

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: EVALUACIÓN DE CONDICIONES  
GEOLÓGICAS E HIDROGEOLOGICAS DEL POZO EL MOLINO,  
RESIDENCIAL EL MOLINO**

**RESIDENCIAL EL MOLINO, OCCIDENTAL, CARTAGO, CARTAGO**



**Elaboración:**

---

**Geol. Cristina Castanedo Sotela**

**Colaboración: Hidrogeóloga MSc. A. Sofía Ramírez Vargas**

**Asistencia de campo: Gestores Expertos Area Funcional de Hidrogeología: Sr. Marvin Gómez y Sr. Francisco Segura**

**Oficina Regional Cartago: Sr. Adolfo Gutiérrez.**

**Funcionarios de la ASADA Residencial El Molino: Sr. Roger Giralt (presidente), Srta. Yeimy Orozco (secretaria) y Sr. Luis Aguilera (fontanero).**

---

**Revisión y VB°:**

**MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga  
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología  
Octubre 2015**



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

# ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DEL RESIDENCIAL EL MOLINO, OCCIDENTAL, CARTAGO, CARTAGO

## I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio fue realizado en atención a la solicitud de la Oficina Regional Central Este, hacia la UEN de Gestión Ambiental, mediante memorando *No. SB-GSC-GA-FA-ORAC-CE-2015-824*. La solicitud se hizo llegar al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), por medio de la Licda. Thelma Robles Valverde, donde se solicita un estudio hidrogeológico para la ASADA Residencial El Molino, la cual abastece a 615 previstas y se encuentra contaminado con nitratos.

La UEN de Gestión Ambiental asigna el caso al Área Funcional de Hidrogeología, cuya Dirección programa los trabajos de campo para julio de 2015, según se informó a la ASADA en nota *SB-AID-GA-2015-510*, el 12 de mayo de 2015.

Por medio del memorando *SB-AID\_GA-2015-509*, el Área Funcional de Hidrogeología solicitó el 12 de mayo de 2015, a la Región la siguiente información: *“Informe de perforación del pozo (con datos de armado, registro litológico, caudal de explotación, niveles de agua, prueba de bombeo del pozo), análisis reciente físico-químico y bacteriológico de calidad del agua de consumo proveniente de este pozo y cualquier otro dato que se tenga respecto del pozo de la ASADA (coordenadas, plano catastrado del terreno donde se ubica el pozo...)”* esto con el fin de obtener insumos preliminares y tener claridad del enfoque que se le debe de dar al estudio hidrogeológico requerido.

El 31 de julio de 2015 el Área Funcional de Hidrogeología, informa a Thelma Robles Valverde, por medio de nota *SB-AID-GA-2015-855*, que los trabajos de campo están siendo reprogramados, ya que en los meses de mayo a julio no se recibió ningún insumo de los solicitados. De igual manera, el 31 de julio se informó de la reprogramación a la ASADA por medio de nota *SB-AID-GA-2015-856*.

De parte de Thelma Robles, de la regional se recibió Informe: *“ESTUDIO TECNICO DEL ETADO ACTUAL Y PLANTEAMIENTO FUTURO DE ACUEDUCTO DEL RESIDENCIAL EL MOLINO, CARTAGO”*, elaborado por Hidrogeotecnica, en abril de 2015.

La inspección de campo se realizó el 21 de septiembre de 2015 junto con la colaboración del personal de la ASADA. Las labores ejecutadas fueron:

- visita instalaciones de la ASADA y pozo Residencial El Molino
- establecimiento de puntos para la realización de pruebas de infiltración
- realización de pruebas de infiltración en las cercanías
- visita y levantamiento de coordenadas de pozos cercanos al del caso de estudio
- medición del nivel estático y dinámico del Pozo Residencial El Molino
- reunión con el presidente de la ASADA

Además del trabajo de campo se solicitó información de reportes de perforación de pozos al SENARA, que junto con la información aportada por la ASADA se utilizó para la elaboración del perfil hidrogeológico y la definición del modelo hidrogeológico.

## II. OBJETIVOS

El presente documento consiste en un informe de los resultados de la visita de campo del día 21 de septiembre de 2015, el estudio hidrogeológico del Residencial El Molino, con énfasis en el cálculo de radio de protección del pozo.

### 2.1 Objetivo General

- Realizar un estudio hidrogeológico para valorar la contaminación de Nitratos que reportan los análisis, así como evaluar el radio de protección del pozo Residencial El Molino.

