

ACCESO UNIVERSAL AL SANEAMIENTO

Caso La Paloma, Rocha

ESTUDIOS BÁSICOS



Tutores:

Msc. Ing. Julieta López

Msc. Ing. Nicolás Rezzano

Ing. Daniel Schenzer

Estudiantes:

Elizabeth Acuña

Gimena Cabrera

Carlos Santiago

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería-Universidad de la República

2016

Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a las personas que aportaron parte de su tiempo y dedicación a contribuir en la construcción de las distintas etapas del presente proyecto: Mariana Montemóño (Área de Investigación y Estadística, Ministerio de Turismo), Ing. Fernando Recuero (Jefe Técnico OSE Rocha), Ing. Ricardo De Santiago (Obras y Montajes, CIEMSA), Ing. Lawrence White (Servicio Operación y Mantenimiento, Intendencia de Montevideo), Soc. Andrea Gamarra (DINAGUA), Richard Camejo (Intendencia de Rocha, Sist. de Inf. Geográfica), Rubén González (Alcalde Suplente de La Paloma) y su secretaria Nelly, Luis Olivera (Alcalde de La Paloma), Ing. Álvaro Irigoyen (CIEMSA), Ing. María Mena (Intendencia de Montevideo), Dra. Ing. Mónica Fossati (IMFIA), Ing. Juan Pertusso (IdeR), Ing. Fernando Cruz (Xylem), Lic. en Geología Andrés Pérez (OSE), Gustavo Siuto (RETEC), Ing. Lucía Campanela (CIEMSA) y muy especialmente a nuestros tutores Msc. Ing. Julieta López, Msc. Ing. Nicolás Rezzano y Ing. Daniel Schenzer.

Acrónimos

ANEP: Administración Nacional de Educación Pública
ANP: Administración Nacional de Puertos
ANV: Agencia Nacional de Viviendas
BID: Banco Interamericano de Desarrollo
CF: Coliformes Fecales
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
DINAGUA: Dirección Nacional de Aguas, del MVOTMA
DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente, del MVOTMA
DINASA: Dirección Nacional de Agua y Saneamiento, del MVOTMA
DNH: Dirección Nacional de Hidrografía
DQO: Demanda Química de Oxígeno
ETP: Evapotranspiración Potencial
IDE: Infraestructura de Datos Espaciales
IM: Intendencia de Montevideo
IMFIA: Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental
INE: Instituto Nacional de Estadísticas
IVA: Impuesto al Valor Agregado
MEVIR: Movimiento de Erradicación de la Vivienda Rural Insalubre
MSP: Ministerio de Salud Pública
MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas
MVOTMA: Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
NTK: Nitrógeno total Kjeldahl
ONU: Organización de Naciones Unidas
OSE: Obras Sanitarias del Estado
P: Fósforo
PIAI: Programa de Integración de Asentamiento Irregulares
PMB: Programa de Mejoramiento de Barrios
RBC: Ratio Beneficio/Costo
SNAP: Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SST: Sólidos Suspendidos Totales
VAN: Valor Actual Neto

Índice general

1	Introducción	1
2	Antecedentes	3
2.1	Caracterización del Departamento de Rocha	5
2.2	Caracterización del Balneario La Paloma	9
3	Definiciones previas	15
3.1	Área de proyecto.....	15
3.2	Recopilación de Datos.....	15
3.3	Zonas Homogéneas	18
3.4	Periodo de previsión	23
4	Análisis de la Poblacional	24
4.1	Población.....	24
4.2	Viviendas	31
4.3	Dotación	33
5	Planta de Tratamiento.....	35
5.1	Planta de Tratamiento.....	35
6	Disposición Final del Efluente	39
7	Criterios adoptados para el análisis económico de alternativas.....	43
7.1	Depósito fijo impermeable más camión barométrico	43
7.2	Fosa séptica con red de efluentes decantados	45
7.3	Red de colectores.....	48
8	Estudio de Alternativas	55
8.1	Zonas Homogéneas con menos de 6 viviendas por Ha.....	55
8.2	Zonas homogéneas con más de 6 viviendas por Ha	58
9	Análisis de solución integrada	61
9.1	Alternativas de Solución.....	61
9.2	Planta de Tratamiento.....	65
9.3	Emisario.....	76
9.4	Análisis Técnicos.....	76
9.5	Costos Indirectos.....	77
10	Resultados	79
10.1	Análisis de costos	79
10.2	Análisis Ambiental.....	79
10.3	Elección de la alternativa	81
11	Etapabilización preliminar de Obras	83
12	Disposición de Lodos.....	86
13	Síntesis de Resultados	88
14	Bibliografía	89

1 Introducción

El acceso al saneamiento de las pequeñas localidades en Uruguay es un problema que ha adquirido mayor importancia en los últimos años. Generalmente las pequeñas localidades del interior, que no cuentan con red de alcantarillado definidas, realizan el vertido de efluente al terreno. Esta solución, si no es correctamente diseñada y operada resulta inadecuada, ya que puede existir riesgos ambientales como contaminación de la napa freática, cuerpos de agua superficiales, y riesgos sanitarios como la proliferación de vectores que pueden ocasionar enfermedades de transmisión hídrica.

En este caso, se desarrolla de un proyecto de saneamiento no convencional, tomando como caso de aplicación, la localidad de La Paloma, en el Departamento de Rocha.

En base a las características de la zona de estudio, donde la población varía significativamente en los meses de verano respecto a los meses de invierno, se plantea la realización de las siguientes actividades:

- Analizar alternativas de saneamiento fuera de temporada alta, para zonas de baja y alta densidad de población.
- Analizar a nivel estratégico las alternativas de saneamiento en temporada alta de turistas.
- Desarrollar un anteproyecto del sistema de saneamiento focalizado en un caso de estudio particular, determinando aspectos de construcción, operación y mantenimiento.

Metodología de Análisis Alternativas

Inicialmente se realiza una recopilación de información sobre tipos de sistemas de saneamiento: colecta, transporte y disposición final y el análisis de la normativa nacional y departamental.

Se analiza las características generales del balneario como: número de habitantes fijos y número de turistas de forma mensual, características de la población, y zonas de interés (servicios de salud, educación, supermercados, hoteles, camping, hostels, ente otros). Posteriormente se realizan salidas de campo, para reconocimiento del medio y acercarnos a las autoridades de la zona (Alcalde del Municipio de La Paloma y el Jefe Técnico de OSE en Rocha).

La información sobre nivel freático, y el nivel de roca, fue brindada para la primera instancia por el Alcalde suplente de La Paloma. Se destaca que para el análisis de alternativas se toma como verídico el dato aportado por el alcalde en cuanto a nivel freático y presencia de roca, pero para la etapa de anteproyecto, se trabaja con datos de relevamiento topográficos y perforaciones de OSE.

Debido a las características balnearias de la zona, y a la cercanía de las localidades vecinas, se decidió incluir en el análisis de alternativas, además de La Paloma, a los balnearios de La Aguada, Costa Azul, Arachania y Antoniópolis.

El estudio se realiza definiendo zonas homogéneas, que se construyen a partir de información de INE.

Se divide el análisis según la densidad de viviendas, para el final del período de previsión, se estudian por un lado las zonas homogéneas con menos de 6 viviendas por hectárea y por otro lado las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea.

Para las zonas homogéneas con densidad de viviendas menor a 6 viv/Há las alternativas analizadas fueron: sistemas de infiltración, sistemas de evaporación y depósito fijo impermeable.

Para las zonas homogéneas con densidad de viviendas mayores a 6 viv/Há se estudiarán las alternativas de red condominial, red de efluentes decantados, red convencional y depósito fijo impermeable.

Estas alternativas son analizadas comparativamente según criterios económicos, ambientales y técnicos. Según las alternativas descritas anteriormente se cartografían las posibles soluciones:

- **Alternativa 1:** Dónde las zonas homogéneas con menos de 6 viviendas por hectárea tendrán depósito fijo impermeable, y las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea tendrán una parte soluciones de red condominial y otra parte red de efluentes decantados (Resultado de análisis económico).
- **Alternativa 2:** Dónde las zonas homogéneas con menos de 6 viviendas por hectárea tendrán depósito fijo impermeable, y las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea tendrán red de efluentes decantados.
- **Alternativa 3:** Dónde las zonas homogéneas con menos de 6 viviendas por hectárea tendrán depósito fijo impermeable, y las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea tendrán red condominial.

Las tres alternativas se adicionan la planta de tratamiento, que se ubicará en el faro de La Paloma.

También se adiciona el costo de un interceptor costero, a donde todas las zonas llevaran sus líquidos y serán conducidos hasta la planta de tratamiento.

Para el tratamiento y la disposición final de los lodos acumulados, se propone integrar los mismos a un proyecto actual de generación de compost como mejoradores de suelos, que se lleva a cabo en el antiguo vertedero de La Paloma.

Se destaca que se supone que la implantación de estas alternativas así como la operación y mantenimiento se realiza por parte de OSE, donde éste cobra una tarifa mensual en base al consumo de agua de cada vivienda.

El análisis de costos para cada alternativa se realiza mediante un análisis VAN. Se determina que la opción más adecuada es la alternativa 2, que supone implementar para las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea red de efluentes decantados, y para las zonas homogéneas con menos de 6 viviendas por hectárea depósitos fijos impermeables.

2 Antecedentes

Reseña histórica de saneamiento en Uruguay

Los servicios de saneamiento comienzan en Uruguay durante el siglo XIX con empresas privadas. En 1854 comienzan las obras de saneamiento en Montevideo, y se convierte en la primer ciudad de América Latina en contar con red de saneamiento dinámico.

En 1907, la prestación de los servicios de construcción de obras de saneamiento dinámico comienza a cargo de la Dirección de Saneamiento del Ministerio de Obras Públicas. El saneamiento pasa a manos del gobierno municipal en 1913. A partir de entonces se comienza a implementar planes y obras de saneamiento por parte de la Intendencia de Montevideo, con el fin de mejorar el servicio y recuperar la calidad de los cuerpos de agua de Montevideo.

En 1915 se realizan obras de saneamiento dinámico en algunas capitales de los departamentos del Interior.

A partir de 1952, el servicio queda bajo la responsabilidad de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), ya que OSE se empezaba a responsabilizar de los sistemas de agua potable en todo el país y del saneamiento para los departamentos del interior, quedando registrado en la ley N° 11907 del 19 de Diciembre de 1952.

Bajo el mando de OSE, se fue ampliando, de forma sostenida, la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.

En torno a 1970, OSE propone que para poblaciones menores de 1.000 habitantes, se promueva los sistemas de saneamiento individual. También en este año, es cuando estaban construidas los servicios para las ciudades con más de 10.000 habitantes. Es aquí cuando se da mayor importancia a la expansión de los servicios, ya que empieza a tener cierta relevancia al impacto que tiene sobre la salud pública.

En la década de 1980, existe una gran impulsión los sistemas de saneamiento mejorado, en aquellas poblaciones que no contaban con sistema de alcantarillado. Se realizan obras de ampliación del servicio así como expansión de las redes de alcantarillado. Es en 1990 cuando comienzan la construcción de plantas de tratamiento de efluentes previo a su vertido al curso natural del agua. Se incorporan nuevas localidades al servicio de alcantarillo después del 2000.

La cobertura de saneamiento, en 2009, llegaba en la zona de Montevideo al 91 %, y en las capitales de los departamentos del interior del país a un 63 %, según datos de OSE.

A principios del siglo XX, la principal causa de mortalidad en Uruguay son por enfermedades infecciosas y parasitarias (que son de transmisión hídrica, principalmente en niños), esto ha cambiado notoriamente, y se puede observar una variación complementaria con el aumento de la cobertura de sistema de alcantarillado. Es decir que con el aumento de la cobertura de abastecimiento y saneamiento se redujo la mortalidad infantil a causa de enfermedades diarreicas.

De acuerdo con el censo de 2011 del Instituto Nacional de Estadística (INE), el 60 % del total de hogares relevados del país están conectados al servicio de saneamiento por redes. Lo que representa que 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 %. También, según los datos del censo, un 36 % de los hogares urbanos del país

utilizan sistemas individuales. Se destaca 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 actual permite la infiltración al terreno, el 97 % de la población utiliza el sistema de fosa séptica y/o pozo negro. (Fuente: Informe BID, Acceso universal al saneamiento: alternativas y costos, caso Uruguay, año 2015)

Contexto de Proyecto

2.1 Caracterización del Departamento de Rocha

2.1.1 El medio físico

Desde una perspectiva geológica y geomorfológica, el Departamento de Rocha forma parte de la gran fosa de la Laguna Merín.

Los recursos hídricos superficiales del Departamento se diferencian, por la extensión y el caudal, entre los afluentes de la cuenca de la Laguna Merín y los de la cuenca atlántica.

En el área de estudio, se considera como sistema de aguas subterráneas al acuífero Chuy, el cual se dispone como un sistema heterogéneo constituido por una sucesión de estratos arenosos y arcillosos, de estructura horizontal a subhorizontal que en forma discontinua ocupa las costas de los departamentos de Canelones hasta Rocha (en Uruguay).

Los humedales (también denominados bañados o esteros) ocupan llanuras bajas inundadas en forma permanente o temporaria con difíciles condiciones de escurrimiento natural. Los humedales son inundados generalmente por las precipitaciones, y por aportes de las cuencas altas.

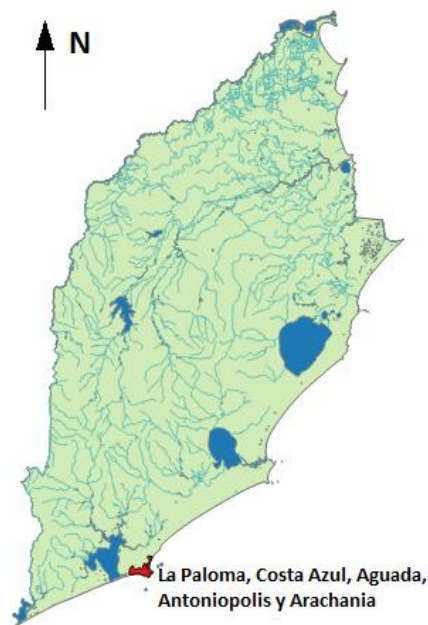


Figura 1: Departamento de Rocha, con los cursos de agua y lagunas.

Las obras de drenaje y riego existentes en el Departamento son de la primera mitad del siglo XX, construidas con fines agropecuarios, construyendo obras de protección frente a inundaciones y de drenaje (represas y diques).

La humedad relativa es alta, con variaciones estacionales de temperatura. La temperatura media anual varía entre 21.5 y 10.8 grados. La humedad relativa varía entre 81% y 74% y la precipitación entre 1.123 y 1.293 mm.

2.1.2 Estructuras del Territorio

La red vial del Departamento está conformada por rutas nacionales, y una amplia red de caminería rural de administración departamental. La conexión vial principal que vincula el Departamento con la capital del país es la ruta 9, con un trazado que acompaña la línea de costa al Oeste de las lagunas de Garzón, Rocha y Castillos y al Este de la laguna Negra, uniendo las ciudades de Chuy, Castillos, Rocha hacia Montevideo.

La vía férrea conectaba la ciudad de Rocha con San Carlos y Montevideo así como por otro ramal con La Paloma.

En materia de acceso al saneamiento, hay tres ciudades en el Departamento de Rocha que cuentan con red de saneamiento de OSE (Rocha, Castillos y Chuy). En los tres casos las conexiones corresponden a un tercio de las viviendas de la zona urbana. Además, en la ciudad de Lascano están dando comienzo las obras para la construcción de una red de saneamiento. En las zonas de estas localidades que no cuentan con red de saneamiento, donde se incluyen aquellas viviendas aún no se han conectado y en el resto de las localidades del Departamento que no cuentan con red de alcantarillado, la evacuación de excretas se realiza por medio de pozos negros/fosas sépticas y recolección por barométricas con vertido en las lagunas de OSE en Rocha, Chuy y Castillos o bien a cielo abierto.

La Intendencia Departamental realiza la recolección de los residuos sólidos en todas las localidades del Departamento los que se vierten en los sitios de disposición final (a cielo abierto) existentes en las localidades de Rocha.

La red nacional de fibras ópticas donde ANTEL es quien brinda el servicio, cubre las localidades de Rocha, Castillos, Chuy y Lascano.

El Departamento cuenta con servicios de salud pública (ASSE) y por dos Instituciones de Asistencia Médica Colectiva privadas (COMERO y MÉDICA URUGUAYA).

Los centros poblados del Departamento han sido categorizados, según el documento “Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” de la siguiente forma:

- Según la legislación: ciudad capital (Rocha); ciudades (Castillos, Chuy, Lascano, La Paloma); villas (18 de Julio, Velázquez); pueblos (Cebollatí, 19 de Abril, La Aguada y Costa Azul, La Coronilla, San Luis al Medio).
- Según INE: centros poblados (Barra del Chuy, Parallé); balnearios (Aguas Dulces, Arachania, La Pedrera, Puimayén); caseríos (Cabo Polonio, Barra de Valizas, Punta del Diablo).

2.1.3 Saneamiento en Rocha

2.1.3.1 Situación Actual

Según las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Rocha, solo tres ciudades cuentan con sistema de saneamiento (Rocha, Castillos y Chuy). La cobertura, es de 34 % en Rocha y Castillos y el 38% en Chuy. En las ciudades de Rocha y Chuy el tratamiento de las aguas residuales se realizan en sistema de lagunas con vertido final a curso de agua (Arroyo de Rocha y Chuy respectivamente), en tanto en Castillos el tratamiento se realiza en tanques Imhoff con vertido a la cañada afluente de la Laguna Castillos.

Cabe destacar que OSE ha definido como objetivo de política la ampliación de la cobertura hasta alcanzar el 60% en las localidades con más de 10 mil habitantes. En las localidades de Cebollatí, 18 de julio, San Luis, La Coronilla y Velázquez existen núcleos de viviendas construidos por MEVIR que cuentan con sistemas de saneamiento que serán gestionados por OSE (actualmente son gestionados por MEVIR). Además, OSE ha elaborado Planes Directores de Saneamiento para varias localidades del Departamento: Castillos, La Paloma-La Aguada-Costa Azul, Cebollatí, 18 de julio, Lascano y Velázquez.

En general, Rocha cuenta con una baja cobertura del servicio de saneamiento, ya que solo el 18% de la población que tiene servicio de agua potable brindado por OSE está también conectada a red de saneamiento. Lo anterior implica que el resto de la población realiza la disposición final de las aguas residuales mediante sistemas de infiltración al terreno o mediante pozos impermeables con desagote periódico por barométricas cuyo vertido final debería ser en las lagunas de OSE. Se observa en la práctica, el vertido en las cunetas de las calles.

Se ha impulsado la aplicación de soluciones individuales de tratamiento de los efluentes donde las condiciones locales lo hacen factible, como una medida a la situación actual (infiltración al terreno, pozos negros “pinchados”, recolección y vertido por barométricas en sitios no adecuados, etc.). En el 2011 se ha aprobado una nueva ordenanza sanitaria en la materia.

2.1.3.2 Acciones a realizar.

- 1) En las localidades donde existe red de saneamiento, identificar áreas urbanas prioritarias para la extensión de las redes.
 - i. Promover la mayor conexión de los usuarios a la red del servicio existente.
 - ii. Promover la extensión de las redes de saneamiento en las localidades que ya cuentan con el servicio, priorizando los sectores de ampliación por densidad de ocupación del territorio (mayor a 20 hab./ha), en los centros poblados de Rocha, Castillos, Lascano y Chuy.
- 2) Promover a nivel de OSE-MVOTMA/DINAGUA la ejecución de proyectos a partir de los Planes Directores de Saneamiento formulados para las pequeñas localidades.
- 3) Promoción de soluciones locales para el vertido de los residuos líquidos recogidos por barométricas en coordinación con OSE e identificación de las localizaciones para los mismos.
 - i. Evitar el derrame de las aguas servidas en lugares como cunetas, fomentando (en coordinación con OSE), el desarrollo de un estudio de alternativas de localización, construcción y operación de lagunas para recibir el vertido de barométricas
 - ii. Formular un Plan de Gestión de la operatividad de los camiones barométricos para controlar el número de viajes por día, sitios de descarga de efluentes, control de habilitaciones, entre otros
 - iii. Impulsar soluciones individuales de tratamiento de efluentes en los lugares que no cuentan con saneamiento y donde las condiciones particulares son aptas para el tratamiento e infiltración al terreno en el mismo sitio de su generación
- 4) Realización de un catastro multipropósito de Industrias a nivel departamental, con datos de localización, habilitaciones, sitios de disposición de efluentes y residuos sólidos, entre otros

Se espera como resultado erradicar la contaminación por residuos (de todo tipo) por la operación en el Departamento de un sistema de gestión de los residuos sólidos y líquidos (recolección de los mismos, su adecuado tratamiento y disposición final, combinando) de acuerdo a las características y usos del suelo.

2.1.4 Turismo

Rocha cuentan con balnearios oceánicos que se desarrollan a lo largo de su litoral marítimo, éstos son: La Paloma y su zona de influencia, La Pedrera y su entorno, Aguas Dulces, Barra de Valizas, La Esmeralda, Punta del Diablo, La Coronilla y aledaños y Barra del Chuy y su entorno. Su configuración, grado de desarrollo y características propias son muy disímiles entre la población permanente de estos balnearios es muy pequeña en relación a la temporaria. En el último tiempo se ha incrementado la cantidad de actividades asociadas al turismo como restaurantes, supermercados y otros comercios minoristas, hotelería, barracas de construcción, servicios bancarios, cajeros automáticos y estaciones de servicio.

2.1.5 Áreas Protegidas

Según el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (año 2011) en el departamento de Rocha se encuentran: el área protegida Laguna de Rocha (Nº 2 en Figura 2), el área protegida Laguna de Castillos (3), el área protegida Laguna Garzón (4) y área protegida Laguna Negra, refugio de fauna Laguna de Castillos (11), monumento natural de dunas del Cabo Polonio (12), monumento natural de costa atlántica – 26 km. (13), Parque Nacional Lacustre, área de uso múltiple lagunas de José Ignacio, Garzón y Rocha (14), parque nacional de islas costeras (17), Monumento Histórico y Parque Nacional Fuerte San Miguel (18), Monumento Histórico y Parque Nacional Fortaleza de Santa Teresa (19), Parque Nacional y Reserva de Fauna y Flora El Potrerillo de Santa Teresa (22), y Reserva Forestal Cabo Polonio y Aguas Dulces (23).



Figura 2. Áreas Protegidas en el Departamento de Rocha. Fuente: Documento Directrices Departamentales de Rocha.

2.2 Caracterización del Balneario La Paloma

2.2.1 Generalidades

La Paloma es uno de los balnearios más importantes de Rocha, ubicado hacia el Sur – Este. Esta localidad junto a balnearios contiguos constituye una centralidad regional para su población permanente y la de localidades costeras próximas. Cuenta con una población de 4.962 habitantes desde la Laguna de Rocha hasta Arachania, en el año 2011, según datos del INE. Constituye el principal centro balneario de la costa y se han instalados servicios muy variados requeridos por la actividad turística.

La Paloma es clasificada como núcleo urbano consolidado de uso residencial estacional, en base a lo estipulado en el artículo 32º de la Ley 18.308 del 18 de junio de 2008, en el artículo 24º del Decreto Departamental Nº 4/2009 y en el artículo 9º de las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial. Es un centro poblado consolidado de uso predominantemente en época estival. Además posee servicios básicos de infraestructura (calles, alumbrado público, agua, telefonía, recolección de residuos, transporte, entre otros), servicios de utilidad pública para la población permanente (entre otros policlínica, farmacia, escuela, caif y liceo) y para la población estacional (supermercados, estaciones de servicio, gran variedad de hoteles, camping, centros bailables, entre otros).

En relación a cobertura médica para este balneario, se tienen un centro de salud de ASSE, y en materia de salud privada, hay dos centros de salud, una es COMERO y la otra es MÉDICA URUGUAYA.

Por calle Avda. Paloma entre Avda. Nicolás Solari y Aries, se encuentran los centros de educación de primer infancia (un CAIF y un Jardín de Infantes) y primaria (una escuela con aproximadamente 500 niños, en la actualidad) y en materia de educación secundaria hay un liceo de ANEP (con aproximadamente 500 estudiantes).

También cuenta con centros culturales (Centro Cultural La Paloma: biblioteca, cine, sala de conferencias) y clubes sociales y deportivos, además del Teatro de Verano, Museo de Ciencias (NaturCiencia), Estadio Municipal “Club Los Pinos”, canchas, cancha baby fútbol “Atlántico”.

Existe en la actualidad dos Cooperativas de viviendas en fase de construcción: COVIATLANTICO y COVILAPA de aproximadamente 34 y 28 viviendas respectivamente. Estas se están realizando en las proximidades de la intersección de las Calles “Del Navío” y “Anaconda”. Estas viviendas dispondrán de un sistema de saneamiento individual con depósito fijo impermeable.

Hay una estación de servicio ubicada en el cruce de las calles Avda. Nicolás Solari y Del Puerto. En los últimos años ha aumentado la presencia de supermercados, además en la actualidad existen: veintidós hoteles, cuatro apart-hoteles, treinta y cuatro complejos de cabañas, cuatro hostels, diecisiete campings (considerando La Paloma y La Aguada), con un total de seiscientos setenta y cinco parcelas. La mayoría de estos se ubican en la zona de la playa Anaconda. En la próxima imagen se tienen la ubicación de los mismos:

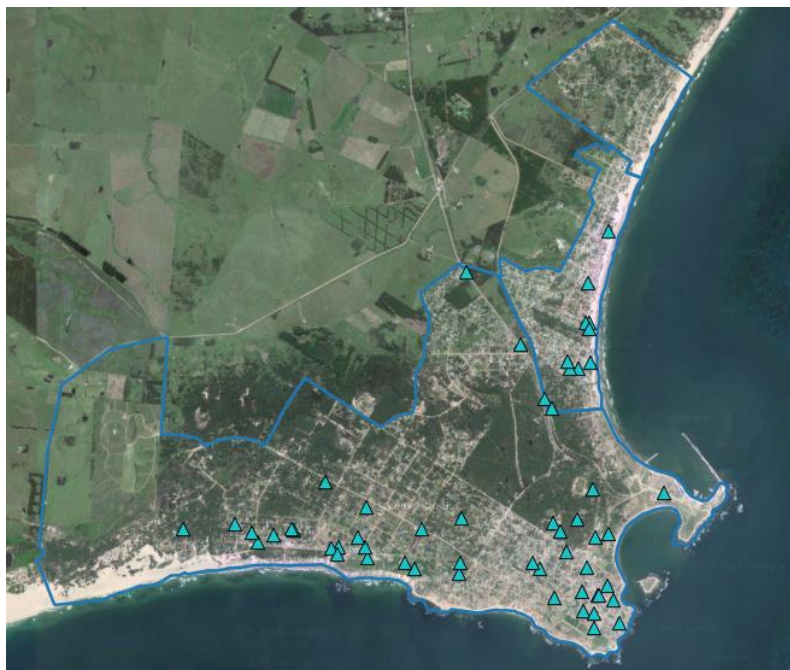


Figura 3. Ubicación de los alojamientos temporales.

