

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” LAS VILLAS

FACULTAD DE CONSTRUCCIONES

CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA



TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO:

**DISEÑAR LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
REPARTO CAPIRO.**

TUTOR: ING. ALBRTO DIAZ BARATA.

DIPLOMANTE: YUNAI SY RODRÍGUEZ CORREA.

—SANTA CLARA 2015—



“Todos y cada uno de nosotros paga puntualmente su cuota de sacrificio conscientes de recibir el premio en la satisfacción del deber cumplido, conscientes de avanzar con todos hacia el Hombre Nuevo que se vislumbra en el horizonte.”

Ernesto Che Guevara.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que han contribuido en el desarrollo de mi vida, a mis padres, creo que sin ellos jamás habría logrado emprender el camino y lograr ser la persona que soy; a mis amigos, mi novio, por el apoyo incondicional en todo momento; a mis tutores, desprendimiento de conocimientos y guía de mis ideas; a aquellos profesores que a lo largo de mi carrera han contribuido en mi desarrollo profesional; en fin, a todos aquellos que de una forma u otra siempre estarán presentes en cada uno de mis resultados.

AGRADECIMIENTOS

*Son tantas las personas a quienes debo agradecerles que no bastaría esta simple cuartilla para mencionarlas, a todos los que de una forma u otra ayudaron a la elaboración de este trabajo, que aunque no se mencionan de manera detallada no dejan de ser importantes. A todos:
Muchas Gracias.*

RESUMEN

Resumen:

Las redes de alcantarillado sanitario son una parte esencial en el sistema de manejo integral del agua, el mal diseño o funcionamiento de estas redes puede poner en riesgo las condiciones sanitarias de una zona urbana. El alcantarillado del Reparto Capiro del municipio de Santa Clara presenta serios problemas de mantenimiento y vertimiento de residuales directamente a las corrientes superficiales sin recibir tratamiento previo de ningún tipo. La persistencia de estos problemas demanda la necesidad de realizar un estudio del comportamiento hidráulico del sistema para su rehabilitación. En este trabajo se diseña la red de alcantarillado mediante el uso del software SewerUp, se han incluido en la modelación, tramos que en la actualidad no se han construido o se encuentran fuera de servicio y se ha tomado la condición de máxima población futura. Con esto se pretende demostrar el correcto funcionamiento del sistema para situaciones extremas de descarga y que los costos sean mínimos.

Índice:

RESUMEN:	5
INTRODUCCIÓN:	7
CAPÍTULO #1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.	15
1.1 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.	15
1.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO.	16
1.2.1 Importancia del alcantarillado.	16
1.3 - TIPOS DE CONDUCTOS:	17
1.4 TUBERÍAS:	19
1.5 REGISTRO O POZO DE VISTA:	20
1.5.1 Ubicación de los registros de alcantarillado.	22
1.6 SIFONES INVERTIDOS:	22
1.7 LA FORMA DE DISPOSICIÓN O TRAZADO DEL SISTEMA DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LOS SIGUIENTES FACTORES:	23
1.7.1 Descarga final de las aguas:	24
1.8 TIPOS DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO.	24
1.8.1 Sistema de alcantarillado no convencional:	24
1.8.2 Alcantarillado simplificado:	25
1.8.3 Alcantarillado condominial:	25
1.8.4 Alcantarillado de pequeño diámetro:	26
1.8.5 Sistema de alcantarillado convencional.	29
1.9 VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL CÁLCULO DE LA RED DE ALCANTARILLADO.	31
1.9.1 Dotación:	31
1.9.2 Curva de descarga máxima.	33
1.9.3 Estimación de la población futura.	34
Método Geométrico:	35
1.9.4 Método de la tensión tractoriz.	38
1.9.5 Modelos matemáticos para la simulación de la red.	41
CAPÍTULO #2. APLICACIÓN DEL SOFTWARE SEWERUP PARA EL DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.	44
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.	44
2.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA.	45
2.4 MODELACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO MEDIANTE EL SOFTWARE.	47
2.4.1 OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.	47
2.5 CÁLCULO DE LA CURVA DE DESCARGA MÁXIMA.	50
2.5.1 Ecuaciones utilizadas para la confección de la curva de descarga máxima.	51
2.6 DISEÑO DE TUBERÍAS.	52
2.7 DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO:	54
2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO.	55
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE SOLUCIONES.	58
3.1 PARÁMETROS HIDRÁULICOS:	58
3.2 COMPOSICIÓN DE LA OBRA.	64
3.3 PARA LA COLOCACIÓN DE LOS COLECTORES DEBERÁN REALIZARSE LOS SIGUIENTES TRABAJOS:	67
3.4 PRESUPUESTO.	68
3.5 PROPUESTAS PARA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.	70
CONCLUSIONES:	72
RECOMENDACIONES:	73
BIBLIOGRAFÍA CITADA:	74

Introducción:

Introducción:

El agua limpia consumida por el hombre en su actividad doméstica, industrial o agrícola es utilizada, aparte de para consumo directo, como medio de limpieza, como elemento del proceso de producción o como vínculo de eliminación de desechos, sean estos materiales o en forma de energía calorífica. Esto hace que tales aguas, una vez usadas, se conviertan en aguas residuales, arrastrando un determinado grado de contaminación, lo cual les produce una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. (Fuente Autor)

Las construcciones de sistemas de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial tienen un carácter ancestral. Entre las ruinas de antiguas civilizaciones han sido hallados conductos de mampostería y de barro contruidos con el propósito de evacuar y disponer aguas negras y pluviales.

Como ejemplo de esto pueden ser citados los alcantarillados de mampostería contruidos por los asirios en los siglos IX y VIII antes de Cristo y la Cloaca Máxima de la antigua Roma, contruida en el siglo VII antes de nuestra era.

En muchas otras ciudades de la antigüedad aún existen huellas de sistemas sanitarios planeados de forma inteligente, lo que evidencia la importancia que le daban nuestros antepasados a este asunto que estaba relacionado inexorablemente a la salud humana.

El arte de la construcción de estos sistemas alcanzó su máximo esplendor en el período histórico del Imperio Romano. De hecho, los Romanos fueron los mejores ingenieros de la antigüedad y especialmente sobresalientes en la ingeniería sanitaria. Con la caída del Imperio Romano, la ingeniería sanitaria sucumbió e involucionó al igual que otras ramas del saber, y por un milenio a través de toda la edad media fue enteramente despreciada u olvidada. El suministro de aguas no tratadas a las poblaciones, así como la acumulación de desechos sólidos y líquidos en las ciudades carentes de sistemas de evacuación, provocó funestas consecuencias en los habitantes de las ciudades del medioevo, como ejemplo pueden ser citadas las epidemias de la peste las cuales desolaron Europa durante varios siglos.

Las alcantarillas sanitarias más antiguas que se han tenido conocimiento datan de las ciudades prehistóricas de Creta y Asiría.

Roma también las tuvo pero fueron en un principio drenajes pluviales, o sea, para desaguar el agua de la lluvia, aunque esta arrastraba mucha materia orgánica y residuos de toda clase que eran depositados en las calles, con el tiempo los primitivos desagües pluviales se convirtieron en cloacas combinadas, transportando todo tipo de residual imponiéndose los sistemas de alcantarillado en las grandes ciudades. Esto provocó la contaminación de las corrientes de agua a donde eran vertidos los residuales, por lo que pronto se consideró necesario el tratamiento de las aguas residuales antes de evacuarlas.

Creta: primeros tubos de barro—2000 años a.n.e

Roma: cloaca máxima (drenaje) –6 siglos a.n.e

Hamburgo: primer sistema de alcantarillado completo –1843

Paris: comenzó su sistema de alcantarillado en 1833

Londres: lo empezó en 1859

Boston: (E. U) primeros conductos sanitarios construidos en América siguiendo un trazado –1876

Con el renacimiento de las ciencias en los siglos XIV y XV, la ingeniería sanitaria resurgió nuevamente, pero poco se avanzó en los próximos 300 años sin lograrse establecer las bases científicas de esta rama.

La ingeniería sanitaria moderna no se desarrolló hasta 1850 y especialmente lo concerniente a la ingeniería del drenaje y el alcantarillado. (Lima, 2005).

Cuba:

El Sistema principal de alcantarillado de Ciudad de la Habana se construyó en 1915, y recolecta las aguas residuales domésticas de alrededor de 900 000 habitantes de la capital, dispone básicamente de 1570 km de colectores y redes, 23 estaciones de bombeo, dos plantas de tratamiento y 15 lagunas de estabilización, y está estructurado en cinco sistemas.

Cubre el 55% de la población, se concentra básicamente su sistema central en los cinco municipios y fue construido a principios del siglo XX, para una población de diseño de 600 000 habitantes.

La población que no cuenta con servicio de alcantarillado, dispone sus residuales mediante ramales inadecuados, que vierten directamente a ríos, arroyos y drenes, lo que propicia la contaminación ambiental. También como medio de disposición son empleadas las fosas sépticas.

Si se toma en consideración la población de diseño, el aporte per cápita sanitario es de 852 habitantes/día, para el caudal máximo y el caudal de infiltración para el área que cubría el sistema en aquel entonces era de 2428 habaneros, se obtiene como resultado que el caudal de diseño en el punto final del sistema es de 6,18m³/s. (www.skyscrapercity.com)

Reparto Capiro:

Una gran parte del agua que se suministra a una población, se convierte posteriormente en desecho cloacal, por lo que puede hacerse muy contaminada y siempre será ofensiva al bienestar humano, a menudo muy peligrosa y algunas veces mortal. Por esta razón es necesario alejar estas aguas de los conglomerados humanos, a través de un sistema seguro y disponerlas en un lugar que no ofrezca peligro para la salud y el bienestar humano.

Para resolver muchos de estos problemas la Facultad de Construcciones de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, con la colaboración de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, crea un Proyecto para la solución del alcantarillado del Reparto Capiro, el mismo tiene como objetivo la evacuación de los residuales generados por los habitantes ubicados en el sitio de estudio.

En este lugar existen zonas que tienen áreas de drenaje pluvial que no funcionan, porque se han destruido y rellenado de tierra y escombros, existen casos que se han realizado construcciones en la parte superior, obstruyendo la capacidad de evacuación de las aguas, esto también sucede con construcciones en las que se rellena el cauce de la cañada, produciendo un desbordamiento y penetración del agua hacia el interior de las instalaciones, además de todo lo expuesto anteriormente se ha comprobado que existen viviendas que al no tener alcantarillado se conectan a las cañadas para drenar las aguas negras, hay registros tupidos en general y las conexiones realizadas no son las adecuadas para evacuar las aguas negras provenientes de las viviendas.

El alcantarillado de la zona en general se encuentra en mal estado. Esta obra se diseñará para resolver las situaciones de inundación y la evacuación de aguas negras que se generan dentro de la zona, así como en algunos lugares aledaños. Se tratarán las cañadas que inundan hoy a las viviendas, que se encuentran ubicadas muy cerca de las mismas, así como se les dará solución a las aguas pluviales que penetran a las áreas afectadas, es necesario señalar que a estas cañadas se les han colocado tubos cuyos diámetros no son los adecuados para evacuar el gasto que circula, se utilizan como vertederos, etc. Se procederá a la evacuación y encauzamiento de las aguas negras, correspondientes al alcantarillado y se conectarán a los registros, los que verterán hacia un colector principal, por todo lo antes expuesto se procederá a la realización del drenaje para encauzar el volumen de agua o parte del mismo que circula hoy y el traslado y tratamiento de las aguas negras.

Debemos aclarar que solo se incorporarán a los sistemas de drenaje pluvial urbano las aguas generadas por las precipitaciones y las aportadas por las labores de higienización de las vías de la ciudad.

En forma recíproca, ningún agua de origen pluvial será conducida a las redes fecales, estas se llevarán hacia los colectores de alcantarillado, se diseñarán los dos sistemas por separado.

El inversionista decidirá para el caso de la red de alcantarillado quién descubrirá las tapas de los registros que hoy se encuentran asfaltadas y no se verán por la comisión de topografía a la hora de realizar el estudio.

Fundamentos Metodológicos.

Situación problemática.

En la actualidad en este reparto existen algunas zonas que tienen red de acueducto, drenaje pluvial y alcantarillado construidos, pero éstos no funcionan de forma óptima por diferentes causas, están obstruidos, deteriorados por la indisciplina social y por la falta de mantenimiento, en otros casos se han construido viviendas sobre los cauces existentes, disminuyendo su capacidad de evacuación, lo cual produce desbordamiento y penetración del agua hacia el interior de las viviendas en los puntos bajos. La red de abasto existente es insuficiente y su estado técnico es deficiente. En algunos lugares se presentan grandes obstrucciones en registros de alcantarillado lo

cual provoca que éstos se desborden ocasionando inundaciones de aguas albañales dentro de algunas viviendas y zonas del reparto.

Problema de investigación.

A partir de la experiencia adquirida en el estudio de los diferentes sistemas de alcantarillado y análisis de las situaciones que se pueden presentar. ¿Cómo responder, caracterizar y dar solución a posibles daños o afectaciones que están presente en la obra objeto de estudio?

Interrogante:

¿Cómo mejorar la calidad de vida de los habitantes a partir de los resultados obtenidos mediante la utilización del software SewerUP para devolver la calidad de vida a los habitantes de la zona?

Hipótesis de Investigación.

Hipótesis:

Es posible evacuar las aguas residuales usadas por la población en el Reparto Capiro del municipio Santa Clara desde el punto donde se producen y de ahí la necesidad de disponer de una red de alcantarillado sanitario que funcione por gravedad, la cual puede ser diseñada empleando el programa Sewer-Up para garantizar un ahorro de tiempo durante la realización del proyecto.

Campo de acción.

El diagnóstico estratégico de los sistemas de alcantarillado y la planificación y gestión de la problemática a nivel municipal.

Objetivo general.

Proyectar el sistema de alcantarillado sanitario para garantizar la evacuación de las aguas residuales en el reparto Capiro perteneciente al municipio de Santa Clara, empleando el software profesional Sewer-Up.

Objetivos específicos.

1. Definir las características del sistema de alcantarillado sanitario para garantizar la evacuación rápida y segura de las aguas albañales generadas en la zona en que se ejecutará la inversión.

2. Determinar los caudales de diseño a partir de la curva de descarga máxima característica y establecer los demás parámetros de diseño en función de las normas cubanas necesarias.
3. Diseñar la red de alcantarillado sanitario empleando el software profesional Sewer-Up.
4. Calcular el costo de la obra para valorar la inversión concerniente a la construcción y montaje del sistema de alcantarillado proyectado.
5. Obtener un índice técnico económico que permita valorar de forma rápida el costo de inversiones en condiciones de emplazamiento similares.

Aportes del Trabajo

Teórico: Proporciona elementos sobre la evolución histórica de los sistemas de alcantarillado en el lugar en el lugar en estudio, así como los principales problemas y déficit existentes en los mismos.

Metodológicos: La realización de un Diagnóstico Local del Reparto Capiro empleando el software sewerUp y las lecciones aprendidas de su uso práctico en un contexto real determinado.

Práctico: Contribuir con las autoridades e instituciones del territorio, identificándose los déficits, inequidades, limitaciones, potencialidades y alternativas estratégicas locales.

Estructura de trabajo:

Introducción: donde se plantea el problema de estudio, hipótesis, objetivos y procedimiento metodológico de la investigación.

Capítulo I: Marco teórico conceptual del tema de estudio. Antecedentes y situación actual.

Capítulo II: Aplicación del software sewerUp para la realización de los cálculos hidráulicos y diseño de la red de alcantarillado.

Capítulo III: Propuesta de la comparación de los resultados obtenidos que esperamos que sea más económica y factible.

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

Esquema de trabajo:

Breve Reseña Bibliográfica.

La bibliografía empleada será referida al final del trabajo de diploma. Está conformada por libros, revistas, artículos, resultados investigativos, internet, ponencias, informes, conferencias, talleres, estudios de repertorios, normas, entre otras referencias, siendo todas lo más actualizada posible.

Tabla. Tareas científicas.

Nº	Tareas Científicas	Fecha de cumplimiento
1	Elaboración del Diseño Teórico- Metodológico del Trabajo de Diploma	9 / 3 / 2015
2	Revisión bibliográfica y definición del estado del arte (Capítulo 1) Determinar el estado actual del alcantarillado del Reparto Capiro.	30 / 3 / 2015
3	Confección del Capítulo 2: Rediseñar el sistema de alcantarillado del Reparto Capiro partiendo del análisis de los datos ofrecidos con la ayuda del sewerUp.	26 / 4 / 2015
4	Confección del Capítulo 3: Discusión y Análisis de los resultados obtenidos en el transcurso del desempeño del trabajo.	24 / 5 / 2015

5	Redacción de las Conclusiones y Recomendaciones	28 / 5 / 2015
6	Confección final del Trabajo de Diploma y revisión por el Tutor así como otros consultantes.	5 / 5 / 2015
7	Entrega del Trabajo de Diploma al Jefe del Departamento de Ingeniería Civil	9 / 6 / 2015
10	Preparación para la defensa	16 / 6 / 2015
11	Exposición y Defensa del Trabajo de Diploma	22 / 6 / 2015

CAPÍTULO I

Capítulo #1. Caracterización del estado del arte sobre los sistemas de alcantarillado.

El uso que el ser humano hace del agua constituye un ciclo de captación, tratamiento, abastecimiento, uso, depuración y vertido. La evacuación de esta agua es un problema de importancia creciente, conforme el mundo se hace cada vez más urbano. Con la urbanización en los terrenos implica un aumento de las aguas, de una parte se produce una aglomeración de individuos que hace aumentar el residual humano. En general las aguas residuales (sean blancas o negras) deben ser evacuadas desde el punto de vista donde se producen y de ahí la necesidad de una red de alcantarillado que la mayor parte de las veces va a funcionar por gravedad.

