

MAVDT
0056

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico



GUÍA RAS - 005

Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO



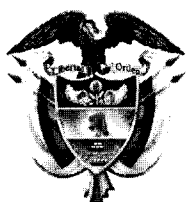
Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo
Territorial
República de Colombia

Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación

GUÍA RAS - 005

**Reglamento Técnico del Sector de Agua
Potable y Saneamiento Básico**

Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

ISBN volumen: 97333-4-4

ISBN obra completa: 97333-3-6

Fotografía de cubierta: Instalación de tubería en Zipaquirá.

Gobernación de Cundinamarca- Secretaría de Obras Públicas- DAPSB

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

SANDRA SUÁREZ PÉREZ
MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA
VICEMINISTRO DE AMBIENTE

CARLOS GUEVARA BLUM
DIRECTOR DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GERMÁN TORRES M.
CONSULTOR
AUTOR DE LA GUÍA

GRUPO TÉCNICO INTERVENTOR
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL
MAURICIO RIVERA SALCEDO
ARMANDO VARGAS LIÉVANO
MARÍA ELENA CRUZ LATORRE

FINANCIADO POR LA CÁMARA SECTORIAL
DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE ANDESCO

GUSTAVO GALVIS HERNÁNDEZ
PRESIDENTE

CAROLINA VILLAMIL ESGUERRA
SECRETARIA GENERAL

MAURICIO LÓPEZ GONZÁLEZ
SECRETARIO TÉCNICO

JULIO CÉSAR DEL VALLE RUEDA
SECRETARIO SECTORIAL
CÁMARA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

ADRIANA RAMÍREZ GARCÍA
SECRETARIA DE COMUNICACIONES

COORDINACIÓN
MARÍA YOLIMA LOZANO QUINTERO

PREPARACIÓN EDITORIAL
MARTA ROJAS, ALEJANDRO ROJAS

IMPRESIÓN
G Y B GRAPHIC

BOGOTÁ, ABRIL DE 2004

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	9

Capítulo 1

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA IDENTIFICACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES..... 11

1.1 FASE 1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO, DEFINICIÓN DE SU ALCANCE Y PRIORIZACIÓN	11
1.2 FASE 2. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS CONCEPTUALES	12
1.3 FASE 3. DISEÑOS DETALLADOS	14

Capítulo 2

ACTIVIDADES PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 15

2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BÁSICA	15
2.2 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL	16
2.3 PLANEAMIENTO, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	17

Capítulo 3

TIPOS DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 19

3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE	19
3.2 SELECCIÓN DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	21

Capítulo 4

CRITERIOS Y PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO 27

4.1 GENERALIDADES SOBRE EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO	27
---	----

4.2	PARÁMETROS PARA DISEÑO CONCEPTUAL.....	29
4.2.1	Diámetros mínimos por tipos de tuberías colectoras	30
4.2.2	Periodo de planeamiento y diseño conceptual.....	31
4.2.3	Delimitación del área del proyecto y de las áreas de drenaje dentro de él	32
4.2.4	La población y su distribución territorial	32
4.2.5	Verificación del nivel de complejidad del sistema	32
4.2.6	Caudal de diseño de aguas residuales.....	32
4.2.7	Trazado inicial de los colectores	39
4.2.8	Diseño hidráulico	39
4.3	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO ACTUAL Y SUS CONDICIONES DE SERVICIO	43
4.4	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE OBRAS Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FUTURA DE DRENAJE	44
4.5	DISEÑO DETALLADO	45
4.5.1	Replanteo topográfico del eje del trazado y análisis de interferencias	45
4.5.2	Diseño geométrico	46
4.5.3	Diseño hidráulico	49
4.5.4	Diseño geotécnico y estructural	49

CAPÍTULO 5

EJEMPLO DE APLICACIÓN.....51

5.1	IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	51
5.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO CONCEPTUAL	52
5.2.1	Recopilación y análisis de la información	52
5.2.2	Definición de criterios y parámetros básicos de diseño conceptual	54
5.3	ALTERNATIVA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SEPARADO CONVENCIONAL	59
5.4	ALTERNATIVA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SEPARADO TIPO SIMPLIFICADO	69
5.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	80
5.6	CONCLUSIONES	81

ANEXO 1

SISTEMAS DE ALCANTARILLADO NO CONVENCIONALES	83
--	----

ANEXO2

DISEÑO SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL	93
--	----

ANEXO 3

DISEÑO SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO	105
--	-----

PRESENTACIÓN

El gobierno nacional, dentro del marco del plan nacional de desarrollo “Hacia un Estado comunitario”, busca la participación ciudadana en la consecución de fines sociales, el manejo eficiente y austero de la inversión pública y la autonomía regional, para la creación de un Estado comunitario en el cual se den las condiciones de erradicación de la miseria y la construcción de equidad y seguridad social.

Uno de los objetivos del sector está orientado a modernizar la gestión de las empresas prestadoras de los servicios para que, por medio de la eficiencia y asignación eficiente de recursos, se logre atender un mayor número de usuarios y se disminuyan los rezagos en coberturas de acueducto y saneamiento básico entre las regiones y las zonas urbana y rural. Por tal razón, es necesario dar prioridad a las inversiones con el propósito de llegar a la población más pobre del país y, de este modo, focalizar las acciones que garanticen la finalidad social del Estado.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Mavdt), a través de la Dirección de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental (Dapsba) ha elaborado estas guías con el fin de facilitar el uso y la aplicación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en sus diferentes títulos. Se espera que con estas nuevas herramientas se mejore la capacidad técnica y de planeación de las distintas entidades encargadas del desarrollo del sector.

La elaboración de estas guías RAS, permite al sector contar con documentos que ayuden a poner en práctica lo establecido en el reglamento en mención, para mejorar los procesos de planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, evaluación y monitoreo de los distintos proyectos desarrollados para cubrir las necesidades de agua potable y saneamiento básico en los municipios de Colombia.

Las guías RAS están dirigidas a las autoridades de planeación municipal, las entidades de regulación y vigilancia, los consultores, los diseñadores, los constructores y los operado-

res de los diferentes sistemas involucrados. Sin embargo, se hace especial énfasis en los municipios pequeños de Colombia, los cuales usualmente cuentan con menos recursos técnicos y económicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura.

INTRODUCCIÓN

Esta Guía tiene como objetivo mostrar el uso del *Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico* (RAS-2000) para el planeamiento y diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas. En la Guía se hace un recuento de los principales elementos contemplados por el RAS en cuanto al diseño de estos sistemas, tanto en el capítulo XIV de la Resolución 1096 del 27 de noviembre de 2000, mediante la cual se adopta el Reglamento, como en el Título D de la sección II, práctica de buena ingeniería sugerida por el RAS. Igualmente, con el fin de mostrar su aplicación se desarrolla un ejemplo donde se estudian los problemas de drenaje de las aguas servidas de la localidad de Santana en el departamento del Putumayo, se diseñan y costean dos alternativas de solución, y se hace una recomendación final.

Es importante mencionar que el ejemplo desarrollado en esta Guía es un caso particular que pretende facilitar el uso de las normas y los conceptos presentados en el RAS-2000. Conforme a esto, no debe esperarse que los criterios aplicados para el caso del planeamiento y diseño del sistema de aguas servidas de Santana sean exactamente aplicables a la generalidad de los casos de otros municipios colombianos.

La Guía se encuentra dividida en cinco capítulos que agrupan los elementos básicos necesarios para estudiar un sistema de recolección y evacuación de aguas servidas. El capítulo 1 se dedica a describir el procedimiento general que se debe usar para la identificación, justificación y elaboración de proyectos de este tipo. El capítulo 2 trata sobre las actividades principales que se deben seguir durante los estudios de factibilidad y diseño de sistemas de aguas servidas. El capítulo 3 presenta los tipos de sistemas más usados en la recolección y evacuación de las aguas residuales y hace algunas recomendaciones sobre la aplicación de cada uno de ellos. El capítulo 4 analiza y discute los criterios y parámetros para el planeamiento y diseño conceptual y detallado de estos sistemas de alcantarillado

sanitario. Por último, el capítulo 5 muestra en forma detallada un ejemplo de aplicación de los temas tratados.

Como un anexo se presentan algunos conceptos sobre la utilización de sistemas de alcantarillado no convencionales, ampliando los conceptos que sobre este tema presenta el RAS.

En esta Guía se hace referencia constantemente al Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS-2000), y a las cuatro Guías de aplicación de varios temas del RAS que se han elaborado previamente, por tanto, se considera útil conocerlos para tener una adecuada interpretación.

Capítulo 1

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA IDENTIFICACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

La concepción inicial de un proyecto de alcantarillado sanitario nace de la identificación de un problema de salud pública que hace la comunidad, y se canaliza a través de las autoridades municipales.

El seguimiento de los pasos básicos y de los procedimientos establecidos en el RAS es la garantía de que este proyecto se pueda llevar a cabo y preste el servicio para el cual ha sido concebido.

El procedimiento general para la identificación, justificación y elaboración de un proyecto de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales está plenamente establecido en los diferentes capítulos del Título A del RAS, los cuales son de obligatorio cumplimiento. A continuación se resumen y comentan las etapas o fases más importantes:

1.1 FASE 1

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO, DEFINICIÓN DE SU ALCANCE Y PRIORIZACIÓN

Todo proyecto de un sistema total o parcial de evacuación o disposición de aguas residuales debe justificarse con la solución de un problema identificado de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, ya sea mediante la ampliación de cobertura de un servicio, mejoramiento de su calidad y eficiencia o la construcción de la infraestructura para su prestación, si se carece completamente de él.

El alcance del proyecto debe ser planteado a partir de un análisis de la demanda del servicio comparado con la oferta del mismo (infraestructura existente, si la hay). Además, el proyecto debe cumplir con los criterios de priorización de las necesidades de servicios públicos dentro del municipio.

El RAS, en sus capítulos A-4 (Identificación y justificación de proyectos), A-5 (Priorización de proyectos) y a través de la Guía-RAS-002 (Identificación, justificación y priorización de

proyectos) presenta todas las herramientas, los procedimientos sugeridos y ejemplos para llevar a cabo este paso fundamental dentro de la concepción de un proyecto que debe realizar usualmente la autoridad municipal para presentarlo al gobierno nacional o a una entidad financiadora. La realización de esta fase inicial del proyecto de acuerdo con lo reglamentado y sugerido por el RAS es la garantía de que el proyecto no tendrá mayores trabas en las fases posteriores pues se considera que el proyecto ha sido adecuadamente concebido y tiene todo el sustento por los beneficios que prestará.

La priorización del proyecto exige definir el grado de complejidad del sistema, según se establece en el capítulo A.3. Sin embargo, como a este nivel de identificación del problema es posible que no se cuente con los estudios detallados de poblaciones y de condiciones socioeconómicas que permitan definir su complejidad como lo exige el RAS, se sugiere que se trabaje en forma preliminar con el nivel de complejidad que la población haya establecido para cualquier otro proyecto de servicios públicos, o que se estimen los parámetros de población y capacidad económica de los usuarios en forma aproximada, y que el resultado se valide en las fases posteriores del proyecto (factibilidad y diseños).

1.2 FASE 2

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS CONCEPTUALES

Todo proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales debe llevar a cabo estudios de planeamiento y diseño conceptual (factibilidad) donde se analicen diferentes alternativas técnicas y ambientales de solución al problema (sistemas convencionales y no convencionales) y sus costos asociados, con el fin de elegir la alternativa más favorable para el municipio, que satisfaga las necesidades técnicas a unos costos de inversión inicial y de operación y mantenimiento, que sean pagables por el municipio y los usuarios del sistema. Es decir, realizar un estudio completo de factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera de las diferentes alternativas de solución. Cuando la evaluación del proyecto requiera su ejecución por etapas, el cronograma de ejecución y el tamaño de cada elemento del sistema en cada etapa debe ser obtenido a partir de un análisis del costo mínimo.

Para garantizar la integralidad y funcionalidad de un proyecto de aguas residuales, en el estudio de alternativas se debe incluir el análisis y la elección de la corriente o cuerpo receptor, y la necesidad de contar con sistemas de tratamiento de dichas aguas en el corto, mediano y largo plazo.

Durante la ejecución de los estudios de factibilidad se deben realizar los estudios previos mencionados en el capítulo A.7 del RAS. Adicionalmente a estos estudios técnicos e institucionales de la localidad y del área de influencia del proyecto, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

Conocimiento del marco institucional y legal en que se desarrollará el proyecto

El estudio de factibilidad del proyecto debe tener en cuenta las diferentes entidades que deben estar involucradas en las etapas posteriores del mismo y que están relacionadas con la prestación de los servicios públicos de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales y pluviales, conociendo las responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades y principales aspectos que deben identificarse son:

1. Entidad responsable del proyecto.
2. Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema.
3. Empresa prestadora del servicio (oficial, mixta o privada).
4. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema.
5. Entidades de planeación (DNP, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entre otras).
6. Autoridad ambiental competente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales, entre otras).
7. Fuentes de financiación.

El proyecto debe tener en cuenta todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización y el diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y de cada uno de sus componentes en particular. Igualmente, debe contemplar las medidas legales necesarias para garantizar el adecuado desarrollo del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previstos

El proyecto propuesto debe estar acorde con los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial planteados dentro del marco de la Ley 388 de 1997, o la que la reemplace, y establecer las implicaciones que el sistema tendría dentro de la dinámica del desarrollo urbano.

En particular, el planeamiento de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano de las áreas habitadas y las proyectadas, prevista en el corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los usos del suelo, la estratificación socioeconómica, el plan vial, y las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales.

En caso de requerirse la implementación actual o futura de un sistema de tratamiento de las aguas residuales, su ubicación deberá estar prevista dentro de los Planes de Ordena-

miento Territorial (POT) y, en lo posible, asignado el uso del suelo a los predios requeridos para tal fin. De no ser así, los requerimientos prediales para el sistema de tratamiento deberán ser involucrados en el POT.

1.3 FASE 3 DISEÑOS DETALLADOS

En la fase de diseño detallado de cualquier sistema de recolección y evacuación de aguas residuales debe cubrir los siguientes aspectos:

- Documentos para la licitación y construcción de las obras:
 - Planos detallados de diseño y construcción.
 - Especificaciones técnicas y formularios de cantidades de obra.
 - Pliegos de condiciones para la contratación.
 - Presupuesto de las obras.
 - Estudio de impacto ambiental y plan de manejo.
- Procedimientos de puesta en marcha y manuales de operación y mantenimiento de los diferentes componentes del sistema.

Capítulo 2

ACTIVIDADES PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las principales actividades que deben seguirse en el desarrollo de un proyecto completo de recolección y evacuación de aguas residuales se describen y comentan a continuación:

2.1 RECOPILOACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BÁSICA

Se refiere a la consecución y análisis de información existente en estudios previos que contribuyan a un análisis general de las características físicas y socioeconómicas de la población que se analizará.

Dentro de esta información básica es necesario profundizar en los siguientes temas:

Descripción y diagnóstico de los sistemas existentes de abastecimiento de agua potable y de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias

Conocimiento en planos e investigación en terreno de las características físicas, técnicas y operativas de los sistemas de acueducto y alcantarillado existentes, haciendo énfasis en los siguientes aspectos básicos:

- Entidad responsable del servicio.
- Descripción de los componentes de cada sistema, de sus características principales y de sus condiciones actuales de operación y mantenimiento.
- Descripción del servicio con énfasis en la cobertura actual, el número de conexiones domiciliarias (usuarios registrados) y la calidad y continuidad del servicio.
- Tarifas que se cobran a los suscriptores del servicio y costos en que incurre la entidad a cargo de su prestación.
- Deficiencias de los servicios de abastecimiento de agua potable y de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales.

- Planos de catastro de las redes de acueducto y alcantarillado existentes y demás componentes de estos sistemas.
- Percepción de la comunidad y de las autoridades respecto al estado actual de los servicios de acueducto y alcantarillado y su posición y aceptación al planteamiento de un nuevo proyecto.

Planes de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano

Dentro de estos estudios se tiene una descripción y diagnóstico del estado actual de los servicios de acueducto y alcantarillado así como un estimativo de la población actual y proyecciones para periodos futuros.

Igualmente, dentro de estos estudios se proponen los usos del suelo actuales y futuros, y las áreas de expansión urbanística que permitirán estimar la localización de los nuevos desarrollos de vivienda y, por ende, la distribución territorial o espacial de la población actual y futura, elemento fundamental para el prediseño de las tuberías de recolección de aguas servidas.

Adicionalmente, allí se define el perímetro sanitario previsto tanto para la situación actual como para condiciones futuras. Dentro de la cartografía existente en dichos planes se puede ubicar y delimitar el área del proyecto de recolección y disposición de aguas residuales y/o pluviales, y las diferentes áreas de drenaje que se tengan dentro de la zona de estudio del nuevo proyecto.

2.2 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL

Definición del periodo de análisis

Es necesario establecer el periodo de planeamiento del sistema y el año inicial de operación. De esta manera se tiene un horizonte de análisis para estimar las proyecciones de población y demanda, así como para realizar la evaluación económica y la implementación por etapas en la fase de análisis y selección de alternativas.

Estimación de la población actual y futura

En el caso de sistemas sanitarios se debe estimar el crecimiento de la población a lo largo del periodo de planeamiento del sistema. La población estimada en el área del proyecto debe considerar las densidades máximas de ocupación de cada zona, con base en los Planes de Ordenamiento Territorial de la localidad.

Estimación de caudales de retorno de aguas residuales

A partir de los estimativos de población y de los consumos de agua potable se establecen los caudales de retorno de aguas residuales que servirán para el dimensionamiento hidráulico de los sistemas en la etapa de generación de alternativas.

En lo posible los estimativos de consumo deben obedecer a valores reales obtenidos directamente de la facturación y micromedición, si éstas existen. En las proyecciones de consumo y retorno de aguas residuales se deben tener en cuenta los diferentes usos del agua y cómo se espera que los consumos evolucionen en el tiempo teniendo en cuenta el mejoramiento del servicio, el control de agua no contabilizada y la elasticidad precio-demanda.

2.3 PLANEAMIENTO, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Incluye el planteamiento técnico de alternativas, el predimensionamiento geométrico e hidráulico, la evaluación de sus costos, la evaluación técnico-económica y ambiental, y la elección de la alternativa más adecuada a las posibilidades económicas de la municipalidad donde se realizará el proyecto. Dentro de esta etapa las actividades principales son:

Generación y análisis de alternativas de sistemas para la recolección y evacuación de aguas residuales

Atendiendo las necesidades de la población y del sistema, se plantean alternativas viables desde el punto de vista técnico, las cuales deben predimensionarse y costearse con el fin de ser comparadas económicamente.

Se deben determinar las etapas de construcción o periodos óptimos de expansión de capacidad de los componentes de cada alternativa considerada, con base en el análisis de costo mínimo si éste es apropiado para el tipo de componente.

Prioritariamente, se debe establecer la posibilidad de aprovechar de manera total o parcial elementos del sistema de recolección y evacuación existente, si lo hay, así estos deban rehabilitarse u optimizarse.

Dentro del análisis técnico de alternativas debe hacerse particular énfasis en el estudio de las corrientes y los cuerpos receptores de las aguas residuales recolectadas; se deben identificar los usos del agua y las poblaciones localizadas aguas abajo de los posibles sitios de entrega y/o disposición. Igualmente, se deben analizar las características de autodepuración de los cuerpos de agua receptores (ríos, quebradas, arroyos, humedales, lagos, ciénagas, embalses y mar), y los posibles efectos ambientales de las descargas con y sin tratamiento, con base en la legislación vigente y las metas de mejoramiento de calidad de las fuentes de agua previstas por la Corporación Regional que tenga jurisdicción sobre la zona del proyecto.

Evaluación y selección de alternativas

Con base en consideraciones técnicas, económicas y ambientales, se debe seleccionar la mejor alternativa para ser diseñada en detalle para su construcción.

Las consideraciones técnicas verificarán que las alternativas de obras propuestas den una solución al problema de drenaje planteado, teniendo en cuenta la normatividad y la buena práctica de ingeniería presentada en el RAS y en esta Guía.

En principio, los aspectos ambientales validarán la posibilidad de llevar a cabo la solución técnica propuesta y, posteriormente, tendrán en cuenta los mayores o menores impactos que cada alternativa genera sobre el medio ambiente, cuantificando en cada caso los recursos necesarios para una adecuada mitigación.

Por último, se hace la evaluación económica, donde los beneficios y los costos en que se incurre para llevar a cabo una alternativa de solución son analizados para el periodo de planeamiento (análisis) del proyecto, eligiéndose aquella que represente el menor valor presente neto de todas las inversiones. Este análisis simple supone que las alternativas de solución propuestas son mutuamente comparables al producir los mismos beneficios.

En estos análisis económicos se deben tener en cuenta tanto los costos de construcción inicial, como los de las diferentes etapas de implementación y los costos de operación y mantenimiento a lo largo de todo el periodo de análisis. Por último, se debe garantizar la viabilidad financiera del proyecto analizando si los costos de inversión, operación y mantenimiento son factibles de acuerdo con los recursos de financiación que posea la localidad, y con la estructura tarifaria que se tenga para la facturación y recaudo de la prestación del servicio de alcantarillado sanitario.

Diseño de la alternativa seleccionada

La mejor alternativa debe ser dimensionada y sus costos de construcción cuantificados, todo dentro de un cronograma preciso de ejecución de obras. Se deben producir planos de detalle para construcción y otros documentos específicos requeridos durante esta etapa, tales como: estudios prediales y de servidumbres, estudios ambientales y plan de manejo del impacto ambiental y urbano, pliegos de licitación, especificaciones técnicas, cantidades de obra y presupuesto. Además, el diseño detallado debe generar, obligatoriamente, manuales, programas y procedimientos de operación y mantenimiento apropiados para garantizar la efectividad y el sostenibilidad del sistema a lo largo de su vida útil.

Para cada uno de los elementos del sistema de recolección de aguas servidas deben definirse los parámetros de diseño y los planos generales y de detalle que involucren los aspectos geométricos, hidráulicos, estructurales, ambientales y de construcción particulares.

Capítulo 3

TIPOS DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE

Sistemas convencionales

Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y el transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Los tipos de sistemas convencionales son el alcantarillado separado y el alcantarillado combinado. En el primero, las aguas residuales y las pluviales son recolectadas y transportadas mediante sistemas independientes, denominados alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial; mientras que en el tipo combinado, las aguas residuales y las pluviales se recolectan y transportan en un mismo sistema.

Sistemas no convencionales

Debido a que los alcantarillados convencionales son sistemas de saneamiento costosos, en especial para sistemas de bajo y medio nivel de complejidad, y localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional sanitario, basados en consideraciones de diseño especiales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento.

Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

- Alcantarillados simplificados: funcionan como un alcantarillado sanitario convencional, pero en su diseño se tienen en cuenta nuevos conceptos como métodos de cálculo más precisos para calcular las pendientes mínimas y condiciones de autolimpieza (permiten reducir el diámetro de los colectores), trazado de colectores bajo andenes (que requieren menor profundidad de instalación), reducción del número de pozos de inspección (por desarrollo de mejores equipos de limpieza y man-

tenimiento), y sustitución de algunos de estos por estructuras más económicas (en atención a que ya no estarán colocadas bajo las vías). Con la adopción de estos conceptos de diseño se integran los nuevos conocimientos y la tecnología de hoy para lograr un sistema funcional y más económico que los sistemas sanitarios convencionales.

- **Alcantarillados condominiales:** son alcantarillados simplificados con una forma de trazado muy particular. Las viviendas de una cuadra o manzana drenan a una tubería colectiva interna que sólo descarga al sistema público en un punto, por lo cual para cada manzana sólo se requiere, usualmente, un corto tramo de colector público. A su vez, este colector público también puede ser diseñado bajo los conceptos de un sistema de alcantarillado simplificado.
- **Alcantarillados de flujo decantado o sin arrastre de sólidos:** son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde éstos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos instalados a poca profundidad.

En el anexo 1 de esta Guía se presenta un resumen de las características, ámbitos de aplicación, criterios y parámetros de diseño propuestos por el RAS para estos tipos de sistemas de alcantarillado no convencionales.

Sistemas de disposición *in situ*

Existen sistemas basados en la disposición *in situ* de las aguas residuales como letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo.

Hacia el futuro inmediato se anticipa que empezarán a conocerse y manejarse en el país los avances tecnológicos que ya se están dando en países más desarrollados. Por ello es de esperar que aparezcan nuevos conceptos sobre optimización del dimensionamiento y el mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, tendiendo a simplificar los sistemas y a disminuir sus costos; lo anterior puede implicar un auge de sistemas del tipo no convencional pues los principales temas en que se trabaja para optimizar los sistemas convencionales actuales son:

- Reducción de costos de inversión inicial y de mantenimiento.
- Aprovechamiento de la infraestructura de alcantarillado para iniciar los procesos de tratamiento dentro de él y hacer este proceso menos costoso.
- Fomento de sistemas de alcantarillado que retengan sólidos.

Se trabaja también en la conceptualización de sistemas de alcantarillado que reduzcan los picos de caudal, esto es, que se amortigüen los grandes caudales dentro de los elementos del sistema de drenaje.

3.2 SELECCIÓN DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Dentro del proceso de planteamiento y selección de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales inicialmente priman aspectos técnicos relacionados con la población involucrada y con el tipo de servicio que se quiere brindar, entre estos aspectos tenemos: tamaño del área a drenar, población actual y futura, densidades habitacionales, dotaciones de agua potable y su correspondiente caudal unitario de retorno de aguas residuales por habitante, problemas de inundaciones, tipos de sistemas de alcantarillado existentes y aspectos socioculturales de la población atendida.

Posteriormente, planteadas las posibles alternativas y analizada su viabilidad técnica y ambiental, la decisión de la alternativa seleccionada se reduce a aquella que sea factible de ser implementada, operada y mantenida económica y financieramente por la entidad prestadora del servicio y sus usuarios. En algunos casos la aceptación por la comunidad involucrada, a pesar de no ser un aspecto cuantificable, puede sesgar la decisión.

El diseñador debe seleccionar el sistema o combinación de sistemas más conveniente para drenar las aguas residuales de la población o área. La justificación de la alternativa adoptada debe estar sustentada con argumentos técnicos, económicos, financieros y ambientales. Las siguientes constituyen pautas generales de selección.

Generalidades

Como regla general se deben adoptar sistemas convencionales como esquema básico para las poblaciones y localidades con sistemas de nivel de complejidad alto y medio alto, y sólo si éstos no son económica y financieramente sustentables se debe recurrir a plantear y evaluar un sistema no convencional.

Para las poblaciones y sistemas de nivel de complejidad medio y bajo se sugiere analizar como esquema básico un sistema no convencional y como esquema alternativo el sistema convencional, en atención a las limitaciones de recursos económicos que usualmente se tienen en poblaciones colombianas de tamaño pequeño. El análisis de las dos alternativas permitirá mostrar a la ciudadanía y autoridades los beneficios económicos que regularmente se obtienen al optar por un sistema no convencional.

A continuación se resume la utilización sugerida de cada uno de los diferentes sistemas:

Sistema sanitario convencional

Un sistema sanitario separado se debe adoptar como regla general para todas las poblaciones que ya posean sistemas de este tipo y especialmente en aquellas que no posean alcantarillado sanitario o se requiera evacuar las aguas residuales mediante bombeo. Su adopción usualmente conlleva la realización de análisis sobre la necesidad de tratamiento y disposición de las aguas residuales colectadas, para lo cual es necesario hacer estudios sobre el impacto que causan las descargas del alcantarillado sanitario sobre la calidad de agua del cuerpo receptor y verificar el cumplimiento de las normas ambientales y de calidad vigentes y las metas futuras.

Un sistema sanitario del tipo convencional debe ser planteado para altas densidades habitacionales (más de 300 hab/ha, unas 60 viviendas/ha), o en zonas donde se tiene gran incertidumbre sobre su densificación, cuando se tienen caudales importantes de efluentes de usos diferentes al residencial o cuando la variabilidad de los caudales a transportar es grande. En caso de que ninguna de estas condiciones se dé, será importante analizar como esquema alternativo un sistema sanitario no convencional ya que éste puede mostrar importantes economías en costos iniciales de construcción.

Sistemas pluviales

Los sistemas pluviales se proyectan cuando las condiciones propias de drenaje de la localidad requieran una solución a la evacuación de la escorrentía pluvial. Es decir, no necesariamente toda población requiere un alcantarillado pluvial, pues eventualmente la evacuación de la escorrentía pluvial podría lograrse de manera satisfactoria a través de las cunetas de las calles de la red vial. Estos sistemas no necesariamente deben abarcar la totalidad de la población, pues se pueden plantear sólo para los sectores con problemas de inundaciones. Por sus altos costos, la adopción de estos sistemas requiere una amplia y justificada sustentación de tipo técnico y ambiental, y especialmente del orden económico y financiero, que garanticen la viabilidad de su ejecución y su posterior sostenibilidad a través de una adecuada operación y mantenimiento.

Sistemas combinados

Los sistemas combinados pueden ser adoptados en aquellas localidades donde existan situaciones de hecho (sistemas combinados desde sus orígenes) que limiten el uso de otro tipo de sistemas. El sistema combinado puede ser utilizado cuando es indispensable transportar las aguas lluvias por conductos enterrados y no se pueden emplear sistemas de drenaje superficiales debido al tamaño de las áreas a drenar, la configuración topográfica del terreno o las consecuencias económicas de las inundaciones. Este sistema es particularmente útil en áreas urbanas densamente pobladas, donde los volúmenes anuales drenados de aguas residuales son mayores que los de aguas lluvias y por tanto su incidencia en los costos de tratamiento de efluentes son moderados.