En La Paloma existe un puerto, que está a cargo de dos instituciones: la DNH del MTOP y la ANP. En el predio del mismo, hay base naval compartida entre la Prefectura y la Armada Nacional, motivo por el cual no hay residentes permanentes pero si hay funcionarios continuamente en el lugar. Su uso no es turístico, sino que existe en la actualidad, entre dos y tres barcos para carga de madera, usualmente dos barcos que trabajan con petróleo y barcos de pesca.

De la costa de la localidad salen regularmente treinta barcos de pesca costera desde diversos puntos, no existe en la actualidad procesamiento de pescado en el Departamento con la excepción de una pequeña planta en las afueras de La Paloma.

Se estima una cantidad de 4598 viviendas, de las cuales, 1359 están ocupadas por residentes permanentes y 3239 están desocupadas (son de uso temporal), según datos del INE, Censo 2011. Como se observa, dicho balneario es de uso turístico ya que aproximadamente el 70% de las viviendas son de uso temporal.

Las personas residentes permanentes de La Paloma, se dedican en su mayor parte a la construcción, la pesca, la tala y la atención de servicios (supermercados, hoteles, estación de servicio, servicios públicos, entre otros). La mayor parte de la población estable se ubica en los barrios “Country” y “Barrio Obrero” (al Noroeste de Avda. Sagitario), además en el “Barrio Parque”. Este último es la zona de mayor vulnerabilidad social de la localidad, en su mayor parte los residentes se han ido asentando en terrenos privados de forma ilícita.

En la zona de la “Ciudad Vieja” la mayor parte de las viviendas son de uso temporal, estando prácticamente vacías en la mayor parte del año.

El abastecimiento público corresponde en gran medida a la extracción de aguas subterráneas de pozos en torno a esta localidad (295 m³/h) y en menor parte a la toma de agua superficial de los arroyos La Palma y Las Conchas (103 m³/h). (Obras Sanitarias del Estado, 22010)

El agua subterránea de la zona, contiene gran cantidad de metales, en particular Hierro, por ello el agua extraída debe ser tratada con un proceso de desferrificación. Se constató que una de las

perforaciones de la cual se toma agua para suministro, cuenta con un tratamiento de ósmosis inversa. Para tomar agua del arroyo mencionado, fue necesario la construcción de un embalse ubicado al Este de la Ruta 15; que durante algunos veranos se ha observado la sequía de éste principalmente en puntos cercanos al embalse. Con esto se observa la importancia del abastecimiento a través de agua subterránea para dicho lugar.

A modo ilustrativo se presenta un cuadro con datos de ocupación de viviendas en La Paloma:

Población	Viviendas particulares 2011			
	Total (hab.)	Total (viv.)	Ocupadas (viv.)	Desoc. de uso temporal (viv.)
3495	4598	1359	3239	70%

Abastecimiento agua potable		
Conexiones enero 2011	Km de red	Conexiones/Km de red
3403	75,1	45

Tabla 1. Datos de ocupación de viviendas particulares y de suministro de agua potable.

Se observa que las conexiones totales son menores a la cantidad total de viviendas, esto se debe en parte a la existencia de más de una vivienda en un padrón, y que no todas las viviendas se abastecen por el sistema de OSE.

Según información recabada, la mayor parte de las calles y caminos del balneario son de Tosca. Las calles principales y la mayoría de las calles del “Centro de La Paloma” están construidas con tratamiento asfáltico y existen algunas de adoquines.

El drenaje en el caso de las calles construida en Tosca se materializa con cunetas, en donde varía su profundidad desde 0,2 m hasta 1,5m. En las calles asfaltadas, se observa que existen como sistema de drenaje cordones cuneta y cunetas (en su mayor parte). Se observa que existen muchas calles que no tienen ninguna solución de drenaje, es decir no tenían ni cordón ni cuneta.

Según información obtenida de estudios geológicos realizados en La Paloma y zonas aledañas (Ver Anexo D) el nivel freático está a 2,5 m desde la superficie del terreno

Otra información relevante para la construcción es que en la zona de la “Ciudad Vieja” y aledañas en La Paloma existen yacimientos rocosos. Según confirmó la alcaldía, la zona rocosa es la de la Ciudad Vieja.

2.2.2 Sistema Actual de Saneamiento

En La Paloma, las soluciones de saneamiento existentes tienen características individuales, ya que cada vivienda es responsable de su sistema de disposición efluentes domésticos.

Por la información obtenida del Municipio La Paloma, las soluciones generalmente usadas son variadas y en su mayor parte implican infiltración al terreno del efluente. Estas soluciones pueden ser fosa séptica conectada a depósito fijo filtrante, depósito fijo impermeables con recolección periódica de camión barométrico, depósitos fijos permeables, sistema de fosa séptica conectada a un sistema de evapotranspiración del efluente decantado.

En la siguiente imagen se muestra un sistema de solución individual de evapotranspiración en una casa ubicada en el barrio “Country”, donde observan las fosas sépticas y el sistema de evapotranspiración con planta de Totoras:



Figura 4. Sistema de fosas sépticas y de evaporación del efluente decantado.

En materia de hoteles, hostels, apart-hoteles la solución puede ser depósito fijo impermeable con retiro periódico de camión barométrico, o un sistema de fosas sépticas con varias etapas seguido de un depósito fijo filtrante, o también seguido de un humedal o una zanja de infiltración. Estas alternativas se expresan en el “Art. 91. Sistemas de tratamiento individuales” de la Normativa departamental de Sanitarias Internas.

La mayoría de las soluciones actuales de saneamiento en La Paloma implican infiltración al terreno, hecho que genera preocupación para el municipio ya que puede producir contaminación en la napa.

El servicio de barométricas para la localidad de La Paloma, es brindado por empresas de la ciudad de Rocha, el sitio de disposición final es el vertedero de la ciudad, cuya ubicación se observa en la Figura 5. Hecho por el cual las barométricas van desde Rocha hasta la Paloma, realizan la limpieza del depósito fijo y vuelven a Rocha, el costo de cada limpieza es de aproximadamente \$U 3000.

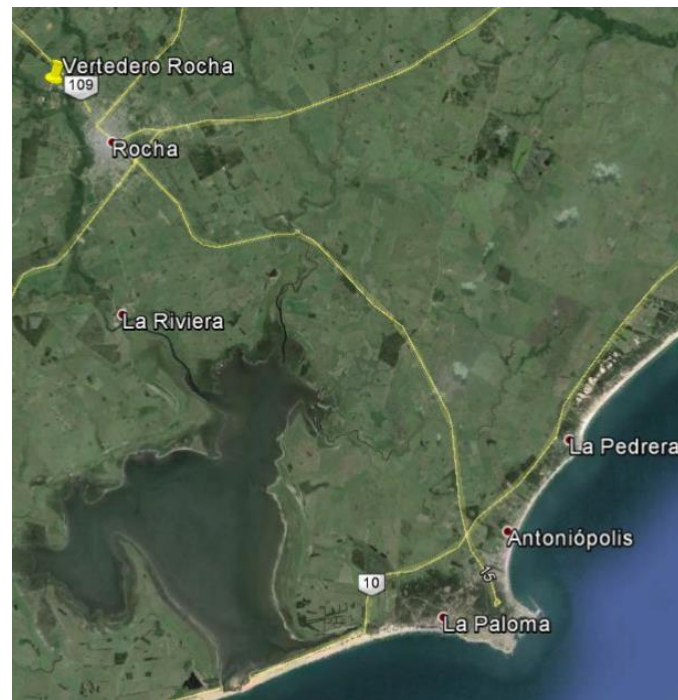


Figura 5. Ubicación el vertedero de la ciudad de Rocha.

En el cruce de la Rutas 10 y la Ruta 15 se encuentra el ex vertedero de La Paloma, a unos 5 km del centro de La Paloma.

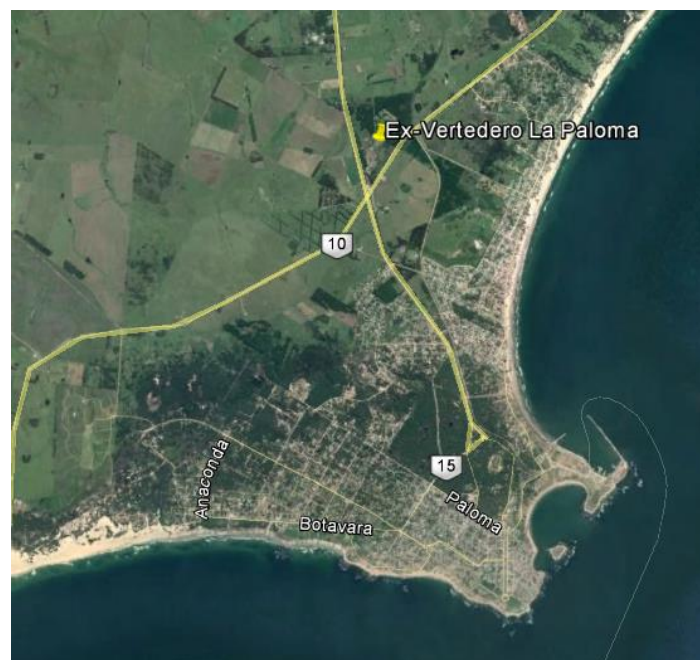


Figura 6. Ubicación del ex-vertedero de La Paloma.

Este lugar actualmente se utiliza para la disposición de los residuos de podas, y tiene un espacio destinado a la realización de compost a partir de los desechos de pesca.



Figura 7. Ex Vertedero de La Paloma.

Según información recibida por personal del municipio de La Paloma, el predio del ex-vertedero es el área disponible para el emplazamiento de una posible planta de tratamiento, y/o área de disposición final de los efluentes domésticos, aunque no se tiene definido el tipo de tratamiento y disposición final a realizar.

La mayoría de las viviendas construidas recientemente, principalmente en los barrios “Obrero” y “Country”, tienen su depósito fijo ubicado hacia el frente, respetado la normativa departamental de sanitarias internas



Figura 8. Fotografías donde se observa la ubicación de las ventilaciones en el frente de las casas.

3 Definiciones previas

3.1 Área de proyecto

El área de proyecto en primera instancia, abarcaba únicamente la localidad de La Paloma, en el departamento de Rocha.

El presente proyecto tiene como objetivo contribuir al acceso al saneamiento para pequeñas localidades, motivo por el cual se decide incorporar al estudio de alternativas de saneamiento a los balnearios contiguos de La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania. Además se destaca que éstos tienen características similares a la localidad de estudio, en lo referido a variación de población en periodo estival o no estival, características de la población fija, topografía, orografía y geología.

Por estos motivos, el estudio de alternativas, así como el diseño de las estructuras propuestas se realizan para los balnearios de La Paloma, La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania.



Figura 9. A la izquierda La Paloma en el Departamento de Rocha, y a la derecha la Zona de alcance.

3.2 Recopilación de Datos.

Para el estudio de alternativas de saneamiento en las localidades de La Paloma, La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania, se recopila la información especificada a continuación:

- De la base de datos del IDE se extrajo información en forma de archivos vectoriales “.shp”¹ de:
 - Curvas de nivel cada 2 m para la zona céntrica de La Paloma, La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania.
 - Curvas de nivel cada 10 m del departamento de Rocha.
 - Usos del Suelo para la Zona.
 - Hidrografía de la zona.
 - Orografía del Uruguay
 - Caminería (ejes de calles).
 - Vías de tren.

¹ Archivos georeferenciados en coordenadas WGS84 UTM21S.

- Manzanas.
- Parcelas.

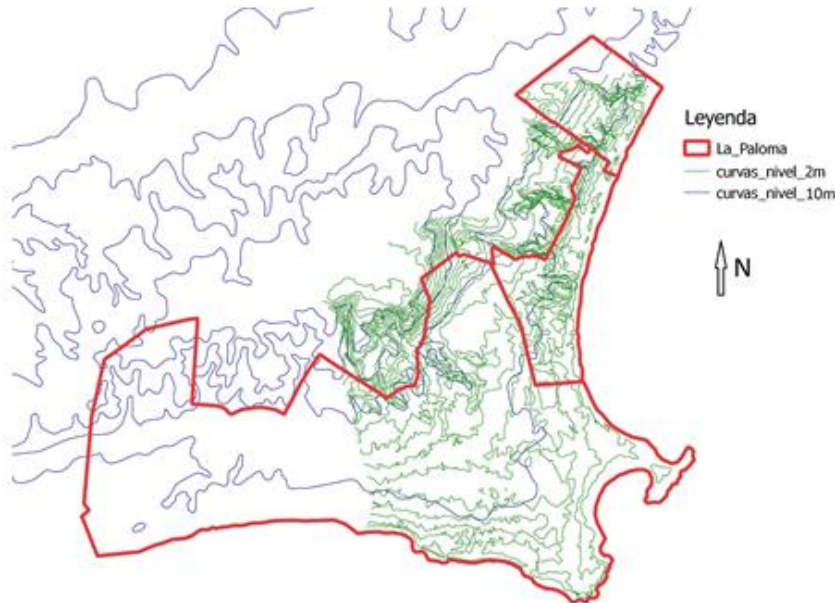


Figura 10.A a la derecha, Curvas de nivel cada 2 m (en color verde) y cada 10m (en color azul).

- De la base de datos del INE se extrajo la información de:
 - Población Actual y pasada en período no estival (años 1963, 1975, 1985, 1996, 2004 y 2011).
 - El INE divide a La Paloma en áreas más pequeñas, y los denomina Segmentos Censales, por cada uno se tiene la información de:
 - Cantidad total de viviendas para los años 1996, 2004 y 2011 de los Marcos Censales.
 - Cantidad de viviendas ocupadas, viviendas de uso temporal, viviendas en venta o para alquilar, viviendas en reparación o etapa de construcción, estos datos son relativos al año 2011, donde se realizó el último censo nacional.
 - Abastecimiento de agua según vivienda: abastecimiento por red de OSE, pozo surgente u otro.

Los segmentos censales del INE son áreas utilizadas para realizar el estudio de la población que allí se instala. En primera instancia se trabaja con los datos de viviendas de cada segmento censal, ya que éstos desvinculan inicialmente el estudio de la variación de población que estos balnearios experimentan de forma importante principalmente en el primer trimestre del año.



Figura 11. Segmentos Censales INE.

A continuación se presenta la distribución de viviendas totales, viviendas ocupadas y de uso temporal para cada segmento censal en la zona de estudio, para el año 2011. No se presentan la cantidad de viviendas en construcción, inhabilitadas y ruinosas, ya que se consideran indispensables para este estudio.

Leyenda

Tota de Viviendas

- 110
- 230
- 387
- 411
- 418
- 454
- 462
- 512
- 577
- 589
- 594
- 597
- 616
- 981

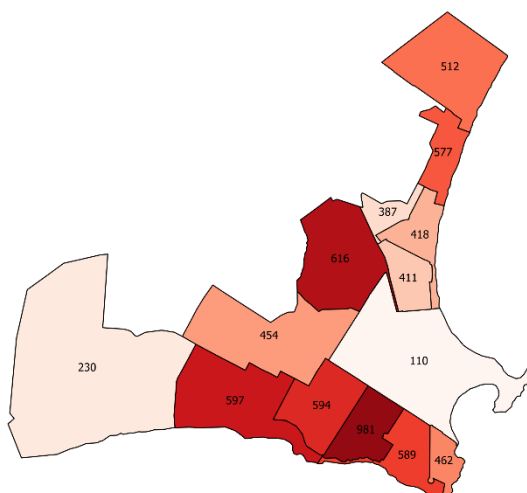


Figura 12. Cantidad de Viviendas Totales por segmento censal, año 2011.

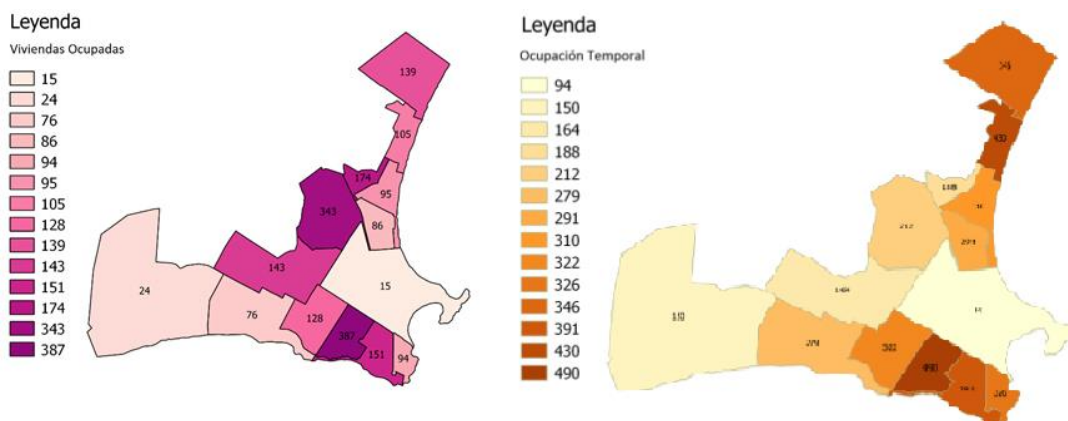


Figura 13. Cantidad de Viviendas ocupadas (izquierda) y viviendas de uso temporal (derecha) para cada segmento censal, año 2011.

3.3 Zonas Homogéneas

En el presente apartado, se pretende realizar un análisis de alternativas general, centrándose en análisis económicos, ambientales y técnicos. Este último aspecto es importante, ya que la zona de aplicación tiene la particularidad que en época estival la población aumenta notoriamente, aspecto que se verá reflejado en el diseño.

Para realizar el análisis es necesario dividir la zona de estudio, en zonas más pequeñas, analizando alternativas en cada una de ellas y finalmente integrando las soluciones individuales en una solución general para la zona. Para ello se utilizan los segmentos censales que define el INE, donde clasifican la localidad según características similares, se observó que dentro de cada segmento censal la distribución de las viviendas se puede considerar como homogénea, excepto algunos casos que se analizarán.

Los segmentos censales tienen áreas grandes para realizar un estudio de alternativas, por este motivo se decide definir zonas más pequeñas a las que llamaremos “zonas homogéneas”. Estas se construirán a partir de los segmentos censales, observando la distribución de viviendas en cada uno de ellos.

El criterio utilizado para determinar las zonas homogéneas es la homogeneidad en la distribución de viviendas, ya que se dividirá el estudio según densidad de viviendas. Se determinan un total de veintitrés “zonas homogéneas” que pueden observarse a continuación:



Figura 14. Zonas homogéneas.

Las zonas homogéneas determinadas resultan prácticamente una división de los segmentos censales, donde su área se ajusta mejor a los requerimientos del análisis.

En la imagen siguiente se observa la intersección de los segmentos censales (celeste) con las zonas homogéneas (rosado).



Figura 15. Intersección de Segmentos Censales y Zonas Homogéneas.

Para determinar la cantidad de viviendas en cada zona homogénea, se adjudicó, a cada una de ellas, una ponderación en relación a la información original de cantidad de viviendas por segmento censal. Esta tarea se realizó observando la distribución actual de viviendas, con ayuda de Google Earth (ya que este tiene información actualizada).

En la siguiente tabla se observa la ponderación asignada:

Zonas Homogéneas	Segmentos Censales que lo incluyen	Porcentaje de cada una
1	106	100%
2	107	60%
3	107	40%
4	210	30%
	108	100%
5	206	100%
6	207	88%
7	207	2%
8	207	10%
9	208	10%
10	208	20%
11	208	70%
	210	20%
12	210	20%
13	210	30%
14	306	100%
15	310	40%
16	310	5%
17	310	55%
18	102	100%
19	202	100%
20	302	100%
21	1	100%
22	209	50%
23	209	50%

Tabla 2. Ponderación de cada segmento censal en cada zona homogénea.

En base a estos valores, tomando la información de cada segmento censal se determinó para cada zona homogénea la siguiente información:

- Área (Há)
- Cantidad de viviendas
- Cantidad de viviendas ocupadas
- Cantidad de viviendas de uso temporal
- Cantidad de viviendas para alquilar o vender
- Cantidad de viviendas en etapa de construcción
- Cantidad de viviendas inhabilitadas o en desuso
- Cantidad de viviendas ignoradas o vacantes
- Densidad de Viviendas

A continuación se presentan los datos obtenidos:

Zona Homogénea	Área (Há)	Viviendas (Año 2011)						Total Viv.	Densidad viviendas (viv.Ha)
		Viv Ocupadas	Viv. Uso temporal	Viv. Alq o vender	Viv.en construc.	Viv. Inhab.	Viv. Vacantes		
1	62,46	387	490	86	5	3	10	981	15,7
2	130,95	9	56	0	0	0	1	66	0,5
3	145,3	6	38	0	0	0	0	44	0,3
4	105,93	171	371	159	20	1	8	730	6,9
5	61,36	151	391	25	4	1	17	589	9,6
6	105,11	301	187	28	10	3	13	542	5,2
7	20,86	7	4	1	0	0	0	12	0,6
8	13,57	34	21	3	1	0	1	60	4,4
9	44,79	7	28	21	3	0	0	59	1,3
10	34,71	15	56	42	6	0	1	120	3,5
11	90,9	82	228	171	24	1	3	509	5,6
12	50,36	29	33	24	4	1	1	92	1,8
13	85,08	43	49	36	5	1	2	136	1,6
14	28,12	94	326	32	7	2	1	462	16,4
15	94,38	10	60	20	2	0	0	92	1,0
16	310,65	1	8	2	0	0	0	11	0,1
17	39,75	13	82	28	3	1	0	127	3,2
18	25,37	86	291	31	3	0	0	411	16,2
19	50,03	95	310	9	1	1	2	418	8,4
20	27,18	174	188	12	6	2	5	387	14,2
21	42,02	105	430	27	6	7	2	577	13,7
22	27,025	70	173	3	8	1	2	257	9,5
23	117,51	70	173	3	7	1	2	256	2,2

Tabla 3. Datos de viviendas de las zonas homogéneas, datos de año 2011, información original de INE.

Para el estudio de alternativas de saneamiento, es importante conocer la densidad de viviendas por hectárea, ya que este parámetro determina en gran parte la rentabilidad del sistema.

En la siguiente imagen se observa la densidad de viviendas para cada zona homogénea determinada.

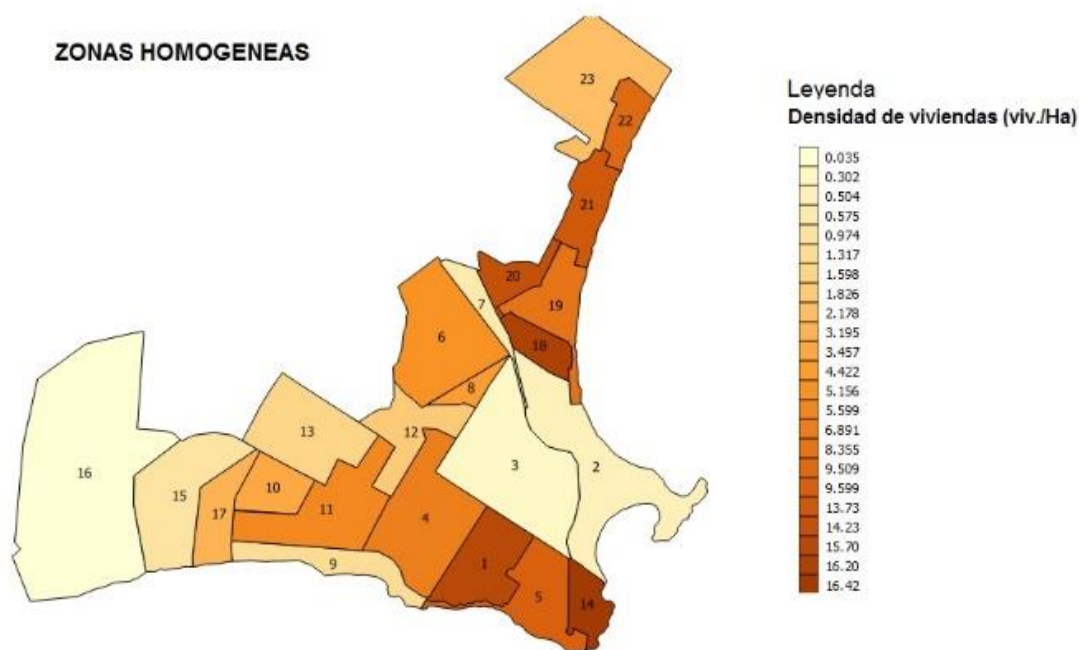


Figura 16. Densidad de Viviendas por zona homogénea, en el año 2011.

En el primer análisis se observa que las zonas homogéneas, tienen densidad de viviendas variadas. Se decide dividir el análisis de alternativas según la densidad de viviendas de cada zona homogénea, de esta manera se estudiará por un lado las zonas homogéneas de mayor densidad y por otro lado las zonas homogéneas de menor densidad.

Es importante definir cuál es el límite entre zonas homogéneas de mayor y menor densidad, para ello se toma como referencia, el informe del BID del año 2015 sobre el estudio de alternativas y costos del acceso universal al Saneamiento para el caso de Uruguay. En este se toma como referencia que aquellas zonas con densidad de viviendas menor a 8 viv/Ha no son saneables. Establecer 8 viviendas en una manzana, amerita pensar en definir una solución de saneamiento dinámico, en cambio si se tienen 4 viviendas en una manzana se puede lograr una solución de saneamiento de tipo estático y en particular, evaluar sistemas con infiltración al terreno, ya que la distancia entre las viviendas será aproximadamente 50 m.

Para el presente estudio se decide estudiar los casos de zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea separados de las zonas homogéneas de menos de 6 viviendas por hectárea, ya que las soluciones propuestas para cada caso, son distintas.

Para definir el valor límite de 6 viv/Ha, se supuso que la distancia entre viviendas será de aproximadamente 33m (ver Figura 17). Si se piensa en un sistema de infiltración al terreno en una vivienda podría poner en riesgo sanitario a los habitantes de la vivienda próxima, por este motivo no es aplicable para este caso soluciones de tipo infiltración al terreno. Sin embargo para el caso de 4 viviendas por hectárea ya sería razonable pensar en este tipo de sistemas.

