

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

*ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y
DRENAJE PLUVIAL “CIRCUITO HIDROMÉTRICO SORRIBE-SANTA
ROSA, SANTIAGO DE CUBA”.*

*TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERA HIDRÁULICA.*

AUTORA: Yilian Arlettis Durruty Matos

TUTORES: *MSc. Eudel Michel Rojas*

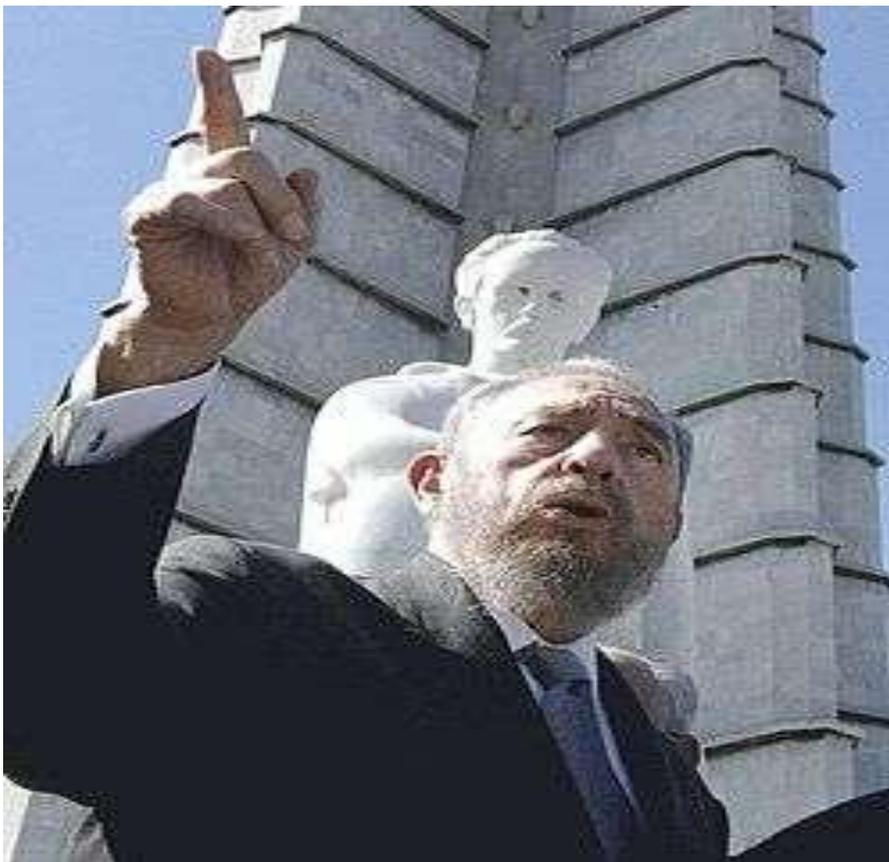
MSc. Prof. Onell Pérez Hernández

Santiago de Cuba, 2020

PENSAMIENTO

Los poderosos discuten las formas del nuevo reparto del mundo. Los pobres y los países pequeños tratamos de saber cómo vamos a sobrevivir las próximas décadas, si somos Islas a unos cuantos metros del mar, nos preguntamos qué ocurrirá cuando las aguas suban de nivel y si podremos enfrentar las sequias, los ciclones y demás catástrofes climáticas que nos esperan.

Fidel Castro (1992)



DEDICATORIA

Este trabajo esta principalmente dedicado a mis padres que han sido ese pilar en todo lo que soy hoy, en toda mi educación, tanto académica, como en la vida; por su apoyo incondicional perfectamente mantenido durante todo este tiempo, a mi hermano, a mis primos, a mi abuela q me cuida desde arriba, en general a toda mi familia y a los amigos que se preocuparon,

A todos

Muchas Gracias

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incondicional y especial atención en todo, guiándome y aconsejándome para enfrentar los desafíos que se me presentan en el camino.

A mi hermano por estar cuando más lo necesitaba, y por su comprensión y apoyo.

Al Msc. Eudiel Michel Rojas por brindarme la apertura de este trabajo de investigación así como su colaboración en el transcurso del mismo.

Al Msc. Profesor. Onel Pérez por su enriquecedora contribución para el desarrollo y culminación de este trabajo.

AL Departamento de Ingeniería Hidráulica y a todos los profesores que de una manera u otra han hecho posible que este sueño se hiciera realidad.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio técnico del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico Sorribe-Santa Rosa del consejo popular los Olmos de la ciudad de Santiago de Cuba, con el objetivo de proponer medidas para mejorar el funcionamiento de este sistema, para ello se realizó un recorrido por la zona de estudio y se diagnosticó la situación actual de funcionamiento y como resultado de la evaluación se determinó que para el caso del sistema de drenaje pluvial , los principales problemas se localizan en la zona alta de dicho circuito, evidenciándose obstrucción y roturas de los componentes de los registros de inspección y en el caso del sistema de alcantarillado los principales problemas se localizan en los registros de inspección de los colectores principales localizados en la zona baja del circuito, observándose derrame de agua residual debido a la obstrucción de los mismos por falta de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo por parte de la Empresa explotadora .

Palabras claves: alcantarillado-drenaje pluvial urbano-mantenimiento-circuito hidrométrico.

SUMMARY

In this paper, a technical study of the sewerage and storm drainage system of the Sorribe-Santa Rosa hydrometric circuit of the Los Olmos popular council of the city of Santiago de Cuba is carried out, with the aim of proposing measures to improve the operation of this system, For this, a tour of the study area was made and the current operating situation was diagnosed and as a result of the evaluation it was determined that in the case of the storm drainage system, the main problems are located in the upper area of said circuit, evidencing obstruction and breakage of the components of the inspection registers and in the case of the sewage system, the main problems are located in the inspection registers of the main collectors located in the lower zone of the circuit, observing residual water spillage due to the obstruction of the same due to lack of preventive and corrective maintenance actions by the operating company.

