

# Impacto Ambiental de Pozos Sépticos en Puerto Rico y su Diseño y Control

Por Ferdinand Quiñones, PE

## Introducción

Este artículo presenta un estimado de la cantidad de pozos sépticos en Puerto Rico, incluyendo un análisis de su diseño y el impacto ambiental potencial de estos sistemas de tratamiento de aguas sanitarias. Aunque un pozo séptico puede proveer tratamiento efectivo primario a aguas sanitarias residenciales, comerciales e industriales, la mayor parte de los pozos sépticos en la Isla no han sido diseñados y construidos adecuadamente. En el caso de los pozos sépticos residenciales, que constituyen la mayor parte de estos sistemas en la Isla, hasta finales del 2010 no se reglamentaba su diseño o construcción, ni se inspeccionaban para determinar si operan correctamente. El nuevo Reglamento Conjunto de Permisos adoptado por la Junta de Planificación (JP) el 29 de noviembre del 2010 (Reglamento JP-31) requiere permisos para todos los pozos sépticos en la Isla, incluyendo los unifamiliares, y establece normas generales para su construcción, operación, inspección y cierre. Estas normas prospectivas resuelven parcialmente este problema ambiental en Puerto Rico. En este artículo, además de documentar el número aproximado de pozos sépticos y un estimado de su flujo de descarga de aguas sanitarias al medioambiente, se sugieren métodos y procedimientos adicionales para optimizar su diseño y construcción. Se recomienda que la Junta de Calidad Ambiental (JCA) y la Oficina de Gerencia de Permisos (OGP) modifiquen el método utilizado para determinar la percolación del terreno donde se

propone ubicar un pozo séptico, y se adopten diseños uniformes tomando en cuenta la percolación efectiva de los suelos.

## Cantidad y Localización General de los Pozos Sépticos en Puerto Rico

En Puerto Rico existen aproximadamente entre 550,000 a 600,000 pozos sépticos residenciales incluyendo sistemas rústicos y pozos tradicionales. Además, operan por lo menos 20,600 comerciales, 3,800 en facilidades de gobierno y 230 industriales. Estos estimados se obtuvieron de datos de varias fuentes, incluyendo la Autoridad de Acueductos y Alcantarillado (AAA), el Departamento de Salud (DS) y la Oficina del Censo Federal (OCF).

1. La AAA provee servicios de agua potable al 96 % de los 3.72 millones de habitantes en Puerto Rico (3.58 millones). Los records de la AAA establecen que de aproximadamente 1.2 millones de sus clientes residenciales, el 41.5% no están conectados a sus sistemas sanitarios y descargan las aguas usadas a pozos sépticos, directamente al terreno o a cuerpos de agua. Igualmente, la AAA estima que 20,555 clientes comerciales, 3,801 facilidades de los gobiernos municipales y central y 231 industrias descargan sus aguas sanitarias a pozos sépticos estructurados. Los datos de los clientes de la AAA con servicios de agua potable y/o sanitario en el 2011 se resumen en la Tabla 1.

Categoría	Conexiones Agua Potable Sin Alcantarillado Sanitario	Conexiones Agua Potable y Alcantarillado Sanitario	Conexiones Alcantarillado Sanitario Sin Agua Potable	No Asignadas	Con Tarifa Fija Irrespective De Servicios	Totales
Residencial	499,819	696,417	327	5,806	2,267	1,204,636
Comercial	20,555	41,822	56	418	87	62,938
Gobierno	3,801	7,050	8	48	39	10,946
Industrias	231	932	68	6	0	1,237
Totales	524,406	746,221	459	6,278	2,393	1,279,757

Tabla 1. Desglose de clientes de la AAA que reciben servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en Puerto Rico (AAA, 2010). Fuente: AAA, 2011

2. El balance de aproximadamente 150,000 habitantes en la Isla, entre el total de 3.72 millones (Censo Federal del 2010) y los 3.58 millones que la AAA sirve, utiliza agua potable de sistemas comunitarios denominados por la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA) como "Non-PRASA" (por sus siglas del nombre en inglés de la AAA, "Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority" (Departamento de Salud, 2011). Estos sistemas sirven residencias que no están conectadas a los sistemas de la

AAA, y descargan sus aguas sanitarias a pozos sépticos rústicos o tradicionales, o directamente al terreno o cuerpos de agua. Si asumimos un promedio de cuatro (4) personas por residencia, estas descargas de las comunidades Non-PRASA son equivalentes a 37,500 descargas a pozos sépticos residenciales adicionales a las viviendas que reciben agua potable de la AAA. En estas comunidades rurales, donde el agua potable proviene de sistemas "Non-PRASA," también operan un número

desconocido de negocios pequeños que utilizan pozos sépticos para disponer de las aguas sanitarias (colmados, panaderías, gasolineras y talleres de mecánica). El autor desconoce si existen datos para determinar si estos pozos comerciales tienen permisos de la JCA.

