localizan los pozos se clasifica como de vulnerabilidad alta, según la metodología de GOD para la clasificación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
- 7) Se indica que el lote con un área de 5267 m², constituye la zona de protección absoluta (bacteriológica) de los pozos AyA 1 (GD-2), AyA 2 (03-04), AyA 3 (11-26) y AyA 4 (15-21), por lo cual no se recomienda la construcción de tanques sépticos.
- 8) Se recomienda a la región Brunca mantener un monitoreo constante de tipo N1 y N2 para los pozos.

11 REFERENCIAS

- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R., 1983: Hidrología Subterránea. Omega (2 Vol.) 2359 pp.
- FOSTER, S. HIRATA, R. GOMES, D. D’ELIA, M. & PARÍS, M., 2002: “Protección de la calidad del agua subterránea”. Banco Mundial. Washington.
- GRUBB, S., 1993: “Analytical model for estimation of steady-state capture zones of pumping wells in confined an unconfined aquifers”. Ground Water 31, No. 1:21-32.
- RODRÍGUEZ, H. (2013): Definición de la zona de protección absoluta inmediata de los pozos 1, 2 y 3 de Puerto Jiménez, Golfito. - 21 págs. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José. [Informe Interno Contratación Directa 2012CDS-065-PRI]
- TOURNON, J. & ALVARADO, G.E., 1997: Mapa geológico de Costa Rica: folleto explicativo. - Escala 1:500 000 – 1a de. - Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica: Hoja Topográfica Golfo Dulce N° 3541 IV, escala 1: 50000, edición 1-IGCR, San José, 1964.

<http://base-digh.senara.or.cr/index.php> (Base de datos de SENARA consultada el 05 de Junio del 2017).

Anexos

Anexo 1: Correo electrónico de Auditoría Interna

blágina 1 de 1

Jose Manuel Jimenez Murillo

De: "Viviana Ramos Sanchez" <vramos@aya.go.cr>
Fecha: lunes 29 de mayo de 2017 12:15 p.m.
Para: "Jose Manuel Jimenez Murillo" <josjimenez@aya.go.cr>
Asunto: RV: Prueba de tránsito de contaminantes.

psi

MSc. Viviana Ramos Sánchez.
Directora Área Funcional Hidrogeología - UEN Gestión Ambiental.
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
Tel.: (506) 25436516 || Fax: (506) 22906595 || Apdo.: 1097-1200.
E-Mail: vramos@aya.go.cr || Web Site: <http://www.aya.go.cr/>

De: Walter Gonzalez Altamirano
Enviado el: jueves 18 de mayo de 2017 02:42 p.m.
Para: Viviana Ramos Sanchez <vramos@aya.go.cr>
CC: Alcides Vargas Pacheco <avargas@aya.go.cr>
Asunto: Prueba de tránsito de contaminantes.

Buenas Tardes Licenciada:

De conformidad a nuestra conversación, le solicito me indique una fecha aproximada de cuando se llevara a cabo las prueba de tránsito de contaminantes en el terreno donde se ubican los pozos en Puerto Jiménez. Esta prueba es de gran importancia para la Auditoría Interna, ya que se requiere determinar, si ese terreno es apto para la construcción de una agencia comercial.

Agradeciendo de antemano su valiosa colaboración:



Lic. Walter González Altamirano
Auditoría Interna
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Teléfono:(506) 2242-5033
Fax: (506)2242-5032
E-mail: wgonzalez@aya.go.cr