Keywords: sewerage-urban storm drainage-maintenance-hydrometric circuit.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1:Características generales de las aguas residuales..	7
1.1 Características generales de las aguas residuales.....	7
1.2 Sistemas hidráulicos del alcantarillado sanitario.....	8
1.3 Elementos de un sistema de alcantarillado sanitario.....	9
1.3.1 Tipos de sistemas de alcantarillado.....	9
1.4Características generales de los Sistemas de Alcantarillado..	11
1.5 Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano.....	12
1.5.1 Consecuencias del deterioro más notales de los Sistemas Pluviales.....	14
1.5.2 Necesidad de construir simultáneamente las redes hidráulicas.....	14
1.6 Diferencias y Semejanzas entre las redes de alcantarillado sanitario y pluvial.....	15
CAPITULO 2: Materiales y Métodos.....	16
2.1 Aspectos Hidráulicos.....	16
2.2 Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico.....	16
2.3 Alcantarillado de la provincia de Santiago de Cuba.....	17
2.3.1 Antecedentes del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de Santiago de Cuba.....	18
CAPITULO 3: Análisis de los Resultados.....	19
3.1 Características de los Sistemas de Alcantarillado y Drenaje Pluvial de la zona objeto de estudio.....	19
3.2 Diagnostico de la situación actual del Sistema de Alcantarillado y Drenaje Pluvial.....	19
3.3 Propuesta de medidas para mejorar el funcionamiento del Sistema de Alcantarillado y Drenaje Pluvial.....	25
3.4 Propuesta de medidas para el mantenimiento preventivo.....	26
CONCLUSIONES.....	28
RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

La concepción del saneamiento urbano es el conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar y mantener las condiciones higiénicas en una comunidad, existiendo en los núcleos poblacionales diferentes sistemas que están concebidos y diseñados para lograr tales objetivos como el de la recogida de desechos sólidos, la limpieza de los viales y las acciones sanitarias para la eliminación de vectores dañinos a la vida humana.

Dentro de estos es válido incluir los sistemas hidráulicos del alcantarillado sanitario y el sistema de drenaje pluvial urbano, los cuales cumplen las funciones del concepto de saneamiento antes expuesto. Sería imposible tratar el tema de los sistemas de acueducto sin mencionar su contrapartida, los sistemas del alcantarillado, ya que, si el primero facilita la distribución del suministro de agua a partir de una o varias fuentes, el otro permite la captación y conducción de los residuales emitidos por cada usuario hasta el lugar de su tratamiento o deposición final.

Si los sistemas de acueducto tienen como promedio solo el 15% de accesibilidad a lo largo de su trayectoria, el alcantarillado podría tener un 25-30%, instalándose casi paralelo a lo largo de zonas urbanas y/o industriales que benefician, pero regularmente a variada profundidades, con sistemas de tuberías, tareas operacionales y funcionales con grandes diferencias entre si [Iglesias 2015].

Unido a lo anterior está el sistema de drenaje pluvial urbano que como su nombre lo indica, su único objetivo es captar zonalmente en áreas urbanizadas los crecientes volúmenes de agua producto de las precipitaciones y descargarlos en las corrientes fluviales más cercanas o al mar, aunque hay que expresar que ambos con funciones sociales y humanas muy definidas que los hacen de obligada presencia.

Los sistemas hidráulicos de saneamiento se pudieran describir como sistemas hidráulicos independientes que permiten de una forma permanente la evacuación de las aguas negras residuales [alcantarillado], tanto doméstico como de variados tipos de servicios y producciones previamente tratados o no, pero todos dañinos al ser humano y al medioambiente , así como la captación y evacuación de las aguas de lluvia en exceso[drenaje pluvial],para evitar los costosos daños por inundaciones, estancamiento de agua o corrientes superficiales incontroladas”.

Durante mucho tiempo solo existían preocupaciones para garantizar el suministro de agua, quedando sin resolver la evacuación de los crecientes volúmenes de residuales que fluían o se acumulaban por todas partes, hasta que se elevó tanto el nivel de insalubridad con sus consecuencias, que fue obligado buscar una solución a tan complicado problema. Después de un largo periodo que se extendió en algunos lugares del mundo a siglos, se analizaron y estudiaron las posibles soluciones ingenieras de la situación creada y sobre todo de convencer a los funcionarios de cada época de la necesidad de invertir recursos en soluciones seguras para la salud que fueran viables y perdurables.

Fue entonces que se comenzaron a ejecutar elementales sistemas de captación y traslado de las aguas negras por variadas formas, las cuales fueron evolucionando en el tiempo, canalizándose primero y entubándose después, y orientándolas hacia áreas o corrientes naturales cercanas donde se podía hacer simple descarga, alejando al menos los peligros de su contacto con los pobladores de las zonas urbanas. Pasó una larga etapa también antes que el hombre advirtiera de que según se incrementaban los volúmenes de agua y se complejizaban los procesos productivos, sé emitían residuales cada vez más tóxicos y que debido a su deposición no controlada, también se afectaría su entorno y medioambiente.

Al igual que el alcantarillado, el drenaje pluvial es un complejo sistema ingeniero que también se hizo imprescindible ya que según crecían las urbanizaciones, se disminuían las áreas verdes y se reducían a la vez las posibilidades de infiltración de no bajos volúmenes de agua de lluvia lo que aumentó el volumen pluvial a evacuarse superficialmente con lo cual las áreas pavimentadas sobre todo las calles y avenidas en cotas medias y bajas, se convertían en verdaderos ríos, buscando salidas hacia el mar o hacia otras corrientes fluviales cercanas con las consecuencias que imaginaran.

La ciudad de Santiago de Cuba es la segunda en importancia de nuestro país, con una densidad poblacional de 164.8 Hab/km² correspondiente a 513 000 habitantes sumando la población flotante. Esta ciudad cuenta con una extensión territorial de 6 156.4 km², de ella urbanizada y sin urbanizar por lo que es imprescindible contar con un sistema de evacuación de residuales y drenaje pluvial eficiente. El primer sistema de alcantarillado proyectado data de 1920 y fue construido entre los años 1930 y 1946 por lo que en estos momentos cuenta con más de 70 años de explotación, este se diseñó para una población de 118 226 habitantes que era la existente en la ciudad en el año 1943. En su época dio respuestas al casco urbano existente y en la actualidad aún mantiene su funcionalidad. El mismo contaba con 7 colectores principales: Colector Principal Oeste, el Madre Vieja, Vista Alegre, Rajayoga, y por último el de Aguadores. [Vázquez Arias, Yacel Hidalgo, Mabel 2002].