3. Comunicaciones personales con el ingeniero Carl Soderberg (USEPA) establecen que existen otros problemas con el manejo de las aguas sanitarias de residencias y comercios no-conectados a los sistemas de tratamiento centrales de la AAA o privados. Estos problemas incluyen:
  - a. Una porción no determinada de residencias que disponen de pozos sépticos y descargan las aguas grises (agua usada en duchas, fregaderos y lavadoras de ropa) directamente al terreno o a cuerpos de agua cercanos para reducir la tasa a la que sus pozos sépticos se llenan.
  - b. Una porción no determinada de residencias donde existen interconexiones a los sistemas sanitarios de la AAA, descargan sus aguas sanitarias a los sistemas pluviales de las urbanizaciones o comunidades donde ubican. Estas descargas sanitarias fluyen directamente a los cuerpos de agua cercanos.
  - c. Existe un número menor de 50 industrias, hoteles y facilidades del gobierno central que operan sus propios sistemas de tratamiento a las aguas sanitarias.

### Descarga de Aguas Sanitarias de Pozos Sépticos y su Ubicación General en Puerto Rico

El potencial de contaminación de los pozos sépticos en Puerto Rico es significativo, debido a su dispersión por toda la Isla, su diseño y el volumen de aguas sanitarias que descargan al medioambiente. La AAA estima que una familia de cuatro (4) personas en el hogar genera aproximadamente 300 galones por día (gpd) de aguas usadas. Este estimado representa la contribución de todos los usos en el hogar, incluyendo “aguas grises” (duchas, fregadero, lavadora de ropa, lavabos) y “aguas sanitarias o negras” (inodoros). Utilizando este valor de 300 gpd y el estimado bajo de 550,000 pozos sépticos residenciales (rústicos o tradicionales) en la Isla, la descarga de aguas sanitarias que reciben estos pozos es de aproximadamente 165 millones de galones por día (mgd). En comparación, en el 2010 las plantas de tratamiento que opera la AAA recibieron y descargaron al medioambiente (a quebradas, ríos, y aguas costaneras) un promedio de 228.5 mgd de aguas tratadas en cumplimiento con las reglamentaciones de la EPA (Quiñones, 2010). La mayor parte de este flujo provienen de seis (6) plantas primarias que descargan directamente al Océano Atlántico o al Mar Caribe (86.3 %). Las descargas de los pozos sépticos a terrenos y cuerpos de agua en Puerto Rico son 5.3 veces la cantidad de aguas sanitarias que la AAA descarga al medioambiente terrestre de la Isla. Esta comparación de las descargas sanitarias de la AAA y las de los pozos sépticos se ilustra en la Tabla 2.

NIVEL DE TRATAMIENTO PLANTAS SANITARIAS AAA	CAUDAL, MGD	DESCARGAS AL OCEANO, MGD	DESCARGAS A QUEBRADAS Y RIOS, MGD	DESCARGAS ESTIMADA DE POZOS SEPTICOS, MGD
PRIMARIO	161.2	161.2	0.0	165
SECUNDARIO	51.0	36.0	15.0	-
TERCIARIO	16.3	0.0	16.3	-
TOTALES	228.5	197.2	31.3	165

Tabla 2. Descargas de las plantas sanitarias de la AAA y de pozos sépticos residenciales en Puerto Rico en el 2010. Fuente: AAA y Quiñones, 2010

No existe un inventario de la ubicación de los pozos sépticos residenciales individuales en la Isla. La JCA mantiene un inventario de los pozos sépticos comerciales, industriales y residenciales comunales (más de 20 conexiones). Estos tres renglones apenas suman 24,587 pozos sépticos en comparación con los 550,000 A 600,000 residenciales. Sin embargo, es posible obtener una idea de las zonas o regiones en la Isla donde predominan los pozos sépticos residenciales utilizando datos de las tuberías de distribución de agua potable y de las troncales de recolección de aguas sanitarias que opera la AAA. Las redes principales de distribución de agua potable y de recolección de aguas usadas de la AAA proveen un cuadro aproximado de esta distribución (Figura 1).

