

Acceso universal al saneamiento: alternativas y costos Caso Uruguay

Tania Paez
Nicolas Rezzano
Hugo Roche

**División de Agua y
Saneamiento**

**NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-869**

Noviembre 2015

Acceso universal al saneamiento: alternativas y costos Caso Uruguay

Tania Paez
Nicolas Rezzano
Hugo Roche

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Paez, Tania.

Acceso universal al saneamiento: alternativas y costos: caso Uruguay / Tania Paez Rubio,
Nicolas Rezzano, Hugo Roche.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 869)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water-supply—Uruguay. 2. Water utilities—Uruguay. 3. Water resources development—
Uruguay. 4. Sanitation—Uruguay. I. Rezzano, Nicolas. II. Roche, Hugo. III. Banco
Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. IV. Título. V. Serie.
IDB-TN-869

JEL code: Q01; Q25; Q53; Q54; Q56; Q57; F63; F64

Palabras claves: Derecho fundamental, acceso universal, saneamiento, alternativas, mínimo
costo, BID, Uruguay, América Latina y el Caribe

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2015 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative
Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) ([http://
creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode)) y puede ser reproducida para cualquier uso no-
comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a
arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin
distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y
requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del
Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa .





Tania Paez
Nicolas Rezzano
Hugo Roche

Resumen ejecutivo

En un contexto internacional donde en 2015 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) presenta la meta de acceso universal a sistemas de saneamiento mejorado para 2030 como objetivo de desarrollo sostenible y por otra parte en el contexto nacional donde en 2004 se modifica la Constitución de la Republica Oriental de Uruguay y se establece que en todo el territorio uruguayo el acceso al saneamiento constituye un derecho humano fundamental, cabe preguntarse: ¿Cuáles son las inversiones necesarias con el objetivo de universalizar el acceso a saneamiento en el Uruguay?

Los distintos actores públicos involucrados en el tema —la empresa pública de agua y saneamiento (Obras Sanitarias del Estado, OSE), el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) a través, principalmente, de su Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) e Intendencias Departamentales (IDs)— se han esforzado en trabajar en la dirección de la universalidad del acceso a los servicios y en el cual ha habido un avance parcial a lo largo del país.

A la fecha, existen instrumentos legales para lograr la universalidad y existen planes nacionales para continuar aumentando la cobertura por redes convencionales (redes de alcantarillado), pero se carece de un plan a nivel nacional para lograr la universalidad, por lo que el objetivo principal de este estudio es aportar insumos para la elaboración del Plan Nacional de Saneamiento en relación al análisis de costos (y viabilidad económica) de implementación de los diferentes sistemas de saneamiento y/o combinaciones de ellas, teniendo como meta la universalidad al acceso de saneamiento adecuado en todo Uruguay.

De acuerdo con el censo de 2011 del Instituto Nacional de Estadística (INE), el 60 % de hogares censados del país están conectados al servicio de saneamiento por redes. Si el análisis se realiza por áreas geográficas, del total de hogares de Montevideo (ciudad capital de Uruguay) el 86 % está conectado a la red de saneamiento, mientras que en el interior del país el total de hogares conectados asciende a 45 %. La desigualdad en cobertura de hogares es marcada, y por esto el desafío a futuro se centra en proveer un servicio adecuado de acceso a saneamiento a las ciudades y localidades del interior del país.

El cálculo del costo de universalización de acceso al servicio de saneamiento en todo el país se realiza con base en la combinación de las siguientes soluciones de sistemas de saneamiento: Convencional¹, Condominial², Efluente decantado³ y Barométrica⁴. Para determinar la solución más económicamente rentable, se calcula el Valor Actual Neto (VAN) de cada una de ellas, en el que se incluye la inversión y la operación y el mantenimiento de cada sistema. La Figura 1 muestra que para poblaciones pequeñas (500 a 2000 habitantes) el sistema de barométricas y el sistema de efluente decantado son los que presentan menores VAN. A partir de 3000 habitantes, el sistema

1 El sistema consiste en una red pública de saneamiento (alcantarillado) que dirige el efluente hacia una planta de tratamiento.

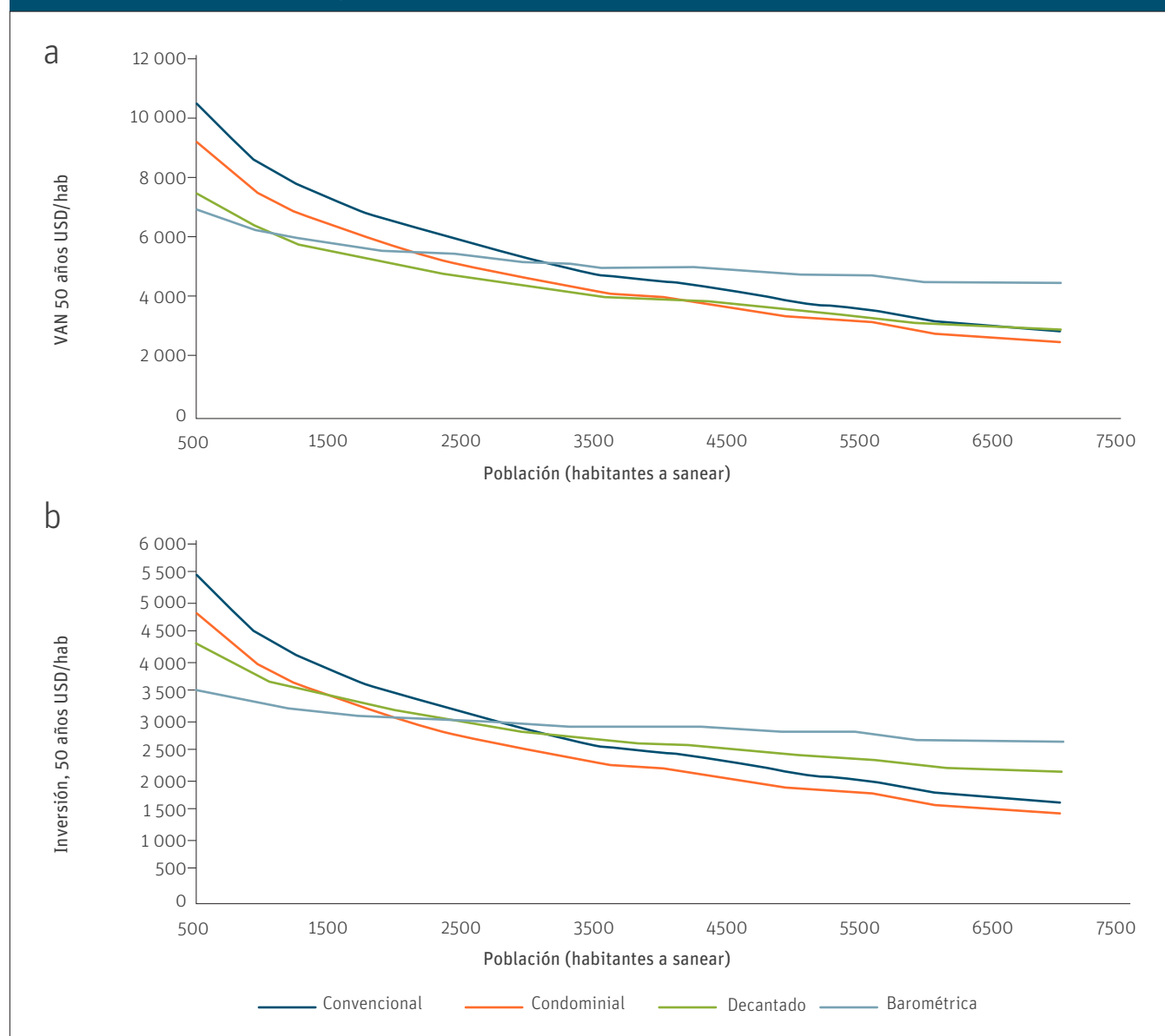
2 El sistema está compuesto por una red predial que corresponde al ramal condominial que colecta los efluentes de las viviendas que componen un condominio y que se dirige a una cámara que se conecta a la red pública, estos efluentes son dirigidos a una planta de tratamiento.

3 El sistema está compuesto por una fosa séptica unitaria o colectiva que recibe el efluente de la(s) vivienda(s) y redes que colectan los efluentes de las fosas sépticas que son dirigidos a una planta de tratamiento.

4 El sistema está compuesto por un depósito fijo impermeable en cada vivienda, cuyo desagote es realizado por una barométrica que transporta los efluentes a una planta de tratamiento.

condominal aparece como un sistema rentable, mientras que el sistema de saneamiento por efluente decantado comienza a encarecerse. Por último, a partir de 5000 habitantes tanto los sistemas de saneamiento con red condominial como con redes convencionales aparecen como las soluciones óptimas en términos económicos. Para poblaciones entre 2000 y 3500 los costos iniciales de inversión de las soluciones consideradas difieren entre sí menos del 10 % en términos de costo por habitante.

**Figura 1. a) Valor actual neto en función de la población,
b) Inversión inicial en función de la población**



Para determinar el costo de universalización para cada localidad del país considerada, se compara el VAN de los cuatro sistemas y/o combinación de ellos y se determina la solución más rentable en términos económicos, tomando en cuenta el número de habitantes y la densidad de viviendas. Dependiendo del tipo de solución los costos son públicos⁵ o públicos-prediales⁶. En el caso del sistema condominial la relación del costo público y predial es independiente de la escala de población. En el caso del sistema de efluente decantado y del sistema de barométrica, el monto relativo a la inversión predial respecto del total se incrementa en la medida que crece la escala de la población a servir.

La universalización del acceso al saneamiento en Uruguay implica como mínimo una inversión pública de aproximadamente USD898 millones. Para lograr la universalidad, estas inversiones públicas requieren ser acompañadas de una inversión predial de aproximadamente USD445 millones.

Debido a que el costo por habitante aumenta en forma significativa a medida que la escala de la localidad disminuye, es necesario definir los mecanismos adecuados que permitan a todos los hogares del país acceder al saneamiento de forma equitativa. En consecuencia, con el objetivo de universalizar el saneamiento, se debe contar con la adecuada institucionalidad para que cualquiera sea la alternativa de sistema elegido, la misma cuente con recursos para la inversión y sea sostenible durante toda la vida útil.

5 Sistemas convencionales

6 Sistemas condominiales, efluente decantado, y barométrica

Abstract

Universalizar el acceso al saneamiento adecuado es un desafío mundial, y en el caso particular de Uruguay, además, es un mandato constitucional. Uruguay fue de los primeros países que incluyó en su carta magna que el acceso al saneamiento es un derecho humano fundamental.

Actualmente la cobertura de hogares con acceso a un sistema adecuado de saneamiento es dispar a lo largo de todo el territorio uruguayo. De acuerdo con último censo (2011), el 60 % del total de hogares del país están conectados al servicio de saneamiento por redes. Si el análisis se realiza por áreas geográficas, del total de hogares de su capital Montevideo (primera ciudad de Latinoamérica en contar con redes de saneamiento) el 86 % está conectado a la red de saneamiento, mientras que en el resto del país el total de hogares urbanos conectados disminuye al 45 %. El desafío se centra en proveer de un sistema adecuado de saneamiento a la población localizada en localidades y ciudades en donde los sistemas tradicionales de redes de saneamiento no son viables desde un punto de vista económico, debido principalmente a la baja densidad poblacional.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las alternativas de sistemas de saneamiento, incluidas en la legislación uruguaya (Decreto 78/2010), que minimicen el costo para universalizar el acceso al saneamiento adecuado. La metodología empleada consiste en determinar los costos de inversión, operación y mantenimiento para proveer de un sistema adecuado a la población que resta ser saneada mediante combinaciones de distintas alternativas de sistemas de saneamiento (red convencional, red condominial, red de efluente decantado y depósitos impermeables con vaciado a través de camión barométrico) según la densidad poblacional. En la elección de alternativas se elige aquella combinación que minimice el valor actual neto (VAN) considerando una vida útil de 50 años. En el presente trabajo se determina que la inversión necesaria en Uruguay, a precios actuales, para universalizar el acceso a saneamiento adecuado resulta de USD 1340 millones.

Índice

1. Introducción y objetivos	10
2. Metodología	12
2.1 Determinación de la población objetivo	13
2.2 Determinación de costos por sistema de saneamiento	14
3. Resultados	19
3.1 Costos de los sistemas de saneamiento por tamaño de población	19
3.2 Análisis de rentabilidad económica de los sistemas de saneamiento	22
3.3 Alternativas de sistemas de saneamiento por tamaño de localidad y densidad de viviendas	24
3.4 cálculo de costos por localidad	25
4. Limitaciones del análisis	34
5. Consideraciones finales	35
5.1 Costos totales	35
5.2 Rentabilidad económica de los sistemas de saneamiento	37
5.3 Institucionalidad	37
5.4 Caso Montevideo	38
5.5 Escenarios de inversión pública y predial	38
Bibliografía	40
Anexos	41
Anexo i - datos censales considerados	41
Anexo ii - fuentes de datos	42
Anexo iii - análisis preliminar de rentabilidad económica	43

1. Introduccion y objetivos

En el año 2004 se modifica la Constitución de la República Oriental de Uruguay y en su artículo 47 se establece que en todo el territorio uruguayo el acceso al agua potable y el acceso al saneamiento constituyen derechos humanos fundamentales. Además, se establece que el servicio público de saneamiento y el servicio público de abastecimiento de agua para el consumo humano serán prestados exclusiva y directamente por personas jurídicas estatales.

A partir de esa fecha, los distintos actores públicos involucrados en el tema —la empresa de agua y saneamiento (Obras Sanitarias del Estado, OSE), el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) a través, principalmente, de su Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) e Intendencias Departamentales— han puesto esfuerzo en trabajar en la dirección de la universalidad del acceso a los servicios, con un avance parcial a lo largo del país.

Actualmente, en Uruguay el servicio público de saneamiento es prestado por la Intendencia de Montevideo en el Departamento de Montevideo (capital del país) y por OSE en el resto del país. Como se indica en el marco de referencia para obras de saneamiento aprobado por el Directorio de OSE en Resolución R/D 618/08, la empresa propone alcanzar el 60 % de cobertura por redes en las ciudades y localidades que ya cuentan con algún nivel de cobertura de servicio de saneamiento y dependiendo de la demanda real continuar con el aumento sostenido de cobertura en las localidades que ya superaron el 60 %. OSE, además, ha realizado pilotos sobre la gestión del servicio barométrico⁷, como el caso de la localidad Ismael Cortinas, de acuerdo con el Plan de acción de OSE 2013, pero queda aún pendiente, a nivel nacional, la generación de un plan de gestión de los servicios barométricos.