El sistema de alcantarillado y drenaje pluvial objeto de estudio fue proyectado y construido en la década de los años 80 del pasado siglo con el objetivo de evacuar el residual líquido generado por las viviendas e instituciones estatales que se encuentran dentro del circuito. El sistema de alcantarillado y drenaje pluvial proyectado en la zona de estudio es del tipo separativo ya que la red de alcantarillado solamente recoge las aguas residuales domésticas y de instituciones estatales, mientras que las aguas pluviales son recolectadas por medio de otra red de conductos independientes.

Diseño de la investigación.

Problema de investigación: El inadecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial existente en el circuito hidrométrico “Sorribe-Santa Rosa de la ciudad de Santiago de Cuba” debido a la falta de mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

Objeto.

Los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico “Sorribe-Santa Rosa de la ciudad de Santiago de Cuba”.

Objetivo general.

Proponer medidas para mejorar el funcionamiento de la red de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico Sorribe-Santa Rosa de la ciudad de Santiago de Cuba, teniendo en cuenta su estado actual de funcionamiento.

Campo de acción de la investigación.

El funcionamiento de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico objeto de estudio.

Objetivos específicos.

1. Describir los elementos teóricos-conceptuales de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial urbanos.
2. Realizar un diagnóstico de la situación actual del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial objeto de estudio teniendo en cuenta la realización del recorrido por la zona.
3. Realizar la evaluación preliminar de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial y proponer medidas de reparación, mantenimiento o sustitución de sus componentes para mejorar el funcionamiento de dichos sistemas.

Justificación de la investigación.

A partir del problema planteado y dada la importancia que tienen los sistemas de alcantarillado y el drenaje pluvial urbano para la sociedad en su conjunto; la mejora del funcionamiento de estos sistemas, constituyen una necesidad para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado "Agua Santiago", por lo que la investigación justifica:

En el plano teórico: ya que se conceptualizan los términos asociados al campo de acción y objeto de estudio de la investigación.

En el contexto metodológico: se proponen medidas soportadas en herramientas técnicamente argumentadas que le posibilita a la entidad la operación y el mantenimiento a los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial de la zona objeto de estudio.

Desde el punto de vista práctico: se brindan los resultados obtenidos a la Dirección de Mantenimiento de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado

"Agua Santiago" para que contribuya a mantener el óptimo funcionamiento de estos sistemas.

Hipótesis: Si se diagnostica la situación del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico Sorribe-Santa Rosa de la ciudad de Santiago de Cuba, teniendo en cuenta su estado actual de funcionamiento y se proponen medidas para su explotación apropiada, se contribuye a mejorar la situación higiénico sanitaria de la población de esta zona con un efecto positivo en su calidad de vida.

Estructura de la investigación.

Para su presentación, la tesis está estructurada en tres capítulos: El primero aborda el marco teórico- conceptual referente a los sistemas de alcantarillado y el drenaje pluvial urbano e incluye todo el contenido relacionado con el estudio bibliográfico; en el segundo se explican los materiales y métodos empleados para la investigación, se hace referencia a las condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial; en el tercer capítulo se plantean los resultados obtenidos de la investigación. Finalmente se brindan un conjunto de conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación efectuada y una recopilación de todas las

bibliografías consultadas y referenciadas, como complemento de los resultados expuestos.

Tareas a desarrollar:

1. Recolección de información teórica y técnica sobre el objeto de investigación.
2. Realizar la ruta o recorrido para la caracterización del área donde está ubicado el circuito hidrométrico objeto de estudio.
3. Actualizar el inventario de registros de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico.
4. Propuesta de medidas para mejorar el funcionamiento del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico objeto de estudio.
5. Presentación de los resultados.

Capítulo 1. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Características generales de las aguas residuales.

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

Las aguas residuales se originan fundamentalmente 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. Generalmente las aguas de desechos reciben el nombre de aguas residuales y pueden clasificarse en cuatro clases según su procedencia, [Driggs, 2007], las cuales se muestran a continuación:

- ✚ Albañal o residual doméstico: Proviene de viviendas, edificios públicos y otras instalaciones, generalmente es un líquido gris pardo de olor característico, formado por las aguas que provienen de las descargas de los inodoros, lavabos, pocetas, bañaderas, fregaderos, lavaderos, etc. Los mismos siempre tienen un contenido elevado de microorganismos patógenos que los convierten en un elemento nocivo.
- ✚ Aguas residuales industriales: Son las aguas desechadas en la elaboración de los productos industriales y que pueden tener muy variada composición, y siempre será necesario su caracterización caso por caso.
- ✚ Aguas residuales de comercios y servicios: Proviene de locales comerciales y otras instalaciones públicas, así como de hospitales, cafeterías, etc.
- ✚ 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, esto solo pasa en casos de rotura.
- ✚ Aguas de lluvia: Incluye todas las formas de precipitación: lluvia, nieve, granizo y niebla.

La composición de los desechos residuales se analiza con diversas mediciones

Físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno [DBO₅], la demanda química de oxígeno [DQO] y el PH.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO₅ y DQO. La DBO₅ es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos. [Carpio, A; García 2011].

1.2 Sistemas hidráulicos del alcantarillado sanitario.

La concepción del saneamiento urbano es “el conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar y mantener las condiciones higiénicas en una comunidad”, existiendo en los núcleos poblacionales diferentes sistemas que están concebidos y diseñados para lograr tales objetivos como el de la recogida de desechos sólidos, la limpieza de viales y las acciones sanitarias para la eliminación de vectores dañinos a la vida humana. Dentro de estos es totalmente válido incluir los sistemas hidráulicos del alcantarillado sanitario y el sistema de drenaje pluvial urbano, los cuales cumplen cabalmente las funciones del concepto del saneamiento antes expuesto [Iglesias 2015].