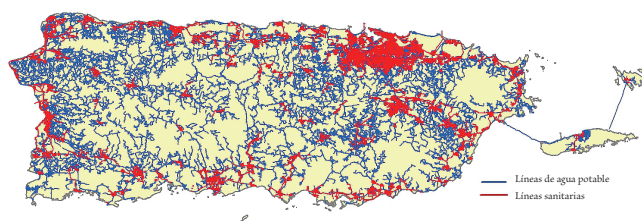


Figura 1. Ubicación general de las líneas de agua potable (azul) y las troncales sanitarias (rojas) de la AAA en Puerto Rico (AAA, 2010).

Esta comparación gráfica destaca grandes extensiones en las cuencas interiores de la mayor parte de los ríos en la Isla donde operan redes de agua potable pero no se dispone de troncales sanitarias operadas por la AAA. Es también notable que áreas cercanas a sectores urbanos en varios de las ciudades de mayor tamaño, incluyendo a la Zona Metropolitana de San Juan, Ponce, Arecibo, Mayagüez y Humacao exhiben sectores extensos donde no se dispone de troncales sanitarias y es necesario utilizar pozos sépticos individuales en residencias, comercios, edificios públicos e industrias.

El efecto adverso de los pozos sépticos en el medioambiente, particularmente los recursos de agua, es más evidente cuando las líneas sanitarias de la AAA (líneas rojas) se ilustran sobre la base de la fisiografía general de Puerto Rico (Figura 2). Esta comparación ilustra que los sistemas sanitarios de la AAA no se extienden a las zonas en las cabeceras de las cuencas hidrológicas más importantes de la región interior montañosa y las que nutren los acuíferos principales (la Zona del Carso y los valles aluviales costaneros del norte y

sur). En estas zonas predominan los pozos sépticos. Estudios recientes del USGS en Manatí, Salinas e Isabela documentan la presencia de contaminantes provenientes de aguas sanitarias en zonas rurales donde abundan los pozos sépticos. Estos contaminantes incluyen nitratos, fosfatos y compuestos orgánicos utilizados en los hogares y negocios para limpieza y mantenimiento.

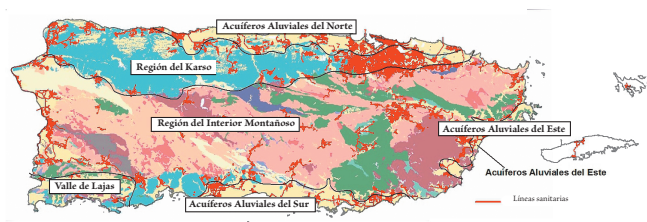


Figura 2 Red sanitaria de la AAA relativa a la fisiografía general de Puerto Rico.

### Tipos de Pozos Sépticos

Existe una gran variedad de diseños de pozos sépticos, pero en general tres diseños fundamentales predominan en Puerto Rico y la mayor parte de los Estados Unidos (Hoover, 1996; Ramsey, 2001; Burks, 1994; USEPA, 1980, 2002). El diseño básico es el de una cámara sencilla con un fondo filtrante y la opción de paredes filtrantes. Este modelo se ilustra en la Figura 3. Aunque este diseño es inadecuado para proveer el tratamiento mínimo a las aguas sanitarias domésticas, abunda en Puerto Rico debido a la facilidad y economía de construcción. En general, estos pozos sépticos de una cámara y generalmente sin fondo, descargan con un mínimo de tratamiento la parte líquida de los residuos sanitarios, mientras que los sólidos se acumulan en el fondo. Usualmente son instalados en viviendas individuales construidas por el propio dueño o un contratista local. Este tipo de pozo séptico debe prohibirse en Puerto Rico, Vieques y Culebra.

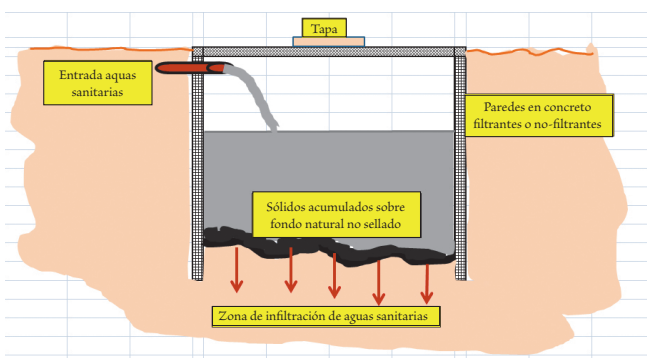


Figura 3. Esquemático de un pozo séptico de una cámara con fondo abierto.