También puede ser la solución más factible, técnica y económicamente, para un sistema de nivel de complejidad bajo y medio con problemas de drenaje de aguas lluvias. Ante la insuficiencia de recursos se pueden plantear sistemas de este tipo con un dimensionamiento reducido a transportar la totalidad de las aguas servidas y dejar algún espacio dentro de los conductos para evacuar una fracción de las aguas lluvias como un alivio temporal a los problemas de drenaje, mientras se plantea una solución definitiva de aguas lluvias.

Sistemas sanitarios no convencionales

En los países en vía de desarrollo, el costo excesivo de la implementación de los alcantarillados convencionales no ha permitido la ampliación de la cobertura de este servicio básico para lograr el saneamiento de las ciudades y los pequeños poblados.

Los recientes desarrollos tecnológicos sugieren una serie de cambios y procedimientos en la concepción y el dimensionamiento del alcantarillado sanitario con el objeto de simplificar las obras y reducir sus costos.

Las principales innovaciones propuestas se pueden agrupar en los siguientes temas:

- Introducción de métodos computacionales más precisos para el cálculo y control de las condiciones de pendiente mínima, velocidad mínima y de autolimpieza; estas condiciones deben ser verificadas para la etapa inicial de operación del proyecto.
- Durante el diseño no se debe aumentar el diámetro de un colector si el flujo no justifica el aumento, no es correcto aumentar el diámetro para reducir el gradiente hidráulico. Al involucrar estos conceptos se logra una disminución sustancial de los diámetros de los colectores. Lo anterior también se logra con la reducción de caudales de diseño (caudales pico) propiciando la amortiguación de éstos durante su tránsito a través de los diferentes componentes del sistema de drenaje.
- Al trazar las tuberías de los sistemas de alcantarillado sanitario fuera de las vías la profundidad de instalación puede reducirse al mínimo compatible con las conexiones a los hogares y la protección contra las cargas externas.
- Al utilizar mejores equipos para la limpieza y el mantenimiento de sistemas de alcantarillado, el número de pozos de inspección puede reducirse al mínimo y pueden adoptarse estructuras más simples (cajillas de inspección) para reducir los costos.

Al contemplar los conocimientos básicos que se tienen sobre estos sistemas, las experiencias desarrolladas y las posibilidades económicas de la población a servir, se considera que los alcantarillados no convencionales son la única alternativa de saneamiento de bajo costo para los niveles de complejidad bajo y medio; esto es, para poblaciones con un número de habitantes menor a 12.500 para el periodo de diseño y con una baja capacidad económica de los usuarios.

Por lo anterior, para este tipo de poblaciones, en el planteamiento de un sistema de alcantarillado sanitario se deben tener en cuenta los sistemas del tipo no convencional como la principal –si no la única– alternativa que debe ser estudiada y analizada técnica y económicamente.

No sólo se deben tener en cuenta los costos iniciales de inversión, que usualmente son más bajos en sistemas no convencionales, sino los costos de operación y mantenimiento que garantizan la sostenibilidad del sistema en el tiempo. Se deben evaluar los costos de personal capacitado y los equipos especializados que los sistemas no convencionales requieren para su limpieza; así como los costos de información y divulgación ante la comunidad de la forma óptima de utilización de estos sistemas, que son más vulnerables cuando se arrojan dentro de ellos apreciables volúmenes de basura u otros desechos sólidos.

Adicionalmente, se debe incluir el análisis de un sistema de alcantarillado simplificado, como una alternativa para racionalizar los costos de inversión dentro del análisis de alternativas de alcantarillados sanitarios en áreas de drenaje bien definidas, de ciudades de gran tamaño y población, y especialmente en aquellas zonas que se han generado de manera informal y que a través de un desarrollo progresivo se han consolidado, las cuales deben ser legalizadas y se les debe construir su servicio de alcantarillado.

A continuación se dan unas guías de aplicación de los diferentes sistemas de alcantarillados no convencionales.

Alcantarillados simplificados

Pueden ser usados en áreas con cualquier densidad de población; sin embargo, está demostrado que para áreas cuya densidad es igual o mayor que 200 hab/ha (unas 40 viviendas/ha) presenta los costos más bajos que cualquier otro sistema. Adicionalmente, su implementación en zonas con densidades menores debe ser analizada técnica y económicamente contra otras alternativas de tipo no convencional, en atención a la flexibilidad moderada que tienen de atender un crecimiento futuro, propiedad que no pueden ofrecer otros sistemas no convencionales.

Alcantarillados condominiales

Son un tipo de alcantarillado simplificado donde las viviendas de una cuadra o de una manzana están conectadas a una única tubería colectiva de recolección que a su vez drena a los colectores públicos en un solo punto; por tanto, no todas las calles alrededor de una manzana tienen colector público y algunas no tienen colector a lo largo de toda su longitud; de este modo, la extensión total de los colectores públicos será menor cuando se compara con un sistema convencional de alcantarillado que usualmente corresponde a una cuadrícula alrededor de las manzanas.

A su vez, si las condiciones de densidad de población y complejidad del sistema lo permiten, los colectores públicos que existen a lo largo de las calles se pueden diseñar como alcantarillados simplificados y se trazarán debajo de los andenes.

Estos sistemas son más fáciles de implementar en nuevos desarrollos o urbanizaciones, donde se puede construir la red de drenaje antes que las viviendas. En zonas ya desarrolladas es necesario un importante trabajo con la comunidad para la aceptación de los ramales condominiales que afectarán sus predios, y para la previsión de servidumbres de acceso para el mantenimiento de la infraestructura ubicada dentro de la zona privada o del condominio.

Alcantarillados sin arrastre de sólidos (flujo decantado)

Se recomienda su utilización en el manejo de efluentes domésticos en población o zonas con densidades menores que 200 hab/ha (unas 40 viviendas/ha) y en las que no se espera mayor crecimiento en su densidad poblacional. Deben permitir el acceso de equipos de limpieza a los tanques e interceptores donde se sedimentan los sólidos de las aguas servidas; además, debido a la flexibilidad de trazado de los colectores de diámetro reducido que drenan las aguas sedimentadas, su utilización es recomendada en zonas topográficamente muy onduladas donde es difícil conseguir un trazado económico que permita el drenaje por medio de un colector con flujo libre a gravedad en toda su trayectoria.

Sistemas de disposición in situ

Son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas de baja densidad de población; se recomienda su utilización en zonas con densidades menores que 100 hab/ha; sin embargo, si estas densidades aumentan en el futuro estos sistemas pueden convertirse en simplificados o convencionales. Se recomienda que la letrina o el tanque séptico se ubique en un sitio de fácil acceso que permita su periódico mantenimiento e inspección.

En los dos últimos tipos de sistemas se empieza a manejar el tratamiento de las aguas servidas, pues bien operadas y mantenidas podrían cubrir las etapas de tratamiento preliminar y primario de las aguas residuales.

Capítulo 4

CRITERIOS Y PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

4.1 GENERALIDADES SOBRE EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Dentro de la ejecución del diseño de un sistema de colectores para un alcantarillado sanitario es necesario una etapa inicial de planeamiento y diseño conceptual que garantice que el esquema de obras propuesto atienda los requerimientos futuros de las necesidades de drenaje de aguas servidas en cuanto a cantidad (dimensionamiento adecuado) y oportunidad (fecha de implementación); pero que a su vez cumpla con criterios de optimización económica garantizando que la alternativa de obras recomendada tenga en cuenta los conceptos del costo mínimo de inversión.

Una vez definido el mejor esquema de obras para el drenaje de las aguas servidas se pasa a la etapa de diseño detallado y elaboración de los planos y documentos para licitación y construcción.

Planeamiento y diseño conceptual

En la etapa de planeamiento y diseño conceptual se parte de un diagnóstico de la red de drenaje existente, y se continúa con el planteamiento y análisis de diferentes alternativas para su implementación, refuerzo y/o ampliación del sistema de colectores de alcantarillado sanitario, con el fin de atender los requerimientos futuros de la demanda de drenaje de aguas servidas, dentro del horizonte de análisis del proyecto.

Dimensionadas y definidas las alternativas que técnicamente satisfacen los requerimientos del sistema de drenaje de aguas servidas, al final del periodo de diseño, se pasa a una etapa de estudios económicos comparativos. Metodologías de análisis como la del costo mínimo permiten encontrar la solución global óptima para todo el conjunto de elementos que integran un sistema de alcantarillado sanitario; en el análisis deben incluirse tanto los

costos iniciales de construcción como los de operación y mantenimiento a lo largo del periodo de horizonte de análisis; esto último es de particular interés en sistemas que involucren estaciones de bombeo.

Para los análisis de alternativas descritos se trabaja con prediseños de los colectores sanitarios que incluyen la definición de corredores para su trazado (longitud), y del material y coeficiente de rugosidad de las tuberías propuestas. Conocida la distribución espacial de las descargas de aguas residuales, y estimado el caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se dimensionará la red de tuberías del alcantarillado sanitario.

El proceso de planeamiento y la definición del esquema óptimo de obras, así como sus etapas de implementación, es la actividad que usualmente se llama "diseño conceptual" y que debe ser la etapa inicial de un diseño detallado de redes de alcantarillado.

En la etapa del diseño conceptual de redes de alcantarillado se deben incluir, entre otras, las siguientes actividades:

- Delimitación del perímetro sanitario, del área del proyecto y de las áreas de drenaje contenidas dentro de este último.
- Proyecciones de población, consumos de agua y caudales unitarios de aguas servidas. Igualmente, definición de su distribución territorial o espacial.
- Diagnóstico físico y operativo de la red de alcantarillado existente con el objeto de lograr su máximo aprovechamiento.
- Definición de los caudales de aguas servidas producidos para realizar el dimensionamiento de la red de tuberías colectoras del alcantarillado sanitario (caudales máximos horarios).
- Definición de la corriente o cuerpo de agua receptora de las aguas servidas o del sitio de tratamiento, si éste se requiere o se tiene previsto. Análisis de los efectos ambientales que causará la descarga de aguas servidas y definición de necesidades de mantenimiento.
- Escogencia de corredores para el trazado de nuevas tuberías colectoras.
- Definición de las diferentes alternativas de sistemas de alcantarillado que serán analizadas (convencionales o no convencionales).
- Para cada alternativa se realizará el dimensionamiento de cada uno de los tramos de tuberías colectoras para los requerimientos del periodo de diseño; se debe definir si las tuberías existentes deben ser renovadas, reforzadas y/o ampliadas para la operación futura. Igualmente, se debe definir el número y la ubicación de estructuras complementarias como estructuras de conexión de colectores, pozos de inspección, cajillas de conexiones domiciliarias y estaciones de bombeo.

- Definición de la alternativa técnico-económica y ambiental más favorable para la municipalidad, descripción de sus componentes principales con su dimensionamiento, y definición de las etapas óptimas de implementación de las obras con sus costos asociados. Se deben incluir los planes de manejo de impacto ambiental y urbano que genere el proyecto, así como las necesidades de tratamiento de las aguas residuales antes de ser entregados a los cauces o cuerpos receptores. Todas estas definiciones se conocen como el "diseño conceptual".

Diseño detallado

La etapa de diseño detallado comprende las siguientes actividades básicas:

- Diseño geométrico, hidráulico, geotécnico y estructural de los elementos que componen el sistema de drenaje. Incluye planos de detalle para la construcción de las obras.
- Elaboración de los documentos para la licitación de construcción, éstos son: especificaciones técnicas, formularios de cantidades de obra y condiciones generales y particulares de contratación.
- Presupuesto detallado de las obras con sus respectivos sustentos de análisis unitarios de precios, para que el dueño del proyecto tenga un sustento detallado del costo de las obras. Se debe adicionar un programa estimado de ejecución y un flujo de desembolsos.
- Estudio de impacto ambiental o plan de manejo ambiental según los requerimientos de la autoridad respectiva.
- Adecuación y optimización del sistema de drenaje de aguas residuales a las necesidades y los esquemas de tratamiento de las aguas servidas, ya sean éstos de implementación en el corto o largo plazo.
- Descripción detallada y estimación de costos de predios a adquirir y servidumbres a negociar.

Es usual que el diseño detallado sólo se realice para las obras que se deben construir en forma inmediata (para atender déficit actuales) y para las que se requieran a corto plazo. No se recomienda el diseño de obras que deban construirse 10 años después del momento del diseño, pues cuando se vayan a ejecutar habrá que ajustarlos de acuerdo con la evolución real que haya tenido la demanda del servicio.

4.2 PARÁMETROS PARA DISEÑO CONCEPTUAL

Dentro del planeamiento y diseño conceptual de las redes de alcantarillado sanitario se trabaja en forma detallada en el dimensionamiento hidráulico de las tuberías colectoras

necesarias en el área por drenar, con el fin de determinar el diámetro interno mínimo admisible que cumple con las condiciones impuestas por las descargas de caudal que realizan los usuarios del sistema. Los principales parámetros de diseño asociados con estas condiciones son:

4.2.1 Diámetros mínimos por tipos de tuberías colectoras

De acuerdo con su función dentro del sistema se distinguen diferentes tipos de tuberías o redes colectoras dentro de un sistema de recolección de aguas servidas; cada una de ellas, por norma, tiene unos diámetros internos mínimos que se deben cumplir. El diámetro nominal se define como “un número simple que sirve para clasificar, en dimensiones, los elementos de tuberías, conexiones, aparatos, etc. El diámetro nominal no debe ser utilizado para fines de cálculo”. El cálculo hidráulico debe ser realizado con los diámetros internos reales.

Conexión domiciliaria

Es la tubería que transporta las aguas residuales desde la caja domiciliaria hasta un colector secundario. En un sistema convencional su diámetro nominal puede llegar a reducirse hasta 100 mm (4 pulgadas) en los sistemas de complejidad baja y media, y hasta 150 mm en sistemas de complejidad media alta y alta.

Red secundaria

Es el conjunto de colectores que reciben contribuciones de aguas domiciliarias en cualquier punto a lo largo de su longitud; también se denomina red local. En sistemas convencionales el diámetro nominal mínimo es de 200 mm (8 pulgadas), aceptándose una reducción a 150 mm (6 pulgadas) en sistemas de complejidad baja y media. En los sistemas simplificados, de baja densidad, y en los de tipo condominial, el diámetro nominal mínimo es de 100 mm (4 pulgadas) para el ramal colector interior, y de 150 mm (6 pulgadas) para el colector secundario público que lo recoge; igual valor se asume para un sistema simplificado de alta densidad poblacional.

Colector principal o matriz

Conducto cerrado, sin conexiones domiciliarias directas, que recibe los caudales de los tramos o colectores secundarios. Su diámetro estará en función del tamaño de la red secundaria de drenaje que reciba.

Interceptor

Conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales; generalmente se construye paralelo a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas

residuales a los mismos. Su tamaño estará en función de los caudales que reciba a partir de los colectores principales que le sean conectados.

En un estudio completo de redes de alcantarillado sanitario es necesario tener en cuenta la totalidad de los tipos de redes descritos; sin embargo, es posible que por el tamaño de sus zonas urbanas y caudales de drenaje de aguas servidas existan municipios con sistemas de nivel de complejidad bajo y medio que no tengan colectores principales o matrices. Adicionalmente, en grandes sistemas no resulta práctico realizar el análisis y la simulación hidráulica de las redes secundarias, por tanto, como práctica de buena ingeniería se recomienda que para el dimensionamiento de las tuberías de un sistema de alcantarillado sanitario se tengan en cuenta los siguientes criterios:

- Sistemas con interceptores y colectores principales o matrices: en el modelo no se analizarán las redes secundarias; sus caudales de descarga se aplicarán en los nudos del colector principal, en los sitios donde entregan estas redes secundarias.
- Sistemas sin colectores principales o matrices: se analizan únicamente las redes secundarias. Las contribuciones domiciliarias de cada tramo se cargarán al inicio de la tubería colectora donde éstas descargan.

4.2.2 Periodo de planeamiento y diseño conceptual

El periodo de planeamiento o de diseño conceptual es el principal parámetro para fijar las condiciones básicas del proyecto, como son: la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual y de saturación, y la durabilidad de los materiales y equipos empleados. Del periodo de planeamiento también depende el análisis económico de alternativas y la programación de inversiones por etapas. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben proyectarse para los periodos de planeamiento que se presentan en la tabla D.2.1. La vida útil de los componentes de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales se define en el literal A.4.9, también del RAS.

TABLA D.2.1

PERIODO DE PLANEAMIENTO DE REDES

DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño (años)
Bajo	15 años
Medio	15 años
Medio alto	20 años
Alto	25 años

4.2.3 Delimitación del área del proyecto y de las áreas de drenaje dentro de él

El área por drenar debe contener, además de la zona actualmente desarrollada, la prevista como área de expansión residencial al año horizonte de diseño, y las áreas industriales y comerciales actuales y previstas en la expansión futura. Cuando no existan planes de desarrollo o de ordenamiento territorial deben realizarse estudios urbanísticos para detectar las áreas de más probable desarrollo y las posibles densidades habitacionales que allí se puedan esperar.

4.2.4 La población y su distribución territorial

La evaluación del crecimiento de la población a lo largo de un periodo de diseño determinado es un elemento fundamental tanto para definir el nivel de complejidad del sistema como para realizar el planeamiento y diseño detallado de la capacidad que deben tener los elementos que componen el sistema de alcantarillado sanitario.

Adicionalmente, los estudios de distribución territorial o espacial de la población permiten definir las densidades habitacionales que tienen las áreas actuales así como la ubicación de las áreas de futuros desarrollos. Asimismo, estiman la densificación que sobre estas áreas se tendrá al darse los crecimientos de población estimados; esto es, indican dónde se ubicarán los estimativos de crecimiento de la población.

El alcance que deben tener los estudios de población está definido por el RAS en el numeral B.2.2, "Estimación de la población"; el desarrollo metodológico detallado y su aplicación práctica se presentan en la Guía RAS-001 "Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua". Debe estimarse la población actual y futura del proyecto, con base en información de los censos oficiales y de censos disponibles de suscriptores del acueducto y otros servicios, en particular energía eléctrica, que se tengan de la localidad analizada.

4.2.5 Verificación del nivel de complejidad del sistema

Con una estimación más precisa del crecimiento poblacional, en este momento se debe hacer una verificación del nivel de complejidad asumido para llevar a cabo la etapa inicial de identificación, justificación y priorización del proyecto.

4.2.6 Caudal de diseño de aguas residuales

La estimación del caudal total de producción de aguas residuales al final del periodo de diseño implica el cálculo de varios parámetros, los cuales se describen a continuación:

Contribuciones de aguas residuales domésticas y otros usos

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Su estimación debe basarse, en lo posible, en información histórica de consumos, mediciones periódicas y evaluaciones regulares. Para su estimación deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.

Aguas residuales domésticas (Q_D)

El aporte doméstico (Q_D) está dado por la siguiente expresión:

$$Q_D = \frac{C \cdot D \cdot A_{rd} \cdot R}{86400} \quad \text{o} \quad Q_D = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400} \quad (\text{D.3.1-RAS})$$

Q_D debe ser estimado para las condiciones iniciales, Q_{Di} , y finales, Q_{Df} , de operación del sistema. La segunda alternativa de la ecuación D.3.1 es recomendable para el nivel de complejidad bajo del sistema. Los parámetros que conforman la fórmula se estiman de la siguiente manera:

1. Estimación del consumo medio diario por habitante (C)

Corresponde a la dotación neta, es decir, a la cantidad de agua que el usuario del servicio de acueducto efectivamente consume para satisfacer sus necesidades. La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y del tamaño de la población. Su estimación debe hacerse con base en el literal B.2.4 del Título B del RAS. La metodología detallada para su cálculo, acompañada de ejemplos de aplicación, se presenta en la Guía RAS-001 "Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua".

2. Estimación de la densidad habitacional (D)

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben diseñarse para la máxima densidad de población futura o densidad de saturación, la cual depende de la estratificación socioeconómica, el uso de la tierra y el ordenamiento urbano.

3. Estimación de la población servida (P)

La población servida puede ser estimada como el producto de la densidad de población (D) y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario (A_{rd}). Esta área debe incluir las zonas recreacionales. Esta forma de estimación es válida donde esté definida la densidad de población. Alternativamente, P puede ser estimada a partir del producto del número de viviendas estimadas en el área de drenaje y el número medio de habitantes por vivienda. Debe revisarse que la densidad bruta del proyecto no exceda la disponibilidad del servicio de alcantarillado receptor existente, si éste es utilizado para el proyecto.

4. Estimación del coeficiente de retorno de aguas residuales (R)

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico consumida, entregada como agua servida al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información de la localidad y/o de mediciones de campo. Cuando no exista información o ésta sea muy pobre, pueden utilizarse como guía los rangos de valores de R descritos en la tabla D.3.1 del RAS, justificando apropiadamente el valor adoptado.

TABLA D.3.1- RAS

COEFICIENTE DE RETORNO DE AGUAS SERVIDAS DOMÉSTICAS

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto*	0,8 - 0,85

* Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio

Aguas residuales industriales (Q_i)

El consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo y tamaño de la industria (ver literal B.2.3.3 del Título B del RAS), y los aportes de aguas residuales varían con el grado de recirculación de aguas y los procesos de tratamiento. En consecuencia, los aportes de aguas residuales industriales Q_i deben ser determinados para cada caso en particular, con base en información de censos, encuestas y consumos industriales, y estimativos de ampliaciones y consumos futuros.

Para cualquier nivel de complejidad del sistema es necesario elaborar análisis específicos de aportes industriales de aguas residuales, en particular para zonas netamente industriales e industrias medianas y grandes, ubicadas en zonas residenciales y comerciales. En cada caso, debe considerarse la naturaleza de los residuos industriales, y su aceptación al sistema de alcantarillado estará condicionada por la legislación vigente con respecto a vertimientos industriales.

TABLA D.3.2-RAS

CONTRIBUCIÓN PEQUEÑAS INDUSTRIAS

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial (L/s×ha bruta de ind.)
Bajo	0,4
Medio	0,6
Medio alto	0,8
Alto	1,0-1,5

Para industrias pequeñas localizadas en zonas residenciales o comerciales pueden utilizarse los valores mostrados en la tabla D.3.2 del RAS; los valores están dados en unidades de caudal (L/s) por hectárea de área bruta de industria.

Aguas residuales comerciales (Q_c)

Para zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales Q_c debe estar justificado con un estudio detallado, basado en usos del suelo, densidad y tipo de comercio, consumos diarios por establecimiento y por persona, densidades de establecimientos en estas áreas y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. Para zonas mixtas comerciales y residenciales pueden ponderarse los caudales medios con base en la concentración comercial relativa a la residencial, utilizando como base los valores de la tabla D.3.3 del RAS.

TABLA D.3.3- RAS
CONTRIBUCIÓN COMERCIAL

Nivel de complejidad del sistema	Contribución comercial (L/s×ha com)
Cualquiera	0,4 - 0,5

Aguas residuales institucionales (Q_{IN})

El consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles, etc. En los literales B.3.5.6 y B.3.5.7 del Título B del RAS, se establece su estimación. En consecuencia, los aportes de aguas residuales institucionales Q_{IN} deben determinarse para cada caso en particular, con base en la información de los consumos registrados en la localidad de entidades similares. Sin embargo para pequeñas instituciones ubicadas en zonas residenciales, los aportes de aguas residuales pueden estimarse a partir de los valores por unidad de área institucional, presentados en la tabla D.3.4 del RAS.

TABLA D.3.4-RAS
CONTRIBUCIÓN INSTITUCIONAL MÍNIMA EN ZONAS RESIDENCIALES

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional (L/s×ha instituc.)
Cualquiera	0,4 - 0,5

Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})

El caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD}) para un colector con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN} \quad (D.3.2-RAS)$$

En los casos donde las contribuciones industriales, comerciales e institucionales sean marginales con respecto a las domésticas, el caudal puede ser estimado como un porcentaje de los aportes domésticos, de esta manera se facilitan las proyecciones, pues sólo se reducen a los poblacionales y la participación de los de los otros usos se asume proporcional.

Conexiones erradas (Q_{ce})

Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones equivocadas, Q_{ce} . Estos aportes están en función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

La información existente en la localidad sobre conexiones erradas debe utilizarse en la estimación de los aportes correspondientes; en ausencia de esta información, en la tabla D.3.5 del RAS se dan como guía valores máximos de los aportes por conexiones erradas, en caso de que exista un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias. Pueden considerarse otros métodos de estimación de conexiones erradas, con justificación por parte del diseñador.

En caso de que el área del proyecto no disponga de un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias, deben analizarse los aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario y de la escorrentía de las calles a la red sanitaria; para ello se deben estudiar las características locales de la lluvia, las condiciones topográficas, el uso del suelo, las densidades de vivienda, sus instalaciones de drenaje y el tipo de áreas que la circundan (zonas duras o verdes), con el fin de definir el caudal de agua lluvia que puede ingresar al sistema sanitario. En ausencia de información se sugiere usar como valores máximos los propuestos en la tabla D.3.6 del RAS, modificada. Si los aportes por conexiones erradas son notoriamente altos, para niveles de complejidad del sistema medio alto y alto, debe desarrollarse un

TABLA D.3.5-RAS

APORTES MÁXIMOS POR CONEXIONES ERRADAS CON SISTEMA PLUVIAL

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (L/s×ha)
Bajo y medio	0,2
Medio alto y alto	0,1

proyecto de recolección y evacuación de aguas lluvias a mediano plazo (separado o combinado) y, por tanto, el diseño del sistema sanitario debe ser consistente con tal previsión. Para niveles de complejidad del sistema bajo y medio es necesario establecer la conveniencia de un sistema pluvial y tomar por lo menos las medidas de control para reducir el aporte de conexiones erradas.

TABLA D.3.6-RAS

APORTES MÁXIMOS POR DRENAJE DOMICILIARIO DE AGUAS LLUVIAS SIN SISTEMA PLUVIAL

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (L/s×ha)
Bajo y medio	1
Medio alto y alto*	2

* Se debe disponer de sistema pluvial o combinado a mediano plazo

Caudales de infiltración (Q_{INF})

La infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario es inevitable. Su estimación debe hacerse en lo posible a partir de aforos en el sistema (en horas cuando el consumo y retorno de aguas servidas es mínimo), y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de los colectores, las dimensiones, el estado y los tipos de colectores, los tipos, el número y la calidad constructiva de uniones y juntas, el número de pozos de inspección y demás estructuras, y su calidad constructiva.

El diseñador debe tratar de minimizar el uso de los aportes por infiltración. Éste debe justificar los valores adoptados teniendo en cuenta los factores señalados. En ausencia de medidas directas, o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte

TABLA D.3.7-RAS

APORTES POR INFILTRACIÓN EN REDES DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (L/s×ha)	Infiltración media (L/s×ha)	Infiltración baja (L/s×ha)
Bajo y medio	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto*	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

* Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio.

puede establecerse con base en los valores de la tabla D.3.7 del RAS, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de colectores y estructuras complementarias, y menor amenaza sísmica. La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación.

Caudal máximo horario (Q_{MH}) y factor de mayoración (F)

El caudal máximo horario durante el periodo de diseño es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario se estima a partir del mayor caudal medio diario que se presenta durante el periodo de diseño, mediante el uso del factor de mayoración, F.

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MDf} \quad (D.3.3)$$

El factor de mayoración (F) para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos. La variación del factor de mayoración debe ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo, cuando esto no es factible, en los sistemas de complejidad bajo y medio se admite estimarlo con base en relaciones aproximadas como la de Flores, en las cuales F se estima en función del número de habitantes (P, en miles).

$$F = \frac{3,5}{P^{0,1}} \quad \text{Flores} \quad (D.3.4)$$

Para niveles de complejidad bajo y medio el factor de mayoración también puede ser estimado en términos del caudal medio diario, como en las fórmulas de Los Ángeles o la de Tchobanoglous.

$$F = \frac{3.53}{Q_{MD}^{0.0914}} \quad (D.3.5)$$

$$F = \frac{3.70}{Q_{MD}^{0.0733}} \quad (D.3.6)$$

La fórmula de Los Ángeles es válida para el rango de 2,8 a 28.300 L/s, mientras que la de Tchobanoglous lo es para el rango de 4 a 5.000 L/s. Esta última relación es adecuada cuando la contribución de aguas residuales de procedencia comercial, industrial e institucional no representa más del 25% del caudal total de aguas residuales.

En general, el valor de F debe ser mayor o igual a 1,4, no mayor de 3,5.

El factor F debe calcularse tramo por tramo de acuerdo con el incremento progresivo de población y caudal.

Caudal de diseño de aguas residuales

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, Q_{MH}, los aportes por infiltraciones y las conexiones erradas.

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CEF} \quad (D.3.7)$$

Este caudal es el correspondiente a las contribuciones acumuladas que llegan al tramo hasta el pozo de inspección inferior.

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 L/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

Además de los valores anteriores, que corresponden a los valores máximos previstos durante el periodo de análisis, deben estimarse los valores iniciales de caudal de operación de cada tramo para propósitos de verificación del comportamiento hidráulico del sistema en sus etapas iniciales de servicio, especialmente en lo referente a las condiciones de autolimpieza.