Sería imposible tratar los sistemas de acueductos sin mencionar su contrapartida, los sistemas de alcantarillado, ya que, si el primero facilita la distribución del suministro del agua a partir de una o varias fuentes, el otro permite la captación y conducción de los residuales emitidos por cada usuario hasta el lugar de su tratamiento o disposición final. Los sistemas de acueductos tienen solo 15% de accesibilidad a lo largo de su trayectoria, el alcantarillado

podría tener un 25-30%, instalándose casi paralelos a lo largo de las zonas urbanas y/o industriales que benefician, pero regularmente a variadas profundidades, con sistemas de tuberías, tareas operacionales y funcionales con grandes diferencias entre sí.

1.3 Elementos de un sistema de alcantarillado sanitario.

Según [Pérez Monteagudo 2001], un sistema de alcantarillado sanitario es un conjunto de conductos o cloacas y accesorios, así como de planta de tratamiento donde se requieran, destinados a recoger los residuos líquidos de la población servida y conducirlos a un punto de disposición final, de manera que no produzcan molestias a la población y contribuyan también a mantener la salud pública [ver figura 1].

Un sistema de alcantarillado sanitario está constituido por obras para:

- ✚ Captación o recolección de residuos líquidos.
- ✚ Transporte o conducción.
- ✚ Tratamiento [si fuera necesario].
- ✚ Disposición final.

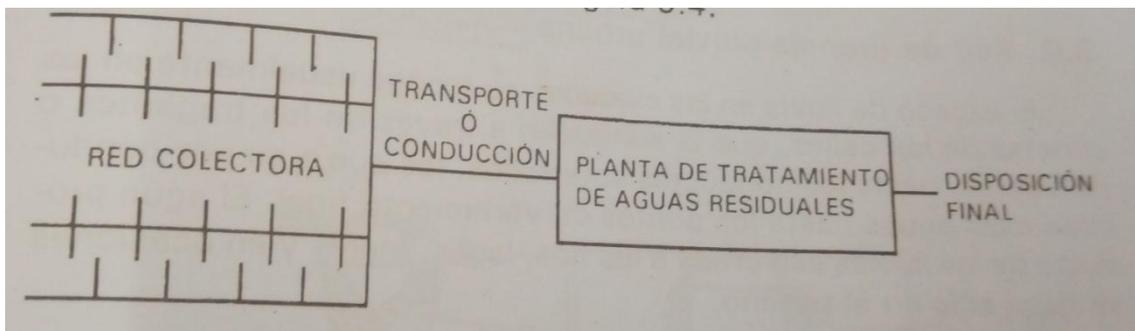


Figura 1 Sistema de alcantarillado urbano [Pérez Monteagudo 2001].

1.3.1 Tipos de sistemas de alcantarillado.

Existen dos tipos de sistemas de alcantarillado:

Unitario o combinado de canalización única: En este sistema el alcantarillado recoge todas las aguas excedentes tanto domésticas como industriales, las infiltraciones subterráneas y las aguas pluviales, mediante un sistema de conductos únicos. [Ver figura 2].



Figura 2 Esquema de redes de alcantarillado unitarias. [Comisión Nacional del agua 2009].

El separado o separativo de caracterización doble: en este sistema la red de alcantarillado recoge solamente las aguas residuales domésticas o industriales, mientras que las aguas pluviales son recolectadas por medio de otra red de conductos independientes. Este sistema es el más recomendable. [ver figura 3]

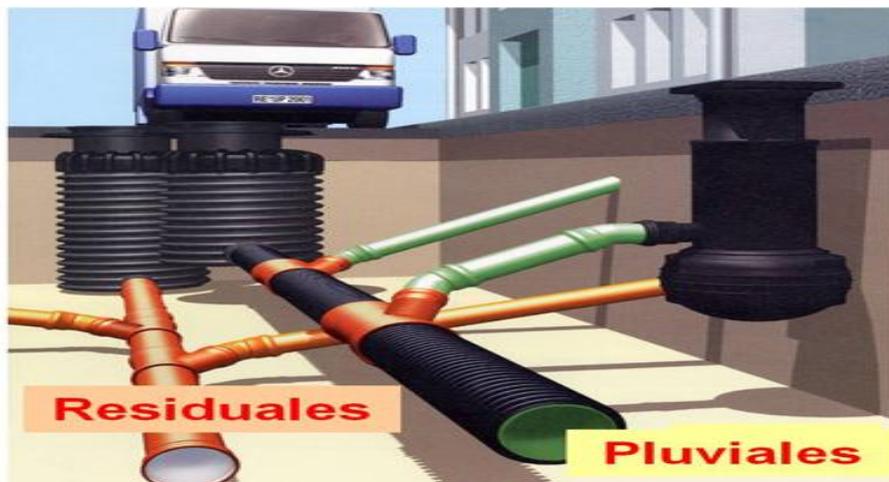


Figura 3 Esquema de redes de alcantarillado separativas. [Comisión Nacional del agua 2009].

Fuentes de aguas residuales.

En general se puede considerar que las aguas que se eliminan a través de los sistemas de agua residuales son los siguientes:

- ✚ Aguas residuales domésticas.
- ✚ Aguas residuales industriales.
- ✚ Aguas pluviales.

- ✚ Aguas Subterráneas.

Tipos de conductos.

Los conductos y elementos típicos de un sistema de alcantarillado son:

- ✚ Entronques.
- ✚ Laterales.
- ✚ Cloacas secundarias.
- ✚ Cloacas maestras o principales.
- ✚ Interceptores o colectores.
- ✚ Cloacas de reboso o aliviaderos.
- ✚ Emisarios.
- ✚ Registros.

1.4 Características generales de los sistemas de alcantarillado.

El aspecto básico que diferencia a estos sistemas hidráulicos de saneamiento de otras obras hidráulicas es que trasladan variados volúmenes de agua, funcionando generalmente a gravedad y, salvo en algunos puntos de su trayectoria, no es necesaria prácticamente ninguna manipulación para su operación, dependiendo exclusivamente de una acertada concepción hidráulica y de las posibilidades de realizarles sistemáticos trabajos de conservación.