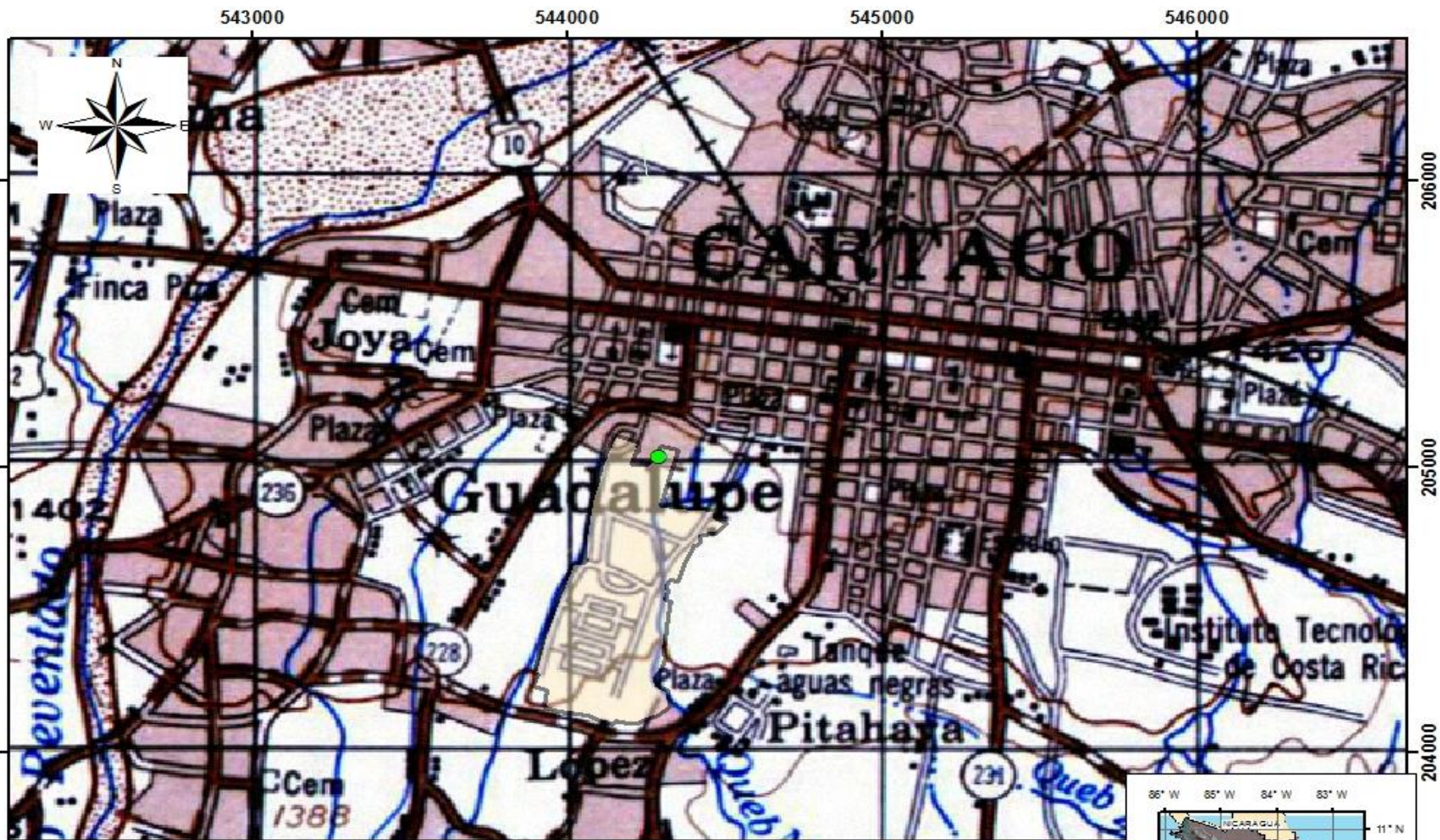
### 2.2 Objetivos Específicos

- Ubicar en el campo los pozos en cuestión.
- Recopilar toda la información base pertinente.
- Hacer un levantamiento de campo.
- Plantear el modelo hidrogeológico de sitio.
- Elaborar un perfil hidrogeológico.
- Calcular el radio de protección.
- Brindar las principales conclusiones y recomendaciones del caso.

### 2.3. Ubicación Cartográfica y contextual del pozo Residencial El Molino

El pozo de estudio se encuentra en el Distrito Occidental del Cantón de Cartago, en la Provincia de Cartago. Específicamente, el pozo se ubica en las **coordenadas E 544292 m y N 205033 m**, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Istarú (IGN), a escala 1:50 000 (**Fig. 1**). Las coordenadas fueron tomadas en el campo con GPS marca Garmin Montana 650 (precisión del dato de ubicación:  $\pm 3$  m).

La **Figura 1**, es un **mapa que detalla la ubicación** del pozo y el perímetro del Residencial El Molino. Además se indican los ríos y quebradas aledañas, así como otros detalles de referencia de la base cartográfica.



Hoja Istarú I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotpeque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

**Simbología**

- Pozo Residencial El Molino
- Perimetro Residencial



**Figura 1: Mapa de Ubicación**

### III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Geología Regional

En la **Figura 2** se muestra el **Mapa Geológico**, donde se indica la geología superficial de la zona de estudio, la ubicación del pozo del Residencial El Molino, así como otros pozos cercanos en el área de estudio.

La geología del sitio de interés está compuesta por **aluviones y el miembro superior de la Formación Reventado**. Según el mapa geológico de Krushensky, 1972, en la zona se diferencian tres unidades litológicas, cuyas características de más antigua a más moderna son las siguientes:

**Qir (miembro superior Formación Reventado):** Pleistoceno. Grupo Irazú. Coladas de lavas andesíticas augíticas, de color gris intermedio, de grano fino, localmente vesiculares; con lahares abundantes, ligeramente a profundamente meteorizados, y algunas camas de ceniza; mas gruesas en el margen oeste del área del mapa de la Hoja de Istarú.

La formación Reventado fue definida por Krushensky en 1972 y anteriormente fue estudiada por Elizondo (1979) y por Williams (1952).

Esta formación descansa sobre tobas en el Cañón de Río Agua Caliente, y sobre ella se encuentra discordantemente la Formación Sapper.

El miembro superior de la Formación en su mayoría aflora en los cañones de los ríos Reventado, Tiribí, Birrís, Chiquito, Empalanado, Durazno, Canadá y Birrisito, donde los afloramientos continuos alcanzan una longitud de 3 a 4 km. En Quebrada Pacayas, al noreste de Lourdes, los afloramientos son esporádicos.

El miembro superior está compuesto por lo menos por cuatro coladas importantes de lava andesítica provenientes del Volcan Irazú y numerosas coladas locales.

Su espesor puede llegar a más de 600 m; sin embargo, una sección completa no se encuentra bien expuesta, debido a la gruesa capa de material arrojado por el Volcán Irazú en las últimas erupciones. Además de la existencia de material aluvial y coluvial.

Esta litología genera una topografía suave y ondulada, que se desarrolló a través de la erosión de rocas volcánicas, como lavas y cúmulos de cenizas piroclásticas. La influencia de la lluvia ha permitido la formación de abanicos aluviales y deslizamientos (Elizondo, 1979).

**Qc (Aluvión):** Holoceno. Depósitos de abanico aluvial de Cartago, de limo a canto rodado, caóticos y no estratificados. Fácilmente reconocibles. El abanico de Cartago se ubica al sur del borde del abanico de Quircot y se extiende por debajo de sur de la ciudad de Cartago hasta Guadalupe. Se observan cantos rodados de lava de la Formación Reventado de hasta 4 m.

**Qm (Aluvión):** Holoceno. Depósitos de flujo de barro de 1963-1965, formados por una mezcla de fragmentos de limo a canto rodado de hasta 4 m, no estratificados y en forma caótica. Estos depósitos se correlacionan con los abanicos de Cartago y Quircot. Recién depositados, tienen baja resistencia, pero cuando se secan y litifican, son muy duros. Todos los clastos líticos gruesos son duros y relativamente inalterados; y los materiales que están profundamente meteorizados han sido retrabajados en arenas y arcillas durante el movimiento de los flujos de lodo aguas abajo.

A continuación en la **Figura 3** se muestra la columna estratigráfica regional, modificado del mapa geológico de la hoja de Istarú de Krushensky, 1972.