La DINAGUA, organismo a cargo de las políticas públicas de agua y saneamiento, ha comenzado a trabajar en soluciones de saneamiento para pequeñas localidades⁷ y a dimensionar las necesidades de actuación para avanzar hacia la universalidad. Uno de sus hitos a la fecha, ha sido la elaboración de un decreto que reglamenta la Ley de Política Nacional de Aguas⁸ en lo referente a la universalidad en el acceso al saneamiento, el cual fue

⁷ El servicio barométrico implica la recolección con camión del líquido almacenado en depósitos fijos impermeables y transporte a una planta de tratamiento.

⁸ Ley N° 18610 Política Nacional de Aguas

aprobado en el 2010 por el Poder Ejecutivo⁹, y en particular establece los sistemas de saneamiento que se admiten como servicio en todo el territorio uruguayo. Como sistemas de saneamiento admisibles, además de las redes de alcantarillado con disposición final en planta de tratamiento y/o emisarios, el decreto incluye: sistemas de pozos estancos con transporte en camiones y disposición final en planta de tratamiento, sistemas de retención de sólidos in situ con posterior transporte por red de alcantarillado a un sistema de tratamiento, sistemas de almacenamiento y disposición final in situ con pozos filtrantes y/o infiltración al terreno, así como combinaciones de los diferentes sistemas. En el artículo 4, el decreto especifica que la implementación de cualquiera de estos sistemas deberá garantizar condiciones adecuadas de salubridad, ambientales y territoriales, y también deberán ser viables económicamente.

La Intendencia de Montevideo, tiene como objetivo llegar a la cobertura universal de saneamiento por redes en el área urbana de Montevideo en un horizonte de 20 a 25 años. Esta meta temporal quedará definida una vez se finalice la actualización del Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSUM).

De acuerdo con el censo de 2011¹⁰ del Instituto Nacional de Estadística (INE), el 60 % del total de hogares relevados¹¹ del país están conectados al servicio de saneamiento por redes. Si el análisis se realiza por áreas geográficas, del total de hogares de Montevideo relevados el 86 % está conectado a la red de saneamiento, mientras que en el resto del país el total de hogares urbanos conectados disminuye al 45 %¹². También, según los datos del censo, un 36 % de los hogares urbanos del país utilizan sistemas individuales. La admisibilidad de estas soluciones —según la normativa vigente— depende de la localización y su correcta operación y mantenimiento. Cabe señalar que, los registros de servicios barométricos indican que los volúmenes colectados son despreciables respecto del potencial de efluente generado. En zonas rurales (5.3 % de la población total del país), donde la legislación actual¹³ permite la infiltración al terreno, el 97 % de la población utiliza el sistema de fosa séptica y/o pozo negro.

La desigualdad en el acceso de hogares a un sistema de saneamiento adecuado es marcada. Por eso, el desafío a futuro se centra en universalizar dicho acceso a la población urbana.

A la fecha, existen instrumentos legales para lograr la universalidad y existen planes de OSE para continuar aumentando la cobertura por redes convencionales, pero se carece de un Plan a nivel nacional para lograr la universalidad, por lo que el objetivo principal de este estudio es aportar insumos para la elaboración del Plan Nacional de Saneamiento, principalmente en relación al análisis de costos (y viabilidad económica) de implementación de los diferentes sistemas de saneamiento y/o combinaciones de ellas, teniendo como objetivo la universalidad al acceso de saneamiento adecuado en todo Uruguay.

9 Decreto N° 78/2010

10 Instituto Nacional de Estadística, Censo 2011

11 La cantidad total de hogares no relevados a nivel nacional asciende a 29.200, lo que representa un 2.6 % del total.

12 En el 2011 el 12 % del total de viviendas urbanas en el interior del país con acceso a la red de saneamiento no estaban conectados. OSE. La Universalización del Acceso a Saneamiento en Uruguay. Documento presentado en VII Congreso Nacional de AIDIS “Ingeniería Ambiental Soporte Para La Infraestructura y el Desarrollo”. Montevideo, 2011.

13 El decreto 253/79 menciona que la infiltración al terreno de efluentes líquidos debe cumplir las siguientes condiciones: sólo se permite en zonas rurales, la distancia mínima a cursos de agua o pozos manantiales debe ser de 50 m y la distancia mínima a medianeras de 10 m.

2. Metodología

Las alternativas analizadas para lograr la universalización de acceso al servicio de saneamiento en todo el país¹⁴ incluyen los siguientes sistemas:

- Convencional: El sistema consiste en una red pública de alcantarillado que conduce el efluente hacia una planta de tratamiento.
- Condominial: El sistema está compuesto por una red predial que corresponde al ramal condominial que colecta los efluentes de las viviendas que componen un condominio y los conduce a una cámara que se conecta a la red de alcantarillado pública, que los conduce a una planta de tratamiento.
- Efluente decantado: El sistema está compuesto por una fosa séptica unitaria o colectiva que recibe el efluente de la(s) vivienda(s), el cual es conducido a través de redes de alcantarillado a una planta de tratamiento¹⁵. Los sólidos almacenados y digeridos de la fosa séptica deben ser recolectados con una frecuencia anual (como mínimo) y conducidos a una planta de tratamiento.
- Barométrica: El sistema está compuesto por depósitos fijos impermeables en cada vivienda, cuyo desagote es realizado por una barométrica¹⁶ que transporta los efluentes a una planta de tratamiento¹⁷.

Las soluciones consideradas por localidad incluyen un sistema de saneamiento o combinación de ellos según su escala (número de habitantes y densidad poblacional). El cálculo del costo de universalización de acceso al servicio de saneamiento se realiza a partir del costo por habitante.

¹⁴ Alternativas de colecta incluidas en el Decreto 78/2010

¹⁵ Este sistema es el sistema de retención de sólidos in situ con posterior transporte por red de alcantarillado a laguna de tratamiento mencionado en el decreto 78/2010

¹⁶ A diferencia de los servicios de saneamiento por redes para los cuales existe un tarifario de servicio, no existe un tarifario para servicio por barométrica y a esto se suma la complejidad de que hay actores públicos y privados en el sistema que establecen distintas condiciones de retiro de efluentes

¹⁷ Este sistema es el sistema de pozos estancos con transporte en camiones y disposición final en planta de tratamiento mencionado en el decreto 78/2010

2.1 Determinación de la población objetivo

Para dimensionar el alcance de la población a sanear se utiliza la base de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) correspondiente al censo 2011 (ANEXO I). La metodología tiene dos etapas iniciales que consisten en: 1) identificar las localidades a sanear^{18,19}, y 2) agrupar la localidades por tamaño poblacional. El agrupamiento se realiza utilizando como base al análisis realizado por OSE²⁰, y se consideran: el grupo de localidades que tienen una población superior a 10.000 habitantes, el grupo de localidades que tienen entre 5.000 y 10.000 habitantes, el grupo de localidades que tiene entre 2.500 y 5.000 y el grupo de localidades que tienen una población inferior a 2.500 habitantes.

En la Tabla 2.1 se resume la información censal que incluye: población, viviendas, densidad de habitantes por vivienda, y la población saneada (población que de acuerdo al censo está conectada a las redes de saneamiento).

Tabla 2.1: Información censal del Uruguay

	Nº de Localidades	Población	Población (%)	Viviendas	Personas / vivienda ²²	Población saneada ²³ (%) ²⁴
Montevideo	1	1.304.729	39.7	516.458	2.5	1.064.309 (82)
P> 10000	40	1.222.948	37.2	460.581	2.7	667.134 (55)
10000>P>5000	33	248.129	7.6	134.798	1.8	60.936 (25)
5000>P>2500	37	125.121	3.8	57.360	2.2	15.458 (12)
P<2500	505	209.337	6.4	129.044	1.6	43.509 (21)
Rural	n/c	175.613	5.3	91.499	1.9	0 (0)
URUGUAY	616	3.285.877	100	138.9740	2.4	1.851.346 (56)

A su vez, en cada localidad se subdivide la población por estratos de densidad²⁵ para determinar la alternativa de sistema de saneamiento de menor costo. El valor de corte mínimo para el sistema de saneamiento con red convencional ha sido establecido en 16 viviendas por hectárea²⁶.

18 Se consideran las localidades que tienen como mínimo 100 habitantes a sanear.

19 No se incluye el Departamento de Montevideo. Este se analiza en forma diferencial.

20 Resolución del Directorio de OSE R/D 618/08

22 Promedio de densidad por grupo

23 No incluye la población que tiene red frentista y no está conectada al servicio

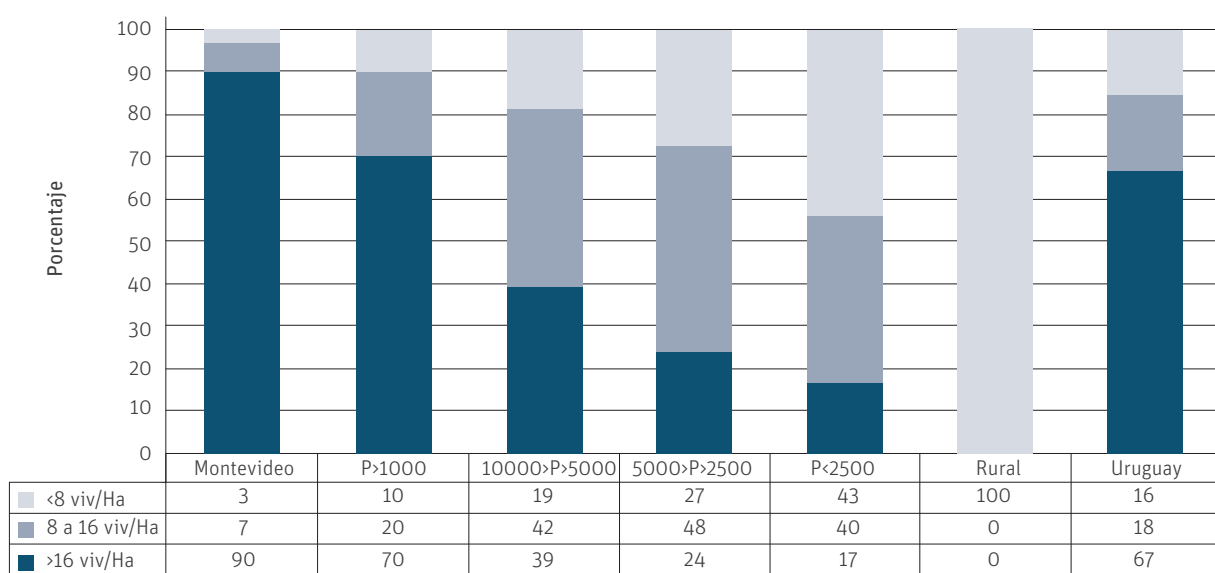
24 Cobertura de saneamiento en porcentaje

25 Los rangos de densidades utilizados son: mayor que 16, entre 16 y 8, y menor que 8 viviendas/hectárea.

26 Este corte es establecido por OSE para el saneamiento por redes convencionales en el interior del País. En Montevideo, el criterio es de 40 habitantes por hectárea.

La Figura 2,2 presenta la distribución de estratos por cantidad de población para distintas densidades de viviendas en las distintas escalas de localidades. Existe una correlación directa entre la escala de la población y su distribución de densidad. En particular, en las localidades de más de 10.000 habitantes, un 70% de la población está localizada en zonas de más de 16 viviendas por hectárea. Este porcentaje concuerda con los lineamientos de OSE en relación a las metas de cobertura con sistema convencionales. Sin embargo, en las localidades con menos de 5.000 habitantes, al menos el 80% de población vive en áreas con densidades menores a 16 viviendas por hectárea.

Figura 2.2: Distribución de densidades para las distintas escalas de localidades a nivel país.



2.2 Determinación de costos por sistema de saneamiento

Los costos por habitante de los cuatro sistemas considerados se determinan a partir de la información proporcionada por OSE y DINAGUA (ANEXO II). Para determinar el sistema de menor costo económico se calcula el Valor Actual Neto (VAN) por habitante en el que se incluye la inversión y la operación y el mantenimiento de cada sistema. El VAN proporciona una valoración financiera en el momento actual de los costos de inversión, operación y mantenimiento de cada tipo de sistemas durante su vida útil. La ecuación utilizada se presenta a continuación:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{I_t + OyM_t}{(1 + i)^t}$$

I_t	inversión en el año t
OyM_t	costos de operación y mantenimiento del año t
i	tasa de descuento considerada
t	año considerado
n	vida útil

El VAN para cada sistema se calcula a partir de los costos por habitante y que a su vez son en función de la inversión, la operación y el mantenimiento y, la población potencialmente saneable en cada localidad. Para cada localidad, se compara el VAN de los cuatro sistemas y/o combinación de ellos y se determina la solución más rentable en términos económicos (solución de mínimo VAN) considerando el mismo beneficio.

La metodología desarrollada se basa en una serie de hipótesis, en función de la información existente, el conocimiento previo y el alcance del trabajo. A continuación se presentan las consideraciones tomadas para calcular los costos de universalización de saneamiento a nivel país.

Consideraciones generales:

- El objetivo del trabajo comprende únicamente las aguas residuales domésticas .
- La vida útil de los sistemas de saneamiento se considera igual a 50 años, considerando solamente los costos de reinversión en el sistema de saneamiento por barométricas, en el que se consideran los costos de compra de camiones cada 10 años.
- La tasa de descuento para calcular el valor actual neto es del 12 %.
- No se consideran costos de inversión en conexiones intradomiciliarias, ni de conexiones a la red pública desde la instalación de desagües de la vivienda.
- Los balnearios²⁷ no se incluyen en el análisis, debido a que el uso de la vivienda es por un período corto en época estival con una ocupación de más habitantes por viviendas que el promedio a nivel país y por ende requiere un análisis particular.
- No se aplica la metodología en localidades con menos de 100 habitantes a sanear debido a la escala de los sistemas²⁸.
- En los casos que parte de la población ya está saneada, para el cálculo de universalización, dicha población se le resta a la población total del estrato (o estratos) correspondiente.
- Se aplican costos de inversión, y operación y mantenimiento de los sistemas por habitante, independientemente de las características²⁹ de la localidad.

²⁷ Se definen balnearios las localidades que, según el censo 2011, tienen en promedio, menos de 1 habitante/vivienda.

²⁸ Las localidades con menos de 100 personas a sanear son 335, cuya población a sanear es de 5.485 habitantes y la población total de 58.695 habitantes.

²⁹ Ubicación, Geología, Hidrología, Hidrogeología, Topografía, disponibilidad de energía eléctrica y agua potable, etc.