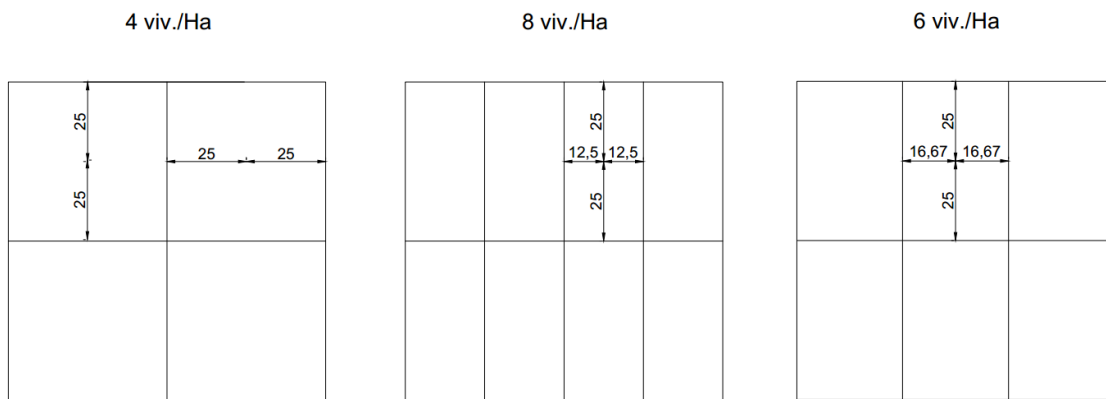


Figura 17. Configuración de viviendas en una hectárea.

Se destaca que la densidad de viviendas que se analizará, es la del final del período de previsión, por este motivo, es necesario realizar la proyección de viviendas para dicho año.

3.4 Periodo de previsión

Se plantea el análisis de alternativas considerando un período de previsión de 30 años.

Esto se debe a que las alternativas a evaluar, están compuestas por una serie de infraestructuras cuya vida útil se espera que alcance los 30 años, considerando siempre una operación y mantenimiento adecuados, esto significa que a partir de 2017 (supuesto año de construcción) se consideran 30 años de vida útil, hasta el año 2047. Estas infraestructuras serán redes de saneamiento, depósitos fijo impermeable, fosa séptica, planta de tratamiento y emisario si corresponde.

4 *Análisis de la Poblacional*

4.1 Población

Debido a que los balnearios de estudio presentan grandes variaciones de habitantes en meses de verano en relación con el resto del año, se cree conveniente estudiar por separado la población fija, y la población estival.

La población fija hace referencia a los habitantes permanentes de La Paloma, La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis, y Arachania, la población estival corresponde a la población fija, más los turistas que llegan a estos destinos con el objetivo de pasar allí sus vacaciones.

4.1.1 Población fija

Para analizar la población fija se trabaja con información del INE, ya que generalmente la recolección de datos para construir los Censos de población no se desarrolla en los meses de verano, que es cuando la población aumenta notoriamente.

Se cuenta con información de censos de población para los años 1963, 1975, 1985, 1996, 2004 y 2011 para las localidades de La Paloma, La Aguada y Costa Azul, y Arachania (excepto para el año 1963). Se asume que la población de Antoniópolis está incluida en la población de La Aguada y Costa Azul.

AÑO	Población fija (Hab.)		
	La Paloma	La Aguada y Costa Azul	Arachania
1963	818	210	s/d
1975	1389	454	39
1985	2235	967	85
1996	3084	1125	203
2004	3202	1103	335
2011	3495	1090	377

Tabla 4. Resultado de los censos, dato extraído del INE.

Observando la tendencia de los datos de población fija para la zona de estudio, se realiza la proyección de población con una tendencia de tipo lineal. Para ello se elimina un dato considerado anómalo, ya que sale de la tendencia con los demás datos: año 1996 para La Paloma y 1985 para La Aguada y Costa Azul.

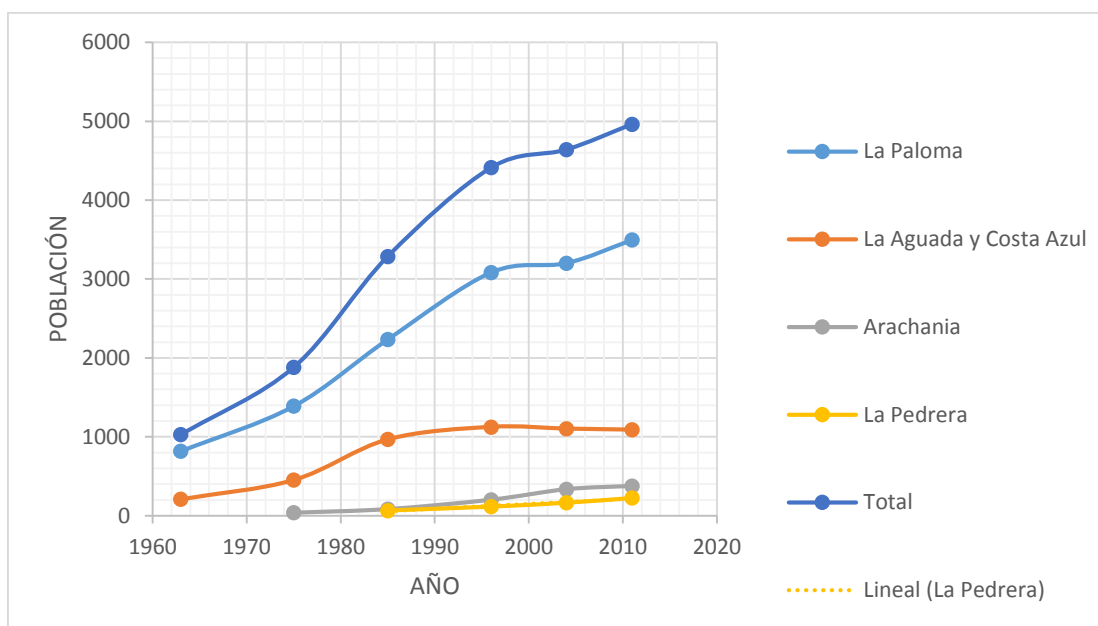


Figura 18. Gráfico de resultados de los distintos censos de población para cada balneario.

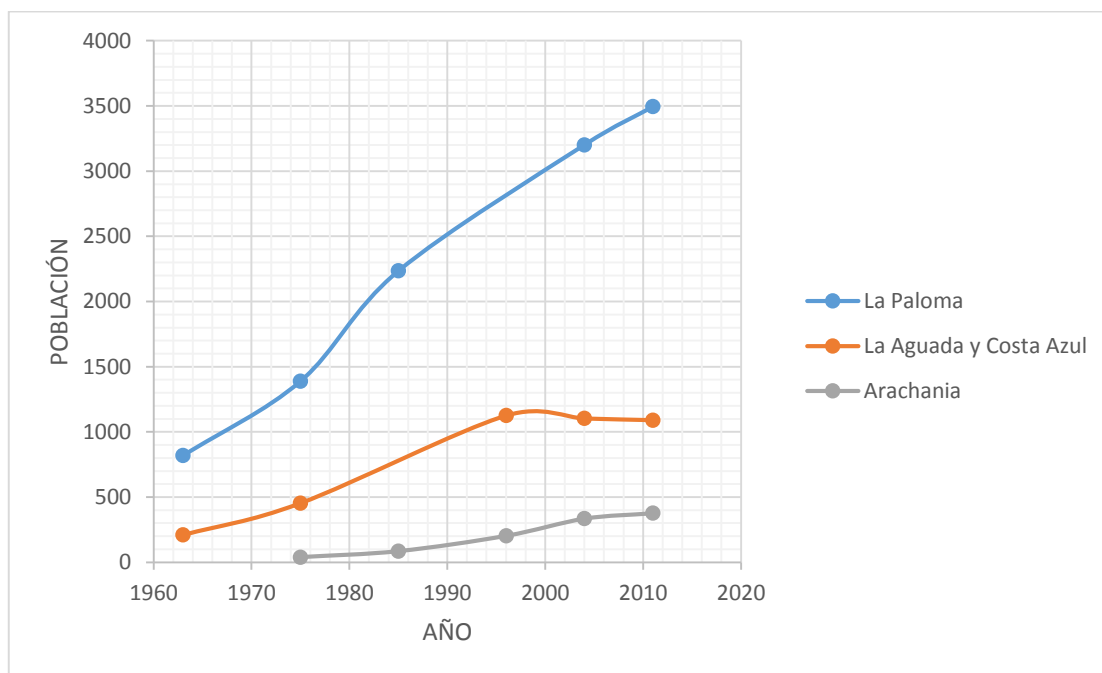


Figura 19. Líneas de tendencias para cada balneario.

Se determina la población para el inicio y final del período de previsión (año 2017 y 2047 respectivamente). Se obtienen los siguientes resultados, utilizando una tenencia lineal:

AÑO	Población fija (Hab.)			
	La Paloma	La Aguada y Costa Azul	Arachania	Total
2047	5629	1971	786	8386

Tabla 5. Proyección de la población para el final del período de previsión (año 2047).

4.1.2 Población Estival

Debido a que la población de estudio tiene la particularidad, que en meses de verano su población se triplica es necesario realizar un análisis detenido respecto a la población estival.

Para ello se solicitó al Ministerio de Turismo y Deportes (MTD) información de cantidad de visitantes para los balnearios de La Paloma, La Aguada, Antoniópolis, Costa Azul y Arachania. La información aportada por el MTD es para todo el departamento de Rocha, organizada según trimestre para el período de 2005-2014 (excepto año 2013) es cantidad de turistas clasificados según diversos criterios como:

- Nacionalidad
- Ocupación de visitante
- Veces que ha visitado el país
- Alojamiento utilizado
- Zona de residencia
- Punto de ingreso a Uruguay
- Punto de salida a Uruguay
- Días de estadía según alojamiento
- Destino principal elegido
- Destino secundario elegido
- Medio de transporte elegido
- Entre otros.

El dato utilizado es la cantidad de visitantes por trimestre que hayan elegido como destino principal los balnearios de La Paloma, Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania, no son tomados en cuenta los turistas que eligen estos destinos como secundario ya que se considera que el uso secundario implica la visita a la zona por un día pero no la estadía en estos.

Para el diseño de las estructuras es necesario conocer el día que mayor cantidad de turistas se particular en el mes de alojaron en los balnearios en cuestión, caso que ocurre en el primer trimestre del año, en enero. A continuación se observa los datos de visitantes que eligen a los balnearios de estudio, como destino principal:

AÑO	Turistas para la zona de estudio de Destino Primario				TOTAL (Visitantes)
	Ene-Mar	Abril - Jun	Jul- Set	Oct- Dic	
2005	16040	735	3647	6161	26583
2006	16339	3070	987	2360	22756
2007	10761	2010	1126	7248	21145
2008	20648	2365	3113	5040	31166
2009	19481	4016	2316	4666	30479
2010	32062	4613	6876	10420	53971
2011	42272	6370	8020	10582	67244
2012	39563	6993	5776	11871	64203
2014	19049	3815	2254	5402	30520

Tabla 6. Datos de visitantes que utilizan a los Balnearios de estudio como destino primario.

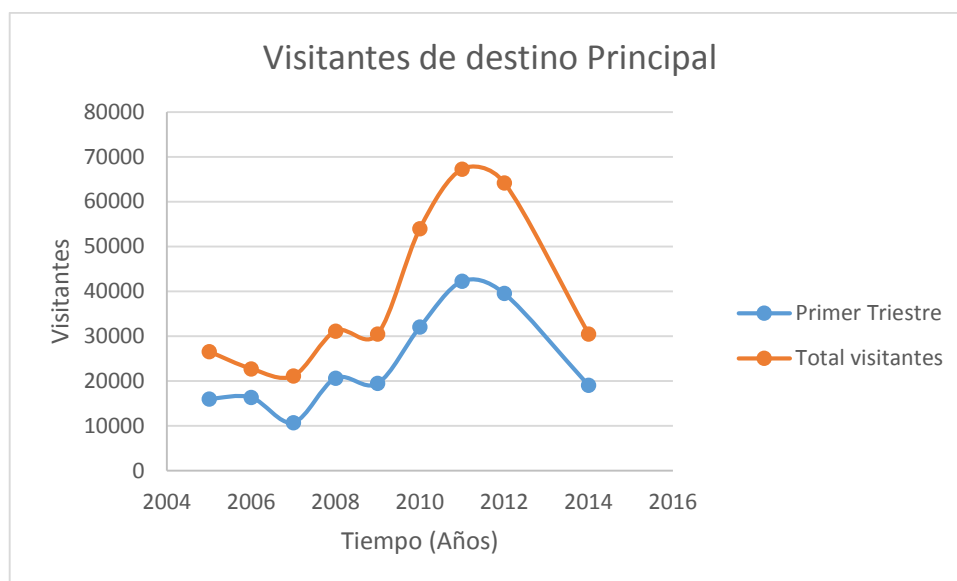


Figura 20. Gráfico de visitantes en los últimos años en el total del año, y en el primer trimestre de cada año.

Se observa que la distribución de los visitantes en el primer trimestre y en todo el año es similar para todos los años, esto se debe a que la mayoría de los visitantes tienen sus vacaciones en los meses de enero y febrero. Se observa que en el año 2011 se dio el pico máximo de visitantes y en los años siguientes la cantidad de visitantes se redujo, comportamiento similar ocurrió en los años anteriores a 2011. Según información obtenida en la visita de campo el pico producido, estuvo relacionado además con la instalación de boliches en la zona, los cuales posteriormente migraron a La Pedrera pero según fue informado es probable que vuelvan a instalarse en La Paloma.

	% Población variable: Turistas									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Uruguayos	12	10	9	10	7	6	7	3	5	4
Argentinos	72	71	61	54	49	70	64	68	70	63
Brasileños	11	16	20	17	18	16	16	19	15	25
Resto	5	3	9	18	26	9	13	10	11	9

Tabla 7. Turistas según procedencia para el departamento de Rocha.

La cantidad de turistas que recibe los balnearios de nuestro país son en gran parte argentinos (como se observa en la tabla anterior) por lo que la situación económica de Argentina, influye sobre la cantidad de turistas que recibe Rocha. Se observa que a partir de 2011 se registraron problemas económicos en Argentina, ya que tenían restringido la compra de divisas, limitando las posibilidades de los viajeros, disminuyendo de esta manera la cantidad de turistas que recibe el departamento de Rocha. En el año 2007 también se observa una disminución de turistas, en relación al año 2006, este efecto se asocia a los cortes del puente de Gualedguaychu en manifestación a la implantación de las plantas de celulosa de Botnia (ver Figura 20).

Como se observa existen variaciones, año a año de cantidad de visitantes que recibe La Paloma y Costa Azul como destino primario. Esta variación está fuertemente relacionada por la situación de Argentina, pero esto es sólo una tendencia y esta situación puede modificarse, por ejemplo la variación de turistas en un futuro podría estar relacionada con la situación de Brasil.

No es posible predecir el comportamiento de la cantidad de turistas para los próximos años ya que depende de muchas variables que no pueden estimarse, en el año 2011 se produjo un pico de turistas, que puede volver a producirse e incluso superarse.

Para el diseño de las estructuras, se supone que la cantidad de turistas que recibe La Paloma y los balnearios contiguos en el primer trimestre es la registrada en el año 2011, ya que es el pico máximo que se registró históricamente. Como se mencionó no es predecible el comportamiento de los turistas en los siguientes 30 años, y no es posible conocer la probabilidad de que se supere el pico registrado en 2011, por este motivo no se tomaran coeficientes de seguridad, ya que implica aumentar el costo de inversión de la planta de tratamiento y no sería justificable.

En caso que se compruebe el aumento de turistas para la zona de estudio, luego de la implantación de las estructuras se propondrán la ampliación de las mismas, en particular para la planta de tratamiento y pozos de bombeo.

4.1.2.1 *Turistas en el mes de Enero*

Se parte de la base que la cantidad de turistas que ingresaron a los balnearios de estudio en el primer trimestre del año 2011 es de 42.272. Ahora se pretende distribuir la cantidad de turistas que ingresaron en el primer trimestre en los meses de enero, febrero y marzo.

Debido a que el MTD no tiene la información desglosada para estos meses se tuvo que realizar un análisis en relación a otros casos existentes de los cuales si se puede conocer la distribución de turistas en el primer trimestre. Los balnearios de referencia usados son Piriápolis y Punta del Este, en estos casos se tiene información de caudal diario de funcionamiento de las respectivas plantas de tratamiento para todos los días de enero, febrero y marzo, exceptuando los días de lluvias, ya que no son representativos. Para el caso de Piriápolis los valores de caudal corresponden al año 2016 (se puso en funcionamiento en diciembre de 2015) y para el caso de Punta del Este los valores corresponden al año 2015.

Se determina el caudal diario para cada planta de tratamiento (suma de caudales instantáneos por cada hora), este caudal para el día i esta generado por la población fija en el día i (Caudal base) y los turistas en el mismo día (Caudal Turistas).

$$Q_{d,i} = Q_{f,i} + Q_{t,i}$$

Se supone que el caudal base generado por la población fija es constante en todo el año. Se determina como el promedio de los caudales en el trimestre que menor cantidad de turistas se registró (abril-mayo-junio) afectado por un coeficiente llamado K . Este coeficiente corresponde al porcentaje de población fija en el total de población (en el mismo trimestre) afectado por la cobertura de saneamiento. Se asume que tanto población fija como turistas generan la misma cantidad de efluente, por lo que el porcentaje de población fija en el total equivale al porcentaje de caudal generado por población fija, se toma en cuenta además la cobertura, que en particular es importante para el caso de Piriápolis ya que es de 63%. Los datos de población son para todo el balneario, inclusive para la que no tiene red de saneamiento.

Para la planta de Piriápolis el caudal base se determina con los datos de la segunda semana de marzo (la tercer semana corresponde a turismo) y la primer semana de diciembre. Mientras que para Maldonado el caudal base se determinó como el promedio de los caudales diarios de los meses de abril, mayo y junio.

De esta forma queda determinado el caudal base como:

Segundo Trimestre 2015			
	Piriápolis	Maldonado y Punta del Este	Fuente
Pob fija (hab)	9040	257394	INE
Turistas (hab)	13148	77685	MTD
Total (hab)	22188	335078	
Pob fija (%)	41%	77%	
Cob Saneam (%)	63%	97%	OSE
K	26%	75%	
Q prom (m3/d)	1597	16147,6	CIEMSA
Q base (m3/d)	430	12037	

Tabla 8. Determinación de caudal base.

Se determina el caudal aportado de turistas para cada mes como la suma de los caudales diarios en todo el mes menos el producto de cantidad de días² por la caudal base determinado anteriormente:

$$Q_{turistas} = Q_{diario} - Q_{base} \cdot N^{\circ} \text{ días}$$

Se obtiene así el caudal de turistas para cada mes y se observa la relación entre el caudal de turistas en el trimestre.

Mes	PRIMER TRIMESTRE - Maldonado - Punta del Este				PRIMER TRIMESTRE - Piriápolis			
	Q mes (m3/mes)	Días	Q turistas (m3/mes)	%	Q mes (m3/mes)	Días	Q turistas (m3/mes)	%
Enero	955170	28	617326	50%	77201	28	65165	48%
Febrero	727070,4	27	401292	33%	54814	24	44497	33%
Marzo	545497,2	28	207653	17%	34125	20	25527	19%
Total	2227737,6	83	1226270,787	100%	166139	72	135189	100%

Tabla 9. Determinación de distribución de turistas en el trimestre.

Queda determinada la cantidad de turistas que visitan los balnearios de estudio en el primer trimestre distribuida en los respectivos meses. Se toma la situación más comprometida y se determina que la cantidad de turistas que visitan los balnearios de La Paloma, La Aguada, Costa Azul y Arachania en el mes de enero corresponde al 50% del total del trimestre.

Debido a que generalmente los turistas no tienen un tiempo de residencia de un mes, se realiza el mismo análisis semanalmente.

² Para los días en los que se tiene datos representativos.

Mes Enero	Enero- Maldonado y Punta del Este					Enero- Piriápolis				
	Q total (m3/d)	Días	Q turistas (m3/d)	%	Observaciones	Q total (m3/d)	Días	Q Turistas (m3/d)	%	Observaciones
1 Semana	258088	7	173627	28%	del 1 al 7	19891	7	16881	26%	del 1 al 7
2 Semana	245995	7	161534	26%	del 8 al 16	16415	6	13836	21%	del 8 al 14
3 Semana	228503	7	144042	23%	del 17 al 23	20176	7	17167	26%	del 15 al 21
4 Semana	222584	7	138123	22%	del 24 al 31	13156	5	11007	17%	del 23 al 28
5 Semana	-	-	-	-	-	7563	3	6274	10%	del 29 al 31
Total	955170	28	617326	100%		77201	28	65165	100%	

Tabla 10. Distribución de población semanalmente en el mes de enero.

Se destaca además que se realizó un trabajo de llamadas telefónicas a distintas inmobiliarias que alquilan casas y cabañas a turistas, preguntando cual era la estadía promedio de las personas al alquilar una vivienda para pasar allí sus vacaciones. La mayoría manifestaron que la estadía promedio de los turistas que alquilan viviendas es de una semana, por este motivo se cree razonable trabajar con los datos de turistas semanalmente. Este aspecto se aplicará para el diseño de estructuras como planta de tratamiento, pozos de bombeo, interceptores y redes de colectores en general.

Se determina que la semana en la que se registra la máxima cantidad de turistas corresponde a la primera semana de enero. La cantidad de turistas es del 28% del mes de enero y de acuerdo a lo mencionado anteriormente, en enero se recibe un 50% de los turistas del primer trimestre del año.

4.2 Viviendas

A partir de los datos de viviendas totales de los Marcos Censales del INE del 1996, 2004 y 2011 de los segmentos censales, se determinó la cantidad de viviendas para el 2004 y 1996 de las zonas homogéneas de la misma forma que ya se había realizado para el censo 2011.

Se realizó una proyección de tipo lineal, y se evaluó si la cantidad de viviendas obtenidas para el 2047 superaba las viviendas de saturación de cada zona homogénea.

4.2.1 Viviendas de saturación

En base a los datos del INE, se determina la cantidad de viviendas para los años 2004 y 2011. Se tiene información del shape de padrones (información extraída de ide.com.uy), a partir del cual se determina la cantidad total de padrones y con un análisis visual de las fotos aéreas de los años 2004 y 2011 se obtiene cuáles de estos están ocupados y cuales desocupados.

Se determina el coeficiente:

$$\frac{Viv}{Padrón} = \frac{Viv_{año2011}}{Padrones_{ocupados2011}}$$

Se determina que las viviendas de saturación como el producto del coeficiente determinado anteriormente, con los padrones totales.

También se tomó la hipótesis de que la cantidad de viviendas no puede decrecer, es decir, que si se demuele alguna vivienda se vuelve a construir una en el mismo predio.

Con este ajuste se obtiene la cantidad de viviendas en 2047:

Proyecto Final de Carrera - Ing. Civil Perfil Hidráulico Ambiental - 2016

Zonas Homogéneas	Viviendas			Viviendas proyectadas	Padrones ocupados 2011	Padrones Totales 2011	Viv2011/ PadrónOC	Viv2011/PadronesOc2011 Padrones Totales	Viviendas 2047
	1996	2004	2011						
1	707	794	981	1612	599	720	1,6	1179	1179
2	71	25	66	66	-				66
3	Camping								
4	338	569	1184	3114	588	943	2,0	1899	1899
5	557	561	589	660	446	501	1,3	662	660
6	262	480	542	1246	568	1101	1,0	1051	1051
7	6	11	12	27					27
8	30	55	62	142	45	155	1,4	214	142
9	26	34	60	137	-				137
10	52	67	119	270	93	304	1,3	389	270
11	207	296	509	1200	450	964	1,1	1090	1090
12	24	61	91	252	107	591	0,9	503	252
13	36	92	136	377	85	908	1,6	1453	377
14	459	431	462	455	385	399	1,2	479	455
15	26	49	92	245	130	825	0,7	584	245
16	3	6	12	33	56	250	0,2	54	33
17	36	67	127	337	182	399	0,7	278	278
18	404	604	411	411	292	341	1,4	480	411
19	341	410	418	616	346	417	1,2	504	504
20	319	374	387	559	291	341	1,3	453	453
21	378	511	577	1066	398	516	1,4	748	748
22	99	175	256	630	166	239	1,5	369	369
23	99	175	256	630	364	1160	0,7	816	630
TOTAL	4480	5847	7349	14087	5591	11074		13203	8498

Tabla 11. Cantidad de viviendas al final del período de previsión.

En el Anexo C “Tablas y Gráficos” se tiene los gráficos con el ajuste correspondiente a cada zona homogénea.

4.2.2 Población por vivienda en época estival y no estival

Para realizar el estudio de las soluciones individuales: depósito fijo impermeable, sistemas de infiltración al terreno, sistemas de descarga a la atmósfera y fosa séptica, es necesario definir la cantidad de personas que hay en cada vivienda. Para ello se supone que todas las casas están ocupadas, se toman los datos de INE cantidad de viviendas (7.349 viviendas) y población fija para el año 2011 (4.692 hab.) y se determina que en cada vivienda hay dos personas. Entonces, para estudiar la situación no estival se considera que por viviendas hay dos personas.

Es necesario estudiar la población estival para el diseño de las unidades de depósito fijo impermeable y fosa séptica para una situación promedio de cantidad de personas que puedan alojarse en una vivienda durante la época estival. Para determinar el valor promedio de visitantes en viviendas se realizaron llamadas a diferentes inmobiliarias de La Paloma y demás balnearios de la zona de estudio y se consultó la disponibilidad de personas de cada casa, que incluían además cabañas, bungalows, apartamentos entre otros. La respuesta general que se obtuvo es que la cantidad máxima que reciben la mayoría de las instalaciones es de 5 personas por viviendas, aunque existen excepciones que se permite un número mayor de inquilinos.

Por este motivo se decide diseñar las unidades de depósito fijo impermeable para 5 personas por vivienda, y en caso que se supere esta capacidad, será necesario aumentar durante esos días de mayor congestión la frecuencia de limpieza de las unidades.

Para las unidades de fosa séptica se hará un estudio del diseño de 5 a 10 personas, ya que si los costos de diseñar la fosa séptica no varían significativamente, respecto al costo de fosa séptica para 5 personas por vivienda, se podría realizar una fosa séptica de mayor capacidad para tener un diseño del lado de la seguridad. A diferencia del depósito fijo impermeable que si supera la capacidad hay que aumentar la frecuencia de limpieza, en el caso de la fosa séptica si la capacidad se ve superada, se estaría enviando mayor cantidad de sólidos a la red de efluentes decantados que para la que fue diseñada.

4.3 Dotación

Se observa que la población de diseño corresponde a la semana en la que mayor cantidad de habitantes existen, por ello la dotación debe ser compatible con una zona balnearia de uso turístico, por este motivo la dotación de trabajo será de 200 l/hab.d.

Igualmente se realiza una verificación de que esta dotación será suficiente con los casos de Punta del Este y Piriápolis: con el caudal de turistas determinado en el apartado 4.1.2.1 Turistas en el mes de Enero para el primer trimestre.

Se determina el caudal promedio que aportan los turistas a las respectivas plantas de tratamiento en cada mes. Suponiendo una dotación de 200 l/hab.d se determina la cantidad de turistas para el caudal promedio en cada mes (supuesta situación media de turistas) y se verifica que la cantidad de turistas promedio en el primer trimestre sea similar a los datos brindados por el MTD.