**Figura 3:** Columna estratigráfica

EDAD	FORMACIÓN	SIMBOLOGÍA
HOLOCENO	Aluvión	Qm Qc
PLEISTOCENO SUPERIOR	Formación Reventado	Qir

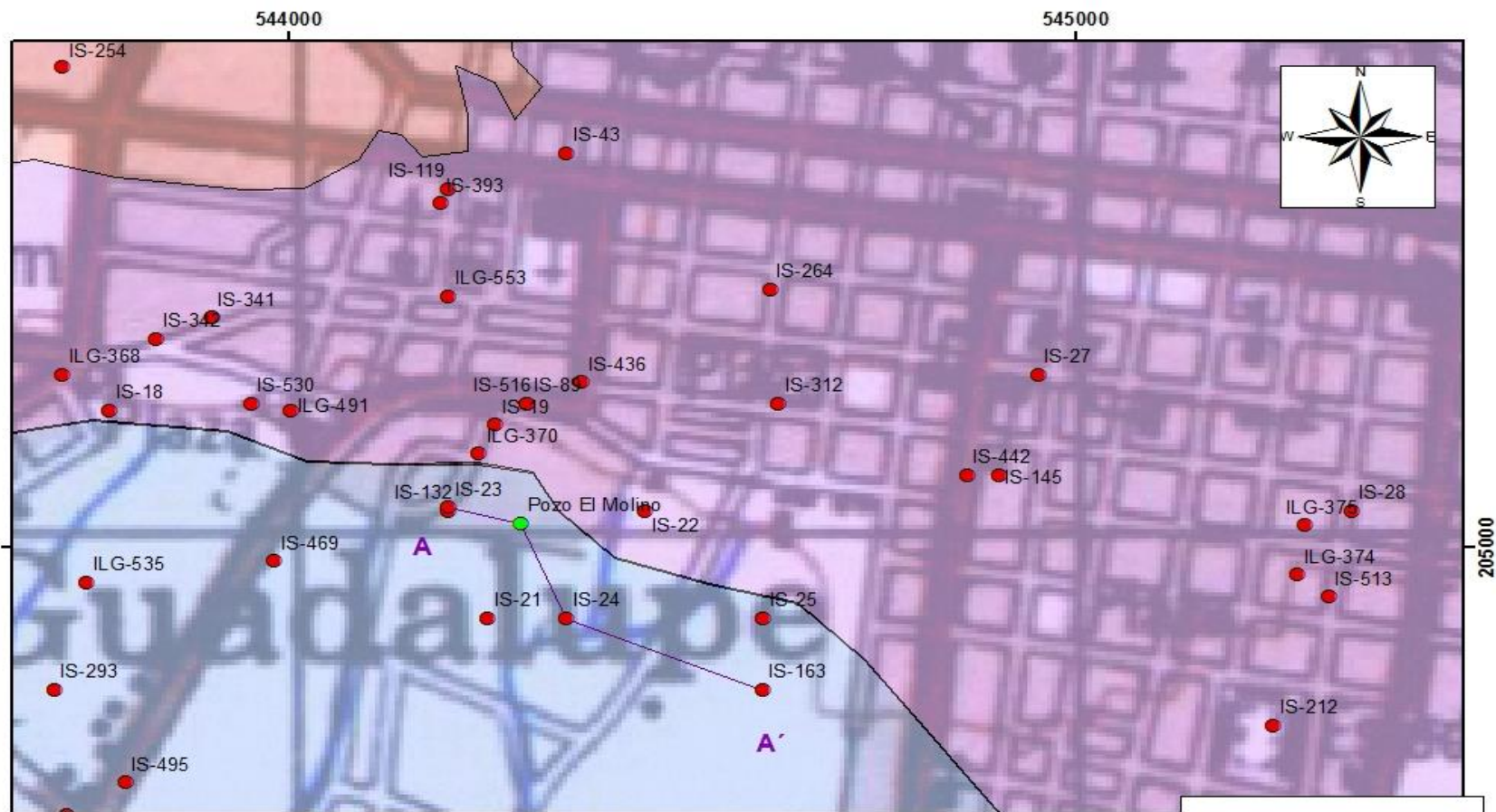
### 3.2. Geología Local

Concretamente en la zona de estudio, los materiales encontrados en la superficie corresponden a depósitos coluvio – aluviales, compuestos por bloques redondeados de variada composición y bloques subangulares de composición volcánico (andesítica) en una matriz limosa, los tamaños promedio oscilan entre 5 y 20 cm (Fotografías 1, 2 y 3).



**Fotografía 1:** Materiales superficiales del sitio de la prueba de infiltración n°2, coordenadas E 544244 m y N 205190 m, Costa Rica Lambert Norte. Se observan bloques redondeados.

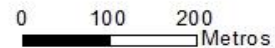
**Fotografía 2 y 3:** Sitio de prueba de infiltración n°3, coordenadas E 544324 m y N 205388 m, Costa Rica Lambert Norte. Se observan bloques subangulares y redondeados.



Hoja Istarú I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

Modificado de BGS-SENARA 1998

Base Geológica: Krushensky 1972



### Simbología

- Pozo Residencial El Molino
- Pozos Senara
- A-A' (Línea Perfil Hidrogeológico)

### Litología

- Qm (Aluvión): Depósitos de flujo de barro
- Qc (Aluvión): Depósitos de abanico aluvial
- Qir (Fm. Reventado): Lavas, lahares y cenizas



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

**Figura 2: Mapa Geológico**

Elaboró: Geol. Cristina Castanedo S. Octubre 2015

## **IV. HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS**

#### **4.1.1. Armado del pozo El Molino**

Por parte de la ASADA El Molino se proporcionó un DVD del video de la inspección del pozo que realizó Servipozos en julio de 2009, se determina que el pozo presenta problemas estructurales.