4.2.7 Trazado inicial de los colectores

El trazado planimétrico inicial se puede realizar sobre una base cartográfica del municipio o zona que se planea drenar. La escala óptima para realizar este trazado es un plano a escala 1:500 o 1:1.000.

En sistemas de tipo convencional, tanto las redes secundarias como las redes principales de drenaje se trazan por las vías públicas, cuidando de no superponerlas con otras redes de servicios. En sistemas no convencionales, las redes secundarias se trazan preferencialmente bajo los andenes o dentro de los predios (condominial), mientras que las redes colectoras principales van por la vía, en atención a su magnitud.

Para el trazado del perfil preliminar se requiere una nivelación aproximada de los corredores escogidos para el trazado de las tuberías; de esta manera las pendientes de diseño se ajustarán a la topografía del terreno minimizando los volúmenes de excavación y relleno.

4.2.8 Diseño hidráulico

El tamaño y la pendiente de un colector deben ser adecuados para conducir el caudal de diseño, evitar la sedimentación de sólidos para las condiciones iniciales de servicio, y garantizar su adecuada operación y funcionalidad. Para los cálculos hidráulicos debe hacerse referencia al diámetro interno real de los colectores.

En general, los colectores deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad. El flujo de aguas residuales o pluviales en una red de alcantarillado para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, el dimensionamiento hidráulico de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Esto es válido en particular para colectores de diámetro pequeño.

Fórmulas de flujo uniforme

Existen varias fórmulas de flujo uniforme apropiadas para este propósito, dentro de las cuales están la de Chézy y la de Manning. La ecuación de Chézy constituye la representación de la ecuación de Darcy para flujo en conductos abiertos, mientras que la fórmula de Manning es la más utilizada en la práctica.

$$V = C \cdot (R \cdot S)^{1/2} \quad (\text{Chézy}) \quad (\text{D.2.1})$$

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (\text{Manning}) \quad (\text{D.2.2})$$

El diseño de colectores matrices de diámetros superiores o iguales a 900 mm debe hacerse con flujo gradualmente variado. Asimismo, para colectores con diámetros entre 600 mm y 900 mm se recomienda revisar el diseño con flujo gradualmente variado. Cuando la velocidad en un colector es mayor a 2 m/s se recomienda hacer un análisis hidráulico detallado del tramo.

Coeficientes de rugosidad en el diseño de alcantarillados sanitarios

El coeficiente C de resistencia al flujo de Chézy puede estimarse a partir del coeficiente de fricción F de la fórmula de Darcy-Weisbach, el cual se evalúa con la fórmula de Colebrook-White. Esta fórmula se considera teóricamente la más completa, pues es aplicable a todos los regímenes de flujo, y depende del diámetro, el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad absoluta k propio de la superficie friccional. El coeficiente C puede estimarse también con fórmulas más empíricas como las de Ganguillet-Kutter y Bazin.

El coeficiente de rugosidad de Manning se estima a partir de mediciones de laboratorio y de campo, y depende en general del tipo de material del conducto. La fórmula de Manning, por su facilidad de cálculo, es la más usada en nuestro medio.

Los estudios más recientes de la hidráulica de los alcantarillados indican que la fórmula de Chézy es la que mejor describe el flujo uniforme dentro de los colectores, por lo cual debería ser la fórmula a usar para optimizar los diámetros de éstos.

Sin embargo, el hecho de que el cálculo de su coeficiente de fricción sea más elaborado, que este valor sea variable y que en los catálogos de las tuberías ofrecidas en el país no aparezcan los valores de las rugosidades absolutas de las paredes, ha impedido que su utilización se popularice. A pesar de lo anterior, la optimización y el detalle del diseño hidráulico de los

colectores de alcantarillados, en especial los sanitarios donde se manejan pequeños diámetros, exigen su utilización y a eso se llegará en corto tiempo.

En el diseño de redes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales deben usarse valores de coeficientes de rugosidad que representen adecuadamente el efecto friccional en las condiciones de servicio que el colector experimentará durante su vida útil. Estas condiciones de servicio dependen de varios factores:

- Material del conducto.
- Forma y tamaño del conducto, y su posible deformación.
- Profundidad hidráulica de flujo.
- Tipo de uniones y número por unidad de longitud.
- Desalineamientos horizontal y vertical del conducto por efecto de las uniones.
- Sedimentación de material en el conducto.
- Entrada de flujos laterales puntuales al conducto.
- Crecimiento de biofilmes en el interior del conducto.

Según el RAS, para los niveles de complejidad de sistema medio alto y alto, el valor del coeficiente n de rugosidad de Manning en tuberías de pared lisa debe definirse entre 0.010 y 0.014, previa aprobación de la entidad prestadora del servicio de recolección y evacuación de aguas residuales. El menor valor corresponde a una tubería nueva, con una muy buena instalación (sin desalineamientos), con pocas uniones, con unas condiciones de ve-

TABLA 33 RAS
VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
DE MANNING PARA VARIOS MATERIALES

Material	n
Conductos cerrados	
Asbesto-cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 - 0,017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017

locidad y pendiente que impidan la sedimentación, y colocada en un sistema de alcantarillado donde se esperan buenas condiciones de mantenimiento y limpieza. En condiciones adversas se deben usar los valores máximos.

Para los niveles de complejidad de sistema bajo y medio, donde las condiciones de mantenimiento preventivo se hacen en forma ocasional, el coeficiente n de rugosidad de Manning se debe establecer con base en la tabla 33 RAS.

En todos los casos el diseñador deberá sustentar el valor del “ n ” que utilice en su diseño, asumiendo la responsabilidad por sus análisis y recomendaciones.

Pendientes

Las pendientes de los colectores deben seleccionarse de tal forma que se ajusten a la topografía del terreno y que no generen velocidades que estén por fuera de las especificadas. En tramos en que la pendiente natural del terreno sea muy baja, debe verificarse detalladamente la fuerza de tracción para garantizar las condiciones de autolimpieza; por otro lado, si ésta es demasiado pronunciada, es necesario establecer un número apropiado de estructuras de caída para que los tramos cortos resultantes tengan la pendiente adecuada.

Velocidad y pendiente mínima

La velocidad mínima real permitida para evitar la sedimentación dentro de un colector de alcantarillado sanitario del tipo convencional es 0,45 m/s. En conductos circulares se recomienda que esta velocidad mínima se cumpla para el caudal máximo horario al comienzo de la primera etapa de operación.

Cuando el sistema considerado corresponda a un sistema de alcantarillado simplificado, el valor de la velocidad mínima real en el año inicial es de 0,4 m/s, o la correspondiente a un esfuerzo cortante mínimo de $1,0 \text{ N/m}^2$ ($0,10 \text{ kg/m}^2$).

Para un sistema de colectores sin arrastre de sólidos se obvia el criterio de autolimpieza y, por tanto, el de velocidad mínima.

Velocidad y pendiente máxima

La velocidad máxima real en un colector sanitario que funciona por gravedad no debe sobrepasar los 5 m/s.

Los valores mayores deben justificarse con la resistencia de los materiales a la abrasión, para ser aceptados por la entidad prestadora del servicio.

El valor de la pendiente máxima admisible es aquél para el cual se tenga la velocidad máxima real.

Profundidad hidráulica máxima

Para hacer el mejor uso de las tuberías las alcantarillas se deben diseñar considerándolas parcialmente llenas con una profundidad máxima de flujo de $0,85 D$ y mínima de $0,2 D$, de esta manera se permite la aireación adecuada del flujo de aguas residuales.

Cuando se tiene una profundidad $0,2 D$ la velocidad media del flujo será de cerca del 56% de la velocidad a sección llena; para tener una velocidad mínima de flujo de $0,45 \text{ m/s}$ con una lámina de agua de altura: $0,2 D$; la velocidad en la sección total (tubo lleno) debe ser del orden de $0,80 \text{ m/s}$. Recuérdese que esta velocidad mínima es la exigida para el caudal de operación en la primera etapa del proyecto (año inicial).

4.3 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO ACTUAL Y SUS CONDICIONES DE SERVICIO

Dentro de la racionalidad económica con que deben planearse los sistemas de recolección y evacuación de las aguas servidas, es un hecho que siempre es más económico rehabilitar y reforzar (ampliar la capacidad) que ejecutar nuevas obras, por tanto, un análisis detallado y un diagnóstico operativo de las redes de un sistema existente debe ser el primer paso de un adecuado diseño conceptual.

Un plano con el trazado (forma de la red, longitudes), las características (diámetro, material, edad) y los accesorios de la red de drenaje, conforma lo que se llama el "catastro de la red"; éste es el punto de partida, pues permite el conocimiento de la infraestructura física existente. Esta información básica debe ser complementada con algunos datos del funcionamiento actual (zonas de drenaje, medición de caudales circulantes, información de censos de usuarios y descargas domiciliarias, conexiones erradas, estado de mantenimiento y limpieza de pozos de inspección, etc.).

Con toda la información anterior se puede verificar el funcionamiento de la red de drenaje y realizar un diagnóstico detallado de su condición actual. En caso de que no exista la información operativa ésta se puede estimar a partir de una simulación hidráulica en donde con ayuda de un modelo matemático se analiza el comportamiento de la red (que tiene características físicas conocidas), alimentada con los estimativos de los caudales que descargan a la red los usuarios actuales; se deben analizar las condiciones operativas con los caudales mínimos, medios y máximos horarios.

Si existen deficiencias en el servicio actual, con ayuda del modelo se dimensionan y verifican las nuevas tuberías a instalar, a fin de ofrecer un servicio de drenaje que cubra a todos los usuarios del sistema de alcantarillado sanitario.

4.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE OBRAS Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FUTURA DE DRENAJE

La ampliación de la red puede obedecer a dos razones: el aumento de la cobertura actual del servicio de alcantarillado, o prepararse para el crecimiento futuro de la demanda; en ambos casos el procedimiento que se sigue es el mismo, e incluye:

- Definición de las nuevas áreas a abastecer, sus condiciones topográficas (planimetría y altimetría) y conocimiento de las vías existentes y proyectadas (plan vial), las cuales pueden servir como corredores para el trazado de las tuberías sin involucrarse en problemas de compra de predios.
- A partir de un trazado tentativo de interceptores, colectores principales y redes de colectores secundarios, se monta un esquema para dimensionamiento con la información topográfica obtenida y con las descargas de aguas residuales puntuales estimadas para la distribución territorial de población futura (año horizonte de análisis). Con ayuda de una hoja de cálculo hidráulico para tuberías a flujo libre se obtiene el dimensionamiento de los diámetros de la red de tuberías suficiente para atender los requerimientos del servicio hasta el año horizonte de diseño.
- Igualmente, con la hoja de cálculo se pueden dimensionar varias alternativas de solución técnica (sistemas convencionales y no convencionales, diferentes trazados de red, descarga a uno u otro cuerpo receptor, etc.), las cuales se evaluarán económicamente para encontrar aquella que, cumpliendo con los requerimientos técnicos y ambientales, presente los mínimos costos de construcción, operación y mantenimiento, teniendo como horizonte de análisis el periodo de diseño propuesto en esta Guía. En los sistemas no convencionales se recomienda tener en cuenta los equipos requeridos para las labores de operación y mantenimiento, y los recursos para educar a la comunidad sobre el uso racional de estos nuevos sistemas que involucran innovaciones tecnológicas, pero requieren mayores cuidados sobre los desechos sólidos arrojados dentro de él.
- En aquellos sistemas que requieran, ya sea en forma inmediata o futura, la implementación de sistemas de tratamiento, la evaluación de alternativas de colectores propuestos debe incluir los interceptores o emisarios finales hasta la planta de tratamiento, para garantizar que la alternativa elegida sea la más recomendable.
- Una vez definido el esquema de obras más favorable técnica, ambiental y económicamente, se pasa a definir las etapas para su implementación. Para ello se utilizan metodologías como el análisis de costo mínimo que define los periodos óptimos de expansión haciendo un balance entre las economías de escala que se obtendrían al

hacer obras en pocas etapas (mayor tamaño), y el lucro cesante de tener una infraestructura instalada y no utilizada en su totalidad. Este análisis debe ser complementado con un estudio de la factibilidad financiera del proyecto para la entidad prestataria del servicio, la cual debería poder recuperar vía tarifas la inversión inicial y poder garantizar los recursos para la operación y el mantenimiento, garantizando la sostenibilidad del proyecto a lo largo de su vida útil. En ocasiones especiales, cuando por las características económicas de la población, no es factible recuperar la inversión inicial y ésta debe ser asumida por el Estado, se debe como mínimo garantizar la suficiencia de la operación y el mantenimiento, vía tarifas.

- Definidas las fechas de realización de las diferentes etapas de las obras se debe verificar, con ayuda del modelo hidráulico, qué tuberías del esquema final deben ser implementadas en cada periodo y en qué diámetro, para cumplir los requerimientos del drenaje adecuado de las aguas residuales hasta la fecha de realización de la próxima etapa de obras.
- Con los resultados de estos análisis se plantea el "diseño conceptual del sistema de alcantarillado sanitario" y sus etapas de implementación, el cual tiene una vigencia igual al periodo de estudio utilizado (periodo de diseño) y, por la solidez de la metodología utilizada, se convierte en una carta de navegación obligatoria para la persona o entidad encargada de diseñar y construir las redes de recolección y evacuación de aguas residuales del municipio o zona analizada.
- Las obras requeridas en forma inmediata y en el corto plazo (dentro de los siguientes 10 años), se llevan a nivel de diseño detallado para construcción.

4.5 DISEÑO DETALLADO

Si el diseño conceptual se ha realizado de acuerdo con lo recomendado en esta Guía, el diseño detallado se reduce a las siguientes actividades:

4.5.1 Replanteo topográfico del eje del trazado y análisis de interferencias

Se realiza el replanteo y el levantamiento altimétrico y planimétrico del eje de la tubería propuesto dentro del diseño conceptual. Durante este levantamiento se deben identificar, localizar y levantar las redes de servicios paralelas o perpendiculares que puedan representar interferencia durante el proceso de excavación de la zanja e instalación de la tubería.

Con la información topográfica se deben producir planos de localización detallada en planta y perfil de terreno por el eje de la tubería proyectada, dentro de los cuales se muestre altimétrica y planimétricamente la ubicación de las interferencias encontradas.

La actividad de campo se termina con la materialización o amojonamiento de puntos de referencia que permitan el posterior replanteo del trazado durante el momento de la construcción.

4.5.2 Diseño geométrico

Corresponde al trazado en planta y perfil de las tuberías que conforman el sistema de drenaje. Los planos de diseño y construcción deben ser del tipo planta-perfil con unas escalas sugeridas de 1:500 en la horizontal y 1:50 en la vertical. En dichos planos se debe dar gran importancia a la ubicación de las interferencias que son atravesadas por el eje de la tubería propuesta.

En la ubicación en planta se deben mostrar el abscisado, los cambios de dirección, las interferencias y los sitios de encuentro con otras tuberías (pozos de inspección); en el perfil se deben indicar el abscisado, la pendiente de la instalación, el diámetro, la clase y el material de la tubería, la cota del terreno (por el eje de la tubería), la cota recomendada de la excavación, la cota batea interior de la tubería instalada, el tipo de terreno o superficie bajo el cual se instalará la tubería (pavimento, zona verde), la sección recomendada de instalación (diseño estructural) y el tipo de entibado sugerido (diseño geotécnico).

En general, para sistemas separados convencionales de alcantarillado el colector de aguas lluvias debe localizarse en o cerca del eje de la vía, mientras que el colector de aguas residuales debe ubicarse hacia uno de los costados, a una distancia aproximada de un cuarto del ancho de la calzada (semieje) y no menor de 0,5 m del sardinel. El colector de aguas residuales no debe localizarse en el mismo costado de ubicación de la red de acueducto. Los colectores de sistemas combinados deben ubicarse en el eje de la calzada.

En los sistemas no convencionales se admite el trazado de colectores bajo los andenes o zonas de cesión urbanística (antejardines), teniendo el cuidado de no interferir con las redes menores de acueducto.

Dentro del diseño geométrico, además, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Distancias mínimas a otras redes

Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red de recolección y evacuación de aguas residuales o lluvias y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser suficientes para permitir su construcción y su posterior mantenimiento y reparación; se sugiere, en lo posible, cumplir los requerimientos mínimos del Título D - literal D.2.3.6 del RAS. En los planos del proyecto debe indicarse la posición relativa de las redes de acueducto, alcantarillado, energía y comunicaciones.

Unión de colectores

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas apropiadas, denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estruc-

turas son pozos de unión o conexión o estructuras-pozo, comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección. En sistemas simplificados estas estructuras de conexión pueden ser pequeñas cajas de concreto o mampostería.

En general, la distancia máxima entre estructuras de conexión de colectores está determinada por la malla urbana y los equipos de limpieza disponibles para el mantenimiento. En caso de que ni la malla urbana ni el comportamiento del flujo limiten la distancia máxima, ésta debe ser de 100 a 120 m si la limpieza de los colectores es manual, y puede llegar a 200 m si es mecánica o hidráulica. En interceptores o colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección puede incrementarse en función del tipo de mantenimiento, pudiéndose llegar a distancias entre 300 a 500 m; todo esto debido a la alta incidencia que estas estructuras tienen dentro de los costos de un proyecto de drenaje de aguas residuales o pluviales.

Para los sistemas de alcantarillado simplificado se han propuesto cajillas y otras estructuras más sencillas, con el fin de manejar racionalidad en los costos. Dentro de estas estructuras simplificadas están los terminales de limpieza que pueden sustituir a los pozos de arranque cuando las redes de colectores están ubicadas en calles sin salida y calles secundarias de tráfico liviano. Los tubos de inspección y limpieza pueden ser utilizados en tramos intermedios de la red, mientras que las cajas de paso sin inspección (enterradas) pueden ser usadas en cambios de dirección, pendiente y diámetro, cuando la pendiente de los colectores sea mayor que 1% y la profundidad no sea mayor que 1,5 m.

En sistemas de alcantarillado simplificado la mayor distancia entre cajas de inspección o registros de limpieza no deberán exceder los 150 m para tuberías de 150 mm (6 pulgadas) de diámetro nominal o menores, y de 200 m para tuberías de diámetro nominal mayor que 150 mm.

El diseño hidráulico de estas estructuras depende del régimen de flujo de los colectores afluentes y del colector de salida o principal, y se basa fundamentalmente en la determinación de las pérdidas de cabeza hidráulica producidas por la unión. En el literal D.2.3.7 del RAS se dan los criterios básicos para su diseño hidráulico.

Retención de sólidos

En los sistemas no convencionales de alcantarillados sanitarios de flujo decantado o sistemas sin arrastre de sólidos, el tanque interceptor es la parte esencial del sistema; el volumen del tanque depende del consumo de agua por usuario y de los caudales de infiltración y conexiones erradas de aguas lluvias que pueda tener el sistema. El tiempo de retención en el tanque séptico no debe ser inferior a 8 horas y el valor normal es del orden de 24 horas.

Es deseable contar con una máquina aspiradora (succionadora) que permita limpiar los tanques sépticos regularmente (una vez al año) siguiendo un programa de inspección y mantenimiento previamente establecido.

Cambios bruscos de la pendiente

En lo posible, deben evitarse los cambios bruscos de la pendiente en los tramos de colectores. En caso de un aumento importante de la pendiente, y mientras lo permitan las condiciones hidráulicas en los colectores y en las estructuras de unión, al igual que los aportes de caudal aguas abajo, puede reducirse el diámetro del colector de salida. Para evitar los cambios bruscos de pendientes pueden preverse estructuras de conexión que permitan manejar desniveles importantes entre las láminas de agua de los colectores de entrada y salida, amortiguando las pérdidas de energía (estructuras de caída).

Profundidad mínima a la cota clave

La profundidad mínima de instalación de los colectores sanitarios secundarios debe permitir la conexión de todas las viviendas existentes a lo largo del colector, sin incluir sótanos u otras instalaciones bajo el nivel de las calles.

Los valores mínimos permisibles de cubrimiento de los colectores del alcantarillado sanitario, con relación a la rasante definitiva, se definen en la siguiente tabla:

TABLA 35-RAS

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
	Complejidad alta y media alta
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

Los alcantarillados simplificados deben buscar los corredores exentos de cargas de tráfico pues los costos de construcción varían exponencialmente con la profundidad de la zanja, haciendo muy costosos los alcantarillados profundos.

No se recomienda bajar alcantarillas a grandes profundidades para permitir conexiones directas de instalaciones ubicadas por debajo del nivel de la calle (sótanos), pues se generan mayores costos para servir un número relativamente pequeño de sótanos.

Profundidad máxima a la cota clave

En general, la máxima profundidad de instalación de los colectores con relación a la rasante definitiva de la vía o andén, bajo la cual están trazados, es del orden de 5 m y está condicionada por la carga muerta del relleno sobre la tubería y por la resistencia de ésta. Puede ser mayor en cruces especiales siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción.

Los cruces subterráneos de lagos, ríos y corrientes superficiales deberán acompañarse de un diseño apropiado e idóneo que justifique las dimensiones, los atraques y las profundi-

dades empleadas, y deberán proveerse de medios que impidan su destrucción por efectos de la socavación de la corriente atravesada.

Cuando en los colectores principales, en interceptores y en emisarios finales se alcanzan profundidades cercanas a los 5 metros es común la instalación de estaciones de bombeo – llamadas estaciones elevadoras de flujo– que permiten elevar el flujo a un colector más superficial y así evitar que el sistema se siga profundizando con la consiguiente dificultad de instalación y el aumento excesivo de costos.

4.5.3 Diseño hidráulico

Siguiendo la metodología expuesta en esta Guía, el diseño hidráulico básico se realiza en la etapa de diseño conceptual; el diseño hidráulico detallado se limita a ajustar en los cálculos iniciales los valores de abscisado, pendientes y ubicación de puntos de conexión o cambios de dirección definidos en el diseño geométrico.

El diseño hidráulico detallado se finaliza con un cálculo de líneas y pérdidas de energía a lo largo de todo el trazado, cálculo que permite verificar el funcionamiento hidráulico y realizar los ajustes geométricos que sean del caso. Recuérdese que esta verificación de comportamiento debe hacerse tanto para los caudales del año inicial de operación como para el caudal máximo durante el periodo de diseño; esto en razón de que con bajos caudales usualmente es más difícil lograr las condiciones de autolimpieza de los colectores.

4.5.4 Diseño geotécnico y estructural

Diseño geotécnico

El diseño geotécnico de colectores de alcantarillado está asociado con la definición de los siguientes aspectos:

- Secciones de instalación y rellenos. Determinación de anchos de zanja y tipos de rellenos y grados de compactación. Dentro de los rellenos existen tres zonas bien definidas: apoyo o cimentación de la tubería, atraque (relleno que envuelve la tubería) y recubrimiento de la tubería hasta encontrar el nivel del terreno.
- La definición de la sección de instalación está relacionada con la profundidad a la que se coloque la tubería (trazado) y con la capacidad de la tubería de soportar cargas verticales, la cual a su vez está definida por el material y la clase de la tubería.
- Estructuras de soporte de excavaciones. Si la profundidad, los tipos de material a excavar y el análisis de estabilidad geotécnica lo requieren, se deben diseñar entibados para el soporte temporal de excavaciones.

Diseño estructural

Se refiere a los cálculos que garanticen la estabilidad estructural de una tubería teniendo en cuenta sus dimensiones, el material de que está hecha, la profundidad de instalación, las cargas a las que estará expuesta (vías, zonas verdes), y el tipo y grado de compactación de los rellenos que conforman su sección de instalación.

Los materiales aceptados para ser utilizados en tuberías de recolección y evacuación de aguas residuales están especificados en el RAS, Título D- literal D.2.3.10, "Materiales".

Todas las consideraciones que se deben tener en cuenta en el diseño geotécnico y estructural de tuberías colectoras de aguas residuales y lluvias se presentan en forma detallada en título G del RAS.

Capítulo 5

EJEMPLO DE APLICACIÓN

*Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación*

Se toma como ejemplo para esta guía el alcantarillado de aguas servidas del corregimiento de Santana, municipio de Puerto Asís en el Departamento del Putumayo.

Se asume que inicialmente sólo se construirá el sistema de recolección de aguas servidas que recoge las aguas en un sitio destinado al tratamiento.

5.1 IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los habitantes del corregimiento de Santana han identificado el proyecto, en atención a que recientemente se rehabilitó y optimizó el sistema de acueducto que ofrece un servicio que les garantiza el suministro de agua tratada la totalidad del tiempo, con una cobertura del 100% de la población actual.

La justificación del proyecto se apoya en que al contar con el servicio de acueducto, se empiezan a tener problemas de drenaje de las aguas servidas, pues no se cuenta con una adecuada infraestructura para su disposición. Sólo un número cercano a 1.000 viviendas de las cerca de 1.500 existentes cuentan con pozos sépticos individuales, con edades promedio de 15 a 10 años y con un historial de mantenimiento muy bajo. Actualmente se observan en las calles hilillos de aguas negras, originados en las viviendas y establecimientos que no tienen ningún sistema para la disposición de las aguas servidas.

El municipio de Puerto Asís, del cual depende políticamente el corregimiento de Santana, realizó la identificación, justificación y priorización del proyecto, teniendo en cuenta los capítulos A-4 y A-5 del RAS, y apoyándose en la Guía RAS-002. Con este documento logró la aprobación de recursos para desarrollar el proyecto con dineros del Plan Colombia, a través del Fondo de Inversión para la Paz (FIP).

5.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO CONCEPTUAL

En esta parte del estudio se deben analizar las características de la población y sus necesidades reales en cuanto al drenaje de las aguas servidas. Los principales temas a resolver tienen que ver con lo siguiente:

- Qué tipo de sistema se debe construir en atención a la necesidad de ajustar al máximo los costos pues se tiene un presupuesto muy limitado. Por tanto, se analiza un sistema separado convencional y alternativamente uno simplificado, para estimar los ahorros de inversión inicial.
- Qué implicaciones tendrá cada uno de los sistemas sobre la operación y el mantenimiento.
- En cuántas etapas se debe construir el proyecto.
- Escogencia de la fuente receptora del alcantarillado sanitario y definición de las necesidades de tratamiento de las aguas residuales.

Para cubrir los anteriores temas y realizar un diseño conceptual sustentado en el análisis técnico-económico y ambiental de las alternativas de solución se realizan las siguientes etapas:

5.2.1 Recopilación y análisis de la información

Plan de Ordenamiento Territorial

La Oficina de Planeación del municipio de Puerto Asís no posee ningún plan de ordenamiento ni de desarrollo para el corregimiento de Santana; sólo cuenta con estimativos de la población, número de viviendas actuales y proyecciones hacia el futuro, éstos son:

- Población actual (año 2002): 4.578 habitantes.
- Número aproximado de viviendas: 1.430 unidades habitacionales.
- Número promedio de habitantes por vivienda: 3.2 hab/viv.
- Área desarrollada actual: 32.5 hectáreas (ha).

ESTIMATIVOS POBLACIÓN FUTURA

Año	Población (hab.)	Tasa crecimiento anual (%)
2002	4.578	
2005	4.920	2,5
2010	5.535	2,4
2015	6.205	2,3
2017	6.500	2,3
2020	6.942	2,3

- Densidad habitacional actual: 140 hab/ha, que equivale a 43.75 viv/ha.
- Igualmente, posee los siguientes estimativos de crecimiento de población hacia el futuro. (Ver tabla de la página anterior)

Adicionalmente a estas proyecciones, la Oficina de Planeación tiene los siguientes estimativos:

- Área desarrollada al año 2017: 42.7 ha (corresponde al perímetro urbano actual).
- Densidad habitacional futura: 152 hab/ha (47.5 viv/ha).

Descripción del sistema de acueducto existente

El servicio de acueducto se organizó recientemente para atender la operación del sistema que hace poco fue rehabilitado y optimizado. La administración y operación corre a cargo de una Junta Comunal que recibe la asesoría técnica de la Secretaría de Infraestructura del municipio de Puerto Asís.

De éstas dependencias se pudo conseguir la siguiente información que es necesaria para realizar el planeamiento del sistema de drenaje de aguas servidas:

- Consumos reales de acueducto (cobertura 100%), tomados de la facturación:

Usos	Nº suscriptores	m³/facturados al mes (consumo)	% participación en volumen consumido
Residencial	1.430	17.710 (129 l/h/d)	88%
Comercial	170	1.594 (313 l/h/d)	8%
Oficial	20	886 (1.477 l/h/d)	4%
Total	1.620	20.190 (m³)	100%

* l/h/d: litros por habitante por día.

- Volumen de agua tratado entregado por la planta de tratamiento a la red de distribución: 31.060 m³/mes.
- Índice de Agua No Contabilizada:

$$0,35 = \frac{(\text{Volumen distribuido} - \text{Volumen facturado})}{\text{Volumen distribuido}}$$

Distribuido aproximadamente así:

$$\begin{array}{rcl} \text{Pérdidas comerciales:} & 0,20 & \\ \text{Pérdidas físicas:} & 0,15 & \\ & \hline & 0,35 & \end{array}$$

- Proyecciones de índice de Agua No Contabilizada
Al año 2017 (horizonte de análisis) se ha previsto que las pérdidas se hayan reducido a 0,25 (0,10 comerciales y 0,15 físicas).

- **Proyección de dotaciones de agua**
Teniendo en cuenta las obras físicas y acciones comerciales previstas, los estudios del sistema de acueducto, proponen los siguientes valores de dotaciones (incluyen uso residencial y otros usos).