Las características esenciales de estos sistemas se pueden resumir en:

1. Su comportamiento es muy dependiente de la calidad de los estudios topográficos iniciales y de los replanteos durante la ejecución de las obras.
2. De su diseño inicial dependerá la eficiencia y autonomía operacional del sistema.
3. En un sistema de alcantarillado influye mucho en su eficiencia los niveles de sólidos que contengan las aguas residuales.
4. Las presiones de trabajo admisibles por las tuberías no rebasan los 0,25 MPa [2,5 atm], pues funcionan con circulación libre a gravedad, salvo la presencia puntual en los rebombes, donde generalmente no son altas.
5. En estos sistemas se utilizan tuberías de varios diámetros, dependiendo de su función dentro de la red:

- a) Entronques Ø 6" [150mm].
 - b) Redes Ø 8" [200mm] – 10" [250mm].
 - c) Colectores Ø 12" [300mm] – 16" [400mm] – 20" [500mm]- 24" [600mm].
 - d) Emisores Ø 78" [1950mm] – 84" [2100mm].
6. En la tabla 1, se muestran los materiales más comunes utilizados en las tuberías, según su ubicación:

Tabla 1 Materiales más comunes utilizados en las tuberías de alcantarillado. [Iglesias 2015].

No	Material	Lugar más usual de instalación
1	Barro y PVC	§ En el interior de las viviendas
2	Asbesto cemento	§ Colectores secundarios
3	Hormigón prefabricado	§ En colectores principales
4	Poliuretano expandido y PAD	§ Uso múltiple en red y colectores de los sistemas
5	Hierro fundido	§ Ya existente, quedando solo en las redes viejas

1.5 Sistemas de drenaje pluvial urbano.

El exceso de lluvia en las ciudades se recoge usualmente en las cunetas de las calles, que la conducen a través de los tragantes o sumideros, hasta los conductos soterrados, los que a su vez conducirán esas aguas hasta los puntos de vertimiento final. El agua producto de las lluvias es vertida a los ríos, lagos, mares y en ocasiones se riega solo en el terreno.

Partes componentes de un sistema de drenaje pluvial urbano.

Tragantes o sumideros: son instalaciones de entrada que interceptan y dirigen las aguas pluviales de las cunetas de las calles hacia el sistema de drenaje soterrado. Hay tres tipos de tragantes:

- ✚ Sumideros de acera {solo una abertura en la cara del contén}.
- ✚ Sumideros de cuneta {una abertura de la cuneta con una rejilla protectora}

- ✚ Sumideros mixtos {combinan las características de los dos anteriores}.

Registros [similar al alcantarillado].

Estas instalaciones [figura 4], conectan los tragantes con las líneas de drenaje, este tipo de elemento es necesario colocarlo donde ocurren cambio de diámetro, pendiente o dirección. Tienen los siguientes propósitos:

Servir de acceso al dren para su limpieza e inspección.

- ✚ Para actuar en caja receptora de los drenes tributarios.
- ✚ Para actuar en caja receptora de los drenes tributarios.

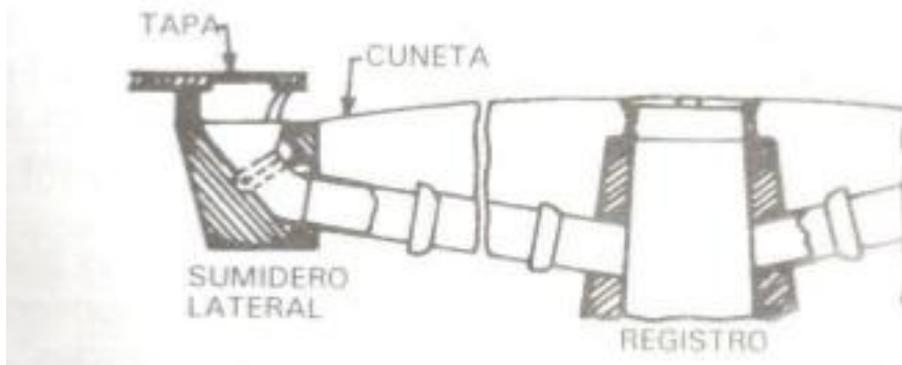


Figura 4 Registro similar al alcantarillado. [Fuente. Pérez Monteagudo 2001].

Red colectora:

Está compuesta por los mismos tipos de conductos que el alcantarillado, con el propósito de conducir las aguas pluviales hacia el punto de vertimiento final. Es de importancia señalar que el diámetro de los conductos no debe disminuir en el sentido aguas abajo del flujo y que la pendiente del mismo debe seguir la del terreno tanto como sea posible tratando de evitar excavaciones excesivas.

Los sistemas de drenaje pluvial urbano poseen 40-50% de acceso directo a su infraestructura, cifra mayor que los del alcantarillado, pues aparte de los registros intermedios de acceso para la limpieza, en las esquinas de los lugares más bajo de los viales existen tragantes pluviales-uno o varios del mismo tipo y tamaño –según el gasto estimado a evacuar en el tiempo previsto. El diseño más usual de los sistemas de captación pluvial es por cuencas hidrográficas urbanas, aprovechándose al máximo las particularidades del relieve del terreno

y la descarga final de estos sistemas es directamente hacia vaguadas, ríos, presas, lagunas o al mar.

1.5.1 Consecuencias del deterioro más notables de los sistemas pluviales.

Algunas de las consecuencias del deterioro más notables de estos sistemas son:

- ✚ Desbordamientos de los sistemas por los registros y tragantes.
- ✚ Inundaciones eventuales durante grandes aguaceros.
- ✚ Fetidez y proliferación de vectores y de enfermedades.
- ✚ Interrupción por inundación de las vías públicas.

La agresión en los mismos también es muy alta, producto de la indisciplina social y estatal en algunos casos, produciéndose grandes obstrucciones por arrastres de materiales de construcción y escombros mal ubicados en las calles y sin protección alguna, sacos y jabas de nylon, cartones sueltos, polvo acumulado en los viales, restos y raíces de plantas, etc., que se compactan en las tuberías, disminuyendo las posibilidades de evacuación y creando zonas de inundaciones.