En la grabación se observan las siguientes situaciones:

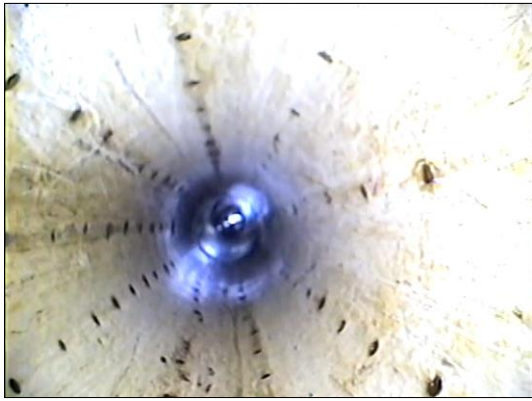
- La rejilla (compuesta por varias filas de huecos, algunos de los cuales están obstruidos) está presente desde el inicio del pozo, es decir desde los 0 a los 55 m. (Fotografía 4)
- Existen huecos a ambos lados de la tubería al inicio de cada campana (en la unión de los tubos, que se realizaron para poder bajarlos). (Fotografía 5)
- Dos partes donde el tubo está reventado / quebrado (aproximadamente a los 6 y 28 m).(Fotografía 6 y 7)
- Raíces en el interior del tubo que penetran por los agujeros de la rejilla y de las campanas. (Fotografía 8)
- Presencia de sedimentos de arena en el fondo del pozo. (Fotografía 9)

Debido a esta situación anteriormente indicada la ASADA en octubre del 2009, decide contratar un sobreamado para el Pozo El Molino. El cual queda de la siguiente forma:

- De 0 a 16.50 m: Tubería p.v.c. Sdr 26 de 20 cm diámetro ciega
- De 6.50 a 28.50 m: Rejillas confeccionadas en el tubo de 20 cm, en tres filas verticales.
- De 28.50 a 52 m: Rejillas confeccionadas en el tubo de 15 cm, en dos filas verticales.

Además, se engrava el pozo, sin embargo debido a las condiciones del mismo, esta grava posiblemente no ingresó homogéneamente entre los dos tubos quedando en algunos lados puenteada.

Por lo tanto, los acuíferos superior e inferior continuaron comunicados, como en el primer armado.



**Fotografía 4:** Rejilla al inicio del pozo



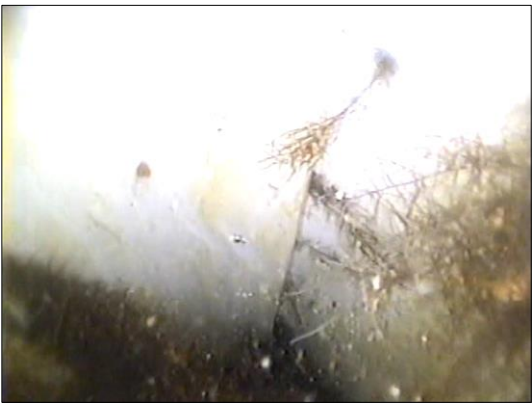
**Fotografía 5:** Huecos en las campanas



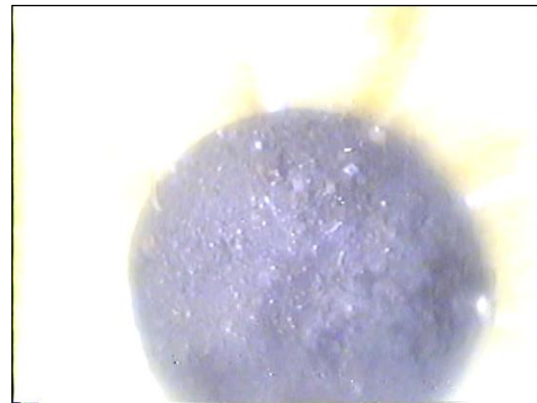
**Fotografía 6:** Tubo reventado aproximadamente a los 6 m



**Fotografía 7:** Tubo reventado aproximadamente a los 28 m



**Fotografía 8:** Raíces en el interior del tubo



**Fotografía 9:** Sedimentos de arena en el fondo del pozo

#### 4.1.2. Parámetros hidráulicos

Las condiciones hidrogeológicas locales se muestran en el perfil hidrogeológico A-A' (Figura 2 y 4). En dicho perfil se indica el nivel de agua, las litologías presentes, los pozos cercanos y sus respectivas zonas con rejilla, conforme a la información disponible de los registros de perforación de los pozos de SENARA (Anexo 1).

El acuífero superior es libre cubierto y el acuífero inferior es confinado.

En base a la información disponible se realizó el cálculo de las líneas isofreáticas para la zona de estudio, como se muestran en la Figura 5.

La dirección de flujo del agua subterránea va hacia el pozo en sentido NE-SW.

A partir del perfil y la planta, se determinó que el gradiente hidráulico de la tabla de agua captada por el pozo es de 0,018 m/m.

La transmisividad de dicho acuífero (T), se calculó en 85,11 m<sup>2</sup>/d. La cual se determinó con el método de Galofré y los datos del Pozo El Molino. Donde,  $T=Q*100/\Delta s$ . Siendo Q = 16 l/s,  $\Delta s = 18,8$  (según datos de la prueba de bombeo).

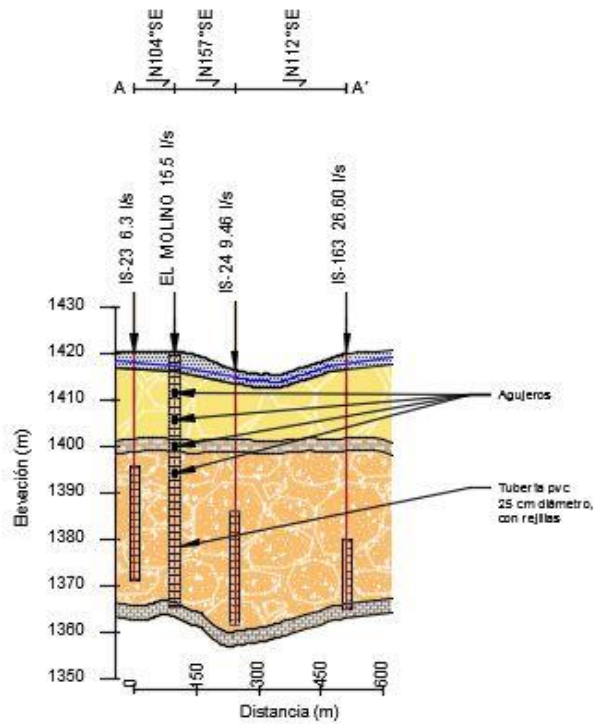
Para el cálculo de la conductividad hidráulica, k, se empleó la ecuación  $T=k*b$ , donde b=48,7 m, que corresponde al espesor desde el N.E.; obteniéndose una k = 1,75 m/día.

La **Tabla 2** resume las principales características del pozo en estudio.