PROYECCIÓN DOTACIONES E ÍNDICES DE PÉRDIDA

Año	Dotaciones (l/h/d)		Índice de pérdidas
	Neta	Bruta (*)	
2002	147	226	0,35
2007	153	218	0,30
2012	159	218	0,27
2017	165	220	0,25

(*) Incluye índice de pérdidas.

$$\text{DOTACIÓN BRUTA} = \left(\frac{\text{Dotación neta}}{(1 - \text{índice de pérdidas})} \right)$$

Como se aprecia, se espera que los valores de dotación neta (consumo) aumenten por efecto de un mejor servicio de acueducto (continuidad y presiones) y por una mejor exactitud en la micromedición.

5.2.2 Definición de criterios y parámetros básicos de diseño conceptual

Periodo de análisis

Atendiendo la recomendación del RAS (tabla D.2.1) para el planeamiento y diseño de sistemas de alcantarillado de una población de tamaño pequeño, se puede asumir un periodo de análisis y proyecciones de 15 años. Este valor concuerda con la recomendación de que los sistemas de alcantarillados simplificados no deben proyectarse a más de 15 años.

Asumido un periodo de análisis, se debe verificar el tamaño de la población al final de este periodo y corroborar el nivel de complejidad del sistema, el cual a su vez define algunos parámetros de diseño.

Verificación del nivel de complejidad

Para el año horizonte de diseño (2017) se tendrá una población de 6.500 habitantes, que corresponde a un nivel de complejidad medio para el sistema de alcantarillado previsto. La baja capacidad económica de la población corrobora este nivel de complejidad.

Contribución de aguas residuales domésticas y otros usos

Por ser una población pequeña, con densidad habitacional uniforme en toda su área desarrollada, se utiliza una misma contribución de aguas residuales de origen residencial por

unidad de área (ha). Como el uso residencial es el predominante (88%), y no existe facilidad para proyectar los usos comercial y oficial, se utiliza la estimación de dotación neta incluyendo los otros usos.

La contribución de agua residual se asume a partir de los consumos de acueducto (dotación neta) afectados por el coeficiente de retorno. Sin embargo, en sistemas donde existen pérdidas comerciales, los consumos reales de acueducto no son necesariamente los medidos, ya que las pérdidas comerciales corresponden a volúmenes de agua no medidos, pero sí consumidos por la población y que, por ende, deben drenar al sistema de alcantarillado. En cuanto a las pérdidas físicas del sistema de acueducto, éstas no necesariamente ingresan al sistema de drenaje ya que las tuberías que se usan tienen uniones estancas y paredes impermeables.

Por lo anterior, se recomienda aumentar los consumos de acueducto en el índice de pérdidas comerciales del sistema, antes de aplicar el coeficiente de retorno, para hallar el volumen real de aguas servidas que va a la red de alcantarillado.

Por último, para el nivel de complejidad medio, en la tabla D.3.1 el RAS recomienda utilizar un factor de 0,80 como coeficiente de retorno.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, y usando la información real obtenida en el sitio, para el caso de Santana tenemos los siguientes parámetros para el cálculo de los valores unitarios de aguas servidas:

- Dotación neta (consumo): 165 L/H/D (año de diseño) y 147 L/H/D (hoy).
- Pérdidas comerciales año diseño: 0,10 estimado (0,20 hoy).
- Dotación neta ajustada con pérdidas comerciales:

$$\frac{165}{(1 - 0,1)} = 183 \text{ L - H - D (año diseño)}$$

$$\frac{147}{(1 - 0,2)} = 184 \text{ L - H - D (hoy)}$$

Para el dimensionamiento se toma el mayor valor, que corresponde a la condición actual.

- Retorno unitario de aguas residuales por habitante: dotación neta*
Coeficiente retorno = $184 \times 0,8 = 147 \text{ L/H/D}$.
- Retorno de aguas residuales por unidad de área, teniendo en cuenta las densidades habitacionales actuales y futuras:

$$\text{Futuro: } 152^{\text{hab/ha}} * \frac{147 \text{ L - H - D}}{86.400 \text{ s/día}} = 0,26 \text{ L/s/ha}$$

$$\text{Actual: } \frac{140 \text{ hab/ha} * 147 \text{ L - H - D}}{86.400 \text{ s/día}} = 0,24 \text{ L/s/ha}$$

Conexiones erradas

En la localidad no existe sistema de drenaje pluvial y hasta ahora se va a construir el alcantarillado de aguas servidas. Si se utiliza el valor propuesto por el RAS en la tabla D.3.6, se tendría 2 l/s/ha, que es un valor muy alto comparado con el caudal medio de aguas servidas (0,26 l/s/ha). Se sugiere asumir un valor máximo de 1,0 l/s/ha que corresponde a 4 veces el caudal de aguas servidas, de tal forma que si se presenta un gran aguacero, y se presuriza la tubería, se garantiza una dilución mayor de 5, que permitirá alivios no contaminados del sistema de aguas servidas a los cauces naturales. De otra manera se sobredimensionaría el sistema, pues primarían en el dimensionamiento los caudales de aguas lluvias que sólo se presentan eventualmente.

Caudales de infiltración

La lluvia media anual en la zona es de 2.100 mm/año, pero cae dispersa a lo largo del año; no existe evidencia de alto nivel freático salvo en el emisario final; el suelo es bastante permeable y el trazado de la tubería es en la mayoría de los tramos superficial (1,0 - 2,0 metros de excavación); por esta razón se usará un valor de 0,10 l/s/ha (ver tabla D.3.7-RAS).

Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MD}$$

Se usará la fórmula de Los Ángeles para calcular el factor de mayoración F . Q_{MD} = caudal medio diario al final del periodo diseño.

$$F = \frac{3,53}{Q_{MD}^{0,0914}}$$

Esta fórmula se considera apropiada para municipios o sistemas de nivel de complejidad bajo y medio, ya que produce unos valores máximos del orden de 3,3 el caudal medio. Valores superiores, encontrados por otras fórmulas o sugeridos por normas de ciudades más grandes, se consideran exagerados y generarían importantes sobredimensionamientos en un sistema de drenaje de esta magnitud o complejidad.

Caudal de diseño de aguas residuales

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Para el caso de Santana, el caudal de diseño aproximado será de 0,78 l/s/ha de caudal unitario máximo horario más 0,1 l/s/ha de infiltración, más 1,0 l/s/ha de conexiones erradas, para un total de 1,88 l/s/ha.

Tipo de tubería

Con el fin de minimizar los costos se usará tubería de concreto simple de superficie interior lisa y de extremos espigo-campana con anillo de caucho, que garantice la estanqueidad,

y que tenga un sello de cumplimiento de normas de calidad. Para ella se propone un valor de coeficiente de rugosidad de Manning de 0.013.

Aunque por su simplicidad este tipo de tubería, se fabrica en cualquier sitio, es importante que se utilice una que garantice los controles mínimos exigidos por las normas técnicas para este tipo de tuberías y que incluyen: control dimensional, resistencia al aplastamiento, impermeabilidad de paredes y estanqueidad de uniones una vez instalada.

Si no existieran limitantes de recursos se podrían utilizar tuberías plásticas y, en atención a los diámetros y profundidad de instalación, en lo posible de doble pared estructural.

Áreas de drenaje

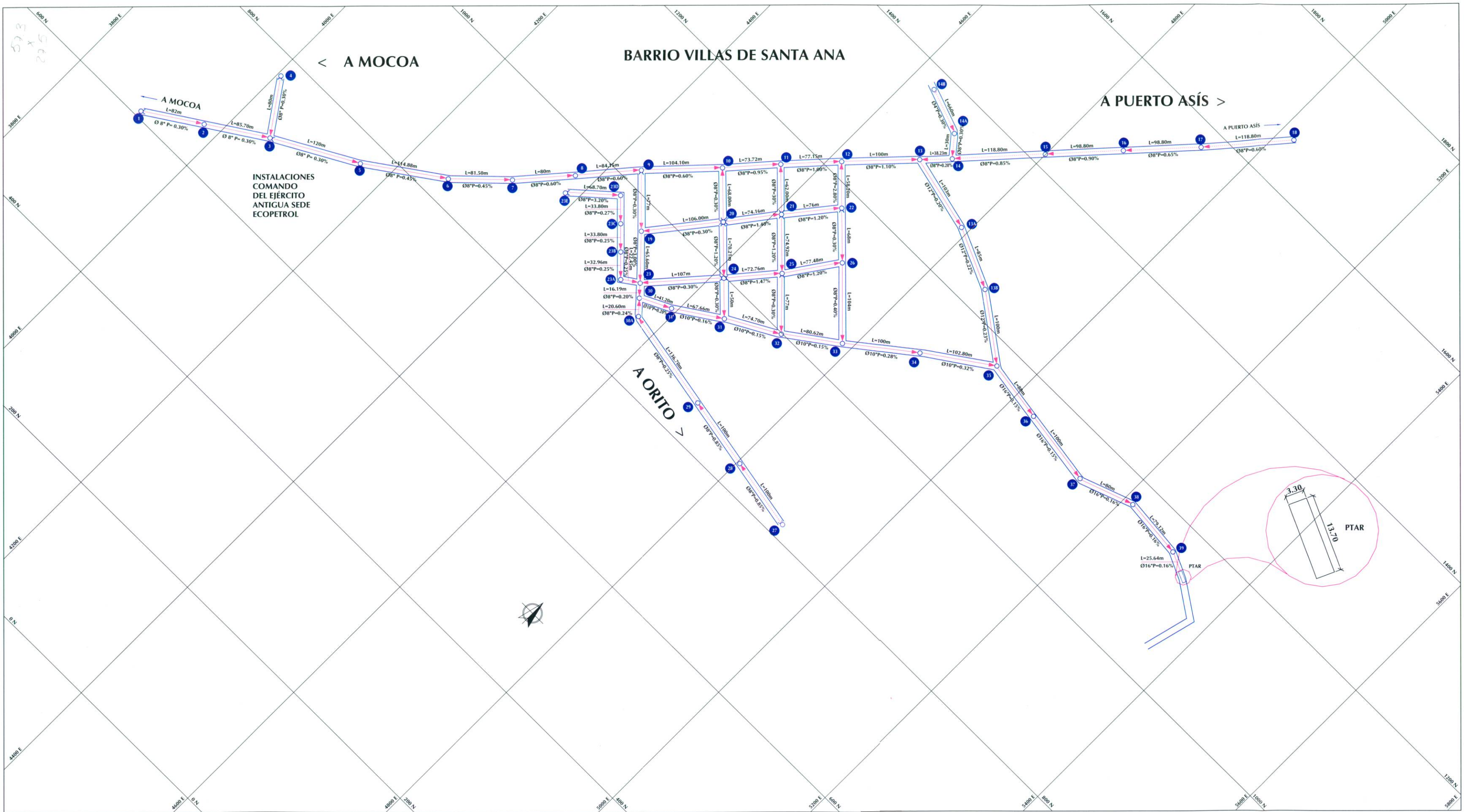
Sobre una planimetría del desarrollo actual del corregimiento de Santana se localizaron las áreas de probable desarrollo a juicio de los planificadores del municipio de Puerto Asís. Asimismo, sobre las vías actuales se trazaron los ejes de las futuras tuberías para el drenaje de las aguas servidas. El trazado se orientó hacia un lote previsto por la administración como sitio de tratamiento de las aguas residuales; este tratamiento es necesario porque

CÁLCULO DE ÁREAS DE DRENAJE

Punto	Área (ha)	Área Acumulada (ha)	Observaciones
1	1,00	1	DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
2	0,80	1,8	
3	0,86	2,66	
5	2,50	5,16	
6	1,20	6,36	
7	0,82	7,18	
8	0,80	7,98	
9	0,84	8,82	
10	0,88	9,7	
11	1,21	10,91	
12	1,09	12	
13	2,59	14,59	
13-A	7,00	21,59	
13-B	0,85	22,94	
35	1,00	23,44	
36	17,30	40,74	
37	1,00	41,74	
38	0,40	42,14	
39	0,40	42,54	
PTAR	0,13	42,67	

CÁLCULO DE ÁREAS DE DRENAJE (continuación)

Punto	Área (ha)	Área Acumulada (ha)	Observaciones
18	2,2	2,2	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
17	1,0	3,2	
16	1,0	4,2	
15	1,2	5,4	
14	0,6	6,0	
13		6,0	
9	Inicial		DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
19	1,51	1,51	
23	2,30	3,81	
30	4,30	8,11	
31'		8,45	
31	1,61	10,06	
32	1,43	11,49	
33	4,01	15,50	
34	1,02	16,52	
35		Entrega	
18	2,2	2,2	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
17	1,0	3,2	
16	1,0	4,2	
15	1,2	5,4	
14	0,6	6,0	
13		6,0	
27	2,0	2,0	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
28	1,0	3,0	
29	1,0	4,0	
30A	0,15	4,15	
30			
23E	0,60	0,6	DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
23D	0,34	0,9	
23C	0,34	1,3	
23D	0,33	1,6	
23A		1,6	
23		Entrega	



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUÍA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO CONVENCIONAL

CONVENCIONES

○ 4	CÁMARA No.	FIGURA: 1 de 8
→	TRAMO 1ra. ETAPA	REVISIÓN: 0
- - -	TRAMO 2da. ETAPA	REFERENCIA: 12-IFCO2-01-0
○ →	TRAMO INICIAL	ESCALA: 1:2000

PLANTA GENERAL
ESCALA 1: 2000

la fuente receptora es una pequeña “chucua” o humedal que se constituye en el único sistema de drenaje natural, pero que por su tamaño (una hectárea) y su baja renovación de caudal tiene una capacidad de autodepuración muy baja.

Trazadas las tuberías se estimaron las áreas de drenaje aferentes a cada tramo, tanto para las condiciones de desarrollo actual como para las previstas al futuro. Estos valores se muestran en la tabla anterior. La nomenclatura de los sitios de conexión se presenta en la figura-plano 1.

5.3 ALTERNATIVA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SEPARADO CONVENCIONAL

Esta alternativa se dimensiona siguiendo las recomendaciones de diseño de buena práctica de ingeniería sugerida por el RAS en el literal D.3. Entre los principales criterios se tienen:

- Trazado bajo las vías, profundidad mínima: 1.0 m.
- Diámetros nominales mínimos: 8" y 6" en descargas domiciliarias. Para el cálculo hidráulico se utilizan los diámetros internos mínimos, que para el caso de las tuberías de concreto coinciden con los nominales.
- Pozos de inspección de 1.2 m de diámetro en cada cambio de dirección o conexión de tuberías.

En este numeral se presenta un plano general de localización de colectores, diámetros, pendientes y longitudes, los cálculos de diseño hidráulico y el presupuesto de la obra. Los planos de los perfiles de los colectores principales, así como las cantidades de obra, se presentan en el anexo 2.

El caudal total de diseño del sistema de recolección de aguas residuales llega a 78,38 l/s de los cuales sólo 31,4 l/s (40%) corresponden a aguas residuales y el 60% restante a aguas lluvias provenientes de infiltración y conexiones erradas, al no estar previsto un sistema de drenaje pluvial.

Los diámetros nominales de los colectores oscilan entre 8" (mínimo estipulado por el RAS) y 16", en el emisario final. En los tramos iniciales los tubos trabajan con una relación Q/Q_{lento} bastante baja, es decir, subutilizados.

Debido a lo ondulado del terreno las profundidades de instalación llegan en algunos sitios hasta los 3,5 m. Las acometidas o descargas domiciliarias se han previsto en un diámetro nominal de 6".

Como se aprecia, el valor total de este alcantarillado asciende a la suma de \$723,5 millones. Los mayores rubros de inversión de este presupuesto en orden de porcentaje son: acometidas 30%, suministro de tuberías 18%, pozos de inspección 15%, rellenos 12% y excavaciones 9%.

El costo de inversión por habitante beneficiado es de \$104.220 (unos US\$35/hab).

GUÍA RAS-005
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS
EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL

Diseño: Ing. G. Torres
Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Diám "	Q/Qo	n	h m	F	P.H. Pulg	Diám Pulg
1	2	1,80	0,26	0,47	6,8	8,78	8,78	82,00	0,30	8,00	0,47	0,013	0,11	0,52	0,09	
2	3	2,66	0,26	0,69	6,8	9,73	9,73	85,70	0,30	8,00	0,52	0,013	0,12	0,51	0,10	
3	5	5,16	0,26	1,34	6,8	12,48	12,48	120,00	0,30	8,00	0,67	0,013	0,14	0,49	0,12	
5	6	6,36	0,26	1,65	6,8	13,80	13,80	114,88	0,45	8,00	0,60	0,013	0,13	0,61	0,11	
6	7	7,18	0,26	1,87	6,8	14,70	14,70	81,50	0,45	8,00	0,64	0,013	0,13	0,61	0,12	
7	8	7,98	0,26	2,07	6,9	15,63	15,63	80,00	0,60	8,00	0,59	0,013	0,13	0,71	0,11	
8	9	8,82	0,26	2,29	7,5	17,21	17,21	84,15	0,60	8,00	0,65	0,013	0,14	0,70	0,12	
9	10	9,70	0,26	2,52	8,2	18,86	18,86	104,10	0,60	8,00	0,71	0,013	0,14	0,69	0,13	
10	11	10,91	0,26	2,84	9,1	21,11	21,11	73,72	0,95	8,00	0,63	0,013	0,13	0,88	0,12	
11	12	12,00	0,26	3,12	9,9	23,13	23,13	77,15	1,00	8,00	0,68	0,013	0,14	0,90	0,12	
12	13	14,59	0,26	3,79	11,9	27,91	27,91	100,00	1,10	8,00	0,78	0,013	0,15	0,91	0,14	
13	13-A	21,59	0,26	5,61	16,9	40,68	40,68	103,00	0,20	12,00	0,90	0,013	0,25	0,39	0,26	
13-A	13-B	22,44	0,26	5,83	17,5	42,22	42,22	85,00	0,22	12,00	0,89	0,013	0,24	0,41	0,26	
13-B	35	23,44	0,26	6,09	18,2	44,03	44,03	100,00	0,23	12,00	0,91	0,013	0,25	0,42	0,27	
35	36	40,74	0,26	10,59	30,2	74,97	74,97	80,00	0,15	16,00	0,89	0,013	0,33	0,36	0,34	
36	37	41,74	0,26	10,85	30,8	76,74	76,74	100,00	0,15	16,00	0,91	0,013	0,33	0,36	0,36	
37	38	42,14	0,26	10,96	31,1	77,45	77,45	80,00	0,16	16,00	0,89	0,013	0,33	0,37	0,34	
38	39	42,54	0,26	11,06	31,4	78,15	78,15	79,12	0,16	16,00	0,90	0,013	0,33	0,37	0,35	
39	PTAR	42,67	0,26	11,09	31,4	78,38	78,38	25,64	0,16	16,00	0,90	0,013	0,33	0,37	0,35	

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída tramo	Cota clave		Caída Tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
					Sup	Inf		Sup	Inf	Sup	Inf					
1	2	18,7	0,58	0,25	63,65	63,40	0,25	64,70	65,17	1,05	1,77	0,49	0,01	0,08	0,16	
2	3	18,7	0,58	0,26	63,37	63,12	0,26	65,17	65,02	1,80	1,90	0,50	0,01	0,08	0,17	
3	5	18,7	0,58	0,36	63,09	62,73	0,36	65,02	63,80	1,93	1,07	0,54	0,01	0,09	0,20	
5	6	23,0	0,71	0,52	62,70	62,18	0,52	63,80	63,43	1,10	1,25	0,64	0,02	0,10	0,21	
6	7	23,0	0,71	0,37	62,15	61,78	0,37	63,43	63,10	1,28	1,32	0,65	0,02	0,10	0,22	
7	8	26,5	0,82	0,48	61,75	61,27	0,48	63,10	62,86	1,35	1,59	0,74	0,03	0,11	0,23	
8	9	26,5	0,82	0,50	61,24	60,74	0,50	62,86	63,42	1,62	2,68	0,76	0,03	0,11	0,24	
9	10	26,5	0,82	0,62	60,71	60,08	0,62	63,42	62,65	2,71	2,57	0,78	0,03	0,12	0,26	
10	11	33,4	1,03	0,70	60,05	59,35	0,70	62,65	61,29	2,60	1,94	0,95	0,05	0,12	0,28	
11	12	34,2	1,06	0,77	59,32	58,55	0,77	61,29	59,72	1,97	1,17	0,99	0,05	0,13	0,30	
12	13	35,9	1,11	1,10	58,52	57,42	1,10	59,72	58,86	1,20	1,44	1,08	0,06	0,14	0,34	
13	13-A	45,1	0,62	0,21	57,49	57,29	0,21	58,86	59,00	1,37	1,71	0,63	0,02	0,15	0,33	
13-A	13-B	47,3	0,65	0,19	57,26	57,07	0,19	59,00	59,02	1,74	1,95	0,66	0,02	0,16	0,34	
13-B	35	48,4	0,66	0,23	57,04	56,81	0,23	59,02	59,15	1,98	2,34	0,68	0,02	0,16	0,35	
35	36	84,1	0,65	0,12	56,88	56,76	0,12	59,15	58,62	2,27	1,86	0,66	0,02	0,19	0,41	
36	37	84,1	0,65	0,15	56,73	56,58	0,15	58,62	58,37	1,89	1,79	0,67	0,02	0,20	0,42	
37	38	86,9	0,67	0,13	56,55	56,42	0,13	58,37	58,22	1,82	1,80	0,68	0,02	0,20	0,42	
38	39	86,9	0,67	0,13	56,39	56,26	0,13	58,22	57,43	1,83	1,17	0,68	0,02	0,20	0,42	
39	PTAR	86,9	0,67	0,04	56,23	56,19	0,04	57,43	57,43	1,20	1,24	0,69	0,02	0,20	0,42	

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL

Diseño: Ing. G. Torres

Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha

Coef. infiltración. : 0,10 l/s/ha

fecha: 27/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Diám "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Diám Pulg
19	23	1,51	0,26	0,39	6,8	8,46	8,46	65,60	3,00	8,00	0,14	0,013	0,06	1,74	0,04	8,0
23	30	3,81	0,26	0,99	6,8	10,99	10,99	16,19	0,20	8,00	0,72	0,013	0,14	0,40	0,13	8,0
30	31'	8,11	0,26	2,11	7,0	15,88	15,88	41,20	0,20	10,00	0,57	0,013	0,16	0,43	0,13	10,0
31'	31	8,45	0,26	2,20	7,2	16,52	16,52	67,66	0,16	10,00	0,67	0,013	0,17	0,37	0,15	10,0
31	32	10,06	0,26	2,62	8,5	19,53	19,53	74,70	0,15	10,00	0,81	0,013	0,19	0,34	0,19	10,0
32	33	11,49	0,26	2,99	9,5	22,19	22,19	80,62	0,15	10,00	0,92	0,013	0,21	0,33	0,23	10,0
33	34	15,50	0,26	4,03	12,5	29,58	29,58	100,00	0,28	10,00	0,90	0,013	0,21	0,45	0,22	10,0
34	35	16,52	0,26	4,30	13,3	31,45	31,45	102,80	0,32	10,00	0,90	0,013	0,20	0,48	0,22	10,0
27	28	2,00	0,26	0,52	6,8	9,00	9,00	100,00	0,85	8,00	0,29	0,013	0,08	0,90	0,06	8,0
28	29	3,00	0,26	0,78	6,8	10,10	10,10	100,00	0,85	8,00	0,32	0,013	0,09	0,90	0,07	8,0
29	30-A	4,00	0,26	1,04	6,8	11,20	11,20	136,70	0,25	8,00	0,65	0,013	0,14	0,45	0,12	8,0
30-A	30	4,15	0,26	1,08	6,8	11,37	11,37	20,60	0,24	8,00	0,68	0,013	0,14	0,44	0,12	8,0
23-E	23-D	0,60	0,26	0,16	6,8	7,46	7,46	68,70	3,20	8,00	0,12	0,013	0,05	1,81	0,04	8,0
23-D	23-C	0,94	0,26	0,24	6,8	7,83	7,83	33,80	0,27	8,00	0,44	0,013	0,11	0,49	0,09	8,0
23-C	23-B	1,28	0,26	0,33	6,8	8,21	8,21	33,80	0,25	8,00	0,48	0,013	0,11	0,47	0,09	8,0
23-B	23-A	1,61	0,26	0,42	6,8	8,57	8,57	32,96	0,25	8,00	0,50	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0
23-A	23	1,61	0,26	0,42	6,8	8,57	8,57	22,45	0,25	8,00	0,50	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída tramo	Cota clave		Caída tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
					Sup	Inf		Sup	Inf	Sup	Inf					
19	23	59,3	1,83	1,97	60,07	58,10	1,97	62,12	60,47	2,05	2,37	1,09	0,06	0,08	0,16	0,12
23	30	15,3	0,47	0,03	58,27	58,24	0,03	60,47	60,09	2,20	1,85	0,45	0,01	0,09	0,19	0,15
30	31'	27,7	0,55	0,08	58,21	58,13	0,08	60,09	59,68	1,88	1,55	0,49	0,01	0,10	0,21	0,17
31'	31	24,8	0,49	0,11	58,15	58,04	0,11	59,68	61,46	1,53	3,42	0,46	0,01	0,10	0,21	0,18
31	32	24,0	0,47	0,11	58,01	57,90	0,11	61,46	61,39	3,45	3,49	0,47	0,01	0,11	0,23	0,20
32	33	24,0	0,47	0,12	57,87	57,75	0,12	61,39	60,96	3,52	3,21	0,49	0,01	0,12	0,25	0,22
33	34	32,8	0,65	0,28	57,72	57,44	0,28	60,96	59,20	3,24	1,76	0,66	0,02	0,14	0,30	0,23
34	35	35,1	0,69	0,33	57,41	57,08	0,33	59,20	59,15	1,79	2,07	0,71	0,03	0,14	0,31	0,23
27	28	31,5	0,97	0,85	60,23	59,38	0,85	61,39	60,55	1,16	1,17	0,71	0,03	0,08	0,17	0,11
28	29	31,5	0,97	0,85	59,55	58,70	0,85	60,55	59,50	1,00	0,80	0,73	0,03	0,08	0,18	0,12
29	30-A	17,1	0,53	0,34	58,67	58,33	0,34	59,50	60,23	0,83	1,90	0,49	0,01	0,09	0,19	0,15
30-A	30	16,8	0,52	0,05	58,30	58,25	0,05	60,23	60,09	1,93	1,84	0,49	0,01	0,09	0,19	0,15
23-E	23-D	61,2	1,89	2,20	60,70	58,50	2,20	61,77	59,50	1,07	1,00	1,07	0,06	0,07	0,15	0,11
23-D	23-C	17,8	0,55	0,09	58,67	58,58	0,09	59,50	59,70	0,83	1,12	0,45	0,01	0,07	0,15	0,12
23-C	23-B	17,1	0,53	0,08	58,55	58,47	0,08	59,70	59,89	1,15	1,42	0,45	0,01	0,08	0,16	0,12
23-B	23-A	17,1	0,53	0,08	58,44	58,35	0,08	59,89	59,54	1,45	1,19	0,45	0,01	0,08	0,16	0,13
23-A	23	17,1	0,53	0,06	58,32	58,27	0,06	59,54	60,47	1,22	2,20	0,45	0,01	0,08	0,16	0,13

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha Fecha: 27/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Díam "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Díam Pulg
18	17	2,20	0,26	0,57	6,8	9,22	9,22	118,80	0,60	8,00	0,35	0,013	0,09	0,75	0,07	8,0
17	16	3,20	0,26	0,83	6,8	10,32	10,32	98,80	0,65	8,00	0,37	0,013	0,10	0,78	0,08	8,0
16	15	4,20	0,26	1,09	6,8	11,42	11,42	98,80	0,90	8,00	0,35	0,013	0,09	0,92	0,07	8,0
15	14	5,40	0,26	1,40	6,8	12,74	12,74	118,80	0,85	8,00	0,40	0,013	0,10	0,88	0,08	8,0
14	13	6,00	0,26	1,56	6,8	13,40	13,40	38,23	0,20	8,00	0,88	0,013	0,16	0,37	0,17	8,0
20	21	0,53	0,26	0,14	6,8	7,38	7,38	74,16	1,40	8,00	0,18	0,013	0,06	1,18	0,05	8,0
21	22	1,06	0,26	0,28	6,8	7,97	7,97	76,00	1,20	8,00	0,21	0,013	0,07	1,09	0,05	8,0
22	12	1,59	0,26	0,41	6,8	8,55	8,55	58,20	2,80	8,00	0,15	0,013	0,06	1,68	0,04	8,0
21	25	0,60	0,26	0,16	6,8	7,46	7,46	74,92	1,20	8,00	0,20	0,013	0,07	1,09	0,05	8,0
25	26	1,22	0,26	0,32	6,8	8,14	8,14	77,48	1,20	8,00	0,22	0,013	0,07	1,09	0,05	8,0
26	33	2,05	0,26	0,53	6,8	9,06	9,06	104,00	0,40	8,00	0,42	0,013	0,10	0,60	0,08	8,0
20	24	0,62	0,26	0,16	6,8	7,48	7,48	70,21	1,20	8,00	0,20	0,013	0,07	1,09	0,05	8,0
24	31	1,08	0,26	0,28	6,8	7,99	7,99	50,31	2,00	8,00	0,17	0,013	0,06	1,42	0,04	8,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída tramo	Cota clave		Caída tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
					Sup	Inf		Sup	Inf	Sup	Inf					
18	17	26,5	0,82	0,71	60,94	60,23	0,71	61,94	61,34	1,00	1,11	0,63	0,02	0,08	0,17	0,11
17	16	27,6	0,85	0,64	60,20	59,56	0,64	61,34	60,94	1,14	1,39	0,67	0,02	0,09	0,18	0,12
16	15	32,5	1,00	0,89	59,33	58,44	0,89	60,94	59,63	1,62	1,19	0,78	0,03	0,09	0,19	0,12
15	14	31,5	0,97	1,01	58,61	57,60	1,01	59,63	58,61	1,02	1,01	0,78	0,03	0,10	0,20	0,13
14	13	15,3	0,47	0,08	57,57	57,49	0,08	58,61	58,86	1,04	1,37	0,48	0,01	0,10	0,21	0,17
20	21	40,5	1,25	1,04	62,34	61,30	1,04	63,34	62,48	1,00	1,18	0,80	0,03	0,07	0,15	0,10
21	22	37,5	1,16	0,91	61,47	60,56	0,91	62,48	62,06	1,01	1,50	0,77	0,03	0,07	0,15	0,10
22	12	57,3	1,77	1,63	60,53	58,90	1,63	62,06	59,72	1,53	0,82	1,06	0,06	0,08	0,16	0,11
21	25	37,5	1,16	0,90	61,48	60,58	0,90	62,48	61,75	1,00	1,17	0,76	0,03	0,07	0,15	0,10
25	26	37,5	1,16	0,93	60,75	59,82	0,93	61,75	60,99	1,00	1,17	0,78	0,03	0,08	0,16	0,10
26	33	21,6	0,67	0,42	59,79	59,38	0,42	60,99	60,96	1,20	1,58	0,54	0,02	0,08	0,17	0,12
20	24	37,5	1,16	0,84	62,28	61,44	0,84	63,28	62,62	1,00	1,18	0,76	0,03	0,07	0,15	0,10
24	31	48,4	1,49	1,01	61,41	60,40	1,01	62,62	61,46	1,21	1,06	0,92	0,04	0,07	0,15	0,10