1.1 Composición de las aguas residuales.

Las aguas residuales están constituidas por las aguas de desechos domésticos, industriales, de comercios, servicios y por las aguas subterráneas, así como por aquellas superficiales que se introducen por las tapas de los registros de inspección, son líquidos diluidos, de forma tal, que el 99.9 % es agua y el 0.01 % es el producto de heces fecales, orina, restos de comida, jabón, grasas, fibras, y otros, procedente de viviendas, industrias, comercios, centros de recreación, por mencionar algunas fuentes.

Generalmente las aguas de desechos reciben el nombre de aguas residuales y pueden clasificarse en cuatro clases según su procedencia de la siguiente forma

a) Albañal o residual doméstico: Proviene de viviendas, edificios públicos y otras instalaciones generalmente, descargas de los inodoros, lavabos, bañaderas, fregaderos y lavaderos. Las mismas siempre tienen un contenido elevado de microorganismos patógenos que las convierten en un elemento nocivo.

b) Aguas residuales industriales: Son las aguas desechadas en la elaboración de los productos industriales y que pueden tener muy variada composición, siempre será necesario su caracterización caso por caso.

c) Aguas residuales de comercios y servicios: Proviene de locales comerciales y otras instalaciones públicas, así como hospitales y cafeterías.

d) Residuales de infiltración: Proviene de salideros en las redes de acueducto, pueden penetrar hacia el alcantarillado a través de las juntas de las tuberías, su origen también puede ser el manto freático, cuando el nivel del mismo se encuentra por encima de los conductos.

e) Aguas pluviales: Esta agua producto de las lluvias generalmente son grandes volúmenes a evacuar. Debido al escurrimiento por calles, techos, patios y jardines, estas aguas contienen arena, polvo, grava y otras sustancias granulosas, pesadas e inertes, además de sustancias ligeras biodegradables: nieve, granizo y niebla.

Los diferentes tipos de aguas residuales reciben en conjunto la denominación de “aguas residuales municipales” y están presentes en los sistemas de alcantarillado de las ciudades. (Fair, Geyer, Okun, 2001)

1.2 Sistema de alcantarillado.

Una gran parte del agua usada por la población se convierte en aguas residuales, por lo que es necesario la existencia de un sistema de alcantarillado sanitario capaz de evacuar y conducir las aguas residuales que se producen, a su destino final.

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en una serie de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas, debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas.

Este sistema sanitario está integrado por entronques, colectores, interceptores, emisores, tuberías, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso o la recarga de acuíferos, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

1.2.1 Importancia del alcantarillado.

Los medios inusuales para la recogida y evacuación de las aguas residuales, son sustituidos por otros más eficaces cuando los centros comunitarios crecen producto del desarrollo económico. Estos nuevos medios deben ser capaces de captar, conducir, tratar y descargar las aguas en un punto que no ofrezca peligro para la población y no degraden el medio ambiente. El sistema de conducción a través de

tuberías, generalmente cerradas, es denominado **alcantarillas**, que al unirse al sistema de tratamiento y descarga final, de le denomina **alcantarillado**.

El alcantarillado tiene gran importancia, tanto desde el punto de vista sanitario como económico. En el aspecto sanitario se logra lo siguiente:

- a) Alejar de forma rápida y eficiente los residuos humanos y las aguas de lluvias de las zonas habitadas.
- b) Disponer de forma adecuada, en un punto determinado, de las aguas tratadas previamente.
- c) Eliminar los malos olores y contribuir a la estética de la población.
- d) Evitar las inundaciones a causa de las lluvias.
- e) Facilitar la desecación del terreno de las aguas infiltradas.

En cuanto el aspecto económico y social las ventajas son:

- a) Aumentar la calidad de vida de los seres humanos y por tanto el crecimiento de la población.
- b) Posibilitar el desarrollo económico y social, al crearse nuevas industrias o desarrollarse las existentes.
- c) Conservar la propiedad social contra la acción de las inundaciones, y facilitar el tránsito.
- d) Evitar contaminación de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos.

(Sánchez, 2009)

A continuación exponemos algunos conceptos utilizados en los sistemas sanitarios.

1.3 - Tipos de conductos:

Los conductos que forman los sistemas de evacuación van variando sus dimensiones de menor a mayor en la medida en que nos alejamos del inicio.

Estos conductos son típicos y para un sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes:

- a) Entronques
- b) Laterales
- c) Conductos secundarios
- d) Conductos principales o maestras
- e) Interceptores o colectores

f) Conductos de reboso o aliviadores

g) Emisarios

a) Entronques

Es el conducto que recoge el albañal desde el sistema de plomería de un edificio o inmueble y lo conduce hasta el conducto correspondiente en la calle, la red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 150 mm, siendo éste el mínimo recomendable, sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales. La conexión entre albañal y el entronque debe ser hermética y la tubería de interconexión debe tener una pendiente mínima del 1%, en caso de que el diámetro del albañal sea de 100 mm, se debe considerar una pendiente de 2 %.

b) Laterales

Se denomina así al conducto de la calle que recibe los aportes del residual de varios entronques domiciliarios. El diámetro mínimo en ellos será de 200 mm con una pendiente mínima tal que garantice las velocidades autolimpiantes.

c) Conductos secundarios

Son aquellos que reciben los aportes de dos o más laterales. Su diámetro mínimo es también de 200 mm manteniendo las velocidades autolimpiantes.

d) Conductos principales o maestras.

Van a recibir el aporte de dos o más conductos secundarios. También el diámetro mínimo es de 200 mm y la pendiente mínima debe garantizar las velocidades autolimpiantes.

e) Interceptoras o colectores

Son las que reciben aportes de varias maestras o principales.

Por lo general son conductos de gran tamaño, colocadas paralelos a cursos naturales de agua o de drenaje y desagüe.

f) Conductos de reboso o aliviadores

Se denominan así a los conductos que conducen los aportes en exceso a las capacidades del sistema en general o en un caso de emergencia.

Estos consisten en conductos relacionados con vertedores que comienzan a funcionar en cuanto el volumen de las aguas se ha elevado por encima de valores predeterminados.

g) Emisarios

Son los conductos de gran tamaño que recogen el aporte total del sistema colector de una o varias cuencas y lo conducen a la planta de tratamiento o al punto de disposición final. También se le denomina emisor, al conducto que lleva las aguas tratadas o efluente de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

(Fair, Geyer, Okun, 2001)

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto donde se requiere el bombeo para las siguientes condiciones:

- Elevar las aguas residuales de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- Conducir las aguas residuales de una cuenca a otra.
- Entregar las aguas residuales a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

Por su parte los emisores se clasifican en:

1-Emisores a gravedad:

Las aguas residuales de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por conductos cerrados, o bien por estructuras diseñadas especialmente, cuando las condiciones del proyecto referente a los gastos, la profundidad u otros, lo ameritan.

2 -Emisores a presión:

Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo. (Sánchez, 2009)

1.4 Tuberías:

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, la cual permite la conducción de las aguas residuales. En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material,

durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño, facilidad de mantenimiento y reparación. (GEIPI, 2007)



Figura 1.1 Tuberías de PEAD corrugado. Tomada de Internet.

1.5 Registro o Pozo de Vista:

Siempre en los sistemas de evacuaciones el flujo debe ser libre, ya que si se produjera a presión, las aguas residuales tendrían que inyectarse individualmente a los edificios para evitar que broten por los accesorios y dispositivos sanitarios. Es decir que los alcantarillados hay que diseñarlos como canales abiertos, fluyendo parcialmente llenos, o cuando más, exactamente llenos. Siempre que se produzca un cambio de diámetro, que será siempre de menor a mayor, un cambio de dirección del flujo o un cambio de pendiente, se colocan estructuras especiales llamadas registros que a su vez sirven de pozo de visita o inspección y limpieza. Entre dos registros el régimen es permanente y uniforme, aun cuando en la realidad esto no ocurre ya que a lo largo del tramo se van incorporando los caudales de las diferentes viviendas. El conducto se calcula para el gasto que llega al conducto aguas abajo del tramo considerado.

Registros: Están hechos de hormigón, material que facilita la inspección de las tuberías, así como la limpieza, el mantenimiento y la reparación de salideros. Se utilizan cuando hay cambios de dirección, cruces de calles, cambio de diámetros, cambio de pendientes o tramos donde se muy largos colocan cada un número de metros, en dependencia del diámetro de la tubería.

El fondo de los registros se construye de hormigón, dando a su cara superior una ligera pendiente hacia el canal o los canales que forman la continuación de los

conductos. El radio de curvatura de los canales del fondo del registro, debe ser de 1 a 3 veces, el diámetro mayor de los conductos que concurren en este.

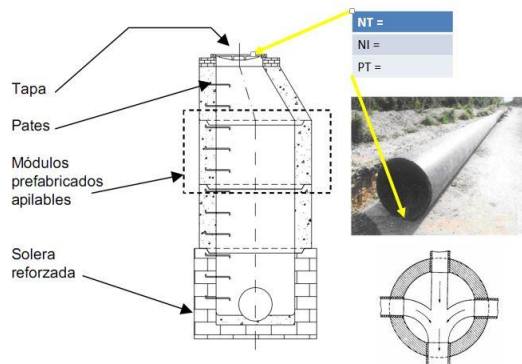


Figura 1.2 Registros de Inspección y Limpieza. Tomada de Internet.

Existen tres tipos fundamentales de registros:

- ✓ **Registro inicial:** Se construye al inicio de los colectores o ramales de alcantarillado.
- ✓ **Registro de derivación:** Es en el que concurren varios conductos, generalmente en las intersecciones de las esquinas, para que el flujo cambie de dirección, en estos cambios de dirección se pueden producir pérdidas de carga.
- ✓ **Registros de caída:** Se encuentran en los puntos en que los conductos se enlazan con otros más profundos, por lo que es necesario disminuir las excavaciones, manteniendo el conducto superior con una pendiente razonable y allí se establece la caída vertical en el registro. Para caídas hasta de 0,60 metros, se usarán los registros tipificados, caídas superiores deben ser calculadas en función del diámetro del conducto, gasto a evacuar y otros factores. Cuando la magnitud de la caída sea muy grande, habrá que diseñar un registro de transición escalonada. (Fair, Geyer, Okun, 2001)

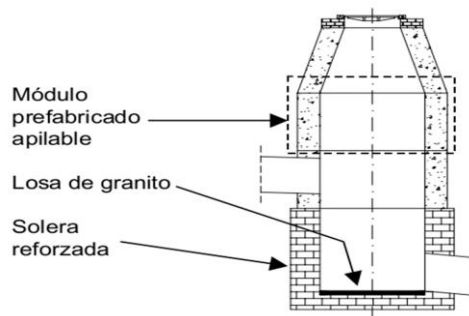


Figura 1.3 Registros de caída. Tomada de Internet.

1.5.1 Ubicación de los registros de alcantarillado

La ubicación de los registros de alcantarillado es obligatoria al inicio de un colector en todo cambio de dirección pendiente o sección.

La distancia máxima en tramos entre registros en colectores será:

50 m para conductos con diámetros hasta 160 mm.

100 m para conductos con diámetros hasta 200 mm-300 mm.

120 m para conductos con diámetros desde 400 mm a 800 mm.

150 m para conductos con diámetros desde 900 mm a 1400 mm.

200 m para conductos con diámetros desde 1500 mm a 2000 mm.

Los registros tipificados se utilizarán para caídas de hasta 1m. Para caídas mayores de 1 metro y de acuerdo con el diámetro se tendrá en cuenta en la **Tabla 1.1** (NC RP1087)

Tabla 1.1 Tabla que relaciona el diámetro del conducto y la caída máxima.

Diámetro del conducto (mm)	Caída máxima (metros)
200	4.0
250- 400	3.0
450- 600	2.0
800- 1200	1.0
> 1200	1.0

1.6 Sifones invertidos:

Es una obra e instalación que se proyecta cuando es necesario cruzar por debajo de una estructura, depresión o corriente como un río, que se interpone en el trazado del conducto.

Para evitar la obstrucción del sifón invertido, se construyen cámaras de rejas a la entrada del mismo, así como registros a la entrada y salida. Esta estructura se diseña para que conduzca el caudal de aporte máximo y debe contar con dos conductos como mínimo, uno de los cuales se utilizará en caso de emergencia. Cuando se diseña

un sifón invertido con varios conductos, uno será para conducir el caudal máximo, otro para el promedio y otro para el caudal mínimo. La cámara de entrada debe estar diseñada de forma que distribuya los caudales de acuerdo con la capacidad de cada tubería del sifón.

Los materiales usados para construir el sifón pueden ser indistintamente: acero, hierro fundido, hormigón, hormigón armado, asbesto cemento o PVC.

En el diseño de un sifón invertido, la tubería que se utilice ha de ser capaz de resistir la presión interna que se crea, pues ha de trabajar forzada. Es importante tomar en consideración la velocidad del agua, que debe mantener las velocidades mínimas siguientes:

Velocidad (m/s)

Residuales domésticos e industriales 0,90

Aguas pluviales 1,20

Sistemas unitarios. 1,50

(GEIPI, 2007)

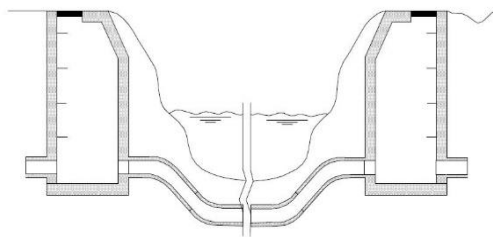


Figura 1.15. Paso de un cauce mediante un sifón invertido.

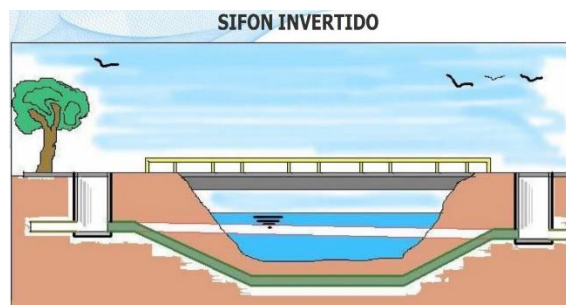


Figura 1.4 Tomada de Internet.

1.7 La forma de disposición o trazado del sistema depende fundamentalmente de los siguientes factores:

1. Tipo de sistema (único o separativo).
2. Las calles o vías de circulación y derechos de vías.
3. Topografía, hidrología y geología del área servida.
4. Límites o demarcaciones político-administrativas.
5. Situación y naturaleza de las obras de tratamiento y disposición final.

El sistema de alcantarillado sanitario está constituido por obras para:

- captación o recolección de residuos líquidos
- Transporte o conducción

- Tratamiento (si fuera necesario)
- Disposición final

Cuando se prepara el trazado de un sistema de alcantarillado, es difícil seguir rígidamente un esquema determinado, sin embargo, después de un estudio del plano general del área a considerar, se encontraría que se pueden adoptar una o dos formas de disposición típica, o combinaciones entre ellas. En general las pendientes mejores en los sistemas se obtienen cuando se siguen las pendientes naturales del terreno, pero ya se sabe que no sólo la topografía influye en esta cuestión.

Los modelos o formas de disposición son los siguientes:

1. Perpendicular.
2. Intersección.
3. Paralelo.
4. Abanico.
5. Radial.

1.7.1 Descarga final de las aguas:

El vertido final del agua tratada puede ser llevado a un río o arroyo, vertido al mar en proximidad de la costa o vertido al mar mediante un emisario submarino. (WWW.Ecured,2014)

En este caso el punto de disposición final será un colector existente cercano al mercado el Paralelo.

Los ríos han constituido el receptor natural de las aguas residuales, debido a sus posibilidades de autodepuración, esto le permite asimilar grandes cargas de residual, sin embargo, los vertimientos descontrolados y exagerados provocan que muchos ríos del planeta en la actualidad, se encuentren contaminados y sin vida animal ni vegetal, esto a su vez ha significado problemas ecológicos en lagos y desembocadura de ríos. Para las ciudades y poblados con costas marinas la disposición de los residuales se basa en su dilución en el mar, pero debe tenerse muy en cuenta las corrientes marinas y el uso que tengan las aguas costeras para no afectar zonas de pesca o lugares de baño público y el tratamiento adecuado de estas aguas. (GEIPI, 2007)

1.8 Tipos de sistema de alcantarillado.

1.8.1 Sistema de alcantarillado no convencional:

El sistema de alcantarillado no convencional surge como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y en gran medida de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener. Este se clasifica según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales.

1.8.2 Alcantarillado simplificado:

Se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos, al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

Las principales ventajas del alcantarillado simplificado son:

- Reducción de los costos de construcción, principalmente, a través de la minimización de la profundidad de las excavaciones para los colectores y el empleo de dispositivos simplificados de inspección.
- Los colectores no necesariamente son colocados en la calzada de calles o avenidas. Son proyectadas por veredas o jardines, alejada de la zona de tráfico vehicular para protegerlos contra choques mecánicos. De esta manera se logra minimizar las excavaciones tanto en profundidad como en anchura. En algunos casos se proyectan redes dobles, en ambos lados de la calle.
- Los buzones costosos empleados en el alcantarillado convencional, son reemplazados por elementos de inspección más simples y económicos, tales como, los dispositivos de inspección, los terminales de limpieza y las cajas de paso. Sólo en algunos casos, aún se conserva y es necesario la instalación de los buzones convencionales.
- Con las redes de alcantarillado simplificado, se introdujeron métodos más precisos para el cálculo y control de las condiciones de auto limpieza; los criterios antiguos de control de las velocidades, en base al total o la mitad de las secciones mojadas, fueron sustituidos por el concepto de fuerza de arrastre.
- Las pendientes de colectores en las redes simplificadas son menores que aquellas empleadas para tender las alcantarillas en el sistema convencional.