El segundo diseño consiste también de una sola cámara, pero sellada en el fondo y con una salida para descargar los líquidos en otro lugar incluyendo campos de infiltración (como se ilustra más adelante) o directamente al medioambiente (Figura 4). Los sólidos se acumulan en el fondo del pozo para ser removidos periódicamente por succión.

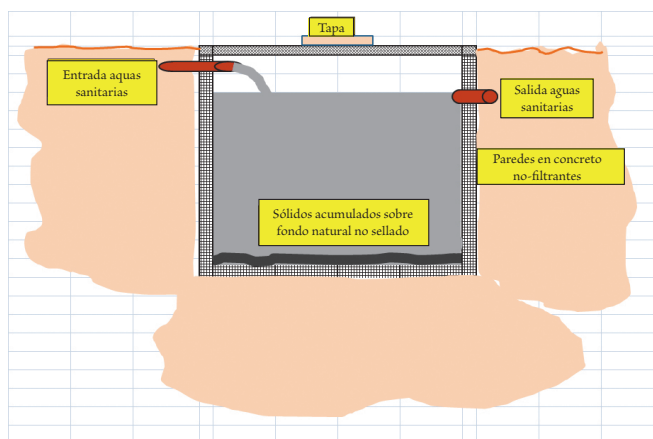


Figura 4. Pozo séptico de una cámara sellado en el fondo y paredes.

Este tipo de pozos sépticos también se manufactura de plástico, supuestamente para utilizarse como un tanque de retención. Desafortunadamente, la falta de control de su venta e instalación ha resultado en frecuentes instancias cuando la descarga de las aguas sanitarias se desvía mediante un tubo soterrado a terrenos cercanos o al cuerpo de agua más cercano.

El tercer tipo de pozos sépticos incluye dos cámaras conectadas para que los sólidos se precipiten en la primera cámara y los líquidos fluyan hacia la segunda cámara donde se infiltran al subsuelo. Generalmente el fondo de la primera cámara es sellado para acumular los sólidos, que se remueven periódicamente. Este diseño puede incluir paredes filtrantes en ambas cámaras, dependiendo de la percolación del terreno, pero generalmente se sella la primera cámara como se ilustra en la Figura 5.

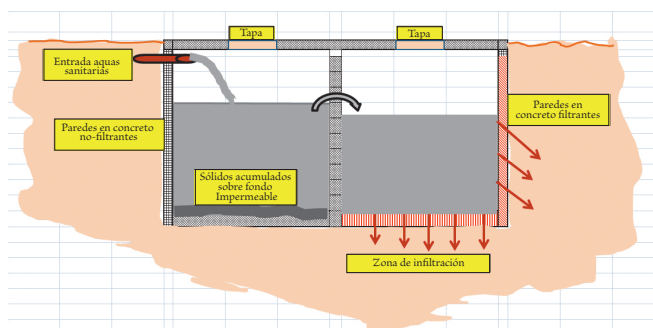


Figura 5. Pozo séptico de dos cámaras interconectadas, fondo sellado en la primera cámara con fondo y paredes filtrantes en la segunda cámara.

En lugares donde la tasa de infiltración de los suelos es baja, el pozo séptico se conecta a un campo de infiltración ("leaching field"), como se ilustra en la Figura 6. Esta alternativa también se utiliza en los nuevos pozos de una o dos cámaras contruidos de materiales plásticos que son sellados excepto la salida hacia el campo de infiltración. El lugar del campo de infiltración se determina luego de una prueba de percolación que cumpla con las guías de la JCA y el DS, así como las nuevas normas de la OGP.



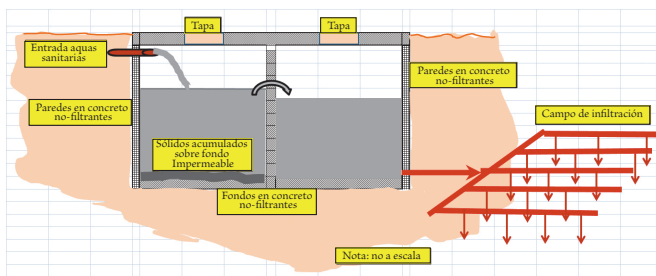


Figura 6. Pozo séptico no-filtrante de dos cámaras con campo de infiltración.