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS
EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha Fecha: 27/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Diám "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Diám Pulg
4	3	1,00	0,26	0,26	6,8	7,90	7,90	80,00	0,30	8,00	0,42	0,013	0,10	0,52	0,08	8,0
9	19	0,41	0,26	0,11	6,8	7,25	7,25	77,00	0,80	8,00	0,24	0,013	0,07	0,88	0,06	8,0
14-B	14-A	0,24	0,26	0,06	6,8	7,06	7,06	60,00	0,30	8,00	0,38	0,013	0,10	0,53	0,08	8,0
14-A	14	0,36	0,26	0,09	6,8	7,20	7,20	30,00	0,30	8,00	0,38	0,013	0,10	0,53	0,08	8,0
20	10	0,57	0,26	0,15	6,8	7,43	7,43	68,00	0,80	8,00	0,24	0,013	0,08	0,88	0,06	8,0
21	11	0,47	0,26	0,12	6,8	7,32	7,32	62,00	0,80	8,00	0,24	0,013	0,08	0,88	0,06	8,0
20	19	0,75	0,26	0,20	6,8	7,63	7,63	106,00	0,80	8,00	0,25	0,013	0,08	0,88	0,06	8,0
24	23	0,59	0,26	0,15	6,8	7,45	7,45	107,00	0,80	8,00	0,24	0,013	0,08	0,88	0,06	8,0
24	31	0,46	0,26	0,12	6,8	7,31	7,31	50,00	0,80	8,00	0,24	0,013	0,07	0,88	0,06	8,0
25	32	0,70	0,26	0,18	6,8	7,57	7,57	50,00	0,80	8,00	0,25	0,013	0,08	0,89	0,06	8,0
22	26	0,83	0,26	0,22	6,8	7,71	7,71	68,00	0,80	8,00	0,25	0,013	0,08	0,88	0,06	8,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída tramo	Cota clave		Caída tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
					Sup	Inf		Sup	Inf	Sup	Inf					
4	3	18,7	0,58	0,24	63,36	63,12	0,24	64,08	65,02	0,72	1,90	0,47	0,01	0,07	0,15	0,12
9	19	30,6	0,94	0,62	61,74	61,12	0,62	63,38	62,12	1,64	1,00	0,65	0,02	0,07	0,15	0,10
14-B	14-A	18,7	0,58	0,18	57,88	57,70	0,18	58,79	58,28	0,91	0,58	0,46	0,01	0,07	0,14	0,11
14-A	14	18,7	0,58	0,09	57,66	57,57	0,09	58,28	58,61	0,62	1,04	0,46	0,01	0,07	0,15	0,11
20	10	30,6	0,94	0,54	62,19	61,65	0,54	63,34	62,65	1,15	1,00	0,66	0,02	0,07	0,15	0,10
21	11	30,6	0,94	0,50	60,79	60,29	0,50	62,48	61,29	1,69	1,00	0,65	0,02	0,07	0,15	0,10
20	19	30,6	0,94	0,85	61,97	61,12	0,85	63,34	62,12	1,37	1,00	0,66	0,02	0,07	0,15	0,10
24	23	30,6	0,94	0,86	60,33	59,47	0,86	62,62	60,47	2,29	1,00	0,66	0,02	0,07	0,15	0,10
24	31	30,6	0,94	0,40	58,24	57,84	0,40	62,62	61,46	4,38	3,62	0,65	0,02	0,07	0,15	0,10
25	32	30,6	0,94	0,40	58,07	57,67	0,40	61,75	61,39	3,68	3,72	0,66	0,02	0,07	0,15	0,10
22	26	30,6	0,94	0,54	60,16	59,62	0,54	62,06	60,99	1,90	1,37	0,66	0,02	0,07	0,15	0,10

GUÍA RAS-005**SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS****SISTEMA SEPARADO CONVENCIONAL****CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	EXCAVACIONES	m ³	6.763	8.000	54.101.694
2	ENTIBADOS DISCONTINUOS DE MADERA	ml	2.500	17.000	42.500.000
3	RELLENOS				
3.1	Recebo para cimentación de tubería	m ³	422	20.000	8.440.144
3.2	Relleno seleccionado de la excavación para cubrir la tubería	m ³	6.049	10.000	60.494.292
4	RETIRO Y DISPOSICIÓN DE SOBRANTES	m ³	713	12.000	8.559.391
5	CONCRETO PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS	m ³	20	250.000	4.892.840
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
6.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 4"	m		4.500	0
6.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 6"	m		5.500	0
6.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 8"	m	3.752	6.500	24.388.000
6.4	De concreto sin refuerzo, diámetro 10"	m	516	7.600	3.921.600
6.5	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	317	8.800	2.789.600
6.6	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	403	10.500	4.231.500
7	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
7.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 4"	m		6.000	0
7.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 6"	m		10.000	0
7.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 8"	m	3.752	17.600	66.035.200
7.4	De concreto sin refuerzo, diámetro 10"	m	516	22.200	11.455.200
7.5	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	317	27.200	8.622.400
7.6	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	403	43.325	17.459.975
8	POZOS DE INSPECCIÓN				
8.1	Tapa en concreto para pozo de inspección	un	47	580.000	27.260.000
8.2	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.12 m de 1 a 2 metros de altura	un	30	600.000	18.000.000
8.3	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25 m de 2 a 4 metros de altura	un	17	1.600.000	27.200.000
8.4	Base y cañuela	un	47	300.000	14.100.000

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
9	ACOMETIDAS				
9.1	En concreto simple, de D= 6" y 6 metros de largas	un	2.250	77.500	174.375.000
9.2	En concreto simple, de D=4" y 6 metros de largas	un		10.500	0
	SUBTOTAL				578.826.836
	A.I.U (25%)				144.706.709
	COSTO TOTAL				723.533.546

5.4 ALTERNATIVA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SEPARADO TIPO SIMPLIFICADO

Esta alternativa se dimensiona a partir de los criterios y parámetros de diseño sugeridos en esta Guía. Entre ellos se resaltan aquellos que plantean valores diferentes a los usados en el sistema convencional, así:

- Diámetros mínimos: 6" en colectores iniciales y 4" en descargas domiciliarias.
- Trazado preferencialmente bajo andenes, profundidad mínima: 0,60 m.
- Cuando el trazado discurre por zonas de andén o verdes, los pozos de inspección pueden ser reemplazados por cajas de inspección.

Los caudales de diseño que se han usado son los mismos que en el sistema convencional, con el fin de interpretar de la mejor manera la diferencia en costos de inversión inicial.

A continuación se presenta un plano general que muestra la disposición de los colectores, su diámetro, pendiente y longitud, y se muestra el diseño del alcantarillado tipo simplificado, con sus cuadros de cálculos hidráulicos y presupuesto. En el anexo 3 se presentan los planos de perfil de los colectores principales, en ellos se ha marcado en forma más tenue el perfil del mismo colector en el diseño tipo convencional, con el fin de que se aprecie la diferencia altimétrica en su trazado. Igualmente, en ese anexo se presentan los cuadros de cantidades de obra.

Se puede apreciar que al optar por un sistema simplificado, aproximadamente el 50% de las tuberías que antes eran de 8" de diámetro ahora pueden ser de 6", sobre todo en los tramos iniciales; como se ha conservado el caudal de diseño, los diámetros finales siguen siendo los mismos.

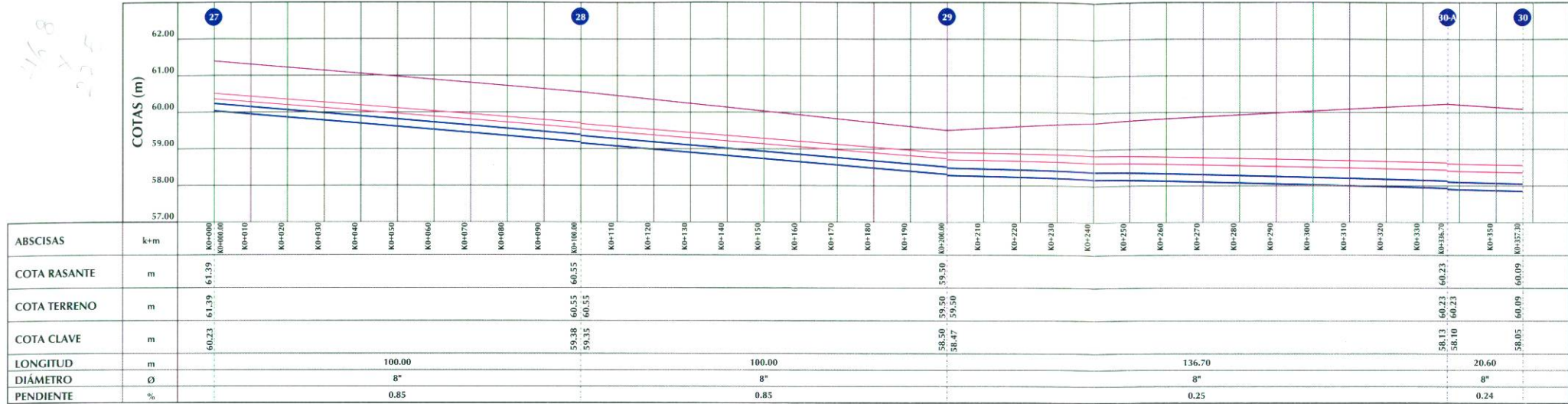
El costo total de este sistema alcanza la suma de \$501.2 millones que corresponde aproximadamente al 67% del valor del convencional, lográndose un ahorro de \$222,3 millones. A continuación se examinan rubro a rubro los ítems en los que se encuentran mayores ahorros respecto al sistema convencional.

- Acometidas = 32%
- Suministro tubería = 23%
- Paso de pozos de inspección a cajas de inspección = 58%
- Rellenos = 25%
- Excavaciones = 23%

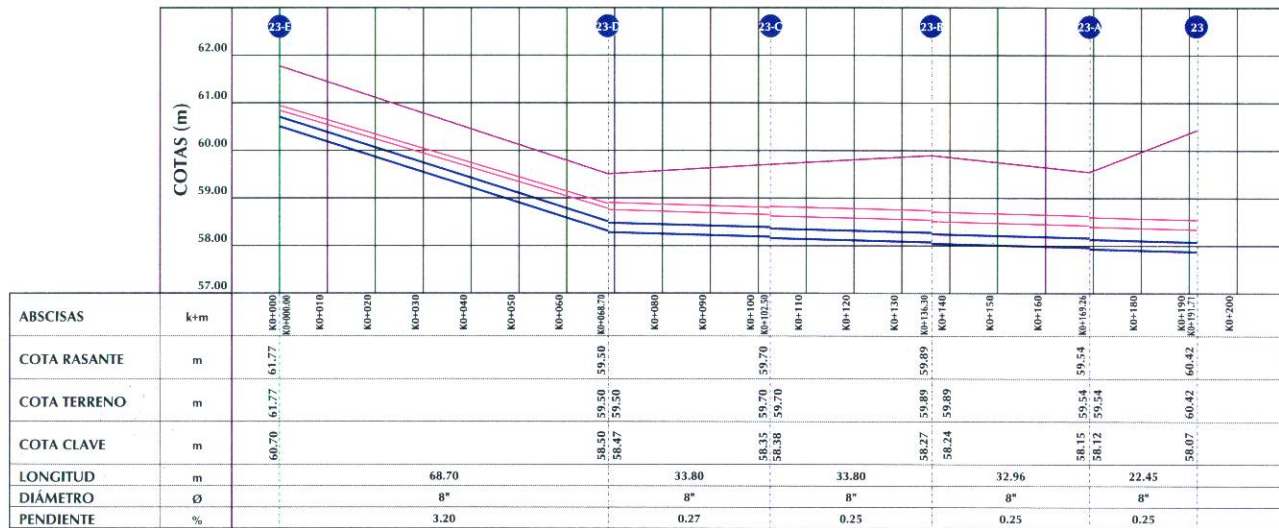
El impacto urbano que se genera por la construcción de las obras es menor al no discurrir los trazados por las vías y calles de la población, sino por andenes y zonas verdes de cesión.

El trazado en perfil es mucho más superficial y por ende se reducen excavaciones, rellenos y entibados.

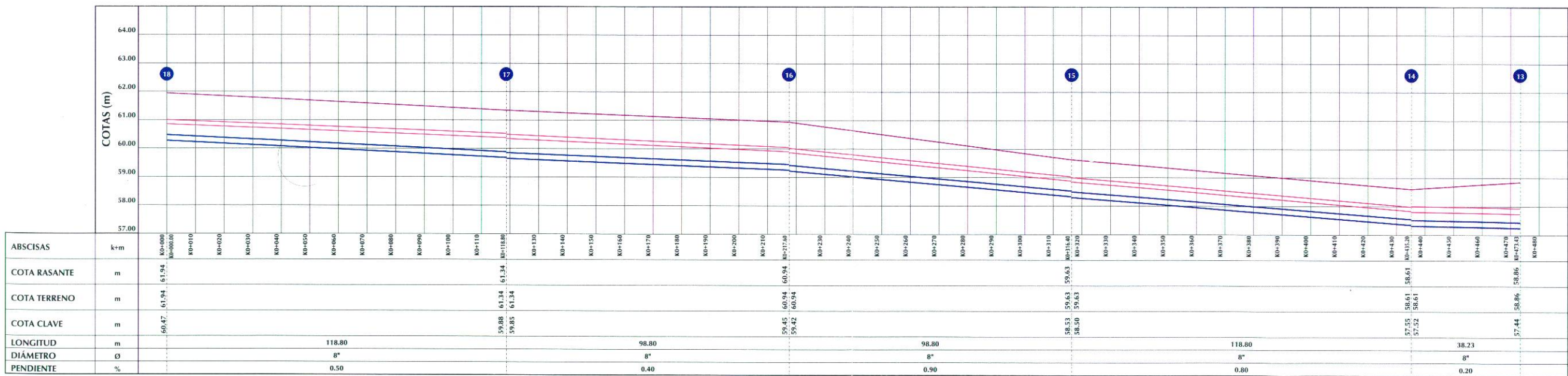
Por último, para un alcantarillado de tamaño pequeño como éste, es sustancial el ahorro que se genera al no tener que construir pozos de inspección como tal sino cajilla de inspección, y al tener descargas domiciliarias de sólo 4" de diámetro, compatibles con los bajos consumos de agua y de descargue de aguas residuales.



TRAMO 6



TRAMO 7



TRAMO 8

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUÍA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO CONVENCIONAL - PERFILES

CONVENCIONES

— SISTEMA CONVENCIONAL
— SISTEMA SIMPLIFICADO
— COTA TERRENO

FIGURA:
2 de 8
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA RAS 005-2
ESCALA:
1:750

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha Fecha: 29/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Diám "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Diám Pulg
1	2	1,80	0,26	0,47	6,8	8,78	8,78	82,00	0,25	8,00	0,51	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0
2	3	2,66	0,26	0,69	6,8	9,73	9,73	85,70	0,25	8,00	0,57	0,013	0,13	0,46	0,11	8,0
3	5	5,16	0,26	1,34	6,8	12,48	12,48	120,00	0,40	8,00	0,58	0,013	0,13	0,58	0,11	8,0
5	6	6,36	0,26	1,65	6,8	13,80	13,80	114,88	0,30	8,00	0,74	0,013	0,15	0,48	0,14	8,0
6	7	7,18	0,26	1,87	6,8	14,70	14,70	81,50	0,40	8,00	0,68	0,013	0,14	0,57	0,12	8,0
7	8	7,98	0,26	2,07	6,9	15,63	15,63	80,00	0,80	8,00	0,51	0,013	0,12	0,84	0,10	8,0
8	9	8,82	0,26	2,29	7,5	17,21	17,21	84,15	0,65	8,00	0,62	0,013	0,13	0,73	0,12	8,0
9	10	9,70	0,26	2,52	8,2	18,86	18,86	104,10	0,70	8,00	0,66	0,013	0,14	0,75	0,12	8,0
10	11	10,91	0,26	2,84	9,1	21,11	21,11	73,72	0,70	8,00	0,74	0,013	0,15	0,74	0,14	8,0
11	12	12,00	0,26	3,12	9,9	23,13	23,13	77,15	1,00	8,00	0,68	0,013	0,14	0,90	0,12	8,0
12	13	14,59	0,26	3,79	11,9	27,91	27,91	100,00	1,10	8,00	0,78	0,013	0,15	0,91	0,14	8,0
13	13-A	21,59	0,26	5,61	16,9	40,68	40,68	103,00	0,25	12,00	0,81	0,013	0,23	0,46	0,23	12,0
13-A	13-B	22,44	0,26	5,83	17,5	42,22	42,22	85,00	0,26	12,00	0,82	0,013	0,23	0,47	0,23	12,0
13-B	35	23,44	0,26	6,09	18,2	44,03	44,03	100,00	0,28	12,00	0,82	0,013	0,23	0,48	0,23	12,0
35	36	40,74	0,26	10,59	30,2	74,97	74,97	80,00	0,15	16,00	0,89	0,013	0,33	0,36	0,34	16,0
36	37	41,74	0,26	10,85	30,8	76,74	76,74	100,00	0,16	16,00	0,88	0,013	0,32	0,37	0,34	16,0
37	38	42,14	0,26	10,96	31,1	77,45	77,45	80,00	0,16	16,00	0,89	0,013	0,33	0,37	0,34	16,0
38	39	42,54	0,26	11,06	31,4	78,15	78,15	79,12	0,16	16,00	0,90	0,013	0,33	0,37	0,35	16,0
39	PTAR	42,67	0,26	11,09	31,4	78,38	78,38	25,64	0,16	16,00	0,90	0,013	0,33	0,37	0,35	16,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída tramo	Cota clave		Caída Tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp
					Sup	Inf		Sup	Inf	Sup	Inf					
1	2	1,80	0,26	0,47	6,8	8,78	8,78	82,00	0,25	8,00	0,51	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0
1	2	17,1	0,53	0,21	64,05	63,85	0,20	64,70	65,17	0,65	1,33	0,46	0,01	0,08	0,16	0,13
2	3	17,1	0,53	0,21	63,82	63,60	0,21	65,17	65,02	1,36	1,42	0,47	0,01	0,08	0,17	0,14
3	5	21,6	0,67	0,48	63,57	63,09	0,48	65,02	63,80	1,45	0,71	0,60	0,02	0,09	0,20	0,14
5	6	18,7	0,58	0,34	63,06	62,72	0,34	63,80	63,43	0,74	0,71	0,56	0,02	0,10	0,21	0,16
6	7	21,6	0,67	0,33	62,69	62,36	0,33	63,43	63,10	0,74	0,74	0,63	0,02	0,10	0,22	0,16
7	8	30,6	0,94	0,64	62,33	61,69	0,64	63,10	62,86	0,77	1,17	0,82	0,03	0,11	0,23	0,15
8	9	27,6	0,85	0,55	61,66	61,11	0,55	62,86	63,42	1,20	2,31	0,78	0,03	0,11	0,24	0,16
9	10	28,6	0,88	0,73	61,08	60,35	0,73	63,42	62,65	2,34	2,30	0,82	0,03	0,12	0,26	0,17
10	11	28,6	0,88	0,52	60,32	59,81	0,52	62,65	61,29	2,33	1,48	0,85	0,04	0,12	0,28	0,18
11	12	34,2	1,06	0,77	59,78	59,01	0,77	61,29	59,72	1,51	0,71	0,99	0,05	0,13	0,30	0,19
12	13	35,9	1,11	1,10	58,98	57,88	1,10	59,72	58,86	0,74	0,98	1,08	0,06	0,14	0,34	0,21
13	13-A	50,4	0,69	0,26	57,95	57,69	0,26	58,86	59,00	0,91	1,31	0,68	0,02	0,15	0,33	0,25
13-A	13-B	51,4	0,70	0,22	57,66	57,44	0,22	59,00	59,02	1,34	1,58	0,70	0,03	0,16	0,34	0,26
13-B	35	53,4	0,73	0,28	57,41	57,13	0,28	59,02	59,15	1,61	2,02	0,73	0,03	0,16	0,35	0,26
35	36	84,1	0,65	0,12	57,20	57,08	0,12	59,15	58,62	1,95	1,54	0,66	0,02	0,19	0,41	0,35
36	37	86,9	0,67	0,16	57,05	56,89	0,16	58,62	58,37	1,57	1,48	0,68	0,02	0,20	0,42	0,35
37	38	86,9	0,67	0,13	56,86	56,73	0,13	58,37	58,22	1,51	1,49	0,68	0,02	0,20	0,42	0,35
38	39	86,9	0,67	0,13	56,70	56,57	0,13	58,22	57,43	1,52	0,86	0,68	0,02	0,20	0,42	0,35
39	PTAR	86,9	0,67	0,04	56,54	56,50	0,04	57,43	57,43	0,89	0,93	0,69	0,02	0,20	0,42	0,35

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha Fecha: 29/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Díam "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Díam Pulg
19	23	1,51	0,26	0,39	6,8	8,46	8,46	65,60	4,60	4,00	0,73	0,013	0,07	1,68	0,07	4,0
23	30	3,81	0,26	0,99	6,8	10,99	10,99	16,19	0,60	6,00	0,89	0,013	0,12	0,61	0,13	6,0
30	31'	8,11	0,26	2,11	7,0	15,88	15,88	41,20	0,27	8,00	0,89	0,013	0,16	0,43	0,17	8,0
31'	31	8,45	0,26	2,20	7,2	16,52	16,52	67,66	0,28	8,00	0,91	0,013	0,17	0,43	0,18	8,0
31	32	10,06	0,26	2,62	8,5	19,53	19,53	74,70	0,15	10,00	0,81	0,013	0,19	0,34	0,19	10,0
32	33	11,49	0,26	2,99	9,5	22,19	22,19	80,62	0,15	10,00	0,92	0,013	0,21	0,33	0,23	10,0
33	34	15,50	0,26	4,03	12,5	29,58	29,58	100,00	0,28	10,00	0,90	0,013	0,21	0,45	0,22	10,0
34	35	16,52	0,26	4,30	13,3	31,45	31,45	102,80	0,32	10,00	0,90	0,013	0,20	0,48	0,22	10,0
27	28	2,00	0,26	0,52	6,8	9,00	9,00	100,00	0,80	6,00	0,63	0,013	0,10	0,77	0,09	6,0
28	29	3,00	0,26	0,78	6,8	10,10	10,10	100,00	0,80	6,00	0,71	0,013	0,11	0,76	0,10	6,0
29	30-A	4,00	0,26	1,04	6,8	11,20	11,20	136,70	0,20	8,00	0,73	0,013	0,15	0,39	0,13	8,0
30-A	30	4,15	0,26	1,08	6,8	11,37	11,37	20,60	0,20	8,00	0,74	0,013	0,15	0,39	0,14	8,0
23-E	23-D	0,60	0,26	0,16	6,8	7,46	7,46	68,70	3,00	6,00	0,27	0,013	0,06	1,62	0,05	6,0
23-D	23-C	0,94	0,26	0,24	6,8	7,83	7,83	33,80	0,30	6,00	0,90	0,013	0,12	0,43	0,13	6,0
23-C	23-B	1,28	0,26	0,33	6,8	8,21	8,21	33,80	0,25	8,00	0,48	0,013	0,11	0,47	0,09	8,0
23-B	23-A	1,61	0,26	0,42	6,8	8,57	8,57	32,96	0,25	8,00	0,50	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0
23-A	23	1,61	0,26	0,42	6,8	8,57	8,57	22,45	0,25	8,00	0,50	0,013	0,12	0,47	0,10	8,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída		Cota clave		Caída		Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
				tramo	Sup	Inf	Tramo	Sup	Inf	Sup	Inf							
19	23	11,6	1,43	3,02	61,52	58,50	3,02	62,12	60,47	0,60	1,97	1,37	0,10	0,10	0,26	0,17		
23	30	12,3	0,67	0,10	58,52	58,43	0,10	60,47	60,09	1,95	1,66	0,69	0,02	0,10	0,22	0,15		
30	31'	17,8	0,55	0,11	58,45	58,33	0,11	60,09	59,68	1,64	1,35	0,56	0,02	0,11	0,23	0,18		
31'	31	18,1	0,56	0,19	58,30	58,11	0,19	59,68	61,46	1,38	3,35	0,57	0,02	0,11	0,24	0,18		
31	32	24,0	0,47	0,11	58,13	58,02	0,11	61,46	61,39	3,33	3,37	0,47	0,01	0,11	0,23	0,20		
32	33	24,0	0,47	0,12	57,99	57,87	0,12	61,39	60,96	3,40	3,09	0,49	0,01	0,12	0,25	0,22		
33	34	32,8	0,65	0,28	57,84	57,56	0,28	60,96	59,20	3,12	1,64	0,66	0,02	0,14	0,30	0,23		
34	35	35,1	0,69	0,33	57,53	57,20	0,33	59,20	59,15	1,67	1,95	0,71	0,03	0,14	0,31	0,23		
27	28	14,2	0,78	0,80	60,51	59,71	0,80	61,39	60,55	0,88	0,84	0,72	0,03	0,09	0,19	0,13		
28	29	14,2	0,78	0,80	59,68	58,88	0,80	60,55	59,50	0,87	0,62	0,74	0,03	0,09	0,21	0,14		
29	30-A	15,3	0,47	0,27	58,90	58,63	0,27	59,50	60,23	0,60	1,60	0,45	0,01	0,09	0,19	0,16		
30-A	30	15,3	0,47	0,04	58,60	58,56	0,04	60,23	60,09	1,63	1,53	0,46	0,01	0,09	0,19	0,16		
23-E	23-D	27,5	1,51	2,06	60,94	58,88	2,06	61,77	59,50	0,83	0,62	1,08	0,06	0,08	0,17	0,12		
23-D	23-C	8,7	0,48	0,10	58,85	58,75	0,10	59,50	59,70	0,65	0,95	0,49	0,01	0,08	0,17	0,14		
23-C	23-B	17,1	0,53	0,08	58,77	58,68	0,08	59,70	59,89	0,93	1,21	0,45	0,01	0,08	0,16	0,12		
23-B	23-A	17,1	0,53	0,08	58,65	58,57	0,08	59,89	59,54	1,24	0,97	0,45	0,01	0,08	0,16	0,13		
23-A	23	17,1	0,53	0,06	58,54	58,48	0,06	59,54	60,47	1,00	1,99	0,45	0,01	0,08	0,16	0,13		