- i) Se considera saneable la población que esté en una zona de densidad superior a 8 hab/vivienda. Se asume que la población asentada en zonas con densidades menores, cuenta o contará con un sistema individual de disposición final de líquidos residuales.
- j) Se considera, a nivel país, un crecimiento poblacional nulo para el horizonte de universalización del acceso al saneamiento. Esta consideración se basa en las proyecciones poblacionales del INE³⁰, en las cuales se proyecta un crecimiento mínimo del orden del 4 % de la población, a nivel país, para 2025.

Sistema convencional

- a) Para el cálculo de los costos de inversión y operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento con redes convencionales y plantas de tratamiento, se utilizaron los costos proporcionados por OSE (ANEXO II). Con el fin de determinar el costo de inversión de plantas de tratamiento extensivas³¹, se considera que la inversión resulta del 80 % respecto de las plantas de tratamiento con unidades de tratamiento terciario³². El costo anual de operación y mantenimiento de plantas extensivas y redes convencionales se considera el 10 % del total de la inversión. Este valor se distribuye 50 % en operación y mantenimiento de redes y 50 % en operación y mantenimiento de plantas de tratamiento extensivas³³.

Sistema condominial

- a) Inversión: Los componentes de inversión del sistema condominial son: red predial³⁴, red pública y planta de tratamiento. Para determinar los costos de inversión de la planta de tratamiento se toman los mismos costos de inversión que el sistema convencional. La red pública en un sistema condominial tiene los mismos costos unitarios que la red en un sistema convencional. El largo de la red pública en un sistema condominial es 33 %³⁵ del largo de red en un sistema convencional. La red predial condominial es frentista a las viviendas por la vereda, con profundidades entre 1 y 1,5 m, y el diámetro de la tubería es de 160 mm. La red de colectores predial condominial va por ambas veredas, es decir si se compara con la red convencional por eje de calzada, la red condominial predial es el doble de largo. El costo (por metro) de la red predial condominial es el 25 % de la red convencional³⁶.
- b) Operación y mantenimiento: Los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento se consideran iguales al del sistema convencional. Los costos de operación y mantenimiento del sistema de red pública condominial por unidad de longitud se consideran iguales a los de la red convencional. El costo (por metro) de operación de la red predial condominial es el 25 % del costo de operación y mantenimiento de la red convencional.

³⁰ <http://www.ine.gub.uy/censos2011/microdatos/micromacro.html>

³¹ Las soluciones extensivas se basan en una optimización de las interacciones naturales en el ambiente, y se utilizan donde se dispone de mayores áreas de terreno para implementar las soluciones de tratamiento.

³² Tratamiento terciario implica remover parte de la carga orgánica residual y nutrientes remanentes posteriormente al tratamiento secundario.

³³ Gerencia de saneamiento de OSE, comunicación personal, 2014

³⁴ La red predial corresponde al ramal condominial que colecta los efluentes de las viviendas que componen un condominio y que se dirige a una cámara que se conecta a la red pública, Los costos de esta red son comparables con costos de sanitaria interna.

³⁵ CAESB, 2014. Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario, 2014.

³⁶ Este porcentaje se estima en base al cociente entre el costo total condominial y costo total convencional que es 0,83. este valor resulta conservador, tomando en cuenta que podría llegar a ser como mínimo 0,5 (Capacitacao em sistemas condominiais de esgotamento sanitario, Caesb, nov 2011).

Sistema efluente decantado

- a) Inversión: Los componentes de inversión del sistema de efluente decantado son: fosa séptica, red de efluente decantado³⁷ y planta de tratamiento. Para determinar los costos de inversión de la planta de tratamiento se toman los mismos costos de inversión del sistema convencional afectados por un factor de 0.8, que toma en consideración que el efluente cuenta con un tratamiento preliminar en la fosa séptica. Los costos de inversión en fosas sépticas se determinan a partir de la instalación de una fosa por vivienda. Se considera que la cantidad de personas por vivienda en promedio es 2.3. La fosa séptica tiene un volumen de 2.6 m³ y el costo de inversión es de USD2600/vivienda. La red de colectores en un sistema de efluente decantado va por ambas veredas, es decir si se compara con la red convencional, el largo de la red de colectores de efluente decantado es el doble. El costo de la red en un sistema de efluente decantado es el mismo que el de la red predial en el sistema condominial.
- b) Operación y mantenimiento: Para determinar los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, se consideran los costos de inversión que el sistema convencional afectados por un factor de 0.8. Los costos de operación y mantenimiento de la red de efluente decantado se consideran iguales a los de la red predial condominial. Los costos de limpieza de la fosas séptica se determinan a partir de la consideración de una limpieza por año de 0.5m³ por fosa. La cantidad de viajes posibles en un turno, se determinan a partir de la distancia a la planta de tratamiento y velocidad del camión, así como de los tiempos de vaciado de la fosa.

Sistema barométrica

- a) Inversión: Los componentes de inversión del sistema de barométrica son: depósito fijo impermeable (DFI), camión barométrico y planta de tratamiento. Para determinar los costos de inversión de la planta de tratamiento se toman los mismos costos de inversión que los del sistema convencional. Los costos de inversión en depósitos fijos impermeables se determinan a partir de la instalación de un DFI por vivienda, cuyo costo de inversión es USD4000/vivienda³⁸. El volumen del depósito fijo impermeable es 6 m³. La cantidad de camiones barométricos se determina en función de la cantidad de viajes necesarios. El costo del camión barométrico es de USD120.000³⁹. Se determina el caudal de efluentes por vivienda a partir de la dotación, la población por viviendas y el coeficiente de aporte. Se considera una dotación de 120 L/hab/d, una cantidad de personas por vivienda en promedio de 2.3 y un coeficiente de aporte de 0.9. Posteriormente a partir del tamaño del camión barométrico (volumen de cisterna de 7.5 m³) se determina la cantidad de viajes que se deberán realizar en un año para distintas escalas de localidad. Se utiliza un factor de sobre costo de 10 % que contempla ineficiencia en los viajes. Posteriormente a partir de la distancia a la planta de tratamiento y la velocidad del camión barométrico se determina el tiempo de viaje, y se establece el tiempo de llenado y vaciado del camión barométrico, determinando el período completo correspondiente a la limpieza del depósito fijo impermeable. Vale mencionar que el tiempo de vaciado del pozo, en promedio, es de 35 minutos (incluido descarga en planta de tratamiento). El costo total por km recorrido de operación y mantenimiento del camión es de USD0.9⁴⁰ USD/km. La velocidad del camión barométrico es de 30 km/h si la distancia a la planta de tratamiento es menor a 3 km, de lo contrario es de 45 km/h. Se considera que el servicio de barométrica trabaja un turno por día

³⁷ La red de efluente decantado conduce los efluentes de la fosa séptica hacia una planta de tratamiento.

³⁸ División agua y saneamiento, DINAGUA comunicación personal, 2014

³⁹ Gerencia de saneamiento de OSE, comunicación personal, 2014

⁴⁰ World Bank (2006) Road Use Costs Study. <http://www.worldbank.org/highways>

de 6 horas, a partir de la cantidad de viajes que es necesario realizar y la cantidad de viajes que es posible realizar con un camión en los turnos de trabajo considerados, se determina la cantidad de camiones. En el caso de disposición final en una planta de tratamiento externa a la localidad, los costos de inversión considerados se corresponden a una planta de tratamiento para atender a una población de 4500⁴¹ habitantes.

- b) Operación y mantenimiento: Los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento se consideran iguales al del sistema convencional. Para determinar los costos de operación y mantenimiento cuando se utiliza una planta de tratamiento externa, se consideran los costos correspondientes a una población de 4500 habitantes. Los costos de mantenimiento del depósito fijo impermeable se determinan tomando un 0.5 %⁴² anual referido a su costo de inversión. Los costos de limpieza de los depósitos fijos impermeables, se determinan a partir del costo de transporte del camión y del costo de mano de obra durante el llenado y vaciado.

41 En base a las distancias y las escalas de localidades en Uruguay, se considera que una localidad de más de 4500 habitantes está en el rango de distancias considerados en el análisis de barométricas de cualquier pequeña localidad.

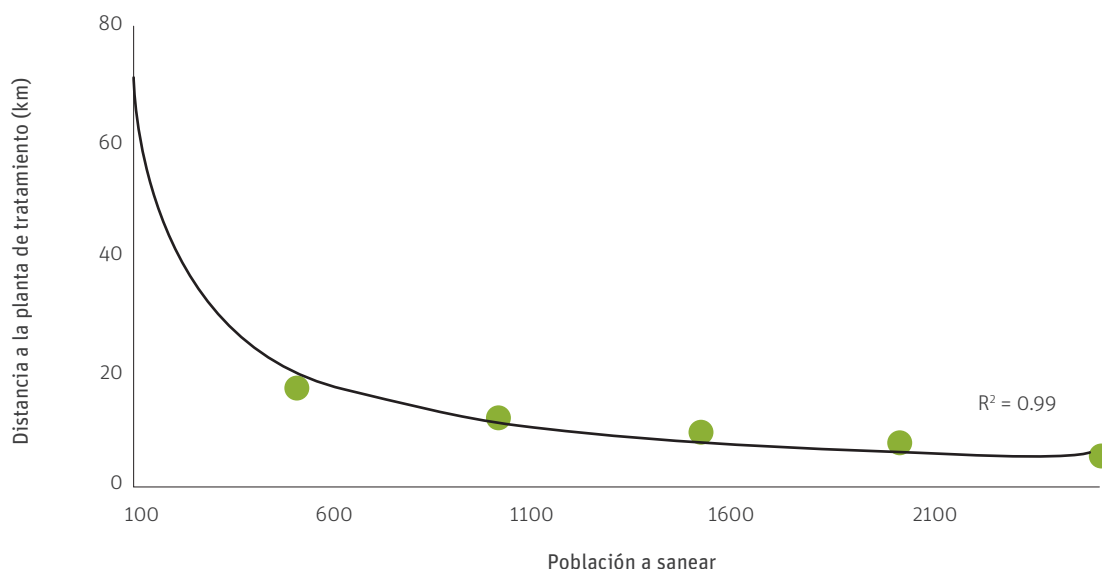
42 Parámetro estimado por CSI Consultores para la preparación de los Estudios de Evaluación del Proyecto de Saneamiento de Ciudad de la Costa.

3. Resultados

3.1 Costos de los sistemas de saneamiento por tamaño de población

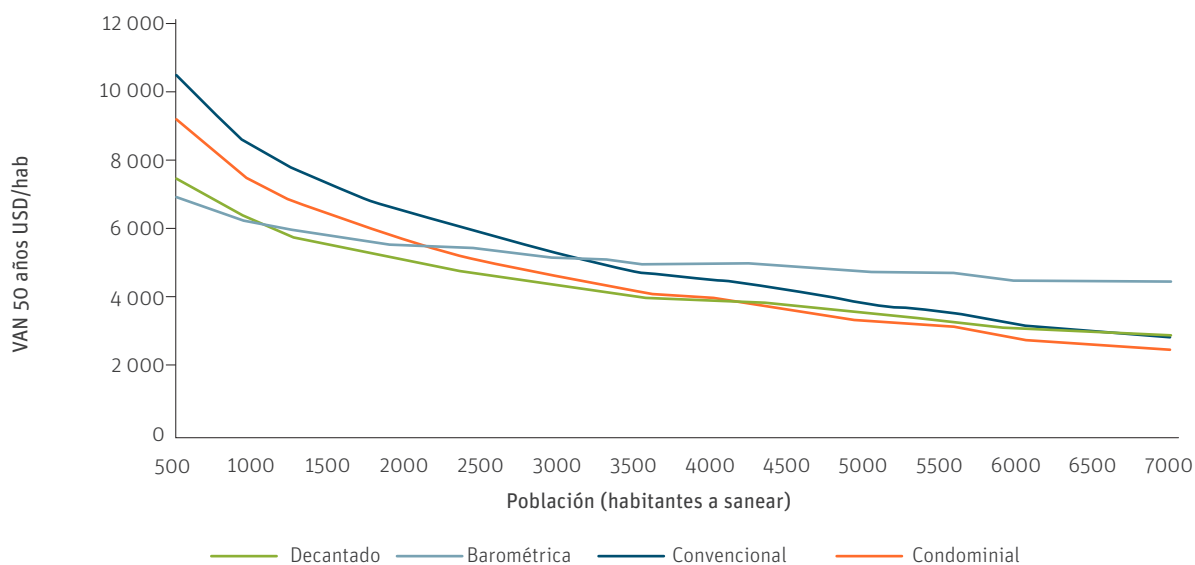
Para determinar el VAN del sistema de saneamiento por barométricas es necesario en primer lugar, determinar la ubicación de la planta de tratamiento (adonde se disponen los líquidos transportados por los camiones barométricos) pues es una variable que impacta en el costo del sistema de manera no despreciable. Por eso, en el caso de la alternativa de saneamiento por barométricas, se analiza la ubicación óptima de la planta de tratamiento que minimice el costo de inversión y operación y mantenimiento de todo el sistema independientemente de las localidades a considerar. Para calcular la ubicación de la planta que significa el costo mínimo, se comparan el VAN (50 años) de un sistema cuya planta de tratamiento está en otra localidad (a una distancia a determinar) con el VAN (50 años) de un sistema cuya planta de tratamiento está ubicada en la localidad que se está analizando. Igualando ambos VAN se determina la distancia límite que indica la máxima distancia a la cual se pueden transportar los líquidos residuales en una localidad externa con un VAN igual al de disponer los líquidos residuales en una planta de tratamiento en la localidad. En la figura 3.1 se presenta los resultados del cálculo de las distancias límites en función de los habitantes de las localidades (de 100 a 2500 habitantes), y donde se denota que a medida que la población a servir aumenta la distancia a la cual es factible utilizar una planta fuera de la localidad decrece en forma potencial. Para la comparación entre alternativas, se considerará el mayor VAN del sistema por barométricas (que corresponde al VAN del sistema con planta local que iguala al VAN del sistema con una planta externa ubicada a la distancia límite).