1.5.2 Necesidad de construir simultáneamente las redes hidráulicas.

En los núcleos urbanos el uso del agua por el hombre requiere que además del sistema de suministro correspondiente, se tenga un sistema de disposición de las aguas que se han utilizados, la que son denominadas aguas residuales propiamente, aunque a veces se denominan aguas negras, aguas cloacales y/o albañales. Este sistema de recolección de las aguas residuales tiene como objeto alejar lo más rápido posible estas aguas del núcleo urbano, para así asegurar las condiciones higiénicas y sanitarias de la población.

El sistema de recolección y disposición final de las mencionadas aguas, constituyen el sistema de alcantarillado. También a las aguas de lluvia hay que darles curso y deben ser conducidas a otros lugares fuera del núcleo urbano donde no provoquen trastornos asociados a las inundaciones. El sistema de drenaje pluvial también forma parte del sistema general de alcantarillado, aunque frecuentemente constituye un subsistema independiente [ver figura 5].



Figura 5 Sistema de drenaje pluvial. [Fuente. Pérez Monteagudo 2001].

1.6 Diferencias y semejanzas entre las redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

- ✚ Alcantarillado sanitario: Todas las cuadras tienen una tubería, de todas las edificaciones sale una tubería que se conecta al sistema de drenaje.
- ✚ Alcantarillado pluvial: No todas las cuadras tienen que tener una tubería, no es necesario que todas las edificaciones se conecten al sistema de drenaje. Con relación a su diseño los diámetros y registros son totalmente diferentes.
- ✚ Semejanzas: No se utilizan los enlaces [v, t, codo, etc.]. Poseen registros o pozos de visita. [Hernández Muñoz 1997].

Capítulo 2: MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Aspectos hidráulicos.

La eficiencia del funcionamiento hidráulico de un sistema de alcantarillado para conducir ya sea aguas residuales, pluviales o ambas, depende de sus características físicas.

Los conceptos básicos de Hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan entre otros a los siguientes: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales.

2.2. Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico.

Durante el diseño de una red de alcantarillado, se pretende que los costos de construcción no sean elevados, y por otra parte que la red sea funcional en los aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento de la misma.

Conviene que antes de abordar el procedimiento de diseño de una red de alcantarillado se revisen las recomendaciones prácticas para lograr un diseño económico y eficiente. En general, puede afirmarse que una red de alcantarillado ha sido bien diseñada cuando:

1. Se han trazado atarjeas, colectores y emisores reduciendo las distancias de recorrido hacia los sitios de vertido.
2. Existe el menor número posible de descargas por bombeo, tratando de que el sistema trabaje exclusivamente por gravedad.
3. Las pendientes de las tuberías dan al flujo velocidades aceptables en un rango específico donde se evita por una parte la sedimentación y azolve de las tuberías, y por otra, la erosión en las paredes de los conductos.
4. Se tienen volúmenes de excavación reducidos, procurando dar a las tuberías la profundidad mínima indispensable para resistir cargas vivas y evitar rupturas.
5. Es sencillo inspeccionar y dar un mantenimiento adecuado a la red de tuberías.

Las características anteriores permiten un diseño económico y funcional de la red en aspectos relacionados con la construcción y operación de la misma.

2.3 Alcantarillado de la provincia Santiago de Cuba.

Se puede hacer referencia a la existencia de los primeros 7 de la ciudad que consta con más de 60 años de explotación sin ser aun modificado conservando su ejecución original. Al ver que no sufragaba las necesidades en el tiempo por el incremento poblacional de la ciudad, entre las décadas del 70 y 80 del pasado siglo, se incrementan 8 colectores más en la zona Este de la ciudad, además de los colectores de la zona Oeste Industrial. La composición de este sistema es el siguiente:

1. Colector Marginal Oeste: recoge gran parte del casco urbano y las aguas de parte de las zonas bajas que se bombean de la Estación de Bombeo Lorraine que se encuentra funcionando.
2. Colector Cristina: recoge las aguas de la población ubicadas en la cuenca del río Yarto.
3. Colector Mariana Grajales: recoge las aguas del centro de la ciudad y parte del casco histórico y está funcionando.
4. Colector Madre Vieja: recoge las aguas residuales de repartos residenciales aledaños al mismo y se encuentra en funcionamiento.
5. Colector Zonas Bajas: evacua las aguas de los repartos Agüero, San Pedrito y Maimón, Distrito José Martí, actualmente funcionando.
6. Colector Lambton Lorraine: ubicado en la zona baja de la ciudad, junto a la bahía, entrega sus aguas a una estación de bombeo de residuales ubicada en la Avenida Jesús Menéndez entre las calles Trinidad y Habana la cual lleva los residuales a través del colector de impulsión desde el nivel del mar hasta la cota 13 donde comienza el trabajo del colector por gravedad. Tanto el colector como la parte tecnológica de la estación de bombeo funcionan y fueron rehabilitados en el año 2018.
7. Colector Aguadores: este es el conducto mediante el cual se evacuan todos los colectores actualmente descrito hasta el punto de disposición final [Playa Aguadores en el Mar Caribe].

Capítulo 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1 Características del sistema de alcantarillado y el drenaje pluvial de la zona de estudio.

El circuito hidrométrico objeto de estudio pertenece al consejo popular los Olmos, con una población de 11804 hab, el mismo cuenta con 2,3 km de redes de alcantarillado, los colectores principales están contruidos de material de barro con diámetro 10" [250mm], los colectores secundarios [entronques] que evacuan el agua residual desde las viviendas e instituciones estatales están contruidos de material de barro con diámetro de 4,33 [110mm], además cuenta con un total de 102 registros de inspección y 93 registros de drenaje.

El drenaje urbano está compuesto por conductos enterrados que recogen aguas de escorrentía, y la evacuan por la acción de la gravedad hacia una entrega localizada en la parte baja del circuito hidrométrico, cuenta además con registros de inspección al final de cada calle y se localizan fundamentalmente en la zona alta de dicho circuito.

La red de alcantarillado proyectado en la zona objeto de estudio es del tipo separativo ya que recoge solamente las aguas residuales domésticas y de instituciones estatales, mientras que las aguas pluviales son recolectadas por medio de otra red de conductos independientes como se explica en el párrafo anterior. Los colectores de mayor diámetro, se ubican en las calles más baja para facilitar el drenaje de la zona alta, el trazado del mismo es recto y se ubica sobre el eje central de las calles, evitando su cruce con edificaciones.