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha Fecha: 29/09/03

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Díam "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Díam Pulg
18	17	2,20	0,26	0,57	6,8	9,22	9,22	118,80	0,40	6,00	0,92	0,013	0,12	0,49	0,13	6,0
17	16	3,20	0,26	0,83	6,8	10,32	10,32	98,80	0,45	6,00	0,97	0,013	0,13	0,51	0,15	6,0
16	15	4,20	0,26	1,09	6,8	11,42	11,42	98,80	1,00	6,00	0,72	0,013	0,11	0,84	0,10	6,0
15	14	5,40	0,26	1,40	6,8	12,74	12,74	118,80	0,85	6,00	0,87	0,013	0,12	0,73	0,12	6,0
14	13	6,00	0,26	1,56	6,8	13,40	13,40	38,23	0,17	8,00	0,95	0,013	0,17	0,33	0,19	8,0
												0,013				
20	21	0,53	0,26	0,14	6,8	7,38	7,38	74,16	1,40	6,00	0,39	0,013	0,08	1,08	0,06	6,0
21	22	1,06	0,26	0,28	6,8	7,97	7,97	76,00	1,40	6,00	0,42	0,013	0,08	1,08	0,06	6,0
22	12	1,59	0,26	0,41	6,8	8,55	8,55	58,20	2,50	6,00	0,34	0,013	0,07	1,46	0,05	6,0
21	25	0,60	0,26	0,16	6,8	7,46	7,46	74,92	1,40	6,00	0,40	0,013	0,08	1,08	0,06	6,0
25	26	1,22	0,26	0,32	6,8	8,14	8,14	77,48	1,40	6,00	0,43	0,013	0,08	1,07	0,06	6,0
26	33	2,05	0,26	0,53	6,8	9,06	9,06	104,00	1,40	6,00	0,48	0,013	0,09	1,06	0,07	6,0
20	24	0,62	0,26	0,16	6,8	7,48	7,48	70,21	1,40	6,00	0,40	0,013	0,08	1,08	0,06	6,0
24	31	1,08	0,26	0,28	6,8	7,99	7,99	50,31	1,60	6,00	0,40	0,013	0,08	1,16	0,06	6,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída		Cota clave		Caída		Cota rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp.
				Tramo	Sup	Inf	Tramo	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf					
18	17	10,0	0,55	0,48	61,00	60,52	0,48	61,94	61,34	0,94	0,82	0,94	0,82	0,57	0,02	0,09	0,19	0,14
17	16	10,7	0,58	0,44	60,49	60,05	0,44	61,34	60,94	0,85	0,89	0,85	0,89	0,61	0,02	0,09	0,21	0,15
16	15	15,9	0,87	0,99	60,02	59,03	0,99	60,94	59,63	0,92	0,60	0,92	0,60	0,83	0,04	0,10	0,22	0,14
15	14	14,6	0,80	1,01	59,00	57,99	1,01	59,63	58,61	0,63	0,62	0,63	0,62	0,81	0,03	0,10	0,24	0,15
14	13	14,1	0,44	0,06	58,01	57,95	0,06	58,61	58,86	0,60	0,91	0,60	0,91	0,45	0,01	0,10	0,21	0,18
20	21	18,8	1,03	1,04	62,74	61,70	1,04	63,34	62,48	0,60	0,78	0,60	0,78	0,82	0,03	0,08	0,17	0,11
21	22	18,8	1,03	1,06	61,67	60,61	1,06	62,48	62,06	0,81	1,45	0,81	1,45	0,84	0,04	0,08	0,18	0,12
22	12	25,1	1,38	1,46	60,58	59,12	1,46	62,06	59,72	1,48	0,60	1,48	0,60	1,06	0,06	0,08	0,18	0,13
21	25	18,8	1,03	1,05	61,88	60,83	1,05	62,48	61,75	0,60	0,92	0,60	0,92	0,83	0,03	0,08	0,17	0,11
25	26	18,8	1,03	1,08	60,80	59,72	1,08	61,75	60,99	0,95	1,27	0,95	1,27	0,85	0,04	0,08	0,18	0,12
26	33	18,8	1,03	1,46	59,69	58,23	1,46	60,99	60,96	1,30	2,73	1,30	2,73	0,88	0,04	0,09	0,19	0,12
20	24	18,8	1,03	0,98	62,68	61,70	0,98	63,28	62,62	0,60	0,92	0,60	0,92	0,83	0,03	0,08	0,17	0,11
24	31	20,1	1,10	0,80	61,67	60,86	0,80	62,62	61,46	0,95	0,60	0,95	0,60	0,88	0,04	0,08	0,18	0,12

GUÍA RAS-005

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

EJEMPLO DE DISEÑO SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO

Diseño: Ing. G. Torres Conexiones erradas: 1,00 l/s/ha Coef. infiltración: 0,10 l/s/ha

De	a	Área ha	L/H/S	QMD l/s	QMH l/s	QDT l/s	Q Dis l/s	Long m	Pend %	Diám "	Q/Qo	n	h m	F	P.H.	Diám Pulg
4	3	1,00	0,26	0,26	6,8	7,90	7,90	80,00	2,20	4,00	0,99	0,013	0,09	1,03	0,10	4,0
9	19	0,41	0,26	0,11	6,8	7,25	7,25	77,00	1,80	4,00	1,00	0,013	0,09	0,93	0,11	4,0
14-B	14-A	0,24	0,26	0,06	6,8	7,06	7,06	60,00	0,30	6,00	0,81	0,013	0,12	0,45	0,11	6,0
14-A	14	0,36	0,26	0,09	6,8	7,20	7,20	30,00	0,30	6,00	0,83	0,013	0,12	0,44	0,12	6,0
20	10	0,57	0,26	0,15	6,8	7,43	7,43	68,00	1,90	4,00	1,00	0,013	0,09	0,95	0,10	4,0
21	11	0,47	0,26	0,12	6,8	7,32	7,32	62,00	1,80	4,00	1,01	0,013	0,09	0,92	0,11	4,0
20	19	0,75	0,26	0,20	6,8	7,63	7,63	106,00	0,90	6,00	0,51	0,013	0,09	0,85	0,07	6,0
24	23	0,59	0,26	0,15	6,8	7,45	7,45	107,00	1,90	4,00	1,00	0,013	0,09	0,95	0,11	4,0
24	31	0,46	0,26	0,12	6,8	7,31	7,31	50,00	1,90	4,00	0,98	0,013	0,09	0,96	0,10	4,0
25	32	0,70	0,26	0,18	6,8	7,57	7,57	50,00	2,00	4,00	0,99	0,013	0,09	0,99	0,10	4,0
22	26	0,83	0,26	0,22	6,8	7,71	7,71	68,00	2,00	4,00	1,01	0,013	0,09	0,97	0,11	4,0

De	a	Qo l/s	Vo m/s	Caída		Cola clave		Caída		Cola rasante		Recubrimiento		Vr m/s	V2/2G m	Yc m	Hw	Energía Esp. 0,14
				Tramo	Sup	Inf	Tramo	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf					
4	3	8,0	0,99	1,76	65,36	63,60	1,76	66,08	65,02	0,72	1,42	1,04	0,05	0,09	0,26	0,14		
9	19	7,2	0,89	1,39	62,91	61,52	1,39	63,38	62,12	0,47	0,60	0,94	0,05	0,09	0,23	0,13		
14B	14A	8,7	0,48	0,18	58,25	58,07	0,18	58,79	58,28	0,54	0,21	0,47	0,01	0,08	0,16	0,13		
14A	14	8,7	0,48	0,09	58,10	58,01	0,09	58,28	58,61	0,18	0,60	0,48	0,01	0,08	0,17	0,13		
20	10	7,4	0,92	1,29	62,94	61,65	1,29	63,34	62,65	0,40	1,00	0,97	0,05	0,09	0,24	0,13		
21	11	7,2	0,89	1,12	61,81	60,69	1,12	62,48	61,29	0,67	0,60	0,94	0,05	0,09	0,24	0,13		
20	19	15,1	0,83	0,95	62,47	61,52	0,95	63,34	62,12	0,87	0,60	0,71	0,03	0,08	0,17	0,11		
24	23	7,4	0,92	2,03	61,90	59,87	2,03	62,62	60,47	0,72	0,60	0,97	0,05	0,09	0,24	0,13		
24	31	7,4	0,92	0,95	61,81	60,86	0,95	62,62	61,46	0,81	0,60	0,96	0,05	0,09	0,24	0,13		
25	32	7,6	0,94	1,00	61,15	60,15	1,00	61,75	61,39	0,60	1,24	0,99	0,05	0,09	0,25	0,14		
22	26	7,6	0,94	1,36	61,45	60,09	1,36	62,06	60,99	0,61	0,90	0,99	0,05	0,09	0,25	0,14		

GUÍA RAS-005**SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS****SISTEMA SEPARADO SIMPLIFICADO****CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	EXCAVACIONES	m ³	5.162	8.000	41.293.107
2	ENTIBADOS DISCONTINUOS DE MADERA	ml	1.500	17.000	25.500.000
3	RELLENOS				
3.1	Recebo para cimentación de tubería	m ³	416	20.000	8.320.105
3.2	Relleno seleccionado de la excavación para cubrir la tubería	m ³	4.510	10.000	45.098.136
4	RETIRO Y DISPOSICIÓN DE SOBRANTES	m ³	652	12.000	7.821.897
5	CONCRETO PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS	m ³	15	250.000	3.805.600
6	INSTALACIÓN DE TUBERIAS DE ALCANTARILLADO				
6.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 4"	m	732	4.500	3.294.000
6.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 6"	m	1.641	5.500	9.025.500
6.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 8"	m	1.500	6.500	9.750.000
6.4	De concreto sin refuerzo, diámetro 10"	m	395	7.600	3.002.000
6.5	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	317	8.800	2.789.600
6.6	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	403	10.500	4.231.500
7	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
7.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 4"	m	732	6.000	4.392.000
7.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 6"	m	1.645	10.000	16.450.000
7.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 8"	m	1.500	17.600	26.400.000
7.4	De concreto sin refuerzo, diametro 10"	m	395	22.200	8.769.000
7.5	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	317	27.200	8.622.400
7.6	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	403	43.325	17.459.975
8	CAJAS DE INSPECCIÓN				
8.1	Tapa en concreto para caja de inspección	un	47	200.000	9.400.000
8.2	Caja en mampostería, dimensiones 1m por 1m, espesor= 0.08 m. y de 1 a 2 metros de altura	un	39	300.000	11.700.000
8.3	Caja en mampostería, dimensiones 1m por 1m, espesor= 0.08 m. y de 2 a 3 metros de altura	un	8	500.000	4.000.000
8.4	Base y cañuela	un	47	250.000	11.750.000

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
9	ACOMETIDAS				
9.1	En concreto simple, de D= 6 « y 6 metros de largas	un		15.500	0
9.2	En concreto simple, de D=4 « y 6 metros de largas	un	2.250	52.500	118.125.000
	SUBTOTAL				400.999.819
	A.I.U (25%)				100.249.955
	COSTO TOTAL				501.249.774
					67%

5.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Las dos alternativas planteadas se han dimensionado con los mismos caudales de diseño para que estén en igualdad de condiciones técnicas, de esta manera los beneficios que ofrece cada una de ellas al drenaje de aguas servidas son los mismos, por lo que la decisión sobre cuál sistema implementar se traduce en un análisis económico.

Desde el punto de vista de costo total de la ejecución del proyecto se encuentra que el sistema simplificado cuesta aproximadamente el 67% del valor del sistema convencional, los ahorros se logran principalmente en los siguientes ítems:

- Menores diámetros de tuberías, incluyendo las conexiones o descargas domiciliarias.
- Trazado más superficial al no estar instaladas las tuberías bajos las vías, sometidas a cargas vehiculares, lo cual se traduce en menores costos de instalación, menores excavaciones, tablestacado y menores volúmenes de rellenos.
- Posibilidad de cambiar los pozos de inspección por cajas de inspección, que son estructuras menos robustas, ya que son más superficiales y no están sometidas a las cargas de impacto que se tienen sobre las vías.

Los requerimientos de mantenimiento son similares en los dos sistemas ya que sustancialmente sólo cambian los diámetros de las descargas domiciliarias, los colectores iniciales y algunos intermedios; los pozos y las cajas de inspección no están muy distantes el uno del otro por lo que no se requiere equipo de limpieza más allá del convencional. Las dimensiones tanto de pozos como de cajas de inspección permiten el acceso de un operario y la limpieza manual.

Es evidente que en una población sin cultura en la disposición de los residuos sólidos, los sistemas de drenaje de tubos más chicos son más propensos a atascarse, por lo cual se debe hacer un trabajo mayor de divulgación y de concienciación de los usuarios, sobre la

mayor vulnerabilidad que implica un sistema simplificado. Sin embargo, si se logra que la comunidad mejore sus hábitos de disposición de las basuras o se logra implementar el servicio de recolección de desechos sólidos, este inconveniente será rápidamente superado, y ya no será una amenaza para el sistema simplificado.

5.6 CONCLUSIONES

En municipios pequeños, donde las densidades poblacionales y descargas unitarias de aguas servidas no son tan altas, se puede apreciar que colectores de 6" son suficientes en los tramos iniciales e intermedios, a pesar de que no se tengan pendientes apreciables, como en el presente caso. En congruencia con lo anterior, las descargas domiciliarias en este caso no deben ser mayores de 4".

Adicionalmente, en estos municipios no se han construido los andenes y no se encuentran muchas redes de servicios bajo estas franjas de terreno (a lo sumo el acueducto), por lo que son corredores expeditos y en los que no se causa mucho impacto urbano durante la construcción. Al instalar los colectores por estos corredores se logran trazados muy superficiales con los consiguientes ahorros en la instalación de tuberías por menores volúmenes de excavaciones y rellenos; además, los pozos de inspección se pueden reemplazar por cajas de inspección, que son estructuras menos robustas, más superficiales y no expuestas a cargas vivas apreciables, por lo cual pueden ser de mampostería, evitándose la utilización de concreto reforzado.

La operación y el mantenimiento de un sistema simplificado como el aquí planteado, en donde sólo se han disminuido diámetros en las descargas domiciliarias y en tramos iniciales, no difiere en forma sustancial en cuanto a métodos y equipos respecto a un sistema convencional, por lo que no se deben esperar mayores dificultades.

Para la ejecución de un proyecto de este tipo se recomienda una promoción previa con la comunidad a fin de que entienda que no se le está proponiendo un sistema de "segunda clase" sino un sistema diferente al tradicional, pero que ha sido concebido y dimensionado de acuerdo con las necesidades reales de la población y con las posibilidades económicas que ésta tiene para su construcción y posterior operación y mantenimiento.

**SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS
NO CONVENCIONALES**

CONSIDERACIONES GENERALES

En los países en vía de desarrollo, el costo excesivo de la implementación de los alcantarillados convencionales no ha permitido la ampliación de la cobertura de este servicio básico para lograr el saneamiento de las ciudades, cada vez más densamente pobladas.

Los primeros sistemas de recolección de aguas residuales del tipo requerido fueron construidos en Norteamérica en la década de 1879 - 1888. En los últimos cien años, pocos cambios se han introducido en su concepción y diseño. Al inicio de los años ochenta, investigadores brasileños, apoyados en los desarrollos tecnológicos que ha logrado la ciencia, propusieron una serie de cambios y procedimientos en la concepción y el dimensionamiento de los alcantarillados sanitarios con el objeto de simplificar las obras y reducir sus costos. El fin no era reducir la eficiencia y seguridad de los sistemas convencionales o crear una solución de "segunda clase", la idea era aprovechar la tecnología y el conocimiento disponibles hoy.

Las principales innovaciones propuestas se pueden agrupar en los siguientes temas:

- La introducción de métodos más precisos para el cálculo y control de las condiciones hidráulicas y de autolimpieza. Actualmente, el uso de los computadores y de software permite cálculos más confiables.
- Las pendientes de los sistemas de alcantarillado deben ser establecidas en función del flujo de la primera etapa de las obras, de esta manera se garantiza, desde el inicio de operación de la obra, que se presenten las condiciones de autolimpieza.
- Al involucrar este concepto y el anterior, se logra una disminución sustancial de los diámetros de los colectores.
- La profundidad de instalación de las tuberías de los sistemas de alcantarillado puede reducirse al mínimo compatible con las conexiones a los hogares y la protección contra las cargas externas. Esto se logra realizando los trazados bajo los andenes y no bajo las vías.
- Teniendo en cuenta la existencia de mejores equipos para la limpieza y el mantenimiento de sistemas de alcantarillado, el número de pozos de inspección puede reducirse al mínimo y pueden adoptarse estructuras más simples (cajillas de inspección) para reducir los costos.
- En pequeñas poblaciones es posible el uso de un sistema de colectores de pequeño diámetro, sin arrastre de sólidos sedimentables (sistemas de flujo decantado) donde se combina la eliminación individual (tanque séptico) con un sistema de pequeñas tuberías que transportan aguas residuales sedimentadas que no exigen colectores con una pendiente definida.

Aunque es evidente la reducción de costos de inversión inicial al implementar los sistemas de alcantarillado no convencionales, para asegurar su sostenibilidad y eficiencia en el tiempo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Necesidad de contar con políticas estrictas de operación y mantenimiento, garantizando que se tengan los equipos especializados y el personal capacitado que requieren los sistemas no convencionales.
- Implementación de procesos de educación sanitaria y ambiental dirigidos hacia la comunidad beneficiaria, para garantizar una correcta utilización de los nuevos sistema de recolección de aguas servidas.

ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS NO CONVENCIONALES

Tamaño de la población y nivel de complejidad

Teniendo en cuenta los conocimientos básicos que se tienen sobre estos sistemas, las experiencias desarrolladas y las posibilidades económicas de la población a servir, se considera que los alcantarillado no convencionales son la única alternativa de saneamiento de bajo costo para los niveles de complejidad bajo y medio; esto es, para poblaciones con un número de habitantes menor a 12.500 en el periodo de diseño y con una baja capacidad económica de los usuarios.

Por lo anterior, para este tipo de poblaciones, durante el planteamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, un sistema del tipo no convencional debe ser la principal –sino la única– alternativa de estudio, y sus costos deben ser analizados técnicamente.

Adicionalmente, en zonas con áreas de drenaje muy definidas en ciudades de mayor tamaño y población, en especial aquellas que se han generado de manera informal y que a través de un desarrollo progresivo se han consolidado y deben ser legalizadas, y su servicio de alcantarillado construido, dentro del análisis de las alternativas de drenaje sanitario debe ser incluido, además del sistema convencional separado, un sistema no convencional como un alcantarillado simplificado.

TIPOS DE ALCANTARILLADOS NO CONVENCIONALES Y RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

Dentro de los tipos de alcantarillado no convencionales se destacan los siguientes, con su respectivo rango recomendado de aplicación:

- **Alcantarillados simplificados:** funcionan como un alcantarillado sanitario convencional pero teniendo en cuenta en su diseño las consideraciones descritas en el numeral anterior, lo cual permite reducir los diámetros de los colectores y el núme-

ro de pozos de inspección, o sustituir éstos por estructuras más sencillas y económicas.

Pueden ser usados para cualquier condición de densidad de población; sin embargo, está demostrado que para áreas cuya densidad es igual o mayor que 200 hab/ha (unas 40 viviendas/ha), presenta costos más bajos que cualquier otro sistema.

- **Alcantarillados condominiales:** son alcantarillados simplificados, con una forma de trazado muy particular. Las casas de una cuadra o manzana drenan a una tubería colectiva interna que sólo descarga al sistema público en un punto, por lo cual para cada manzana sólo se requiere, usualmente, un corto tramo de colector público.

La palabra condominio significa un sistema de conexiones en régimen de propiedad horizontal de las conexiones dentro de cada cuadra o manzana. Los colectores públicos que existen a lo largo de las calles, y que recogen los ramales condominiales, se pueden diseñar como alcantarillados simplificados y, por ende, se colocan debajo de los andenes; por tanto, no todas las calles tienen colector público y algunas no tienen colector a lo largo de toda su longitud; de este modo, la extensión total de los colectores públicos será menor cuando se compara con el sistema convencional de alcantarillado.

Su implementación se facilita en nuevas urbanizaciones en donde los corredores para los ramales condominiales han sido previstos desde la etapa de diseño, sin tener que negociar estos predios con los usuarios.

- **Alcantarillados sin arrastre de sólidos (flujo decantado):** son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde éstos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos e instalados a poca profundidad.

Se recomienda la utilización en el manejo de efluentes domésticos en poblaciones con densidades menores que 200 hab/ha (unas 40 viviendas/ha).

- **Sistemas de disposición *in situ*:** implican la disposición en el sitio de las aguas residuales como las letrinas y los pozos sépticos; son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas de baja densidad de población y condiciones favorables de permeabilidad del subsuelo. Estos sistemas deben considerarse como transitorios a sistemas convencionales o no convencionales, en la medida en que las áreas a drenar se densifiquen. Se recomienda su utilización en zonas con densidades menores a 100 hab/ha.

NORMAS, CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

Alcantarillados simplificados

Periodo de diseño

La adopción de periodos largos de diseño conduce a obras enormes, lo que aumenta el costo inicial de la inversión. Adicionalmente, como resultado de periodos de diseño demasiado largos, el flujo en las alcantarillas estará por muchos años por debajo del caudal de diseño; las velocidades serán inferiores a las previstas y el funcionamiento del sistema será peor que el esperado.

Por las anteriores razones, se recomiendan periodos de diseño que no excedan los 20 años, estos valores concuerdan con los periodos de planeamiento y diseño propuestos por el RAS, que son:

Nivel de complejidad	Periodo de diseño
Bajo	15 años
Medio	15 años

Trazado del sistema

Se deben analizar varias alternativas de trazado, tratando de minimizar la longitud de las tuberías colectoras, considerando la repartición de los flujos, los tamaños de los conductos y las pendientes de instalación (como función de los flujos), todo esto con el fin de optimizar la longitud y profundidad final de los colectores, reduciendo el suministro de tuberías y el volumen de la excavación con la consiguiente disminución de los costos de construcción.

Velocidades de flujo

En conductos circulares, la velocidad mínima considera el flujo máximo al comienzo de la primera etapa y la velocidad máxima se calcula para el caudal máximo al final del periodo de diseño.

Las velocidades de flujo para los caudales estimados deben ser:

- Velocidad mínima: 0,45 a 0,50 m/s
- Velocidad máxima: 4,5 a 5,0 m/s

Fuerza de tracción

La fuerza de tracción es el método más práctico para calcular la velocidad óptima en las tuberías de drenaje pues tiene en cuenta su configuración y la sección mojada del conducto. Su aplicación permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros.

La fuerza de tracción promedio se puede calcular mediante la expresión:

$$F = 100 R_{\mu} I$$

donde:

F = fuerza tracción, kg/m^2

R_{μ} = radio hidráulico, m

I = pendiente, m/m

Se recomienda un valor mínimo de $F = 0,12 \text{ kg/m}^2$.

Tamaño mínimo de las alcantarillas

En los sistemas de alcantarillado secundario es ventajoso adoptar tuberías de pequeño diámetro para elevar los niveles del líquido y aumentar así la velocidad del flujo.

En zonas residenciales se recomienda adoptar 6" como diámetro mínimo de las tuberías colectoras de alcantarillado sanitario y 4" para las conexiones domiciliarias. En comunidades pequeñas se puede considerar el uso de 4" en los tramos iniciales, y en este caso se usarían 3" para las conexiones de las viviendas.

Un colector de 4" puede tener una longitud máxima de 200 a 400 metros, sirviendo un máximo de 50 casas.

Flujos mínimos al comienzo de las alcantarillas

En los tramos iniciales de colectores pequeños se recomienda usar un valor de 1,5 l/s como el flujo simultáneo mínimo, pues no es exacto considerar el flujo promedio (flujos distribuidos lineales máximos) que produciría valores más bajos a los reales.

Pendientes de las alcantarillas

La pendiente mínima que se debe adoptar para autolimpieza no depende directamente del diámetro de los colectores, sino del flujo que transporta. Una tubería de diámetro pequeño se mantendrá más limpia que una tubería más grande colocada con el mismo gradiente (pendiente).

La mejor manera de determinar la pendiente mínima de un colector es aplicar la expresión hidráulica:

$$S = 0,0001 Q^{-2/3}$$

donde:

S = pendiente mínima

Q = el flujo máximo por hora en la primera etapa de las obras, m^3/s

Profundidad del flujo en las alcantarillas

Para hacer el mejor uso posible de las tuberías las alcantarillas se deben diseñar considerándolas parcialmente llenas con una profundidad máxima de flujo de 0,85 D y mínima de 0,2 D. Cuando se tiene una profundidad 0,2 D la velocidad será de cerca del 56% de la velocidad a sección llena, para tener una velocidad mínima de flujo de 0,45 m/s; con 0,2 D la velocidad en la sección total debe ser de 0,80 m/s.

Profundidad de instalación de las alcantarillas

En los puntos de partida de los colectores pequeños, la profundidad mínima de instalación debe ser suficiente para:

- Permitir todas las conexiones de las viviendas sin incluir sótanos u otras instalaciones bajo el nivel de la calle.
- Tener una capa de suelo suficiente sobre la clave para proteger la tubería contra las cargas externas. Bajo el pavimento de la calle la cobertura mínima según el RAS es de 1,20 mientras que en andenes, zonas verdes y peatonales esta cobertura mínima puede disminuir a 0,75 m. Los alcantarillados simplificados deben buscar estos corredores exentos de cargas de tráfico pues los costos de construcción varían exponencialmente con la profundidad de la zanja, haciendo muy costosos los alcantarillados profundos.

No se recomienda bajar alcantarillas a grandes profundidades para permitir conexiones directas de instalaciones ubicadas por debajo del nivel de la calle (sótanos), pues se generan mayores costos para servir un número relativamente pequeño de sótanos.

Pozos de inspección

Se deben eliminar al máximo los pozos de inspección y aquellos que no puedan ser eliminados, se deben sustituir por nuevos aditamentos de inspección y limpieza más simples y más baratos. Lo anterior se complementa con la selección y las especificaciones de máquinas y equipos de limpieza y mantenimiento compatibles con el nuevo tipo de registro de inspección.

ALCANTARILLADOS CONDOMINIALES

Son alcantarillados simplificados, con una forma de trazado muy particular. Las casas de una cuadra o manzana drenan a una tubería colectiva interna que sólo descarga al sistema público en un punto, por lo cual para cada manzana sólo se requiere, usualmente, un corto tramo de colector público.

Este colector público de recogido se puede drenar como un sistema simplificado, con diámetro mínimo de 6" y ubicado bajo los andenes. Las tuberías colectoras internas de cada cuadra o manzana del régimen de condominio son superficiales, de 4" de diámetro y una

pendiente mínima del 1%. Una tubería de 4" con esta pendiente y una profundidad de agua de 0,8 D puede descargar 5,25 l/s y prestar al servicio a más de 100 personas.

Dentro de las cuadras o manzanas los pozos de inspección se sustituyen por cajas de inspección superficiales en donde se realizan los cambios de dirección y se juntan aportes de otras tuberías condominiales. Estas cajas son estructuras mucho más simples y económicas que los pozos, y deben ser ubicadas en sitios de fácil acceso para su operación y eventual limpieza.

Las tuberías colectoras en régimen de condominio dentro de una cuadra o manzana se construyen a veces a lo largo de propiedades privadas sucesivas (lotes) con el permiso de los dueños. Para adoptar el sistema es preciso el apoyo y la participación general de los usuarios. En caso de que esto no sea posible, la tubería colectiva se coloca bajo el andén.

En todos los demás aspectos el diseño sigue los mismos parámetros que en los sistemas simplificados, pues los alcantarillados condominiales son un tipo de sistema simplificado.

ALCANTARILLADOS SIN ARRASTRE DE SÓLIDOS (FLUJO DECANTADO)

- El tanque interceptor es la parte esencial del sistema, el volumen del tanque depende del consumo de agua por usuario y de los caudales de infiltración y conexiones erradas de aguas lluvias que pueda tener el sistema. El tiempo de retención en el tanque séptico no debe ser inferior a 8 horas, y el valor normal es de 24 horas.
- En lo posible es deseable contar con una máquina aspiradora (succionadora) que permita limpiar los tanques sépticos de manera regular (en promedio cada año), siguiendo un programa preestablecido. Los lodos allí depositados usualmente se encuentran bastante digeridos por lo cual su disposición no conlleva mayores dificultades.
- El efluente del tanque séptico (sin sólidos sedimentables) puede descargarse en tuberías de PVC, superficiales y de diámetro muy pequeño. El flujo dentro de ellas será por gravedad sin necesidad de limitaciones respecto a la pendiente, la velocidad o la fuerza de tracción; incluso pueden funcionar a presión. El diámetro de las tuberías normalmente es de 3" y puede ser hasta de 2".
- El flujo del tanque se puede estimar considerando el volumen de aguas residuales descargadas por los usuarios y aplicar un coeficiente para obtener la descarga máxima.

El sistema sin arrastre de sólidos se adapta mejor para pequeñas comunidades y zonas periféricas, entre otras. Se ha aplicado en lugares de baja densidad demográfica (máximo 200 hab/ha) y en terrenos donde el suelo tiene un bajo coeficiente de infiltración. El sistema es también apropiado para un grupo aislado de casas y asentamientos rurales.