Figura 3.1: Distancia limite (km) en función de la escala de población



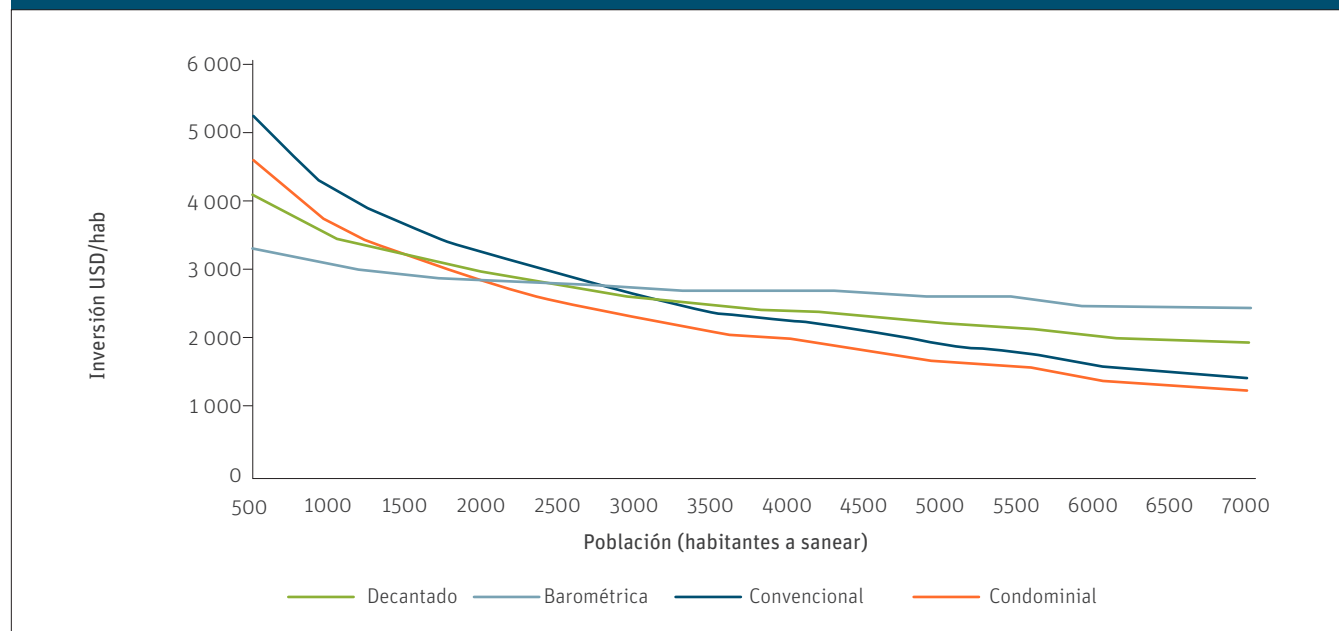
La figura 3.2 compara el valor VAN (50 años) expresado en USD/habitante para las cuatro alternativas de saneamiento consideradas. En términos generales, para poblaciones pequeñas (500 a 2000 habitantes) el sistema de barométricas y el sistema de efluente decantado son los que presentan menores VAN. A partir de 2000 habitantes, el sistema condominial y el sistema de efluente decantado minimizan el costo por habitante. Por último a partir de 5000 habitantes, tanto los sistemas de saneamiento con red condominial como con redes convencionales aparecen como las soluciones óptimas en términos económicos.

Figura 3.2: VAN (USD/hab.) en función de la escala de población



La figura 3.3 presenta la comparación de los costos de inversión, expresados en USD/habitante, para las cuatro alternativas consideradas. Al igual que para los resultados presentados en la figura 3.2, los costos de inversión del sistema de barométricas se determinan con los valores correspondientes a la distancia límite y, en consecuencia, los costos de inversión de este sistema resultan los máximos posibles. Mientras que para 1000 habitantes la inversión para un sistema de saneamiento por barométricas es 30 % más barato, que el sistema de saneamiento por red convencional, para una población de 6000 habitantes, la inversión del sistema de barométricas es 35 % más cara que el sistema de red convencional. Para poblaciones entre 2000 y 3500 los costos de inversión difieren entre sí menos del 10 % en términos de costo por habitantes.

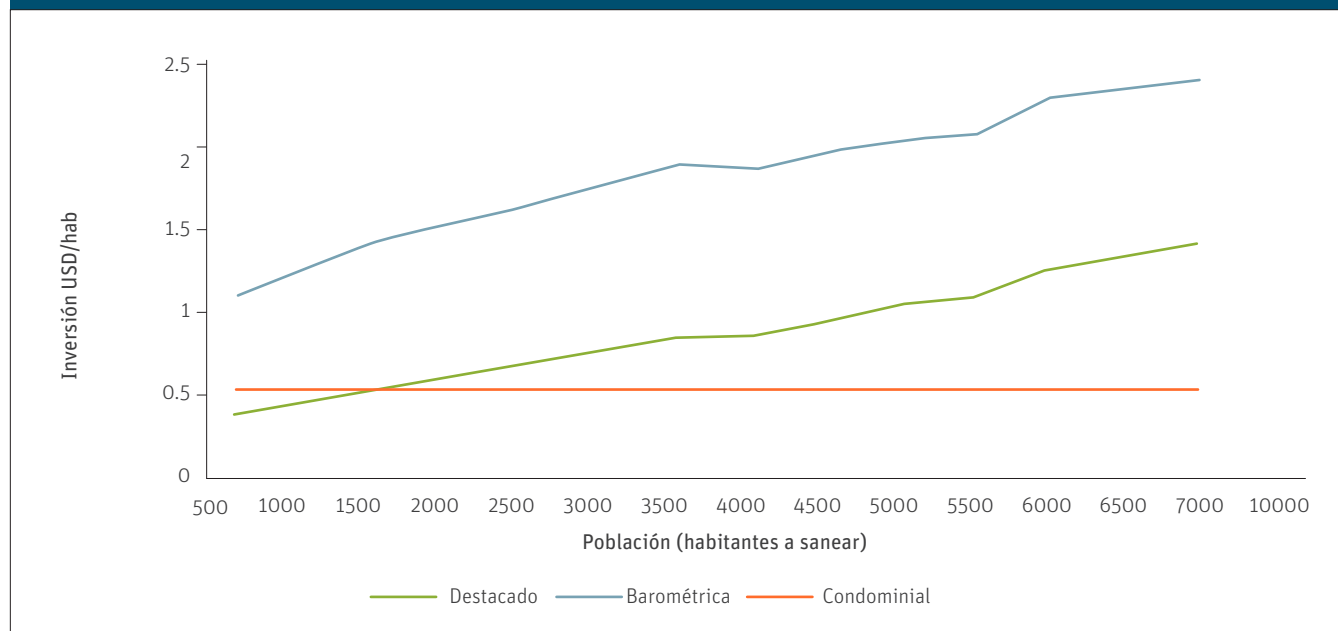
Figura 3.3: INVERSIÓN (USD/hab.) en función de la escala de población



El cociente entre la inversión y el VAN de OyM (50 años) es constante para los sistemas de saneamiento convencional y condominial a medida que la población aumenta. En las alternativas de sistemas de efluente decantado y de barométrica, el cociente es proporcional a la población debido a que los costos de inversión en estas alternativas tienen una componente de inversiones muy importante asociados a los depósitos fijos impermeables y las fosas sépticas, que a su vez tiene una relación directa con el número de población.

La figura 3.4 presenta la relación en costos de inversión predial e inversión pública. Los costos prediales para cada sistema son: el depósito fijo impermeable en el caso del sistema de barométricas, la fosa séptica en el caso del sistema de efluente decantado y la red condominial predial en el sistema condominial. En el sistema condominial la relación de ambos costos es independiente de la escala de población. En el caso del sistema de efluente decantado y del sistema de barométrica, el monto relativo de la inversión predial respecto a la pública se incrementa proporcionalmente con la población.

Figura 3.4: Relación en costos de inversión predial / inversión pública en función de la escala de población a sanear



3.2 Análisis de rentabilidad económica de los sistemas de saneamiento

A partir de los costos estimados para el sistema de saneamiento por red convencional en relación a la escala de la localidad, se realizó un análisis preliminar de rentabilidad económica para dicho sistema (ANEXO III). Para el cálculo de los beneficios económicos asociados a la conexión al sistema de saneamiento por red convencional se asumió que la Disposición a Pagar por conexión es equivalente al 4 % de los Ingresos del hogar⁴³ y se calculó el valor actual de la Disposición a Pagar por conectarse a la red con planta de tratamiento para un horizonte de 50 años, de acuerdo con las hipótesis manejadas para el cálculo del Valor actual de los costos. Además, para el análisis se ha asumido que los beneficios de los sistemas por efluente decantado y por red condominial son equivalentes con el convencional⁴⁴.

En la Tabla 3.1 se presenta la rentabilidad económica del sistema convencional en función del tamaño de la localidad a partir del Ratio Beneficio/Costo (RBC), en términos de Valor Actual (tasa del 12 %) y a precios de eficiencia. Estos resultados muestran que en términos de escala de las localidades, el sistema de saneamiento por red convencional es una solución que presenta una rentabilidad positiva ($RBC \geq 1$) en localidades con una población superior a 5000 habitantes, mientras que el efluente decantado y el condominial son rentables a partir de poblaciones de 4000 habitantes.

⁴³ Estos supuestos permiten estimar un beneficio económico por conectarse a una red de Saneamiento (disposición a pagar) aproximadamente de USD3,942 per cápita y en términos de valor actual (tasa de descuento del 12 %). La DAP por conexión a una Red de Saneamiento en las Localidades de La Paz-Las Piedras-Progreso ha sido estimada recientemente en el equivalente al 5 % del ingreso promedio del hogar mediante el enfoque de Valuación Contingente.

⁴⁴ Para el caso del sistema de barométrica la Disposición a Pagar por el servicio es inferior al convencional, de acuerdo con los resultados de las Encuestas socio-Económicas, pero no se dispuso de una estimación de la Disposición a Pagar por el Sistema de Barométricas que sirviera de referencia para este análisis.

Tabla 3.1: Rentabilidad económica en función de la escala de la localidad (Ratio Beneficio/Costo, RBC)

Población a sanear	Convencional	Efluente Decantado	Condominial
	Ratio Beneficio/Costo		
500	0.47	0.65	0.53
1000	0.47	0.63	0.53
1500	0.54	0.71	0.62
2000	0.61	0.78	0.70
2500	0.68	0.84	0.77
3000	0.75	0.90	0.85
3500	0.82	0.96	0.94
4000	0.87	1.00	0.99
4500	0.93	1.05	1.06
5000	1.02	1.11	1.16
5500	1.10	1.17	1.25
6000	1.22	1.25	1.39
6500	1.30	1.29	1.48
7000	1.37	1.34	1.56
10000	1.25	1.21	1.43
10000	1.25	1.21	1.43

Desde el punto de vista estrictamente de eficiencia económica, por debajo de 4000 habitantes ninguna de las tres soluciones de redes por sí sola es una solución rentable, y se deben buscar combinaciones que optimicen la rentabilidad de las soluciones a nivel de cada localidad. A partir de 4000 habitantes, el sistema condominial y el sistema de efluente decantado pasan a ser rentables como soluciones a nivel de estas localidades y el sistema convencional en localidades a partir de 5000 habitantes. Sin embargo, a nivel de cada localidad la rentabilidad de los sistemas de saneamiento dependen de una densidad mínima de viviendas, en particular el sistema convencional requiere cumplir con el valor de corte de 16 Viviendas por hectárea para garantizar una rentabilidad mínima equivalente a una TIR=12 %. Esto hace que inclusive en localidades mayores de 5000 habitantes se requieren de combinación de soluciones para atender las zonas de distinta densidad.

3.3 Alternativas de sistemas de saneamiento por tamaño de localidad y densidad de viviendas

En función de las densidades por escalas de localidades (Fig. 2.2) se analizan las alternativas o combinaciones de ellas para proveer de servicio de saneamiento a la población por sanear. En la Tabla 3.2 se presentan el resultado del análisis de alternativas y sus combinaciones. Las columnas referentes a densidad de viviendas, incluyen los sistemas de saneamiento considerados para las zonas con alta densidad (mayor a 16viv/ha) y las zonas con baja densidad (entre 16 y 8 viv/ha). Como se puede ver en la Tabla 3.3, dependiendo de la escala de población considerada, se seleccionan un conjunto de alternativas o combinaciones de las mismas. Las consideraciones realizadas por escala de localidad son las siguientes:

- En las localidades de menos de 2500 habitantes, la población nucleada en densidad mayor a 16 viviendas por hectárea representa, en promedio, solamente el 18 %, por lo que no se considera económicamente viable analizar la solución de saneamiento por redes convencionales.
- En las localidades entre 2500 y 5000 habitantes, el rango de soluciones es amplio, pues la distribución espacial es muy heterogénea.
- Tanto en las localidades entre 5000 y 10000 habitantes como en las localidades con más de 10000 habitantes, la densidad de viviendas aumenta considerablemente en comparación con las anteriores escalas de localidad, siendo la densidad mayor a 16 viv/ha de un 40 % y un 50 % respectivamente, y en consecuencia se considera, para alta densidad, el sistema convencional.

Tabla 3.2: Sistemas de saneamiento considerados por estrato de densidad y por tamaño de población (celdas color gris)

Densidad Viv/Ha		Población total de la localidad (habitantes)				
		P<2500		2500 < P < 5000	5000 < P < 10000	P > 10000
Mayor a 16	Entre 16 y 8	100<P ⁴⁵ <500	P ⁴⁶ >500			
barométrica	barométrica					
convencional	condominial					
convencional	efluente decantado					
convencional	barométrica					
condominial	barométrica					
condominial	condominial					
efluente decantado	barométrica					
efluente decantado	efluente decantado					

⁴⁵ Población a sanear

⁴⁶ Población a sanear

3.4 Cálculo de costos por localidad

Localidades de menos de 2500 habitantes con 100 a 500 habitantes a sanear

En la Tabla 3.3 se presenta el resumen de los datos poblacionales correspondientes a las localidades de menos de 2500 habitantes, con una población a sanear entre 100 y 500 habitantes.

Tabla 3.3: Localidades de menos de 2500 habitantes con 100 a 500 habitantes

	Valor (%)
Cantidad de localidades consideradas	90 ⁴⁷
Población total	62.585 (100)
Población saneada	13.305 ⁴⁸ (21.3)
Población a sanear	21.128 (33.7)

En estas localidades se calcula los costos de sistemas de saneamiento por barométrica, que incluye principalmente: depósitos fijos impermeables, camiones barométricos y plantas de tratamiento. Para determinar cuál es la solución de mínimo costo en relación al uso de una planta de tratamiento de disposición de los líquidos residuales en la localidad a sanear o una planta de tratamiento de otra localidad, se determinan las distancias de las 90 localidades a las plantas de tratamiento de OSE en todo el país⁴⁹. En la figura 3.5 se presentan la ubicación geográfica de las plantas consideradas. La solución de mínimo costo se determina a partir de comparar la distancia real a las plantas más cercana con el cálculo de la distancia límite correspondiente a cada localidad (Figura 3.6). De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 3.6, en el 36 % de las localidades a sanear la distancia a plantas de tratamiento fuera de las localidades es mayor que la distancia límite y por lo tanto la solución de mínimo costo corresponde a la construcción de una planta en la localidad a sanear.

La inversión total inicial para proveer de un servicio de saneamiento adecuado a las 90 localidades que tienen menos de 500 habitantes (y más de 100) es de USD70 millones.