1.8.3 Alcantarillado condominial:

Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional. (Merritt, 2009)

Ventajas del sistema condominial respecto al sistema convencional:

En la construcción:

- Menor extensión de redes.
- Menores profundidades de excavación.
- Menores diámetros de tuberías.
- Menor cantidad de elementos de inspección.
- Reducción de pérdidas para el operador, dado que hay un mayor control por parte de las organizaciones condominiales.

En la operación y mantenimiento:

- Independencia entre ramales y redes.
- Sistema sectorizado por condominios.
- Mayor facilidad para operación y mantenimiento.
- Utilización de equipos más sencillos para operación y mantenimiento.

En consecuencia, menores costos en operación y mantenimiento.

El componente social que caracteriza al sistema condominial, genera las siguientes ventajas:

- La participación de los usuarios en la construcción, operación y mantenimiento, permite menores costos de implantación y promueve una mejor utilización del sistema de alcantarillado.
- La solución técnica, es el resultado de un proceso de decisión participativa de los usuarios, lo cual contribuye a una mayor apropiación por parte de éstos y consecuentemente, a su sostenibilidad.
- Los usuarios son los principales beneficiarios del ahorro, que representa la implantación del sistema condominial.

1.8.4 Alcantarillado de pequeño diámetro:

Son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda, por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme, por lo que puede trabajar a presión en algunas secciones. A

diferencia del alcantarillado convencional por gravedad, que es diseñado como canal abierto, el alcantarillado de pequeño diámetro puede ser diseñado con tramos cuya línea de gradiente hidráulica se encuentra por encima del trazo de la tubería. De esta manera, el flujo dentro de la tubería de alcantarillado de pequeño diámetro, puede ser alternado con tramos trabajando como canal y otros a presión. En los puntos críticos, el alcantarillado debe ser diseñado con un perfil hidráulico por debajo de las salidas de los tanques interceptores para evitar el represamiento en los tanques interceptores y el ingreso de las aguas residuales hacia el interior de las viviendas. (Lavere, 2009)

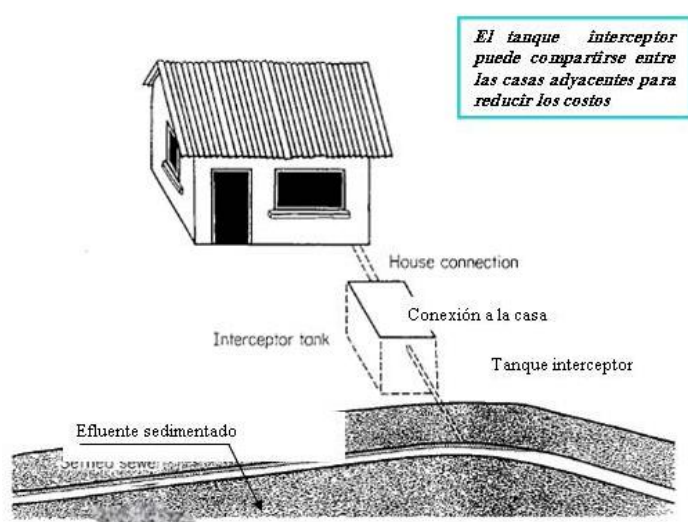


Figura 1.5 Alcantarillado de pequeño diámetro. Tomada de la guía para el diseño de alcantarillado.

Las ventajas principales que se obtienen al emplear este sistema son las siguientes:

- Requerimiento reducido de agua para el transporte de la pequeña cantidad de sólidos provenientes del tanque séptico. Así, a diferencia de los alcantarillados convencionales, los alcantarillados de pequeño diámetro pueden emplearse sin temor a los atoros donde el consumo doméstico de agua es bajo o donde se necesitan largos tramos planos con pocas conexiones.
- Costos de excavación reducidos, ya que al removerse los sólidos molestos, no es necesario que las redes se diseñen para mantener una velocidad de flujo mínima para su auto limpieza. Por eso, en vez de instalarlos en una línea recta con gradiente uniforme, se les puede colocar en una alineación curvilínea con gradiente variable o de inflexión. Esto reduce los costos de excavación, ya que el alcantarillado puede seguir la topografía natural de manera más aproximada que

los alcantarillados convencionales y evitar la mayoría de las obstrucciones en su camino.

- Costos de materiales reducidos, en vista que los caudales de diseño del alcantarillado de pequeño diámetro son menores que los caudales de diseño del alcantarillado convencional, gracias a la acción igualadora y compensadora del tanque interceptor, el tamaño de las redes no convencionales se verán reducidas. Además, se pueden reemplazar los costosos pozos de inspección con registros o puntos de limpieza más simples y de menor costo.
- Requerimientos de tratamiento reducidos, ya que en las plantas de tratamiento no se necesita efectuar el tamizado, la remoción de arena ni la sedimentación primaria, ya que estos procesos unitarios se realizan en los tanques interceptores.
- El sistema es muy simple, fácilmente comprendido por la población. Emplea tuberías comunes tendidas sobre tramos superficiales. Los costos de construcción son mínimos, aproximadamente un tercio del alcantarillado simplificado y una quinta parte del costo del sistema convencional. Además de esta ventaja, el sistema proporciona el tratamiento primario de cuya construcción y operación se encargan los usuarios.

La desventaja principal del sistema de alcantarillado de pequeño diámetro: es la necesidad que tienen de una evacuación y disposición periódica de los sólidos de cada tanque interceptor del sistema, la experiencia con el sistema es limitada y variada en consecuencia y a pesar de sus obvias ventajas, éste debe ser usado con criterio y adoptado sólo en situaciones donde existan provisiones suficientes para asegurar una sólida organización para el mantenimiento. Esta organización debe ser capaz también de ejercitar un efectivo control sobre las conexiones al sistema. Deben tomarse precauciones especiales para prevenir las conexiones ilegales, ya que es posible que no se instalen tanques interceptores en dichas conexiones, y de esa manera se introduzcan sólidos en un sistema que no está diseñado para manejarlos. Esto podría crear serios problemas operacionales.

Otra desventaja de este sistema es que no puede manejar agua residual de tipo comercial, que tenga alto contenido de arenisca o sólidos sedimentables. Los

restaurantes pueden ser conectados si están equipados con trampas de grasas eficientes.

Los olores son el problema más común, se produce cuando el sulfuro de hidrógeno del efluente del tanque séptico, escapa a la atmósfera, también cuando los sistemas de ventilación de la vivienda son inadecuados. Un diseño apropiado de ingeniería puede controlar los problemas de olor. (Programa de agua y saneamiento, 2001)

1.8.5 Sistema de alcantarillado convencional.

Los sistemas convencionales de alcantarillado, son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendientes, permite que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento. (Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado, 2005)

Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

Sistema Unitario:

El sistema de alcantarillado unitario es aquel en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia, conocido también canalización única combinado recoge todas las aguas excedentes, tanto domésticas como industriales, pluviales, infiltración subterránea.

El alcantarillado sanitario es un sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales, domésticas e industriales y el alcantarillado pluvial es un sistema de evacuación de la escorrentía superficial, producida por la precipitación.



Figura1.5 Sistema de alcantarillado unitario. Tomada de internet.

Sistema combinado:

El sistema combinado conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia. (Sánchez, 2009)

La ventaja principal de los sistemas separativos es que las aguas negras con fuerte carga contaminante, es que se transportan por la red de saneamiento hasta la estación depuradora, la cual se diseñará para caudal punta de aguas negras.

Las aguas blancas se transportan con mucha menor carga contaminante, se podrán conducir por la red de drenaje directamente a un cauce receptor, sin ningún tipo de depuración. Su principal inconveniente es el económico, al tener que construir dos redes de evacuación, una de menores secciones para aguas negras, y otra para aguas blancas con secciones de paso mayores. A continuación se muestra en la figura 2.12 el sistema separativo. (Temas de Alcantarillado, 2006).

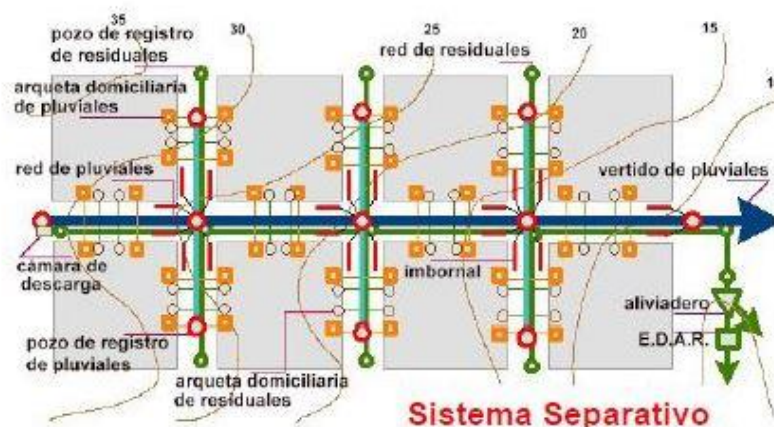


Figura1.6 Sistema de alcantarillado separativo. Tomada de internet.

1.8.6 Diferencias entre el alcantarillado convencional y el simplificado.

A continuación se muestra una comparación entre los criterios que se aplican en las redes de alcantarillado simplificado y los planteados por la Regulación Cubana de Proyectos de Alcantarillado.

Tabla 1.2 Diferencias entre los alcantarillado convencional y simplificado.

Aspectos	Alcantarillado convencional	Alcantarillado simplificado
Ubicación de los colectores	Por el centro de la vía	En áreas fuera de la vía
Criterios de diseño	Velocidad mínima	Tensión de arrastre
Diámetros mínimos	ϕ 150mm para entronques	ϕ 75mm para entronques

	ϕ 200mm para laterales	ϕ 100mm para laterales
Período de diseño	Períodos largos	No mayor de 20 años
Recubrimiento mínimo sobre la corona	100 cm	20 – 40 cm
Construcción de la obra	Se contrata a una empresa constructora	Se realiza con participación comunitaria
Aplicación	Generalmente en la ciudad	En comunidades rurales agrupadas y zonas periurbanas
Costos de construcción según experiencias internacionales	Aproximadamente 200usd	Aproximadamente 100usd

Fuente: RP 1087 Proyecto de alcantarillado y drenaje pluvial.

1.9 Variables que influyen en el cálculo de la red de alcantarillado.

Para realizar un proyecto de alcantarillado, es necesario determinar la población tributaria, que cantidad de agua suministrada se convierte en aguas residuales, así como las cantidades de aguas residuales industriales, comerciales y de servicios y la de agua infiltrada.

La realización de aforos en redes y colectores existentes en la misma ciudad donde se vaya a construir el sistema, es una forma de calcular el caudal de aguas residuales, ya que de no tener esta información podría ocurrir la sobrecarga de colectores, remanso en los conductos o sedimentaciones excesivas, por disminución de las velocidades de circulación.

1.9.1 Dotación:

La dotación es el volumen medio probable de consumo de agua por unidad de población, expresada en litros por habitantes al día (L/hab.día). La dotación total para una población determinada puede hallarse por el cociente del consumo total anual de todas las actividades entre la población servida. El valor así obtenido incluye los volúmenes de agua correspondientes a las pérdidas, que no son realmente utilizados por la comunidad (Oficina Nacional Normalización, 2005)

Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Gasto medio.
- Gasto mínimo.

- Gasto máximo instantáneo.
- Gasto máximo extraordinario.

Gasto medio:

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Para calcular el gasto medio de aguas residuales se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo.

La aportación, es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable.

En zonas habitacionales se adopta como aportación de aguas residuales, el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25 % restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

En áreas muy industrializadas es necesario incrementar las dotaciones en valores que puedan llegar hasta los 100 litros /habitantes / día, siempre que estas industrias se abastezcan directamente de la red. Estos valores están relacionados, lógicamente, con el porcentaje de consumo doméstico e industrial, respecto del total de la red.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q \text{ medio} = (Ap * P) / 86\,400 \dots\dots\dots \text{Ec: 1.1}$$

Donde:

Q medio: Es el gasto medio de aguas residuales en l/s.

Ap: Es la aportación en litros por habitante al día.

P: Es la población en número de habitantes.

86 400 son el número de segundos al día.

(Hernández, 1997).

Gasto mínimo:

El gasto mínimo, es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio, el gasto mínimo (Q mínimo) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q \text{ mínimo} = 0,5 Q \text{ medio} \dots\dots\dots \text{Ec: 1.2}$$

Donde:

Q mínimo: Gasto mínimo.

Q medio: Gasto medio de aguas residuales.

Gasto máximo instantáneo:

El gasto máximo instantáneo, es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales por el coeficiente de flujo máximo M.

Q máximo instantáneo. $= M \cdot Q$ medio.....Ec: 1.3

El coeficiente de flujo máximo podrá ser obtenido mediante las siguientes ecuaciones, es importante observar que este coeficiente tiene una relación inversa con el tamaño de la población:

$M = 1 + 14 / (4 + \sqrt{P})$ (Harmon)..... Ec: 1.4

$M = 5 / (P^{0,2})$ (Babbitt)..... Ec: 1.5

$M = 7 / (P^{0,1})$ (Flores)..... Ec: 1.6

Donde:

P: es la población servida acumulada hasta el punto final, aguas abajo, del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

(Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima ,2003)

1.9.2 Curva de descarga máxima.

Con el objetivo de facilitar el cálculo de los caudales sanitarios máximos muchas veces el proyectista se auxilia de la curva de máxima descarga , que no es más que una herramienta que le permite obtener el caudal máximo unitario en función de la población de aporte y el APSA considerado. Esta curva debe tener en cuenta además el caudal de infiltración. La infiltración es considerada de diversas formas, se puede dar como m³/ha/día, m³/km de tubería por día o l/hab/día. Las normas cubanas consideran un rango bastante amplio para la infiltración (de 2 a 12 m³/ha/día) aunque es muy común emplear 70 l/hab/día como valor práctico.

También es necesario conocer el factor de incertidumbre para ello se muestra la siguiente tabla. (NC RP 1087)

TABLA1.3 Factor de incertidumbre.

Área o longitud (% del total)	Factor de incertidumbre (Fi).
2.5	1.2
7.5	1.13

15.0	1.08
20.0	1.07
30.0	1.04
40	1.03
50	1.02
60	1.01
70	1.00
80	1.00
90	1.00
100	1.00

1.9.3 Estimación de la población futura.

La proyección de población es el resultado del proceso de determinación de un conjunto de estimaciones demográficas, elaboradas a partir de ciertos modelos que buscan establecer las tendencias más exactas de las variables determinantes de la dinámica poblacional y con ello derivar los volúmenes de población y sus principales características.

Cuando se trabaja con la población total de un territorio contenida en los censos demográficos de al menos dos momentos diferentes, es de utilidad adicional calcular las proyecciones de población con la finalidad de configurar el comportamiento futuro de la población y así tener un punto de vista respecto a la demanda futura de agua en un territorio. Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable es emplearlos según el modelo al que se ajusta el comportamiento de la población respecto del tiempo.

Método Aritmético:

Se basa en la hipótesis de que el ritmo de crecimiento poblacional es constante, su ecuación determina una gráfica donde el crecimiento poblacional se comporta de manera lineal.

$$P = P_1 (1 + r \cdot n) \dots\dots\dots Ec 2.5$$

Donde:

P: Población al final del periodo de diseño.

n: Periodo comprendido entre el último censo y el último año del periodo de diseño.
r: Tasa de crecimiento.

Método Geométrico:

Al igual que el aritmético el índice de crecimiento poblacional se considera constante, pero su ecuación determina un crecimiento poblacional exponencial.

$$P = P_1 (1+r)^n \dots\dots\dots \text{Ec 2.6}$$

Donde:

P: Población al final del periodo de diseño.

n: Periodo comprendido entre el último censo y el último año del periodo de diseño.

r: Tasa de crecimiento.

Gasto máximo extraordinario:

Es el caudal de aguas residuales que considera, aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo, no considerado.

En función de éste gasto, se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red.

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se utiliza la fórmula:

$$Q_{\text{máx .ext.}} = C_s . Q_{\text{máx .inst.}} \dots\dots\dots \text{Ec: 1.7}$$

Donde:

Cs: es el coeficiente de seguridad adoptado.

Q máx. Inst: gasto máximo instantáneo.

En el caso de aportaciones normales, el coeficiente Cs. será de 1.0; para condiciones diferentes, éste Cs. puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5, bajo aprobación de la autoridad local del agua y dependiendo de las condiciones particulares de la localidad. (Sánchez, 2009)

1.9.4 Velocidades máximas y mínimas permisibles.

Velocidad mínima:

Garantiza la auto limpieza de las alcantarillas en las horas cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de deposición de sólidos en la red es máximo. A su vez, la velocidad mínima de auto limpieza es fundamental para conducir a la

minimización de las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, haciendo posible economizar la excavación y reducir los costos.

Velocidad máxima:

Se recomienda como velocidad máxima, la que se obtenga con el cálculo del diámetro de la tubería empleando el gasto máximo extraordinario, para evitar las erosiones o desgastes en las tuberías y estructuras de alcantarillado sanitario.

Pendiente y velocidad.

La pendiente mínima (**ver tabla 3**) para producir una velocidad de flujo de 0.60 m/s a tubo lleno o medio lleno, lo asegura una velocidad de 0.35 m/s en aporte mínimo, garantizando tirantes adecuados para un buen funcionamiento de la cloaca.

