

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Química

Carrera de Ingeniería Ambiental



“Diseño de una herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios”

Proyecto final de graduación para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado académico de licenciatura

Alejandro Campos Castillo

Director del proyecto:

Ing. Jorge Calvo Gutiérrez

San José Diciembre, 2011

“Diseño de una herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios”

Proyecto final de graduación para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado académico de licenciatura

Miembros del Tribunal

Ing. Jorge Calvo Gutiérrez, MSc.

Director del proyecto

Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga, MSc.

Lectora del trabajo

Ing. Jorge Merizalde Dobles, MSc.

Lector del trabajo

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Alejandro Campos Castillo carné 200728081, autorizo a la Biblioteca José Figueres Ferrer del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título “Diseño de una herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios” para ser ubicado en la Biblioteca Digital y ser accesado a través de la red de internet.

Alejandro Campos Castillo

Cédula: 1-1399-0710

Información del estudiante

Nombre: Alejandro Campos Castillo

Cédula: 1-1399-0710

Carné ITCR: 200728081

Dirección: Guadalupe, El Alto. De la iglesia Vida Abundante 100 m N, 200 m E y 25 m N.

Teléfono: 8871-8928

E-mail: alecamposcastillo@gmail.com

Información del proyecto

Nombre: “Diseño de una herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios”

Profesor asesor: Ing. Jorge Calvo Gutiérrez, MSc.

Información de la organización

Nombre: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Dirección: Carretera a Pavas frente a la Agencia de Telecomunicaciones del Grupo ICE.

Teléfono: 2242-5000

Actividad principal: Institución autónoma del Estado encargada de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable y la recolección y evacuación de aguas residuales.

Dedicatoria

A mi padre por impulsarme a elegir mi propio camino en la vida,
a mi madre por acompañarme incondicionalmente en todo momento,
a Nana por su amor incalculable y
a Dios por llenarme de tantas bendiciones.

Agradecimientos

Al ingeniero Jorge Calvo por su ayuda durante la carrera y por impulsar el aprendizaje de sus estudiantes y al personal de la UEN Estudios y Proyectos del AyA por integrarme a su equipo de trabajo y por su amistad.

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria	V
Agradecimientos	VI
RESUMEN.....	VIII
RESUMO	IX
GLOSARIO	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
3. OBJETIVOS	8
4. METODOLOGÍA	9
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. ANEXOS.....	27

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue generar una herramienta dirigida a ingenieros responsables de proyectos urbanísticos que les sirva de guía para la elección y el diseño del mejor arreglo sanitario que debe ser construido para tratar las aguas residuales domésticas, que además organice de forma lógica la tramitología que se debe seguir ante el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y les brinde información hidrogeológica georeferenciada que debe considerarse durante la etapa de concepción de la obra.

Para esto, se procedió con la revisión de códigos y documentos técnicos referentes a obras de tratamiento y disposición de aguas residuales, acuerdos de junta directiva de AyA relativos a los trámites para cada tipo de proyecto y expedientes resueltos de solicitudes presentadas en el período 1997-2009 para construir una base de antecedentes.

El diseño se materializó en un instrumento digital elaborado a partir de diagramas de Microsoft Office Visio que indican que se debe construir un sistema de tanque séptico más drenaje cuando el terreno presente condiciones de infiltración entre 2 y 24 min /cm, exista un espesor de la zona no saturada en el área del proyecto mayor a 5 m, no se cuente con cobertura o planes de construcción de alcantarillado sanitario y se determine un tiempo de tránsito de contaminantes desde los drenajes proyectados hasta las fuentes de abastecimiento de agua de por lo menos 70 días. En caso de incumplimiento de estos requisitos se debe construir una planta de tratamiento de aguas residuales con su respectiva red de alcantarillado sanitario.

A partir de la base de antecedentes se elaboraron 19 mapas de distintas partes del país, cuyo análisis indica que los sitios más favorables para la construcción de tanques sépticos y drenajes son: Alajuela, Liberia, Colón, Grecia y Oreamuno; mientras que los menos convenientes son: Pococí, Siquirres y Guácimo.

Palabras clave: aguas residuales domésticas, tanque séptico, drenaje, infiltración, zona no saturada, alcantarillado sanitario.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi gerar uma ferramenta dirigida a engenheiros responsáveis de projetos urbanísticos que funcione como um guia para eles na escolha e desenho do melhor arranjo sanitário que deve ser construído para tratar as águas residuais domiciliárias, que além disso organize de um jeito lógico os trâmites que devem seguir-se com o Instituto Costarricense de Acueductos e Redes de Esgotos (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, AyA) e lhes brinde informação hidrogeológica que têm que se considerar na etapa da concepção da obra.

Para isto, se procedeu com a revisão de códigos e documentos técnicos referentes a obras de tratamento e disposição de águas residuais, acordos de conselho de diretores do AyA relativos aos trâmites para cada tipo de projeto e expedientes resolvidos de solicitudes anteriores no período 1997-2009 para construir uma base de antecedentes.

O desenho materializou-se num instrumento digital elaborado a partir de diagramas de Microsoft Office Visio que indicam que deve construir-se um sistema de tanque séptico mais drenagem quando o terreno presente condições de infiltração entre 2 e 24 min/cm, exista uma espessura da zona não saturada maior a 5 m, não tenha cobertura ou planos de construção de redes de esgotos e se determine um tempo de trânsito dos poluentes desde as drenagens projetadas até as fontes de abastecimento de água de pelo menos 70 dias. Em caso de descumprimento destes requisitos deve se construir uma estação de tratamento de águas residuais com sua devida rede de esgotos.

A partir da base de antecedentes elaboraram-se 19 mapas de diferentes partes do país, cuja análise indica que os lugares mais favoráveis para a construção de tanques sépticos e drenagens são: Alajuela, Liberia, Colón, Grecia y Oreamuno; enquanto os menos convenientes são: Pococí, Siquirres e Guácimo.

Palavras-chave: águas residuais domiciliárias, tanque séptico, drenagem, infiltração, zona não saturada, rede de esgotos.

GLOSARIO

AP: área del proyecto.

AS: alcantarillado sanitario.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

PTAR: planta de tratamiento de aguas residuales.

TEP-2: trámite de aprobación de plantas de tratamiento de aguas residuales para urbanizaciones y condominios.

TEP-3: trámite de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario.

TS+D: tanque séptico más drenaje.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, algunos factores que constituyen una gran amenaza de contaminación de los mantos acuíferos en Costa Rica y, por consiguiente, de las aguas subterráneas son el crecimiento de la población y la expansión urbana descontrolada sobre las áreas de recarga, fenómenos que generan lixiviados de residuos sólidos y líquidos de origen doméstico, incapacidad de infiltración en los suelos e impermeabilización de las zonas de recarga.

Generalmente, para la recolección, el tratamiento y la evacuación de aguas residuales en condominios y urbanizaciones se utiliza tanques sépticos individuales con su respectivo drenaje o una planta de tratamiento para todo el grupo de viviendas junto con la red de alcantarillado sanitario. Durante el ciclo de estos proyectos pueden presentarse inconvenientes debido a problemas de: elección del sistema más adecuado, diseño, trámites legales, pertinencia de los estudios técnicos, mantenimiento y otros.

De esta manera, se torna de gran importancia generar una herramienta que funcione de apoyo para la toma de decisiones durante su desarrollo y es de competencia de la ingeniería civil, ambiental y sanitaria participar de este proceso, con el fin de prevenir que se presenten repercusiones negativas sobre el medio ambiente y la salud pública.

En este trabajo se desarrolló un instrumento interactivo para la elección del mejor arreglo sanitario que debe ser construido para tratar y evacuar las aguas residuales de un desarrollo urbanístico específico; el cual incluye aspectos para la realización de trámites, estudios base y además, antecedentes de información hidrogeológica de algunas localidades del país.

Para el desarrollo de la herramienta se utilizó principalmente diagramas de flujo de Microsoft Office Visio, mapas de ArcGIS, y hojas de Microsoft Office Excel. Todos se elaboraron tomando en cuenta requisitos legales aplicables a estos proyectos de saneamiento, normas técnicas de diseño y otros.

2. MARCO TEÓRICO

El decreto ejecutivo No. 32133-S declara de interés público y necesidad social el diseño, financiamiento, ejecución, operación y mantenimiento de las obras requeridas para la recolección, el tratamiento y disposición final de las aguas residuales de tipo ordinario.

Según el decimosexto informe del Estado de la Nación (2010), la mayoría de las viviendas costarricenses dispone sus excretas por medio de tanques sépticos con drenaje, mientras que una cuarta parte lo hace a través de alcantarillado (Figura 1).