**DISEÑO SISTEMA SEPARADO
CONVENCIONAL**

GUÍA RAS-005

SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL

CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

Fecha: 25/09/03

De	Pozo a	Long (m)	Diám Pulg	De	Di	Diám Nom	Bd	EC	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 1
1	2	82	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	64,70	65,17	63,65	63,40	1,05	1,77	1,64	1,64
2	3	85,7	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	65,17	65,02	63,37	63,12	1,80	1,90	2,08	2,08
3	5	120	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	65,02	63,80	63,09	62,73	1,93	1,07	1,74	1,74
5	6	114,88	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,80	63,43	62,70	62,18	1,10	1,25	1,41	1,41
6	7	81,5	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,43	63,10	62,15	61,78	1,28	1,32	1,53	1,53
7	8	80	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,10	62,86	61,75	61,27	1,35	1,59	1,70	1,70
8	9	84,15	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	62,86	63,42	61,24	60,74	1,62	2,68	2,38	2,38
9	10	104,1	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	63,42	62,65	60,71	60,08	2,71	2,57	2,87	2,87
10	11	73,72	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	62,65	61,29	60,05	59,35	2,60	1,94	2,50	2,50
11	12	77,15	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,29	59,72	59,32	58,55	1,97	1,17	1,80	1,80
12	13	100	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,72	58,86	58,52	57,42	1,20	1,44	1,55	1,55
13	13-A	103	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	58,86	59,00	57,49	57,29	1,37	1,71	1,89	1,89
13-A	13-B	85	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	59,00	59,02	57,26	57,07	1,74	1,95	2,20	2,20
13-B	35	100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	59,02	59,15	57,04	56,81	1,98	2,34	2,51	2,51
35	36	80	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,15	58,62	56,88	56,76	2,27	1,86	2,53	2,53
36	37	100	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,62	58,37	56,73	56,58	1,89	1,79	2,31	2,31
37	38	80	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,37	58,22	56,55	56,42	1,82	1,80	2,28	2,28
38	39	79,12	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,22	57,43	56,39	56,26	1,83	1,17	1,96	1,96
39	PTAR	25,64	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	57,43	57,43	56,23	56,19	1,20	1,24	1,68	1,68

De	a	H med exc	Diám pozo sup	inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc tubería	V exc b caja
1	2	1,64	1,2	1,2	82		101,2	5,3	1,8	101,2	7,1	90,2	3,8	134,6
2	3	2,08	1,2	1,2	85,7		130,1	5,6	1,9	130,1	7,5	118,6	4,0	178,5
3	5	1,74	1,2	1,2	120		155,4	7,8	2,6	155,4	10,4	139,3	5,6	208,4
5	6	1,41	1,2	1,2	114,88		124,6	7,5	2,5	124,6	10,0	109,2	5,4	162,0
6	7	1,53	1,2	1,2	81,5		94,8	5,3	1,8	94,8	7,1	83,9	3,8	124,9
7	8	1,70	1,2	1,2	80		101,7	5,2	1,8	101,7	7,0	91,0	3,7	136,0
8	9	2,38	1,2	1,2	84,15		144,0	5,5	4,9	144,0	10,4	129,7	3,9	200,5
9	10	2,87	1,2	1,2	104,1		210,9	6,8	6,0	210,9	12,8	193,3	4,9	299,0
10	11	2,50	1,2	1,2	73,72		131,7	4,8	4,3	131,7	9,1	119,2	3,4	184,3
11	12	1,80	1,2	1,2	77,15		103,1	5,0		103,1	5,0	94,5	3,6	139,0
12	13	1,55	1,2	1,2	100		117,6	6,5		117,6	6,5	106,4	4,7	155,2
13	13-A	1,89	1,2	1,2	103		181,7	8,2		181,7	8,2	162,6	10,8	194,8
13-A	13-B	2,20	1,2	1,2	85		169,9	6,8		169,9	6,8	154,1	8,9	186,8
13-B	35	2,51	1,2	1,2	100		223,8	8,0	9,6	223,8	17,6	195,7	10,5	251,2
35	36	2,53	1,2	1,2	80		218,9	7,2	10,2	218,9	17,4	186,6	14,9	202,7
36	37	2,31	1,2	1,2	100		253,6	9,0	12,7	253,6	21,7	213,2	18,7	230,9
37	38	2,28	1,2	1,2	80		200,7	7,2	10,2	200,7	17,4	168,4	14,9	182,2
38	39	1,96	1,2	1,2	79,12		176,5	7,1	10,0	176,5	17,2	144,6	14,8	155,5
39	PTAR	1,68	1,2	1,2	25,64		50,8	2,3	3,3	50,8	5,6	40,5	4,8	43,2

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	2890,9
Volumen de material para cimentación de tubería	204,6
Volumen de recebo para cubrir tubería	2541,0
Volumen de sobrantes	349,8

GUÍA RAS-005

SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL

CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

fecha: 30/09/03

De	Pozo a	Long (m)	Díam Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
19	23	65,6	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	62,12	60,47	60,07	58,10	2,05	2,37	2,44
23	30	16,19	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,47	60,09	58,27	58,24	2,20	1,85	2,26
30	31'	41,2	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	60,09	59,68	58,21	58,13	1,88	1,55	2,01
31'	31	67,66	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	59,68	61,46	58,15	58,04	1,53	3,42	2,77
31	32	74,7	10,0	0,30	0,25	250	0,70	2,2	61,46	61,39	58,01	57,90	3,45	3,49	3,76
32	33	80,62	10,0	0,30	0,25	250	0,70	2,2	61,39	60,96	57,87	57,75	3,52	3,21	3,66
33	34	100	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	60,96	59,20	57,72	57,44	3,24	1,76	2,80
34	35	102,8	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	59,20	59,15	57,41	57,08	1,79	2,07	2,23
27	28	100	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,39	60,55	60,23	59,38	1,16	1,17	1,40
28	29	100	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,55	59,50	59,55	58,70	1,00	0,80	1,13
29	30-A	136,7	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,50	60,23	58,67	58,33	0,83	1,90	1,60
30-A	30	20,6	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,23	60,09	58,30	58,25	1,93	1,84	2,12
23-E	23-D	68,7	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,77	59,50	60,70	58,50	1,07	1,00	1,27
23-D	23-C	33,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,50	59,70	58,67	58,58	0,83	1,12	1,21
23-C	23-B	33,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,70	59,89	58,55	58,47	1,15	1,42	1,52
23-B	23-A	32,96	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,89	59,54	58,44	58,35	1,45	1,19	1,55
23-A	23	22,45	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,54	60,47	58,32	58,27	1,22	2,20	1,94

De	a	H med exc	Diám pozo sup inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
19	23	2,44	1,2	1,2	65,6	114,8	4,3	3,8	114,8	8,1	103,6		3,1	160,2
23	30	2,26	1,2	1,2	16,19	26,4	1,1	0,4	26,4	1,4	24,2		0,8	36,6
30	31'	2,01	1,2	1,2	41,2	68,3	2,9	2,9	68,3	5,8	59,5		3,0	82,8
31'	31	2,77	1,2	1,2	67,66	148,4	4,7		148,4	4,7	138,7		4,9	187,4
31	32	3,76	1,2	1,2	74,7	218,2	5,2	2,1	218,2		212,8	7,3	5,5	281,2
32	33	3,66	1,2	1,2	80,62	229,7	5,6	2,3	229,7		223,8	7,9	5,9	295,1
33	34	2,80	1,2	1,2	100	221,2	7,0	7,0	221,2	14,0	199,9		7,3	279,6
34	35	2,23	1,2	1,2	102,8	186,1	7,2	7,2	186,1	14,4	164,2		7,5	228,8
27	28	1,40	1,2	1,2	100	107,7	6,5		107,7	6,5	96,5		4,7	139,9
28	29	1,13	1,2	1,2	100	90,7	6,5		90,7	6,5	79,5		4,7	113,4
29	30-A	1,60	1,2	1,2	136,7	164,9	8,9		164,9	8,9	149,7		6,4	218,7
30-A	30	2,12	1,2	1,2	20,6	31,8	1,3		31,8	1,3	29,5		1,0	43,7
23-E	23-D	1,27	1,2	1,2	68,7	68,2	4,5	1,5	68,2	6,0	59,0		3,2	87,1
23-D	23-C	1,21	1,2	1,2	33,8	32,3	2,2	0,7	32,3	2,9	27,7		1,6	40,8
23-C	23-B	1,52	1,2	1,2	33,8	39,1	2,2	0,7	39,1	2,9	34,5		1,6	51,4
23-B	23-A	1,55	1,2	1,2	32,96	38,8	2,1	0,7	38,8	2,9	34,4		1,5	51,2
23-A	23	1,94	1,2	1,2	22,45	32,1	1,5	0,5	32,1	2,0	29,1		1,0	43,6
											Total	15,2		
Cantidades de obra														
Volumen de excavación total													1818,5	
Volumen de material para cimentación de tubería													88,3	
Volumen de recebo para cubrir tubería													1666,7	
Volumen de sobrantes													151,8	

GUÍA RAS-005 SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL CUADRO CÁLCULO DE VOLUMENES

De	Pozo a	Long (m)	Díam Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
18	17	118,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,94	61,34	60,94	60,23	1,00	1,11	1,29
17	16	98,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,34	60,94	60,20	59,56	1,14	1,39	1,50
16	15	98,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,94	59,63	59,33	58,44	1,62	1,19	1,64
15	14	118,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,63	58,61	58,61	57,60	1,02	1,01	1,25
14	13	38,23	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	58,61	58,86	57,57	57,49	1,04	1,37	1,44
20	21	74,16	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,34	62,48	62,34	61,30	1,00	1,18	1,32
21	22	76	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,48	62,06	61,47	60,56	1,01	1,50	1,49
22	12	58,2	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,06	59,72	60,53	58,90	1,53	0,82	1,41
21	25	74,92	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,48	61,75	61,48	60,58	1,00	1,17	1,32
25	26	77,48	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,75	60,99	60,75	59,82	1,00	1,17	1,32
26	33	104	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,99	60,96	59,79	59,38	1,20	1,58	1,63
20	24	70,21	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,28	62,62	62,28	61,44	1,00	1,18	1,32
24	31	50,31	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,62	61,46	61,41	60,40	1,21	1,06	1,37

De	a	H med exc	Díam pozo sup	Díam pozo inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc tubería	V exc b caja
18	17	1,29	1,2	1,2	118,8		119,7	7,7	2,6	119,7	10,3	103,8	5,5	153,3
17	16	1,50	1,2	1,2	98,8		112,7	6,4	2,2	112,7	8,6	99,5	4,6	148,0
16	15	1,64	1,2	1,2	98,8		121,7	6,4	2,2	121,7	8,6	108,5	4,6	161,9
15	14	1,25	1,2	1,2	118,8		116,8	7,7		116,8	7,7	103,5	5,5	148,8
14	13	1,44	1,2	1,2	38,23		42,2	2,5	0,8	42,2	3,3	37,1	1,8	55,1
20	21	1,32	1,2	1,2	74,16		76,3	4,8		76,3	4,8	68,0	3,5	98,1
21	22	1,49	1,2	1,2	76		86,2	4,9		86,2	4,9	77,7	3,5	113,1
22	12	1,41	1,2	1,2	58,2		63,1	3,8		63,1	3,8	56,6	2,7	82,0
21	25	1,32	1,2	1,2	74,92		76,8	4,9		76,8	4,9	68,4	3,5	98,8
25	26	1,32	1,2	1,2	77,48		79,4	5,0		79,4	5,0	70,8	3,6	102,1
26	33	1,63	1,2	1,2	104		127,2	6,8		127,2	6,8	115,6	4,9	169,0
20	24	1,32	1,2	1,2	70,21		72,3	4,6	1,5	72,3	6,1	62,9	3,3	93,0
24	31	1,37	1,2	1,2	50,31		53,2	3,3	1,1	53,2	4,4	46,5	2,3	68,9

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	1147,6
Volumen de material para cimentación de tubería	79,3
Volumen de recebo para cubrir tubería	1018,9
Volumen de sobrantes	128,7

GUÍA RAS-005
SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL
CUADRO CÁLCULO DE VOLUMENES

De	Pozo a	Long (m)	Díam Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
							0,40								
4	3	80	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	64,08	65,02	63,36	63,12	0,72	1,90	1,54
							0,40								
9	19	77	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,38	62,12	61,74	61,12	1,64	1,00	1,56
							0,40								
14B	14-A	60	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	58,79	58,28	57,88	57,70	0,91	0,58	0,98
14A	14	30	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	58,28	58,61	57,66	57,57	0,62	1,04	1,06
							0,40								
20	10	68	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,34	62,65	62,19	61,65	1,15	1,00	1,31
							0,40								
21	11	62	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,48	61,29	60,79	60,29	1,69	1,00	1,58
							0,40								
20	19	106	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,34	62,12	61,97	61,12	1,37	1,00	1,42
							0,40								
24	23	107	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,62	60,47	60,33	59,47	2,29	1,00	1,88
							0,40								
24	31	50	8,0	0,24	0,20	200	0,64	2,2	62,62	61,46	58,24	57,84	4,38	3,62	4,23
							0,40								
22	26	68	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,06	60,99	60,16	59,62	1,90	1,37	1,87

De	a	H med exc	Diám pozo sup	inf	L real	V exc pozo	V exc tub	Vrell base	Vrell atraque	V exc	Vrell 1 recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
4	3	1,54	1.2	1.2	80		93,6	5,2		93,6	5,2	84,7	3,7	123,5
9	19	1,56	1.2	1.2	77		90,7	5,0		90,7	5,0	82,1	3,6	119,8
14-B	14-A	0,98	1.2	1.2	60		48,4	3,9		48,4	3,9	41,7	2,8	58,7
14-A	14	1,06	1.2	1.2	30		25,8	2,0	1,7	25,8	3,7	20,8	1,4	31,9
20	10	1,31	1.2	1.2	68		69,2	4,4	1,5	69,2	5,9	60,1	3,2	88,9
21	11	1,58	1.2	1.2	62		74,0	4,0		74,0	4,0	67,1	2,9	98,0
20	19	1,42	1.2	1.2	106		115,6	6,9		115,6	6,9	103,8	5,0	150,5
24	23	1,88	1.2	1.2	107		148,5	7,0	2,4	148,5	9,3	134,2	5,0	201,2
24	31	4,23	1.2	1.2	50		146,1	3,3	1,1	146,1		143,8	4,4	211,7
22	26	1,87	1.2	1.2	68		93,7	4,4	1,5	93,7	5,9	84,6	3,2	126,9
											Total	4,4		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	905,8
Volumen de material para cimentación de tubería	49,9
Volumen de recebo para cubrir tubería	822,9
Volumen de sobrantes	82,9

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Díam "	Long real m	Clase	Material
1	2	8	82,0	1	2
2	3	8	85,7	1	2
3	5	8	120,0	1	2
5	6	8	114,9	1	2
6	7	8	81,5	1	2
7	8	8	80,0	1	2
8	9	8	84,2	1	2
9	10	8	104,1	1	2
10	11	8	73,7	1	2
11	12	8	77,2	1	2
12	13	8	100,0	1	2
13	13-A	12	103,0	1	2
13-A	13-B	12	85,0	1	2
13-B	35	12	100,0	1	2
35	36	16	80,0	1	2
36	37	16	100,0	1	2
37	38	16	80,0	1	2
38	39	16	79,1	1	2
39	PTAR	16	25,6	1	2

Fecha: 30/09/03

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Díam "	Long real m	Clase	Material
19	23	8	65,6	1	2
23	30	8	16,2	1	2
30	31'	10	41,2	1	2
31'	31	10	67,7	1	2
31	32	10	74,7	1	2
32	33	10	80,6	1	2
33	34	10	100,0	1	2
34	35	10	102,8	1	2
27	28	8	100,0	1	2
28	29	8	100,0	1	2
29	30-A	8	136,7	1	2
30-A	30	8	20,6	1	2
23-E	23-D	8	68,7	1	2
23-D	23-C	8	33,8	1	2
23-C	23-B	8	33,8	1	2
23-B	23-A	8	33,0	1	2
23-A	23	8	22,5	1	2

Fecha: 30/09/03

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

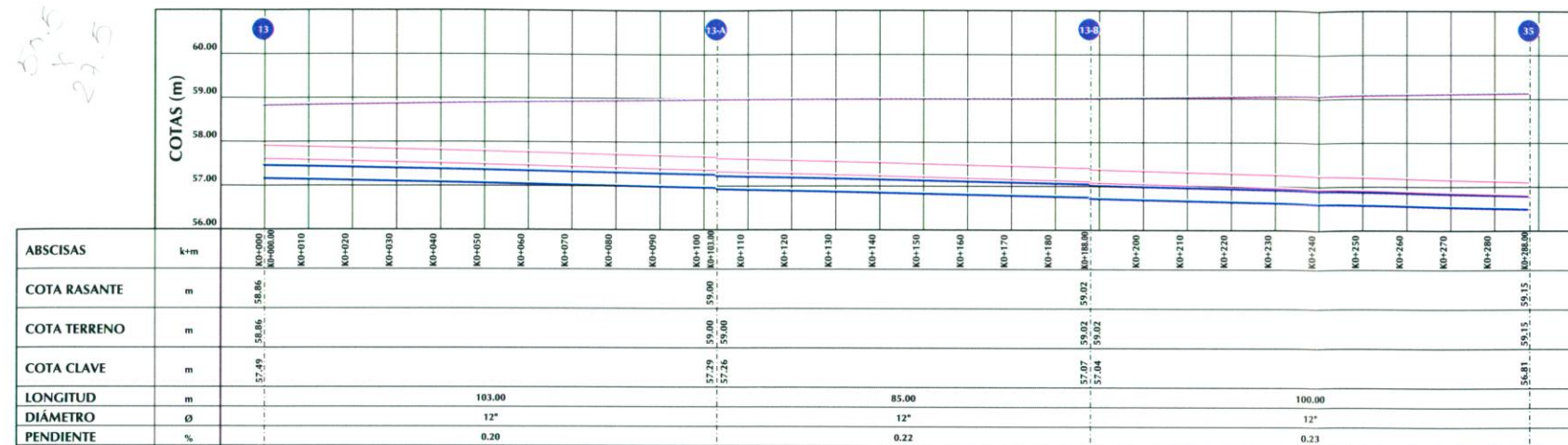
De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
18	17	8	118,8	1	2
17	16	8	98,8	1	2
16	15	8	98,8	1	2
15	14	8	118,8	1	2
14	13	8	38,2	1	2
20	21	8	74,2	1	2
21	22	8	76,0	1	2
22	12	8	58,2	1	2
				1	2
21	25	8	74,9	1	2
25	26	8	77,5	1	2
26	33	8	104,0	1	2
20	24	8	70,2	1	2
24	31	8	50,3	1	2

Fecha: 30/09/03

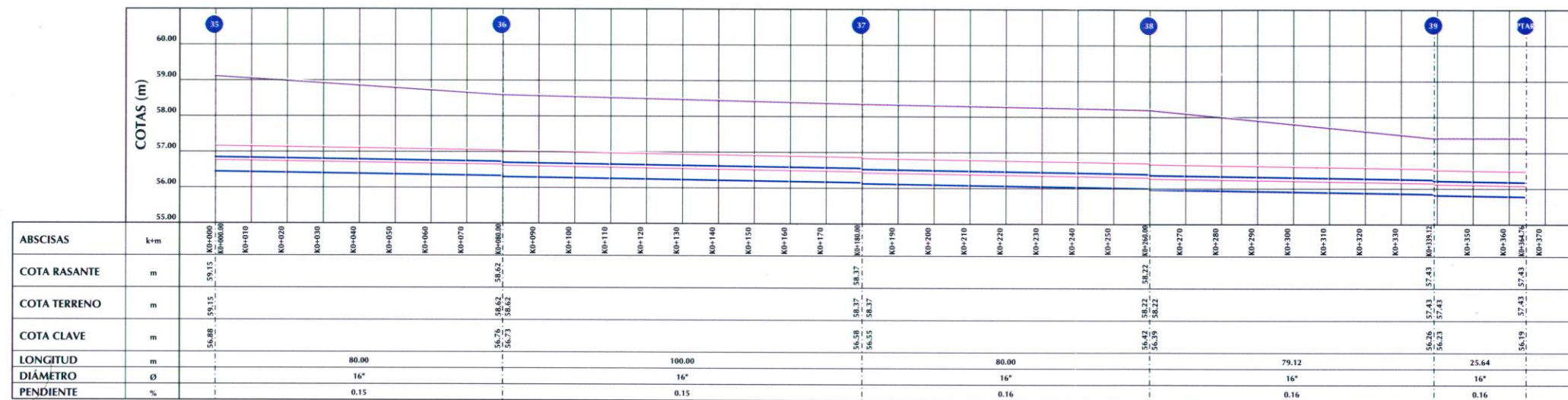
GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO CONVENCIONAL****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
4	3	8	80,0	1	2
9	19	8	77,0	1	2
14-B	14-A	8	60,0	1	2
14-A	14	8	30,0	1	2
20	10	8	68,0	1	2
21	11	8	62,0	1	2
20	19	8	106,0	1	2
24	23	8	107,0	1	2
24	31	8	50,0	1	2
22	26	8	68,0	1	2

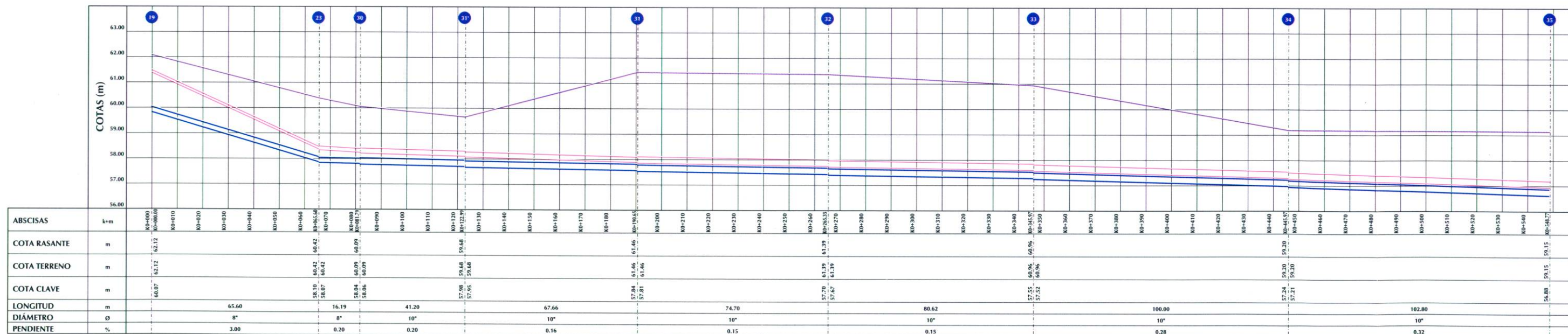
Fecha: 30/09/03



TRAMO 3



TRAMO 4



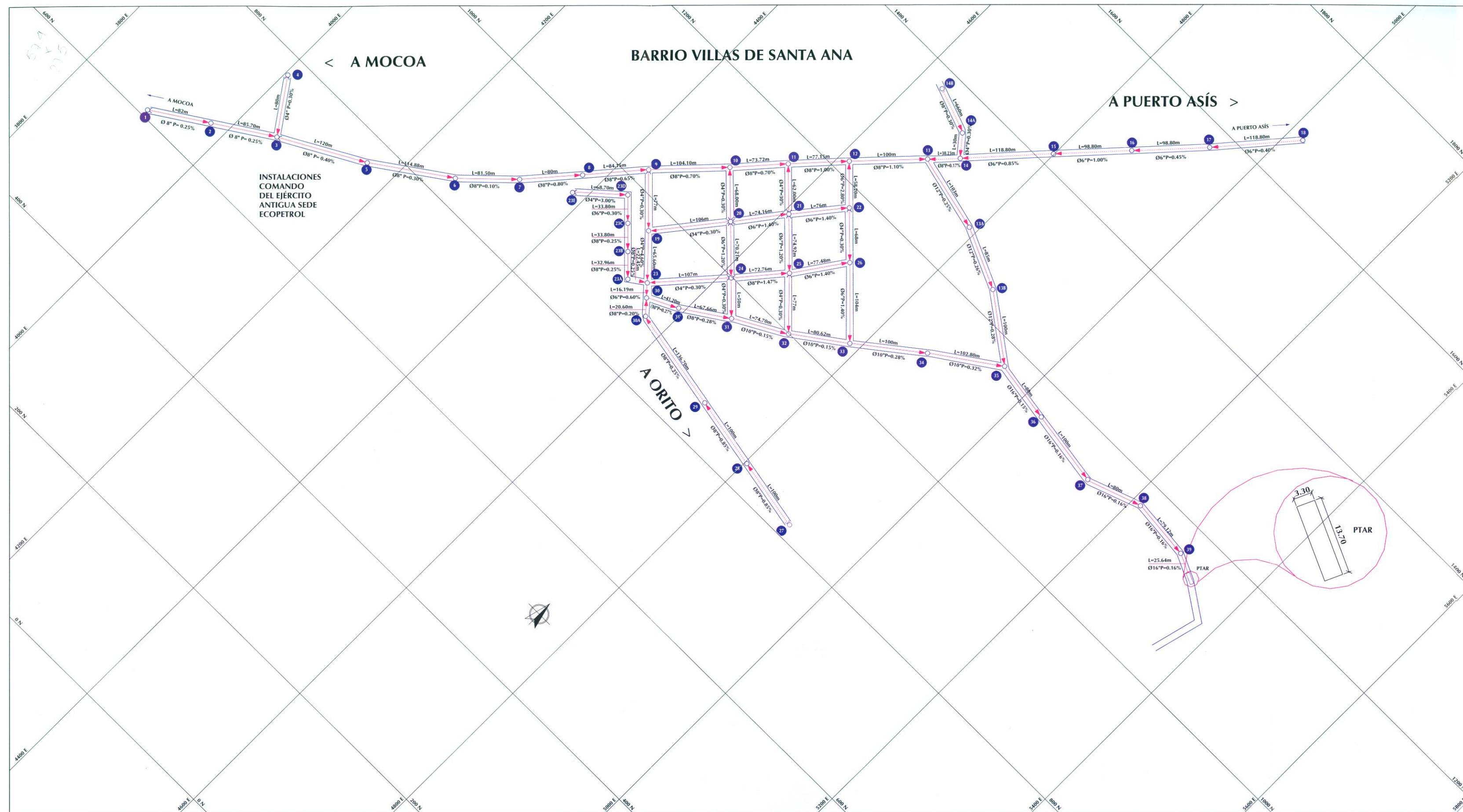
**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL**

GUÍA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO CONVENCIONAL - PERFILES

CONVENCIONES

	SISTEMA CONVENCIONAL	FIG. 3 3 d REV.
	SISTEMA SIMPLIFICADO	
	COTA TERRENO	

FIGURA:
3 de 8
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA RAS 005-2
ESCALA:
1:750



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUÍA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO SIMPLIFICADO

CONVENCIONES

○ 1	CÁMARA No.	FIGURA: 5 de 8
—▶	TRAMO 1ra. ETAPA	REVISIÓN: 0
- - -▶	TRAMO 2da. ETAPA	REFERENCIA: 12-IFCO2-05-0
○▶	TRAMO INICIAL	ESCALA: 1:2000

PLANTA GENERAL
ESCALA 1: 2000

**DISEÑO SISTEMA SEPARADO
SIMPLIFICADO**

GUÍA RAS-005 SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo a	Long (m)	Diám Pulg	De	Di	Diám Nom	Bd	F.C	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
1	2	82	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	64,70	65,17	64,05	63,85	0,65	1,33	1,22
2	3	85,7	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	65,17	65,02	63,82	63,60	1,36	1,42	1,62
3	5	120	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	65,02	63,80	63,57	63,09	1,45	0,71	1,31
5	6	114,88	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	63,80	63,43	63,06	62,72	0,74	0,71	0,96
6	7	81,5	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	63,43	63,10	62,69	62,36	0,74	0,74	0,98
7	8	80	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	63,10	62,86	62,33	61,69	0,77	1,17	1,20
8	9	84,15	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,86	63,42	61,66	61,11	1,20	2,31	1,99
9	10	104,1	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	63,42	62,65	61,08	60,35	2,34	2,30	2,55
10	11	73,72	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	62,65	61,29	60,32	59,81	2,33	1,48	2,14
11	12	77,15	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	61,29	59,72	59,78	59,01	1,51	0,71	1,35
12	13	100	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,72	58,86	58,98	57,88	0,74	0,98	1,10
13	13-A	103	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	58,86	59,00	57,95	57,69	0,91	1,31	1,46
13-A	13-B	85	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	59,00	59,02	57,66	57,44	1,34	1,58	1,81
13-B	35	100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	59,02	59,15	57,41	57,13	1,61	2,02	2,17
35	36	80	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,15	58,62	57,20	57,08	1,95	1,54	2,21
36	37	100	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,62	58,37	57,05	56,89	1,57	1,48	1,99
37	38	80	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,37	58,22	56,86	56,73	1,51	1,49	1,97
38	39	79,12	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	58,22	57,43	56,70	56,57	1,52	0,86	1,66
39	PTAR	25,64	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	57,43	57,43	56,54	56,50	0,89	0,93	1,37

De	a	H med exc	Diám pozo sup inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc tubería	V exc b caja
1	2	1,22	1.2	82		79,0	5,3	1,8	79,0	7,1	68,0	3,8	100,1
2	3	1,62	1.2	85,7		104,6	5,6	1,9	104,6	7,5	93,1	4,0	138,9
3	5	1,31	1.2	120		122,6	7,8	2,6	122,6	10,4	106,6	5,6	157,6
5	6	0,96	1.2	114,88		91,3	7,5	6,7	91,3	14,1	71,8	5,4	110,3
6	7	0,98	1.2	81,5		65,6	5,3	4,7	65,6	10,0	51,8	3,8	79,5
7	8	1,20	1.2	80		76,1	5,2	1,8	76,1	7,0	65,4	3,7	96,3
8	9	1,99	1.2	84,15		122,5	5,5	1,9	122,5	7,3	111,3	3,9	167,2
9	10	2,55	1.2	104,1		189,3	6,8	6,0	189,3	12,8	171,6	4,9	265,4
10	11	2,14	1.2	73,72		114,5	4,8	1,6	114,5	6,4	104,6	3,4	157,6
11	12	1,35	1.2	77,15		80,5	5,0		80,5	5,0	71,9	3,6	103,8
12	13	1,10	1.2	100		88,3	6,5		88,3	6,5	77,1	4,7	109,7
13	13-A	1,46	1.2	103		147,8	8,2		147,8	8,2	128,7	10,8	150,6
13-A	13-B	1,81	1.2	85		144,7	6,8		144,7	6,8	129,0	8,9	154,0
13-B	35	2,17	1.2	100		197,5	8,0	9,6	197,5	17,6	169,4	10,5	216,7
35	36	2,21	1.2	80		196,2	7,2	10,2	196,2	17,4	163,9	14,9	177,1
36	37	1,99	1.2	100		225,7	9,0	12,7	225,7	21,7	185,3	18,7	199,4
37	38	1,97	1.2	80		178,7	7,2	10,2	178,7	17,4	146,4	14,9	157,4
38	39	1,66	1.2	79,12		154,8	7,1	10,0	154,8	17,2	122,8	14,8	131,0
39	PTAR	1,37	1.2	25,64		43,8	2,3	3,3	43,8	5,6	33,4	4,8	35,2