Mes	Maldonado y Punta del Este		Piriápolis	
	Q Turistas (m3/d)	Turistas (hab.)	Q Turistas (m3/d)	Turistas (hab.)
Enero	22047	110237	2191	10956
Febrero	14863	74313	2198	10989
Marzo	7416	37081	1532	7661
Total Turistas	221631		29607	
Datos Turismo 2015	214585		33224	

Tabla 12. Verificación caudal de diseño de 200 l/hab.d.

Donde se observa que los valores determinados de turistas y los datos del MTD son similares, se concluye que es razonable trabajar con una dotación de 200 l/hab.d.

5 Planta de Tratamiento

5.1 Planta de Tratamiento

Para analizar el tipo de tratamiento que se quiere realizar, lo que condicionará el área que ocupará la planta de tratamiento y eventualmente su ubicación se utiliza como referencia información obtenida de las planta de tratamiento de Maldonado y de Piriápolis, en Maldonado.

5.1.1 Antecedentes

La planta de Piriápolis de ubica sobre la rambla de los Ingleses, en la zona rocosa conocida como Punta Fría, es una planta construida enterrada sobre la cual se emplaza una plaza, trabaja con tratamiento físico químico. El vertido de los efluentes se realiza al Río de la Plata por un emisario que corresponde a un canal cerrado de sección rectangular que se inserta aproximadamente 10 metros en el cuerpo de agua.

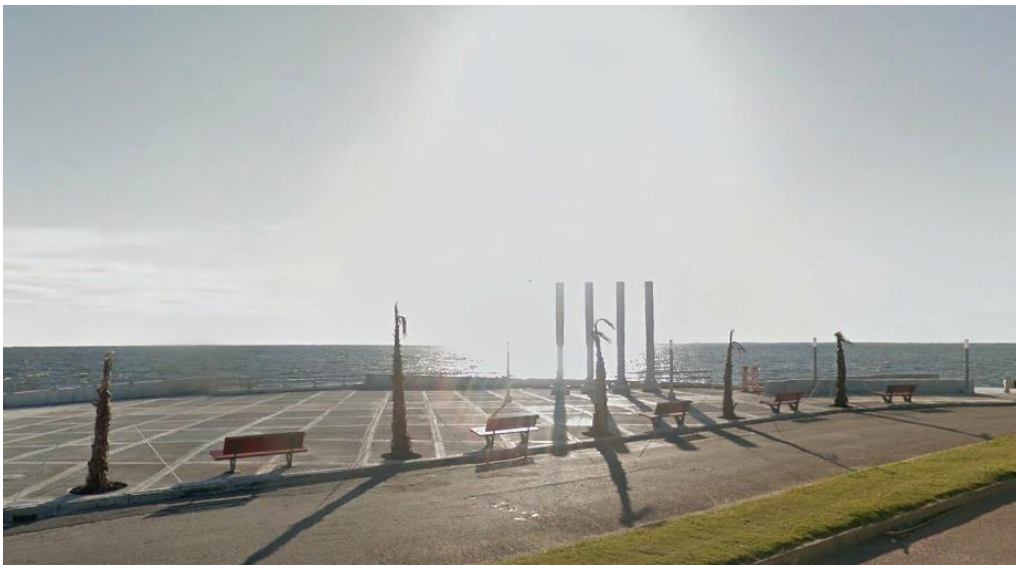


Figura 21. Planta de tratamiento de Piriápolis. Imagen extraída de Google Earth.

Dicha planta tiene un zona donde se emplaza el sistema de desbaste que se compone por rejillas con limpieza mediante grapo, tamices y desarenadores, unidades de mezcla rápida además tiene unidades de flotación por aire disuelto, unidades de centrifugación del lodo, unidades de desinfección UV, unidad de tratamiento de olores además de oficinas y lugares donde se disponen tableros de control. Ocupa aproximadamente un área de 968 m² y trabaja actualmente con un caudal de 75 m³/s en verano y 30 m³/s en invierno.

La planta de Maldonado, por su parte está ubicada a las afueras del poblado de Maldonado, hacia el Norte.



Figura 22. Planta de tratamiento de Maldonado, imagen extraída de Google Earth.

Consiste de unidades para realizar un pretratamiento mediante rejillas y desarenadores, seguido por un tratamiento primario avanzado (unidades para coagulación, floculación y sedimentación) con desinfección UV y digestión anaeróbica de lodos con deshidratación mecánica de lodos. El tratamiento de lodos comprende: espesador, digestores anaeróbicos, tanque Pulmón, y filtro de Bandas o Centrífugas para la deshidratación mecánica de los mismos. El vertido se realiza al Océano Atlántico a través de emisario de 930 metros subacuáticos en Rincón del Indio frente a calle Rubens. Dicha planta ocupa aproximadamente un área de 13108 m² y trabaja actualmente con un caudal de 700 m³/s en verano y 250 m³/s en invierno.

5.1.2 Tipo de tratamiento y ubicación de la PT

Cuando se plantea un tratamiento adecuado, hay que tener en cuenta que la zona de estudio tiene la particularidad de experimentar un aumento importante de la población en los meses de diciembre, enero y febrero. Este aspecto limita la elección del tipo de tratamiento, ya que la elección deberá poder amortiguar los cambios bruscos de caudal que se experimenta en el primer tercio del año. Por este motivo, la implementación de un tratamiento de tipo biológico no será posible, ya que los microorganismos que intervienen en el tratamiento no son capaces de amortiguar y trabajar correctamente ante cambios bruscos de caudal. El estudio se limita a considerar dos alternativas: pre-tratamiento, el que deberá ir acompañado de un emisario largo por las características de la zona y tratamiento físico químico acompañado de un emisario corto o largo según corresponda.

A priori, y en base a los antecedentes mencionados se cree conveniente realizar una planta con tratamiento físico-químico. En este tipo de planta se remueve una gran cantidad de material particulado y con ello se logra una buena remoción de patógenos, se tienen las siguientes eficiencias de remoción.

Parámetro	Efluente crudo	Efluente Tratado	Eficiencia remoción (%)	Decreto 253/79
SST (mg/l)	200-250	<30	60-90	<150
DBO (mg/l)	200-250	80-100	40-70	<60
P (mg/l)	5-10	<1,5	70-90	<5
CF (ufc/100ml)	10 ⁷	<10 ⁴	80-90	<5000
NTK (mg/l)	34	<30	12	<5

Tabla 13. Valores de referencia para parámetros en tratamiento físico químico. Fuente: Proyecto Tratamiento y Disposición Final Efluentes Maldonado-Punta del Este (Informe Ambiental Resumen).

Se observa que para remover nitrógeno sería necesaria una instancia de tratamiento aerobio. Se observa que el valor de coliformes fecales es cercano al límite máximo, se destaca que el medio receptor de vertido, es un medio agresivo y la concentración de coliformes puede bajar en dos órdenes luego de ingresado al cuerpo receptor.

Se plantea que la etapa de desinfección se realice mediante un sistema de radiación UV, ya que es más sencilla y económica que un sistema de cloración- decoloración, y la única restricción que presenta es lograr una baja concentración de sólidos en las etapas anteriores para que su eficiencia sea la esperada.

Se observa que el efluente tratado no cumplirá con el parámetro de vertido de DBO del Decreto 253/79, que se fija en 60 mg/L de DBO.

Además se podría pensar en pretratamiento con posterior vertido a curso de agua, es decir un sistema de desbaste y de desarenado antes del vertido, en este caso las características del efluente las mismas que la del efluente crudo. Debido a que la zona de estudio es una zona balnearia, y se quiere minimizar la concentración de coliformes fecales, (de aprox. 10⁷ ufc/100ml) no se considera que esta alternativa sea la más adecuada. Si bien el vertido se hará lejano a la zona costera, y las bacterias mueren en el medio receptor, luego de realizar el vertido (por la salinidad del agua del mar, el descenso de temperatura, y la radiación UV), lo que resulta en que la concentración de coliformes baja, esto no asegura que las playas no se vean afectadas. Por este motivo se cree conveniente dejar de lado el análisis de esta alternativa, ya que con una solución de tipo tratamiento físico químico se obtienen buenos resultados según la experiencia en operación de la planta de Piriápolis y Maldonado.

Para la ubicación de la planta de tratamiento en forma preliminar, se cuenta con el predio del ex vertedero de La Paloma, ubicado en el cruce de las rutas nacionales 10 y 15. Esto implicaría realizar un pozo de bombeo, que se ubicará en un punto bajo de la red, de forma que los efluentes colectados puedan llegar a éste por medio de gravedad, y éste enviará las aguas residuales hasta la planta de tratamiento. Desde allí los efluentes luego del tratamiento serán bombeados hasta el vertido final que será en el mar, dependiendo si se elige la Alternativa 1 o 2 para colocar el emisario (ver siguiente ítem). Visto que esta alternativa parece económica y técnicamente poco viable se descarta esta posibilidad para la implementación de la planta de tratamiento, no obstante se considera que allí podría emplazarse la planta de tratamiento de lodos.

Dada la disposición final del efluente se considera, una posible ubicación de la planta próxima a la zona de vertido de la Alternativa 1, en la zona del puerto de La Paloma, se verifica que en dicho lugar existe área disponible como para ubicar la misma. Esta verificación se realiza tomando como referencia los valores de áreas ocupadas para la planta de tratamiento de

Piriapolis y Maldonado. La zona en cuestión pertenece a organismos estatales por lo que no es inconveniente ubicar la planta en dicho sitio.

Como última alternativa se pensó en colocar la planta de tratamiento en la zona del faro de La Paloma, a priori se piensa en un estilo de la planta compacta como la emplazada en Piriápolis, en el departamento de Maldonado, que se encuentra enterrada, con las unidades mencionadas anteriormente, en este caso sería razonable pensar colocar el emisario de acuerdo a la Alternativa 2 de disposición final.

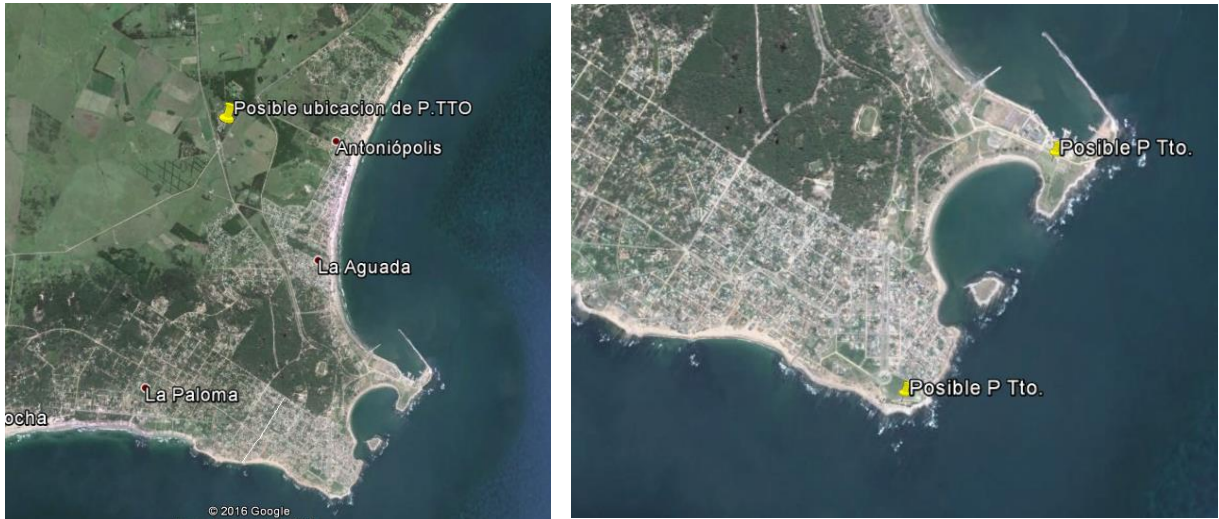


Figura 23. Posibles ubicaciones para la planta de tratamiento.

6 Disposición Final del Efluente

Las opciones consideradas para realizar la disposición final del efluente son: Vertido a curso de agua, infiltración al terreno y reutilización.

Para realizar reutilización se debe prever el destino del efluente tratado, que eventualmente podría ser el riego de cultivos, pero como esto se relaciona directamente con la disponibilidad de cultivos a regar, que en la zona no es significativa, la opción no se considera apropiada.

Pensando en la opción de infiltración al terreno del efluente tratado, se tiene que los caudales son significativamente grandes en época estival (en comparación con la época no estival) y no se dispone de áreas extensas para infiltrar.

Por estos motivos, se considera que lo más apropiado para la disposición final del efluente, es realizar vertido a curso de agua.

Para el vertido a curso de agua es necesario evaluar la proximidad de la zona de estudio a cursos de agua. En la siguiente imagen se muestra los arroyos de La Palma y La Paloma, y a que estos son los más próximos a la zona de proyecto.



Figura 24. Arroyos próximos a la zona de estudio.

Como se observa el Arroyo La Palma, que es el más cercano a la zona de estudio, se encuentra a una distancia media de 5 Km. El Arroyo La Paloma está ubicado a una distancia media de 15 Km. Ambos arroyos son afluentes de la Laguna de Rocha, la cual según el SNAP, es un área protegida. Este aspecto significa un riesgo importante, ya que si por algún motivo la planta de tratamiento no logrará los porcentajes de remoción para la que fue diseñada, el vertido en el arroyo La Paloma implicaría la afectación de la Laguna de Rocha. Por estos motivos, no se considera viable usar este curso de agua como cuerpo receptor de la planta.

Otro punto a considerar, es que el arroyo La Palma en los veranos se seca, por lo que las características de este curso no resultan satisfactorias para realizar el vertido.

Como no existen otros cursos de aguas próximos, se plantea como única alternativa viable el vertido al Océano Atlántico. Para analizar las ubicaciones de punto de vertido se considera que una buena alternativa es realizar el vertido en el puerto de La Paloma. Se considera razonable esta opción ya que, en esa zona no se desarrolla la recreación por contacto directo, debido a la presencia física del puerto (Alternativa 1).

En relación a punto de vertido se considera además la posibilidad de colocarlo en la punta rocosa, donde se encuentra el faro de La Paloma (Alternativa 2), ver Figura 25. El análisis de una u otra alternativa dependen de varios aspectos a tener en cuenta.

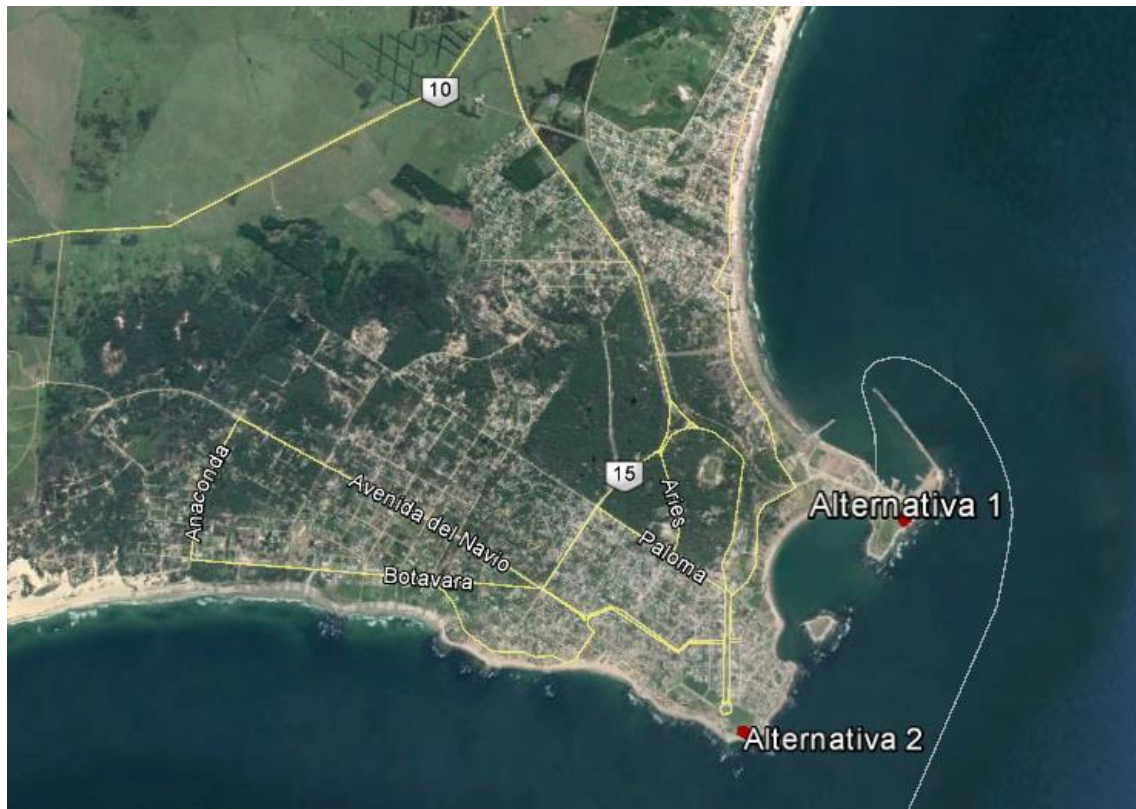


Figura 25. Alternativas de ubicación para realizar la disposición final de efluente.

El comportamiento de un efluente vertido al océano depende fundamentalmente de la cantidad de movimiento transmitida en la descarga y de la diferencia de densidad entre el efluente y el medio receptor.

Cuando se realiza un vertido se distinguen dos regiones: el campo cercano y el campo lejano, donde las fuerzas que gobiernan el flujo, su comportamiento y las escalas espaciales y temporales son diferentes.

El campo cercano es la zona donde se produce la mezcla inicial y se sitúa en el entorno del punto de vertido. La dilución del efluente responde a escalas espaciales y temporales del orden de metros y de minutos respectivamente. El comportamiento del efluente depende fundamentalmente del sistema de vertido empleado y de las características físicas del efluente respecto al fluido receptor. En el extremo final del emisario se colocan difusores de forma de

mejorar la mezcla inicial del chorro descargado con el medio receptor y obtener una mayor dilución.

El campo lejano es la región más alejada del punto de vertido, donde deja de tener efecto la turbulencia asociada al impulso inicial y el comienza la estratificación ambiental.

Es importante definir además de la zona donde se ubicará el emisario, la longitud y la alineación del emisario, el diseño preliminar del difusor y las características del efluente, es decir, caudal y concentración de contaminante. Otro aspecto que interviene en los procesos experimentados al realizar el vertido son las corrientes ambientales existentes a la profundidad de la pluma afectan también a su trayectoria, por movimiento advectivo, y a su dilución. Los estudios experimentales indican que a mayor intensidad de corriente, mayor es la dilución. Si el vertido se realiza en aguas someras, la influencia del oleaje afectará a toda la columna de agua, incluyendo el fondo. En este caso, el movimiento aumentará la turbulencia favoreciendo la dilución de la pluma. Si el vertido se realiza a grandes profundidades, el efecto del oleaje es despreciable. Es preferible que el vertido se realice de forma perpendicular a el sentido de las corrientes.

Otro aspecto a considerar es el de batimetría, ésta afecta a la trayectoria de la pluma que, en general, se desplazará siguiendo los gradientes batimétricos, quedando además retenida en los canales que puedan existir en el fondo marino. Por otra parte, tanto la pendiente como la rugosidad del fondo influyen en la dilución de la pluma.

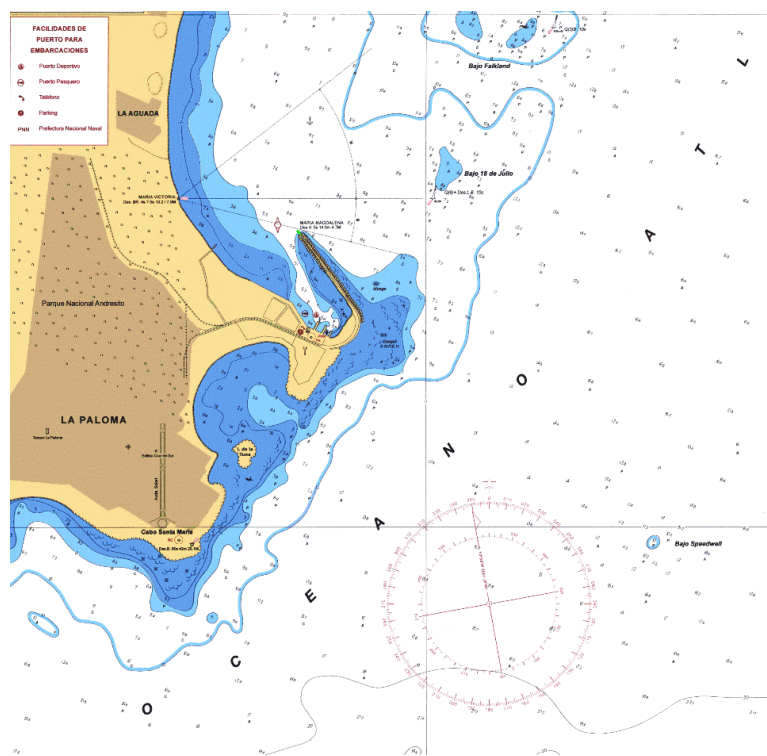


Figura 26. Batimetría de la zona de estudio. Fuente: Carta de batimetría de servicio de Hidrografía

Se observa que la línea celeste que se traza paralela a la costa es la línea de 10 m, En relación a batimetría se consideran convenientes ambas soluciones. Es una zona profunda, lo que ayuda al fenómeno de dispersión.

La existencia de estratificación en el medio receptor puede modificar la trayectoria de la pluma, quedando ésta retenida en un cierto estrato de la columna de agua.

Se destaca que ambas alternativas de vertido son razonables, además el medio receptor tiene alta salinidad, lo que provoca que disminuya la carga de Coliformes.

A modo de resumen se tienen las siguientes alternativas, para un tratamiento físico químico con sistema de desinfección posterior:

- Un emisario corto ubicado en la zona del puerto de La Paloma con una planta de tratamiento físico químico a nivel de piso.
- Un emisario largo ubicado en la zona del puerto de La Paloma con una planta de tratamiento físico químico a nivel de piso.
- Un emisario corto ubicado en la zona del faro de La Paloma con una planta enterrada
- Un emisario largo ubicado en la zona del faro de La Paloma con una planta enterrada

Se observa que en todos los casos se plantea un tratamiento hasta nivel terciario, ya que se apunta a usar tecnologías más limpias, y se variará la longitud del emisario.

7 Criterios adoptados para el análisis económico de alternativas

Para el estudio económico de alternativas las soluciones estudiadas son: Depósito fijo impermeable (con retiro periódico del efluente), fosa séptica más red de efluentes decantados, red de efluentes condominial y red de efluentes convencional. Para cada alternativa se estudia el componente de costo directo de la inversión y el costo de operación y mantenimiento.

7.1 Depósito fijo impermeable más camión barométrico

El diseño se realiza para una ocupación de la vivienda de 5 personas, lo que equivale a un volumen de 6,8 m³. Se plantea que el depósito será de 2,0 m de largo, 1,7 m de ancho y 2 m de altura útil. Con estas dimensiones se logra recibir el efluente de 5 personas en una vivienda, cumpliendo las restricciones de volumen máximo y mínimo, y que la frecuencia de limpieza es de 7 días.

Se determina la frecuencia de limpieza, suponiendo que en verano hay 5 personas por vivienda, y en invierno hay 2, resultando que en invierno el pozo debe limpiarse cada 19 días y en verano cada 7 días.

Se supone que la planta de tratamiento se encuentra a 3 km de cada vivienda en promedio (este valor depende de la zona homogénea con que se trabaja). El tiempo de limpieza por vivienda, el tiempo de viaje hasta la planta de tratamiento, el tiempo de viaje vaciado del camión y el tiempo de vuelta desde la planta a las viviendas, se estima en un total de 1 hs. La jornada laboral será de 6 horas diarias ya que se trata de trabajo insalubre y se supone un 20% de tiempo en desperdicio, por lo que la jornada real será de 4,8 horas. Habrá dos jornadas laborales por día. Con lo anterior se determina la cantidad de limpiezas por día que puede realizar un camión barométrico es de 9.

Partiendo del supuesto que los depósitos deben limpiarse cada 19 días en invierno y cada 7 días en verano, se calcula en ese lapso de tiempo cuantos camiones son necesarios para realizar la limpieza de todos los depósitos de la zona homogénea. Entonces se determina que un camión barométrico podrá realizar en un lapso de tiempo de 19 y 7 días un total de 363 y 145 limpiezas respectivamente. Con el dato de cantidad de viviendas en la zona homogénea se determina la cantidad de camiones necesarios en invierno y en verano.

Costos directos de Inversión

Para realizar el análisis de costos es necesario determinar el costo de la construcción de un depósito fijo impermeable. Por ello se metró y rubró un depósito. Se plantea que la base del depósito y las tapas y contratapas serán de hormigón armado de 15 cm de espesor, mientras que las paredes serán construidas de ladrillos. Todas las superficies exteriores e interiores contarán con un revoque grueso, un revoque fino y una capa de revoque con hidrófugo para garantizar la impermeabilidad del mismo.

Para el rubrado y metraje se consideró la implantación de la obra, el movimiento de tierra donde se contó el desmonte de suelo y el relleno de arena en la base del depósito, la fundación será una platea de hormigón armado (se supone una cuantía de 40 kg de armadura por m³ de hormigón armado y se usa una cuantía de encofrado de 1,82 m² de encofrado por m³ de hormigón). La tapa y contratapa se resolvió de forma análoga a la platea de fundación. Para las

paredes, se calculó la cantidad de ladrillos necesarios y la cantidad de mortero. Los revoques grueso, fino y con hidrófugo se plantaron de 3cm, 1cm y 1 cm de espesor respectivamente.

También se consideran los accesorios del depósito como son: la rejilla de aspiración, el sombrerete con filtro, la columna de entrada, el dispositivo de entrada, el sifón y la tapa y contrata para el ingreso para limpiezas.

Con esto se llegó a que el precio de un depósito fijo impermeable es USD 4.343 (con leyes sociales incluidas) el costo de inversión total equivale al producto de este valor y la cantidad de viviendas en el año 2047.

Se supone que el costo de un camión barométrico es de 120.000 USD, así como que solo se compraran los camiones necesarios en época no estival. Los camiones necesarios para época estival restante se alquilaran de particulares de la zona. Además, se habilitará una zona para el mantenimiento y guardado de los camiones, suponiendo también un costo de 300.000 USD. Este precio se obtiene de consultar proveedores del mercado. Además, se considera un incremento del 50 %, en concepto de espacio para taller e inversión de herramientas necesarias para el mantenimiento. Por lo tanto, el costo total de la zona de mantenimiento y almacenamiento de los camiones será semejante a la de un galpón de 150 m², que corresponde a 300.000 USD. La inversión total corresponde, por tanto, al costo de comprar los camiones necesarios para la época no estival, más el costo del emplazamiento de la zona habilitada como taller y garaje, más la cantidad de depósitos necesarios.