Velocidad mínima

La velocidad mínima satisfactoria en función del diámetro del conducto será la que establece la **Tabla 3**.

Esta velocidad se especifica para aguas cloacales crudas. En caso de aguas decantadas puede usarse 0.4 m/s.

TABLA 1.4 Pendiente y Velocidad.

Diámetro (mm)	Pendiente (%)	Velocidad (m/s)
150	6	0.63
200	4	0.62
250	3	0.62
300	2.5	0.64
350	2	0.64
400	1.5	0.60
450	1.4	0.63
500	1.2	0.62
550	1.2	0.67
600	1.0	0.64
700	0.9	0.68
800	0.8	0.70
900	0.6	0.65
1000	0.5	0.64
1100	0.5	0.68

1200	0.4	0.65
1250	0.4	0.67
1300	0.4	0.68
1400	0.4	0.72
1500	0.4	0.75
1750	0.4	0.83
2000	0.4	0.91
2500	0.3	0.91

Velocidad máxima

La velocidad máxima estará en función de la protección contra desgastes que requiera el conducto de acuerdo al material que lo forma.

Valores recomendados:

* Aguas residuales domésticas e industriales

Tubos no metálicos $V = 5 \text{ m/s}$

Tubos metálicos $V = 8 \text{ m/s}$

* Aguas pluviales

Tubos no metálicos $V = 7 \text{ m/s}$

Tubos metálicos $V = 10 \text{ m/s}$

Tirantes relativos mínimos permisibles en los conductos.

Desde 150-300 mm0.6

Desde 350-450 mm0.7

Desde 500-900 mm0.75

Se recomienda utilizar un tirante relativo máximo de 0.915 para caudal máximo

En resumen para la realización del proyecto de alcantarillado sanitario se deben dar los siguientes pasos.

1. Disponer de todos los datos básicos para la confección del proyecto.
2. Análisis profundo del plano topográfico.
3. Ubicar en el plano topográfico los registros de inspección y hacer el trazado de los colectores. Ambos deben ser enumerados para facilitar los trabajos posteriores.
4. Indicar y calcular en el plano topográfico las áreas que tributan residual a cada tramo del colector.

5. Confeccionar la gráfica de aporte máximo para calcular el gasto o caudal de diseño de cada colector.
6. Una vez calculado el gasto del diseño usar la fórmula de Manning para determinar el diámetro del conducto que garantice la velocidad y el tirante adecuado.
7. Dibujar el perfil de cada colector.

(Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado, 2005)

1.9.4 Método de la tensión tractriz.

La tensión tractriz (τ), se define como el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector y consecuentemente sobre el material en él depositado, y es igual a la fuerza de arrastre, dividida por el área sobre la cual actúa (**fig. No.7**), siendo la fuerza de arrastre la componente tangencial del peso del líquido que se desplaza por un plano inclinado.

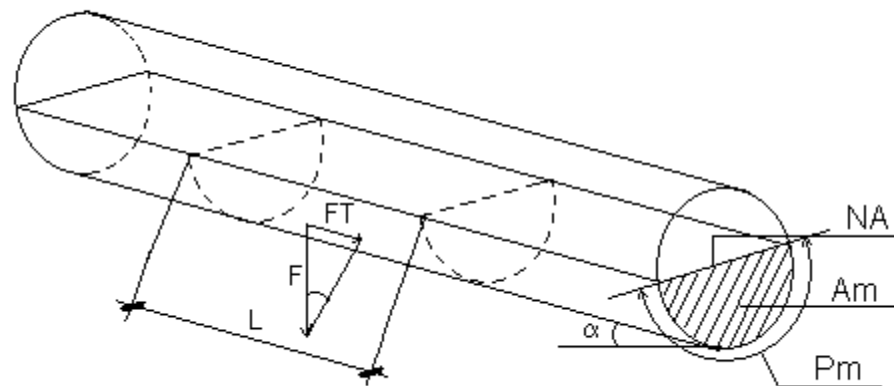


Figura 1.7 Fuerza de arrastre

Considerando la porción de líquido contenido en un tramo de conducto de longitud L , el peso del líquido es:

$$F = \gamma * A_m * L \quad \dots\dots\dots Ec (1.8)$$

Donde:

γ : Peso específico del líquido (N/m^3),

A_m : área mojada (m^2),

L : longitud del tramo (m)

La fuerza de arrastre (FT) es igual a:

$$FT = F \operatorname{sen} \alpha = \gamma A_m L \operatorname{sen} \alpha \quad \dots\dots\dots \text{Ec (1.9)}$$

Donde:

α : Ángulo de inclinación del colector.

La tensión tractriz es:

$$\tau = \frac{\gamma A_m L \operatorname{sen} \alpha}{P_m L} \quad \dots\dots\dots \text{Ec (2.1)}$$

Donde:

P_m : perímetro mojado (m)

Siendo A_m/P_m igual al radio hidráulico (R), y $\operatorname{sen} \alpha$ aproximadamente igual a la tangente, ya que los ángulos son pequeños, se obtiene τ .

La tensión tractriz límite local varia punto a punto, ocurriendo un máximo alrededor del eje central y un mínimo cercano a la superficie del agua, siendo el patrón de variación diferente para distintas alturas de flujo en un conducto dado, esta variación tiende a ser menos pronunciada cuanto mayor es la relación h/D ($> 50\%$), tendiendo la tensión tractriz a ser uniforme a lo largo del perímetro mojado, mientras que para valores de h/D menores existe una sensible variación de la tensión a lo largo del perímetro mojado.

Cabe destacar que la relación de tensión tractriz relativa es igual a la relación de radio hidráulico relativo (**fig.1.71.**), cuyo valor máximo (mayor que el correspondiente a boca llena) se obtiene a una altura relativa igual a 0.813, por tanto la tensión tractriz depende de la relación h/D y puede ser menor para estas condiciones según se muestra con la siguiente relación:

- Conducto a sección llena:

$$\tau_{LL} = \gamma R_{LL} S \quad \dots\dots\dots \text{Ec (2.2)}$$

- Conducto parcialmente lleno:

$$\tau = \gamma R S \quad \dots\dots\dots \text{Ec (2.3)}$$

Dividiendo ambas ecuaciones se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{\tau}{\tau_{LL}} = \frac{R}{R_{LL}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec (2.4)}$$

Además, la tensión tractiva es proporcional a la pendiente del canal, en condiciones de régimen uniforme (caudal constante) como lo demuestra la ecuación 9:

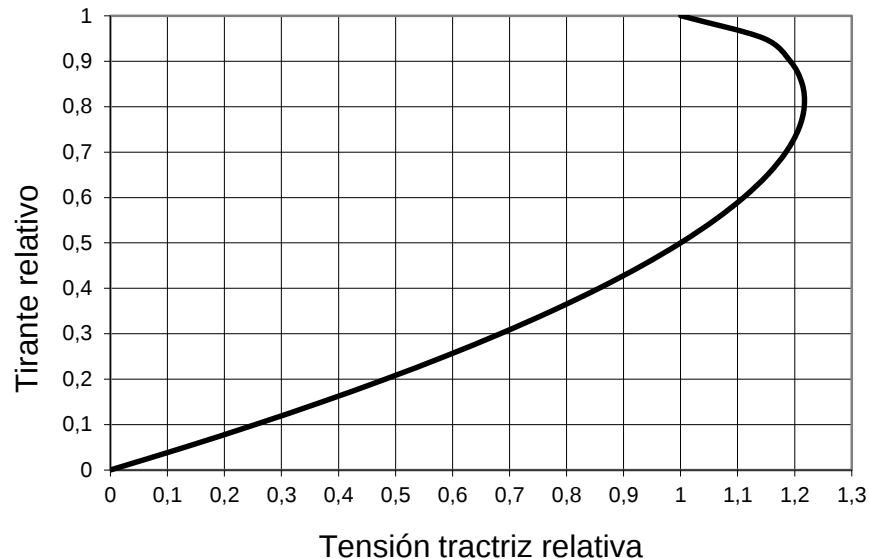


Figura 1.8 Tensión tractiva relativa vs. altura relativa

Tensión tractiva crítica

La tensión tractiva crítica, se define como la mínima tensión tractiva necesaria para el inicio del movimiento de las partículas depositadas en los conductos y su valor normalmente se determina mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio. Esta magnitud depende de un número de factores tales como:

- Las densidades, tanto de las partículas de sedimento como del fluido.
- El tamaño de las partículas.
- La viscosidad del fluido, la cual varía con la temperatura.

El transporte de sedimentos es un tema que ha sido exhaustivamente estudiado en hidráulica fluvial, formulas empíricas y gráficos experimentales se encuentran disponibles para estimar la tensión crítica.

En los residuos sanitarios se pueden encontrar tanto materias orgánicas como inorgánicas, los estudios anteriormente mencionados, han demostrado que considerando partículas orgánicas con dimensiones de 1,00 mm, la tensión tractiva crítica estimada por el diagrama de Shields es de $0,0015 \text{ N/m}^2$, incluso agregaciones de esas mismas partículas con un tamaño considerable, por ejemplo 10,00 mm, la tensión tractiva crítica sería de aproximadamente $0,0060 \text{ N/m}^2$. Sin embargo haciendo

estos mismos análisis con partículas inorgánicas como la arena se han observado valores de tensión tractiva crítica muy superiores, por lo tanto resulta concluyente que las partículas de arena con tamaños entre 0,20 y 1,00 mm merezcan la mayor atención para llevar a cabo la auto limpieza en los colectores de alcantarillado.

En la **Tabla 1.5** se presentan los resultados de investigaciones realizadas por algunos autores respecto a la tensión tractiva crítica para la autolimpieza en colectores de alcantarillado.

Tabla 1.5 Tensión tractiva crítica para ser utilizadas en el dimensionamiento de redes de alcantarillado.

Autor	τ crítica (N/m ²)
Gustafsson	1,00 – 1,50
Shultz	1,50 – 2,00
Lince	2,00 – 3,90
Ppantal	3,90
Yao	1,00 – 2,00

(Machado 1985)

- Álvarez (1993) considera que valores de tensión tractiva crítica entre 1,5 N/m², es decir la mín.= 1,5 Pa, para tramos iniciales puede aceptarse: $\tau_{\text{mín}} = 1,0$ Pa, estos parámetros son los adecuados para el diseño de alcantarillados.

1.9.5 Modelos matemáticos para la simulación de la red.

Los modelos matemáticos son abstracciones de la realidad, que están sustentados por teorías acreditadas. Estos funcionan básicamente como una unidad de procesos, la cual debe ser alimentada con información, para así entregar resultados. La calidad de las soluciones depende en gran parte de la información entrada, por lo que los datos que se introducen deben ser veraces y extensivos.

Existen diversos modelos utilizados a nivel mundial para los sistemas de alcantarillado como son:

- 1- E.P.A SWMM.5.0: (producido por the Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National)
- 2- SewerCAD: (Haestad Method de Estados Unidos de América)

3.-InfoWork

4-SWMM MIKE: (DHI Water & Environment de EUA)

5- Red Graf: (EIPHH – Cuba)

6- Mouse: Es usado por el grupo AGBAR en España
(Vega, 2007)

7- SewerUp

SewerUp es un software para diseño de redes de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial, fácil de usar, que dispone de todas las prestaciones profesionales posibles. Ha sido concebido para ser de uso intuitivo y sencillo. Sirve tanto para realizar nuevos diseños como para modelar sistemas existentes. En tiempos mínimos se pueden obtener diseños óptimos y planos definitivos listos para la ejecución de la obra.

SewerUp no complica al proyectista con excesivas variables y opciones, sino que asume las tecnologías, unidades de medida y formulaciones comúnmente empleadas y automatiza gran parte de los procesos de entrada de datos.

Algunas características:

- Lectura de base cartográfica en formato vectorial (dxf, shp) o raster (jpg, bmp),
- Distribución visual de los nodos y tramos,
- Dibujo de mapas planimétricos y curvas de nivel,
- Cálculo automático de longitudes, áreas y gastos,
- Diseño óptimo de las pendientes y diámetros,
- Vistas en Zoom, Paneos y 3D,
- Cálculo de los volúmenes de obra,
- Resultados tabulados en Excel,
- Dibujo de planta general y perfiles AutoCAD,
- Posibilidad de trabajar con varios subsistemas al mismo tiempo,
- Facilidades para la simulación de redes existentes. (Manual SewerUp)

Comentarios del capítulo.

- ✓ Las redes de alcantarillado sanitario urbano constituyen un elemento esencial en los planes de manejo integral del agua en las zonas urbanizadas.
- ✓ La correcta selección de los parámetros para el cálculo de la curva de descarga es esencial en el correcto diseño de las redes de alcantarillado.

- ✓ El software de modelación matemática se han convertido en una potente herramienta de uso indispensable en los proyectos de construcción, evaluación, mantenimiento y explotación de las redes de alcantarillado sanitario.

CAPÍTULO II

Capítulo #2. Aplicación del software SewerUp para el diseño de la red de alcantarillado sanitario.

Este capítulo tendría como objetivo realizar el diseño de la red de alcantarillado en el Reparto Capiro del municipio de Santa Clara mediante el software SewerUp, para esto sería necesario cumplir con lo expuesto en el capítulo I y con las normas referidas al tema abordado.

2.1 Ubicación Geográfica de la zona de estudio.

La zona en estudio se encuentra ubicada en la provincia de Villa Clara, municipio Santa Clara, limitada al interior de la circunvalación existente, entre el ferrocarril central y la carretera de Camajuaní, Reparto Capiro, desde la calle Conrado Benítez hasta Ramón Ruiz del Sol y desde el Ferrocarril Central hasta la calle Campo Interior. Enmarcada entre la Carretera de Camajuaní y la avenida del Papa y el Combinado deportivo 26 de Julio y la Circunvalación Norte.

Microlocalización.

La ubicación de la obra de abasto se muestra en el plano anexo a este documento.

Coordenadas: X 606100 a 608000

Y 287000 a 287500

Figura 2.1 Microlocalización del Reparto Capiro.



Figura 2.1 Imagen de la Microlocalización del Reparto Capiro. AutoCAD

2.2 Características geológicas de la zona.

Geológicamente la zona está asentada sobre las ultramafitas o complejo ofiolítico de la región central de Cuba.

El área de estudio se desarrolla dentro del grupo de serpentinitas con una corteza de meteorización bien diferenciada y que transiciona desde la roca hasta el material eluvial deluvial que está en la superficie.

Geomorfología:

Geomorfológicamente, la zona, según el tipo de relieve en tierra firme, se encuentra ubicada en una región fluvio-marina, de llanuras y terrazas (N_2^3 -Q) denudativas, erosivas onduladas y ligeramente onduladas.

Definimos la presencia de dos morfoestructuras, (llanuras, colinas y alturas) con diferentes formas de relieve, que se conforman de la siguiente manera:

Dentro de las llanuras podemos localizar las aluviales y las erosivas altas.

Dentro de las colinas y alturas tenemos: Denudativas altas onduladas y colinas, y alturas denudativas.

De forma general describiremos las que nos ocupan en el área de estudio en específico.

- **Llanuras aluviales**

Estas se encuentran a lo largo de los arroyos existentes que drenan hacia el Norte. Por lo general son erosivas – denudativas, formando en ocasiones zonas de acumulación en terrazas de un solo nivel, se desarrollan sobre una base de roca serpentinitica y siguiendo planos de fracturación en su trazado, encontrándose poco diseccionadas.

- **Llanuras erosivas altas**

Se despliegan en toda el área y tiene un gran desarrollo en los procesos erosivos, asentadas sobre base rocosa, predominando la serpentinitica. Estas llanuras son elevadas con cotas por encima de los 100.00 m y muy bien diseccionadas tanto vertical como horizontalmente lo que hace que sea muy bien drenada.

Suelos:

Conforme a la combinación de los suelos en el relieve se consideran como húmicos carbonáticos sobre margas, fersialíticos, de colores pardos rojizos y pardos sobre rocas intermedias y básicas sin carbonato y caliza dura; también hay pardo fersialíticos y rendidezina sobre caliza dura, areniscas, rocas básicas y ultrabásicas. La acidez actual está cercana a la neutralidad, con un pH que varía entre 6.1 y 6.5.

Hidrogeológicas:

La hidrología del lugar está constituida por cañadas y vaguadas que atraviesan el reparto, para este trabajo se consultará la hidrología de los trabajos realizados con anterioridad, así como la realizada al río Cubanicay. (INRH, 2014).

Topografía.

La topografía de la zona es variada, con algunos desniveles y ondulaciones, cañadas de cauces de poca profundidad, sinuosos en ocasiones, las cotas de la zona oscilan desde 136,00 hasta 101,00 metros sobre el nivel medio del mar (msnm). Para el diseño de la red se contará con planos de la zona con escala 1:2000 provistos por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH VC).

2.3 Descripción actual del sistema de alcantarillado del Reparto Capiro.

La red de alcantarillado en proyecto tiene como finalidad dar solución a la evacuación de los residuales de los habitantes del Reparto Capiro ubicado en la ciudad de Santa Clara.

En la zona se detectaron los siguientes problemas:

- 1) Existen zonas que tienen áreas de drenaje que no funcionan, porque se han roto y rellenado de tierra y escombros.
- 2) Se han realizado construcciones en la parte superior, obstruyendo la capacidad de evacuación de las aguas, esto también sucede con construcciones en las que se rellena el cauce de la cañada, produciendo un desbordamiento y penetración del agua hacia el interior de las instalaciones.
- 3) Hay viviendas que al no tener alcantarillado se conectan a las cañadas para drenar las aguas negras.

4) Los registros se encuentran tupidos en general y las conexiones realizadas no son las adecuadas para evacuar las aguas negras provenientes de las viviendas.