⁴⁷ En el estrato de menos de 2500 habitantes de acuerdo a lo mencionado en la Tabla 2.1, existen 505 localidades. De estas localidades se considera que 337 tienen menos de 100 habitantes a sanear, 117 con 100 a 500 habitantes a sanear, y 51 con más de 500 habitantes a sanear. Las 337 localidades con menos de 100 habitantes a sanear no son consideradas en este estudio. De las 117 localidades con 100 a 500 habitantes a sanear, 27 tienen menos de 1 habitante por vivienda por lo que se consideran 90 para el estudio.

⁴⁸ Corresponde a población saneada con sistemas Mevir (Movimiento de erradicación de la vivienda insalubre rural)

⁴⁹ La planta de tratamiento más cercana se determina utilizando polígonos de Thiessen y la distancia se determina en línea recta. Esta distancia se afecta por un coeficiente de 1.5 para determinar la distancia a la planta.

Figura 3. 5: Ubicación a nivel país de las plantas de tratamiento consideradas en el análisis

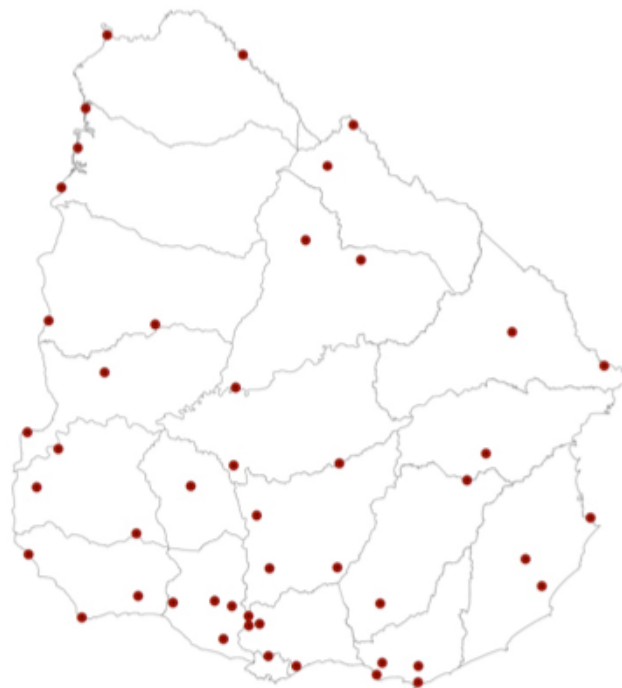
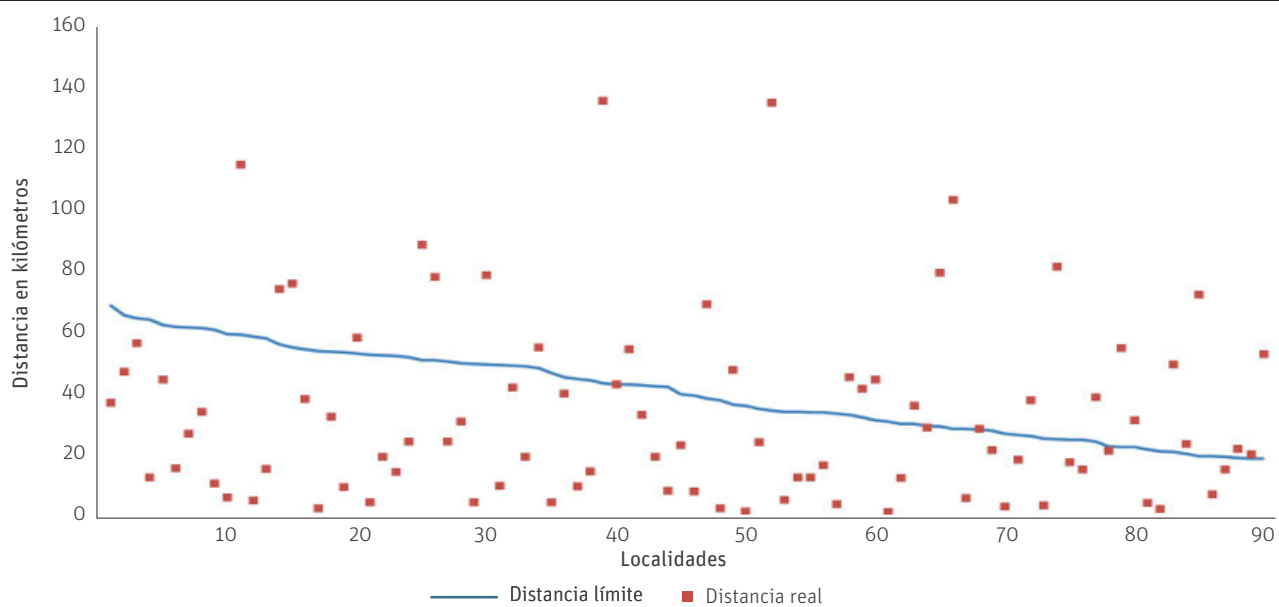


Figura 3.6 : Comparación de distancias límites y reales para las 90 localidades



Localidades de menos de 2500 habitantes con más de 500 habitantes a sanear

En la Tabla 3.4 se presenta el resumen de los datos poblaciones y de densidad correspondientes a las localidades de menos de 2500 habitantes, con una población a sanear mayor a 500 habitantes.

Tabla 3.4: Datos de localidades de menos de 2500 habitantes con poblaciones a sanear mayor a 500 habitantes

	Valor (%)
Cantidad de localidades consideradas	45 ⁵⁰
Población total	67.878 (100)
Población saneada	7.261 ⁵¹ (20.3)
Población a sanear	41.190 (60.7)
Población a sanear con densidad mayor a 16 viv/ha	10.337 (15.3)
Población a sanear con densidad entre 16 y 8 viv/ha	30.853 (45.3)

La Figura 3.7 y 3.8 presentan los valores de VAN para las distintas localidades considerando los sistemas de saneamiento analizados en la Tabla 3.2. En la Figura 3.8 se presentan las localidades donde la población a sanear en alta densidad es menor al 10 % de la población total (por lo que la comparación se realiza solo con las alternativas de sistemas de saneamiento para la población en baja densidad, pero para toda la población a sanear).

La solución que presenta el mínimo VAN en todos los casos es la de barométrica. Para las localidades incluidas en la Figura 3.7 la diferencia con la siguiente alternativa de menor VAN (sistema efluente decantado en alta densidad y sistema de barométrica en baja densidad) es en promedio de 10 %. Por otra parte en la Figura 3.8 se observa que la diferencia con el siguiente sistema de menor VAN (decantado) es en promedio de 15 %.

La inversión total inicial (que minimiza el VAN) para proveer de saneamiento adecuado a las 45 localidades que tienen menos de 2500 habitantes (con más de 500 habitantes a sanear) es de USD127 millones.

⁵⁰ En el estrato de menos de 2500 habitantes de acuerdo a lo mencionado en la Tabla 2.1, existen 505 localidades. De estas localidades se considera que 337 tienen menos de 100 habitantes a sanear, 117 con 100 a 500 habitantes a sanear, y 51 con más de 500 habitantes a sanear. Las 337 localidades con menos de 100 habitantes a sanear no son consideradas en este estudio. De las 51 localidades con más de 500 habitantes a sanear, 6 tienen menos de 1 habitante por vivienda lo que se consideran 45 para el estudio.

⁵¹ Corresponde a población saneada con sistemas Mevir

Figura 3. 7: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades con menos de 2500 habitantes (más de 500 habitantes a sanear)

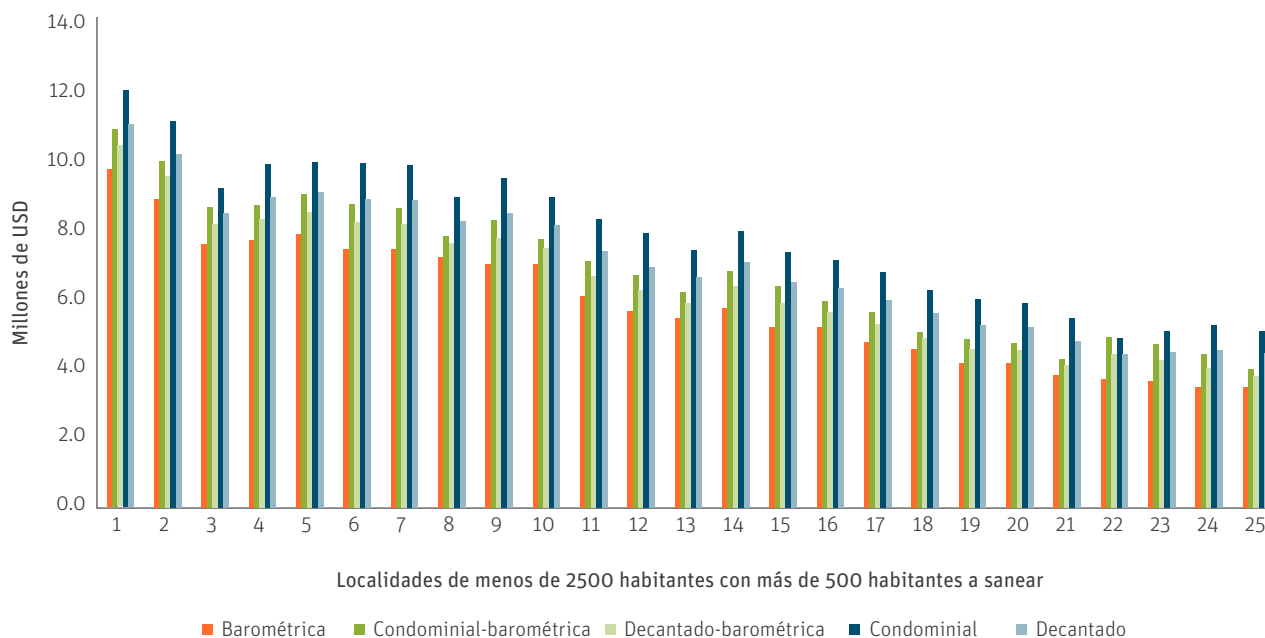
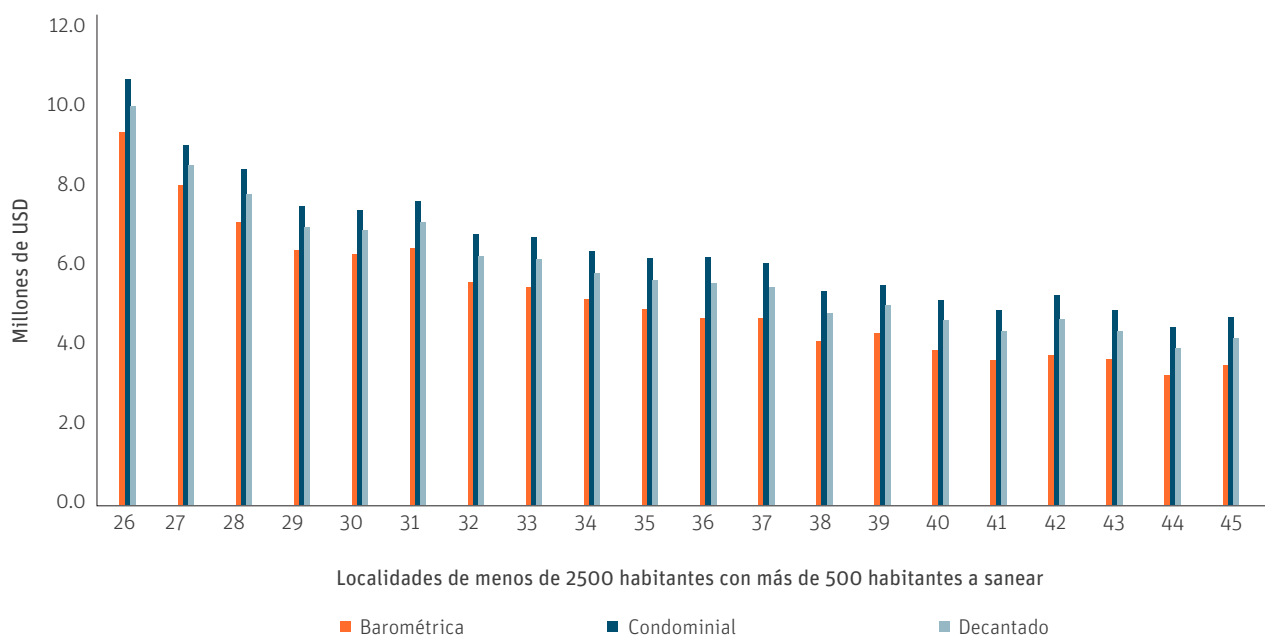


Figura 3. 8: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades con menos de 2500 habitantes (más de 500 habitantes a sanear)



Localidades de 2500 a 5000 habitantes

En la Tabla 3.5 se presenta el resumen de los datos de población y cobertura de saneamiento correspondientes a las localidades con una población entre 2500 y 5000 habitantes.

Tabla 3.5: Datos de localidades entre 2500 y 5000 habitantes

	Valor (%)
Cantidad de localidades	36 ⁵²
Población total	122359 (100)
Población saneada	13070 (10.7)
Población a sanear	74987 (61.3)
Población a sanear en densidad mayor a 16 viv/ha	19400 (15.9)
Población a sanear en densidad entre 16 y 8 viv/ha	55588 (45.4)

Las Figuras 3.9 y 3.10 presentan los valores de VAN para las distintas localidades considerando los sistemas de saneamiento analizados en la Tabla 3.2. En la Figura 3.10 se presentan las localidades donde la población a sanear en alta densidad es menor al 10 % de la población total (por lo que la comparación se realiza solo con las alternativas de sistemas de saneamiento para la población en baja densidad, pero para toda la población a sanear).

En lo que respecta a las localidades de la Figura 3.9, la combinación de condominial con barométrica presentan los valores de mínima VAN en el 66 % de los casos. Cabe señalar que en un 36 % de las mismas la diferencia en los valores de VAN con soluciones de tipo condominial-barométrica y condominial-efluente decantado es menor a 5 %.

Por otra parte, en las localidades de la Figura 3.10, en un 54 % de localidades la solución de mínima corresponde a un sistema de saneamiento por barométrica. En el resto de las localidades, la solución de mínima corresponde a la solución de saneamiento condominial pero la diferencia con el sistema decantado en estas localidades es en promedio de 15 %.

La inversión total inicial mínima para proveer de saneamiento adecuado a las 36 localidades que tienen entre 2500 y 5000 habitantes es de USD216 millones.

⁵² De las 37 localidades presentadas en este estrato en la Tabla 2.1, una de ellas tiene menos de 100 habitantes a sanear por lo que en la Tabla 3.6 se presentan 36 localidades.