Operación y Mantenimiento

El costo de operación y mantenimiento se calcula de forma mensual y se compone por el gasto de combustible de un camión en un proceso de limpieza, es decir, llegada al depósito, limpieza y traslado del efluente a la planta donde se vayan a tratar. Un camión rinde aproximadamente 8 kilómetros por litro, y considerando que el litro de combustible está entorno 1,25 USD/l, se obtiene el consumo por limpieza. Como se sabe la cantidad de limpiezas que hay que hacer tanto en época estival como en época no estival, obtenemos el consumo total anual. Se considera también los sueldos de los choferes y de los mecánicos, aproximadamente 1200 y 1000 USD respectivamente (sin leyes sociales), suponiendo que se tiene un chofer por camión, que es el que realiza la tarea de vaciado de los depósitos, y dos mecánicos, se obtiene el costo anual del personal.

Se adiciona el costo para el período estival que corresponde a la contratación de camiones barométricos para las limpiezas que no podrán realizarse con los camiones propios del prestador del servicio. Este costo es de 90 USD, por cada limpieza que se necesite realizar, el valor se obtiene de trabajadores de la zona. En la tarifa viene incluida las tres primeras limpiezas de cada mes, las demás, corre a cargo del usuario.

Para determinar el costo de operación y mantenimiento anual se calcula el costo anual de combustible, además de los sueldos de operadores y mecánicos, y el costo de las limpiezas adicionales que sólo se consideran para el período estival (3 meses). Además, ante posible imprevisto que puedan surgir, se considera un factor de corrección de un 15%.

7.2 Fosa séptica con red de efluentes decantados

7.2.1 Fosa Séptica

Se dimensionará la fosa de forma que cumpla con las recomendaciones de la Norma Brasileira NBR7229 para el diseño de fosas sépticas. Se verifica que la velocidad de sedimentación es mayor a 36 m/día y el tiempo de retención hidráulico será de 24 horas para contribuciones menores a 1500 l/d.

Los datos a usar para determinar el volumen de la fosa séptica serán:

- Dotación: 200 l/hab.d (se le aplica además $C=0,9$)
- Tiempo de retención: 1 día
- Tasa de acumulación de lodos (K): 65 días
- Contribución de lodos frescos (Lf): 1 en litros/persona (para una dotación de 160 l/hab.d.)

Se observa que la dotación máxima que contempla la norma es de 160 l/hab.d, pero como para la localidad de estudio la dotación es mayor se tomará la mayor.

Se diseña para una población de 5 habitantes por vivienda, que corresponde a la situación estival. Se analiza la variación del costo de la fosa séptica si la cantidad de habitantes en la vivienda es mayor que 5, ya que es altamente probable que las viviendas reciban en algún momento más de 5 personas. Esto puede implicar el desborde de la fosa séptica y problemas de funcionamiento en la red de efluentes decantados.

En el caso que el costo no varíe significativamente se puede optar por diseñar fosas sépticas e mayor capacidad para estar del lado de la seguridad. A continuación se presenta el dimensionado de la fosa séptica para distintas cantidades de habitantes por viviendas:

Hab./Viv.	Q (l/d)	V (m ³)	Altura (m)	Largo (m)	Ancho(m)	Veloc. de sed. (m/d)	$v_s < 36$ m/d?
2	360	1,5	1,2	1	1,24	0,29	cumple
3	540	1,7	1,2	1,2	1,20	0,37	cumple
4	720	2,0	1,2	1,5	1,10	0,44	cumple
5	900	2,2	1,2	1,8	1,08	0,49	cumple
6	1080	2,5	1,2	1,8	1,14	0,52	cumple
7	1260	2,7	1,2	1,9	1,19	0,56	cumple
8	1440	3,0	1,2	2	1,23	0,58	cumple

Tabla 14. Dimensionado de la fosa séptica y costo (USD) para distinta cantidad de habitantes por vivienda.

Las fosas sépticas se diseñarán para 5 y 8 habitantes por vivienda. Como se observa se toma valor máximo de 8 personas por viviendas, es posible que este valor se supere en algún momento en el año pero se toma este valor como máximo.

La cantidad de fosas a construir equivale a la cantidad de viviendas en la zona homogénea de estudio. El mantenimiento se realiza de forma anual, y suponiendo que un camión tiene una capacidad de 7,5 m³, cada camión puede limpiar 20 fosas sépticas sin tener que ir a la planta a descargar, ya que sólo limpia el lodo.

Además de la estructura de fosa séptica, se incluye la conexión desde la misma hasta la red de colectores de efluentes decantados. La inversión de la red depende de si el mismo se construye en calle de asfalto o calle de tierra o vereda de hormigón o de pasto, ya que las obras tienen un costo diferente.

Costos Directos de Inversión de fosa séptica

En la siguiente tabla e imagen se tiene un gráfico que muestra cómo cambia el costo de la fosa en función de la cantidad a personas a servir:

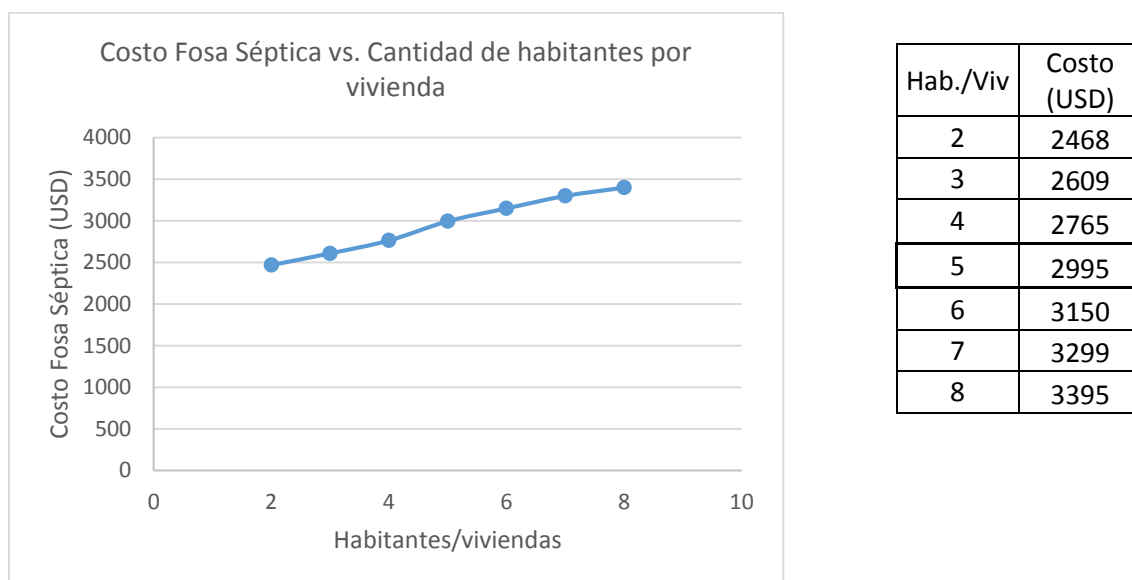


Figura 27. Costo de la fosa en función de la cantidad de habitantes por día.

Del análisis anterior se observa una tendencia lineal del costo de la fosa séptica en función de la cantidad de habitantes.

La inversión de esta alternativa se realiza considerando una fosa séptica de 5 personas por vivienda (con un costo de USD 2995) y se realiza otro estudio análogo considerando fosas sépticas de 8 personas por vivienda (con un costo de USD 3395). Se observa que el costo, si se consideran todas las viviendas es significativo.

La frecuencia de limpieza es una vez al año, por lo tanto con dos camiones son suficientes. Los cuales tienen un precio de USD 120.000, además se considera para este plano, al igual que para el caso de solución de tipo depósito fijo impermeable, un taller mecánico y galpón para los camiones. La inversión para este caso se integra de la inversión para las fosas sépticas individuales, además de la inversión para la red de efluentes decantados.

Operación y Mantenimiento de fosa séptica

Los gastos en operación y mantenimiento son la suma del combustible consumido por los camiones, así como el sueldo de los choferes y mecánicos. Se aplica un factor de corrección del 25 % del valor anual obtenido de operación y mantenimiento.

Amortiguación de caudal que se produce en la fosa séptica

La presencia de la fosa produce una laminación en la misma que hace que el caudal que sale de la fosa séptica sea diferente al que entra a la misma. Se hace una verificación utilizando el método de la piscina nivelada, se considera la descarga de una cisterna (caudal de 1,5 l/s)

durante 8 segundos. Se conoce con la geometría de la fosa séptica el gráfico de caudal de salida vs altura, además de la curva de almacenamiento vs altura, se obtiene de esta forma el gráfico de caudal de salida vs dos veces el almacenamiento en un intervalo de tiempo adicionado el caudal de salida.

$$V_{emb\ j+1} - V_{emb\ j} = \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \Delta t - \frac{Qv_j + Qv_{j+1}}{2} \Delta t$$

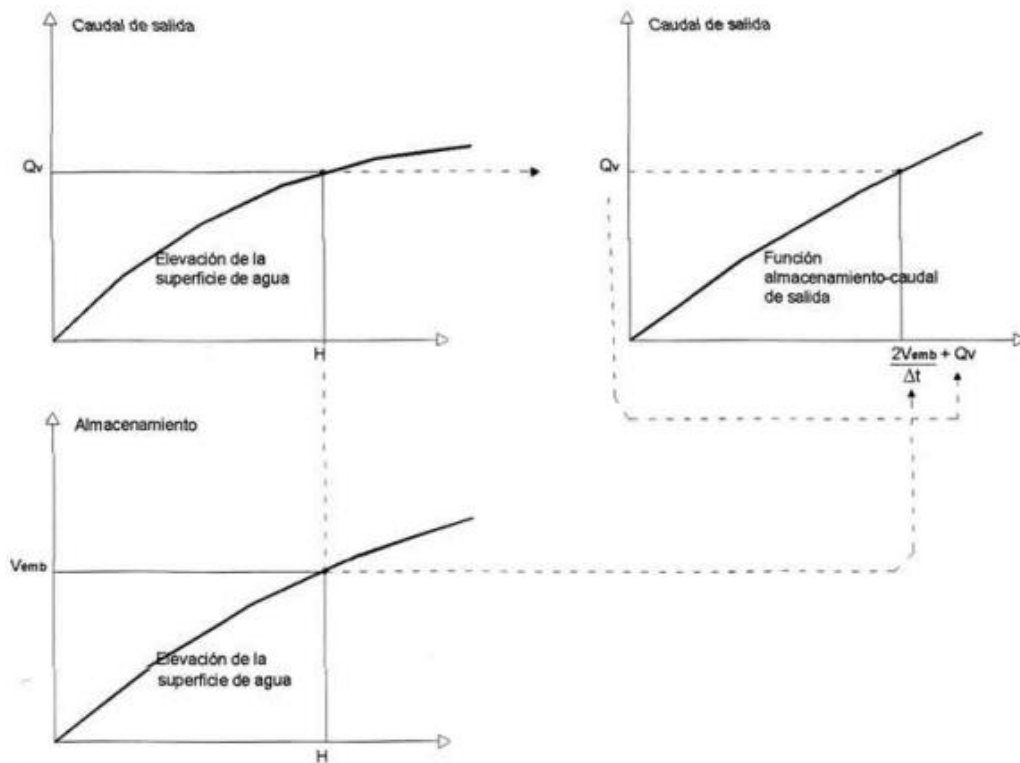


Figura 28. Método de piscina nivelada. Fuente: Notas laminación de curso 2014 de Hidrología e Hidráulica Aplicadas.

Se determina el caudal de salida de la fosa séptica considerando que el caudal de entrada corresponde al de una cisterna.

Paso tiempo (seg)	Q entrada (m3/s)	Q salida (m3/s)	Q salida/ Q entrada
1	0,0015	0	0
2	0,0015	0	0
3	0,0015	0,00051	0,34
4	0,0015	0,0010	0,68
5	0,0015	0,0013	0,84
6	0,0015	0,0014	0,92
7	0,0015	0,0014	0,96
8	0,0015	0,0015	0,98

Tabla 15. Método piscina nivelada para la descarga de una cisterna

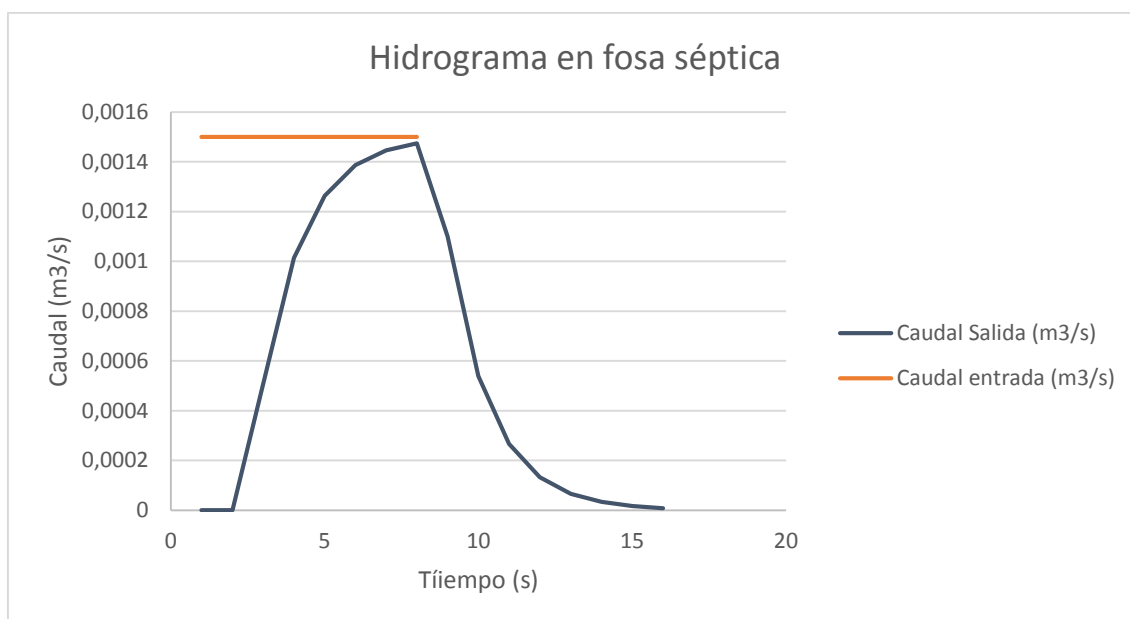


Figura 29. Hidrograma de fosa séptica.

Se observa que la relación de caudales de entrada y de salida de la fosa séptica es del orden de 0,98, por lo que la laminación producida por la misma se desprecia.

7.3 Red de colectores

7.3.1 Generalidades

En este apartado se realiza una estimación de los costos de la construcción de redes de saneamiento. Se parte del archivo vectorial con ejes de calle para los balnearios de La Paloma³, Aguada, Costa Azul, Antoniopolis y Arachania, este tiene información de nombre de calles, longitud.

En la primera instancia se recaba información, para cada calle sobre el material de cual está construida cada calle (asfalto, balasto, adoquines u hormigón), además del material de construcción de las veredas (baldosas, hormigón o recubrimiento de pasto). Se analiza en esta instancia si las viviendas cuentan dentro del padrón para realizar soluciones del tipo depósito fijo impermeable o fosa séptica.

Para obtener esta información, se utiliza la herramienta de Google Street de Google Earth, se considera que la información obtenida es fiable, ya que la actualización es del año 2016.

³ El archivo vectorial “shape” de las calles de La Paloma se descarga del IDE.



Figura 30. Herramienta de Google Street de Google Earth.

Recorriendo las calles se van registrando los datos de “Material de Vereda”, “Material de Pavimento” y “Retiro de la vivienda”, la cual se agrega al shape. Los datos obtenidos son procesados en Excel, determinando para cada zona homogénea el porcentaje de la longitud total de calles con calle de asfalto, vereda de hormigón y con la casa retirada de la línea de propiedad, por ejemplo. A continuación se muestran los resultados obtenidos para la zona homogénea 1.

Calles	Vereda	Retiro	Porcentajes
Asfalto, Hormigón o Adoquines	Hormigón/Baldosa	si	7%
		no	0%
	Recubrimiento de Pasto	si	59%
		no	3%
		no	0%
Balasto	Recubrimiento de Pasto	si	29%
		no	2%
Total			100%
Longitud total calle(m)			11599,3

Tabla 16. Datos de característica de veredas y calles para la Zona Homogénea 1.

En general se observó que las viviendas presentaban en su mayoría retiro desde la línea de propiedad, por lo que la implantación de depósitos fijos impermeables o fosas sépticas no significa un problema. La mayoría de las calles son de balasto y la mayoría de veredas están recubiertas de pasto.

7.3.1.1 Análisis de costos de inversión para la red de colectores por calles y por vereda

A priori no se conoce si es más rentable para cada caso construir un colector por eje de calle, o dos colectores por vereda. Para realizar este análisis se estudian los siguientes casos:

Caso 1: calles en asfalto, hormigón o adoquines y veredas de hormigón/baldosas

Las calles están construidas en asfalto, hormigón o adoquines las veredas son de hormigón o baldosa. En este caso se analiza la construcción, utilizando la misma profundidad a construir

para los casos de ir por vereda o ir por calle, se analiza considerando el rubrado antes mencionado.

Entonces para la alternativa en que el colector va construido en eje de la calle, la longitud de colector equivale a la longitud de las calles y el costo de remoción y reposición de calle serán los correspondientes al costo de remoción y reposición de calle de asfalto. Para el estudio de alternativas se trabaja únicamente con calles de asfalto, incluyendo a éstas las calles construidas en hormigón y adoquines, se observó que estas eran muy pocas y únicamente complicarían el análisis que se pretende realizar. Para la proyección se tendrá en cuenta este aspecto, ya que si se tiene calle de adoquines, es preferible realizar la construcción de colectores por veredas. Para la alternativa en que los colectores son construidos por vereda, se toma la aproximación de que la longitud de colector equivale al doble de la longitud de las calles, y el costo de remoción y reposición de vereda equivale al costo de vereda de hormigón.

Se determina que si se tienen calles de asfalto y veredas de baldosas/hormigón es más conveniente construir una red de colectores por eje de calles que realizar dos colectores en paralelo por vereda.

Caso 2: calles en asfalto, hormigón o adoquines y veredas de pasto

Es igual al caso anterior pero las veredas están recubiertas con pasto. El resultado obtenido en este caso es el mismo que en el caso anterior, es más conveniente construir una red de colectores por eje de calles que realizar dos colectores en paralelo por vereda.

Caso 3: calles en balasto y veredas de hormigón/baldosas

En este caso no se estudió, ya que los casos en que las calles están construidas en balasto y las veredas sean de hormigón o baldosas son despreciables.

Caso 4: calles en balasto y veredas de pasto

La mayor parte de la zona de estudio se caracteriza por tener sus calles construidas en balasto y las veredas recubiertas con pasto. El razonamiento es análogo a los casos anteriores. Se determina el mismo resultado que en el caso 1 y 2.

A modo de resumen

Los resultados obtenidos se realizaron a modo de verificaciones para determinar por donde llevar los colectores en los diferentes casos, observando lo económicamente más rentable. Para estimar los costos siempre es más conveniente colocar la red por ejes de calles en vez de por vereda. Se establece que en los lugares en los que el pavimento este construido en hormigón o adoquines la red se construirá por vereda (la cantidad de casos son mínimos). Además si se construye por calle, se minimizan las interferencias.

7.3.2 Costos Directos de Inversión

Para determinar el costo directo de Inversión se utilizan los siguientes rubros:

- Excavación en arena, arcilla o roca según corresponda.

Para este rubro se considera que el volumen corresponde a una zanja de igual longitud a la longitud de red de colectores, la profundidad de excavación y el ancho de excavación depende de la profundidad, (Para el análisis se supone ancho de 1 m para que pueda trabajar una

persona). La profundidad de excavación varía según el sistema que estemos analizando, se prevé excavar 15 cm por debajo de la supuesta cota de zampeado para colocar una base de arena.

- Relleno de arena sucia

El relleno de arena sucia se determina considerando que se rellenaran 15 cm en toda la longitud del caño, con una altura de relleno de 10 cm, se considera además un coeficiente de esponjamiento de 1,4.

- Relleno de Zanja

El relleno de zanja se realizará con el mismo material que se extrajo, cuando éste no sea roca y será igual al volumen de excavación.

- Remoción y Reposición de vereda

Para determinar la cantidad de remoción y reposición de vereda, que coincidirán en cantidad, será el área determinada por la longitud total de colectores que van por vereda, y se considera un ancho de zanja de 1m.

- Abatimiento de la napa freática

Como se ha mencionado en el presente documento, la napa freática está a una profundidad superior a 2,5 m profundidad, lo que implica que para realizar el trabajo de construcción de colectores se necesite utilizar un método para el abatimiento de la napa freática.

- Costo y colocación del caño

Implica el costo del caño, y la mano de obra que implica para realizar la tarea (con las leyes sociales incluidas). La cantidad, equivale a la longitud de colector a construir

- Registros

Los registros se colocan cada 100 m de colector.

7.3.2.1 Criterios para las alternativas de redes: convencional, efluentes decantado y condominial

Las alternativas de redes planteadas son:

1) Red de efluente Convencional

Los criterios utilizados para la estimación de costos, es que la zanja para la colocación de colectores tendrá una profundidad de 2 m, más 15 cm adicionales para colocar el relleno de arena sucia.

La red de colectores convencionales será construida por ejes de calles, se tiene que la profundidad mínima para este caso será de 1,5 m mientras que la máxima será de 4 m. Generalmente para realizar el diseño es preferible no llegar a una profundidad de 4m, porque los costos aumentan considerablemente con la profundidad de excavación. Se cree razonable para realizar el análisis de alternativas considerar una profundidad promedio de 3 m de profundidad.

Debido a que se considera que la napa está a 2,5 m de profundidad, se utiliza el método de abatimiento de napa freática de well points, para toda la red de colectores a construir.

Una característica general de la zona de estudio es que el terreno presenta pendientes hacia la costa de forma tal que es posible realizar la red de saneamiento funcionando por gravedad. Es posible globalmente lograr una pendiente de 0,5% sin aumentar las profundidades.

2) Red de efluentes decantados (fosa séptica y red de efluentes decantados)

La red de efluentes condominial se construye más superficialmente que la red de efluentes convencional. Se estima una profundidad promedio de zanja promedio de 1,2 m. Se considera además 15 cm más para colocar el relleno de arena sucia. En este caso, debido a las profundidades con las que trabajamos se considera que el 50% de longitud de colector necesitara well points. La red de efluentes decantados se construye por calle al igual que en el caso de efluentes convencional.

3) Red de efluentes condominial

La red de efluentes condominial se construye más superficialmente que la red de efluentes convencional y la red de efluentes decantados. Se estima una profundidad de zanja promedio de 0,8 m o 1,1 en caso que lo amerite (En este caso se estima que un 15% de longitud de colector necesitara well points). Además se suma a esta profundidad 15 cm de relleno de arena sucia. La red de efluentes condominial se construye por vereda.

Según las condiciones a exigir para autorizar obras de instalación de tuberías en faja pública urbana y/o rural de jurisdicción municipal (en Rocha), las profundidades mínimas del pavimento o cuneta al punto superior de la cañería a instalar deberán respetar los siguientes valores:

- 120 cm en calle
- 80 cm en vereda
- 60 cm en cuneta

Para el diseño se consideró una tapada de 0,8 m.

7.3.2.2 Precio de Insumos

La base de datos para determinar los precios de cada insumo es variada. Se tomó como referencia valores proporcionados por la Intendencia de Montevideo en relación a los insumos presentados a continuación, donde el costo por cada tarea tiene integrado el costo de la tarea con el correspondiente personal, con las respectivas leyes sociales.

Insumo	Unidad	Precio (\$/uni.)
Excavación en zanja	m ³	297
Excavación en zanja -Roca	m ³	2.970
Remoción y Reposición de Pavimento Tosca	m ³	1.454
Remoción y Reposición de Pavimento Asfalto (e=5cm)	m ²	2.271
Remoción y Reposición de Vereda Hormigón	m ²	1.840
Remoción y Reposición de Vereda pasto	m ²	840
Colector f110 a prof 0-2 m de PRFV	m	2.094

Tabla 17. Precio de insumos extraído de la Intendencia de Montevideo.

Los precios de mano de obra fueron extraídos del laudo de trabajo publicado por el Ministerio de Transporte y Seguridad Social con reajuste de setiembre de 2015.

Mano de Obra	Unidad	Precio (\$/uni.)
Peón	h	151
Capataz	h	285
Oficial Albañil	h	219

Tabla 18. Valor de hora de mano de obra, según el MTSS.

Los costos de los restantes insumos fueron obtenidos de diversas fuentes:

Insumo	Unidad	Precio (\$/uni.)	Fuente
Arena	kg	6	Barraca central
Retroexcavadora	hr	1.497	Recomendaciones Instituto de Estructuras
Camión	hr	1.000	Recomendaciones Instituto de Estructuras
Well Point	m	45	Recomendaciones Instituto de Estructuras
Registros	u	75.000	Intendencia de Montevideo

Tabla 19. Precios y fuente de insumos restantes.

Se asignó únicamente mano de obra a las tareas de “relleno de arena sucia” y “relleno de zanja”, ya que los demás precios tienen incluida la mano de obra junto a las leyes sociales.

7.3.2.3 Leyes sociales

Las leyes sociales, se determina para la mano de obra especificada en el rubrado final, existen algunos precios que incluyen la mano de obra y leyes sociales.

Para determinar las leyes sociales se realiza el monto imponible para cada categoría (maquinista, capataz, peón práctico, sereno, oficial albañil) y para cada hora. El monto imponible por cada categoría y hora se determina considerando el precio de la hora común, según categoría, más un 10,42% por presentismo semanal y 5% por presentismo mensual.

Categoría	Hora Común (\$/h)	Presentismo Semanal (\$/h)	Presentismo Mensual (\$/h)	Monto imponible (\$/h)
		10,42%	5,00%	
Maquinista	170,01	17,72	8,50	196,23
Of. Carpintero	155,25	16,18	7,76	179,19
Of. Albañil	145,49	15,16	7,27	167,92
Capataz	285,00	29,70	14,25	328,95
Peón Práctico	103,90	10,83	5,20	119,92
Sereno	89,83	9,36	4,49	103,68

Tabla 20. Monto imponible por hora y por categoría.

El monto imponible total para cada categoría se determina como el producto entre el monto imponible por categoría, para cada hora y la cantidad de horas trabajadas. Las leyes sociales se calculan como el 70,8% del monto imponible total para cada categoría.

7.3.3 Análisis de costos de operación y mantenimiento de la red

Para determinar estos costos se solicitó información de la Intendencia de Montevideo en relación a costos de Operación y Mantenimiento, que incluye limpieza y reparaciones (zona donde no existen colectores ovoides).