El alcantarillado de la zona en general se encuentra en mal estado.

De ahí la necesidad de diseñar el sistema de alcantarillado de la zona en estudio, con esta solución se pretende resolver los problemas que se han generado en las viviendas de la calle Ana Pegudo entre calle Félix Huergo y carretera a Camajuaní, con la utilización del colector existente. A todas las viviendas ubicadas a lo largo de la calle Ana Pegudo se preverán acometidas y entronques laterales para su incorporación al colector por el eje de la calle.

Comprende el completamiento de todo el sistema de alcantarillado del resto del reparto, aprovechando el alcantarillado existente en la calle Obdulio Morales hasta la carretera Camajuaní a través de los registros R-6 y R-16. Esta solución independizará toda la zona alta de la zona baja. El nuevo sistema garantizará la correcta evacuación de las aguas negras tanto en situaciones normales como en eventos extremos durante la vida útil del mismo.

Para su ubicación es necesario auxiliarse del plano de planta general que adjuntamos a este documento.

El sistema de red de colectores contará con tuberías de PEAD corrugada, y $P_n = 0,40$ MPa y de diámetro mínimo de 160 mm, lo cual formará en el futuro el sistema de alcantarillado de la ciudad de Santa Clara.

Descripción de los efluentes.

Los afluentes generados tendrán como punto de disposición final el registro existente del colector central N°1 próximo al mercado paralelo.

2.4 Modelación del sistema de alcantarillado mediante el software.

2.4.1 Obtención de los caudales de diseño.

En el diseño de los sistemas de evacuación de aguas residuales, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y disposición final, es fundamental determinar con la mayor precisión posible los volúmenes de agua que circularán por el sistema.

Para ello se necesitan conocer las condiciones pasadas, evaluar situaciones presentes y predecir necesidades futuras para seleccionar la capacidad de diseño del sistema que se proyecta.

Cuando los volúmenes de agua a evacuar no responden a la realidad presente y futura, el diseño puede resultar tan holgado que las velocidades mínimas no se alcancen con lo que se producen sedimentaciones en el sistema; o que la capacidad sea inferior a la requerida y se produzcan sobrecargas en los conductos, obligándolos a trabajar a presión con las consecuencias desagradables que se derivan de tal situación. Por todo ello debemos aproximarnos lo más posible a los caudales que realmente circularán por estos sistemas.

El software SewerUp propone varias formas de estimar el caudal, en cada caso se debe activar solo la casilla correspondiente al tipo de estimación deseada.

Métodos de estimar el caudal con SewerUp:

1. El método implícito se basa en calcular la población a partir del área que aporta al tramo y la densidad de población del sector. El área de aporte se calcula como proporcional a la longitud del tramo, en este caso se activa la opción: Área Proporcional. Alternativamente se puede introducir directamente el área del tramo: Área Fija.

2. El segundo método se basa en introducir directamente la población que aporta al tramo. SewerUp calculará la población acumulada y el coeficiente de descarga máxima (M de Harmon).

En ambos casos la población obtenida se multiplica por el aporte per-capita correspondiente a su sector para obtener el gasto medio. Este valor de gasto medio es afectado por el coeficiente de descarga máxima, por el coeficientes de seguridad, el gasto infiltrado y el gasto concentrado (de existir) para obtener el valor de la gasto local para ese tramo.

3. Si se conoce previamente el gasto local de un tramo o se desea calcular por otro método independiente de los propuestos por el programa, se puede introducir directamente este valor y obviar los pasos anteriores. También se puede especificar un gasto concentrado puntual.

En este caso la fórmula que se utiliza es:

$$Q_{\text{máx total}} = D * A * F_i * APSA * M + \text{Infiltración} \dots \dots \dots \text{Ec 2.1}$$

Donde:

D: densidad promedio futura.

A: área servida.

Fi: factor de incertidumbre (relación entre Dmáx y Dprom).

M: relación entre Qmáx y Qprom.

Infiltración: gasto que se infiltra.

(Ver M según fórmula de Hamon) $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$

ASPA

En el capítulo I se hace referencia de una forma más detallada a lo relacionado con el cálculo del gasto.

Figura 2.2 Estimación de caudales.

Tramo	Q.Dis.
B7-B6	9.68
B6-B5	12.70
B5-B4	13.86
B4-B3	15.10
B3-B2	15.85
B2-B1	39.43
B1-B0	40.18
B27-B26	1.50
B26-B25	11.10
B25-B24	12.87
B24-B23	18.32
B23-B22	19.42
B22-B21	20.33
B21-B20	20.99

Coeficiente de retorno : 0.75

☒ Gasto mínimo (L/s) : 1.50

M (Hamon)

Min : 2.20

Max : 3.80

Sector

Sect-1 200.00 p/ha 230.00 L/p/d

☒ Area (ha) : 0.470 PROP

Población (hab) :

☐ Local : 94

Acumulada : 2765

M (Hamon) : 3.47

Demanda Local (L/s)

Med. : 0.19

Max. : 0.65

Extra : 0.65

Infiltr. : 0.01

C. Errad. : 0.00

Conc. : 0.00

☐ Q (L/s) : 0.66

Acumulado (L/s)

Q. Med. : 5.52

☐ Q. Dis. : 20.99

Actualizar Tramo B21-B20

OK

Figura 2.2 Distribución de caudal por sectores en, SewerUP.

2.5 Cálculo de la curva de descarga máxima.

Para realizar el cálculo de la curva de descarga máxima fue necesario estimar la población futura por los dos métodos expuestos en el capítulo I, a continuación se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.2 Proyección de la población.

		Población		
Año	n	Aritmético	Geométrico	Promedio
2012	0	11162	11162	11162,00
2013	1	11219,37	11219,37	11219,37
2014	2	11276,75	11277,04	11276,89
2015	3	11334,12	11335,00	11334,56
2016	4	11391,49	11393,27	11392,38
2017	5	11448,86	11451,83	11450,35
2018	6	11506,24	11510,69	11508,46
2019	7	11563,61	11569,85	11566,73
2020	8	11620,98	11629,32	11625,15
2021	9	11678,35	11689,10	11683,73
2022	10	11735,73	11749,18	11742,45
2023	11	11793,10	11809,57	11801,34
2024	12	11850,47	11870,27	11860,37
2025	13	11907,84	11931,29	11919,57
2026	14	11965,22	11992,61	11978,92
2027	15	12022,59	12054,25	12038,42
2028	16	12079,96	12116,21	12098,09
2029	17	12137,34	12178,49	12157,91
2030	18	12194,71	12241,09	12217,90
2031	19	12252,08	12304,01	12278,04
2032	20	12309,45	12367,25	12338,35
2033	21	12366,83	12430,82	12398,82
2034	22	12424,20	12494,71	12459,46

2035	23	12481,57	12558,93	12520,25
2036	24	12538,94	12623,49	12581,22
2037	25	12596,32	12688,37	12642,34

→ Inicio del periodo de diseño.

→ Final del periodo de diseño.

Figura 2.3 Grafico de la proyección del crecimiento de la población.

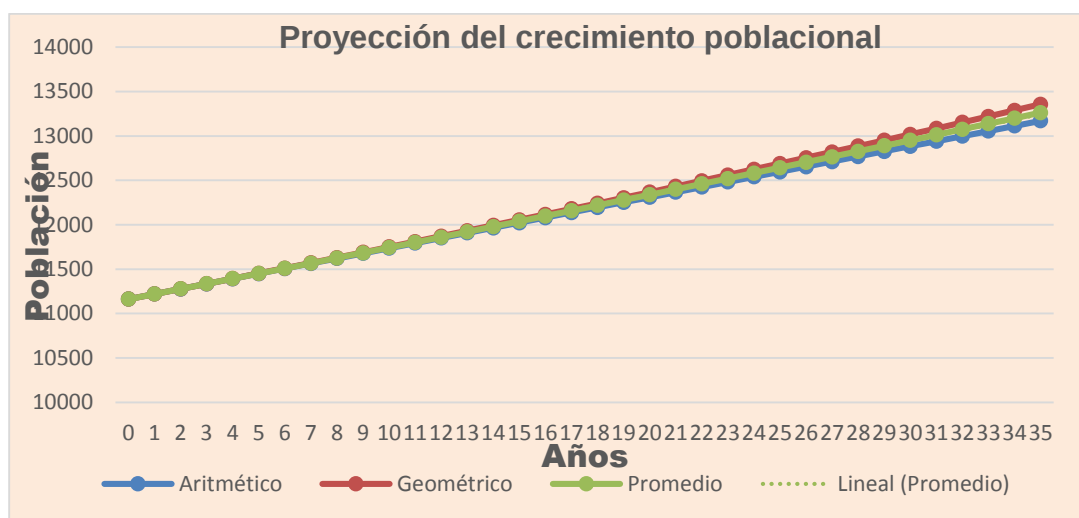


Figura 2.3 Grafico del incremento poblacional.

Una vez obtenida la población futura se procede al cálculo de la curva de descarga máxima, para saber la descarga máxima que va a tener la red de acuerdo al área del Reparto Capiro. A continuación se muestran las ecuaciones utilizadas para el cálculo.

2.5.1 Ecuaciones utilizadas para la confección de la curva de descarga máxima.

Dens. Part. = Densidad x Fi.....Ec 2.4

Pob. = Dens. Part. x A.....Ec 2.3

APSA = 0.9 x Dotación (Lppd).....Ec 2.4

$M = 1 + 14 / (4 + \sqrt{p})$Ec 2.5

Desc. prom. (L/d/Ha) = Dens. Part. x A x APSA.....Ec 2.6

Desc. máx. (L/d/Ha) = Desc. prom. x M.....Ec 2.7

Infiltración (L/d/Ha) = 7560 L/d/Ha x A.....Ec 2.8

Desc. máx. total (L/d/Ha) = Desc.

máx. + Infiltración.....Ec 2.9

Desc. máx. total (L/s/Ha) = Desc. máx. + Infiltración.....Ec 2.10

$$p = (\text{Dens. Part.} \times A)/1000 \dots \dots \dots \text{Ec 2.11}$$

Tabla 2.2 Características principales:

Descripción.	u/m	Cantidad.
	Sector	Reparto Capiro
Población futura	habitantes	12643
Año de diseño	-	2 037
APSA (Lppd)	Lppd	324
Infiltración		7560.0
Densidad	Hab/ha	360
Tiempo	h	24
	d	365
Descarga máxima total para Capiro	L/s	53.50

Figura 2.4 Curva de descarga máxima.

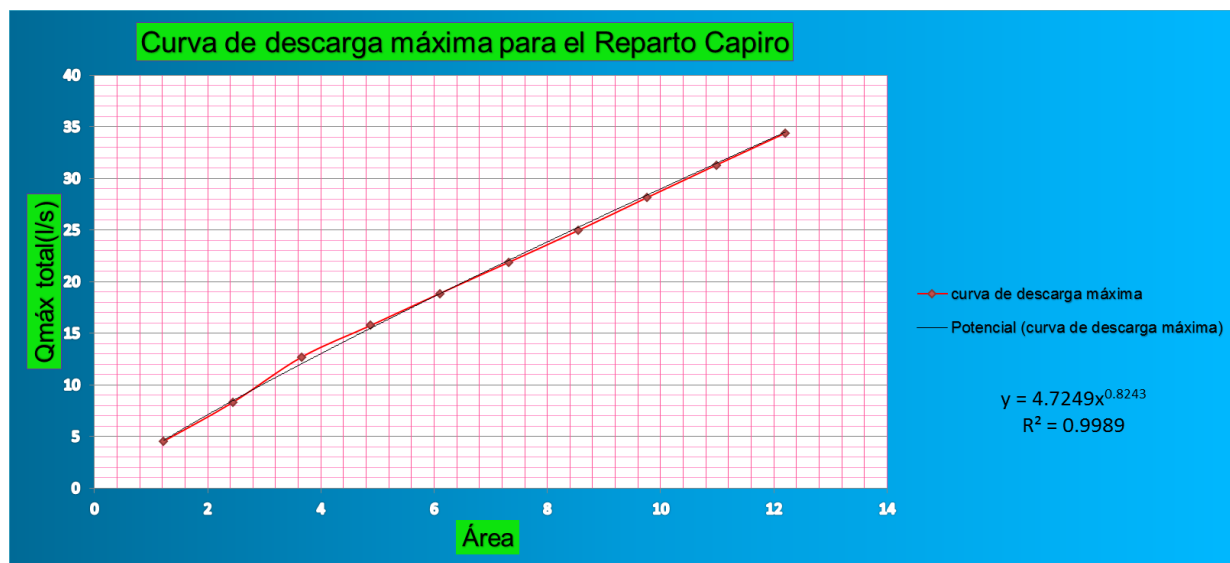


Figura 2.4 Gráfico de la curva de descarga máxima.

2.6 Diseño de tuberías.

Será necesario completar una tabla con los siguientes elementos para cada tipo de tubería:

- Material,
- Diámetro Nominal (mm)

- Diámetro Interior (mm)
- Diámetro Exterior (mm)
- Coeficiente de rugosidad de Manning
- Pendientes mínimas recomendadas
- Ancho de la zanja
- Tipo de sección (Circular o Rectangular)

Las pendientes mínimas en función de diámetro son recomendaciones a ser consideradas (o no) durante el diseño de la red. De omitirse, SewerUp utilizará valores por defecto.

En la **tabla 1.3** del capítulo I se muestran las diferentes pendientes que se consideran según la (RP 1087) en función de los diámetros. En este caso la velocidad mínima $\geq 0,6$ m/s, para tramos iniciales velocidad mínima $\geq 0,4$ m/s. $V_{\text{máxima}} = 5$ m/s.

Se introducen los valores de los diámetros de las tuberías existentes, las cotas, la longitud de las mismas, así como el valor del coeficiente de rugosidad, según las recomendaciones de ASCE (1982). A continuación en la figura 3.4 se muestra las propiedades del objeto tubería.

El ancho de la zanja se utiliza para el cálculo de los volúmenes de trabajo, este puede variar en dependencia del diámetro de la tubería.

De este surtido SewerUp extrae las combinaciones para realizar el diseño, es decir, lograr las menores pendientes y menores diámetros que cumplan las restricciones de fronteras impuestas en los Datos Generales.

Ante un proyecto nuevo, a fin de contar con valores de partida, SewerUp completa automáticamente los datos con tuberías comunes de PVC. Posteriormente el proyectista decide si las utiliza o conforma su propio surtido de tuberías. En el caso del diseño realizado, las tuberías serán de PEAD corrugado y en la tabla 2.3 se muestra el surtido de tuberías basándose en el (Instructivo de PEAD 3ra Versión Primera Parte (I.N.R.H.)).

Tabla 2.3 Tubería corrugada SN-4(Kn/m²) = (0.04Kg/cm²)

Diámetro exterior(mm)	Diámetro interior (mm)	Pendientes mínimas (m/m)
160	141.0	0.006
200	176.9	0.004
250	219.4	0.003

315	278	0.0025
400	353.4	0.0015

Tabla 2.3 Tubería corrugada SN-4(Kn/m2). (Instructivo de PEAD 3ra Versión Primera Parte (I.N.

A continuación en la figura 2.5 se muestra las propiedades del objeto tubería.

The screenshot shows the 'Tuberías' dialog box in the SewerUP software. On the left, there is a list of pipe diameters ranging from 160.0 to 1200.0, with checkboxes next to each. The 160.0 option is currently selected. To the right of this list, the properties for the selected pipe are displayed in a form with input fields and a dropdown menu. The properties shown are: D.Nom. (160.0), D.Int. (141.0), D.Ext. (160.5), Coef. N : (0.009), Pend. Mínima : (0.0020), Ancho Zanja (m) : (0.56), and Sección : (CIRC). At the bottom of the dialog, there are three buttons: a question mark icon, 'Eliminar' (Remove) with a minus sign, and 'Agregar' (Add) with a plus sign. On the far right, there is an 'OK' button with a green checkmark icon.

Figura 2.2 Propiedades del objeto tubería en SewerUP.

2.7 Diseño de la red de alcantarillado:

Trazado de la red: A partir del plano general del Reparto Capiro, a escala 1:1000, aportado por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara, y de un recorrido realizado por la zona se observó el trazado de la red existente y se realiza el diseño general utilizando el software sewerUp. Una vez que se importa el plano se ubican los nodos del sistema incorporando la cota correspondiente al registro. Las cotas se obtuvieron del plano proporcionado por la Dirección de Inversiones del INRH y después se procede al trazado de la red. Antes de proceder al diseño de la red se deben completar los siguientes datos:

Datos generales: Figura 2.3

Datos generales

Condiciones de Frontera		Gastos	
☐ Tensión Tractiva mínima (Pa) :	1.50	Infiltracion :	0.30 L/s-Km
☒ Velocidad mínima (m/s) :	0.60	Conex. erradas :	0.00 L/s-Km
Coef. para tramos iniciales :	0.50	Coeficiente de seguridad :	1.00
h/D Máximo :	0.80	Pendientes	
☒ Recubrimiento Mínimo (m) :	0.80	☐ Verificar por diámetro	
☒ Longitud de tramo máxima (m) :	100.00	Mínima en tramos iniciales :	0.0040
		Mínima absoluta :	0.0020

OK

Figura 2.3 Distribución de los datos generales, SewerUP.

En la figura 2.4 se muestra una imagen con el trazado del alcantarillado en SewerUP.