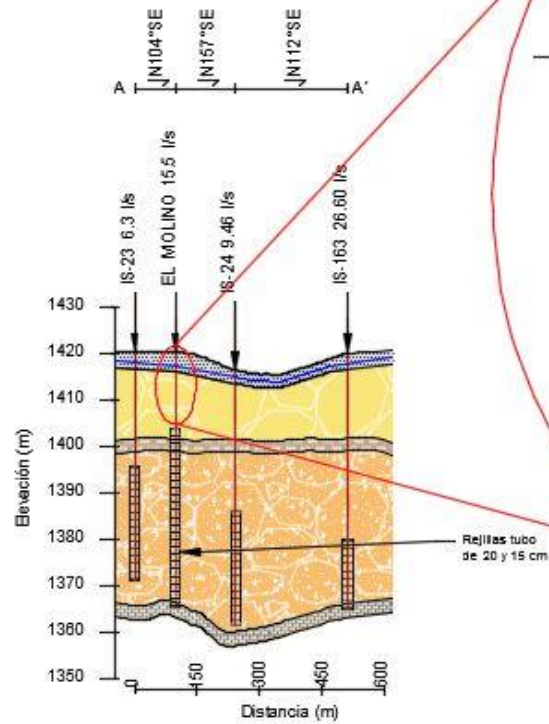
**Tabla 2. Características de la zona acuífera captada por el pozo de interés**

Datos El Molino				
Q (l/s)	$\Delta s$	T (m <sup>2</sup> /día)	B (m)	K (m/día)
16	18,8	85,11	48,7	1,75

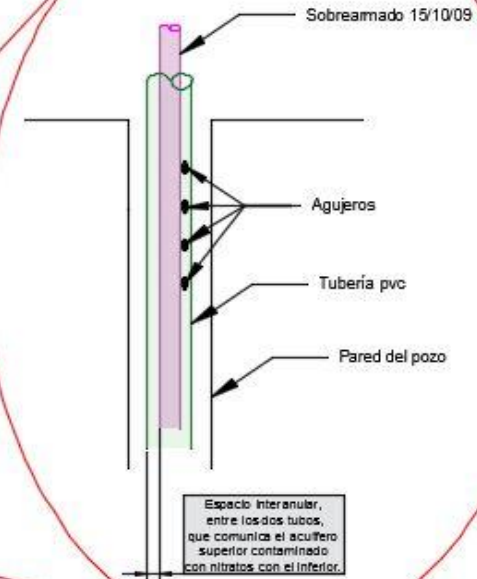
20 Julio 2009



15 Octubre 2009  
(sobreamado)

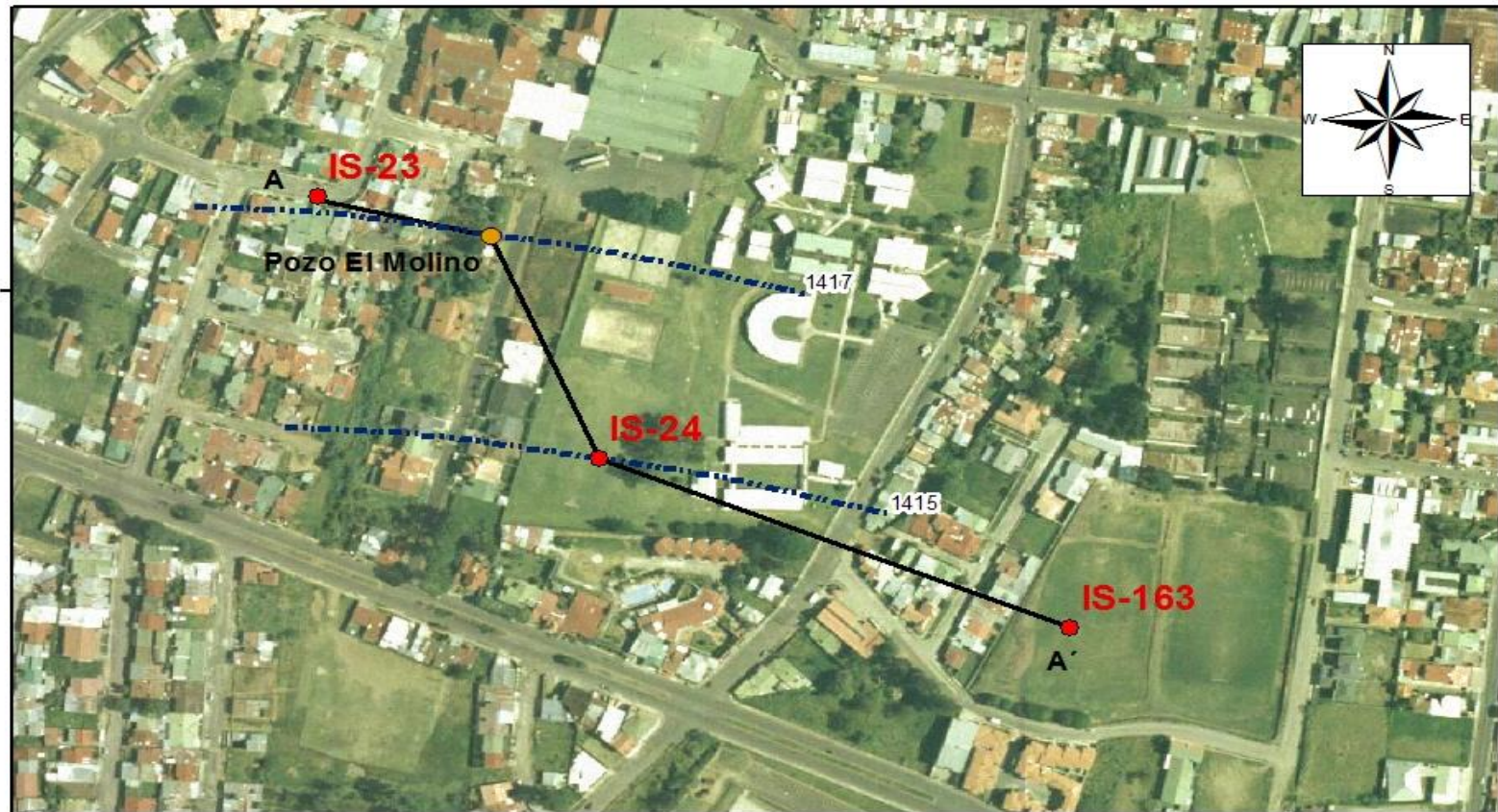


Detalle



Perfiles Hidrogeológicos A-A'. En la figura a) se indica el armado del Pozo El Molino a fecha del 20 Julio de 2009. En la figura b) se muestra el armado a fecha del 15 de Octubre de 2009, posterior al sobreamado. El armado actual corresponde al de esta fecha. En el detalle se indica el espacio interanular que comunica el acuífero superior con el inferior.