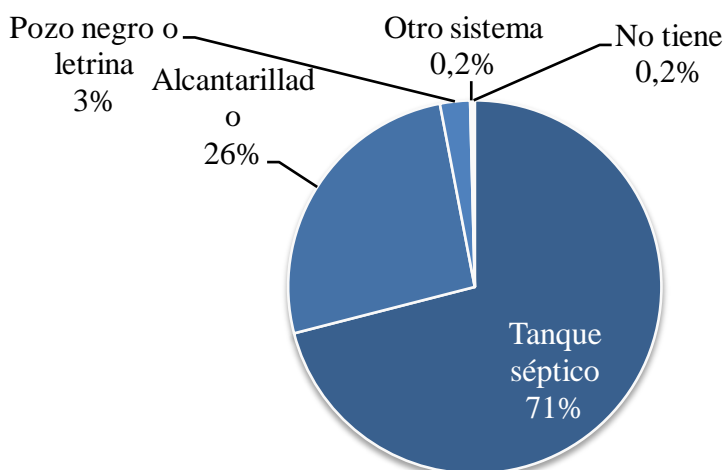


Figura 1. Disposición de excretas de las viviendas costarricenses, Estado de la Nación 2010

En la gran mayoría de las viviendas donde se utiliza el tanque séptico, solamente las aguas provenientes de los servicios sanitarios ingresan a este sistema y las demás aguas residuales como las procedentes de la cocina, ducha, pila y lavamos, son vertidas al alcantarillado pluvial y por ende a los ríos sin tratamiento alguno. Éste es un problema de contaminación ambiental provocado por personas e incluso profesionales, que se dedican a la construcción de viviendas y edificios y que desconocen el adecuado manejo de las aguas residuales (Mora & Araya, 2008).

En el caso de los acuíferos que abastecen el Gran Área Metropolitana (GAM): Colima Superior e Inferior, La libertad y Barva; se ha observado evidencias de algún impacto de contaminación bacteriológica e incremento de nitratos, debido en parte a la expansión

urbana. En lo relativo a los nitratos, se ha detectado una tendencia al incremento en sus concentraciones gradiente hidráulico abajo, lo cual denota que el agua subterránea está siendo afectada, directa o indirectamente, por la descarga de tanques sépticos (AyA, 2008).

A nivel nacional, la construcción de urbanizaciones ha tenido un crecimiento importante en los últimos años, y para aquellos lugares en los cuales no existe sistemas de alcantarillado sanitario ni peligro de contaminación de aguas subterráneas (según estudios hidrogeológicos), y la densidad de lotes así lo permite, el desarrollador puede presentar ante el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) una solicitud de exoneración de construir redes de alcantarillado sanitario (La Gaceta, 2002).

Desafortunadamente, durante los trámites de exoneración se han presentado repetidamente problemas de diversa índole. En ocasiones, el interesado realiza la inversión en tiempo y recursos para completar los estudios técnicos y requisitos que debe incluirse en la solicitud, sin consultar previamente si el área del proyecto cuenta con cobertura de alcantarillado sanitario o planes de construcción de la red por parte de su ente administrador, condición que deniega de inmediato la exoneración de instalar la respectiva red (AyA, 2008).

En otros casos, se tramita la construcción de plantas de tratamiento, sin la visión clara de quién será el que la administre, y como la Procuraduría General de la República ha indicado que estos sistemas deben ser asumidos y operados por AyA, esta cuestión se vuelve materialmente imposible conforme se incrementa el número de desarrollos urbanísticos con PTAR (AyA, 2008).

Como consecuencia de lo anterior, el desarrollador, después de vender sus lotes o viviendas, deja el alcantarillado sanitario y la PTAR en manos de los vecinos de la urbanización, quienes al inicio se ponen de acuerdo en dar una cuota mensual para cancelar la factura de electricidad que demanda el equipo electromecánico de la PTAR y pagarle a una persona que se encargue de operarla y mantenerla. Después de unos meses, algunos vecinos no cancelan su cuota y otros al darse cuenta de tal situación dejan también de colaborar, y al no haber dinero para operar y mantener la PTAR, ésta

llega a su completo abandono y sale de operación (se estima en un 69% las PTAR de urbanizaciones fuera de operación), produciendo malos olores, problemas de salud para la comunidad e impacto negativo para el ambiente (Mora & Araya, 2008).

El caso de los condominios es diferente, porque estos dan una cuota para el mantenimiento de áreas compartidas y zonas verdes, entre otros, incluyendo la operación y mantenimiento de su PTAR. Además, el nivel económico de quienes viven en condominios, generalmente, les permite cubrir estas cuotas y a los usuarios les es indiferente que algún ente privado o público sea dueño de su red de alcantarillado sanitario y PTAR (Mora & Araya, 2008).

La opción más utilizada para la evacuación y el tratamiento de aguas residuales ordinarias, el tanque séptico, es procedida por una zona de infiltración con un sistema de drenaje. Por lo tanto, su buen funcionamiento depende tanto de la eficiencia de retención de sólidos y grasas como de la capacidad del suelo para absorber, la cual se determina mediante pruebas de infiltración (Rosales, 2003).

Este proceso de tratamiento consiste en tres etapas: la sedimentación/biodigestión, la infiltración, y el tratamiento y disposición de lodos. La primera etapa se desarrolla propiamente en el tanque, en donde los sólidos más gruesos se asientan en el fondo y las partículas livianas y grasas se acumulan en la superficie. Aquí se inicia una fase de descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias y el gas que se desprende de las reacciones biológicas se aloja en una cavidad de la parte superior del tanque (Rosales, 2003).

En la entrada y salida del tanque séptico debe colocarse T's; por el extremo superior de las mismas se evacúa el gas hacia las tuberías de ventilación, que lo conducen hasta el techo de la vivienda, y por el inferior se da la entrada y salida del líquido crudo y tratado, respectivamente, por ello éste debe sumergirse hasta por debajo de la capa de natas hasta el nivel del agua para evitar perturbación de las grasas flotantes y al mismo tiempo, impedir que éstas se dirijan hacia el drenaje. Además, la T de entrada reduce la velocidad de las aguas que llegan al tanque (Figura 2).

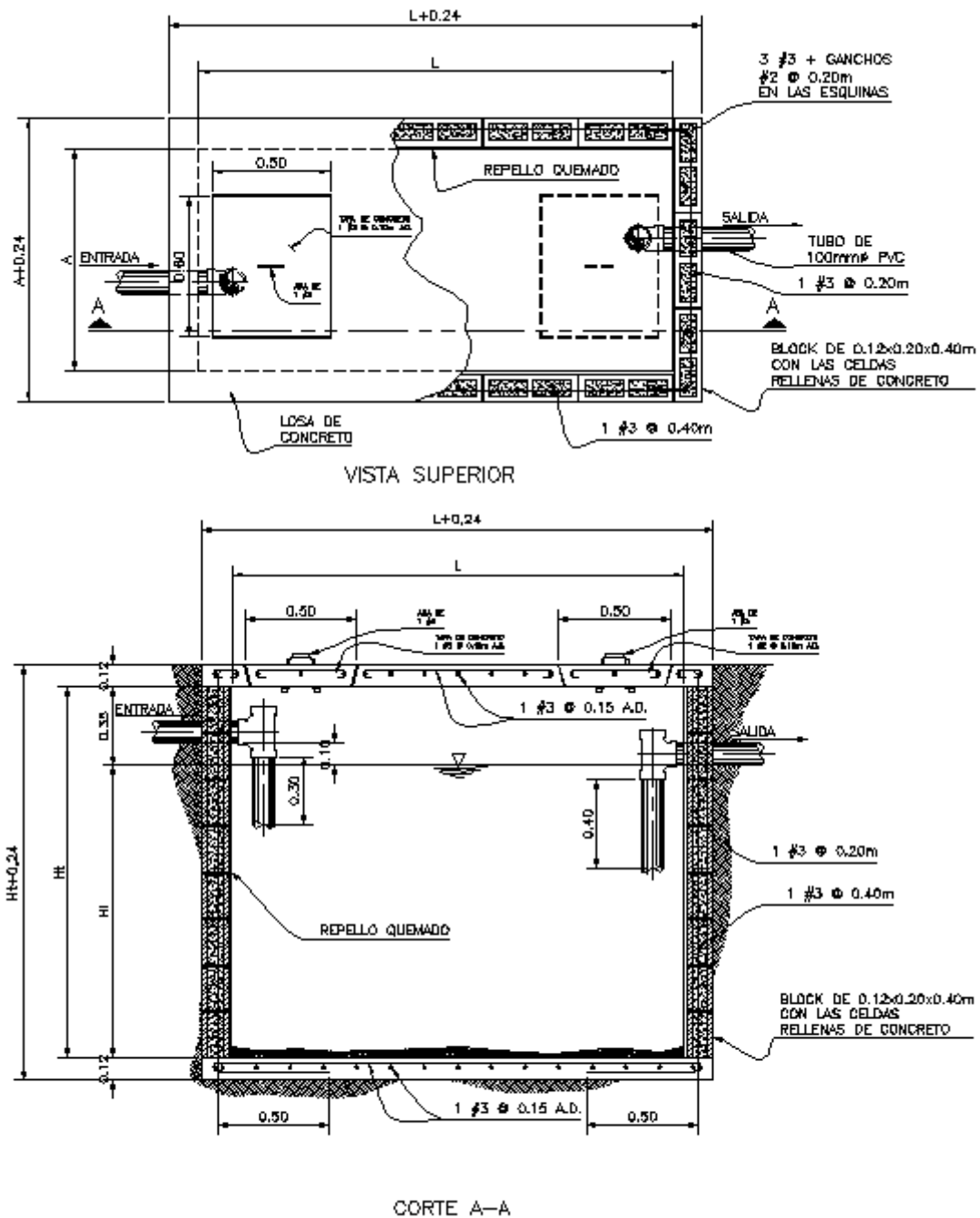


Figura 2. Detalle estructural de tanque séptico (elaborada por el departamento de Dibujo de la UEN Programación y Control del AyA, con base en “Detalles constructivos de tanques sépticos y drenajes”, Ministerio de Salud 1989)