Figura 3.9: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades de 2500 a 5000 habitantes (parte 1)

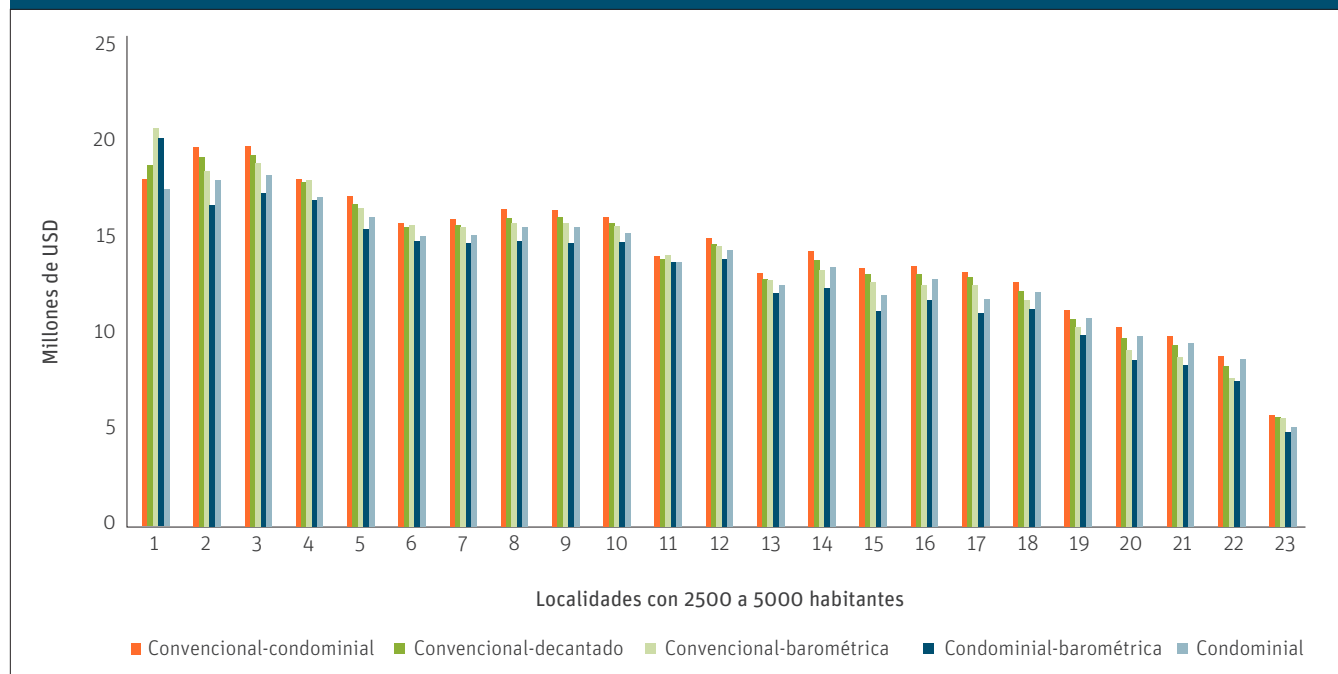
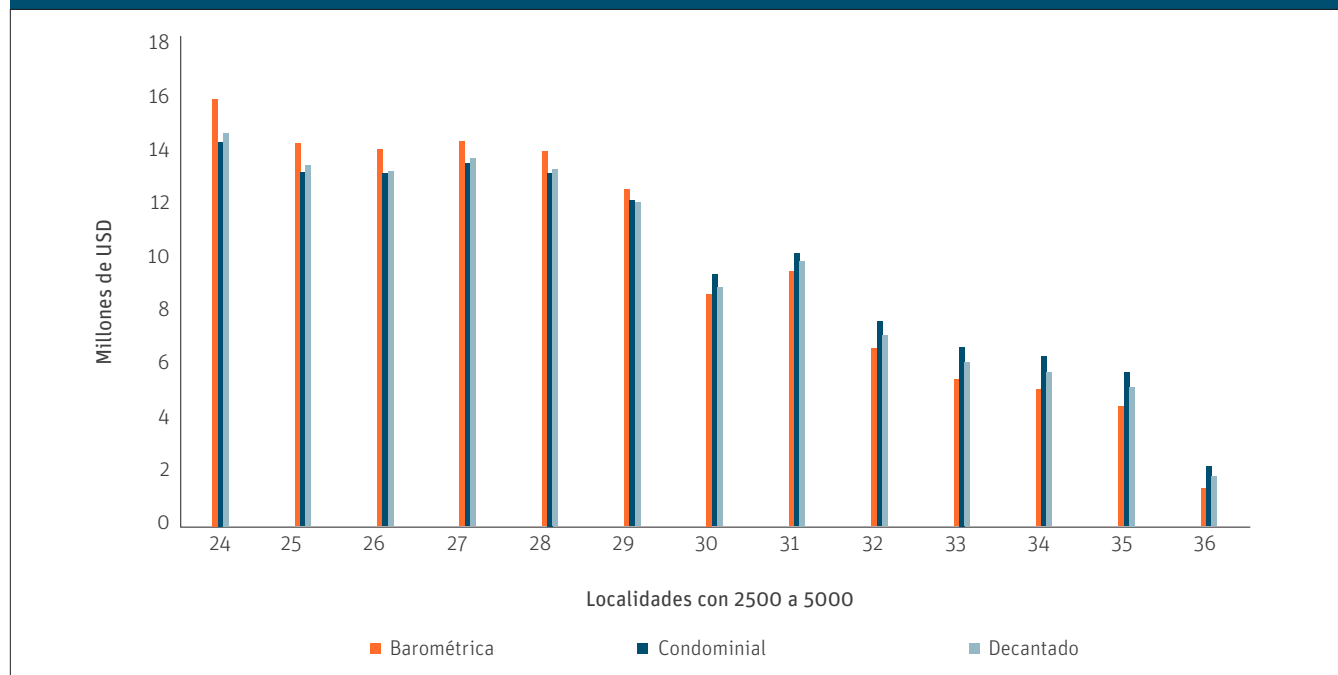


Figura 3.10: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades de entre 2500 a 5000 habitantes



Localidades de 5000 a 10000 habitantes

En la tabla 3.6 se presenta el resumen de los datos de población y cobertura de saneamiento correspondientes a las localidades con una población de entre 5000 y 10000 habitantes.

Tabla 3.6: Datos de localidades de 5000 a 10000 habitantes

	Valor (%)
Cantidad de localidades	30 ⁵³
Población total	220856 (100)
Población saneada ⁵⁴	41596 (19)
Población a sanear	137548 (62.3)
Población a sanear en densidad mayor a 16 viv/ha	47379 (21.5)
Población a sanear en densidad entre 16 y 8 viv/ha	90169 (40.8)

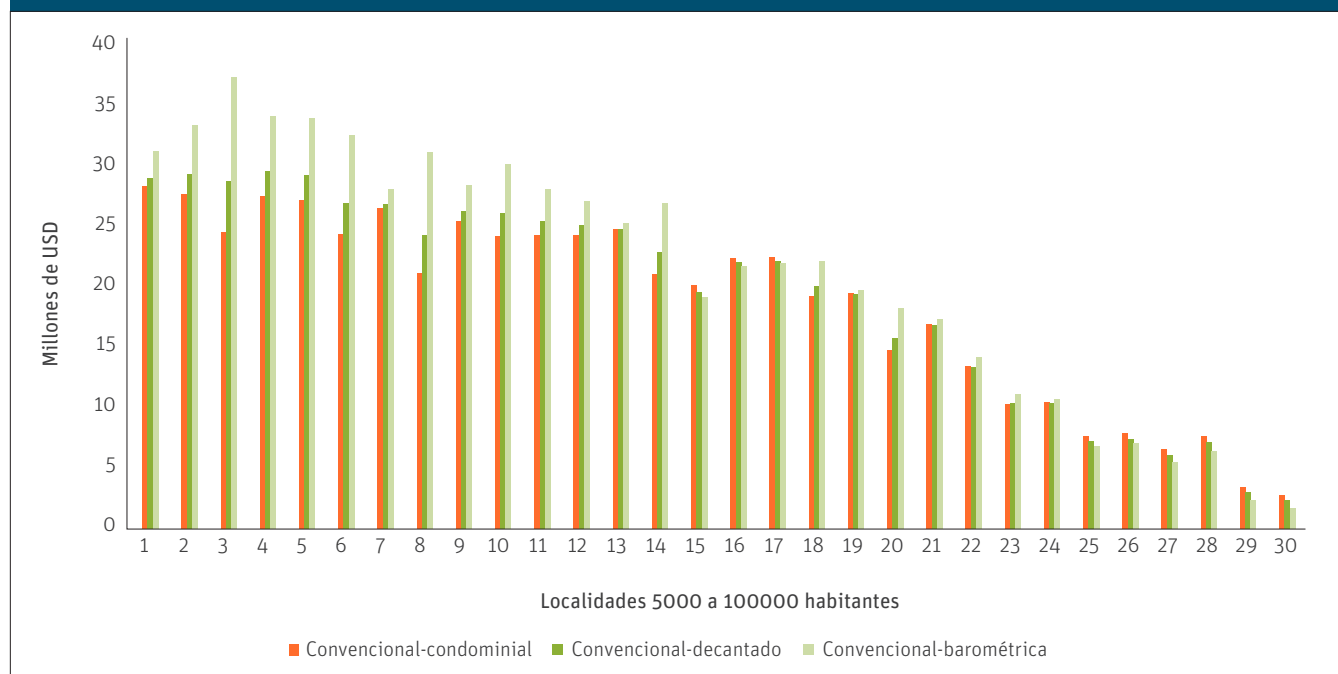
La Figura 3.11 presenta los valores de VAN para las distintas localidades considerando los tres sistemas de saneamiento y sus combinaciones de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3.2. La solución que combina sistema de saneamiento convencional con condominial, tiene el valor de VAN más bajo en un 57 % de las localidades, mientras que, en la mayoría de los casos, la solución de máximo VAN se corresponde con la combinación convencional-barométrica. Para este estrato de localidades la solución de máximo VAN resulta de aproximadamente un 17 % superior al mínimo VAN.

La inversión total inicial mínima para proveer de saneamiento adecuado las 30 localidades que tienen entre 5000 y 10000 habitantes es de USD287 millones.

⁵³ De las 33 localidades presentadas en este estrato en la Tabla 2.1, tres de ellas tienen menos de 100 habitantes a sanear por lo que en la Tabla 3.7 se presentan 30 localidades.

⁵⁴ Incluye la población que está conectada a la red de saneamiento, y excluye la población con acceso a redes sin conexión.

Figura 3.11: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades de 5000 a 10000 habitantes



Localidades de más de 10000 habitantes

En la Tabla 3.7 se presenta el resumen de los datos de población y cobertura de saneamiento correspondientes a las localidades con una población mayor a 10000 habitantes.

Tabla 3.7: Datos de localidades de más de 10000 habitantes

	Valor (%)
Cantidad de localidades⁵⁵	40
Población total	1222948 (100)
Población saneada ⁵⁶	667134 (54.6)
Población a sanear	432512 (35.3)
Población a sanear en densidad mayor a 16 viv/ha	208369 (17.0)
Población a sanear en densidad entre 16 y 8 viv/ha	224143 (18.3)

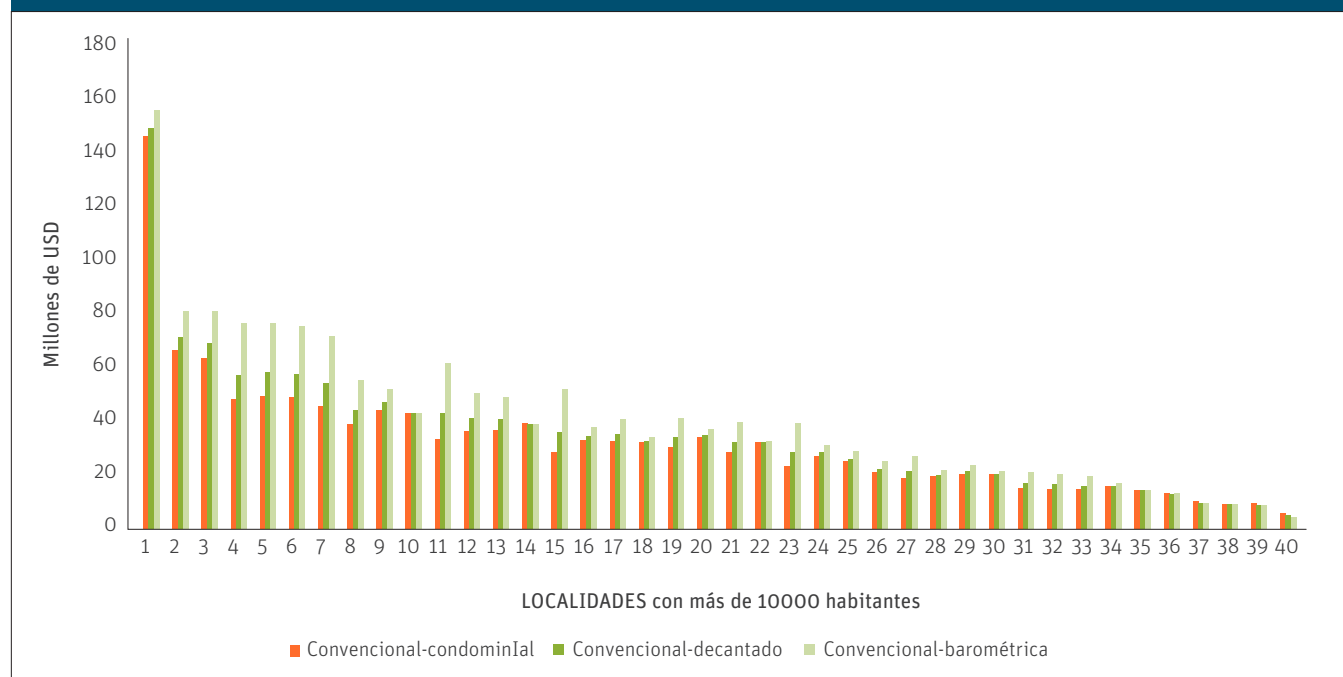
⁵⁵ No se considera Montevideo

⁵⁶ Incluye la población que en el censo declara tener conexión a la red de saneamiento de OSE

La figura 3.12 presenta los valores de VAN para las distintas localidades considerando los sistemas de saneamiento analizados en la Tabla 3.2. En 88 % de las localidades, la solución que combina sistema de saneamiento convencional en la población con alta densidad con red condominial en la población con baja densidad tiene el valor de VAN más bajo. Cuando se compara dicha solución con la solución saneamiento convencional y barométrica, esta última es en promedio un 24 % mayor.