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	2423,3
Volumen de material para cimentación de tubería	206,0
Volumen de recebo para cubrir tubería	2072,1
Volumen de sobrantes	351,2

GUÍA RAS-005 SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo a	Long (m)	Díam Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 1
19	23	65,6	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,5	62,12	60,47	61,52	58,50	0,60	1,97	1,40	
23	30	16,19	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	60,47	60,09	58,52	58,43	1,95	1,66	1,98	
30	31'	41,2	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,09	59,68	58,45	58,33	1,64	1,35	1,73	
31'	31	67,66	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	59,68	61,46	58,30	58,11	1,38	3,35	2,59	
31	32	74,7	10,0	0,30	0,25	250	0,70	2,2	61,46	61,39	58,13	58,02	3,33	3,37	3,64	
32	33	80,62	10,0	0,30	0,25	250	0,70	2,2	61,39	60,96	57,99	57,87	3,40	3,09	3,54	
33	34	100	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	60,96	59,20	57,84	57,56	3,12	1,64	2,67	
34	35	102,8	10,0	0,30	0,25	250	0,70	1,9	59,20	59,15	57,53	57,20	1,67	1,95	2,10	
27	28	100	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	61,39	60,55	60,51	59,71	0,88	0,84	1,04	
28	29	100	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	60,55	59,50	59,68	58,88	0,87	0,62	0,92	
29	30-A	136,7	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,50	60,23	58,90	58,63	0,60	1,60	1,34	
30-A	30	20,6	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	60,23	60,09	58,60	58,56	1,63	1,53	1,82	
23-E	23-D	68,7	4,0	0,12	0,10	150	0,52	1,5	61,77	59,50	60,94	58,88	0,83	0,62	0,84	
23-D	23-C	33,8	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	59,50	59,70	58,85	58,75	0,65	0,95	0,98	
23-C	23-B	33,8	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,70	59,89	58,77	58,68	0,93	1,21	1,30	
23-B	23-A	32,96	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,89	59,54	58,65	58,57	1,24	0,97	1,34	
23-A	23	22,45	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,5	59,54	60,47	58,54	58,48	1,00	1,99	1,73	

De	a	H med exc	Diám pozo sup inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	Vrell 1	Vrell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
19	23	1,40	1.2	65,6		52,7	3,9	1,1	52,7	5,0	46,9		0,8	91,9
23	30	1,98	1.2	16,19		20,6	1,0	0,3	20,6	1,2	19,0		0,4	32,1
30	31'	1,73	1.2	41,2		53,1	2,7	0,9	53,1	3,6	47,6		1,9	71,2
31'	31	2,59	1.2	67,66		125,0	4,4		125,0	4,4	117,4		3,2	175,5
31	32	3,64	1.2	74,7		211,6	5,2		211,6		206,2	5,2	5,5	271,8
32	33	3,54	1.2	80,62		222,5	5,6		222,5		216,6	5,6	5,9	285,0
33	34	2,67	1.2	100		212,4	7,0	7,0	212,4	14,0	191,1		7,3	267,1
34	35	2,10	1.2	102,8		177,0	7,2	7,2	177,0	14,4	155,1		7,5	215,9
27	28	1,04	1.2	100		72,3	6,0		72,3	6,0	63,7		2,6	103,5
28	29	0,92	1.2	100		65,6	6,0		65,6	6,0	57,0		2,6	92,0
29	30-A	1,34	1.2	136,7		141,7	8,9		141,7	8,9	126,4		6,4	182,5
30-A	30	1,82	1.2	20,6		27,7	1,3		27,7	1,3	25,4		1,0	37,4
23-E	23-D	0,84	1.2	68,7		35,1	4,1	1,2	35,1	5,3	29,0		0,8	57,9
23-D	23-C	0,98	1.2	33,8		23,3	2,0	0,6	23,3	2,6	19,8		0,9	33,0
23-C	23-B	1,30	1.2	33,8		34,3	2,2	0,7	34,3	2,9	29,8		1,6	44,1
23-B	23-A	1,34	1.2	32,96		34,2	2,1	0,7	34,2	2,9	29,8		1,5	44,1
23-A	23	1,73	1.2	22,45		28,9	1,5	0,5	28,9	2,0	25,9		1,0	38,7
											Total	10,9		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	1538,2
Volumen de material para cimentación de tubería	80,5
Volumen de recebo para cubrir tubería	1406,8
Volumen de sobrantes	131,4

GUÍA RAS-005
SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo a	Long (m)	Diám Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 1
18	17	118,8	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	61,94	61,34	61,00	60,52	0,94	0,82	1,05	1,05
17	16	98,8	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	61,34	60,94	60,49	60,05	0,85	0,89	1,04	1,04
16	15	98,8	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	60,94	59,63	60,02	59,03	0,92	0,60	0,93	0,93
15	14	118,8	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	59,63	58,61	59,00	57,99	0,63	0,62	0,80	0,80
14	13	38,23	8,0	0,24	0,20	200	0,64	1,9	58,61	58,86	58,01	57,95	0,60	0,91	0,99	0,99
20	21	74,16	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	63,34	62,48	62,74	61,70	0,60	0,78	0,86	0,86
21	22	76	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	62,48	62,06	61,67	60,61	0,81	1,45	1,31	1,31
22	12	58,2	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	62,06	59,72	60,58	59,12	1,48	0,60	1,22	1,22
21	25	74,92	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	62,48	61,75	61,88	60,83	0,60	0,92	0,93	0,93
25	26	77,48	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	61,75	60,99	60,80	59,72	0,95	1,27	1,29	1,29
26	33	104	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	60,99	60,96	59,69	58,23	1,30	2,73	2,19	2,19
20	24	70,21	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	63,28	62,62	62,68	61,70	0,60	0,92	0,94	0,94
24	31	50,31	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,5	62,62	61,46	61,67	60,86	0,95	0,60	0,95	0,95

De	a	H med exc	Díam pozo sup	Díam pozo inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
18	17	1,05	1,2	1,2	118,8		87,2	7,1	2,0	87,2	9,1	74,9		3,1	125,1
17	16	1,04	1,2	1,2	98,8		71,9	5,9	1,7	71,9	7,6	61,7		2,6	103,0
16	15	0,93	1,2	1,2	98,8		65,6	5,9	1,7	65,6	7,6	55,4		2,6	92,3
15	14	0,80	1,2	1,2	118,8		69,5	7,1		69,5	7,1	59,3		3,1	94,8
14	13	0,99	1,2	1,2	38,23		31,1	2,5	2,2	31,1	4,7	24,6		1,8	37,8
20	21	0,86	1,2	1,2	74,16		46,3	4,4		46,3	4,4	39,9		1,9	64,1
21	22	1,31	1,2	1,2	76		66,9	4,6		66,9	4,6	60,4		2,0	99,2
22	12	1,22	1,2	1,2	58,2		48,2	3,5		48,2	3,5	43,2		1,5	70,7
21	25	0,93	1,2	1,2	74,92		49,8	4,5		49,8	4,5	43,3		2,0	70,0
25	26	1,29	1,2	1,2	77,48		67,4	4,6		67,4	4,6	60,7		2,0	99,7
26	33	2,19	1,2	1,2	104		145,3	6,2		145,3	6,2	136,4		2,7	228,0
20	24	0,94	1,2	1,2	70,21		46,8	4,2	1,2	46,8	5,4	39,5		1,8	65,8
24	31	0,95	1,2	1,2	50,31		33,9	3,0	0,9	33,9	3,9	28,7		1,3	47,8

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	829,9
Volumen de material para cimentación de tubería	73,4
Volumen de recebo para cubrir tubería	727,9
Volumen de sobrantes	101,9

GUÍA RAS-005 SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO CUADRO CÁLCULO DE VOLUMENES

De	Pozo a	Long (m)	Díam Pulg	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
							0,40								
4	3	80	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,5	66,08	65,02	65,36	63,60	0,72	1,42	1,19
							0,40								
9	19	77	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,9	63,38	62,12	62,91	61,52	0,47	0,60	0,65
							0,40								
14B	14-A	60	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,9	58,79	58,28	58,25	58,07	0,54	0,21	0,55
14A	14	30	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,9	58,28	58,61	58,10	58,01	0,18	0,60	0,57
							0,40								
20	10	68	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,9	63,34	62,65	62,94	61,65	0,40	1,00	0,82
							0,40								
21	11	62	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,9	62,48	61,29	61,81	60,69	0,67	0,60	0,75
							0,40								
20	19	106	6,0	0,18	0,15	150	0,58	1,9	63,34	62,12	62,47	61,52	0,87	0,60	0,91
							0,40								
24	23	107	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,9	62,62	60,47	61,90	59,87	0,72	0,60	0,78
							0,40								
24	31	50	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,9	62,62	61,46	61,81	60,86	0,81	0,60	0,82
							0,40								
22	26	68	4,0	0,12	0,10	100	0,52	1,5	62,06	60,99	61,45	60,09	0,61	0,90	0,87

De	a	H med exc	Diám pozo sup	inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rel base	V rel atraque	V exc	V rel 1	V rel recub	V conc tubería	V exc b caja
4	3	1,19	1.2	1.2	80		55,3	5,2		55,3	5,2	49,1	3,7	123,5
9	19	0,65	1.2	1.2	77		31,8	5,0		31,8	5,0	25,9	3,6	200,6
14-B	14-A	0,55	1.2	1.2	60		26,4	3,9		26,4	3,9	21,0	2,8	58,7
14-A	14	0,57	1.2	1.2	30		13,5	2,0	1,7	13,5	3,7	9,0	1,4	31,9
20	10	0,82	1.2	1.2	68		33,8	4,4	3,9	33,8	8,4	24,7	3,2	195,6
21	11	0,75	1.2	1.2	62		28,8	4,0		28,8	4,0	24,1	2,9	156,3
20	19	0,91	1.2	1.2	106		68,8	6,9		68,8	6,9	59,2	5,0	261,8
24	23	0,78	1.2	1.2	107		51,0	7,0	6,2	51,0	13,2	36,5	5,0	347,8
24	31	0,82	1.2	1.2	50		25,0	3,3	1,1	25,0		24,4	2,3	211,7
22	26	0,87	1.2	1.2	68		35,8	4,4	1,5	35,8	5,9	29,1	3,2	126,9
												Total	4,4	

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	370,3
Volumen de material para cimentación de tubería	56,2
Volumen de recebo para cubrir tubería	303,0
Volumen de sobrantes	67,3

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
1	2	8	82,0	1	2
2	3	8	85,7	1	2
3	5	8	120,0	1	2
5	6	8	114,9	1	2
6	7	8	81,5	1	2
7	8	8	80,0	1	2
8	9	8	84,2	1	2
9	10	8	104,1	1	2
10	11	8	73,7	1	2
11	12	8	77,2	1	2
12	13	8	100,0	1	2
13	13-A	12	103,0	1	2
13-A	13-B	12	85,0	1	2
13-B	35	12	100,0	1	2
35	36	16	80,0	1	2
36	37	16	100,0	1	2
37	38	16	80,0	1	2
38	39	16	79,1	1	2
39	PTAR	16	25,6	1	2

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
1	2	8	82,0	1	2
19	23	4	65,6	1	2
23	30	6	16,2	1	2
30	31'	8	41,2	1	2
31'	31	8	67,7	1	2
31	32	10	74,7	1	2
32	33	10	80,6	1	2
33	34	10	100,0	1	2
34	35	10	102,8	1	2
27	28	6	100,0	1	2
28	29	6	100,0	1	2
29	30-A	8	136,7	1	2
30-A	30	8	20,6	1	2
23-E	23-D	4	68,7	1	2
23-D	23-C	6	33,8	1	2
23-C	23-B	8	33,8	1	2
23-B	23-A	8	33,0	1	2
23-A	23	8	22,5	1	2

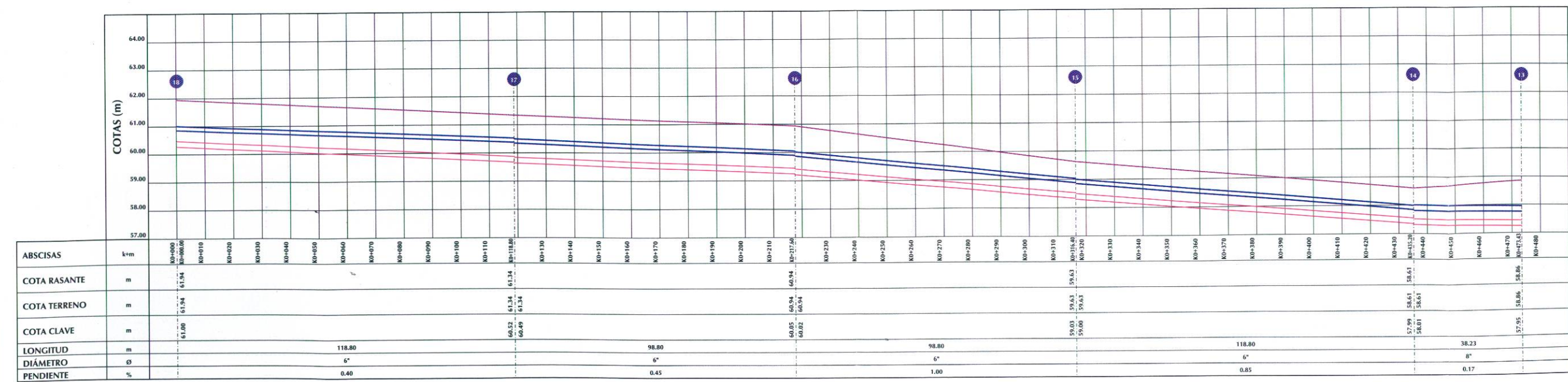
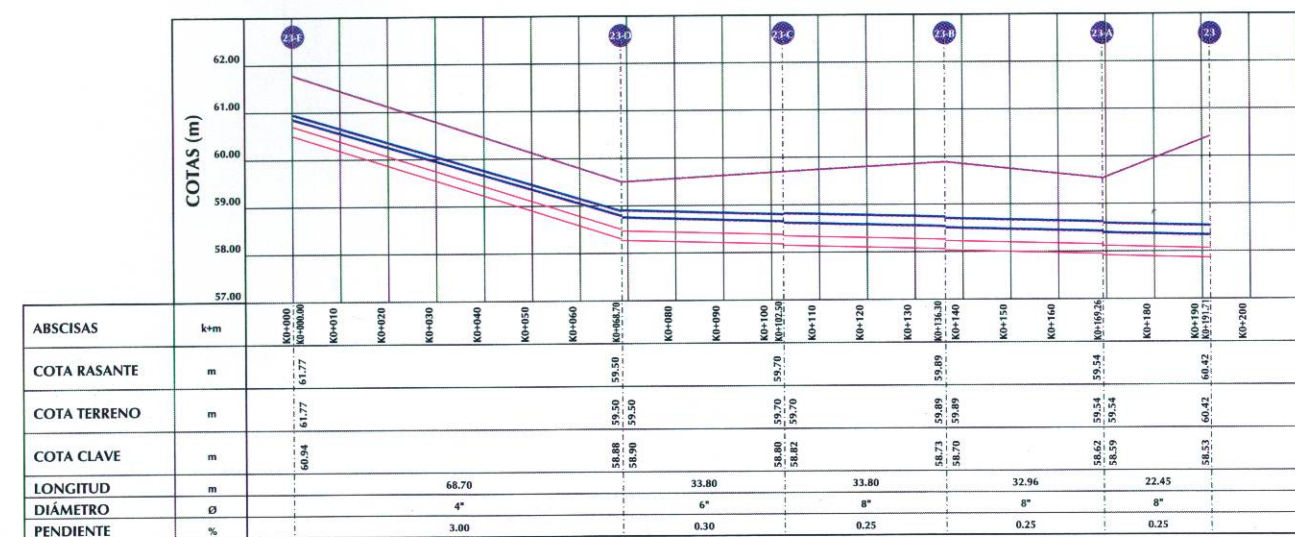
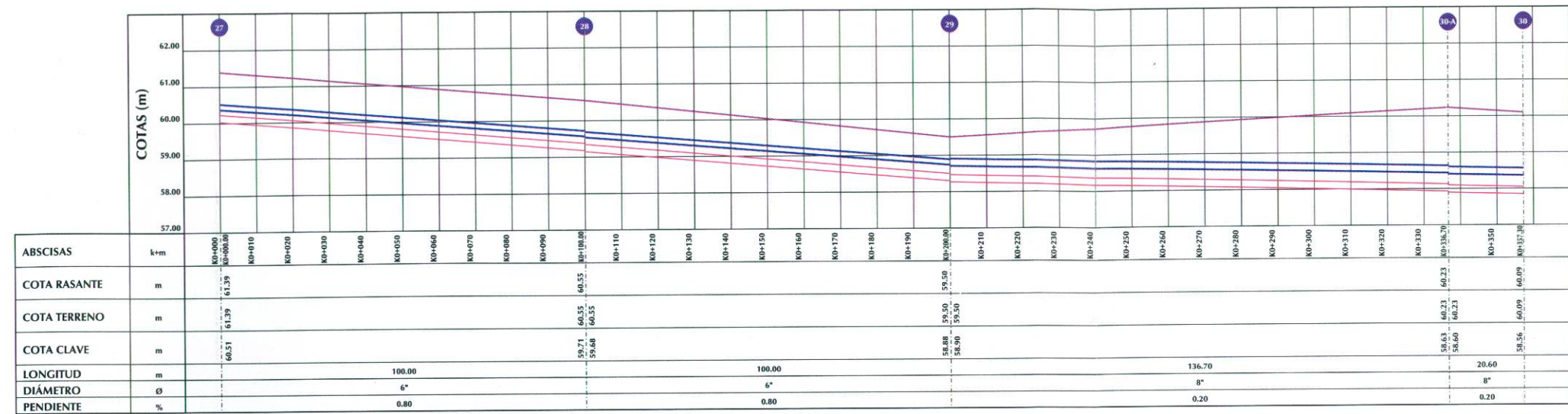
GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
18	17	6	118,8	1	2
17	16	6	98,8	1	2
16	15	6	98,8	1	2
15	14	6	118,8	1	2
14	13	8	38,2	1	2
20	21	6	74,2	1	2
21	22	6	76,0	1	2
22	12	6	58,2	1	2
21	25	6	74,9	1	2
25	26	6	77,5	1	2
26	33	6	104,0	1	2
20	24	6	70,2	1	2
24	31	6	50,3	1	2

GUÍA RAS-005**SISTEMA SANITARIO SIMPLIFICADO****CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	A	Diám "	Long real m	Clase	Material
4	3	4	80,0	1	2
9	19	4	77,0	1	2
14-B	14-A	6	60,0	1	2
14-A	14	6	30,0	1	2
20	10	4	68,0	1	2
21	11	4	62,0	1	2
20	19	6	106,0	1	2
24	23	4	107,0	1	2
24	31	4	50,0	1	2
22	26	4	68,0	1	2

**Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación**



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUÍA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO SIMPLIFICADO - PERFILES

CONVENCIONES

— SISTEMA CONVENCIONAL
— SISTEMA SIMPLIFICADO
— COTA TERRENO

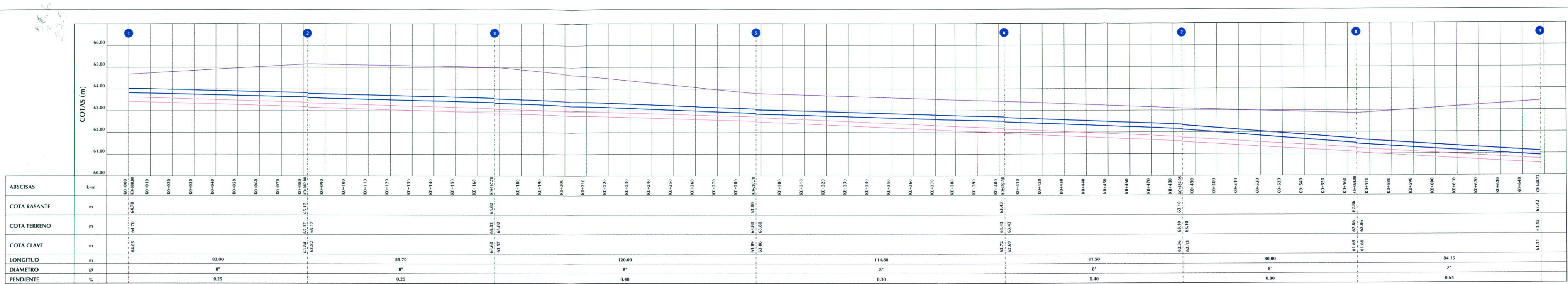
FIGURA:
6 de 8
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA RAS 005-2
ESCALA:
1: 750

ABSCISAS	k+m	K0+000 K0+010 K0+020 K0+030 K0+040 K0+050 K0+060 K0+070 K0+080 K0+090 K0+100 K0+110 K0+120 K0+130 K0+140 K0+150 K0+160 K0+170 K0+180 K0+188.00	K0+200 K0+210 K0+220 K0+230 K0+240 K0+250 K0+260 K0+270 K0+280 K0+288.00
COTA RASANTE	m	58.86	59.02
COTA TERRENO	m	58.86	59.02
COTA CLAVE	m	57.55	57.44
LONGITUD	m	103.00	85.00
DIÁMETRO	Ø	12"	12"
PENDIENTE	%	0.25	0.26

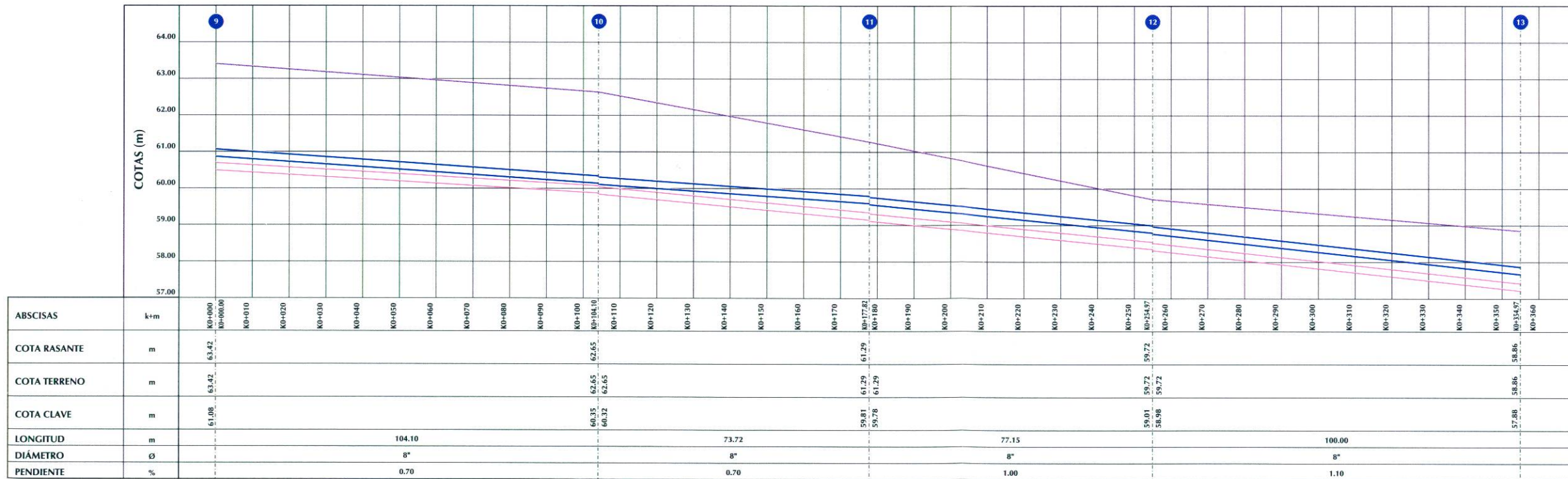
COTAS (m)									
km	m	m	m	m	°	%			
MD-000 Km=000.00	57.20	59.15							
MD-010									
MD-020									
MD-030									
MD-040									
MD-050							80.00		
MD-060							16°		
MD-070							0.15		
MD-080 Km=080.00	57.08	58.62	58.62						
MD-090	57.05	58.62							
MD-100									
MD-110									
MD-120									
MD-130							100.00		
MD-140							16°		
MD-150							0.16		
MD-160									
MD-170									
MD-180 Km=180.00	56.89	58.37	58.37						
MD-190	56.86	58.37							
MD-200									
MD-210									
MD-220							80.00		
MD-230							16°		
MD-240							0.16		
MD-250									
MD-260 Km=260.00	56.73	58.22	58.22						
MD-270	56.70	58.22							
MD-280									
MD-290									
MD-300							79.12		
MD-310							16°		
MD-320							0.16		
MD-330									
MD-340 Km=340.00	56.57	57.43	57.43						
MD-350	56.54	57.43							
MD-360							25.64		
MD-370 Km=370.00	56.50	57.43	57.43				16°		
MD-380							0.16		

ABSCISAS	k+0	k+100	k+200	k+300	k+400	k+500	k+600	k+700	k+800	k+900	k+1000	k+1100	k+1200	k+1300	k+1400	k+1500	k+1600	k+1700	k+1800	k+1900	k+2000	k+2100	k+2200	k+2300	k+2400	k+2500	k+2600	k+2700	k+2800	k+2900	k+3000	k+3100	k+3200	k+3300	k+3400	k+3500	k+3600	k+3700	k+3800	k+3900	k+4000	k+4100	k+4200	k+4300	k+4400	k+4500	k+4600	k+4700	k+4800	k+4900	k+5000	k+5100	k+5200	k+5300	k+5400	k+5500																																																																																																																																																																																																																																														
COTA RASANTE		61.52	62.12	62.72	63.32	63.92	64.52	65.12	65.72	66.32	66.92	67.52	68.12	68.72	69.32	69.92	70.52	71.12	71.72	72.32	72.92	73.52	74.12	74.72	75.32	75.92	76.52	77.12	77.72	78.32	78.92	79.52	80.12	80.72	81.32	81.92	82.52	83.12	83.72	84.32	84.92	85.52	86.12	86.72	87.32	87.92	88.52	89.12	89.72	90.32	90.92	91.52	92.12	92.72	93.32	93.92	94.52	95.12	95.72	96.32	96.92	97.52	98.12	98.72	99.32	99.92	100.52	101.12	101.72	102.32	102.92	103.52	104.12	104.72	105.32	105.92	106.52	107.12	107.72	108.32	108.92	109.52	110.12	110.72	111.32	111.92	112.52	113.12	113.72	114.32	114.92	115.52	116.12	116.72	117.32	117.92	118.52	119.12	119.72	120.32	120.92	121.52	122.12	122.72	123.32	123.92	124.52	125.12	125.72	126.32	126.92	127.52	128.12	128.72	129.32	129.92	130.52	131.12	131.72	132.32	132.92	133.52	134.12	134.72	135.32	135.92	136.52	137.12	137.72	138.32	138.92	139.52	140.12	140.72	141.32	141.92	142.52	143.12	143.72	144.32	144.92	145.52	146.12	146.72	147.32	147.92	148.52	149.12	149.72	150.32	150.92	151.52	152.12	152.72	153.32	153.92	154.52	155.12	155.72	156.32	156.92	157.52	158.12	158.72	159.32	159.92	160.52	161.12	161.72	162.32	162.92	163.52	164.12	164.72	165.32	165.92	166.52	167.12	167.72	168.32	168.92	169.52	170.12	170.72	171.32	171.92	172.52	173.12	173.72	174.32	174.92	175.52	176.12	176.72	177.32	177.92	178.52	179.12	179.72	180.32	180.92	181.52	182.12	182.72	183.32	183.92	184.52	185.12	185.72	186.32	186.92	187.52	188.12	188.72	189.32	189.92	190.52	191.12	191.72	192.32	192.92	193.52	194.12	194.72	195.32	195.92	196.52	197.12	197.72	198.32	198.92	199.52	200.12	200.72	201.32	201.92	202.52	203.12	203.72	204.32	204.92	205.52	206.12	206.72	207.32	207.92	208.52	209.12	209.72	210.32	210.92	211.52	212.12	212.72	213.32	213.92	214.52	215.12	215.72	216.32	216.92	217.52	218.12	218.72	219.32	219.92	220.52	221.12	221.72	222.32	222.92	223.52	224.12	224.72	225.32	225.92	226.52	227.12	227.72	228.32	228.92	229.52	230.12	230.72	231.32	231.92	232.52	233.12	233.72	234.32	234.92	235.52	236.12	

L **FIGURA:**
7 de 8
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA RAS 005-2
ESCALA:
1: 750



TRAMO1



TRAMO2

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUIA RAS - 005
ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SEPARADO SIMPLIFICADO - PERFILES

CONVENCIONES

— SISTEMA CONVENCIONAL
— SISTEMA SIMPLIFICADO
— COTA TERRENO

FIGURA:
8 de 8
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA RAS 005-2
ESCALA:
1: 750