En la etapa de infiltración, se biodegrada la materia orgánica disuelta del efluente del tanque por acción de las bacterias adheridas a las piedras del drenaje (de 7 a 10 cm), conforme el agua se distribuye por el mismo. Además, se da la evapotranspiración con la ayuda de la incidencia de los rayos solares (Figura 3).

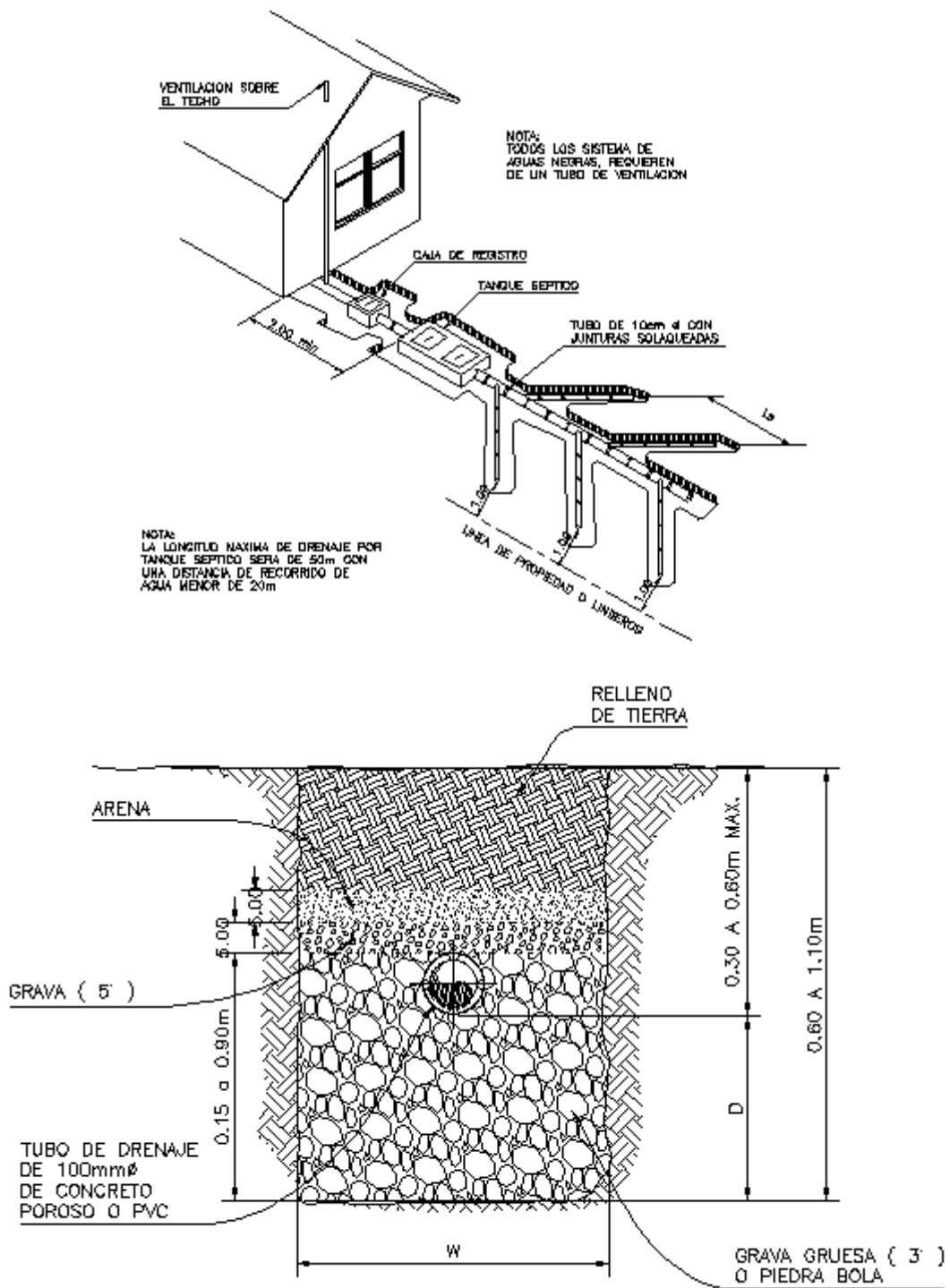


Figura 3. Isométrico del tanque séptico más drenaje y detalle del drenaje (elaborada por el departamento de Dibujo de la UEN Programación y Control del AyA, con base en “Detalles constructivos de tanques sépticos y drenajes”, Ministerio de Salud 1989)

Por último, de forma periódica se debe extraer los lodos para ser tratados por métodos como la digestión anaerobia y se trasladan a un sitio de disposición final de manera segura. También pueden utilizarse en la fabricación de abonos.

La otra alternativa para el tratamiento de las aguas residuales domésticas es mucho más compleja y la constituyen las plantas de tratamiento. Éstas son una herramienta para el control de la calidad del agua que consta de distintas operaciones unitarias en diferentes secuencias y arreglos para limpiar y depurar el agua residual (Metcalf & Eddy, 2003).

Generalmente, se componen de tres etapas de tratamiento, pero es la segunda fase del proceso la que es característica de cada tecnología; entre éstas se puede diferenciar: lodos activados, lagunas, filtros percoladores, biodiscos, humedales y reactores y filtros anaerobios de flujo ascendente (Figura 4).

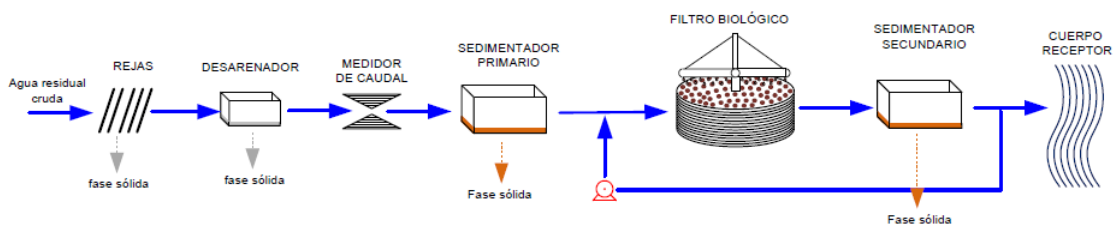


Figura 4. Ejemplo de un tren de tratamiento basado en filtro percolador (Centeno, 2011)

El alcantarillado sanitario dentro de una urbanización o condominio cumple con la función de recolectar las aguas residuales de las viviendas para dirigir las hacia la planta de tratamiento y de aquí, evacuarlas hacia un sistema de reutilización, un cuerpo receptor o hacia la red general de alcantarillado instalada por el ente administrador de la misma. De esta manera, se le da disposición final a un efluente con características físicas, químicas y biológicas preestablecidas por la reglamentación nacional, con el fin de mitigar los efectos de la contaminación sobre las aguas superficiales y subterráneas.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

- Prevenir la contaminación de cuerpos de agua generada por la disposición inadecuada de efluentes líquidos de tipo ordinario en urbanizaciones y condominios.

Objetivos Específicos

- Proporcionar una guía para la elección y el diseño del mejor arreglo sanitario que debe ser construido para tratar las aguas residuales de una urbanización o condominio.
- Organizar de forma lógica la tramitología ante el AyA para llevar a cabo proyectos de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios.
- Poner a disposición información hidrogeológica georeferenciada que debe considerarse en la concepción de proyectos habitacionales de saneamiento.

4. METODOLOGÍA

Primeramente, se elaboraron diagramas condicionales por medio del programa Microsoft Office Visio, para crear una guía en la elección del mejor sistema que debe ser construido para tratar y evacuar las aguas residuales de una urbanización o condominio, ya sea: tanque séptico más drenaje o planta de tratamiento con red de alcantarillado sanitario. La función de éstos es apoyar la toma de decisiones en la etapa de concepción de proyectos de este tipo.