3.2 Diagnóstico de la situación actual del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial.

Drenaje pluvial.

En el recorrido realizado por la zona de estudio, se pudo comprobar que, en la parte alta del circuito hidrométrico, los principales problemas se localizan en el drenaje pluvial ver [tabla 2], lo cual evidencia la falta de mantenimiento preventivo y correctivo de estos sistemas por parte de la empresa explotadora.

Tabla No 2 Principales problemas del sistema de drenaje pluvial [La autora 2021].

Ubicación	Principales problemas
Calle 6 de Sorribe y General Guerra	
Calle 10 de Sorribe esquina Patricio Lubumba	
Calle 6 de Sorribe y esquina Patricio Lubumba	
Calle 10 y tercera de Sorribe	

Ubicación	Principales problemas	
Calle 4ta y Tercera de Sorribe		
Patricio Lubumba		
Calle 6 de Sorribe		
Calle 4ta de Sorribe		

Calle 6 de Sorribe



Calle 6 de Sorribe



Calle 6 de Sorribe



Calle 4ta de
Santa Rosa
esquina
Patricio
Lubumba



Calle 6 de
Santa Rosa
esquina
Patricio
Lubumba



Calle 2 de
Santa Rosa
esquina
Patricio
Lubumba



Alcantarillado.

Con respecto al sistema de alcantarillado se pudo comprobar que, en la zona baja de dicho circuito hidrométrico, se concentran los principales problemas de estos sistemas lo cual se pueden visualizar en la [tabla 3].

Tabla No 3 Principales problemas del sistema de alcantarillado [La autora 2021].

Ubicación	Principales problemas
Calle 10 esquina Patricio Lubumba	
Calle 10 esquina Patricio Lubumba	
Calle 8 esquina Patricio Lubumba	

3.3 Propuesta de medidas para mejorar el funcionamiento del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial.

Para solucionar los problemas detectados en los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial del área de estudio se propone la realización de las siguientes medidas:

Drenaje pluvial.

1. Realizar trabajos de mantenimiento, reparación y sustitución de los elementos dañados a los registros de inspección del drenaje pluvial, consistente en:

- ✚ Limpieza y extracción de material sólido de los registros obstruidos hasta el nivel de invertida de los mismos.
- ✚ Reparación de los bordes de sujeción del marco de la tapa de los registros.
- ✚ Sustitución de los elementos dañados.
- ✚ Colocación de tapas de registros que se encuentran en el interior de los mismos.
- ✚ Hacer cumplir por parte de la empresa explotadora el plan de mantenimiento previsto a estas obras hidráulicas.

Alcantarillado.

1. Realizar trabajos de mantenimiento, reparación y sustitución de los elementos dañados a los registros de inspección, así como colectores de alcantarillado, consistente en:

- ✚ Chequeo inicial externo del registro.
- ✚ Desmonte de la tapa.
- ✚ Chequeo interno del registro.
- ✚ Limpieza manual de los sedimentos en la boca y fondo del registro. Ver figura 6.
- ✚ Limpieza mecanizada de las tuberías o galerías [vehículo desobstructor].
- ✚ Verificación de la funcionalidad del sistema.
- ✚ Cierre adecuado del registro.



Figura 6 Mantenimiento de colectores y redes de alcantarillado. [Lima 2015].

3.4 Propuesta de medidas para el mantenimiento preventivo.

Para establecer el plan de mantenimiento preventivo, es importante conocer: las características de los componentes de las instalaciones, los materiales, los diámetros, longitudes, tipo de cámaras, tapas, la influencia que cada uno de ellos ejerce sobre el servicio; las normas que recomiendan los fabricantes en términos de mantenimiento; características de las calles, tipo de pavimento, profundidades de las tuberías; características del medio ambiente; caracterización del agua residual a transportar, etc. En resumen, es necesario recopilar todos los criterios apropiados.

Para organizar un plan de mantenimiento preventivo y eficiente, deben seguirse las etapas que se indican a continuación.

1. Inventario técnico e identificación de los problemas existentes. Anexo 1.
2. Clasificación de las instalaciones en grupos. Anexo 2.
3. Normas de mantenimiento preventivo.
4. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo.
5. Seguimiento, evaluación y ajustes.

Para evitar la ocurrencia de fallos en las redes de alcantarillado y el drenaje pluvial se deben adoptar las siguientes medidas:

1. Revisión periódica de los colectores principales y secundarios y registros pluviales.

2. Realizar limpieza manual de colectores hasta el límite de invertida con el objetivo de eliminar los desechos sólidos dentro del mismo.
3. Limpieza mecanizada en los colectores principales con carros de alta presión cuándo ello lo amerite.
4. La realización de estos trabajos debe ser mensual, tanto de colectores principales y secundarios como de los conductos.
5. Realizar limpieza manual de registros pluviales hasta el nivel de invertida, retirando de forma inmediata los residuos sólidos extraídos del interior de los mismos.