06/06/2017

Anexo 2: Información de pozos de base de datos del SENARA

SIN EXPADIC. 14

REPORTE DE PERFORACIÓN		AGUA SEGURA Ltda.		Página 1
Pozo número GD-11	Bitácora 5173-08	UBICACIÓN CARTOGRÁFICA		
Localidad: Gofito, Jimenez, Puerto Jimenez				
Croquis del pozo con relación al terreno				
		Hoja Golfo Dulce No 3541 IV Escala 1:50 000 Elevación 10 m Latitud 58.417 Longitud 612.507		
Propietario OSA PROPERTIES AND DEVELOPMENTS S.A				
Uso que se dará al agua Turístico	Método de perforación Rotación	Equipo de perforación GARDEN DENVER		
Inicio de la perforación 1 de marzo del 2010	Final de la perforación 1 de agosto de 2010	Profundidad total 21 m		
VARIACIÓN DE NIVEL DE AGUA AVANCE DE LA PERFORACIÓN Prof (m) Nivel (m) 2.2 Aparece el agua	Tramo (m) 0-3 3-11 11-13 13-16 16-21	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DETALLADA Descripción 0-3 Suelo arcilloso de color café 3-11 Arena fina, bien seleccionada, muy buena permeabilidad, de color negro 11-13 Grava muy gruesa, mal seleccionada, sin consolidar, clastos de areniscas verdosos 13-16 Arena con arcilla de color verdoso muy plástica y de baja permeabilidad 16-21 Arcilla de color verdoso muy plástica e impermeable		
CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS ENCONTRADAS				
El pozo se ubica captando un acuífero aluvial desarrollado en sedimentos fluviales de la llanura de Puerto Jimenez. Se trata de capas de sedimentos arenosos y gravosos de variable granulometría, de origen fluvial continental y con influencia marina, cubiertos por una capa de arena fina, y subyacentes por capas de arcilla impermeable del basamento de rocas sedimentarias. El acuífero es de tipo no confinado o freático, de bajo potencial. Para asegurar la explotación continua a largo plazo de este acuífero y prevenir la intrusión salina es necesario controlar la explotación de pozo y llevar un monitoreo continuo del acuífero. El pozo aparentemente es penetrante en el acuífero.				

Anexo 3: Prueba de bombeo Pozo AyA 4 (15-21)

115-211

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
 SUBGERENCIA - AID - UEN - GESTION AMBIENTAL

Reporte de Prueba de Producción de Pozo

LUGAR: Pto Jimenez

PROVINCIA: Puntarenas CANTON: Coronado DISTRITO:

UBICACION DEL POZO: Campo de faja (Pozo nuevo hecho en
septiembre 2015) FECHA: 14/10/15

PROFUNDIDAD DEL POZO: 21.82 metros.

PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA: 18 metros.

DIAMETRO TUBERIA DESCARGA (CACHERA): 50 milímetros.

DIAMETRO TUBERIA DE SUCCION (COLUMNA): 50 milímetros.

DIAMETRO ENCAMIZADO DEL POZO: 200 mm. PVC ACERO

CARACTERISTICAS DE LA BOMBA DE PRUEBAS:

MARCA: Grundfos

MODELO: _____

POTENCIA: 7.5HP

DIAMETRO: _____

CONDICIONES CLIMATOLOGICAS :

VERANO INVIERNO ; LLUVIA SI NO

TEMPERATURA AMBIENTE : _____ °C; _____ °F.

CARACTERISTICAS DEL PUNTO DE MUESTREO :

TERRENO: PLANO LADERA QUEBRADO

VEGETACION: MUCHA POCA NINGUNA

CONDICIONES HIGIENICAS: BUENA MALA

HAY ANIMALES SI (VACAS, CABALLOS, CERDOS, GALLINAS, PATOS, PERROS, etc.)
 NO

LOTE DEL POZO CERCADO : SI NO

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA :

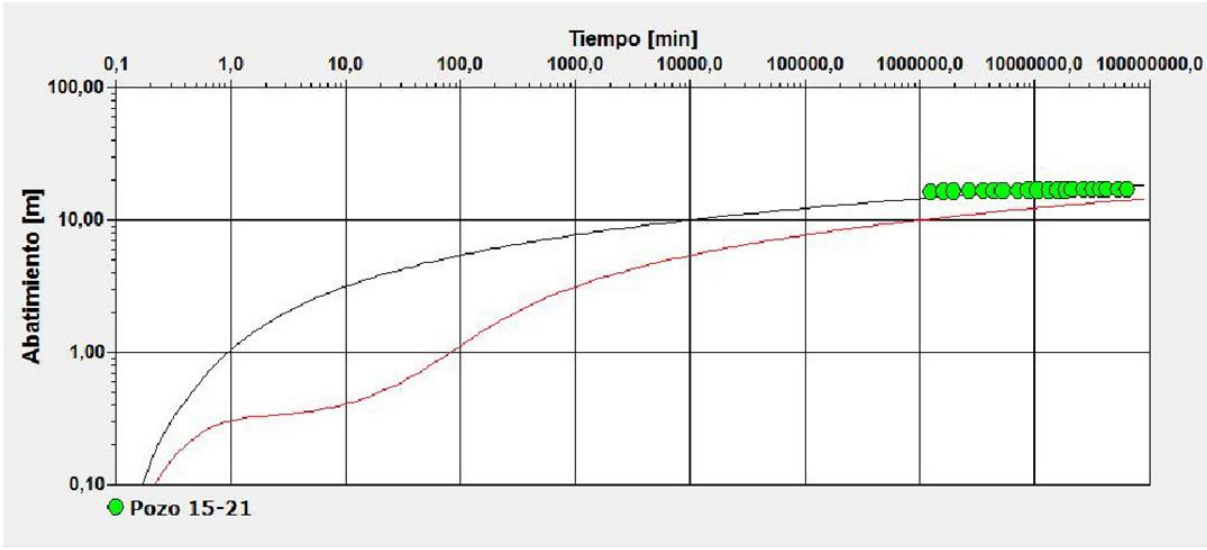
OLOR SI NO

TURBIA MUCHO POCO NO