Para construir los diagramas fue necesaria la revisión de las condiciones bajo las cuales se permite el desarrollo de cada arreglo, es decir, qué términos definen el hecho de que deba realizarse uno de ellos sobre el otro, como: disponibilidad de red de alcantarillado en la zona del proyecto, vulnerabilidad de acuíferos y zonas de recarga, cercanía de pozos de abastecimiento de agua para consumo, etc.

Luego, con el fin de apoyar la información que brindan los diagramas, se crearon enlaces dentro de los mismos archivos con documentos adjuntos que deben ser necesariamente consultados como información de variables geológicas, mapas de elementos hidrogeológicos y otros.

Los mapas se elaboraron mediante el programa ArcGIS. Para esto se recabó la información de 155 estudios técnicos presentados al AyA junto con las solicitudes de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario en el período 1997-2009. A partir de estos se reflejó valores de permeabilidad, tránsito de contaminantes, porosidad del suelo, espesor de la zona no saturada, proyectos con exoneración aprobada y denegada, etc; sobre mapas de distintas partes del territorio nacional. Este recurso apoyará las decisiones a nivel de AyA para rechazar o aprobar las exoneraciones y les permitirá a los ingenieros responsables de proyectos urbanísticos contar con una base de información de antecedentes sobre el lugar en el cual se desea construir un sistema de evacuación y tratamiento de aguas residuales.

Posteriormente, se emprendió una identificación de todos aquellos requisitos que debe cumplir el desarrollador para obtener la aprobación de su obra de saneamiento ante el AyA. Toda la tramitología se trasladó a diagramas de flujo para establecer la secuencia

lógica de la entrega de documentos y plazos de revisión, responsables de cada etapa, contenido de los estudios y sus metodologías, y otros aspectos. Así, el usuario de la herramienta tendrá a la mano y de una manera de fácil entendimiento, todos los pasos que debe seguir para cumplir con las regulaciones que establece esta institución.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño de la herramienta se materializó en un instrumento digital e interactivo para la elección del mejor arreglo sanitario que debe ser construido para tratar y evacuar las aguas residuales de una urbanización o un condominio específico.

De acuerdo con la elección del mejor arreglo, se le indica al usuario cuál es el trámite que debe realizar ante la UEN Programación y Control del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), ya sea, el TEP-3 de Exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario o el TEP-2 de Aprobación de plantas de tratamiento de aguas residuales para urbanizaciones y condominios.

Su utilización pretende evitar la presentación del trámite TEP-3 cuando éste no procederá y eliminar la devolución de documentos y solicitud de nueva información en ambos trámites. De esta forma, se suprime la inversión innecesaria en tiempo y recursos, tanto para el AyA durante la revisión de documentos y emisión de criterios de resolución (técnico, ambiental, legal, etc), como para el interesado en lo que respecta al desarrollo de pruebas, estudios técnicos, recolección de información y otros.

Además, se procura la presentación del trámite TEP-2 únicamente cuando no se permita la construcción de tanques sépticos con su respectivo drenaje, con el fin de evitar que la institución asuma de forma innecesaria la administración de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales.

La herramienta desarrollada se compone de mapas, una hoja de cálculo y diagramas de Microsoft Office Visio exportados a un archivo de pdf, de aquí que los requerimientos para utilizarla sean poco exigentes, pues únicamente se necesita: Adobe Reader, un lector de hojas de cálculo (Microsoft Office Excel, Open Office Calculator u otro similar) y un explorador de internet como visor; no se necesita conexión (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Características de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios

Características	Descripción
Tamaño en disco	270 MB
Número de carpetas	10
Cantidad total de archivos	343
Requerimientos para uso	Adobe Reader, lector de hojas de cálculo (Microsoft Office Excel, Open Office Calculator u otro similar) y explorador de internet (no se necesita conexión).
Carpeta principal	“HERRAMIENTA STAR URBANIZACIONES”
Archivos principales	<ul style="list-style-type: none"> • “HERRAMIENTA”: documento de pdf que contiene todos los diagramas de Microsoft Office Visio y los enlaces a los demás documentos que se encuentran distribuidos por las diferentes carpetas. • “INSTRUCCIONES”: pequeño documento de texto con directrices para el uso y buen funcionamiento de la herramienta.

Cuadro 2. Componentes de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios

Carpeta	Subcarpeta	Archivos	Detalle
HOJAS DE CÁLCULO	-----	Memoria TS+D	Hoja de Excel que procesa los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en el AP para determinar la tasa promedio. Calcula la geometría del campo de infiltración y las dimensiones del tanque séptico por vivienda. Además, presenta detalles constructivos de ambos sistemas. Se elaboró con base en el Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones 2010.

Cuadro 2. Componentes de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios (continuación)

Carpeta	Subcarpeta	Archivos	Detalle
MAPOTECA	Antecedentes TEP-3	17 archivos correspondientes a 15 mapas de cantones y 2 de distritos del territorio nacional	<p>En estos se presentan proyectos que han solicitado con anterioridad el trámite de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario. Contienen: ubicación de pozos, acuíferos y poblados; red de caminos, cobertura de alcantarillado sanitario, elevación cada 100 m, ríos, resolución de la solicitud y un cuadro de variables hidrogeológicas por proyecto (tasa de infiltración, permeabilidad y porosidad de las zonas saturada y no saturada, espesor de la zona no saturada, distancia a la fuente de abastecimiento de agua más cercana, gradiente hidráulico y tiempo total de tránsito de los contaminantes). Todos se encuentran en el sistema de proyección Costa Rica Lambert Norte.</p> <p>Cantones: Alajuela, Atenas, Bagaces, Cartago, Grecia, Guácimo, Naranjo, Oreamuno, Orotina, Pococí, San Carlos, San Ramón, Santa Ana, Santo Domingo y Siquirres.</p> <p>Distritos: Colón y Liberia.</p> <p>Todos los mapas se elaboraron en este trabajo.</p>

Cuadro 2. Componentes de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios (continuación)

Carpeta	Subcarpeta	Archivos	Detalle
MAPOTECA	Cartográficas	Todas las hojas cartográficas oficiales del territorio nacional y una interfaz para accederlas	Escala 1:50000 Sistemas de proyección Costa Rica Lambert Norte y Costa Rica Lambert Sur
MAPOTECA	Clima	Precipitación Evapotranspiración	Dos mapas del Instituto Meteorológico Nacional en coordenadas geográficas de grados y minutos.
MAPOTECA	Cobertura AS	11 archivos de pdf	Muestran los sitios del país que cuentan con cobertura actual y proyectada de alcantarillado sanitario. Son mapas oficiales de AyA. Los mapas de Cañas, Jacó, Nicoya y Santa Cruz se georeferenciaron para asignarles una cuadrícula, pues antes no la tenían. Al de Liberia y al de Puntarenas se les dibujó los números de su cuadrícula y el de Limón se elaboró nuevo.

Cuadro 2. Componentes de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios (continuación)

Carpeta	Subcarpeta	Archivos	Detalle
MAPOTECA	Geología	31 archivos con mapas geológicos por hoja cartográfica	18 mapas que cubren 19 hojas cartográficas fueron elaborados por proyectos de la Universidad de Costa Rica y el resto abarcan las demás hojas y fueron elaborados en este trabajo. Se encuentran en el mismo sistema de proyección de las hojas cartográficas que incluyen.
MAPOTECA	Hidrogeología	Acuíferos Isofreáticas	Ambos fueron elaborados en este trabajo. El mapa de acuíferos de Costa Rica incluye las cuadrículas Costa Rica Lambert Norte y Costa Rica Lambert Sur. El archivo Isofreáticas corresponde a un mapa de elementos hidrogeológicos para un proyecto en particular que sirve de muestra para que el usuario observe su contenido mínimo, según lo solicita AyA.

Según los diagramas de flujo de la herramienta elaborada, existen dos situaciones determinantes y dos situaciones potenciales por las cuales una solicitud de exoneración de construcción de la red de alcantarillado en una urbanización o condominio (trámite TEP-3) puede ser rechazada.

La primera situación determinante la constituye el hecho de que exista cobertura de alcantarillado sanitario en el área del proyecto, pues en dicho caso, se debe construir en la urbanización o condominio la red interna y conectarla al alcantarillado público, pero

además, se debe construir una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para entregar un efluente que cumpla con los requisitos de calidad fisicoquímica y biológica que establece el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, y así mitigar la contaminación de los cuerpos que funcionan como receptores finales.