La inversión total inicial mínima para universalizar el acceso a saneamiento adecuado de las 40 localidades que tienen más de 10000 habitantes es de USD644 millones.

Figura 3.12: VAN (50 años) en millones de dólares para localidades de más de 10000 habitantes



4. Limitaciones del análisis

El análisis que se realiza en el presente documento se basa en datos poblacionales y costos económicos, y no toma en consideración en forma explícita otras características de cada localidad del país (ubicación geográfica, topografía, geología, nivel freático, tipo de suelos, etc.).

Los costos de conexión a la red pública en las alternativas con sistemas por redes no están incluidos en los costos totales. De acuerdo con los costos brindados por OSE⁵⁷, el monto total de inversión en conexiones (de la instalación de la vivienda a cámara de vereda), para los sistemas de saneamiento por redes (condominial, efluente decantado y convencional) corresponde a un 5 % de la inversión que minimiza el VAN.

Los costos de inversión de la red de efluente decantado no incluyen los cruces de vía pública. Esta subestimación de costos puede ser estimada en aproximadamente 5 % de los costos de inversión en este sistema.

En las soluciones consideradas para las localidades que incluyen sistemas de saneamiento por red convencional, condominial, efluente decantado o combinaciones de ellas, es razonable pensar que siempre va haber un porcentaje marginal de población (en densidades mayores a 8 viv/ha) en donde se utilizará el sistema de saneamiento por barométrica, debido fundamentalmente a la ubicación geográfica de las viviendas. Los costos para cubrir esa población marginal se calcularon en base a la alternativa elegida del estrato poblacional y no estrictamente a los costos de la solución por barométrica.

⁵⁷ Gerencia de saneamiento de OSE, comunicación personal, 2014. Costo de cámara 1 a cámara en vereda es aprox. 96 USD/hab y costo de conexión de cámara en vereda a colector (considerando dos viviendas por conexión) es aprox. 185 USD/hab

5. Consideraciones finales

5.1 Costos Totales

Al analizar todas las localidades a sanear para lograr la universalidad al acceso al saneamiento en el País (sin considerar Montevideo), se concluye que la inversión de mínima es del orden de USD1340 millones (Tabla 5.1). El 48 % de los costos de universalizar el saneamiento a nivel país, se encuentran en el estrato de localidades de más de 10000 habitantes y que en este estrato los costos de inversión per cápita son los menores. También se observa que el costo de sanear un habitante en una población de la escala más pequeña, con la solución de mínima VAN, es más del doble del costo correspondiente a la escala de mayor población.

Tabla 5.1: Costos de inversión totales y por habitante.

Población a sanear	INVERSIÓN MÁXIMA ⁵⁸ (millones de USD)	INVERSIÓN MÍNIMA ⁵⁹ (millones de USD)	INVERSIÓN MÍNIMA (miles de USD/hab.)
P<2500 100<hab<500	80	69	3.3
P<500 500<hab	166	126	3.1
2500<P<5000	251	216	2.9
5000<P<10000	348	287	2.1
P>10000	865	644	1.5
Total interior del país	1,710	1,343	

⁵⁸ La inversión máxima se obtiene de la suma de las inversiones asociadas a la máxima VAN para cada localidad al comparar las alternativas de sistemas de saneamiento y sus combinaciones.

⁵⁹ La inversión mínima se obtiene de la suma de las inversiones asociadas a la mínima VAN para cada localidad al comparar las alternativas de sistemas de saneamiento y sus combinaciones.

En la Tabla 5.2 se presentan los costos de inversión de cada alternativa considerada que logran minimizar el VAN, discriminados por escala de localidad, densidades, y sistemas propuestos. Manteniendo el criterio de minimizar el VAN, la inversión necesaria para sanear la población en densidad superior a 16 viv/ha es del orden de USD529 millones, mientras que la inversión para sanear la población de densidad de 8 a 16 viv / ha es de USD814 millones. Más de la mitad de la inversión corresponde a sistemas de redes convencionales y redes condominiales.

Tabla 5. 2: Costos de inversión⁶⁰ totales por tamaño de localidad, densidad poblacional y sistema de saneamiento expresado en millones de dólares.

	P<2500		2500<P<5000		5000<P<10000		P>10000		TOTAL	
POBLACIÓN SISTEMA DE SANEAMIENTO	Alta Dens.	Baja Dens.	Alta Dens.	Baja Dens.	Alta Dens.	Baja Dens.	Alta Dens.	Baja Dens.	Alta Dens.	Baja Dens.
BAROMÉTRICA	43	153	0	17	0	0	0	0	43	170
CONVENCIONAL - CONDOMINIAL	0	0	0	0	80	123	259	291	338	413
CONVENCIONAL – EF.DECANTADO	0	0	0	0	14	25	48	44	62	69
CONVENCIONAL - BAROMÉTRICA	0	0	0	0	20	26	0	3	20	28
CONDOMINIAL- BAROMÉTRICA	0	0	61	81	0	0	0	0	61	81
CONDOMINIAL	0	0	4	45	0	0	0	0	4	45
EF.DECANTADO	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7
TOTAL	43	153	65	150	114	173	307	338	529	814
TOTALES POR ESCALA DE LOCALIDAD	196		216		287		644		1343	

Es preciso señalar que en el año 2011 en el país existían aproximadamente 50.000 viviendas frentistas no conectadas a la red de saneamiento. Debido a que no se cuenta con la distribución de esta población por localidades, no es posible determinar en cada localidad qué cantidad de habitantes no saneados cuentan con red frentista. Como aproximación, se puede afirmar que considerando una inversión en dólares por habitante de 1500 dólares, la inversión ya realizada — que debe ser sustraída de la inversión total estimada de redes convencionales — asciende a USD170 millones.

⁶⁰ Los costos de inversión que minimizan el VAN para cada alternativa analizada

5.2 Rentabilidad económica de los sistemas de saneamiento

La solución propuesta en este documento para el acceso universal al saneamiento adecuado se ha seleccionado en función de criterios técnicos y económicos. En particular las alternativas de mínimo costo seleccionadas para las alternativas de redes (red convencional, sistema condominial y efluentes decantados) reflejan una rentabilidad económica que es superior al 12 %⁶¹. Como se muestra en la tabla 5.3, todas las soluciones con redes cumplen con el parámetro de rentabilidad de referencia, ya que el valor actual del beneficio económico por disponer de saneamiento de red es aproximadamente de USD3.900⁶² por habitante (el cual es superior al costo de inversión y de operación y mantenimiento⁶³.)

Tabla 5.3: Costo promedio per cápita de las soluciones propuestas según tamaño de la localidad (en USD/Hab)

	REDES⁶⁴	BAROMÉTRICA	RED-BAROMÉTRICA Combinados
P<2500 (100<hab.eq<500)	-	3286	-
P<2500 (500<hab.eq)	-	3071	-
2500<P<5000	2925	2818	2875
5000<P<10000	2051	2555	2088
P>10000	1488	2427	1490
TOTAL	1701	2977	1899

a. Redes convencionales, efluente decantado y condominiales.

5.3 Institucionalidad

De acuerdo con el escenario de universalidad que se propone con este estudio como resultado, se identifica la necesidad de realizar cambios en la institucionalidad sectorial.

En la actualidad, la institucionalidad para la ejecución y mantenimiento de sistemas para el servicio de saneamiento a través de redes convencionales es sólida, siendo OSE la encargada de proveer el servicio en el interior del país y la Intendencia de Montevideo en el Departamento de Montevideo. En el caso de los sistemas de saneamiento a través de redes de efluente decantado, que principalmente se utilizan en los conjuntos habitacionales del MEVIR⁶⁵, los sistemas en general no han recibido la correcta operación y mantenimiento. Respecto del servicio de barométrica que se provee actualmente (privado y/o público provisto por: OSE, Intendencias Departamentales, Municipios), el mismo no cuenta con una institucionalidad clara por lo que la provisión del mismo es dispar a lo largo del país. Sobre este último, se considera prioritario avanzar con la elaboración y luego ejecución de un plan nacional de gestión de servicios barométricos.

61 Un Ratio Beneficio Costos superior a 1 es equivalente a un Valor actual de los Beneficios superior al Valor Actual de los Costos

62 Ver Metodología y cálculo del Parámetro de Rentabilidad de referencia en Cuadro 5-6 en Anexo V.

63 Un Análisis de Sensibilidad muestra que el valor crítico de la DAP, para que los sistemas de saneamiento por red mantengan una rentabilidad económica positiva (un VAN>0 o una TIR > 12 %) es equivalente a una DAP inferior a 2.9 % de los Ingresos del Hogar.

64 Redes convencionales, efluente decantado y condominiales.

65 Movimiento de erradicación de la vivienda insalubre rural.

Considerando que la incorporación de sistemas no convencionales implica otras formas de gestión así como de operación y mantenimiento, que pueden llegar a diferir de las que tradicionalmente se utilizan, se puede pensar en nuevos escenarios para responder a las demandas institucionales que se requieren para lograr la universalización. Uno de los escenarios consistiría en la creación de una dependencia dentro de la actual empresa prestadora de saneamiento en el interior del país (OSE) y que la misma tenga como cometido la provisión de sistemas de saneamiento adecuado a las localidades o zonas periféricas de grandes localidades en donde económicamente la solución de mínimo costo no se corresponde con la solución de provisión del servicio de saneamiento por red convencional. Otro escenario podría consistir en el fortalecimiento de los gobiernos sub-nacionales (Intendencias y/o Municipios) para que los mismos pudieran ejecutar y, operar y mantener los sistemas de saneamiento que no queden dentro de la órbita del prestador actual del servicio de saneamiento. Y un tercer escenario podría consistir en la creación de una nueva entidad a cargo de brindar el servicio de saneamiento a la población no atendida por sistemas de redes convencionales.

La DINAGUA como organismo responsable del desarrollo de las políticas de agua y saneamiento, en el marco de la elaboración del Plan Nacional de Agua y Saneamiento (aún pendiente de elaboración), deberá evaluar la viabilidad de ejecución, operación y mantenimiento de los distintos sistemas de saneamiento, incluyendo los aspectos técnicos, económicos y ambientales, así como los institucionales.

5.4 Caso Montevideo

En Montevideo la brecha para llegar a universalidad es mucho menor que en el interior del país, por lo que no es posible aplicar la metodología utilizada en el presente estudio. La Intendencia de Montevideo⁶⁶ ya ha realizado un estimativo de las necesidades de inversión para expandir la red de saneamiento y alcanzar la universalidad del servicio de saneamiento en Montevideo urbano y la inversión necesaria, a valores de 2015, es de USD435 millones.

5.5 Escenarios de inversión pública y predial

Aquí se presenta un ejercicio teórico que incluye posibles escenarios de inversión pública y predial como insumo para la elaboración de un cronograma de inversiones que permita una política de universalización al acceso a un sistema adecuado de saneamiento en el interior del país. La Tabla 5.4 resume los costos de inversión de tipo público y predial que se requieren para alcanzar la universalización discriminados por tamaño de la localidad (según el total poblacional) y según la alternativa propuesta de mínimo costo en cada caso. El costo total de inversión pública representa aproximadamente USD898 millones (67 %) de los cuales USD764 millones corresponden a la inversión asociada a las alternativas de red convencional, red condominial y red de efluente decantado.

⁶⁶ Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo, Fase C: Definición del Programa – O: Plan de Obras. Año 2010.

Tabla 5. 4: Costo de inversión total según tamaño de la localidad y carácter de la inversión (Pública o Predial) en millones de dólares

	REDES ^a		BAROMÉTRICA		TOTAL	
	Predial	Público	Predial	Público	Predial	Público
P<2500	0	0	108	88	108	88
2500<P<5000	50	68	60	37	111	105
5000<P<10000	63	198	18	8	81	207
P>10000	144	498	2	1	145	499
TOTAL	257	764	188	134	445	898
	1021		322		1343	

a. Redes convencionales, redes condominiales y redes de efluente decantado

Para lograr la universalidad, estas inversiones públicas requieren ser acompañadas de una inversión predial de aproximadamente USD445 millones. En algunos casos, estas inversiones pueden representar un monto relativamente significativo en términos de presupuesto del hogar (asumiendo que los costos prediales sean costeados por los hogares) y jugar como un factor que termine postergando la decisión de realizar estas inversiones. Para esto, es necesario definir los mecanismos adecuados que permitan a todos los hogares del país acceder al saneamiento de forma equitativa.

Bibliografía

BID, Agua potable, saneamiento y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en América Latina y el Caribe. <https://publications.iadb.org/handle/11319/6009?locale-attribute=es%22%20%20%22sthash.RhTHJL6W.dpuf>, 2013

BID, Estudio de caso del sistema integrado de saneamiento rural (SISAR) en el Brasil - <https://publications.iadb.org/handle/11319/6013?locale-attribute=en#sthash.xcvjH7If.dpuf>, 2013

CAESB. Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario, 2014\

CAF. Universalización de servicios de agua potable y saneamiento. Proceso Regional de las Américas Sub-región América del Sur. Universalización. VII Foro Mundial del Agua República de Corea, 2015

CEPAL. Universalización del acceso a los servicios de agua y saneamiento. Fórum sobre universalización ARCE y Asamblea Legislativa de Ceará. Brasil. 2011

CSI Consultores. Preparación de los Estudios de Evaluación del Proyecto de Saneamiento de Ciudad de la Costa, 2011

División de agua y saneamiento de DINAGUA, comunicaciones personales, 2014

Gerencia de saneamiento de OSE, comunicaciones personales, 2014

IANAS. Desafíos del Agua Urbana en las Américas. [On line]. [Consulta: marzo 2015] Disponible en: http://www.ianas.org/books/books_2015/water/agua_urbana_210315.pdf

IM. Etapas de obras del Plan de Saneamiento Urbano de Montevideo, [On line]. [Consultas realizadas en el año 2014] Disponible en: <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/limpieza-y-medio-ambiente/saneamientoservicios-y-sociedad/limpieza-y-medio>

INE. Censo 2011, [On line]. [Consultas realizadas en el año 2014] Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/censos2011/index.html>

OSE. Indicadores de desempeño, [On line]. [Consultas realizadas en el año 2015] Disponible en: <http://www.ose.com.uy/planestr/htinddesweb.aspx>

OSE. La Universalización del Acceso a Saneamiento en Uruguay. VII Congreso Nacional de AIDIS. Montevideo. 2011.