0 50 100 Metros

Hoja Istarú I.G.N.C.R.  
 Proyección Ococepeque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866  
 Modificado de BGS-SENARA 1998  
 Base Geológica: Krushensky 1972

**Simbología**

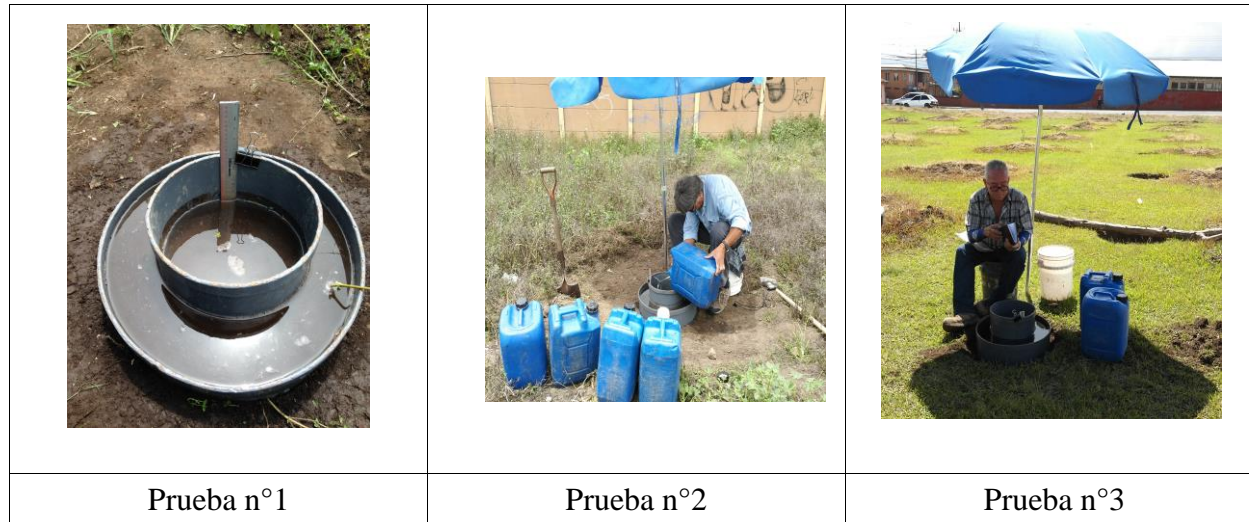
- Pozos
- Pozo Residencial El Molino
- Isofreáticas
- A - A'



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología **Figura 5: Isofreáticas** Elaboró: Geol. Cristina Castaneda S. Octubre 2015

## 4.2. RESULTADOS DE PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

El 21 de septiembre de 2015 se realizaron 3 pruebas de infiltración, por medio de la metodología del doble anillo (Kostiakov), en materiales representativos de la zona no saturada del área de estudio. La ubicación de las mismas se puede observar en la figura 5. A continuación se muestran las fotografías de cada prueba.



En base a los resultados obtenidos, en cada una de las pruebas se determinó el promedio de los valores de conductividad hidráulica (k).

Prueba de infiltración	K (conductividad hidráulica m/día)	Rango
1	0,6	Moderado
2	1,2	Moderado
3	0,3	Moderado
Promedio	0,7	Moderado

### **4.3. POZOS EN LA ZONA**

Para realizar el estudio hidrogeológico de la zona se consultó las bases de datos de pozos registrados del SENARA y de AyA, con la finalidad de identificar la presencia y características de las capas litológicas perforadas en el área de estudio. Entre todos ellos, se analizaron con mayor detalle los siguientes pozos bien por encontrarse más próximos o aportar información relevante para el modelo: IS-23, IS-24, IS-163. (Anexo 1)

Para cada uno se le analizaron las principales características como coordenadas, profundidad del pozo, niveles de agua, condiciones litológicas, ubicación de las rejillas caudal y datos de las pruebas de bombeo.

Las profundidades y elevaciones de los pozos han sido calculadas tomando en cuenta la topografía existente para la ubicación dada en las coordenadas de los registros del SENARA.

### **4.4 ZONA DE PROTECCIÓN DEL POZO DE LA ASADA DEL RESIDENCIAL EL MOLINO**

A la luz de la actual información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero que abastece al pozo de la ASADA del Residencial El Molino en estudio, esto mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

#### **4.4.1. Cálculo de tiempos de tránsito**

Para determinar los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos en el medio hidrogeológico, se consideran los siguientes supuestos:

- . El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- . Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural, el tiempo total mínimo requerido para el análisis es de 100 días y no de 70 días (Rodríguez, 1994).

De esto se desprende que el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno (ejemplo: bacterias y virus), considerando la componente vertical en la zona no saturada y la componente horizontal en la zona saturada, es de *70 días para medios porosos* y de *100 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

#### 4.4.1.1. Zona no saturada

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada ( $t_1$ ), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \alpha}{k \cdot i}$$

Donde:

$b$ : espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al nivel de cenizas que se indica en el perfil, el cual tiene un espesor de  $b = 4 \text{ m}$ .

$\alpha$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de  $\alpha = 0,4$ .

$k$ : conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de  $k = 0,7 \text{ m/día}$ .

$i$ : gradiente, en este caso es vertical, por lo que  $i = 1$ .

$t_1$ : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 2,3 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que  $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 67,7 \text{ días}$$

En conclusión se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994); para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua captada por el pozo en estudio.

#### 4.4.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 3)

$$T = \frac{d \cdot \alpha}{k \cdot i}$$

y despejando la incognita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 4)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\square}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, **t = 67.7 días**

k: conductividad hidráulica de la zona saturada, calculado con el método de Galofré, en base a los datos del Molino, **k = 1,75 m/día.**

i: gradiente, calculado en las isofreáticas, **i = 0,018**

□: porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **□ = 0,25.**

d: distancia en metros.

Obteniendose:

$$d = 8,43 \text{ m}$$

#### 4.4.1.3. Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 2):

$$r = \sqrt{\frac{\square \cdot Q \cdot t}{\pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m<sup>3</sup>/día del pozo El Molino. En el “Estudio Técnico del Estado Actual y planteamiento futuro del Acueducto del Residencial El Molino” de Abril de 2015, realizado por Hidrogeotecnia, se indica que el caudal que se bombea del pozo es de 15,46 l/s. También Servipozos indicó en nota del del 3 de Octubre de 2013, que el caudal otorgado fue de 17,75 l.p.s. Por ello, se tomó un caudal redondeado de Q=16 l/s, correspondiente a **Q = 1382,4 m<sup>3</sup>/día.**

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 67,7 días**

□: porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **m<sub>e</sub> = 0,25.**

Π: número pi, **Π=3,14**

b: espesor desde el N.E. del pozo El Molino (siendo el N.E. de El Molino = 2,87 m y la profundidad 51,5 m), **b =48,7 m.**

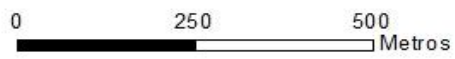
r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 49,51 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinacupn con el método de radio fijo EPA (2001).. La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

En base a lo anterior, se considera la metodología de radio fijo, para estimar la zona de protección del Pozo, la cual es de 49,51 m. Esta área de protección absoluta se muestra en la Figura 6, la cual se encuentra construida, y además debido al problema estructural del pozo, la zona presenta altos contenidos de nitratos.