Éstas serán las acciones por tomar siempre que se rechace la solicitud, excepto si no existe cobertura pero sí hay planes a corto o mediano plazo de construcción de la red por parte del ente administrador del servicio. De ser así, se permite instalar sistemas de tanque séptico más drenaje (TS+D), pero se solicita dejar construida la red de AS sin funcionar, para hacer la conexión en el momento que los planes se ejecuten, De esta forma, se exonera al desarrollador únicamente de la construcción de la PTAR.

Un requisito técnico que se debe cumplir para que la exoneración se apruebe es demostrar la aceptabilidad del sitio para utilizar sistemas de TS+D, a través de pruebas de infiltración del terreno. La primera situación potencial de rechazo de la exoneración se presenta cuando los resultados de la tasa de infiltración superan los 24 min/cm (según el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones 2010) o son inferiores a 2 min/cm, pues de ser así, la capacidad del suelo para absorber es inadecuada.

Por otro lado, un requerimiento ambiental es demostrar que no existe riesgo de contaminación de fuentes de abastecimiento de agua. Para ello se realiza un estudio hidrogeológico que culmina con el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea. Para esto se utiliza la metodología de Hugo Rodríguez (1994), según la cual el tiempo resultante debe ser mayor a 70 días para medios porosos o mayor a 100 días para medios fracturados, pues es el período de residencia máximo de las bacterias en el subsuelo. Cuando no se alcanza este límite, se genera otra situación vinculante para denegar la solicitud.

En el camino para determinar el tiempo de tránsito de contaminantes, se debe estimar el espesor de la zona no saturada del suelo mediante la construcción de un perfil hidrogeológico en el AP, pues éste es un parámetro de cálculo dentro de la fórmula. Cuando este espesor no alcanza los 5 m se genera el segundo caso potencial de rechazo de la solicitud de exoneración, porque aunque el tiempo de tránsito sea superior al límite

establecido, el nivel freático es muy superficial y es probable que alcance la superficie durante estaciones de lluvia. Así, podría no existir riesgo de contaminación de las aguas subterráneas pero sí de brote de efluentes a la superficie, lo cual podría generar problemas de salud pública y otros casos de contaminación ambiental producto de la escorrentía.

En la herramienta, estos cuatro casos se encuentran bien tipificados y su ubicación dentro del diagrama de flujo permite al usuario suspender sus intentos por realizar el trámite TEP-3 en cuatro etapas distintas: durante la concepción de la obra, antes de realizar el estudio hidrogeológico y de tránsito de contaminantes, a la mitad de la realización del estudio y antes de iniciar el trámite propiamente ante el AyA. Así, éste puede rápidamente comenzar a reunir los requisitos para el trámite que verdaderamente necesita realizar, el TEP-2 de Aprobación de plantas de tratamiento de aguas residuales para urbanizaciones y condominios (Figura 5).

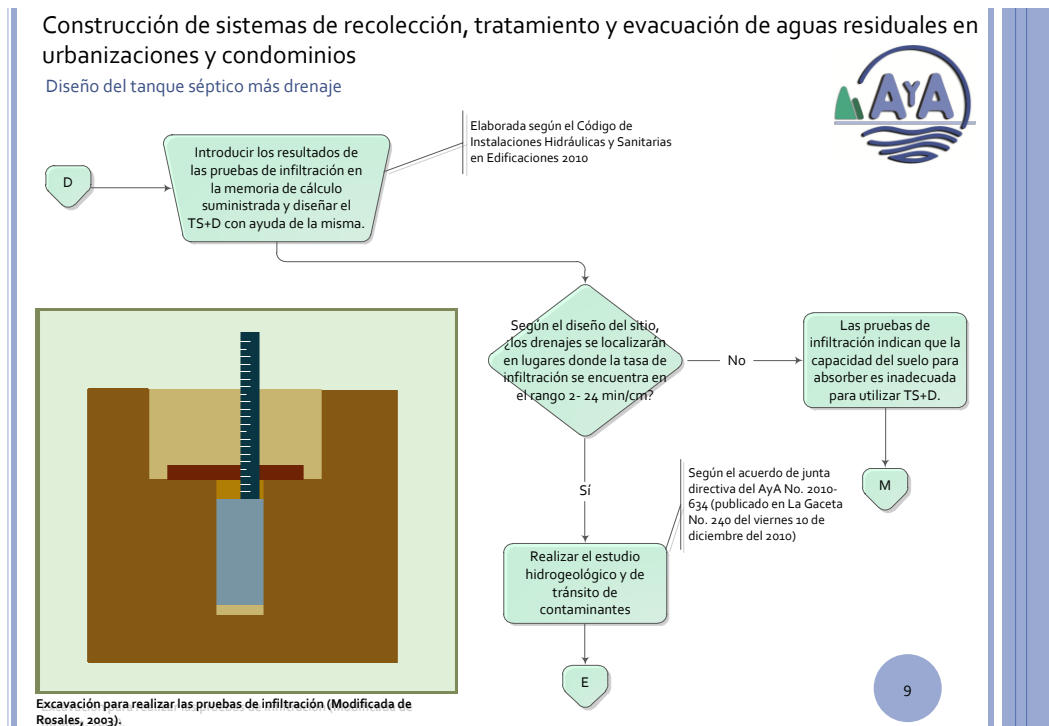


Figura 5. Fragmento de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en condominios y urbanizaciones

Además, se presenta de manera simplificada los pasos para realizar el estudio hidrogeológico junto con fuentes de datos útiles para su elaboración, de tal manera que el ingeniero responsable del proyecto (generalmente ingeniero civil o en construcción) pueda realizar un estudio rápido antes de subcontratarlo y así, mediante las variables obtenidas decidir si tramitará el TEP-3 o el TEP-2.

Por supuesto, pueden existir otras razones por las cuales se deniegue la solicitud de exoneración como la entrega incompleta de documentos y podría haber otros motivos de vulnerabilidad muy específicos de un área de proyecto, que se vuelve difícil tipificar dentro del instrumento elaborado.

De acuerdo con los mapas elaborados de antecedentes del trámite TEP-3, los sitios que poseen un mayor porcentaje de solicitudes aprobadas son: Alajuela, Bagaces, Colón, Grecia, Liberia, Naranjo, Oreamuno y Orotina (Cuadro 3). De estos cabe resaltar los casos de: Alajuela, Colón, Grecia, Liberia y Oreamuno, los cuales además de poseer altos porcentajes de aprobación, cuentan con alto número de solicitudes, por ello se perfilan como buenos sitios para tramitar la exoneración de construcción de la red de alcantarillado (Anexo 3).

Cuadro 3. Resumen de resoluciones del trámite TEP-3 por cantón

Cantón o distrito	Número de solicitudes	Solicitudes Aprobadas	Porcentaje aprobado (%)
Alajuela	10	8	80
Atenas	3	1	33
Bagaces	3	3	100
Cartago	4	2	50
Colón	5	4	80
Grecia	6	6	100
Guácimo	3	0	0
Liberia	9	7	78
Naranjo	3	3	100
Oreamuno	5	5	100
Orotina	3	3	100
Pococí	5	1	20
San Carlos	5	3	60
San Ramón	3	2	67
Santa Ana	3	2	67
Santo Domingo	3	2	67
Siquirres	3	0	0

Por contraste, los sitios con menor porcentaje de solicitudes aprobadas son los cantones de Pococí, Guácimo y Siquirres (Cuadro 3). Para los dos primeros sitios, el problema general es que el nivel freático es muy somero, es decir, el espesor de la zona no saturada es muy reducido (Anexo 3). Para el caso de Siquirres, el inconveniente son las bajas tasas de infiltración que complicarían el funcionamiento de un sistema de disposición de aguas residuales basado en la absorción del suelo.

Es de especial atención el asunto de Pococí, pues además de contar con un bajo porcentaje de aprobación, tiene un número considerable de solicitudes. Esto refleja cierto crecimiento en el desarrollo de complejos urbanísticos, que en vista de haber obtenido respuestas negativas al trámite TEP-3 por condiciones hidrogeológicas, está

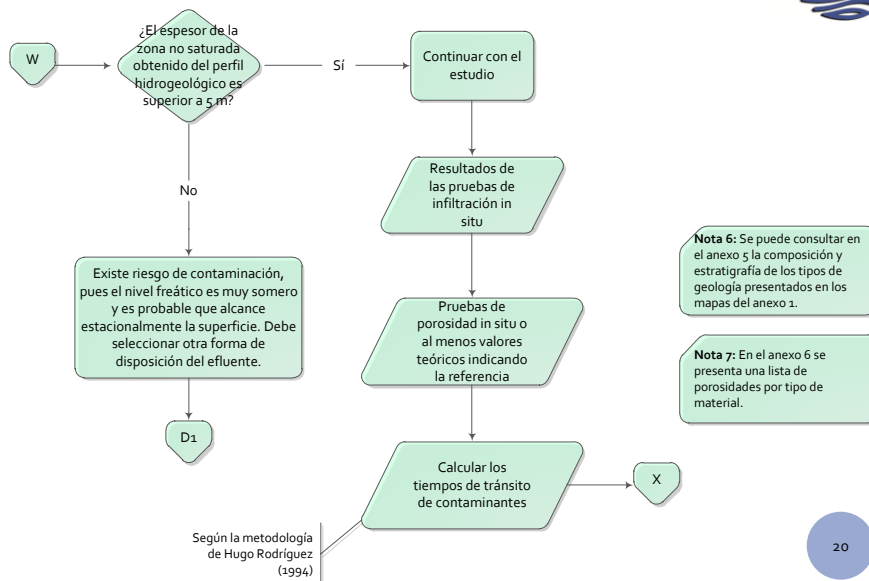
demandando ampliaciones en el sistema de cobertura de alcantarillado sanitario para el cantón (Anexo 3).