Los datos se construyeron en base al estudio de una zona de 1560 Há, con un total de longitud de red de 261 km, y una cantidad de 26000 conexiones domiciliarias. Los datos procesados son:

- Costo Mantenimiento Total por metro de colector= 258.8 \$/m (8.20 U\$/m) + I.V.A.
- Costo Mantenimiento Total por hectárea= 43250 \$/Há (1373 U\$/Há) + I.V.A.

Los costos de mantenimiento de las conexiones corresponden aproximadamente a un 43% del total, o sea:

- Costo Mantenimiento Conexiones por metro de colector= 111 \$/m (3.50 U\$/m) + I.V.A.
- Costo Mantenimiento Conexiones por hectárea= 18600 \$/Há (590.50 U\$/Há) + I.V.A.

Para determinar el costo de operación y mantenimiento de red de colectores convencional (ya que la zona de estudio tiene esta característica), se utiliza el costo de mantenimiento total por metro de colector adicionando el I.V.A. Este valor corresponde a \$ 451.

Para determinar el costo de operación y mantenimiento de la red de efluentes decantados y red condominial, se utiliza como referencia el trabajo del BID, que expresa que el costo de operación y mantenimiento de estas alternativas corresponde al 25% del costo de la red convencional.

8 Estudio de Alternativas

8.1 Zonas Homogéneas con menos de 6 viviendas por Ha

En este apartado se estudiarán las zonas homogéneas con menos de seis viviendas por hectárea, que serán la 2, 3, 7, 8, 9, 12, 13, 15 y 16.

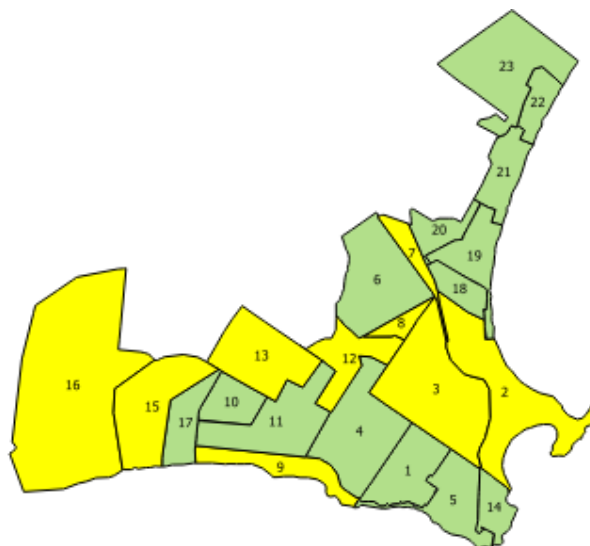


Figura 31. En amarillo se muestran las zonas homogéneas que tienen menos de 6 viviendas por hectárea.

Para zonas homogéneas con densidad de viviendas bajas, es razonable colocar sistemas de saneamiento de tipo individuales, como los siguientes:

- Sistemas de infiltración al terreno individuales:
 - Fosas séptica seguida de:
 - Humedal seguido de infiltración
 - zanjas de infiltración
 - lechos de infiltración
 - pozos de infiltración.
- Sistemas de evapotranspiración: Fosa séptica seguida de un humedal donde se evapotranspiración el efluente.
- Deposito fijo Impermeable

Como se observa, para este tipo de zonas homogéneas, se plantean soluciones individuales que implican infiltración al terreno, pero la normativa nacional no lo permite en zonas urbanas.

La normativa departamental permite la implementación de sistemas de infiltración al terreno para aguas servidas, donde exista un tratamiento primario del efluente, y este cumpla con valores de remoción de DBO > 80% y remoción de SST > 85%. El fondo del sistema de infiltración deberá quedar por lo menos a 2.0 m por encima del nivel freático; a su vez deberá estudiarse las características del suelo para evaluar su capacidad de infiltración. Este aspecto no es posible en la zona por el nivel de napa freática.

Los sistemas de celda de ETP consisten en soluciones de disposición final basadas en la capacidad de evapotranspiración de la zona. Esta capacidad depende de aspectos hidrológicos y

climatológicos locales como son: la tasa de evapotranspiración, precipitaciones, velocidad y dirección predominante del viento, contenido de humedad de la atmósfera, temperatura ambiente, y radiación solar.

Para evaluar su funcionamiento en una casa tipo, se hará un balance hídrico:

$$ETP - Qd - P = 0$$

Donde:

- *ETP* es la evapotranspiración calculada con Thornthwaite (calcula la ETP por exceso en comparación con la ETP de Penman)
- *Qd* es el caudal de diseño de una casa en verano con 6 habitantes y en invierno con 2 habitantes
- *P* es la precipitación en el área de la estructura

Se determina inicialmente el área necesaria de la estructura de evapotranspiración, considerando una precipitación nula, es decir $ETP = Qd$.

El cálculo se realiza para el mes de enero, y el mes de julio, ya que en enero se registra la mayor evapotranspiración y se tienen más habitantes por vivienda, y en julio se registra la menor ETP y menos habitantes. Los datos utilizados son:

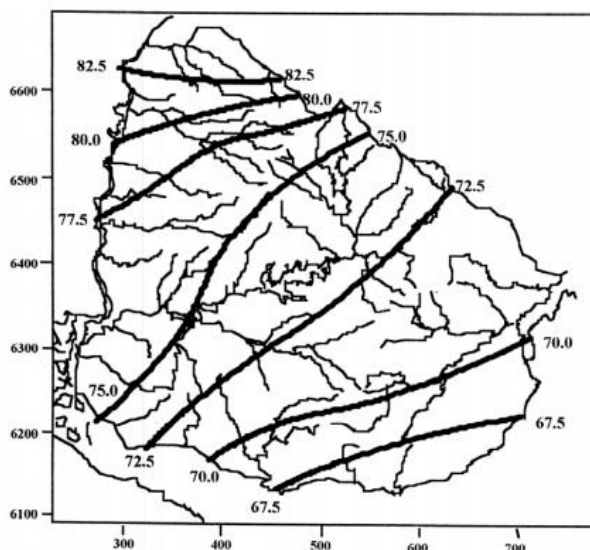
Isolínea de ETP (mm/mes)	65
Dotación (l/hab.d)	200
C	0,9
K1	1,2

	Enero	Julio
Coef. Thornwaite	1,92	0,63
ETP(m/mes)	0,125	0,041
Personas por vivienda	5	2
Qd (m ³ /mes)	33,5	13,4
A (m ²)	268	327

Tabla 21. Determinación de área para estructuras de descarga a la atmósfera, considerando $P=0$.

Se observa que el área necesaria para implementar este tipo de sistemas en la zona de estudio es de aproximadamente 200 m², considerando que no ingresan aguas pluviales. Los predios tienen aproximadamente un área de 25 m², por lo que esta alternativa es inviable

En la imagen siguiente se tienen las isolíneas de ETP de Thonthwaite y el coeficiente de cada mes.



COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DEL CICLO ANUAL

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1.92	1.59	1.36	0.83	0.56	0.37	0.36	0.45	0.60	0.92	1.27	1.73

Figura 32. ETP de Thornthwaite. Fuente: Se utilizaron los datos presentados en el trabajo “La Evapotranspiración según Thornthwaite y la determinación de los índices climáticos”, Gerencia de Sector Generación Hidráulica, UTE 1980.

En resumen, debido a que la incidencia de precipitaciones en Uruguay es elevada y la tasa de evaporación no lo es, no se considera apropiado implementar un sistema de este tipo a nivel domiciliario.

De esta manera, el estudio de las zonas homogéneas con densidad de viviendas menor a seis, se reduce a la solución individual de depósito fijo impermeable con el servicio de camión barométrico ya que se considera que es la opción más aceptable ambientalmente para zonas con menos de 6 viviendas por hectárea.

Observación.

No se presentan los resultados para las zonas homogéneas 2, 3 y 9. Esto se debe a que si bien son zonas homogéneas con menos de 6 viv por hectárea, existen particularidades que hace que se estudien por separado.

8.1.1 Resultados obtenidos

Los costos aplicados para las zonas homogéneas 7, 8, 12, 13, 15 y 16 el sistema de saneamiento de depósito fijo impermeable con retiro periódico mediante camión barométrico en cuanto a costo directo de inversión y costo de operación y mantenimiento (calculado para el año 2016) son los siguientes:

Costos de inversión y operación y mantenimiento en USD		
Zona Homogénea	Costo Directo de Inversión	Costo de OyM (Anual 2016)
7	238.039	40.560
8	738.745	75.120
12	1.215.777	109.680
13	1.876.904	160.680
15	1.183.181	109.680
16	262.671	40.560

Tabla 22 .Costos directos de inversión (sin IVA) + costos de operación y mantenimiento (calculado para el año 2016) (USD) para zonas con menos de 6 viv/Ha.

Se observa que para este caso se realizó, inicialmente un análisis ambiental, luego un análisis económico y simultáneamente se fue haciendo un análisis técnico. Los depósitos fijos impermeables fueron diseñados considerando 5 personas por vivienda.

8.2 Zonas homogéneas con más de 6 viviendas por Ha

Según el criterio mencionado se estudiarán las zonas homogéneas: 1, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23.

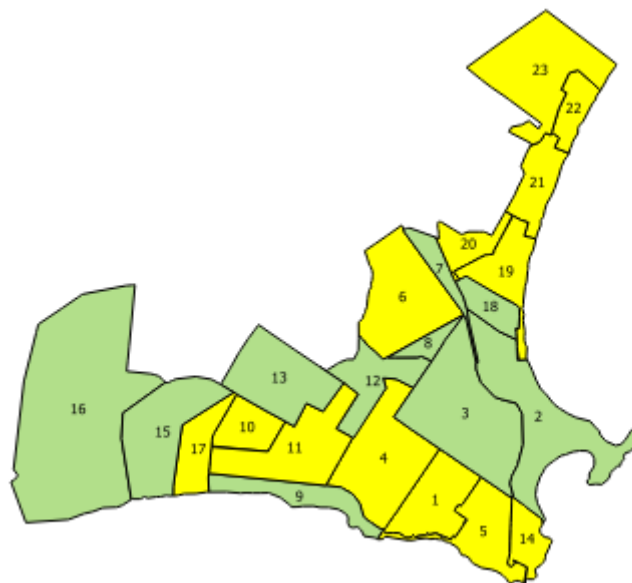


Figura 33. En amarillo, zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea en 2047.

Las alternativas analizadas serán:

- Depósito fijo impermeable con retiro periódico mediante camión barométrico
- Fosa séptica y red de efluentes decantados con limpieza anual con camión barométrico de fosa séptica considerando 5 personas por vivienda.
- Red de efluentes convencional por ejes de calles.
- Red de efluentes condominial por veredas.

Para el análisis de alternativas se estudia para cada zona homogénea los costos directos de implementar cada alternativa en su respectiva zona homogénea. Además se realiza un análisis ambiental junto con un análisis técnico y considerando estos aspectos se determina la solución óptima. Se analiza para cada zona homogénea las alternativas económicamente más rentables.

Para ello se determina la actualización de capitales, llevando el costo de operación y mantenimiento al año cero (año que se realizaría la inversión), aplicando una tasa de interés. Este valor se realiza para comparar las alternativas considerando los costos directos de realizar el sistema de saneamiento para cada zona homogénea y su correspondiente operación y mantenimiento durante 30 años, no se incluye en este análisis los costos indirectos, ni el I.V.A.

Se determinan los siguientes valores:

Zona Homogénea	Costos Directos de Inversión y Operación y Mantenimiento en el año "cero" (USD)			
	Depósito Fijo Impermeable	FS+Efluentes Decantados	Condominial	Convencional
1	15.862.983	7.041.878	6.006.909	7.713.200
2	1.297.226	2.058.903	3.195.692	4.130.952
4	25.751.238	12.879.944	12.291.991	15.889.362
5	9.121.383	4.472.560	4.203.105	5.290.176
6	14.062.176	7.411.189	7.290.458	9.424.101
9	2.364.098	2.858.134	4.201.443	5.431.036
10	4.460.380	2.522.007	2.933.635	3.792.179
11	14.993.824	7.472.669	7.189.940	9.294.146
14	6.232.510	3.387.318	3.584.353	4.251.571
17	4.221.082	2.712.627	3.218.264	4.160.120
18	6.314.553	2.708.808	2.373.052	3.154.354
19	7.201.086	3.411.643	3.131.601	4.116.797
20	6.223.876	2.767.568	2.343.319	3.064.696
21	10.263.365	3.888.901	2.717.701	3.563.539
22	5.371.471	2.001.493	1.481.184	1.942.161
23	9.266.399	5.981.849	7.014.546	9.067.412

Tabla 23. Costos directos de inversión (sin IVA) + costos de operación y mantenimiento llevados al año cero (USD), para zonas con más de 6 viv./Ha.

Se observa que la solución de depósito fijo impermeable no es rentable para las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea, lo que era predecible.

Con esto se llega a la mejor solución económica para las zonas homogéneas con densidades mayor a 6 viv/ha es para algunas zonas homogéneas un sistema de fosa séptica con una red de efluentes decantados y para otras un sistema condominial.

Con estos resultados se llega a una cartografía de la solución económicamente más eficiente en costos directos de cada zona, sin considerar el costo de la planta de tratamiento, el emisario ni el interceptor. De ahora en más esa "Alternativa" se denominará Alternativa 1:



Figura 34. Alternativa - 5 personas por vivienda, que representa la mejor opción económica en costos directos sin considerar el costo del interceptor ni el de la planta de tratamiento y emisario.

Se observa que en este caso se integra la zona homogénea 2 al estudio de “zonas homogéneas con más de 6 viv./Ha.”, debido a que esta zona queda rodeada de zonas homogéneas con soluciones de tipo dinámica, se decide para facilitar la practicidad al momento de realizar la operación y mantenimiento realizar para esta una solución de tipo dinámica, ya que es poco práctico que quede una solución de tipo estática. Además, ya que la zona homogénea 3 está en su mayor parte cubierta por el camping de La Paloma se proyectará un colector frentista al mismo de modo de conectar a todo el camping el que servirá para conectar a la zona homogénea dos a la vez. Se observa además que si bien la zona homogénea 9, la solución económicamente más rentable es de depósitos fijos impermeables, debido a que está rodeada por zonas homogéneas con solución dinámica se decide integrarla a éstas.

9 *Análisis de solución integrada*

9.1 Alternativas de Solución

El interceptor se definirá en función del trazado de redes (que será resultado del análisis de alternativas), si bien la alternativa determinada inicialmente corresponde al de la Figura 34, se decide estudiar además, dos alternativas adicionales. Los mismos serán evaluados ya que implican practicidad constructiva, ya que consideran una única solución de sistema de saneamiento dinámico para las zonas homogéneas con más de 6 viviendas por hectárea.

Para las tres alternativas existen tres aspectos coincidentes:

- Zonas homogéneas con menos de 6 viv/ha con sistema de tipo depósito fijo impermeable.
- Planta de tratamiento físico-químico, emisario subacuático (o vertido) y planta de tratamiento de lodos
- Fosa séptica con su respectivo colector para vertido de limpieza de depósitos fijos impermeables.

ALTERNATIVA 1

- Se analizará el caso de usar fosas sépticas para 5 personas por vivienda
- Zonas homogéneas 2, 9, 10, 14, 17 y 23 con sistema de saneamiento de tipo efluentes decantados, y el resto de las zonas homogéneas con más de 6 viv/ha con sistema de red condominial.
- Interceptor diseñado según sistema condominial con sus respectivos pozos de bombeo, ya que los parámetros de diseño son más restrictivos que en el efluentes decantados.

ALTERNATIVA 2

- Se analizará el caso de usar fosas sépticas para 5 personas por vivienda
- Zonas homogéneas con más de 6 viv/ha con sistema de saneamiento de fosa séptica con red de efluentes decantados.
- Interceptor diseñado con los criterios del sistema de efluentes decantados.

ALTERNATIVA 3

- Zonas homogéneas con más de 6 viv/ha con sistema de saneamiento con redes condominiales.
- Interceptor diseñado con los criterios del sistema condominial.

A continuación se tienen imágenes de las Alternativas 2 y 3.

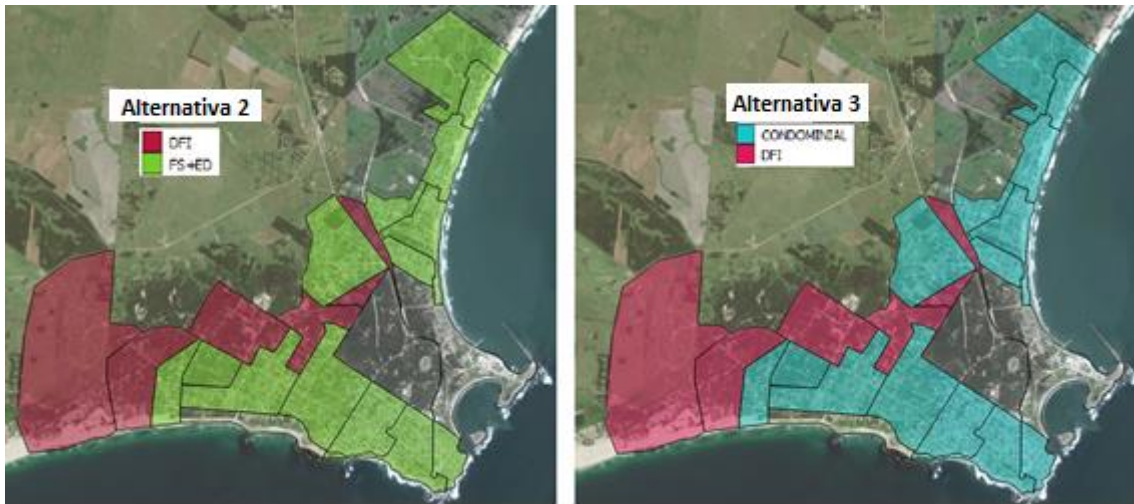


Figura 35. Alternativa 2 y Alternativa 3 de soluciones.

Para realizar una comparación final de los resultados, se realiza un estudio conjunto del costo de la solución final de cada zona homogénea, el interceptor, la planta de tratamiento y el emisario para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente.

9.1.1 Análisis preliminar Interceptor costero

Para el dimensionado es necesario definir la ubicación de la planta de tratamiento, para ello se determina para cada zona homogénea el “punto de cierre”, esto se realiza observando en el Google Earth las cotas de terreno y eligiendo el punto más baja de cada zona (ver Figura 36).

Se observa que la tendencia de los escurrimientos es ir hacia la costa, por lo que se propone en forma preliminar, que el interceptor se construya sobre la misma, de forma de minimizar la cantidad de pozo de bombeo a construir.



Figura 36. Puntos de cierre de las zonas homogéneas de estudio.

Observando la configuración de las zonas homogéneas, su disposición física y las posibles alternativas de ubicación para la planta de tratamiento y el emisario, se propone realizar un interceptor, al que llamaremos “Interceptor Oeste” que recoge las aguas servidas de las zonas homogéneas 17, 10, 11, 4, 1 y 5, y el “Interceptor Este” que recoge las aguas residuales de las zonas homogéneas 6, 18, 19, 20, 21, 22 y 23.

Según las cotas se observa que el “Interceptor Oeste” conduce las aguas servidas desde la zona homogénea 17 hasta la zona homogénea 5, sin embargo, el “Interceptor Este” conduce las aguas servidas desde la zona homogénea 23 hasta la zona homogénea 21, donde se deberá ubicar un posible pozo de bombeo, ya que las cotas del terreno natural son tal que los efluentes de la parte Este son conducidas a las zona homogénea 21.



Figura 37. Interceptor Este y Oeste

En la Figura 37 se observa la propuesta preliminar de trazado de los interceptores, se decide que la ubicación más adecuada para el emisario y la respectiva planta de tratamiento sería la “Alternativa 2”, ya que en el la zona del faro de La Paloma, las cotas son inferiores, y el Interceptor Oeste llegue hasta el mismo punto. El efluente captado por el interceptor Este llegara al pozo de bombeo (Figura 38) y será elevado hasta la planta de tratamiento.

Si se eligiera la “Alternativa 1”, se debería construir un pozo de bombeo en el faro de La Paloma que elevase el efluente hasta la planta de tratamiento (que se ubicaría en el puerto de La Paloma), además del pozo de bombeo ya considerado en la zona homogénea 21. Por esta razón se opta por continuar el análisis considerando que la planta de tratamiento se ubicará en el faro de La Paloma.



Figura 38. Imagen ilustrativa de configuración de interceptores con planta de tratamiento y línea de impulsión.

9.2 Planta de Tratamiento

9.2.1 Análisis de costo preliminar

En primera instancia se realiza un análisis grosero, en base a los datos obtenidos de las plantas de tratamiento de Maldonado y Piriápolis:

Planta	Área (m ²)	Q diseño (l/s)	Costo (USD)	Fuente	Observaciones
Maldonado	13108	1200	36.000.000	CIEMSA	El área no incluye la zona de lodos pero el costo sí
Piriápolis	968	120	5.500.000		Enterrada sobre roca

Tabla 24. Datos de plantas existentes.

Caudal de diseño de la zona de estudio

Se define el caudal medio diario como:

$$Q_{med,d} = P \cdot Dot \cdot C$$

- P es la población de estudio
- Dot es la dotación en l/hab.d
- C coeficiente de retorno

Se define el caudal máximo diario como el caudal del día de máximo consumo en ($Q_{max,d}$) que determino como:

$$Q_{max,d} = Q_{med,d} \cdot K1$$

Donde $K1$ es el coeficiente de pico diario para la población de estudio.

También se define el caudal máximo horario ($Q_{max,h}$) como el caudal a la hora de máximo consumo el día de máximo, se determina como:

$$Q_{max,h} = K2 \cdot Q_{max,d}$$

Donde $K2$ es el coeficiente de pico horario para la población de estudio

Coefficientes K1 y K2

El coeficiente de pico diario $K1$ es el cociente entre el caudal máximo diario y el caudal medio diario. Se calculó para el mes de enero a partir de los datos de caudal de las plantas de tratamiento de Maldonado y Piriápolis (casos similares de estudio: zona balnearia).

Como existe mucha variación de población a lo largo de los meses, no es representativo determinar los coeficientes de $K1$ y $K2$ con los datos de todo el año, por ello se eligió determinar los mismos para el mes de enero, ya que es el mes con mayor cantidad de habitantes (debido a los turistas). De esta forma se define $K1'$ y $K2'$ como:

$$K1' = \frac{Q_{max,d,Enero}}{Q_{med,d,Enero}}$$

El coeficiente de pico horario $K2$ se define para el día de máximo consumo como el cociente entre el caudal máximo horario y el caudal máximo diario de enero. Se tendrá que el coeficiente de pico horario es:

$$K2' = \frac{Q_{max,h}}{Q_{max,d,Enero}}$$

Por lo anterior los caudales de diseño resultantes son:

$$Q_{max,d} = Pobl. Dot. K1' . C \text{ y } Q_{max,h} = Pobl. Dot. K1' . K2' . C$$

Se determinan los coeficientes K1' y K2' tomando como referencia los datos de caudal de funcionamiento de las plantas de tratamiento de Maldonado y Piriápolis.

	Maldonado y Punta del Este	Piriápolis
K1'	1,15	1,18
K2'	1,2	1,19

Tabla 25. Determinación de K1' y K2' para los casos de referencia.

Caudal de diseño

Como se mencionó anteriormente se trabaja con una dotación de 200 l/hab.d, y con K1' y K2' hallados anteriormente se determina los caudales máximo diario y máximo horario en invierno y verano:

Caudal de diseño		
Zona de Estudio	Verano	Invierno
Q max,d (l/s)	32	26
Q max,h (l/s)	38,4	31,3

Tabla 26. Valores de caudales de diseño.

Al valor de diseño se le agrega el caudal de descarga de una barométricas (ver apartado Disposición de Lodos), siendo el caudal de diseño de la planta de tratamiento de 44,5 l/s⁴. Se observa que el caudal de diseño para la planta de tratamiento de La Paloma es menor que el de la planta de Piriápolis (120 l/s). Se tiende a tomar como referencia la planta de Piriápolis, ya que es una planta que funciona para una zona con características similares a la zona de estudio, además que se piensa ubicar en una zona con similares características. Por otra parte, la planta de tratamiento de Maldonado, tiene incluido en su costo la implantación del tratamiento de lodos.

Para el caso de La Paloma el tratamiento de lodos se ubicará aparte de la planta de tratamiento para evitar la circulación de camiones barométricos en la zona turística de La Paloma. Una opción es en el ex volcadero de La Paloma.

Planta	Q diseño (l/s)
Piriápolis	120
Proyección La Paloma	44,5
Q La Paloma/Q Piriápolis	0,37

Tabla 27. Comparación de caudales

Para determinar el área de la planta de tratamiento y el valor de inversión, a modo de referencia, se realiza un cálculo simplificado en base a los datos de Piriápolis, además la planta de La Paloma

⁴ Se considera que un camión barométrico de 7,5 m³ descarga en 20 minutos.

se ubicará en una zona rocosa como la planta de Piriápolis. Par ello se aplica a los valores de la planta de tratamiento de Piriápolis un coeficiente de 0,37, obteniéndose:

La Paloma, Costa Azul, Aguada y Arachania	
Área (m ²)	358,2
Q diseño (l/s)	44,5
Costo (USD)	2.035.000

Tabla 28. Datos de área y costo de inversión para la planta de tratamiento (estimación).

Se observa que en relación al área que ocuparía la planta de tratamiento de La Paloma, este criterio no limita su implementación en la zona del Faro La Paloma que dispone de más de una hectárea libre.

9.2.2 Interceptor costero

9.2.2.1 Pre-Diseño de Interceptor costero

Posterior a la ubicación de la planta de tratamiento, se pre-diseñan los interceptores costeros. Los datos de cotas y longitud de los tramos se extraen de Google Earth, el diseño es grosero ya que se tomaron tramos largos de colector. En esta etapa el objetivo es determinar costos para el análisis de alternativas. Se realizará el correcto dimensionado del interceptor en el Anteproyecto de redes con el resultado del análisis de alternativas.

Los tramos considerados son los siguientes:



Figura 39. Tramos numerados de interceptor.

Datos de Tramos			
Tramo	L(m)	Cota Ti	Cota Tf
INTERCEPTOR OESTE			
1	1383,7	11	8
2	376,2	8	5
3	463,5	5	5
4	784,1	5	4
5	368,2	4	4
6	464,1	4	1
INTERCEPTOR ESTE			
7	648,2	16	9
8	512,3	9	9
9	257,8	9	5
10	401,4	5	4
11	969,1	4	4
12	838	4	3,5
13	197,5	4	3,5
14	456,2	5	4

Tabla 29. Datos de los tramos para el interceptor.