Un pozo séptico diseñado correctamente para la carga de aguas usadas que recibe (su capacidad) y para las condiciones de infiltración del área donde descarga (sea por filtración desde el tanque o en un campo de infiltración), puede proveer tratamiento equivalente a secundario a las aguas usadas de la residencia que sirve. Desafortunadamente, una mayoría de los pozos sépticos en la Isla son diseñados incorrectamente (volumen y área de infiltración inadecuada y capacidad de percolación baja en el área de descarga). Esto resulta en descargas sanitarias parcialmente tratadas fluyendo a los cuerpos de agua, aún desde pozos sépticos utilizando los diseños 2 y 3.

### Normas para el Diseño de los Pozos Sépticos en Puerto Rico

Como se indicara anteriormente, hasta el 2011 en Puerto Rico no se requerían permisos para la construcción de pozos sépticos individuales. Las guías y normas de la JCA y el Departamento de Salud sobre pozos sépticos individuales eran generales y limitadas a definir el procedimiento para las pruebas de percolación y el diseño general para la construcción del pozo. En el caso de pozos sépticos comunales (más de 20 residencias), y de pozos comerciales o industriales, la JCA reglamenta su operación mediante el Reglamento para el Control de la Inyección Subterránea (Reglamento de la JCA # 3637 de 1988).

- La Parte 1 de la Regla 101 de dicho Reglamento 3637 define como “Pozos Tipo V-C2: Pozos que reciben desperdicios los cuales tienen un fondo abierto y que a veces tienen los lados perforados, incluyendo los utilizados para viviendas multifamiliares y aquellos que son comunales o regionales. Los requisitos de CIS no aplican a pozos de residencias unifamiliares”.
- Aunque el Apéndice A del Reglamento 3637 establece normas generales de diseño para los pozos sépticos comunales, industriales y comerciales, no provee procedimientos para validar su funcionamiento adecuado otro que una prueba sencilla de percolación.

Ahora, el nuevo Reglamento Conjunto de Permisos de la JP (JP, 2010), en su Capítulo 42 (Sistemas Individuales para Disposición de Desperdicios Domésticos), establece una serie de reglas que incluyen lo siguiente:

- Regla 42.1 – Establece que se requiere un permiso para todo tipo de pozo sépticos, incluyendo tanques de retención.

- Reglas 42.2 y 42.3 – Establecen los requisitos y contenido de la solicitud del permiso para construcción del pozo séptico, incluyendo:
  - o Plano de localización
  - o Plano certificado del diseño y conexiones del pozo, con especificaciones.
  - o Distancias y ubicación de colindantes; zonas inundables; lugar donde se efectuó la prueba de percolación, el nivel freático y los suelos; carreteras cercanas; pozos de abasto de agua y líneas de agua potable a menos de 100 metros; cuerpos de agua a menos de 100 metros; sumideros y humedales a menos de 100 metros.
- Regla 42.4 – Establece procedimiento para radicar la solicitud del permiso en la Oficina de Gerencia de Permisos (OGP).
- Regla 42.5 – Establece procedimientos para que cada pozo séptico se inspeccione una vez construido y anualmente por un Inspector de Obras de Construcción autorizado por la OGP.
- Reglas 42.6 y 42.7 – Establecen requisitos adicionales de diseño y operación.
- Regla 42.8 – Establece el requisito de un plan de cierre de los pozos sépticos.

La implantación de estas reglas promete proveer controles adecuados para minimizar el impacto ambiental adverso de los pozos sépticos futuros en Puerto Rico. Sin embargo, las nuevas reglamentaciones adolecen de varias deficiencias como se describe más adelante en este artículo. Particularmente, el mantener el procedimiento vigente para las pruebas de percolación neutralizará los beneficios ambientales de parte de las reglas anteriormente descritas. Sin embargo, las nuevas reglas de la JP y la OGP mantienen que las pruebas de percolación continúen llevándose a cabo por el método tradicional adoptado por la JCA. Como se analiza más adelante, este método de determinar la percolación del terreno no es aplicable a una gran parte de los suelos en la Isla. Esto resulta en errores significativos en los resultados de las pruebas de percolación y en el diseño inadecuado de los pozos sépticos y/o trincheras de infiltración.

### Errores Potenciales en las Pruebas de Percolación por el Método Adoptado por la JCA

Como se indicara anteriormente, el método para llevar a cabo pruebas de percolación adoptado por la JCA y el DS para pozos comunales, comerciales e industriales, es utilizado ampliamente en zonas donde no existen troncales sanitarias. Las nuevas reglas de la OGP no definen el método a utilizarse, infiriéndose que se continuará usando el método de la JCA y el DS.