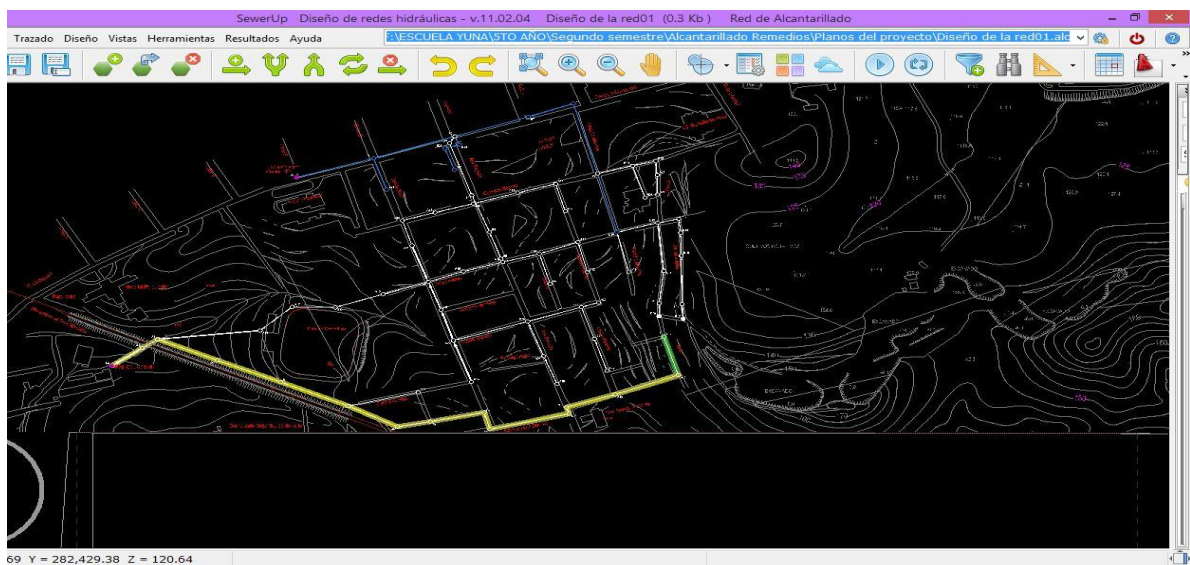


Figura 2.4 Red de alcantarillado del Reparto Capiro en SewerUP.



2.8 Análisis económico.

El presente presupuesto está confeccionado de acuerdo con lo establecido en las Resoluciones del Ministerio de Finanzas y Precios que se explican a continuación: Resolución No 199-2005 del Ministerio de Finanzas y Precios, que pone en vigor el "Sistema de Precios de la Construcción", en lo adelante Precons II, ya que es la herramienta usada para cuantificar el costo de una obra. El resto de los gastos son calculados por el constructor en el precio del servicio de construcción como son otros gastos directos de obra, gastos generales directos de obra y presupuestos independientes.

Consideraciones Particulares:

En este caso solo se calcula el costo de las tuberías y del movimiento de tierra, el resto de los costos será objeto de estudio para la institución interesada en la ejecución del proyecto, porque no es objetivo realizar el costo de la obra en general ya que el mismo necesita del costo total de las maquinarias que se emplean en la construcción" a partir de la clasificación de las obras y la propiedad de los equipos y no forma parte del objetivo de la tesis.

Movimiento de Tierra:

En el movimiento de tierra se determinó realizar la excavación en forma mecanizada y manual el producto de la excavación será utilizado una parte como relleno y el resto se utilizará como material de relleno en las zonas donde se determine a pie de obra, el resto se transportará fuera del área de la obra.

Documentación utilizada:

Para la realización de este presupuesto de obra, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- Documentación del trabajo.
- Volúmenes de trabajo.
- Sistema de Precios de la Construcción (PRECONS II)

CAPÍTULO III

Capítulo 3: Análisis de resultados y propuesta de soluciones.

En el presente capítulo se analizará el comportamiento del sistema de alcantarillado del Reparto Capiro a partir de los resultados obtenidos de la simulación mediante el programa SewerUp, para la máxima capacidad de población, es decir pensando en un futuro crecimiento de la población.

Figura 3.1 Trazado de la red.



Figura 3.1 Trazado d la red de alcantarillado. SewerUp.

3.1 Parámetros Hidráulicos:

Para la realización de los cálculos hidráulicos del trabajo se utilizó la norma de RP 1087 sobre Proyecto de Alcantarillado y Drenaje pluvial. Se realizaron teniendo en cuenta la población que aportará a cada tramo del colector. El Software utilizado fue el SewerUP para el diseño de conductos a gravedad, los resultados obtenidos formarán parte de los anexos, a continuación se puede observar un resumen mostrando el caudal que aportará cada tramo y otros parámetros.

Tabla 3.1. Cálculos hidráulicos.

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
1	2	3	4	5	6
R- 51 al R- 74	1,5	160	141,00	0,03711	52,14
R-74 al R- 50	1,97			0,03711	52,14
R- 41 al R- 42	1,5			0,004	70,35
R-42 al R- 43	3,18			0,0834	24,71
R- 43 al R- 44	4,52			0,0026	70,8
R- 44 al R -45	4,72			0,00255	10,71
R- 45 al R -71	5,79			0,03076	56,53
R- 71 al R - 46	6,86			0,0327	56,58
R- 46 al R -47	7,48			0,0019	32,68
R -57 al R -58	1,5			0,05706	56,78
R- 58 al R -60	2,16			0,03225	57,37
R- 59 al R -60	1,5			0,01766	61,16

R- 60 al R -61	4,28			0,02459	50,84
-------------------	------	--	--	---------	-------

Tabla 3.1. Continuación.

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
R- 61 al R -72	5,37	160	141	0,02186	57,87
R- 72 al R -28	6,47			0,02184	57,92
R -24 al R -25	1,5			0,01329	62,45
R -25 al R -67	2,4			0,00846	64,45
R- 67 al R -26	3,62			0,00845	64,51
R -26 al R -27	5,48			0,00438	98,28
R- 27 al R -69	6,55			0,01734	56,8
R- 30 al R -29	1,5			0,03036	50,73
R-32 al R -31	1,5			0,02793	72,67
R-40 al R -37	1,5			0,09917	24,91
R- 38 al R -39	1,5			0,00659	44,03

R- 39 al R-37	2,36			0,0043	80,59
R- 37 al R -36	3,38			0,04704	29,41

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
R- 36 al R-33	4,27	160	141	0,02421	47,09
R- 34 al R -35	1,5			0,04873	43,5
R- 35 al R-33	2,19			0,01172	72,5
R- 21 al R -22	1,5			0,0229	49,78
R- 22 al R -68	2,01			0,01111	56,27
R- 68 al R -23	3,07			0,01111	56,25
R- 23 al R -11	3,29			0,09586	11,89
R - 12 al R -13	13,06			0,07847	44,99
R- 13 al R -14	1,5			0,01095	19,13
R- 14 al R -11	1,5			0,177	12,71
R- 17 al R -18	1,5			0,00741	62,09

R- 18 al R -19	1,82			0,05398	34,09
R- 20 al R -19	1,5			0,03938	58,4
R- 19 al R – 8	3,94			0,04149	53,75

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
R- 7 al R -6	1,5	160	141	0,04977	37,97
R- 4 al R -5	1,62			0,01672	85,53
R- 5 al R -3	3,09			0,01662	77,6
R- 0 al R -1	1,5			0,05631	77,79
R- 1 al R -2	3,35			0,03533	99,35
R- 2 al R -3	3,95			0,03901	31,79
R- 6 al R -8	10,87			0,02815	108,01
R- 8 al R -9	17,05			0,01533	106,56
R- 9 al R -10	18,18			0,02327	64,45

R- 47 al R -48	8,96	200	176,9	0,01172	79,3
R- 48 al R -49	9,95			0,02618	53,47
R- 49 al R -50	11,34			0,01585	75,73
R- 69 al R -28	7,63			0,01735	56,83

Tabla 3.1. Continuación.

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
R- 33 al R-70	7,55	200	176,9	0,01945	57,38
R- 70 al R -31	8,63			0,01941	57,45
R- 31 al R -29	11,07			0,00345	57,96
R- 3 al R -6	8,17			0,06193	59,97
R- 10 al R -11	20,15			0,0287	113,26
R- 11 al R -15	26,9			0,02474	119,25
R- 50 al R -73	14,25	250	236,8	0,0172	52,41
R- 73 al R- 52	15,19			0,01717	52,41
R -52 al R -53	16,86			0,01913	94,09

R- 53 al R -54	18,57			0,01758	97,84
R - 29 al R -28	13,06			0,01185	56,64
R- 15 al R -16	28,81			0,01714	114,38
R- 28 al R -62	28,43	315		0,01808	76,4
R- 28 al R -62	29,49			0,00928	63,57

Tabla 3.1. Continuación.

Tramo	Q (l/s)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Pendiente (m/m)	Longitud (m)
R- 63 al R -64	30,49	315	278	0,00887	59,76
R- 64 al R -65	31,29			0,0091	48,37
R -65 al R -66	32,56			0,02388	77,47
R- 66 al R -54	33,83			0,02388	77,47
R- 54 al R -55	52,7			0,0013	19,25
R- 55 al R -56	53,5	400	353,4	0,0013	51,41

3.2 Composición de la obra.

Características de los elementos que componen la obra.

a) Entronques.

Estarán compuestas por una salida para una o dos viviendas desde la tubería de PVC de 110 mm sanitaria ubicadas como laterales de las viviendas a ambos lados de la calle, los mismos recibirán los residuales generados por las viviendas y la conducirán hasta los laterales.

b) Tuberías Laterales.

Serán los conductos que recibirán el residual desde los entronques procedentes de las viviendas y lo transportarán hacia los colectores. Estos conductos serán de diámetro 110 mm de PVC sanitario a encolar. De forma general se ha logrado en el inicio de cada tramo un recubrimiento mínimo de 400 mm, mientras que en su entrada a los registros de los colectores el recubrimiento será mayor.

En el comienzo de las tuberías laterales, se colocará un codo 45°, Dn= 110 mm, una Yee de 45° de Dn= 110/110 mm, y un niple de 300 mm para colocar un registro de P.V.C de Dn=100 mm, con el objetivo de la limpieza de estas tuberías durante el proceso de explotación.

c) Red de colectores.

Los colectores principales serán los encargados de la recolección y evacuación final de los residuales generados en toda el área hasta los registros existentes según se ha previsto en el plano general. La red de colectores estará constituido por tuberías de PEAD corrugada de 160, 200 mm, 250 mm, 315 mm, y 400 mm de SN - 0,40 MPa para sistemas de alcantarillado por gravedad siendo las uniones mediante manguitos con junta de goma. Las tuberías se colocarán en zanjas con paredes verticales de 0,60 m de ancho hasta 200 mm de diámetro y se consideró un ancho de zanja de 0,80 m para el tramo de colector de 400 mm, con recubrimiento sobre corona de 1,00 m como mínimo, en cada tramo de colector que se ha proyectado se tuvo en cuenta las cotas de invertidas del drenaje pluvial, lo que en todos estos cruces asumimos que la tubería de alcantarillado pasara por debajo de este conducto, así como las invertidas

de las rejillas irving del pluvial. En la transportación de aguas residuales la red cumplirá con la velocidad establecida, así como los demás parámetros hidráulicos.

En el tramo entre R-54 y el R-55 del colector de 400 mm de diámetro, el mismo cruzará el ferrocarril central, por tanto este conducto es necesario encamisarlo para su protección y su operación en caso de que ocurriese una rotura, para el mismo se colocará 6 tubos de hormigón precomprimido de 800 mm de diámetro. A continuación se muestra una vista en planta de cómo quedará.

Figura 3.2 Cruce de la tubería de alcantarillado.

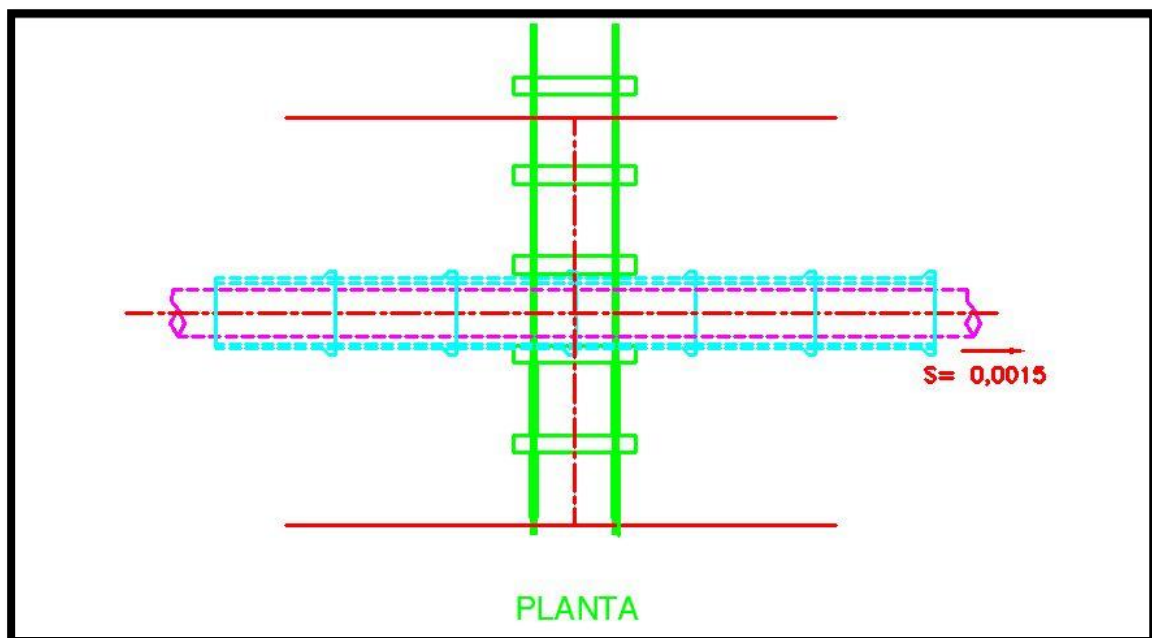


Figura 3.2 Cruce de la tubería por la línea del ferrocarril. AutoCAD.

d) Topografía.

En el lugar donde estarán ubicados los colectores las cotas oscilan entre los 142,34 y 114,56 m sobre el nivel medio del mar. Los niveles han sido tomados por el levantamiento topográfico realizado por la empresa IPH de Villa Clara.

e) Geología.

Se utilizó el levantamiento ingeniero geológico realizado para la Rehabilitación de las Redes de Santa Clara para precisar los elementos geológicos y obtener los horizontes de las diferentes litologías en los trazados. Finalmente para la colocación en zanja de los colectores se considera el 60 % de excavación en tierra y el 40 % de excavación en roca.

f) Registros.

Los registros de inspección a colocar en esta red de alcantarillado serán típicos circulares de hormigón armado, con la losa de fondo de 15 cm de espesor y el cono circular típico prefabricado de 75 cm de altura con tapa **HoFo** y el anillo de 600 mm embebido en el hormigón, los muros serán de altura variable de 15 cm de espesor reforzados con doble malla de acero, diseñados para soportar el tráfico de vehículos. Estos registros tendrán entradas y salidas a diferentes niveles. Para su correcta construcción deben ser consultadas y ejecutadas las especificaciones que aparecen en los planos correspondientes, teniendo en cuenta que las entradas de las tuberías (colector o laterales) siempre serán por debajo del cono prefabricado.

3.3 Para la colocación de los colectores deberán realizarse los siguientes trabajos:

Tuberías laterales, entronques y colector principal.

- ❖ Desbroce y excavación de la capa vegetal en el tramo comprendido desde el R-49 al R-54y desde el R-62 al R- 56existente.
- ❖ Excavación en zanja para colocación de las tuberías en los niveles establecidos en los planos anexos.
- ❖ Excavación manual o rasanteo de la invertida de las zanjas.
- ❖ Colocación y montaje de las tuberías.
- ❖ Construcción de registros.
- ❖ Reposición de todas las tuberías y acometidas de acueducto que sean afectadas durante la construcción de la tubería de alcantarillado.

- ❖ Rehíncho parcial manual bien compactado con el material recomendado para el mismo, hasta 30 cm por encima de la corona de la tubería.
- ❖ Prueba parcial o total de estanqueidad a registros y tuberías.
- ❖ Rehíncho mecanizado hasta el nivel del terreno.
- ❖ Pruebas de compactación.
- ❖ Una vez terminada la obra se taponeará la salida al registro lineal y se llenará de agua hasta una altura no menor de 500 mm desde los registros del tramo a probar.

3.4 Presupuesto.

El presupuesto se ha realizado con precios basados en suministros adquiridos en proyectos similares mediante el sistema presupuestario vigente en el país PRECONS. A continuación se ofrecen tablas ilustrativas que componen este sistema de alcantarillado.

Costo del Movimiento de Tierra

Actividades	Total	u/m	Costo Unitario(\$/u/m)	Costo total (\$)
Volumen de excavación	3157	m ³		
Excavación en tierra	1894	m ³	0,39	739
Excavación en roca	1263	m ³	0,81	1023
Rehincho. Manual	1261	m ³	9,67	12194
Rehincho. Mecanizado	1471	m ³	6,12	9003
Préstamo	1140	m ³	1,25	1425
Transporte desde préstamo	1630	100 m ³	80,52	1313
Transporte mat. Sobrante	1894	100 m ³	80,52	1525
			Σ	27221

Costo de las Tuberías:

Descripción	Diámetro(mm)	Total (m)	Costo Unitario (\$/m)	Costo total (\$)
PEAD Corrugado	160.0	2732	3,48	9507,36
PEAD Corrugado	200.0	515	4,92	2533,8
PEAD Corrugado	250.0	775	7,90	6122,5
PEAD Corrugado	315.0	404	13,02	5260,08
PEAD Corrugado	400	72	18,97	1365,84
			Σ	24789,58

Costo de los Pozos de Registro

Descripción	Cantidad	Costo Estructura (\$)	Costo total (\$)
Prefabricado profundidad (1.50 - 1.75) m	1	175	306,1
Prefabricado profundidad (<1,5) m	73	10950	20520,3
		Σ	20826,4

A continuación se muestra una forma para la obtención de un índice técnico económico que permitiría valorar de forma rápida el costo de inversiones en condiciones de emplazamiento similares.