El desarrollo de estos mapas es de utilidad tanto para ingenieros responsables de proyectos urbanísticos y condominales como para el AyA. El primer grupo se beneficia al contar con una base de antecedentes del trámite TEP-3 para analizar cuáles lugares son favorables para tramitar una exoneración de construcción de red de AS. El AyA se favorece al tener información hidrogeológica georeferenciada para apoyar decisiones de resolución de nuevas solicitudes del trámite TEP-3, también puede detectar necesidades de ampliación de cobertura y construcción de nuevas redes de AS en sitios en donde se haya denegado repetidas veces la exoneración por condiciones hidrogeológicas. Además, con esta información se puede localizar irregularidades en estudios técnicos o información inconsistente con los antecedentes de un sitio específico.

Por otro lado, la aprobación de PTAR (trámite TEP-2) también posee restricciones del tipo hidrogeológico, pero esta vez para decidir el mecanismo de disposición final o reúso del efluente. Para reutilización en riego superficial o por goteo subterráneo (infiltración) las limitaciones son las mismas que se plasman en el estudio hidrogeológico que se solicita en el trámite TEP-3, a saber: la tasa de infiltración debe ajustarse al rango 2-24 min/cm, el espesor de zona no saturada debe ser superior a 5 m y el tiempo de tránsito de contaminantes mayor a 70 o 100 días; según sea el medio poroso o fracturado. Si no se dieran estas condiciones se debe seleccionar otro método de disposición final o reutilización, pues de lo contrario, la PTAR no será aprobada (Figura 6).

Construcción de sistemas de recolección, tratamiento y evacuación de aguas residuales en urbanizaciones y condominios

Contenido del estudio hidrogeológico y de tránsito de contaminantes



20

Figura 6. Fragmento de la Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en condominios y urbanizaciones

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró el desarrollo de una herramienta digital orientada a ingenieros responsables de proyectos urbanísticos que le indica al usuario, con base en variables hidrogeológicas y otros requerimientos técnicos, si debe construir un arreglo de tanque séptico más drenaje o una planta de tratamiento junto con la red interna de alcantarillado sanitario, para depurar y evacuar las aguas residuales del sitio, así como el trámite administrativo que debe cumplir ante el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y los requisitos respectivos. Además, se logró reunir en la misma documentos e información que brindan asesoría en la realización de estudios técnicos.

Para que una solicitud de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario en una urbanización o condominio obtenga la aprobación se debe cumplir obligatoriamente con dos condiciones: inexistencia de cobertura y planes de construcción de red de alcantarillado sanitario en el área del proyecto y tiempo de tránsito de los contaminantes entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de abastecimiento de agua superior a 70 días en caso de medios porosos y mayor a 100 días en situación de matrices fracturadas. Además, idealmente los resultados de las pruebas de infiltración deben encontrarse en el rango de 2 a 24 min /cm y el espesor de la zona no saturada debe superar los 5 m.

Se elaboraron 15 mapas cantonales y 2 distritales que reflejan antecedentes de resolución del trámite TEP-3 e información de variables hidrogeológicas para proyectos solicitantes específicos. Según estos, los sitios que presentan mejores condiciones para solicitar una exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario son: Alajuela, Colón, Grecia, Liberia y Oreamuno; mientras que Guácimo, Siquirres y Pococí son los lugares menos favorables para llevar a cabo este trámite, pues existen espesores reducidos de zona no saturada y tasas de infiltración inadecuadas para instalar un sistema de tanque séptico más drenaje.

Se recomienda realizar un análisis de necesidades de ampliación de los planes cobertura de alcantarillado sanitario en el cantón de Pococí, pues a casi un 100% de los proyectos que han solicitado el trámite TEP-3 se les ha denegado la exoneración por condiciones hidrogeológicas.

Antes de tramitar una aprobación de planta de tratamiento de aguas residuales para una urbanización o condominio, se debe definir el tipo de reúso o disposición del efluente, considerando que para reutilización por riego se debe cumplir con las mismas regulaciones que solicita un estudio hidrogeológico para instalar sistemas de disposición de aguas residuales basados en la absorción del terreno.

Se recomienda actualizar la herramienta en caso de que se introduzcan variantes en la tramitología oficial de proyectos de saneamiento para urbanizaciones y condominios. También, se insta a continuar la actualización de los mapas de antecedentes del trámite TEP-3 con el resto de expedientes disponibles en la UEN Programación y Control del AyA, pues en este trabajo se abarcaron 155 de un total aproximado de 400. Igualmente, las capas utilizadas para su construcción deben actualizarse con la publicación del nuevo Atlas digital de Costa Rica, proyectada para el 2012.

Para que este proceso de actualización de la herramienta sea efectivo se recomienda designar recurso humano dentro de la Comisión de Exoneraciones para modificar los shapfiles utilizados en la elaboración de mapas cada vez que la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo emita una resolución con respecto al trámite TEP-3.

Por último, como forma de distribución de la herramienta se propone cargar todos los componentes como un archivo comprimido al Centro de Documentación del sitio oficial de internet del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, para que los diferentes usuarios interesados la puedan descargar.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astorga, Y. (2010). Gestión del recurso hídrico y uso del agua. *Decimosexto informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*.
- Centeno, E. (2011). *Análisis comparativo de distintas tecnologías de tratamiento de aguas residuales para municipalidades de Costa Rica*. Trabajo de graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, San José.
- Foster, S & Hirata, R. (1988). *Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes*. OPS-CEPIS.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (19 de abril de 2002). Exoneración de redes de alcantarillado sanitario de urbanizaciones. *La Gaceta*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2008). Modificación acuerdo de junta directiva no. 2006-615 (Delimitación de zona de vulnerabilidad de los acuíferos del valle central). *Comunicación interna de acuerdos de junta directiva No.2008-512*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2008). Requisitos y procedimientos para la aprobación de plantas de tratamiento de aguas residuales para urbanizaciones y condominios. *Comunicación interna de acuerdos de junta directiva No.2008-068*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2010). Modificación del acuerdo no. 2005-493 referente al trámite de exoneración de alcantarillado sanitario. *Comunicación interna de acuerdos de junta directiva No.2010-634*.

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2006). *Centro de Documentación*. Recuperado el 4 de agosto de 2011, de Mapas de cobertura de alcantarillado sanitario: <http://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/151010074826easdecoberturadealcantarilladosanitariorene2006.pdf>
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Mora, D & Araya, A. (2008). Estado del agua para consumo humano y saneamiento en Costa Rica al año 2007. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 17-37.
- Morales, Á., Mora, D., Vargas, L., Chanto, L., Zamora, P., & Jiménez, Ó. (2010). *Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica
- República de Costa Rica. (17 de junio de 2011). Decreto Ejecutivo No. 36550-MP-MIVAH-S-MEIC. Reglamento para el trámite de revisión de planos para la construcción. *La Gaceta*.
- República de Costa Rica. (9 de octubre de 2003). D-31545-S-MINAE Reglamento de aprobación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. *La Gaceta*
- República de Costa Rica. (9 de agosto de 2006). D-33601 Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales. *La Gaceta*.
- República de Costa Rica. (4 de marzo de 2008). D-34431 Reglamento del canon ambiental por vertidos. *La Gaceta*.

Rodríguez, H. (1994). *Documentos AyA*. Recuperado el 4 de agosto de 2011, de Normas para el cálculo de tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea:

<http://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/220910094835ormasparaelCalculodeTiempodeTransitoentrelosDrenajesdeTanquesSepticosylasFuentesdeAguaSubterranea.pdf>

Rosales, E. (2003) Tanques sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones. *Tecnología en marcha*, 26-33.

Rosales, E. (2003) ¿Cómo hacer pruebas de infiltración? *Ingenieros y Arquitectos*, 28-31.