Elaboró: Geol. Cristina Castanedo S.  
Octubre 2015

Hoja Istarú I.G.N.C.R.  
Proyección Ocotepaque Lambert Norte  
Datum NAD27 Central  
Esferoide de Clarke 1866  
Modificado de BGS-SENARA 1998  
Base Geológica: Krushensky 1972

**Simbología**

- Pozos
- A - A'
- Prueba Infiltración
- Pozo Residencial El Molino
- Zona de Protección
- Perimetro Residencial



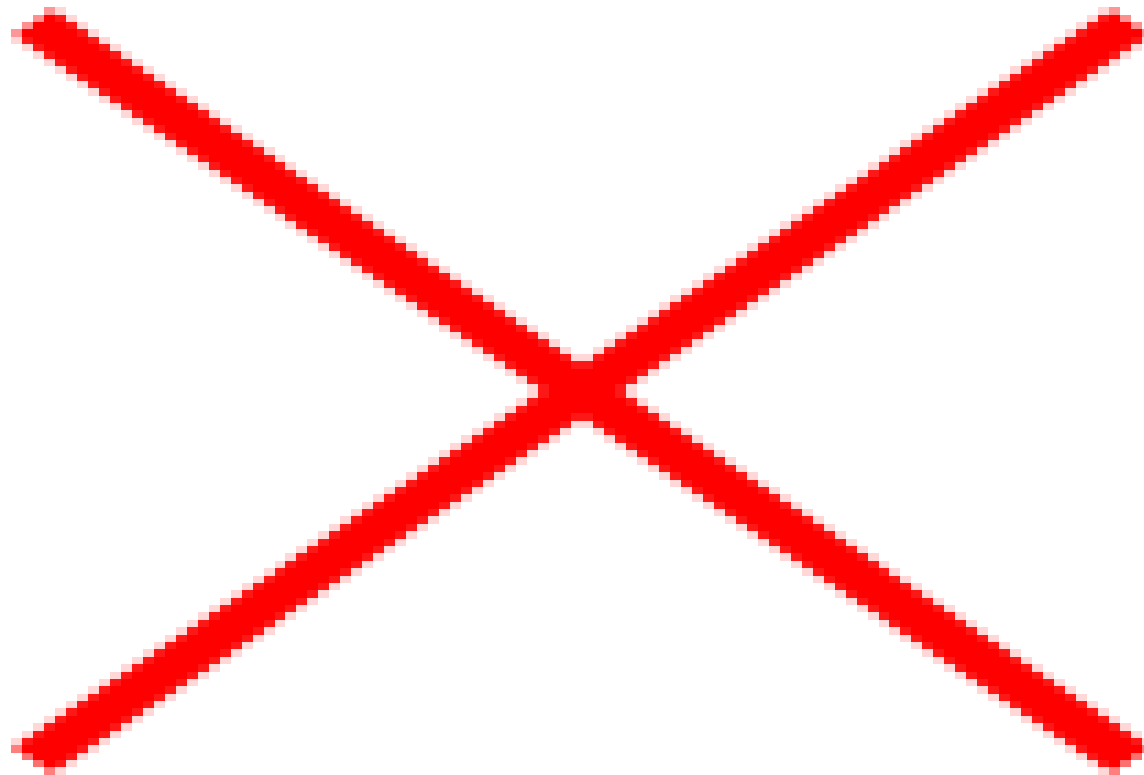
**Figura 6: Zona de protección absoluta**

## VI. CALIDAD DEL AGUA

Para valorar la problemática del alto contenido en nitratos en el pozo, se revisaron todos los análisis realizados desde 2001 (los cuales fueron entregados por el presidente de la ASADA, el Sr. Roger Giralt). A continuación se muestra un gráfico (figura 7) donde se compara el contenido de Nitratos en mg/l según los diferentes ensayos realizados a lo largo del tiempo y en distintos laboratorios.

De los 40 ensayos realizados, 29 sobrepasan el límite de 50mg/l. Y solo 6 están en rangos inferiores a 49 mg/l, lo que corresponde a que el 85% de los análisis están sobrepasando el límite o muy proximos a sobrepasarlo ( $\pm 1$  mg/l).

Desde el año 2009 se reportan análisis con valores superiores al límite, por lo que la problemática no es reciente.



**Figura 7.** Contenido en Nitratos, análisis realizados en varios laboratorios desde 2001 al 2015.

La problemática de los nitratos en el pozo se debe a sus condiciones estructurales, la rejilla está ubicada de 0 a 51,51 m. El armado que presenta (tanto actualmente, como el que tenía antes del sobreamado del 2009), conecta el acuífero superior (con alto contenido de nitratos) con el inferior.

El pozo tiene mezcla de acuíferos superior e inferior.

La variación de los resultados del contenido en nitratos a lo largo de tiempo y para distintos laboratorios, se puede explicar por las fluctuaciones del nivel freático en el acuífero superior, en contacto con alguna fuente contaminación (tanques sépticos, alcantarillado en mal estado), así como el aumento de la recarga que se produce como consecuencia de las lluvias.

El aumento de la población aguas arriba del pozo entre los años 2007 (Figura 8) y 2015 (Figura 9), queda reflejada en las siguientes fotografías de google earth, dicho aumento implica mayor cantidad de tanques sépticos en la zona, por lo cual hay una mayor tendencia en el aumento en el contenido de nitratos.