OSE. Plan de acción de OSE 2013, 2013

OSE. Resolución del Directorio de OSE R/D 618/o8, 2008

Presidencia. Leyes y decretos, [On line]. [Consulta: enero 2014] Disponible en: <http://www.presidencia.gub.uy/normativa>

Water Forum Americas Derecho humano al agua y saneamiento Meta Uno [On line]. [Consulta: enero 2014] Disponible en: http://www.unesco.org/uy/phi/fileadmin/phi/infocus/Foro_Mundial_del_Agua_2012/12_DERECHO_HUMANO_AL_AGUA_Y_AL_SANEAMIENTO.pdf

World Bank. Road Use Costs Study. <http://www.worldbank.org/highways>, 2006

ANEXOS

ANEXO I - Datos censales considerados.

La base de datos del INE se utiliza en particular para la determinación de habitantes por vivienda en localidades urbanas del interior del país. En el caso de las localidades consideradas, se obtienen los siguientes datos de las localidades:

- Nombre de localidad
- Departamento
- Ubicación
- Total de Habitantes por localidad
- Total de Viviendas por localidad
- Área (Ha) de la localidad
- Densidad media y máxima de población y de viviendas a nivel de cada localidad (Hab / Ha y Viv. / Ha)
- Porcentaje de población por corte de densidad
 - > 16 viv/Ha
 - 8 a 16 viv/Ha
 - < 8 viv/Ha
- Hogares totales y Hogares Saneados (porcentaje de hogares conectados a la red de saneamiento)
- Porcentaje de área ocupada por MEVIR a nivel del área total de la localidad
- Cantidad de viviendas con abastecimiento de agua potable
- Porcentaje de cobertura de agua potable (viviendas)

ANEXO II - Fuentes de Datos

OSE:

OSE proporcionó información basada en su experiencia como operador del sistema de saneamiento del interior de país. En particular para el análisis de costos de inversión, operación y mantenimiento de sistemas, se obtuvieron los siguientes datos actualizados a la fecha de la realización de este trabajo:

- Costos de inversión en sistemas de saneamiento (alcantarillado convencional y plantas de tratamiento) para distintas escalas de localidades
- Costos de operación y mantenimiento de sistemas de saneamiento referidos a los costos de inversión
- Factor de costo de inversión de planta de tratamiento extensiva en relación a planta de tratamiento terciaria
- Plantas de tratamiento a considerar a nivel país para el vertido de barométricas

DINAGUA

DINAGUA proporcionó información con base en su experiencia como planificador y elaborador de políticas para sistemas de saneamiento alternativos al convencional. En particular para el análisis de costos de inversión, operación y mantenimiento de sistemas no convencionales, se obtuvieron los siguientes datos actualizados a la fecha de la realización de este trabajo:

- Costo de inversión de depósito fijo impermeable
- Volumen de depósito fijo impermeable
- Costo de inversión volumen de fosa séptica
- Volumen de fosa séptica
- Costo de inversión de redes efluente decantado
- Factor de costo de inversión de planta de tratamiento sistema efluente decantado en relación a planta de tratamiento otros sistemas.

IM

- Costos de inversión de obras de saneamiento a realizar en Montevideo

ANEXO III - Análisis preliminar de rentabilidad económica

3.1 VALOR DE CORTE DE RENTABILIDAD MÍNIMA PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL DE SANEAMIENTO

El Valor de Corte para la rentabilidad mínima del Sistema Convencional se ha estimado en una densidad mínima de 16 Viviendas por Manzana.

En esta sección se analiza el Valor de Corte para la rentabilidad económica para el Sistema Convencional de Saneamiento que se utiliza como referencia y que corresponde a un mínimo de 8 Viviendas por Cuadra (o el equivalente de 16 Viviendas por Ha).

Para realizar este análisis se emplea la información disponible del Proyecto de Red de Saneamiento de Ciudad de la Costa – Zona B-1 y Zona C-1 (CdelaC-BC1)⁶⁷. Este proyecto incluye una Red de Alcantarillado con una longitud total de 71.432 metros (o el equivalente a 595 cuadras) y un costo total de inversión y operación y mantenimiento equivalente a USD26,753,120 expresados en valor actualizado (tasa de descuento del 12 % y un horizonte de vida útil de 30 años) y a precio económico.

El Cuadro A3-1 resume la información sobre los flujos de costos de inversión, de operación y mantenimiento y de beneficios económicos de los hogares que se conectan a la Red Convencional de Saneamiento en CdelaC-BC1. Esta información se ha calculado a precios económicos (precios de cuenta) y se incluyen tanto los costos de inversión de la red pública como los costos privados asociados a la conexión intradomiciliaria dentro del predio del beneficiario.

Cuadro A3-1 Costos del Proyecto UR-L1094 Ciudad de la Costa – Zona B1 y C1. En US\$ Valor Actualizado y a precio de eficiencia (datos a Julio-2014)

Inversión redes	16,952,125
O&M redes	677,180
Inversión intradomiciliario	8,871,852
O&M intradomiciliario	251,962
VA(r=12%, n=30)	26,753,119

A partir de la información de la longitud de la Red del Proyecto Ciudad de la Costa se ha estimado un Escenario con un total de beneficiarios correspondientes al Valor de Corte de 16 Viviendas por Manzana. El Cuadro A3-2 describe los parámetros empleados de longitud de la Red, Costos de inversión, costos de O&M y el resultado correspondiente al Valor de Corte de rentabilidad mínima, que representa en este caso un total de 4,762 viviendas

⁶⁷ Proyecto UR-L1094, Saneamiento de la Ciudad de la Costa-zona oeste.

potencialmente beneficiarias el primer año y un total de 3810 conexiones en el primer año. Los otros parámetros (tasa de crecimiento de las viviendas, probabilidad de conexión y elasticidad de la DaP al Ingreso familiar) corresponden a los datos iniciales del Proyecto de CdeLaC-BC1.

Cuadro A3-2 Costo Total del Proyecto de Ciudad de la Costa y Viviendas beneficiarias y Conexiones correspondientes al Valor de Corte

Costo total (USD)	Longitud de la red		Valor de corte red convencional			Posibilidad de conexión
Inversión redes	16,952,125	71,432 mts	8 viviendas por cuadra	4762 viviendas potencialmente beneficiarias	3810 conexiones 1er año	80 % 1er año
O&M redes	677,180					
Inversión intradomiciliario	8,871,852	595 cuabras				
O&M intradomiciliario	251,962					
VA(r=12%, n=30)	26,753,119					

El Análisis Costo-Beneficio de este Escenario (Valor Critico) del Proyecto Ciudad de la Costa permite simular un Escenario de rentabilidad mínima correspondiente a una TIR=12 % y deducir la DaP que permite alcanzar dicha rentabilidad mínima.

Esta simulación permite identificar la **Disposición a Pagar por conectarse (DaP)** que garantice una rentabilidad mínima (TIR=12 %) cuando las condiciones de densidad de viviendas mínima de 16 viviendas por Ha, correspondiente al Valor de Corte. Una DaP correspondiente a **USD51.9 por mes y por Hogar**, garantizan dicha rentabilidad mínima, es decir que los beneficios totales del Proyecto compensan el nivel de costos de Inversión y O&M.

En resumen, este valor crítico de la DaP corresponde a una rentabilidad del 12 % para una densidad mínima de 16 Viv/Ha y corresponde al **2.97 %** de los Ingresos promedios de una familia del Interior (ver Cuadro A3-3). Este resultado es relevante porque confirma que una DaP equivalente al 3 % de los Ingresos promedios de una familia en el Interior del País, garantiza la rentabilidad de una Proyecto de Red Convencional en un Área con densidad mínima de 16 Viviendas/Ha (o el equivalente de 8 Viviendas por 100 mts).

Cuadro A3-3 Valor crítico de la DaP en términos de \$/mes, USD/mes y en % de los Ingresos promedios de las familias (INE2014)

Costo total (USD)	Us\$/mes	\$/mes
Dap	16,952,125	1194
Ingresos (INE 2014-I)	677,180	40,183
% DaP/ingresos	2.97 %	

Este análisis de simulación con base en datos reales del Proyecto de Ciudad de la Costa (Zona B1-C1) permite asociar el valor de corte de 8 Viviendas por cuadra a una tasa de rentabilidad económica mínima, correspondiente a una TIR del 12 %.

3.2 ANALISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA CONVENCIONAL SEGÚN EL TOTAL DE HABITANTES DE LA LOCALIDAD

En esta sección se calcula el valor de referencia para identificar la rentabilidad económica del Sistema Convencional de Saneamiento, en función de la escala de las localidades según el total de habitantes.

El Cuadro A3-4 resume los parámetros empleados para calcular la DaP por conectarse a una Red con Planta de Tratamiento. Se asumió que la DaP por conexión es equivalente al 4 % de los Ingresos del hogar⁶⁸ y se calculó el Valor Actual de la Disposición a Pagar por conectarse a la Red con PT para un horizonte de 49 años y una tasa de descuento del 12 %. Estos supuestos permiten identificar un Valor Actual DaP/Vivienda de USD9,066 a precio de mercado⁶⁹.

Cuadro A3-4 Parámetros empleados en la estimación del Beneficio económico per Vivienda correspondiente Sistema Convencional de Saneamiento

Ingreso promedio familiar interior INE-2014 sin valor locativo (en US\$)	\$40,183
Dap RED y PT en % de los ingresos	4 %
VA (r=12%, n=49 años) DAP p/viv precio económico (en US\$)	\$7,797
VA (r=12%, n=49 años) DAP p/viv precio de mercado (en US\$)	\$9,066

En el cuadro A3-5 se resume los antecedentes disponibles de estimaciones de DaP para conectarse a Redes convencionales de Saneamiento. Las estimaciones fueran actualizadas a valores de julio 2014 y en términos de % de los Ingresos promedio de las familias beneficiarias de dichos proyectos. La estimación más reciente corresponde al Proyecto de las ciudades de La Paz-Las Piedras-Progreso, en este caso la estimación de la DaP corresponde al 5.2 % de los ingresos promedios de las familias.

⁶⁸ Una DaP equivalente al 4 % del Ingreso familiar corresponde a un promedio de estimaciones de DaP por conectarse a una Red de Alcantarillado en los últimos cuando se consideran la conexión a la Red y todos los costos relacionados con la nueva Planta de Tratamiento.

⁶⁹ Para convertir la DaP a precio de mercado se empleó una Ratio Precio de Cuenta (RPC) de 0.86 que representa el FC promedio de los Costos de Inversión y de O&M del Proyecto CdeLaC-BC1.

Cuadro A3-5 Antecedentes en Uruguay de DaP por conectarse a una Red de Saneamiento convencional
(en \$ y USD julio 2014 y en % Ingresos de la Familia)

Tipo de proyecto	Programa	Localidad	DaP en \$	DaP en USD	DaP en % de ingresos
RED saneamiento PPT	OSE- (BID 2014) Corredor Ruta 5	La Paz-Las Piedras-Progreso	1197.7	52.1	5.2 %
	OSE- (BID 2012) Ampliación CdelaC	Ciudad Pando	618.2	26.9	3.4 %
	OSE PNS (WB 2000)	Ciudad Treinta y tres	859.8	37.4	5.7 %
	OSE PDSAM (BID 2000)	Montevideo metropolitano	922.7	40.1	4.9 %
	IMM-PDM PSU III (1993)	Montevideo ciudad	733.5	31.9	4.7 %
RED saneamiento	OSE- (BID 2014) Corredor Ruta 5	La Paz-Las Piedras-Progreso	1126.4	49.0	4.9 %
	OSE- (BID 2012) Ampliación CdelaC	Ciudad Pando	550.7	23.9	2.9 %

Fuente: Estimación propia y con datos de OPP-PDGS-FCEyA Guía Práctica para la Evaluación Económica de Proyectos de Desarrollo Urbano (2014)

El Cuadro A3-6 se compara los indicadores de Valor Actual del Costos total del sistema Convencional de saneamiento (incluyendo disposición final) y se ha simulado el valor actual de Beneficio económico (DaP) por hab. correspondiente en función de la escala de la Localidad.

En el Escenario de referencia (la DaP representa el 4 % del Ingreso promedio de una Familia del Interior) resulta relevante señalar que el Sistema Convencional presenta un Beneficio económico (USD/hab.) superior al Costo Total de esta Solución solamente a partir de las Localidades que disponen de una población superior a 5,000 hab.

Cuadro A3-6 Valor Actual del Beneficio Total por Conectarse a una Red Convencional (a nivel de Localidades de 5,000 y 3,000 Hab)

Cuenca hidrológica	Escala de localidad	
	5,000 Hab.Eq	3,000 Hab.Eq
DaP RED y PT en % de ingresos	Valor de referencia	Valor simulado
	4 %	5.3 %
VA (r=12%, n=49 años) DAP p/viv precio económico (en USD)	\$7,797	\$10,371
VA (r=12%, n=49 años) DAP p/viv precio de mercado (en USD)	\$9,066	\$12,059
Beneficio total USD/Hab.Eq. VA (r=12%, n=49 años) precio de mercado (en USD)	\$3,942	\$5,243

El Cuadro A3-7 y el Gráfico A3-1 permiten comparar el Costo y Beneficio total en función del tamaño de las Localidades e identificar una escala crítica en términos de tamaño mínimo de las Localidades que garantizan una rentabilidad económica del 12 %. Se han estimado dos Escenarios de Beneficios económicos: el Escenario 1 estima los beneficios por vivienda a partir de una DaP del 4 %, el Escenario 2 con una DaP del 5.3 %.

Mientras que una DaP del 4 % del Ingreso de los Hogares permite una rentabilidad del 12 % a partir de Localidades con una escala mínima de 5,000 Habitantes, una DaP equivalente al 5.3 % del Ingreso del Hogar garantizaría una rentabilidad el Sistema Convencional para Localidades de 3,000 habitantes o más.

Cuadro A3-7 Comparación del Valor Actual de los Costos y de los Beneficios de la Red Convencional
(en USD por Hab. según tamaño de Localidad)

Hab/Equiv	Costo total RED y PT	Beneficio total (Dap 4 %)	Beneficio total (Dap 5.3 %)
500	10,341	4,822	6,390
1,00	8,390	3,942	5,223
1,500	7,242	3,942	5,223
2,000	6,428	3,942	5,223
2,500	5,796	3,942	5,223
3,000	5,243	3,942	5,223
3,500	4,791	3,942	5,223
4,000	4,536	3,942	5,223
4,500	4,228	3,942	5,223
5,000	3,848	3,942	5,223
5,500	3,573	3,942	5,223
6,000	3,224	3,942	5,223
6,500	3,033	3,942	5,223
7,000	2,874	3,942	5,223
10,000	2,779	3,487	4,620
20,000	2,679	3,487	4,620

Figura A3-1 Sistema Convencional Saneamiento. Comparación del Valor Actual del Costo Total y el Valor actual del Beneficio económico por habitante según escala de la Localidad. (en USD/Hab)