3.5 Propuestas para mitigación del Impacto ambiental.

El impacto que generará la obra en algunos de los elementos de la naturaleza será de carácter irreversible y permanente mientras que en otros la afectación será de carácter temporal. Para la mitigación de este fenómeno generado por la transformación del medio, proponemos las siguientes medidas:

- ❖ Aplicar roseo con agua a los terraplenes y viales de acceso a las obras, sobre todo en la época de seca o cuando se evidencie niveles altos de polvo en la atmósfera que dificulte la visión y la respiración de los trabajadores y/o habitantes del lugar.
- ❖ El constructor deberá garantizar que los equipos trabajen con los dispositivos de filtro exigidos y en buen estado técnico con relación a la carburación con el objetivo de minimizar la emanación de gases a la atmósfera.
- ❖ Los equipos de construcción deberán contar con los silenciadores correspondientes para minimizar la contaminación sonora.
- ❖ El constructor no dejará residuos de hormigón o de material de excavación en áreas naturales aledañas a la comunidad o en cauces de arroyos donde pueda afectar el ecosistema natural de la zona.
- ❖ Para la concepción de las facilidades temporales, el constructor deberá tener en cuenta aspectos tales como: manejo de los residuales sólidos y líquidos, zona de parqueo para equipos de construcción, depósitos para desechos de alimentos, servicio eléctrico, etc.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

1-Se realizó un estudio de la bibliografía especializada existente, en el cual se profundizó en los temas relacionados con la concepción y diseño de redes de alcantarillado sanitario.

2- La construcción de esta obra, garantizará el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado, durante toda su vida útil, optimizando los costos y minimizando los mantenimientos.

3- Si en la etapa de construcción existen dudas, debe consultarse al proyectista para la toma de decisiones oportuna entre las partes.

4- Su construcción deberá ejecutarse por tramos (de registro a registro en el caso del colector principal), al mismo tiempo se podrá proceder a la construcción de las tuberías laterales que evacuarán los residuales de cada una de estas viviendas.

5- Cuando se proceda a la construcción de las tuberías laterales y el colector principal es obligatorio enfriar las conducciones eléctricas que se encuentran en la franja de construcción, para así evitar accidentes con pérdidas de vidas humanas.

6-Durante el proceso constructivo el constructor debe cumplir estrictamente con los niveles establecidos en el proyecto para garantizar el correcto funcionamiento de este sistema por gravedad hacia el registro existente.

Recomendaciones:

1-Realizar la modelación de la red existente bajo las condiciones de descarga actual para poder evaluar el funcionamiento hidráulico de la red en condiciones normales.

2-Realizar un análisis económico más profundo del funcionamiento del sistema de alcantarillado, tomándose en cuenta los costos de operación y mantenimiento de la misma.

3-Todas las tuberías deberán revisarse minuciosamente para asegurarse que no presentan roturas. No deberán colocarse con brusquedad, ni golpearlas ni dejarlas caer.

4-Después de colocados los tubos se procederá al rehíncho manual hasta una altura de 30 cm sobre la corona de la tubería. Posteriormente se procederá a la prueba de estanqueidad, terminada ésta se ejecutará el rehíncho mecanizado hasta el nivel establecido en los planos de perfiles. Las capas no deben ser mayores de 20 cm y se realizará con pisones mecánicos o cilindros compactadores de zanjas. (Véase NC-052-032).

5-En los lugares señalados para la ubicación de cada uno de los registros, el rehíncho deberá ejecutarse de forma manual y no con compactadores mecánicos (cilindros), debido a que puede ser dañada la estructura del mismo, por lo que deben extremarse las precauciones referentes a pruebas de compactación para que no se produzcan asentamientos en el futuro.

6-Durante la ejecución del proyecto deberán cumplirse todas las Especificaciones y Regulaciones de la construcción.

Bibliografía citada:

- ❖ Especificaciones para el diseño y construcción de Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial Urbano. 2013
- ❖ Fair, Geyer, Okun. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, 2001.
- ❖ GEIPI, Diseño de redes de Alcantarillado, 2007.
- ❖ Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima 2005.
- ❖ Hernández, A. Saneamiento y Alcantarillado. Colegio de Ingenieros de Caminos, España.1997.
- ❖ Instructivo de PEAD 3ra Versión Primera Parte. I.N.R.H.
- ❖ NC 53-121 Acueducto Especificaciones de Proyecto.1984.
- ❖ Oficina Nacional de Normalización; Norma Cubana 441-06: Salud Ambiental, Piscinas, Requisitos Higiénicos, Sanitarios y de Seguridad; La Habana; Cuba; 2005.
- ❖ Programa de Agua y Saneamiento. Sistemas Condominiales de Alcantarillado. Manual de Diseño y Construcción.2001
- ❖ Rosell Campos Fernando, Historia del alcantarillado, 2009.
- ❖ Sánchez Segura Araceli, Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Proyecto de Sistemas de Alcantarillado. 2009.
- ❖ Servicio de Agua Potable y Alcantarillado. Reglamento de Elaboración de Proyectos Condominiales de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas.2003 □ Temas de Alcantarillado, Introducción a las redes de alcantarillado, 2006.
- ❖ Vega García Tania, Metodología para la operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado.2007
- ❖ WWW.Ecured.htm, Alcantarillado, 2014
- ❖ www.skyscrapercity.com

Anexos:

Anexo1: Resultados obtenido después de la simulación en el software SewerUp.

Nodos

ID	X	Y	Cota Topog.	Orient.
74	637.041,94	282.078,34	122,25	2
73	636.943,63	282.086,84	119,41	2
72	637.160,00	282.306,25	122,89	2
71	637.252,75	282.039,81	125,75	2
70	637.197,63	282.199,44	123,61	2
69	637.086,88	282.342,38	122,61	2
68	637.158,00	282.481,19	121,71	2
67	637.224,13	282.445,06	124,57	2
66	636.794,19	282.204,75	116,84	2
65	636.868,88	282.225,34	118,69	2
64	636.911,81	282.247,63	119,13	4
63	636.971,56	282.246,53	119,66	2
62	637.033,25	282.261,88	120,25	2
61	637.215,06	282.324,06	124,16	2
60	637.264,00	282.337,84	125,41	5
59	637.281,94	282.279,38	126,49	1
58	637.318,63	282.355,38	127,26	3
57	637.334,00	282.300,72	130,5	1
56	636.661,56	282.144,38	114,91	1
55	636.705,69	282.170,75	114,99	2
54	636.719,50	282.184,16	114,99	5
53	636.809,25	282.145,19	116,71	2
52	636.895,81	282.108,31	118,51	2
51	637.092,44	282.091,31	124,18	1
50	636.991,44	282.065,38	120,31	5
49	637.057,56	282.028,47	121,51	4
48	637.109,88	282.039,53	122,91	2
47	637.187,19	282.057,19	124,04	3
46	637.197,81	282.026,28	123,9	3
45	637.307,63	282.053,38	127,6	3
44	637.304,75	282.063,69	127,68	3
43	637.371,75	282.086,56	127,7	2
42	637.462,94	282.121,66	135,9	3
41	637.442,69	282.189,03	136,13	1
40	637.348,06	282.250,19	129,75	1

39	637.348,06	282.166,13	127,6	2
38	637.361,88	282.124,31	127,89	1
37	637.324,19	282.243,09	127,28	5
36	637.296,25	282.233,91	125,87	2
35	637.274,44	282.149,44	125,58	2
34	637.289,06	282.108,47	127,7	1
33	637.251,81	282.218,31	124,73	5
32	637.168,25	282.112,25	124,53	1
31	637.143,38	282.180,53	122,5	5
30	637.172,25	282.250,81	123,84	1
29	637.124,00	282.235,16	122,3	5
28	637.104,88	282.288,47	121,63	7
27	637.068,88	282.396,25	123,6	3
26	637.162,06	282.427,47	124,03	2
25	637.286,13	282.462,66	125,12	3
24	637.305,56	282.403,31	125,95	1
23	637.139,06	282.534,16	121,09	4
22	637.177,00	282.428,22	122,34	2
21	637.192,56	282.380,94	123,48	1
20	637.417,25	282.438,03	131,12	1
19	637.398,69	282.493,41	128,82	5
18	637.431,19	282.503,69	130,66	3
17	637.432,88	282.441,63	131,12	1
16	636.922,56	282.470,28	115,23	1
15	637.031,56	282.504,94	117,2	2
14	637.148,88	282.533,34	122,2	3
13	637.130,56	282.527,81	120,41	3
12	637.146,19	282.485,63	123,92	1
11	637.143,88	282.545,03	119,95	7
10	637.250,69	282.582,69	123,2	2
9	637.312,00	282.602,56	124,7	3
8	637.346,44	282.480,78	126,59	5
7	637.385,50	282.340,16	131,47	1
6	637.376,69	282.377,09	129,58	5
5	637.441,75	282.313,53	134,58	2
4	637.434,06	282.228,34	136,01	1
3	637.435,06	282.390,84	133,29	5
2	637.465,94	282.398,41	134,53	3
1	637.467,13	282.299,06	138,04	2
0	637.472,19	282.221,44	142,42	1

Gastos:

ID	Área	Población	Pobl.Acum	M-Harmon	Q.Min.	Infiltr.	Q.Dis.
51-74	0,43	127,91	127,91	3,8	1,5	0,02	1,5
74-50	0,43	127,91	255,82	3,8	1,5	0,02	1,97
41-42	0,58	172,59	172,59	3,8	1,5	0,02	1,5
42-43	0,8	239,7	412,3	3,8	1,5	0,03	3,18
43-44	0,58	173,69	585,98	3,8	1,5	0,02	4,52
44-45	0,09	26,26	612,25	3,8	1,5	0	4,72
45-71	0,46	138,67	750,92	3,8	1,5	0,02	5,79
71-46	0,46	138,81	889,73	3,8	1,5	0,02	6,86
46-47	0,27	80,18	969,91	3,8	1,5	0,01	7,48
47-48	0,65	194,55	1.164,46	3,76	1,5	0,02	8,96
48-49	0,44	131,18	1.295,63	3,72	1,5	0,02	9,95
49-50	0,62	185,78	1.481,41	3,68	1,5	0,02	11,34
50-73	0,43	128,58	1.865,82	3,61	1,86	0,02	14,25
73-52	0,43	128,58	1.994,40	3,59	1,99	0,02	15,19
52-53	0,77	230,83	2.225,22	3,55	2,22	0,03	16,86
53-54	0,8	240,04	2.465,27	3,51	2,46	0,03	18,57
57-58	0,46	139,29	139,29	3,8	1,5	0,02	1,5
58-60	0,47	140,74	280,03	3,8	1,5	0,02	2,16
59-60	0,5	150,04	150,04	3,8	1,5	0,02	1,5
60-61	0,42	124,73	554,8	3,8	1,5	0,02	4,28
61-72	0,47	141,98	696,78	3,8	1,5	0,02	5,37
72-28	0,47	142,1	838,88	3,8	1,5	0,02	6,47
24-25	0,51	153,2	153,2	3,8	1,5	0,02	1,5
25-67	0,53	158,11	311,31	3,8	1,5	0,02	2,4
67-26	0,53	158,26	469,56	3,8	1,5	0,02	3,62
26-27	0,8	241,1	710,67	3,8	1,5	0,03	5,48
27-69	0,46	139,35	850,02	3,8	1,5	0,02	6,55
69-28	0,46	139,43	989,44	3,8	1,5	0,02	7,63
30-29	0,41	124,45	124,45	3,8	1,5	0,02	1,5
32-31	0,59	178,28	178,28	3,8	1,5	0,02	1,5
40-37	0,2	61,1	61,1	3,8	1,5	0,01	1,5
38-39	0,36	108,03	108,03	3,8	1,5	0,01	1,5
39-37	0,66	197,7	305,73	3,8	1,5	0,02	2,36
37-36	0,24	72,15	438,98	3,8	1,5	0,01	3,38
36-33	0,39	115,54	554,52	3,8	1,5	0,01	4,27
34-35	0,36	106,72	106,72	3,8	1,5	0,01	1,5
35-33	0,59	177,85	284,57	3,8	1,5	0,02	2,19
33-70	0,47	140,77	979,86	3,8	1,5	0,02	7,55
70-31	0,47	140,94	1.120,81	3,77	1,5	0,02	8,63

31-29	0,47	142,19	1.441,28	3,69	1,5	0,02	11,07
29-28	0,46	138,95	1.704,68	3,64	1,7	0,02	13,06
28-62	0,62	187,44	3.720,44	3,36	3,71	0,02	28,43
62-63	0,52	155,95	3.876,38	3,35	3,87	0,02	29,49
63-64	0,49	146,61	4.022,99	3,33	4,02	0,02	30,49
64-65	0,4	118,68	4.141,67	3,32	4,13	0,01	31,29
65-66	0,63	190,07	4.331,74	3,3	4,32	0,02	32,56
66-54	0,63	190,07	4.521,80	3,29	4,51	0,02	33,83
54-55	0,16	47,22	7.034,29	3,1	7,02	0,01	52,7
55-56	0,42	126,12	7.160,41	3,1	7,15	0,02	53,5
21-22	0,41	122,12	122,12	3,8	1,5	0,01	1,5
22-68	0,46	138,05	260,17	3,8	1,5	0,02	2,01
68-23	0,46	138	398,17	3,8	1,5	0,02	3,07
23-11	0,1	29,18	427,35	3,8	1,5	0	3,29
12-13	0,37	110,37	110,37	3,8	1,5	0,01	1,5
13-14	0,16	46,93	157,3	3,8	1,5	0,01	1,5
14-11	0,1	31,19	188,49	3,8	1,5	0	1,5
17-18	0,51	152,31	152,31	3,8	1,5	0,02	1,5
18-19	0,28	83,63	235,94	3,8	1,5	0,01	1,82
20-19	0,48	143,28	143,28	3,8	1,5	0,02	1,5
19-8	0,44	131,87	511,09	3,8	1,5	0,02	3,94
7-6	0,31	93,16	93,16	3,8	1,5	0,01	1,5
0-1	0,64	190,84	190,84	3,8	1,5	0,02	1,5
1-2	0,81	243,74	434,58	3,8	1,5	0,03	3,35
2-3	0,26	77,98	512,56	3,8	1,5	0,01	3,95
4-5	0,7	209,84	209,84	3,8	1,5	0,03	1,62
5-3	0,63	190,38	400,22	3,8	1,5	0,02	3,09
3-6	0,49	147,13	1.059,91	3,78	1,5	0,02	8,17
6-8	0,88	264,98	1.418,05	3,7	1,5	0,03	10,87
8-9	1,03	310,48	2.239,62	3,55	2,24	0,04	17,05
9-10	0,53	158,12	2.397,74	3,52	2,39	0,02	18,18
10-11	0,93	277,85	2.675,59	3,48	2,67	0,03	20,15
11-15	0,98	292,56	3.583,99	3,38	3,58	0,04	26,9
15-16	0,94	280,6	3.864,59	3,35	3,86	0,03	28,81

Tramos:

ID	Diámetro	Tensión Tr.	Velocidad	Y/D	Y.Norm.	N.Froude
51-74	160	4,45	1,14	0,14	0,02	3,12
74-50	160	5,03	1,23	0,16	0,02	3,16
41-42	160	0,79	0,52	0,24	0,03	1,07

42-43	160	11,68	1,89	0,16	0,02	4,76
43-44	160	0,88	0,6	0,49	0,07	0,83
44-45	160	0,88	0,6	0,5	0,07	0,82
45-71	160	6,96	1,58	0,28	0,04	2,97
71-46	200	7,61	1,66	0,22	0,04	3,17
46-47	200	0,81	0,6	0,51	0,09	0,72
47-48	200	3,81	1,24	0,34	0,06	1,9
48-49	250	7,25	1,67	0,22	0,05	2,92
49-50	250	5,18	1,45	0,26	0,06	2,29
50-73	250	6,08	1,59	0,29	0,06	2,39
73-52	250	6,25	1,62	0,3	0,07	2,39
52-53	250	7,11	1,73	0,3	0,07	2,52
53-54	250	6,93	1,73	0,33	0,07	2,42
57-58	160	6,22	1,32	0,13	0,02	3,83
58-60	160	4,7	1,21	0,17	0,02	2,97
59-60	160	2,5	0,88	0,17	0,02	2,19
60-61	160	5,13	1,34	0,26	0,04	2,65
61-72	160	5,16	1,37	0,3	0,04	2,51
72-28	200	5,41	1,41	0,24	0,04	2,6
24-25	160	2	0,79	0,18	0,03	1,91
25-67	160	1,73	0,77	0,25	0,04	1,56
67-26	160	2,06	0,87	0,31	0,04	1,56
26-27	160	1,45	0,77	0,47	0,07	1,09
27-69	200	4,55	1,31	0,26	0,05	2,32
69-28	200	4,83	1,36	0,28	0,05	2,32
30-29	160	3,81	1,06	0,15	0,02	2,84
32-31	160	3,57	1,03	0,15	0,02	2,73
40-37	160	9,54	1,6	0,11	0,02	4,99
38-39	160	1,16	0,62	0,21	0,03	1,36
39-37	160	0,99	0,6	0,3	0,04	1,1
37-36	160	7,72	1,58	0,2	0,03	3,63
36-33	160	5,07	1,33	0,26	0,04	2,63
34-35	160	5,5	1,25	0,13	0,02	3,56
35-33	160	2,15	0,85	0,22	0,03	1,82
33-70	200	5,29	1,42	0,27	0,05	2,46
70-31	200	5,57	1,47	0,29	0,05	2,45
31-29	250	1,55	0,83	0,38	0,08	1,07
29-28	250	4,37	1,36	0,3	0,07	1,99
28-62	315	8,26	1,93	0,29	0,08	2,56
62-63	315	4,93	1,53	0,35	0,1	1,82
63-64	315	4,83	1,52	0,36	0,1	1,78
64-65	315	4,98	1,55	0,37	0,1	1,8
65-66	315	10,86	2,22	0,29	0,08	2,94