**2007**



**2015**



**Figura 8:** Fotografía de Google earth del 2007. En amarillo se señala la ubicación del pozo.

**Figura 9:** Fotografía de Google earth del 2015. En amarillo se señala la ubicación del pozo.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Oficina Regional Central Este solicitó un estudio hidrogeológico, con énfasis en el cálculo de radio de protección del pozo, para la ASADA Residencial El Molino, la cual abastece a 615 previstas y se encuentra con altos contenidos en nitratos.
- El 21 de septiembre de 2015 se realizó la inspección de campo junto con la colaboración del personal de la ASADA, ese día se realizaron 3 pruebas de infiltración y se midieron los niveles estático y dinámico del Pozo Residencial El Molino.
- En la zona donde se localiza el pozo los tienen los siguientes datos hidrogeológicos: se muestran dos acuíferos, uno libre cubierto y el segundo confinado. La dirección de flujo del agua es NE-SW. El gradiente hidráulico es de 0,018 m/m. La transmisividad es de 85,11 m<sup>2</sup>/d (según el método de Galofré). La conductividad hidráulica para el Pozo El Molino es de 5,67 m/día, mientras que el promedio de los valores de conductividad hidráulica de las pruebas de infiltración es de 0,7 m/día.
- El pozo se encuentra con altos contenidos de Nitratos, los cuales viajan del acuífero superior al inferior por la comunicación que se da entre ambos, consecuencia del armado del pozo.
- Los valores de nitratos en 2001 eran de 14,19 m/l; a partir del 2009, el 87% de los análisis realizados sobrepasan o están muy próximos a sobrepasar el límite de 50mg/l. A partir del estudio comparativo entre las fotografías del 2007 al 2015, se observa que ha habido un aumento poblacional y con ello un aumento en los nitratos.
- La problemática de los nitratos se debe a condiciones estructurales del pozo, por motivo que el armado conecta el acuífero superior con el inferior. Donde el acuífero superior entra en contacto con alguna fuente de contaminación (tanques sépticos, alcantarillado en mal estado), asociado a la fluctuación de niveles y a variaciones en la recarga.
- La zona de protección absoluta mediante la metodología de radio fijo es de 49, 51 m. Durante la visita de inspección se determinó que ésta zona se encuentra poblada por casas y lotes.
- Se recomienda a la ASADA El Molino, valorar la situación del actual pozo, ya que debido a que presenta rejilla desde la superficie y siendo el acuífero superior el que presenta alto contenido de nitratos se debe emplear otra fuente de abastecimiento.
- Se recomienda a la ASADA El Molino, realizar análisis físico-químico y bacteriológico una vez al mes de manera sistemática.

## VIII. REFERENCIAS

SENARA, 2015: COPIA DE REGISTROS DE POZOS: IS-23, IS-24, IS-163.

HIDROGEOTECNIA, 2015: ESTUDIO TÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL PLANTEAMIENTO FUTURO DEL ACUEDUCTO DEL RESIDENCIAL EL MOLINO, CARTAGO.

SPRECHMANN, P., 1984: MANUAL DE GEOLOGÍA DE COSTA RICA, VOLUMEN I: ESTRATIGRAFÍA. EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. 320 PP.

KRUSHENSKY, R., 1972: GEOLOGY OF THE ISTARÚ QUADRANGLE, COSTA RICA. - GEOLOGICAL SURVEY BULLETIN 1358. 46 PP.

LA GACETA. DIARIO OFICIAL (CR). JULIO 2012. NO. 147. ALCANCE DIGITAL NO. 105. METODOLOGÍAS HIDROGEOLOGÍCAS PARA LA EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.

LA GACETA. DIARIO OFICIAL (CR). JULIO 2015. NO. 137. METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS HIDROGELÓGICOS PARA LOS PLANES REGULADORES.

ANEXO 1: POZOS SENARA 23, 24 Y 163



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
San José, Costa Rica  
Apartado 1097-1200. Teléfono 2291-7274. ccastanedo@aya.go.cr

**MEMORANDO**

**PARA:** Licda. Thelma Robles Valverde  
Jefatura  
OFICINA REGIONAL CENTRAL ESTE

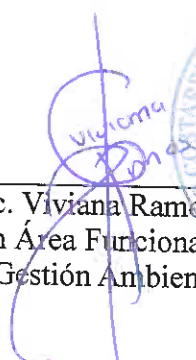
**FECHA:** 16 de noviembre del 2015

**DE:** Geól. Cristina Castanedo Sotela  
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA  
UEN Gestión Ambiental

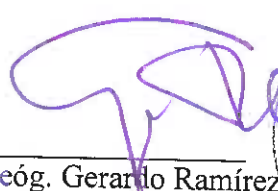
**No. UEN-GA-2015-01378**

**ASUNTO: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLOGICAS DEL POZO EL MOLINO, RESIDENCIAL EL MOLINO. RESIDENCIAL EL MOLINO, OCCIDENTAL, CARTAGO, CARTAGO.**

De acuerdo a la solicitud oficio No. SB-GSC-GA-FA-ORAC-CE-2015-824 se adjunta el estudio denominado: "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO: EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLOGICAS DEL POZO EL MOLINO, RESIDENCIAL EL MOLINO. RESIDENCIAL EL MOLINO, OCCIDENTAL, CARTAGO, CARTAGO." elaborado por el Área Funcional de Hidrogeología y avalado por la Dirección de Hidrogeología.

  
VB° MSc. Viviana Ramos Sánchez  
Dirección Área Funcional de Hidrogeología  
UEN de Gestión Ambiental



  
VB° Geóg. Gerardo Ramírez Villegas  
Director  
UEN de Gestión Ambiental



Cc: MSc. Yamileth Astorga Espeleta-Presidencia Ejecutiva AyA  
Sr. Jorge Fallas Jiménez-Presidencia Ejecutiva AyA  
Archivo UEN Gestión Ambiental  
Archivo Área Funcional de Hidrogeología (interno: 461)

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: EVALUACIÓN DE CONDICIONES  
GEOLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS DEL POZO EL MOLINO,  
RESIDENCIAL EL MOLINO**

**RESIDENCIAL EL MOLINO, OCCIDENTAL, CARTAGO, CARTAGO**



Prueba de infiltración n° 2

Tanques Asada El Molino y prueba de infiltración n° 1

Elaboración:

**Geol. Cristina Castanedo Sotela**

**Colaboración: Hidrogeóloga MSc. A. Sofía Ramírez Vargas**

**Asistencia de campo: Gestores Expertos Area Funcional de Hidrogeología: Sr. Marvin Gómez y Sr. Francisco Segura**

**Oficina Regional Cartago: Sr. Adolfo Gutiérrez.**

**Funcionarios de la ASADA Residencial El Molino: Sr. Roger Giralt (presidente), Srta. Yeimy Orozco (secretaria) y Sr. Luis Aguilera (fontanero).**

Revisión y VB°:

**MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga  
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología  
Octubre 2015**