8. ANEXOS

Anexo 1. Manual de uso de la herramienta STAR Urbanizaciones

Herramienta para la toma de decisiones en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en urbanizaciones y condominios



Manual de uso

Parte I. Pasos para copiado de los archivos

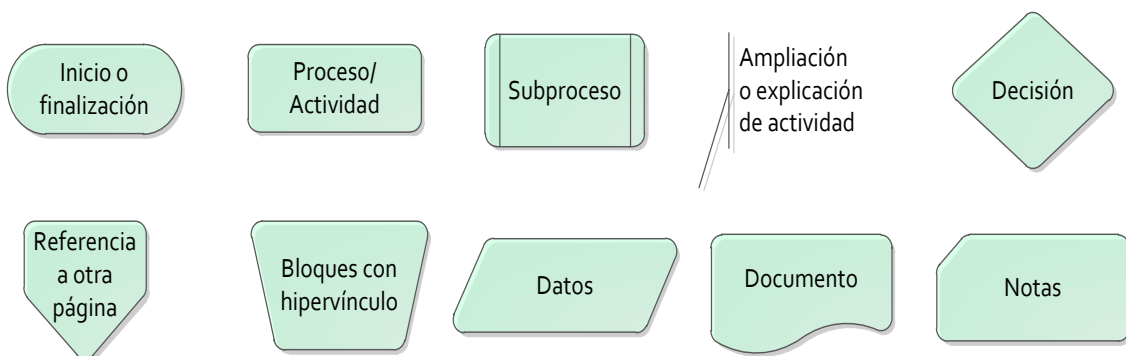
Para utilizar la herramienta debe extraer la carpeta "HERRAMIENTA STAR URBANIZACIONES" y copiarla en el disco (C:) de su equipo. Los nombres de carpetas y archivos no pueden cambiarse, al igual que sus directorios, pues se generará problemas con los hipervínculos.

Una vez hecho esto, se abre el archivo de pdf llamado "HERRAMIENTA" con el programa Adobe Reader y se comienza su uso.

Parte II. Requerimientos

- Adobe Reader.
- Lector de hojas de cálculo (Microsoft Office Excel, Open Office Calculator u otro similar).
- Explorador de internet (para que funcione como visor, no necesita conexión)

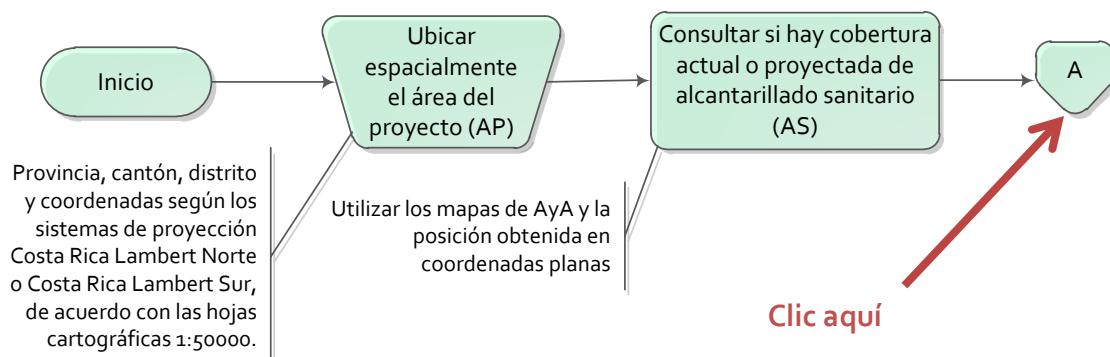
Parte III. Simbología de los bloques de diagrama



Para desplegar la información que contiene un bloque con hipervínculo, se debe hacer un clic sobre el mismo.

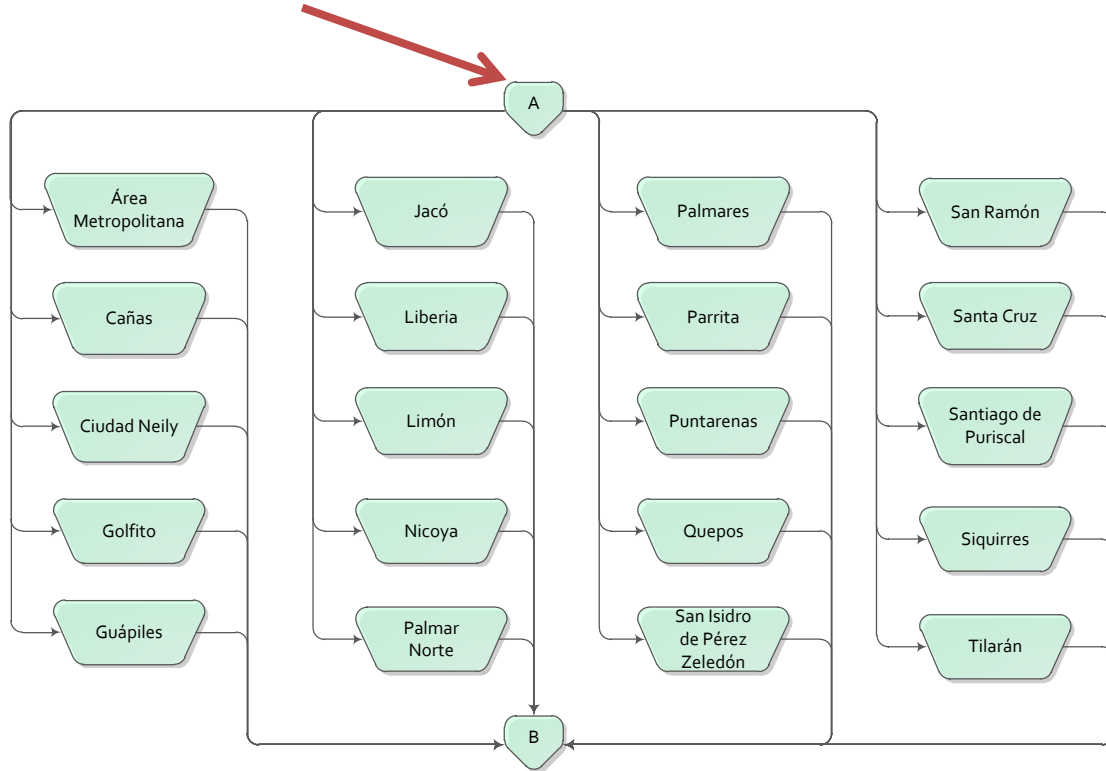
Para cada forma que contiene un vínculo hacia otra página, existe una forma igual (con la misma letra) en la sección del documento a la que hace referencia. Esto es, al hacer clic sobre un bloque que contiene la letra "A", la herramienta se desplazará hacia una nueva página que contiene un bloque con la letra "A", y desde éste punto se deberá continuar en la dirección que indican las flechas.

Ejemplo:



Página 6

Continuar aquí



Página 7

Parte IV. Utilidad de las notas y los anexos

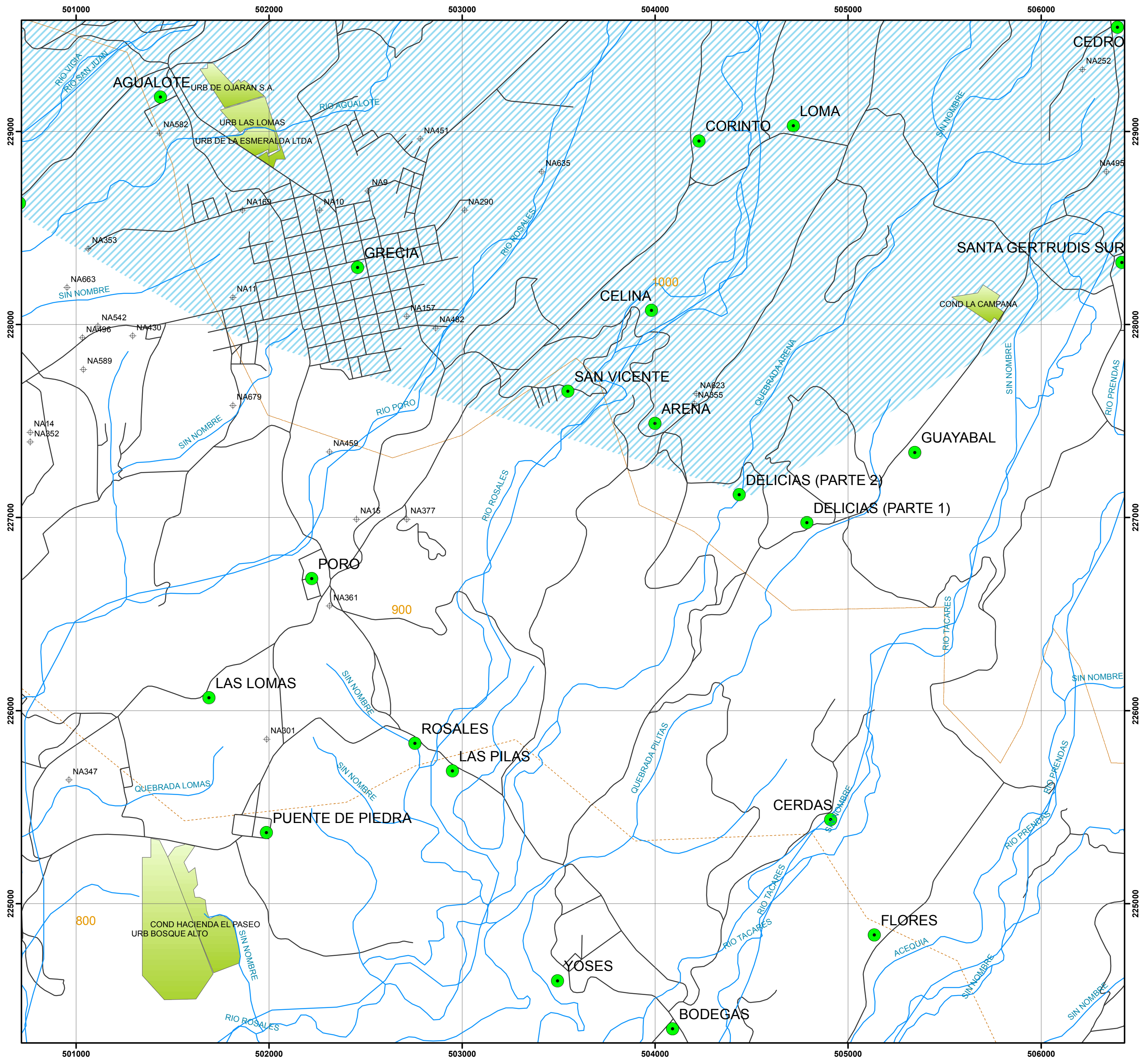
De firma intercalada con los diagramas de flujo se presentan bloques de notas con su respectiva simbología, los cuales hacen referencia a un determinado anexo y se encuentran vinculados a ellos. Estos anexos apoyan la selección de datos y la toma de decisiones durante los procesos y cálculos que indican los diagramas.