- En el campo la prueba consiste en excavar en el lugar donde se propone construir el pozo séptico o trinchera un pequeño pozo rectangular con dimensiones de un pie de ancho por un pie de largo y un pie de profundidad (1 x 1 x 1). El pozo

- La prueba se repite por lo menos tres (3) veces y se calcula el tiempo en minutos que toma a una pulgada de agua infiltrarse al subsuelo. Luego se calcula el promedio de los resultados de las tres o más pruebas individuales, valor que se utiliza como parámetro para diseñar el área de percolación del pozo en base a la cantidad de aguas sanitarias máximas diarias que pueda recibir.

costaneros e interiores, y en zonas de depósitos de grava y arena profundos en los valles de los ríos. En la mayor parte de Puerto Rico los suelos no son uniformes verticalmente en su composición y porosidad, factores que definen la permeabilidad o percolación. Los estudios y datos del “*Natural Resources Conservation Service*” (NRCS, anteriormente el “*Soil Conservation Service, SCS*”) proveen evidencia amplia de la poca uniformidad vertical en la composición vertical de los suelos en la Región Central de Puerto Rico, particularmente en suelos de poco espesor.

**EXPLANATION**

**Soil Associations**

**Costal Plains**

A-1 Bejucos-Jobos  
A-3 Guerrero-Carrizales-Jobos  
B-1 Coto-Aceitunas  
B-2 Almirante-Espinosa-Vega Alta  
B-3 Bayamón-Matanzas

**Flood Plains**

E-1 Coloso-Toa  
E-3 Toa-Coloso-Bajura

**Limestone Uplands**

C-1 Colinas-Soller  
C-2 Limestone Outcrop-San Sebastián  
C-3 Rockoutcrop-Tanamá-San Sebastián  
C-5 Soller-San Germán-Rock Outcrop

**Volcanic Uplands**

F-1 Voladora-Moca  
M-1 Caguabo-Múcara  
N-1 Consumo-Humatas  
N-4 Humatas-Los Guineos-Alonso