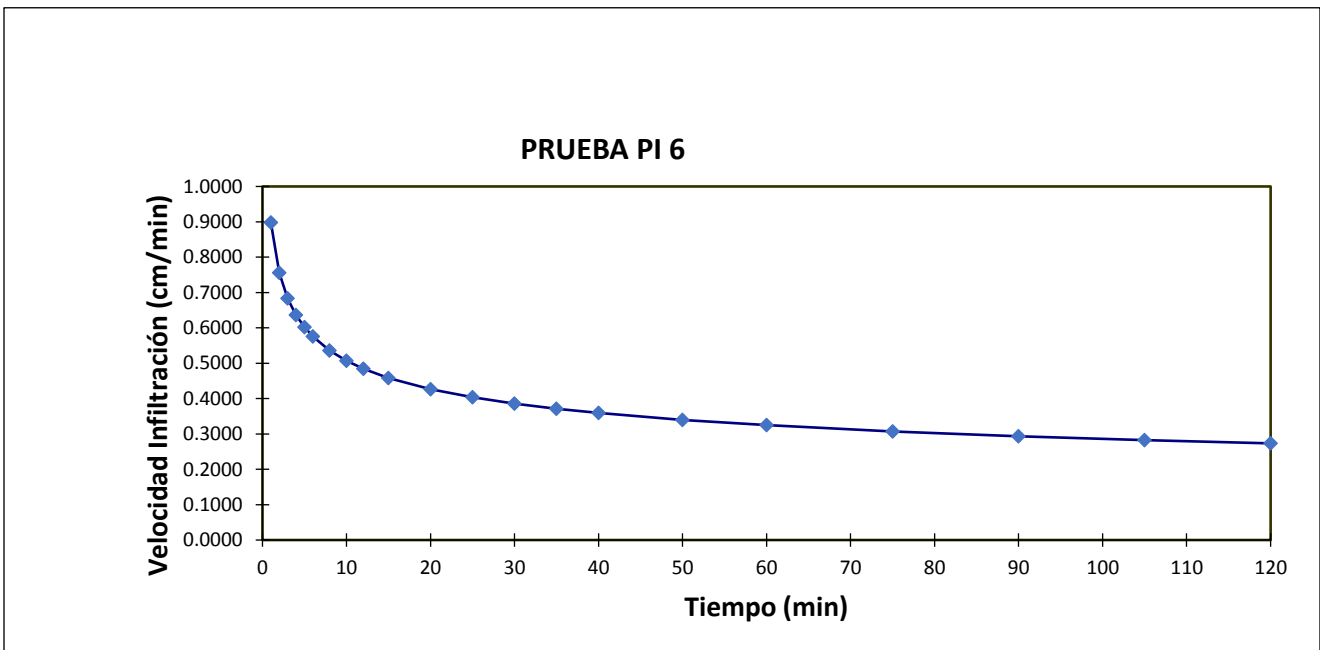
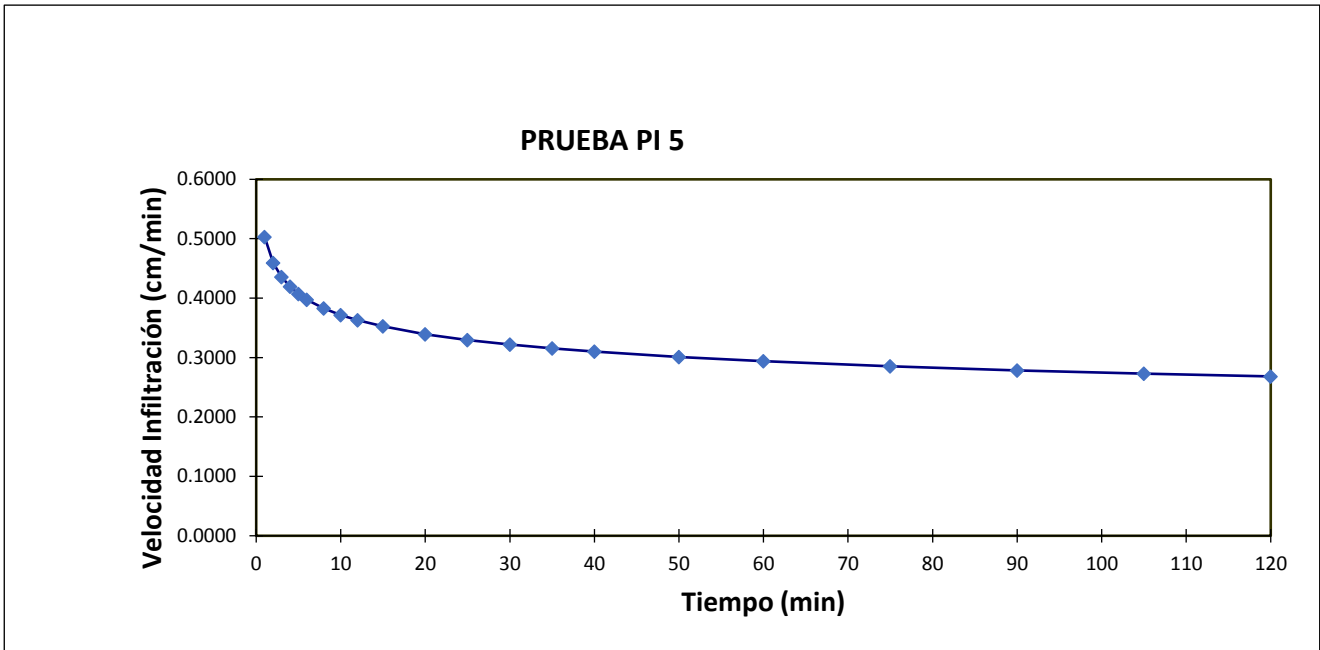
COLOR SI (_____) NO