Anexo 2. Herramienta STAR Urbanizaciones

Éste es un anexo digital y se ubica en el CD adjunto.

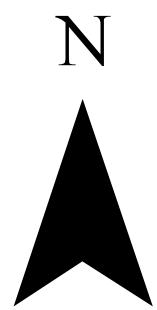
Anexo 3. Mapas de antecedentes del trámite TEP-3 para los cantones de Grecia y Pococí

Antecedentes del trámite de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario en el cantón Grecia



Simbología

- Pozos
- Poblados
- Ríos
- Red de caminos
- Elevación
- Acuífero Poas-Grecia
- Solicitud aprobada
- Solicitud denegada

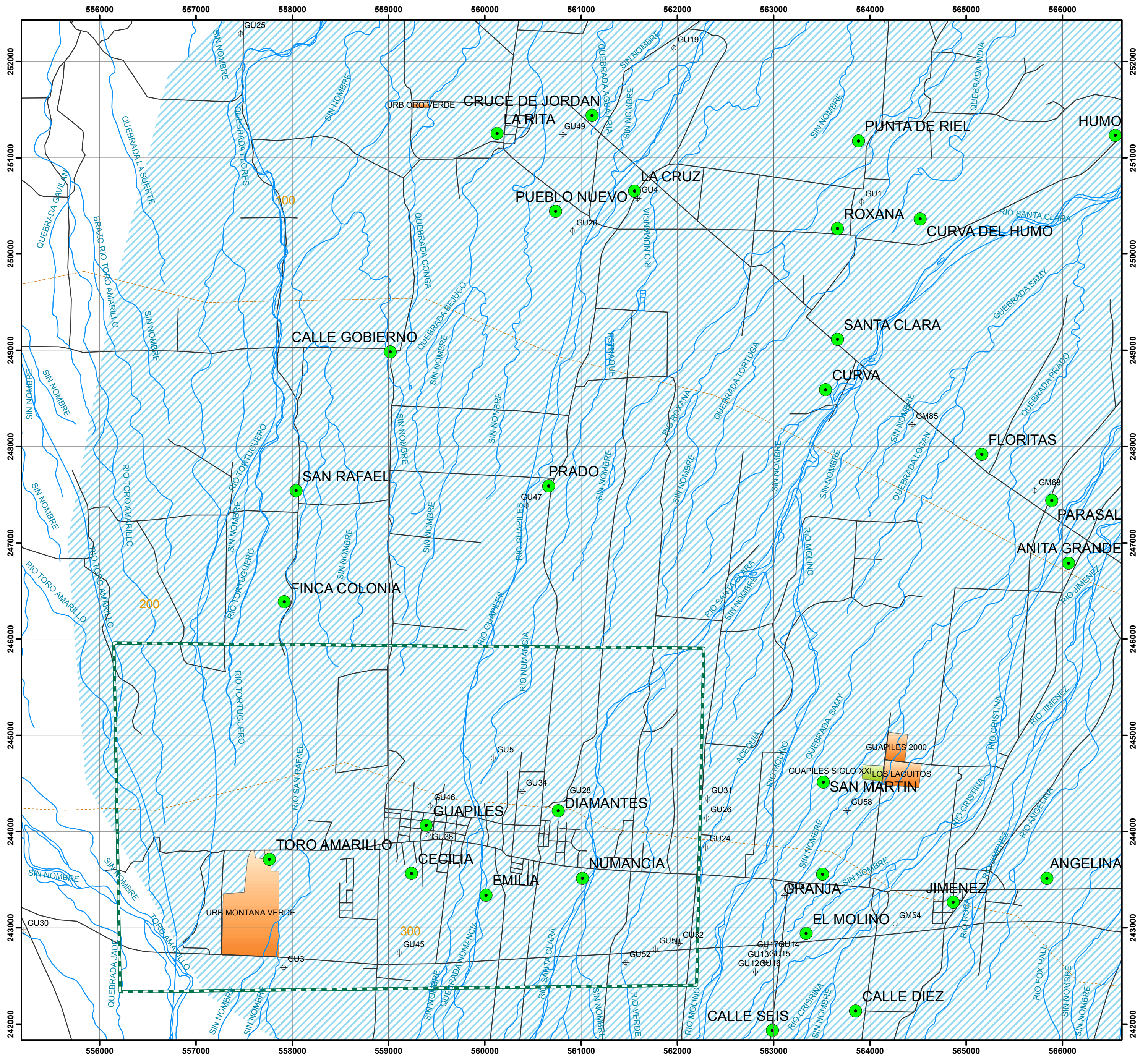


Proyecto	Tasa inf (min/cm)	K nsat (m/d)	K sat (m/d)	M nsat (m)	D protec (m)	N nsat (%)	N sat (%)	I	T (d)
Hacienda El Paseo	1,99	0,115	ND	38,07	ND	40	ND	ND	132
La Campana	4,63	0,5735	0,1	15	1500	50	50	0,06	125013
Ojarán S.A.	24	0,024	ND	54	ND	30	ND	ND	675
La Esmeralda Ltda.	11,4	0,0875	ND	54	ND	50	ND	ND	309
Las Lomas	15,33	0,039	ND	40	ND	30	ND	ND	308
Bosques Alto	8,33	0,061	ND	27	ND	40	ND	ND	177

1.000 500 0 1.000 Metros **1:15.000**

Autor: Alejandro Campos Castillo
 Fecha de elaboración: 20 de octubre del 2011
 Sistema de proyección: Costa Rica Lambert Norte
 Fuentes: Atlas digital de Costa Rica 2008 y expedientes del trámite TEP-3 de AyA

Antecedentes del trámite de exoneración de construcción de la red de alcantarillado sanitario en el cantón Pococí



Simbología

- ⊕ Pozos
- Poblados
- Cobertura alcantarillado sanitario
- Ríos
- Red de caminos
- - - Elevación
- /// Acuífero Guápiles-Guácimo
- Solicitud aprobada
- Solicitud denegada

Proyecto	Tasa inf (min/cm)	K nsat (m/d)	K sat (m/d)	M nsat (m)	D protec (m)	N nsat (%)	N sat (%)	I	T (d)
Guápiles 2000	6,25	0,055	10	3	30	40	40	0,02	74
Los Laguitos	1,1	0,11	10	3	1800	40	40	0,02	3141
Oro Verde	20	0,026	ND	2	ND	55	ND	ND	42
Montaña Verde	13,68	0,046	2,8	10	2000	25	15	0,03	3626
Guápiles Siglo XXI	4,8	0,0615	10	3	1600	40	40	0,02	2802

1:30.000

1.000 500 0 1.000 Metros

Autor: Alejandro Campos Castillo
 Fecha de elaboración: 20 de octubre del 2011
 Sistema de proyección: Costa Rica Lambert Norte
 Fuentes: Atlas digital de Costa Rica 2008 y expedientes del trámite TEP-3 de AyA