**Upland Valleys**

T-1 Moca-Perchar  
U-1 Colinas-Naranjo-Juncal

**Soil permeability in inches per hour**

From 0.06 to 0.60  
From 0.60 to 2.00  
From 0.60 to 6.00  
From 2.00 to 20.00

**Soil association Boundary**  
**Drainage divide that limits Boundary of area**  
**Town or City**

**EXPLANATION**

**Soil Associations**

Humid Coastal Plains

A-2 Algarrobo-Corozo-Arecibo

A-3 Guerrero-Carrizales-Jobos

B-2 Almirante-Espinosa-Vega Alta

B-3 Bayamón-Matanzas

B-4 Almirante-Vega Alta-Matanzas

C-3 Rockoutcrop-Tanamá-San Sebastián

C-4 Tanamá-Colinas-Soller

C-5 Soller-San German-Rockoutcrop

D-1 Martín Peña-Saladar-Hydraquents

D-3 Tiburones-Palmer-Garrochales

E-2 Swamps-Marshes

E-3 Toa-Coloso-Bajura

Humid Uplands

M-1 Múcara-Caguabo

M-4 Múcara-Morado-Maragüez

N-3 Humatas-Naranjito-Consumo

N-4 Humatas-Los Guineos-Alonso

O-3 Pandura-Lirios

Humid Upland Valleys

S-2 Mabi-Río Arriba

T-1 Moca-Perchas

U-1 Colinas-Naranjo-Juncal

Semiard Uplands

R-1 Descalabrado

Soil permeability in inches per hour

From 0.06 to 0.20

From 0.60 to 2.00

Soil association Boundary

Drainage divide that limits Boundary of area

Town or City

0 1 2 3 4 KILOMETERS

0 1 2 3 4 MILES

21

Area and soil association	Thickness (inches)	Permeability (inch per hour)	Available water capacity (inch per inch)
<b>Coastal Plain</b>	<b>42 to 75</b>	<b>0.60 to 20.00</b>	<b>0.04 to 0.20</b>
Bejucos-Jobos	55 to 72	2.00 to 20.00	0.05 to 0.15
Guerrero-Carrizales-Jobos	55 to 60	2.00 to 20.00	0.04 to 0.20
Coto-Aceitunas	65 to 75	0.60 to 2.00	0.10 to 0.20
Almirante-Espinosa-Vega Alta	64 to 70	0.60 to 6.00	0.06 to 0.20
Bayamón-Matanzas	42 to 65	0.60 to 6.00	0.06 to 0.20
<b>Flood Plains</b>	<b>60 to 63</b>	<b>0.06 to 2.00</b>	<b>0.12 to 0.20</b>
Coloso-Toa	60 to 63	0.06 to 2.00	0.12 to 0.20
Toa-Coloso-Bajura	60 to 63	0.06 to 2.00	0.12 to 0.20
<b>Limestone Uplands</b>	<b>10 to 60</b>	<b>0.60 to 20.00</b>	<b>0.05 to 0.25</b>
Colinas-Soller	25 to 60	0.60 to 2.00	0.09 to 0.25
Limestone Outcrop-San Sebastián	0 to 55	0.60 to 2.00	0.15 to 0.20
Rock-Tanamá-San Sebastián	16 to 55	0.60 to 2.00	0.15 to 0.20
Soller-San Germán-Rock Outcrop	10 to 25	6.00 to 20.00	0.05 to 0.25
<b>Volcanic Uplands</b>	<b>18 to 62</b>	<b>0.60 to 2.00</b>	<b>0.05 to 0.24</b>
Voladora-Moca	50 to 60	0.60 to 2.00	0.15 to 0.24
Caguabo-Múcara	18 to 27	0.60 to 2.00	0.05 to 0.17
Consumo-Humatas	50 to 56	0.60 to 2.00	0.10 to 0.18
Humatas-Los Guineos-Alonso	56 to 62	0.60 to 2.00	0.10 to 0.18
<b>Upland Valleys</b>	<b>56 to 60</b>	<b>0.06 to 2.00</b>	<b>0.09 to 0.20</b>
Moca-Perchas	58 to 60	0.06 to 0.60	0.15 to 0.24
Colinas-Naranjo-Juncal	0 to 60	0.60 to 2.00	0.09 to 0.20

Tabla 3. Ejemplo de datos de profundidad y permeabilidad de los suelos en la Región Noroeste de Puerto Rico (NRCS, 2011).

Los datos del NRCS se pueden utilizar para llevar a cabo pruebas efectivas de percolación en la mayor parte de Puerto Rico, utilizando el método sugerido por la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA). La EPA, en su manual *On Site Wastewater Treatment Systems, 1980 (revised 2002)* recomienda que en lugar del pozo llano de un pie cúbico de volumen adoptado por la JCA, se lleve a cabo una perforación circular con un diámetro de seis (6) pulgadas y una profundidad que exceda por dos (2) pies el fondo del pozo séptico propuesto (Figura 9). El procedimiento requiere que se sature el pozo de prueba 24 horas antes de llevar a cabo la prueba de percolación. Al igual que en el método simple de la JCA, se observa el nivel del agua en el pozo de prueba en relación al tiempo desde el comienzo de la prueba. Dependiendo de la tasa de percolación se repite la prueba hasta tres (3) veces, de cuyo promedio se obtiene un estimado de la percolación en minutos por pulgada.

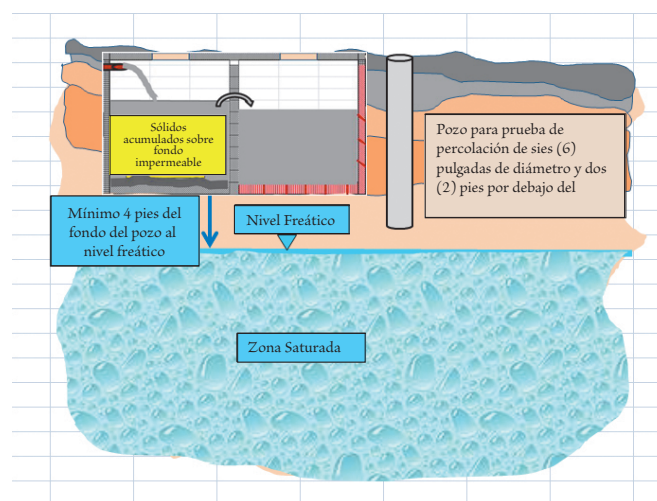


Figura 9. Método sugerido por la Agencia de Protección Ambiental Federal (USEPA, 2000, 2008) para estimar la percolación del terreno en lugares donde se propone instalar un pozo séptico o campo de infiltración.