66-54	315	11,04	2,24	0,3	0,08	2,93
54-55	355	1,24	0,85	0,66	0,22	0,61
55-56	355	1,25	0,85	0,67	0,22	0,61
21-22	160	3,06	0,96	0,16	0,02	2,48
22-68	160	1,98	0,81	0,22	0,03	1,77
68-23	160	2,38	0,92	0,27	0,04	1,79
23-11	160	13,22	2	0,16	0,02	5,1
12-13	160	7,96	1,48	0,12	0,02	4,46
13-14	160	1,72	0,74	0,19	0,03	1,74
14-11	160	14,94	1,96	0,1	0,01	6,59
17-18	160	1,28	0,65	0,21	0,03	1,45
18-19	160	6,48	1,37	0,14	0,02	3,77
20-19	160	4,66	1,16	0,14	0,02	3,21
19-8	160	7,45	1,57	0,22	0,03	3,42
7-6	160	5,6	1,26	0,13	0,02	3,59
0-1	160	6,16	1,32	0,13	0,02	3,81
1-2	160	6,12	1,42	0,21	0,03	3,15
2-3	160	7,1	1,54	0,22	0,03	3,32
4-5	160	2,48	0,88	0,18	0,02	2,14
5-3	160	3,28	1,06	0,24	0,03	2,18
3-6	200	13,48	2,18	0,21	0,04	4,33
6-8	160	8,44	1,82	0,41	0,06	2,81
8-9	160	6,06	1,62	0,64	0,09	1,85
9-10	160	8,79	1,93	0,58	0,08	2,37
10-11	160	10,83	2,14	0,58	0,08	2,64
11-15	250	10,6	2,17	0,36	0,08	2,86
15-16	250	8,14	1,93	0,42	0,09	2,35

Nodos Salientes:

ID	Nodo 2	Invertida	Recubrim.	Excavación	Caída
51-74	74	121,29	0,8	1,06	0
74-50	50	119,36	0,8	1,14	0,08
41-42	42	134,9	0,85	1,11	0
42-43	43	126,75	0,8	1,06	0
43-44	44	126,57	0,96	1,22	0
44-45	45	126,54	0,91	1,17	0
45-71	71	124,8	0,8	1,1	0,04
71-46	46	122,91	0,8	1,1	0
46-47	47	122,85	1	1,3	0
47-48	48	121,92	0,8	1,15	0,04

48-49	49	120,47	0,8	1,15	0
49-50	50	119,27	0,8	1,15	0
50-73	73	118,37	0,8	1,15	0
73-52	52	117,47	0,8	1,15	0
52-53	53	115,67	0,8	1,15	0
53-54	54	113,95	0,8	1,28	0,12
57-58	58	126,31	0,8	1,06	0
58-60	60	124,46	0,8	1,06	0
59-60	60	124,46	0,8	1,06	0
60-61	61	123,21	0,8	1,06	0
61-72	72	121,94	0,8	1,1	0,04
72-28	28	120,64	0,8	1,21	0,1
24-25	25	124,17	0,8	1,06	0
25-67	67	123,62	0,8	1,06	0
67-26	26	123,08	0,8	1,06	0
26-27	27	122,65	0,8	1,1	0,04
27-69	69	121,62	0,8	1,1	0
69-28	28	120,64	0,8	1,21	0,1
30-29	29	121,35	0,8	1,14	0,08
32-31	31	121,55	0,8	1,14	0,08
40-37	37	126,33	0,8	1,08	0,02
38-39	39	126,65	0,8	1,06	0
39-37	37	126,31	0,82	1,08	0
37-36	36	124,92	0,8	1,06	0
36-33	33	123,78	0,8	1,1	0,04
34-35	35	124,63	0,8	1,06	0
35-33	33	123,78	0,8	1,1	0,04
33-70	70	122,62	0,8	1,1	0
70-31	31	121,51	0,8	1,15	0,04
31-29	29	121,26	0,8	1,15	0
29-28	28	120,59	0,8	1,21	0,06
28-62	62	119,15	0,8	1,22	0
62-63	63	118,56	0,8	1,22	0
63-64	64	118,03	0,8	1,22	0
64-65	65	117,59	0,8	1,22	0
65-66	66	115,74	0,8	1,22	0
66-54	54	113,89	0,8	1,28	0,06
54-55	55	113,81	0,84	1,29	0
55-56	56	113,74	0,82	1,28	0
21-22	22	121,39	0,8	1,06	0
22-68	68	120,76	0,8	1,06	0
68-23	23	120,14	0,8	1,06	0
23-11	11	119	0,8	1,07	0,01

12-13	13	119,43	0,83	1,09	-0,02
13-14	14	119,24	2,8	3,07	-2
14-11	11	118,99	0,81	1,07	0
17-18	18	129,71	0,8	1,06	0
18-19	19	127,87	0,8	1,06	0
20-19	19	127,87	0,8	1,06	0
19-8	8	125,64	0,8	1,07	0,01
7-6	6	128,63	0,8	1,07	0
0-1	1	137,09	0,8	1,06	0
1-2	2	133,57	0,8	1,07	0
2-3	3	132,34	0,8	1,1	0,04
4-5	5	133,62	0,8	1,06	0
5-3	3	132,34	0,8	1,1	0,04
3-6	6	128,59	0,8	1,1	-0,03
6-8	8	125,58	0,86	1,12	-0,05
8-9	9	123,69	0,86	1,12	-0,05
9-10	10	122,24	0,81	1,1	0,04
10-11	11	118,96	0,84	1,1	-0,04
11-15	15	116,04	0,92	1,27	-0,05
15-16	16	114,14	0,86	1,21	0

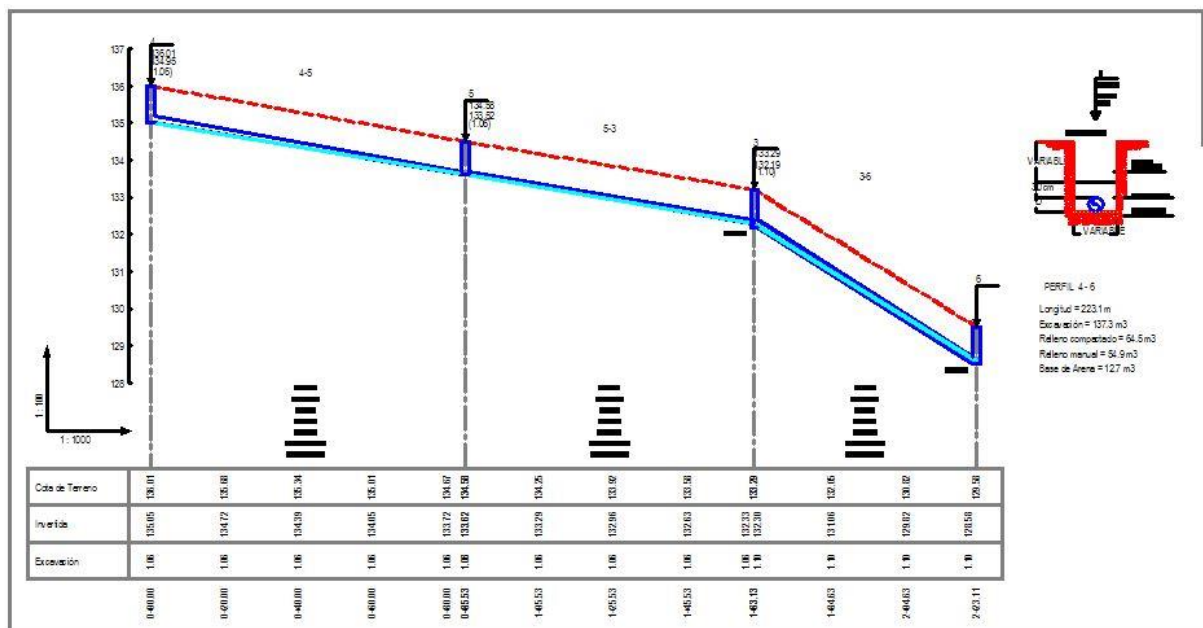
Generales:

ID	Sector	Dens. de Pobl.	Dotación	Tipo de Tub.
51-74	Sect-1	300	230	New
74-50	Sect-1	300	230	New
41-42	Sect-1	300	230	New
42-43	Sect-1	300	230	New
43-44	Sect-1	300	230	New
44-45	Sect-1	300	230	New
45-71	Sect-1	300	230	New
71-46	Sect-1	300	230	New
46-47	Sect-1	300	230	New
47-48	Sect-1	300	230	New
48-49	Sect-1	300	230	New
49-50	Sect-1	300	230	New
50-73	Sect-1	300	230	New
73-52	Sect-1	300	230	New
52-53	Sect-1	300	230	New
53-54	Sect-1	300	230	New
57-58	Sect-1	300	230	New

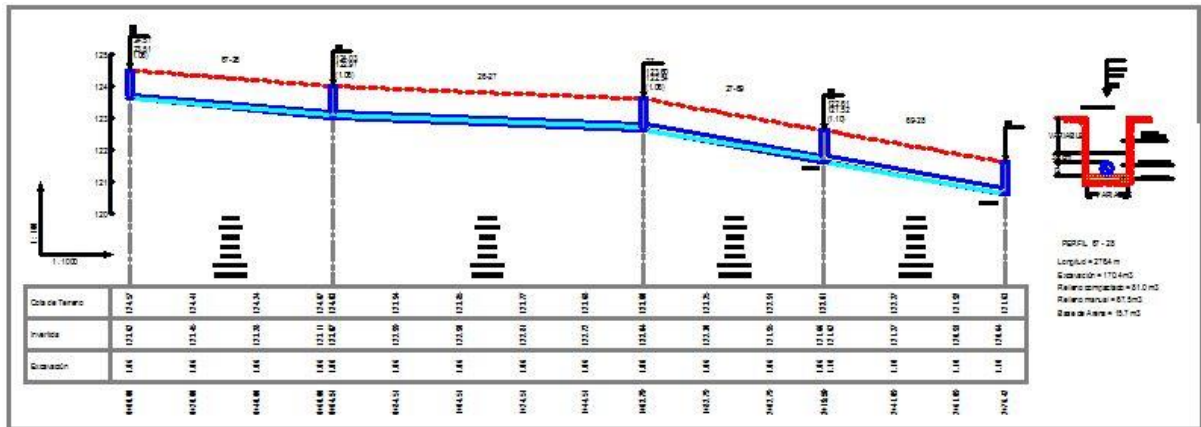
58-60	Sect-1	300	230	New
59-60	Sect-1	300	230	New
60-61	Sect-1	300	230	New
61-72	Sect-1	300	230	New
72-28	Sect-1	300	230	New
24-25	Sect-1	300	230	New
25-67	Sect-1	300	230	New
67-26	Sect-1	300	230	New
26-27	Sect-1	300	230	New
27-69	Sect-1	300	230	New
69-28	Sect-1	300	230	New
30-29	Sect-1	300	230	New
32-31	Sect-1	300	230	New
40-37	Sect-1	300	230	New
38-39	Sect-1	300	230	New
39-37	Sect-1	300	230	New
37-36	Sect-1	300	230	New
36-33	Sect-1	300	230	New
34-35	Sect-1	300	230	New
35-33	Sect-1	300	230	New
33-70	Sect-1	300	230	New
70-31	Sect-1	300	230	New
31-29	Sect-1	300	230	New
29-28	Sect-1	300	230	New
28-62	Sect-1	300	230	New
62-63	Sect-1	300	230	New
63-64	Sect-1	300	230	New
64-65	Sect-1	300	230	New
65-66	Sect-1	300	230	New
66-54	Sect-1	300	230	New
54-55	Sect-1	300	230	New
55-56	Sect-1	300	230	New
21-22	Sect-1	300	230	New
22-68	Sect-1	300	230	New
68-23	Sect-1	300	230	New
23-11	Sect-1	300	230	New
12-13	Sect-1	300	230	Exist
13-14	Sect-1	300	230	Exist
14-11	Sect-1	300	230	Exist
17-18	Sect-1	300	230	New
18-19	Sect-1	300	230	New
20-19	Sect-1	300	230	New
19-8	Sect-1	300	230	New

7-6	Sect-1	300	230	New
0-1	Sect-1	300	230	New
1-2	Sect-1	300	230	New
2-3	Sect-1	300	230	New
4-5	Sect-1	300	230	New
5-3	Sect-1	300	230	New
3-6	Sect-1	300	230	New
6-8	Sect-1	300	230	Exist
8-9	Sect-1	300	230	Exist
9-10	Sect-1	300	230	Exist
10-11	Sect-1	300	230	Exist
11-15	Sect-1	300	230	Exist
15-16	Sect-1	300	230	Exist

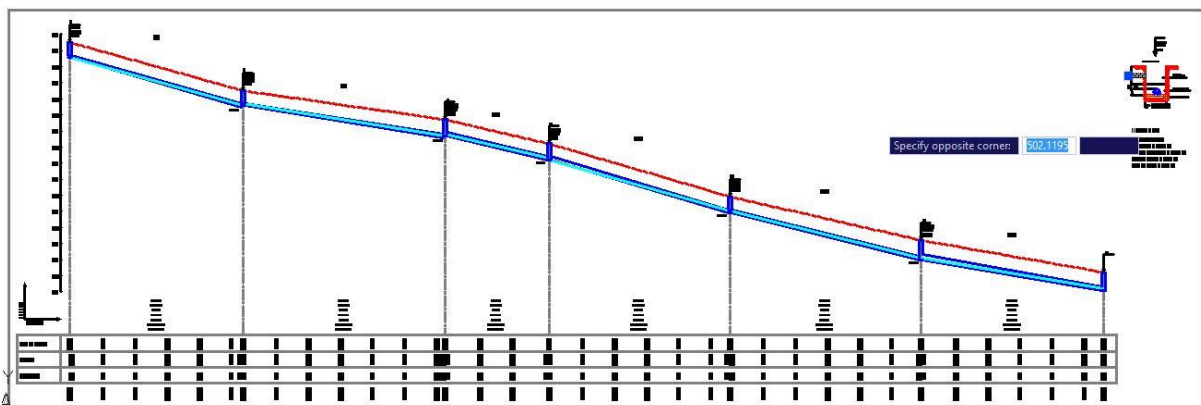
Algunos perfiles delas tuberías:



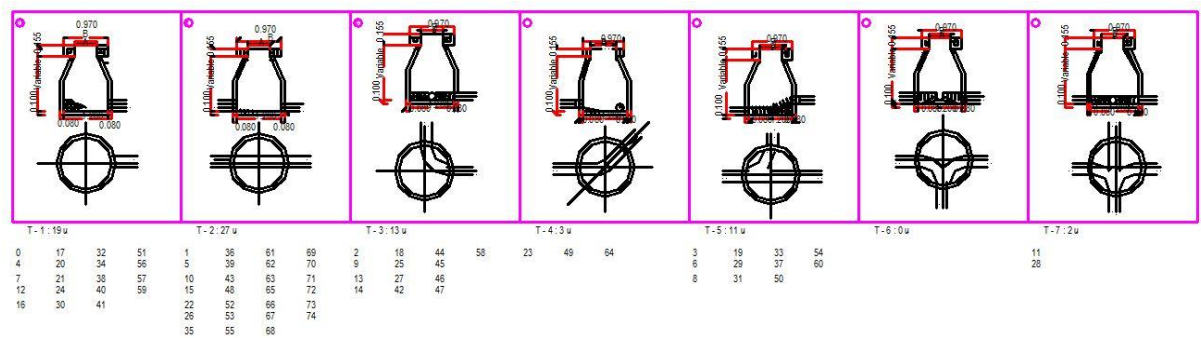
Perfil de la tubería del R-4 al R-6.



Perfil de la tubería del R-67 al R-28.



Perfil de la tubería del R-6 al R-16.



Formas de los Registros

Software utilizados:



Imagen del SewerUp.

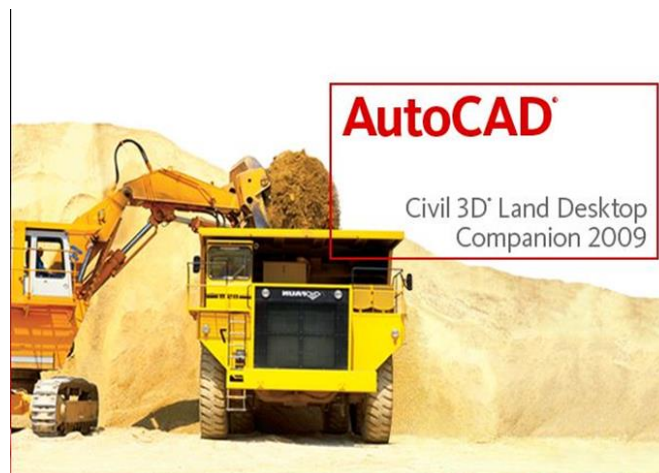


Imagen de AutoCAD