Para construir el interceptor condominial, los criterios de diseño utilizados son:

- Profundidad de excavación mínima: 1,2 m
- Pendiente mínima de cada tramo: 0,45 %
- Velocidad menor a velocidad crítica
- Tirante menor al 75% del diámetro
- Tensión tractiva mayor a 1Pa

Para construir el interceptor de efluentes decantados, los criterios de diseño utilizados son:

- Profundidad de excavación mínima: 0,9m
- Pendiente mínima de cada tramo: 0,3%
- Velocidad menor a velocidad crítica

Se destaca que para el diseño de efluentes decantado se consideró la profundidad de 0,9m desde cota de terreno a cota de clave de colector, ya que la red está planteada para ser construida por eje de calle.

Se agrega a cada nodo la contribución de la zona homogénea correspondiente, se considera además una tasa de infiltración de 0,2 l/s por kilómetro de colector.

Según los criterios establecidos se determinan los siguientes diámetros para cada tramo y estaciones de bombeo.

Para determinar el caudal de diseño de cada tramo, se observa zona homogénea de aporte a cada tramo. Se realiza una estimación de población por zona homogénea multiplicando la población de diseño de la planta de tratamiento, por la proporción de viviendas (en el año 2047) en la zona homogénea sobre el total de viviendas.

CAUDALES DE DISEÑO					
ZH	Viv Totales	% Total	Total personas	Q_ZH (m3/día)	Tramo al que aporta
1	1179	10%	1351	350,1	5
2	66	1%	76	19,6	7, 8
4	1899	17%	2175	563,8	3
5	660	6%	756	195,9	6
6	1051	9%	1203	311,9	7
7	27	0%	31	8,1	7
8	143	1%	163	42,3	7
9	137	1%	157	40,7	7
10	270	2%	309	80,2	2
11	1090	10%	1249	323,7	2
17	278	2%	319	82,7	1
18	411	4%	471	122,0	11
19	503	4%	577	149,6	12
20	453	4%	520	134,6	12
21	748	7%	857	222,1	13
22	369	3%	422	109,4	14
23	630	6%	722	187,0	14

Tabla 30. Caudal de diseño para interceptor.

Interceptor Condominial

INTERCEPTOR OESTE										
Tramo	L (m)	Qaa (m3/h)	ϕ (m)	So (%)	Cota Ti	Cota Tf	Cota Zi	Cota Zf	y/D	T Tractiva (Pa)
1	1383,7	4,44	0,20	0,45	11,00	8,00	9,90	3,70	0,16	1
2	376,2	21,54	0,20	0,46	8,00	5,00	3,67	1,95	0,35	2
3	463,5	33,62	0,20	0,45	5,00	5,00	1,92	-0,18	0,45	2
ESTACION DE RECALQUE Q=33,62 m3/h										
4	784,1	45,93	0,20	0,45	5,00	4,00	3,90	0,39	0,55	2
ESTACION DE RECALQUE Q=45,93 m3/h										
5	368,2	60,78	0,20	0,45	4,00	4,00	2,90	1,25	0,66	3
6	464,1	69,28	0,20	0,46	4,00	1,00	1,22	-0,90	0,72	3

INTERCEPTOR ESTE										
Tramo	L(m)	Qaa(m3/h)	ϕ (m)	So (%)	Cota Ti	Cota Tf	Cota Zi	Cota Zf	y/D	T Tractiva (Pa)
7	648,2	29,66	0,20	1,08	16,00	9,00	14,90	7,90	0,33	4
8	512,3	29,66	0,20	0,45	9,00	9,00	7,87	5,55	0,42	2
9	257,8	29,85	0,20	0,63	9,00	5,00	5,52	3,90	0,39	3
10	401,4	30,13	0,20	0,45	5,00	4,00	3,87	2,05	0,43	2
ESTACION DE RECALQUE Q=30,13 m3/h										
11	969,1	35,92	0,20	0,45	4,00	4,00	2,90	-1,50	0,47	2
ESTACION DE RECALQUE Q=35,92 m3/h										
12	838,0	48,36	0,20	0,45	4,00	3,50	2,90	-0,73	0,56	2

13	197,5	57,76	0,20	0,44	3,50	4,00	-0,93	-1,63	0,64	3
ESTACION DE BOMBEO Q=70,44 m3/h										
14	456,2	12,68	0,20	0,45	5,00	4,00	3,90	2,01	0,27	1

Tabla 31. Pre-Diseño de interceptor costero con criterios de sistema condominial.

Según criterio de pendiente mínima se determinan cuatro estaciones de recalque y una estación de bombeo, además se verifica el criterio de tensión tractiva.

Interceptor Efluentes Decantados

INTERCEPTOR OESTE									
Tramo	L (m)	Qaa (m3/h)	Φ (m)	So (%)	Cota Ti	Cota Tf	Cota Zi	Cota Zf	y/D
1	1383,7	5,40	0,200	0,30	11	8	9,90	5,80	0,18
2	376,2	21,54	0,200	0,50	8	5	5,77	3,90	0,35
3	463,5	33,62	0,200	0,30	5	5	3,87	2,50	0,51
4	784,1	45,93	0,200	0,30	5	4	2,47	0,10	0,62
5	368,2	60,78	0,250	0,30	4	4	0,07	-1,02	0,51
6	464,1	69,28	0,250	0,30	4	1	-1,05	-2,42	0,56

INTERCEPTOR ESTE									
Tramo	L(m)	Qaa (m3/h)	Φ (m)	So (%)	Cota Ti	Cota Tf	Cota Zi	Cota Zf	y/D
7	648,2	29,66	0,200	1,08	16	9	14,90	8,07	0,33
8	512,3	29,66	0,200	0,30	9	9	7,87	6,52	0,48
9	257,8	29,85	0,200	0,94	9	5	6,32	4,07	0,35
10	401,4	30,13	0,200	0,30	5	4	3,87	2,82	0,48
11	969,1	35,92	0,200	0,30	4	4	2,62	-0,08	0,53
POZO DE RECALQUE Q=35,92 m3/h									
12	838,0	48,36	0,200	0,30	4	3,5	2,90	0,40	0,65
13	197,5	57,76	0,200	0,30	3,5	4	0,37	-0,22	0,74
ESTACION DE BOMBEO Q= 70,44 m3/h									
14	456,2	12,68	0,200	0,30	5	4	3,90	2,55	0,30

Tabla 32. Pre-Diseño de interceptor costero con criterio de sistema de efluentes decantados.

En este caso se determina una estación de recalque y una estación de bombeo (igual que en caso de interceptor condominial).



Figura 40. Interceptor costero con pozos de bombeo (opción condominial)



Figura 41. Interceptor costero con pozo de bombeo (opción efluentes decantados).

9.2.2.2 Costos Directos del Interceptor Costero

Una vez dimensionados los interceptores para las alternativas de los sistema condominial y de efluentes decantados se rubraron los mismos considerando los puntos de excavación de la zanja, relleno de la base del colector, colocación del caño, relleno de la zanja, remoción y reposición de la vereda (se supone que ira siempre por vereda), y el abatimiento de la napa. Se supuso nuevamente que se colocarán cámaras cada 100 metros a lo largo del interceptor, donde cada cámara tendrá un costo de U\$75.000.

Se destaca que los costos que se determinarán es una aproximación que se realiza en base a estudios ya realizados, con objetivo de estudiar las alternativas.

La operación y mantenimiento del mismo se determinó a partir de los datos de la IM para el sistema convencional que es 451\$/m. Para los sistemas de efluentes decantados y condominial se toma un 25% del costo del convencional, por lo tanto la operación y manteniendo por metro de colector será 113\$/m.

Los resultados son:

Costos directo de inversión de colocación del interceptor costero (USD)		
	Sistema de Efluentes Decantados	Sistema Condominial
Costo Directo de Inversión (USD)	2.295.231	4.207.056
OyM (USD/año)	31.602	31.602

Tabla 33. Costo del interceptor en dólares.

A cada alternativa se le debe añadir el costo se le debe agregar el costo de inversión de las estaciones de bombeo y de operación y mantenimiento de las mimas estaciones.

Costo de Estaciones de bombeo

El costo de inversión de las mismas está asociado a los pozos de bombeo, las bombas y las impulsiones. El costo de operación y mantenimiento será general de cada sistema.

Pozo de Bombeo

A partir del caudal que llega a cada pozo, se obtiene el costo directo de inversión del mismo.

Se cuenta con un estudio brindado por la IM donde se tiene el costo de varias estaciones de bombeo y el caudal que levanta la misma estación. Con lo anterior se tiene una relación del costo del pozo en función del caudal. A continuación se muestra una gráfica con la relación:

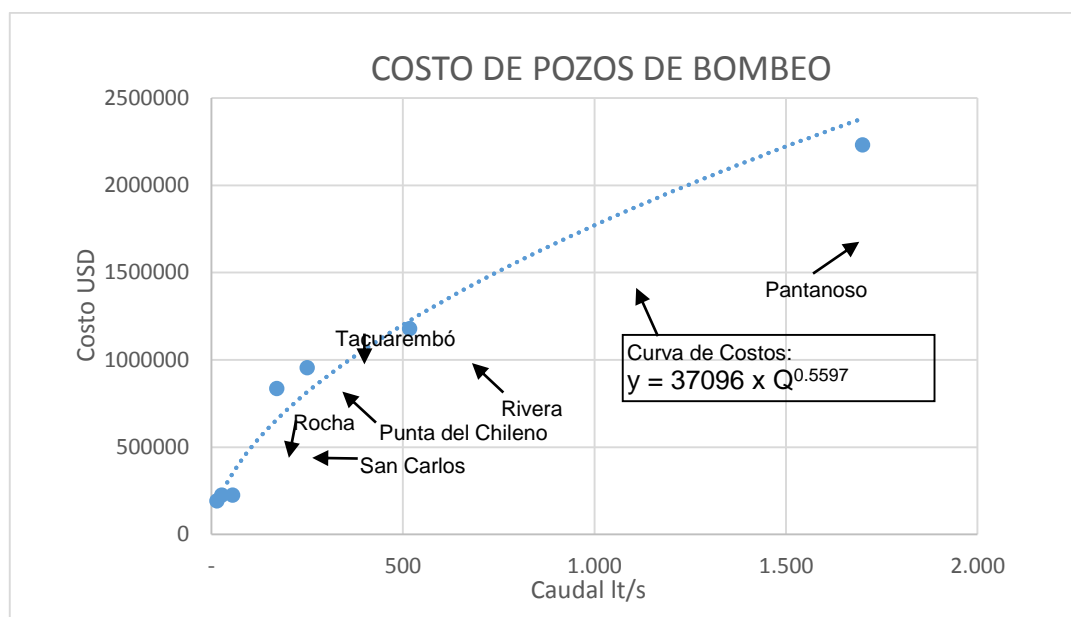


Figura 42. Costo de pozos de bombeo en función del caudal en dólares (Fuente IM).

Con esto se llega a que:

Decantado			Condominial		
Pozo	Q(l/s)	Costo (USD)	Pozo	Q(l/s)	Costo (USD)
P1	9,98	134.421	P1	9,34	129.542
P2	19,57	195.969	P2	12,76	154.257
			P3	8,34	121.843
			P4	9,98	134.421
			P5	19,57	195.969
Total		USD 330.389	Total		USD 736.032

Tabla 34. Costo Directo de Inversión de los pozos de bombeo sin IVA (USD).

Impulsión

Este es el tramo de tubería por el que la bomba eleva el líquido hasta una cota tal que pueda circular por gravedad. Consiste en una tubería, cuyo diámetro se determina suponiendo que la velocidad con la que el fluido sale del rotor, y por lo tanto, supondremos la misma en toda la tubería de impulsión, es de 1,5 m/s y a partir del caudal que llega al pozo de bombeo. Se consideró que la impulsión es de 2 Km, para el pozo de bombeo ubicado en Arachania, en ambas alternativas (ver Figura 40) y de 1 metro para las estaciones de recalque. Además se tiene el precio por metro de tubería, dato proporcionado por la Intendencia de Montevideo.

Precio de tubería por metro de impulsión (USD)	
Descripción	Costo (USD/m) Año 2016
Tuberías de diámetro 110 mm	392,6
Tuberías de diámetro 160 mm	472,3
Tuberías de diámetro 200 mm	572,1
Tuberías de diámetro 250 mm	698,5
Tuberías de diámetro 315 mm	830,3

Tuberías de diámetro 400 mm	990,6
-----------------------------	-------

Tabla 35. Precio, en pesos uruguayos, del metro de tubería sin IVA (USD).

Con lo anterior, en función del diámetro de tubería y la longitud de la tubería, se tendrá el costo de ambas alternativas:

Decantado				Condominial			
Impulsión	Diámetro troncal (m)	Diámetro impulsión (m)	Costo Total (USD)	Impulsión	Diámetro troncal (m)	Diámetro impulsión (m)	Costo Total (USD)
I1	0,200	0,092	393	I1	0,200	0,089	393
I2	0,200	0,129	944.695	I2	0,200	0,104	393
				I3	0,200	0,084	393
				I4	0,200	0,092	393
				I5	0,200	0,129	944.695
Total Impulsión (USD)			945.088	Total Impulsión (USD)			946.265

Tabla 36. Costos directos de inversión de las impulsiones en cada interceptor sin IVA (USD).

Bombas

Para realizar el análisis, se supone que los pozos de bombeo serán del tipo húmedos, por lo tanto se tendrán bombas sumergibles.

Se toma nuevamente como referencia un estudio de la IM, donde se tiene el precio de una bomba, en función de la potencia (en KW) de la misma. A continuación se tiene el resultado de dicho estudio:

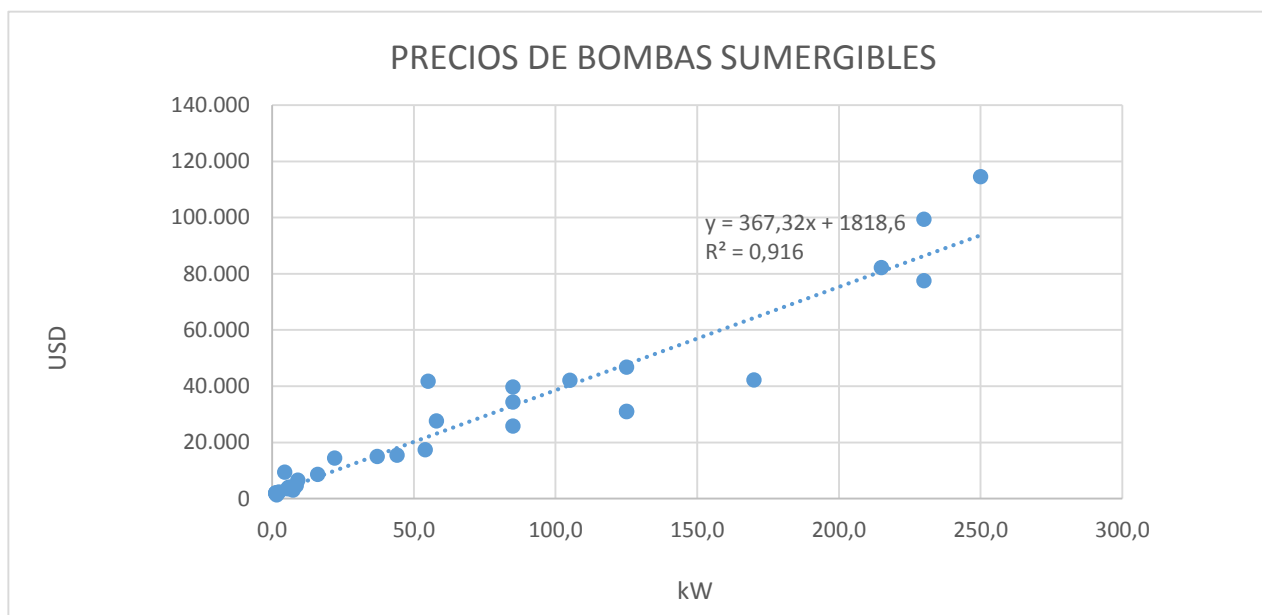


Figura 43. Precio de las bombas en dólares en función de la potencia (Fuente IM).

Para usar dicha información, se calcula para cada bomba la potencia ($P = \frac{Q\gamma H}{\eta}$, donde Q es el caudal, γ es peso específico del agua, H la altura a levantar y η el rendimiento, que se toma del 85%) que debe tener en función del caudal que va a impulsar y la altura de la misma. Se supone que cada bomba eleva el flujo a 10 metros, hasta la salida del pozo, y luego circula por gravedad.

Solo en el caso de la estación de bombeo que se ubicara en Arachania, se eleva más de 10 metros, ya que debe impulsar el flujo desde el fondo del pozo (10 m) hasta un punto a partir del cual se va por gravedad (ubicado a 2 km de éste).

Se supone que por pozo se tendrá un sistema de 2 + 1, debido los cambios de caudal que existe entre época estival y no estival, ya que en época de demanda baja solo trabajará una bomba y habrá dos de reserva mientras que y cuando la demanda sea elevada, funcionarán dos bombas y una estará de reserva. Los cálculos se realizan con la fórmula de Darcy Weisbach, donde f es extraído del ábaco de Moody, con los valores de $\epsilon/D=0,01$ y Re dependiendo de cada impulsión. Todas las impulsiones serán construidas en hierro de fierro de $\Phi 110m$.

A continuación se expresan los costos finales de las bombas para cada pozo de bombeo diseñado:

Decantado							
Bomba	Hg (m) ⁵	Q/bomba (m ³ /s)	Re	h D-W (m)	Ht (m)	Pot (Kw)	Costo total (USD)
1	5	0,0100	1,15E+05	0,01	5,01	1	6103
2	18	0,0196	2,26E+05	0,04	18,04	4	10033
						Total	16136

Condominial							
Bomba	Hg (m) ⁶	Q/bomba (m ³ /s)	Re	h D-W (m)	Ht (m)	Pot (Kw)	Costo total (USD)
1	5	9,34E-03	1,08E+05	0,006	5,006	0,5	6062
2	5	1,28E-02	1,48E+05	0,008	5,008	0,8	6284
3	5	8,37E-03	9,69E+04	0,005	5,005	0,5	5999
4	5	9,98E-03	1,15E+05	0,006	5,006	1	6103
5	18	1,96E-02	2,26E+05	0,043	18,043	4	10033
						Total	34481

Tabla 37. Costo de las bombas sin IVA(USD).

Operación y manteniendo

Se considera que el coto de operación y mantenimiento de los pozos de bombeo, bombas e impulsiones es realizado por el prestador de los servicios OSE.

El costo de operación y mantenimiento anual del interceptor costero corresponde a USD 21.239, este es un valor de referencia tomado de datos que brindó el Servicio de Operación y Mantenimiento de la IM, este valor es válido tanto para sistema condominial como para red de efluentes decantados.

Se toma como referencia que el costo de operación y mantenimiento de un pozo de bombeo es de USD 9429, este valor es a modo de referencia, se realiza utilizando datos de la Planta de Maldonado. El costo de operación y Mantenimiento de cada pozo de bombeo es bien distinto, ya que depende de los elementos que tenga y del caudal con que trabaje, de igual forma para éste análisis se considerará el valor expresado como operación mensual de un pozo de bombeo.

Se tiene que el costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de Maldonado USD 110.000 donde tiene incorporado la operación y manteniendo de bobeo, por ello se decidió

⁵ Pérdida de carga geométrica

⁶ Pérdida de carga geométri

que el 40% de este costo será dedicado a la planta de tratamiento, y el 60% restante a los pozos. Además no se incluye el costo de la energía eléctrica ni de los productos químicos. Además

En Resumen

Con el estudio anterior se llega al costo directo de Inversión total del interceptor costero con sus correspondientes pozos de bombeos y líneas de impulsión y los costos de operación y mantenimiento:

		FS+ED	Condominial
Costos Directos de Inversión Totales (USD)	Interceptor	2.295.231	4.207.056
	Cámaras	210.211	210.211
	Pozos de bombeo + Impulsión + Bombas	347.390	1.716.778
	Total	2.852.833	6.134.046
Costo de Operación y mantenimiento (USD/año)	Interceptor	31.602	31.602
	Pozos de bombeo + Impulsión	226.296	565.740
	Total	257.535	597.342

Tabla 38. Costos Directos y de Operación y Mantenimiento del interceptor y las estaciones de bombeo para los sistemas, sin IVA (USD).

9.3 Emisario

Para estimar un costo de emisario, tomamos como referencia el costo del emisario de Punta del Este, correspondiente a la planta de tratamiento de Maldonado, el mismo tuvo un costo total de USD 14.000.000 y tiene una longitud total de 1000 m, (500 m construidos en zona de rompiente y 500 m en zona subacuática).

El costo por metro de colector a construir en zona de rompiente es de 32.000 USD/m y el costo en zona subacuática es de 24.000 USD/m.

Se destaca que para el caso de La Paloma quizás no es necesario construir el emisario de 1000 m, o quizás puede realizarse un emisario más simplificado como en el caso de la planta de tratamiento de Piriápolis. En Piriápolis el emisario consta de un canal cerrado de sección rectangular que se inserta unos metros en el cuerpo de agua.

Para realizar una decisión adecuada al respecto, se debería realizar un análisis más detallado de corrientes, parámetros a la salida de la planta de tratamiento, batimetría de la zona, entre otros.

9.4 Análisis Técnicos

Como se observa en las alternativas presentadas, no se presentan las soluciones para las zonas homogéneas 2, 3 y 9 (todas con densidad de viviendas menor a 6). Esto se debe a que son casos de análisis particulares:

- En la zona homogénea 3, se emplaza el camping de La Paloma, según su característica en cuanto a densidad de viviendas, correspondería realizar depósitos fijos impermeables, pero debido a que se trata de padrones privados se considera que su estudio escapa al alcance de este proyecto. Observando las alternativas de solución propuestos, se propone dejar previsto un colector frentista al predio, para que el

camping si lo desea y lo cree necesario de acuerdo a su configuración de sanitaria interna pueda conectarse.

- En relación a las zonas homogéneas 2 y 9, se tienen que si bien deberían ser estudiadas con la solución de depósito fijo impermeable, no se considera apropiado ya que las zonas homogéneas aledañas tienen soluciones de tipo dinámicas colectivas. Por este motivo se decide integrar a éstas al estudio de zonas homogéneas con mayor de 6 viviendas por hectárea, ya que implica practicidad en construcción y operación y mantenimiento. Por otro lado, la parte de zona homogénea 2 que puede ser habitada por viviendas es pequeña, debido a que en ésta se emplaza el Puerto de La Paloma, canchas de tenis entre otras zonas para recreación.

Para las zonas homogéneas en las cuales se determinó la solución de sistema de saneamiento de depósito fijo impermeable se necesitarían tomando los valores de viviendas de 2011 un total de época estival de 6 camiones (si se analiza el escenario de 5 personas por vivienda), y en la época no estival alcanzaría con 2 camión, para cubrir el servicio de las 405 viviendas que allí se instalan. Mientras que para el fin del periodo de previsión serían necesarios 15 camiones barométricos en época estival y 6 camiones barométricos en período no estival para cubrir las 1077 viviendas que se proyectan en dichas zonas.

Se destaca que a modo de conclusión sería necesaria la compra de 2 camiones barométricos al principio del período de previsión, con compras de cuatro camiones más en los siguientes treinta años. Se destaca que para abarcar la demanda de camiones barométricos en período estival, OSE (prestador del servicio) alquilará los camiones que trabajen en la zona.

9.5 Costos Indirectos

Para comprar económicamente las tres alternativas propuestas, faltan incorporar al análisis los costos indirectos de cada alternativa, y estos pueden ser significativos en el costo final de cada una. Estos implican aquellos costos que no se pueden asignar a ninguna tarea en particular, sino que están en toda la obra, como son:

- Ingenieros
- Administrativos
- Ayudantes
- Capataz
- Encargado
- Equipos menores
- Compra de entibados
- Compra de equipos (como los equipos well point)
- Volquetas
- Máquinas de uso constante
- Combustible
- Autos
- Consumo de servicios (OSE, UTE, ANEL)
- Uniformes y herramientas
- Obrador
- Otros.

Para determinar los costos indirectos es necesario estimar un plazo de obra. Esto se hizo en base a los rendimientos establecidos en las obras del saneamiento de Ciudad de la Costa (Canelones) se supondrán los rendimientos en construcción de redes para la zona de alcance en función de la profundidad de las tuberías:

Profundidad (m)	Rendimiento (m colector /día)
0-2	30
2-3	20
3-5	10

Tabla 39. Rendimientos en metros de colector a construir por día en función de la profundidad.

Se determina el total de meses que llevará construir las redes de colectores, con el dato de rendimiento expresado en metros de colector por día, y la longitud de las redes a construir en cada alternativa. Se trabajará 22 días al mes y en simultáneo existirán cinco cuadrillas trabajando.

También se supone que se podrán construir dos depósitos fijos impermeables por día y que habrá una cuadrilla trabajando en ello.

En el caso de las fosas sépticas para la Alternativa 1 se supone que habrá una cuadrilla trabajando y se construirán dos fosas séptica por día, mientras que la Alternativa 2 habrán dos cuadrillas por lo que se construirán cuatro fosas sépticas por día.

Con esto se llega a que los plazos serán:

	Plazo (meses)	Plazo (años)
Alternativa 1	22	1,8
Alternativa 2	24	2,0
Alternativa 3	18	1,5

Tabla 40. Plazo de casa alternativa.

Se estimó el costo de la sede como el 3% de los costos directos, y el Monto Imponible se caculo como el 85% del total de la masa salarial de quienes son remunerados a través de la Ley 14.411 de Industria de las Construcción donde se establece el nuevo régimen de aportes sociales.

Con esto se llega a:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costos Indirectos (USD)	6.360.868	6.303.386	5.515.519

Tabla 41. Costos indirectos de cada alternativa sin IVA (USD).

En el Anexo B “Planillas de Costos” se tiene el desarrollo y cálculo de los costos.

10 Resultados

10.1 Análisis de costos

Una vez que se tienen los costos directos e indirectos de inversión y los costos de operación y mantenimiento para cada elemento del sistema de saneamiento:

- Costos en zonas homogéneas mayores y menores a 6 viviendas por hectárea
- Interceptor costero con las respectivas estaciones de bombeo y líneas de impulsión
- La planta de tratamiento, que no variará para las tres alternativas consideradas
- El emisario, que no variará para las tres alternativas consideradas
- Costos indirectos para cada alternativa determinado

Se calcula el costo de inversión (costo directo más costo indirecto) y el costo total de operación y mantenimiento, (con unidades individuales diseñadas para 5 personas por vivienda). Para operación y mantenimiento se supone una tasa de interés de 2 % durante 30 años. Tanto a la inversión como a la operación y manteniendo se le aplica un IVA del 22%.