Este método provee resultados que reflejan la permeabilidad integrada de los suelos alrededor y debajo del pozo séptico, lo que es un mejor indicador de la capacidad hidráulica del terreno. En casos donde capas de arcilla y/o barros impermeables o semi-impermeables estén presentes bajo las capas superiores de los suelos, la prueba de percolación utilizando el método de la EPA proveerá un resultado más confiable que el método adoptado por la JCA y la OGP.

Aunque el método de la EPA para estimar percolación provee resultados más confiables en la mayor parte de los casos, aún así es todavía una aproximación de la conductividad hidráulica de los suelos. Esto se debe a que la conductividad hidráulica, que la tasa de percolación intenta estimar, es una variable compleja que se deriva de varias propiedades de los suelos que varían significativamente con la profundidad y la distancia.

## Recomendaciones Sobre Pozos Sépticos en Puerto Rico y los Métodos para Estimar la Percolación de los Suelos

El análisis en este informe demuestra que los pozos sépticos son una fuente de contaminación significativa a los terrenos y cuerpos de agua en Puerto Rico. El efecto de las descargas de los pozos sépticos hasta el 2011 no se puede determinar directamente, debido a que hasta recientemente no existían reglamentaciones para el diseño e inspección de los pozos sépticos residenciales unifamiliares. Estos pozos residenciales no reglamentados constituyen aproximadamente el 96 % de todos los pozos sépticos en la Isla, con descargas sanitarias al medioambiente de aproximadamente 165 millones de galones por día.

Las nuevas reglamentaciones sobre permisos, diseño e inspección de nuevos pozos sépticos adoptados en el 2011 por la OGP proveen una herramienta prospectiva eficiente para eventualmente reducir el impacto adverso de estos sistemas a los terrenos y cuerpos de agua en Puerto Rico. Sin embargo, las reglamentaciones adoptadas necesitan re-evaluarse para considerar los siguientes elementos:

1. Modificar el método de pruebas de percolación para adoptar la técnica recomendada por la EPA, que es más representativa de la conductividad hidráulica y percolación del horizonte de suelos en el lugar de un pozo séptico.
2. El programa de inspecciones anuales de nuevos pozos es excesivo y no resultará en beneficios induciendo gastos innecesarios a los consumidores. Se recomienda enmendar la regla adoptada requiriendo una inspección luego del primer año de operaciones, y si el funcionamiento es adecuado, reinspeccionar cada tres años.
3. La información solicitada por la OGP para cada nuevo pozo séptico debe ser digital y georeferenciada, de modo que se facilite establecer una base de datos electrónica de la ubicación y características generales de cada nuevo pozo.
4. La OGP debe adoptar en coordinación con la JCA un diseño uniforme que tenga que utilizarse en la construcción de los pozos sépticos residenciales a tono con las condiciones de los terrenos en la Isla, variando las dimensiones y capacidad con la percolación de los suelos donde ubicaría.

5. La OGP en coordinación con la JCA y la EPA debe iniciar proyectos pilotos para inspeccionar todos los pozos sépticos existentes en sectores críticos de la Isla y obtener datos que permitan tomar decisiones sobre su posible rehabilitación, remplazo, o interconectar el mayor número posible de residencias a los sistemas sanitarios de la AAA. Estos proyectos deben enfocarse en las áreas con mayor concentración de pozos sépticos, que según ilustra la Figura 1, son próximas a las ciudades principales en la Isla, incluyendo la Zona Metropolitana de San Juan.

## Referencias

- Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 1983, Reglamento de Inyección Subterránea (enmendado en 1988), 156 p.
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2011) Reglamento Conjunto de Permisos para Obras de Construcción y Usos de Terrenos del 29 de noviembre de 2010 (JP-31), 1047 p.
- Otis, R.J. (1981) Septic Tanks, 6th Annual On-Site Treatment and Disposal of Small Wastewater Flows, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Quiñones, Ferdinand. (2010) Reuso Actual y Potencial de las Aguas Sanitarias en Puerto Rico: Simposio del 21 de mayo de 2011 del "Water Environment Association of Puerto Rico".
- Ramsey, Justin. (2001) Design of septic tanks: Design summary series. Northern Arizona University. Flagstaff, AZ.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2002) Onsite Wastewater Treatment Systems Manual, Office of Research and Development, Office of Water, EPA/625/R-00/008.
- U.S. Environmental Protection Agency (1980) Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems. Office of Research and Development, Office of Water, EPA 625/1-80-012.
- U.S. Geological Survey (1994) Atlas of Ground Water Resources of Puerto Rico and the US Virgin Islands, USGS WRIR-94-4198, 161 p.