TEMPERATURA : _____ °C; _____ °F.

Localidad: Puerto Jiménez		Realizado por: Geól. Jose Jiménez		Fecha: 10 de Julio 2017	
Análisis prueba de bombeo			Pozo AyA 4 (15-21)		
Estudio Hidrogeológico: Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica de los pozos 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (99-001) y 4 (15-21) de Puerto Jiménez, Golfito, Puntarenas					
Método de análisis	Espesor del acuífero	Caudal de prueba	T [m ² /día]	K [m/d]	S
Neuman	12 m	6 l/s	150	12,5	0,148



Anexo 4: Pruebas de infiltración.



Anexo 5: Análisis de calidad de agua realizados por el Laboratorio Nacional de Agua del AyA.



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-09725-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dm.ora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	REGION BRUNCA		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Guillermo Zuñiga Esquivel		Muestreado por	Segura David
SISTEMA:	BR-A-18-PUERTO JIMENEZ		Fecha de muestreo	27-sep-16
			Fecha de ingreso :	28-sep-16
Muestreo:	POZO 1		Fecha de Reporte:	07-oct-16
Dirección:	POZO 1		Inicio Análisis MIC:	
			Teléfono:	2271-36-34
PROVINCIA:	Puntarenas	CANTON:	Golfito	
e-mail:	gzuniga@aya.go.cr	Fax:		Tipo de muestra: Agua
				Hora de recolección: 11:15

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	164	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	5,2	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,7	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	70,1	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cobre	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPt-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	496	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	175	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	288	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	6,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	27,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	3,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	17,50	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	8,17		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10

Página 1 de 2

Editado e impreso por
AYA 2006

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-6516. vramos@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Walter Gonzalez Altamirano
Auditoría Interna

Roberto Rojas Rizo
UEN Programación y Control

DE: Viviana Ramos Sánchez
Dirección Área Funcional Hidrogeología
UEN Gestión Ambiental

FECHA: 24 de julio del 2017



No. UEN-GA-2017-00918

ASUNTO: Entrega del estudio: CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LOS POZOS 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) DE PUERTO JIMÉNEZ, GOLFITO, PUNTARENAS.

De acuerdo a la solicitud mediante correo electrónico , se adjunta el informe "CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LOS POZOS 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) DE PUERTO JIMÉNEZ, GOLFITO, PUNTARENAS", elaborado por el Geól. Jose Manuel Jiménez Murillo.

Se indica del estudio las siguientes conclusiones

- 1) El área de estudio se encuentra en un medio geológico de depósitos inconsolidados de origen fluvial con influencia marina, conformado por arenas de granulometría variada.
- 2) El agua se encuentra almacenada en las capas de sedimentos inconsolidados generado por los depósitos de materiales acarreados por los ríos de la zona y con influencia marina. Estos depósitos se caracterizan por la alternancia de lentes de diferentes granulometrías pero en el rango de las arenas. Por estas características se clasifica al acuífero como libre.
- 3) En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá cumplir lo siguiente:
 - La superficie de la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
 - El área de reserva absoluta, solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.

- Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
- Mantener una cerca perimetral alrededor del campo de pozos.
La zona de protección absoluta debe dedicarse a la conservación y protección forestal

4) En lo que respecta a la zona de protección de los pozos, sus dimensiones quedan establecidas de la siguiente forma:

Fuente	Zona operacional y de protección absoluta	Zona de protección absoluta (Bacteriológica)
AyA 1 (GD-2)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 113 m Largo de 125 m
AyA 2 (03-04)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 73,97 m Largo de 73,97 m
AyA 3 (11-26)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 49,89 m Largo de 82 m
AyA 4 (15-21)	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho de 47,75 m Largo de 65 m

- 5) Se determina a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, con los cuales se contó a la fecha de elaboración de este informe, en los reportes físico-químicos para los pozos AyA 1, AyA 2 y AyA 3, estos cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S, mientras para el pozo AyA 4 se indica "Agua de calidad mala, según los parámetros físicos-químicos evaluados, y los criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012". Según el reporte Bacteriológico 130159 en el pozo AyA 4 y 133571 en los pozos AyA 1, AyA 2 y AyA 3 del Laboratorio Nacional de Aguas, se determina que *"la calidad del agua es excelente y aptas para consumo humano"*.
- 6) La zona donde se localizan los pozos se clasifica como de vulnerabilidad alta, según la metodología de GOD para la clasificación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
- 7) Se indica que el lote con un área de 5267 m², constituye la zona de protección absoluta (bacteriológica) de los pozos AyA 1 (GD-2), AyA 2 (03-04), AyA 3 (11-26) y AyA 4 (15-21), por lo cual no se recomienda la construcción de tanques sépticos.
- 8) Se recomienda a la región Brunca mantener un monitoreo constante de tipo N1 y N2 para los pozos.


Vb. Geóg. Gerardo Ramírez
Director UEN Gestión Ambiental



C: Zaida Ulate Gutierrez, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Archivo 330

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
-UEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA**



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

**CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LOS
POZOS 1 (GD-2), 2 (03-04), 3 (11-26) y 4 (15-21) DE PUERTO JIMÉNEZ, GOLFITO,
PUNTARENAS.**

Elaboró:

Geól. José Manuel Jiménez Murillo
Área Funcional de Hidrogeología

Con la colaboración de campo:

Téc. Marvin Gomez Barquero
Área Funcional de Hidrogeología

Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología.



AGOSTO, 2017