De esa forma se obtiene los siguientes costos, expresados en USD:

Alternativa 1				
	Inversión (USD)	O&M (USD)	Indirectos (USD)	VAN (USD)
Redes +Fs	87.613.825	1.511.066	6.360.868	149.807.912
DFI		434.400		
Interceptor		31.602		
Estaciones de Bombeo		565.740		

Alternativa 2				
	Inversión (USD)	O&M (USD)	Indirectos (USD)	VAN (USD)
Redes+FS	79.189.573	508.328	6.303.386	111.855.477
DFI		434.400		
Interceptor		31.602		
Estaciones de Bombeo		226.296		

Alternativa 3				
	Inversión (USD)	O&M (USD)	Indirectos (USD)	VAN (USD)
Redes+FS	77.282.024	1.341.875	5.515.519	134.915.786
DFI		434.400		
Interceptor		31.602		
Estaciones de Bombeo		565.740		

Tabla 42. Costo preliminar de cada alternativa con IVA (USD).

10.2 Análisis Ambiental

Para poder elegir de forma más correcta la alternativa apropiada a cada zona se hará un análisis ambiental de cada alternativa.

Se elabora una matriz que incluye acciones del proyecto en fase definitiva. En esta se evaluarán distintos aspectos ambientales asociados a una obra de saneamiento, donde cada aspecto se valora de 1 a 3, donde 1 significa que dicho aspecto genera un impacto mínimo y 3 un impacto considerable.

Los aspectos a evaluar son:

- Generación de residuos sólidos: cantidad de residuos sólidos generados en la planta de tratamiento, fosas sépticas, estaciones de bombeo.
- Presencia física: Espacio ocupado por la alternativa
- Paisaje: Impacto visual que genera
- Olores: Generación de olores debido a la alternativa
- Molestia en los usuarios: Incomodidad que produce en el usuario debido a la presencia de la alternativa
- Tránsito de camiones: Presencia de camiones barométricos para las tareas de limpieza, y de camiones de operación y mantenimiento
- En caso de rotura, impacto sobre el agua subterránea: Debido a un mal funcionamiento o rotura de la estructura, impacto que genera sobre el agua subterránea al haber infiltración
- En caso de buen funcionamiento, calidad del agua subterránea: Se evalúa como mejora la calidad del agua subterránea debido a la presencia de dicha alternativa y que no se produzca infiltración
- Mejora sobre la calidad del suelo: Ídem del anterior, pero con el terreno
- Mano de obra: Oportunidad de trabajo local que brinda cada alternativa
- Generación de efluentes: Cantidad de líquido cloacal que genera
- Alcance de la gravedad en caso de fallo hacia los usuarios: Si se produce un fallo que dé lugar a un corte en el servicio, el alcance que produce

A cada aspecto se le asigna un valor o peso, el cual representa la importancia que tiene sobre el medio o los usuarios.

De forma objetiva, se valora todos los aspectos en cada una de las alternativas, para posteriormente poder hacer el análisis.

Peso de cada aspecto	Aspectos	Alternativa			
		DFI	FS+ED	Red Condominial	Red Convencional
8	Generación de residuos sólidos	4	3	2	1
2	Presencia física	4	3	2	1
3	Paisaje	4	3	1	2
9	Olores	4	3	2	1
9	Molestias de los usuarios	4	3	2	1
8	Tránsito de camiones	4	3	2	1
8	En caso de rotura, impacto sobre el agua subterránea	4	1	3	2
6	Mejora sobre la calidad del suelo	1	4	3	2
6	Mano de obra	1	2	3	4
9	Generación de efluentes	4	1	3	2

9	Alcance de gravedad en caso de fallo hacia los usuarios	1	2	3	4
---	---	---	---	---	---

Tabla 43. Valoración de los aspectos.

El análisis de las alternativas consiste en la valoración cuantitativa de cada tipo de saneamiento. Una vez que están valoradas todas las acciones de cada alternativa, se procede a multiplicar el peso por el puntaje asignado.

ALTERNATIVA			
DFI	FS+ED	Red Condominial	Red Convencional
32	24	16	8
8	6	4	2
12	9	3	6
36	27	18	9
36	27	18	9
32	24	16	8
32	8	24	16
6	24	18	12
6	12	18	24
36	9	27	18
9	18	27	36

Tabla 44. Análisis se las alternativas.

Con esos números se hacen dos operaciones:

- Suma ponderada
- Media ponderada

	DFI	FS+ED	Red Condominial	Red Convencional
Suma Ponderada	245	288	189	148
Medias	3,18	3,00	1,92	1,08

Tabla 45. Operaciones realizadas para hacer análisis ambiental para cada sistema de saneamiento.

Aquella alternativa donde el valor que se obtiene de las operaciones anteriores sea menor, es aquella que ambientalmente resulta más viable. Se observa, por lo tanto, que en las dos operaciones, la red convencional es ambientalmente más viable que el resto de alternativas, siguiendo la red condominial y ubicándose en el último lugar los depósitos fijos impermeables.

10.3 Elección de la alternativa

Una vez completado el análisis económico se decide hacer un análisis global, incorporando aspectos económicos, ambientales y técnicos.

Para el análisis económico, se le asigna el valor de 1 al menor precio y el valor de 3 a mayor precio. Se hace tanto para inversión como para operación y mantenimiento.

El análisis técnico se tuvo en cuenta al definir la alternativa más adecuada para cada zona según las soluciones de las zonas homogéneas contiguas, plazo de la obra, la homogeneidad de la solución que facilite la construcción, facilidad en operación y mantenimiento, molestia hacia los usuarios, cantidad de estaciones de bombeo.

A cada aspecto: Económico, ambiental y técnico se le asignó un peso de 0 a 10, siendo 10 muy importante y 0 poco importante.

			Valoración		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Peso					
8	Económico	Inversión	3	2	1
10		OyM	3	1	1
2	Ambiental		2	3	1
9	Técnico		3	1	2

ESCALA
1 Bueno
2 Neutro
3 Malo

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Peso Valoración	24	16	8
	30	10	20
	4	6	2
	27	9	18

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Suma ponderada	85	41	48
Medidas	2,93	1,41	1,66

Tabla 46. Análisis de las alternativas.

Se observa que la Alternativa 2 la más adecuada.

11 Etapabilización preliminar de Obras

Las obras a construir serán:

Sistema de Colecta y Transporte de aguas residuales

Depósitos fijos impermeable con retiro periódico de camión barométrico, a priori con capacidad de 5 personas para cada vivienda de las zonas homogéneas 7, 8, 12, 13, 15 y 16.

Sistemas de fosa séptica, con capacidad de 5 personas con red de efluentes decantados en el resto de las zonas homogéneas.

Tratamiento de Aguas residuales

Incluye la construcción de una planta de tratamiento en la zona del Faro de La Paloma, con tratamiento de tipo físico químico y un caudal de diseño de 44,5 l/s.

Sistema de Disposición Final

Construcción de emisario subacuático.

Tratamiento de lodos

Se construirán sistemas de fosas sépticas, ubicadas estratégicamente, que recibirán los efluentes de camiones barométricos provenientes de limpiezas de depósitos fijos impermeables para las zonas de primera etapa y parte de efluentes de depósitos fijos filtrantes que no podrán ser eliminados en la primera etapa.

Etapabilización

Se divide las obras a construir en dos etapas, priorizando en la primera etapa brindar la solución adecuada para las zonas cercanas a la planta de tratamiento, zonas donde reside la población fija, zonas vulnerables y de interés social para la localidad.

Datos de INE, Censo 2011		
Zona Homogenea	Viviendas uso temporal (%)	Viviendas ocupadas (%)
1	56%	44%
2	86%	14%
3	86%	14%
4	68%	32%
5	72%	28%
6	38%	62%
7	36%	64%
8	38%	62%
9	80%	20%
10	79%	21%
11	74%	26%
12	53%	47%
13	53%	47%

14	78%	22%
15	86%	14%
16	89%	11%
17	86%	14%
18	77%	23%
19	77%	23%
20	52%	48%
21	80%	20%
22	71%	29%
23	71%	29%

Tabla 47. Datos de Ocupación de Viviendas. Fuente: Censo INE, año 2011.

Se observa que las zonas que poseen en proporción mayor viviendas ocupadas que de uso temporal son: por un lado las zonas homogéneas con solución de tipo depósito fijo impermeable con retiro periódico de camión barométrico (7, 8, 12 y 13), y el resto corresponde a zonas homogéneas con solución de efluentes decantados (20, 1 y 6, siendo la última de importancia social para la localidad). Gran parte de éstas se emplazan en la zona Oeste de La Paloma, con excepción de la zona homogénea 20.

De esta manera se consideran obras de primera etapa: la construcción de la planta de tratamiento con su correspondiente sistema de disposición final, interceptor Oeste, zona homogénea 6 por instalarse allí el barrio obrero donde reside gran parte de la población fija, y algunas de las zonas homogéneas Oeste con solución de saneamiento dinámica (14, 4, 1, 5, 11, 9) cercanas a la planta de tratamiento. Se destaca que la zona homogénea 14 corresponde a la zona principalmente turística. Si bien las zonas homogéneas con solución de tipo depósito fijo impermeable son zonas con alto porcentaje de viviendas ocupadas, la densidad de viviendas por hectáreas son bajas, por lo que serán obras de segunda etapa.

Quedan definidas las obras de segunda etapa como: interceptor Este junto al sistema de las zonas homogéneas que allí se instalan y sus respectivos pozos de bombeo. El análisis de alternativas dio como resultado dos estaciones de bombeo, pero ello debe verificarse a nivel de anteproyecto. Se incluye en esta etapa el restante de zonas homogéneas de la zona Oeste que no se realizaron en primera etapa.

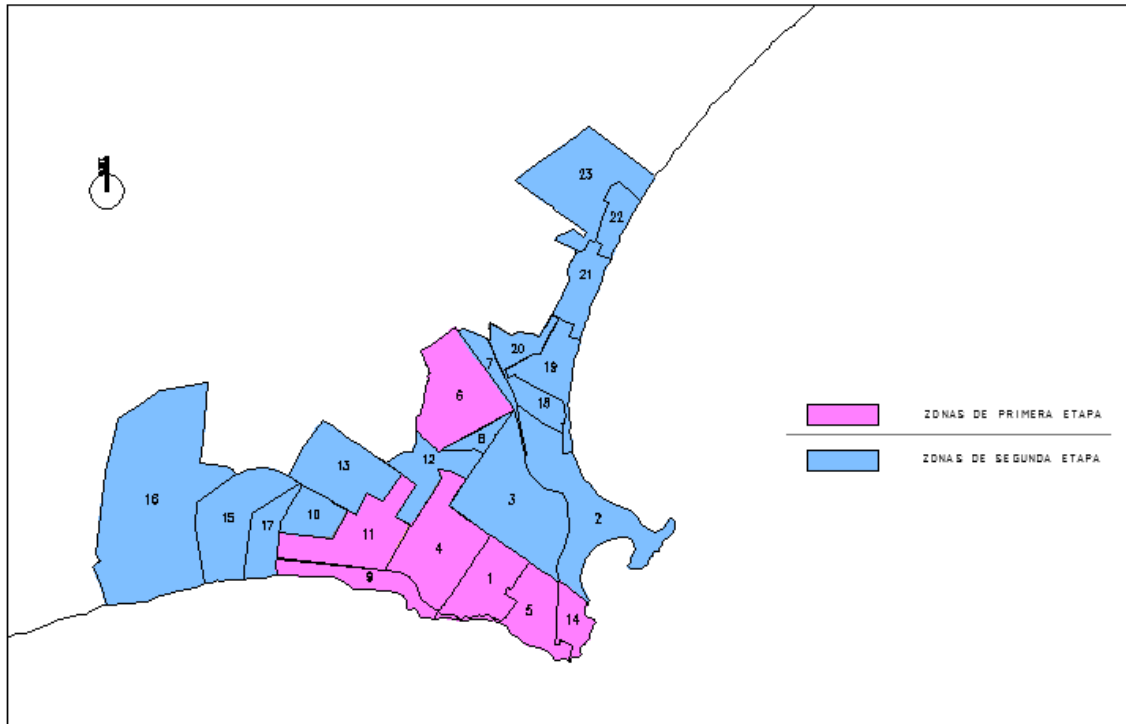


Figura 44. Etapabilización de las obras.

12 Disposición de Lodos

Los lodos generados en el sistema de saneamiento previsto corresponden:

- Lodo de purga de unidades de la planta de tratamiento
- Efluente líquido con gran contenido de lodo proveniente de la limpieza de los depósitos fijos impermeables
- Efluente proveniente de limpieza de fosas sépticas de las viviendas que cuenten con sistema de saneamiento de efluentes decantados

En base al Decreto 182/13, el lodo a tratar es clasificado como “Categoría 1”, ya que en particular, el mismo presenta un riesgo biológico especial, por ser pasible de contener agentes patógenos que puedan poner en riesgo la salud. Según Artículo 32 del presente Decreto, los residuos de éste tipo pueden disponerse sobre el terreno en rellenos de seguridad, caso que en Uruguay no existe.

Según información recibida por alcaldía y por OSE el lugar disponible en La Paloma para realizar la disposición es en el predio del ex-volcadero de La Paloma. Se está implementando allí la realización de un compost como mejorador del suelo, que se realiza con restos de pescado y residuos de poda de árboles. Se propone instalar allí una centrifuga para deshidratar los lodos extraídos de los distintos sistemas (excepto los de la planta que se deshidratarán en la misma). El lixiviado generado por este proceso se conectará a la red de efluentes decantados para ser tratado en la planta de tratamiento.

Para la disposición final de los lodos generados, se plantean dos opciones:

Opción 1:

En relación a lo expuesto, se propone integrar los lodos extraídos y deshidratados del sistema de saneamiento al compost existente. En esta situación, el lodo generado por las purgas de las unidades de la planta de tratamiento, será deshidratado en la misma planta y retirado y enviado periódicamente con camiones hacia el antiguo volcadero de La Paloma, para ser integrado al compost que allí se procesa. Actualmente se trata el compost para mejorar el suelo, donde los encargados de gestionarlo tienen algunas empresas con las que comercializarlo, para viñedos de la zona, empresas de olivares o venta particular. Además, también se usará para que municipio pueda emplearla.

Opción 2:

Deshidratar el lodo extraído y llevarlo al relleno de sanitario de Rocha.

Para minimizar la cantidad de camiones barométricos que circulan en la zona de Ciudad Vieja y el Faro de La Paloma, en período estival, se propone implementar un vertedero, materializado en una fosa séptica, que recibirá los efluentes provenientes únicamente de la limpieza de los depósitos fijos impermeables. La misma se conectará al Interceptor para unirse al proceso de tratamiento físico químico con el resto del efluente. La localización del vertedero se proyecta en un lugar próximo a las zonas homogéneas con sistema de saneamiento de depósito fijo impermeable, de forma alejada de la zona más turística para no generar molestias en los turistas. Este vertedero que funcionará como fosa séptica, será limpiado al final de cada periodo estival, y será sellado hasta la próxima.

Se propone además la implantación de una segunda fosa séptica que recibirá la descarga de camiones barométrico de limpieza de depósitos fijos en zonas de segunda etapa, la misma será provisoria hasta luego de finalizada la segunda etapa de obras. Esta se ubicará cercana a las zonas de segunda etapa.

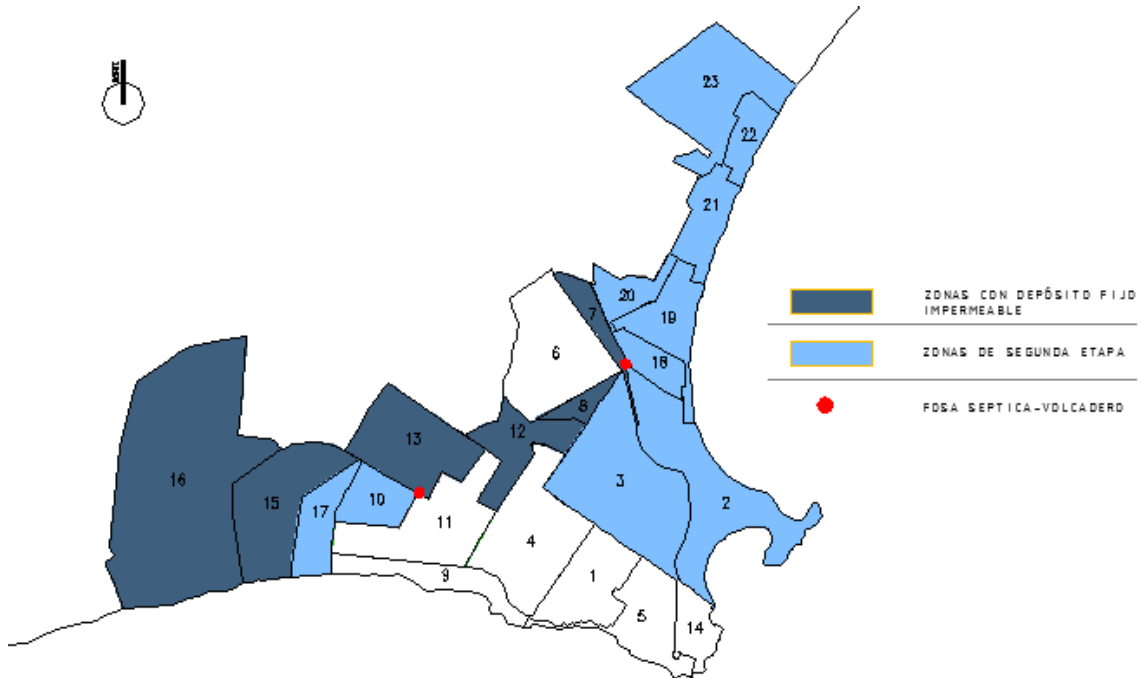


Figura 45: Ubicación del vertedero de camiones barométricos.

Por otro lado el líquido resultante de la limpieza de fosas sépticas será llevado a la zona del ex-volcadero, donde se instalará una centrífuga para la deshidratación de los mismos. A ésta llegará también el lodo proveniente de la limpieza de la fosa séptica donde se verterán los líquidos de limpieza de los depósitos fijos impermeables.

Con esta propuesta se deberá dividir los camiones destinado para limpieza de depósitos fijos impermeables y los camiones para la limpieza de fosas sépticas. Se prevé que la limpieza de la fosa séptica del vertedero sea semanalmente para el período estival y trimestralmente para período no estival.

El ex-volcadero sólo funcionará en período estival, ya que en período no estival no será necesario.

13 *Síntesis de Resultados*

Se obtuvo un resultado a partir del estudio de alternativas de saneamiento para las localidades de La Paloma, La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania.

Se estudiaron diversas alternativas de saneamiento convencional y sistemas de saneamiento no convencionales: depósito fijo impermeable, fosa séptica más red de efluentes decantados, sistema condominial y sistemas de saneamiento que impliquen infiltración al terreno, o evapotranspiración.

Según información obtenida durante la realización del estudio, la zona de interés tiene el nivel de la napa freática a aproximadamente 2,5 metros de la superficie, motivo por el cual no es posible implementarse una alternativa que implique la infiltración al terreno. La normativa de Sanitarias Internas de Rocha exige una distancia mínima de 2 m desde el fondo del sistema de infiltración al nivel freático. La idea inicial del presente estudio era tener una solución no convencional, en particular en soluciones de tipo infiltración al terreno bien dimensionada ya que actualmente los habitantes de la zona en su mayor parte infiltran al terreno, pero ambientalmente esto no sería apropiado, por las condiciones propias de la zona. Además se concluye que según las características climáticas de Uruguay una solución de evapotranspiración no es adecuada, ya que implican un riesgo para la población al producirse desbordes de los mismos en eventos de lluvia.

De los sistemas de saneamiento restantes se realizó un análisis económico, ambiental y técnico, llegándose a una solución integrada que combina la solución de depósito fijo impermeable en aquellas zonas que alcanzará densidades menores a 6 viv/ha al final del periodo de provisión, y de fosa séptica más red de efluente decantado en las demás.

Se definió la tecnología de la planta de tratamiento que será de tipo físico-química, ya que este tipo de tratamiento amortigua correctamente los cambios de caudal característicos de esta zona en periodo estival. La solución con red de efluentes decantados no afectará el tratamiento físico-químico, esto se debe a que en la fosa séptica solo se removerán sólidos sedimentables y no sólidos suspendidos, por lo tanto el tratamiento será el encargado de remover los mismos, para lograr una buena eficiencia en la desinfección (ya que se plantea desinfección con radiación UV).

La remoción que alcanza una fosa séptica de cámara única, varía entre el 30 y el 50% de la DBO. La planta de tratamiento físico-químico remueve entre el 60 y el 90% de la DBO, con la implementación de la fosa se alcanzará remociones que varían entre el 72% y el 95% de la DBO del líquido doméstico, lográndose una DBO 10 mg/l a 56 mg/l.

La disposición final de los efluentes de la planta será al Océano Atlántico, inicialmente mediante un emisario aunque se evaluará la posibilidad del vertido directo. Se destaca que el tratamiento físico-químico tiene una buena eficiencia en remoción de patógenos, aspecto fundamental para una zona balnearia, donde el uso principal en la recreación por contacto directo.

La disposición de los lodos de las limpiezas de las fosas sépticas y los lodos resultantes de la planta de tratamiento se realizará en el predio ubicado en el antiguo vertedero de La Paloma, donde se plantea mezclar esos lodos con los residuos de podas y de pescado para hacer compostaje (mejoradores de suelos). La localidad ya cuenta con un proyecto para la producción de compost a partir de los residuos, que se desarrolla en el mismo lugar.

14 Bibliografía

- [1] OSE 2009. Proyecto Tratamiento y disposición Final de Efluentes del Sistema Maldonado-Punta del Este. Informe Ambiental Resumen de la administración de las Obras Sanitarias del Estado.
- [2] Alessandra Tiribocchi Barelli, 2012. Comunicación de Proyecto de Planta de Tratamiento de Efluente domésticos de la ciudad de Piriápolis.
- [3] Julieta López, 2013. Notas del curso de Tratamiento de Efluentes de Facultad de Ingeniería.
- [4] Magdalena Rezzano, 2010. Notas de curso Instalaciones de Sanitarias Internas de Facultad de Ingeniería.
- [5] Julieta López, 2015. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental de Facultad de Ingeniería, Sistema de Saneamiento Adecuado.
- [6] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2005. Manual a implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.
- [7] José M. Azevedo-Netto 1992. Programa de Salud ambiental, Tecnologías Innovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado, OMS.
- [8] Ron Crites, George Tchobanoglous, 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.
- [9] Página: <http://listado.mercadolibre.com.uy/galpones> el 19 de Julio de 2016, a las 23:56.
- [10] Luis G. Castillo Elsitdié y Pedro F. Soriano Pacheco, 2011. Evaluación económica de proyectos de obras hidráulicas.
- [11] Universidad Politécnica de Cartagena, apuntes de Ingeniería ambiental y sanitaria.
- [12] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 2003. Especificaciones técnicas para el diseño de tanques sépticos.
- [13] NBR 7229, Asociación Brasileira de Normas Técnicas, 1993. Proyecto, construcción y operación de tanques sépticos.
- [14] Robert H. Kadlec y Scott D. Wallace, 2009. Treatment Wetlands, second edition.
- [15] Junta Departamental de Rocha, 2010. Decreto Nº 5/10.
- [16] Departamento de Rocha, 2012. Directrices departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.
- [17] Departamento de Rocha. Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos”.
- [18] Intendencia de Rocha, 2003. Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sustentable de la Costa Atlántica.
- [19] Intendencia de Rocha, 2015. Ordenanza de Instalaciones Sanitarias.
- [20] Intendencia de Rocha, 2015. Reglamento de la Ordenanza de Instalaciones Sanitarias.
- [21] Ing. Julieta López, 2015. Sistema de Saneamiento adecuado en Uruguay.

- [22] Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), 2000. Reglamento para el Trámite y Ejecución de Proyectos y Obras de Abastecimiento de Agua Potable y Servicio de Saneamiento destinado a Nuevos Fraccionamientos.
- [23] Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), 1995. Reglamento para el Proyecto, Construcción y Financiación de las Obras de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de los Conjuntos Habitacionales construidos por M.E.V.I.R.
- [24] Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), 2000. Reglamento para el Trámite y Ejecución de Proyectos y Obras de Abastecimiento de Agua Potable y Servicio de Saneamiento destinada a Conjuntos Habitacionales excepto M.E.V.I.R.
- [25] Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2010. Decreto 78010.
- [26] Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1979. Decreto 253/79.
- [27] Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2013. Decreto 182/013.
- [28] Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2005. Decreto 349/005.
- [29] Junta Departamental de Rocha, 2003. Decreto 12/03.
- [30] Ley 18610 Política Nacional de Agua, 2009.
- [31] Ley 18840 Conexión a las Obras de Saneamiento, 2011.
- [32] Departamento de Rocha, 2000. Proyecto de Ordenanza Costera.
- [33] Administración de las Obras Sanitarias del Estado, 2010. Ley Orgánica 11907.
- [34] Administración de las Obras Sanitarias del Estado, 2006. Reglamento para la construcción de Ramales Provisorios de Desagüe.
- [35] Resolución 736/010, 2010.
- [36] Teresa Cristina Lampoglia, Sergio Rolim Mendoza, 2006. Alcantarillado Condominial.
- [37] José Carlos Melo, ministerio de Ciudades, Secretaria Nacional de Saneamiento Ambiental, Programa de Modernización del Sector de Saneamiento, 2008. Sistema Condominial, Una Respuesta al Desafío de Universalización del Saneamiento.
- [38] Ing. Julieta López. Apuntes de Tratamiento de Efluentes, UDELAR.
- [39] Eduardo P. Jordão y Pedro Alem Sobrinho, 2004. Investigación y Experiencia con el Post-Tratamiento para reactores UASB en Brasil.
- [40] Dib Gebara, Humberto Carlos Ruggerl Junior, Fernando Henrique Rufato, Milton Dall'Aglio Sobrinho y Pedro Alem Sobrinho, 2006. Indices de Eficiencia de Consumo de Aguas Residuales por Reactores Aerobios de Lecho Fluidizado en Tubos Concentricos Con Diferentes Geometrías.
- [41] Milos Rozkosný, Michal Kriska, Jan Salek, Igor Bodik, Darja Isteni, 2014. Natural Technologies of Wastewater Treatment.

[42] Pablo Forcheri, Fernando Recuero y Nicolás Daoudian, 2015. Tratamiento de Aguas Subterránea Para Remoción de Cloruros, Sodio, Hierro, Manganeso, con Osmosis Inversa y Filtro de Arenas Verdes.

[43] Comisión de Vecinos, Barra de Valizas, 2011. Saneamiento Ecológico Valizas.

[44] Ing. Jorge Caviglia, Análisis de Costos y Presupuestación de Obras, 4ta. Edición, Montevideo, 1999.

[45] <http://iesmunoztorrero.juntaextremadura.net/web/aguaserena/activid/edar/edar.htm>
(Fecha: 09/08/2016 Hora:18:42).

[46] <http://www.directindustry.es/prod/smith-loveless-inc/product-91701-1139849.html>
(Fecha: 09/08/2016 Hora: 18:50)

[47] Kadlec R. H. & Wallace, S. D. (2009). Treatment wetlands, 2nd Edition. CRC Press, Florida, 1046 pp.