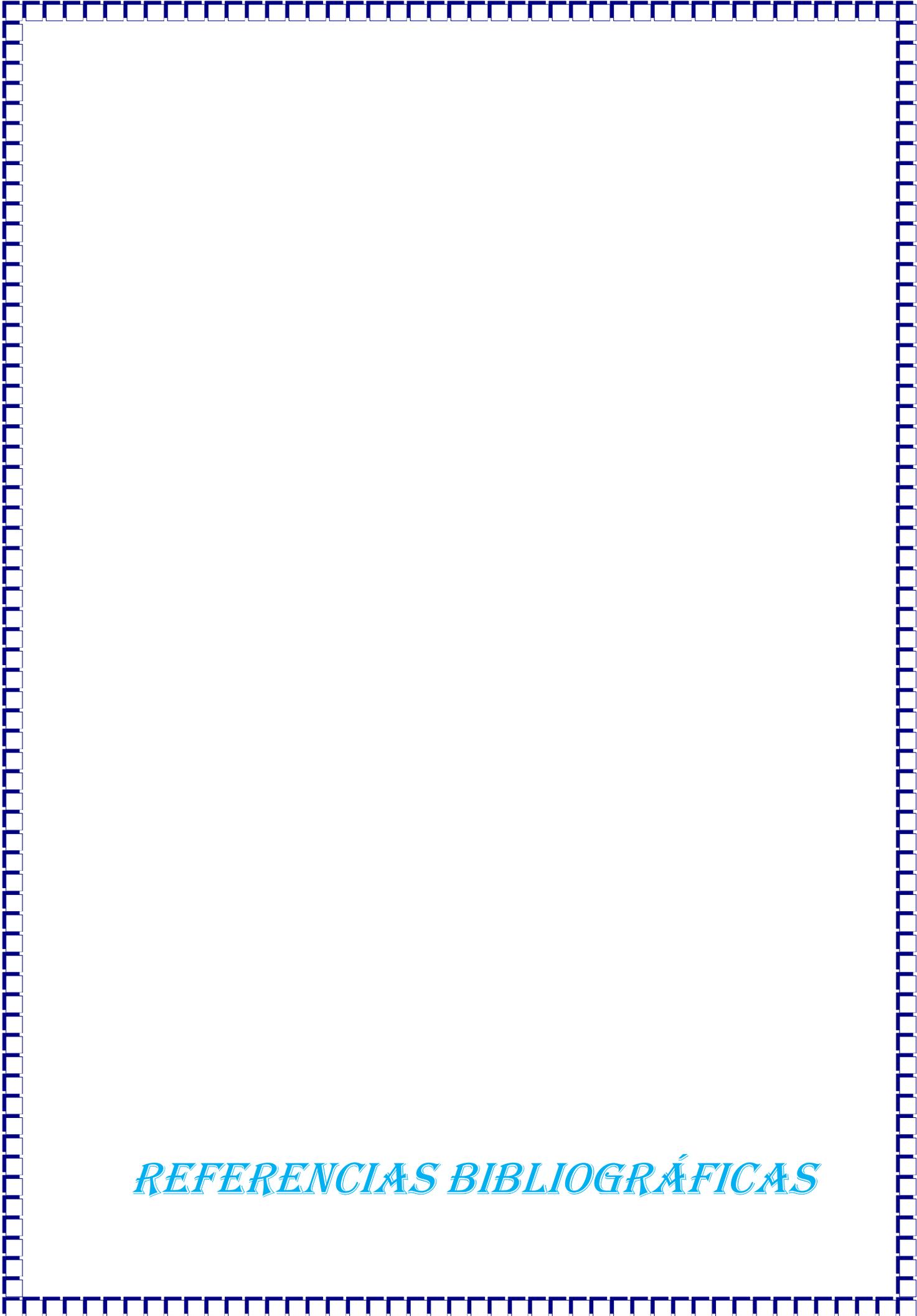
CONCLUSIONES

1. Se describieron los elementos teóricos-conceptuales de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial urbano, así como, un diagnóstico teniendo en cuenta la situación actual de funcionamiento, apoyándose en la realización del recorrido por la zona.
2. Se realizó una evaluación preliminar del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial, donde se propusieron medidas de reparación y, mantenimiento de sus componentes.
3. En el recorrido realizado por la zona de estudio, se pudo comprobar que, en la parte alta del circuito hidrométrico, los principales problemas se localizan en el drenaje pluvial y en la parte baja se concentran los principales problemas del alcantarillado, lo cual evidencia la falta de mantenimiento preventivo y correctivo de estos sistemas por parte de la empresa explotadora.
4. La Dirección de mantenimiento de la Empresa Aguas Santiago, no cuenta con información técnica que permita realizar una evaluación eficiente y completa de los sistemas objeto de estudio.
5. Se actualizó el inventario de registros de inspección del sistema de alcantarillado y drenaje pluvial de la zona de estudio.
6. Se presentan los resultados obtenidos de la investigación.

RECOMENDACIONES

A modo de recomendación se puede plantear lo siguiente:

1. Necesidad de hacer cumplir el plan de mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial del circuito hidrométrico Sorribe-Santa de la ciudad de Santiago de Cuba.
2. Controlar la ejecución sistemática de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo concebidas en el plan de mantenimiento de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas Santiago.
3. La entrega de esta investigación a la dirección de mantenimiento de la Empresa explotadora para que sea utilizada como herramienta de trabajo para las acciones de mantenimiento en el circuito hidrométrico Sorribe-Santa Rosa de la ciudad de Santiago de Cuba.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Vázquez Arias, Yacel y Hidalgo Tamayo, Mabel. "Evolución de las Redes Hidráulicas de Evacuación de las Aguas Negras y Pluviales."
- 2- Driggs, R. (2007): *"Manual de Alcantarillado y Drenaje Pluvial"*. Seminario Camagüey
- 3- Carpio, A; García, S. N; Tobias, H.K, 2011. Propuesta de Diseño del Drenaje Pluvial, Alcantarillado Pluvial Sanitario y Planta de Tratamiento para las Aguas Residuales del casco Urbano y Colonia.
- 4- Iglesias Reinaldo. El mantenimiento en las obras hidráulicas, La Habana Cuba 2015.
- 5- Pérez Monteagudo Fernando. Introducción a la Ingeniería Hidráulica y ambiental .La Habana Cuba 2001.
- 6- Comisión Nacional de Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. México 2009.
- 7- Hernández Muñoz, A. Saneamiento y alcantarillado. Vertidos residuales. La Habana, Cuba 1997.
- 8- La autora 2021
- 9- Lima. (2015). Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado en el medio rural.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Comisión Nacional de Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. México 2009.
- 2- Carpio, A; García, S. N; Tobias, H.K, 2011. Propuesta de Diseño del Drenaje Pluvial, Alcantarillado Pluvial Sanitario y Planta de Tratamiento para las Aguas Residuales del casco Urbano y Colonia.
- 3- Doménech, I, 2014. Manual de Alcantarillado Pluvial CNA. España.
- 4- Escobar Arequipa, T. (2012).
- 5- (FAO, Oficina Regional de la FAO para América Latina, "Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina).
- 6- Hernández Muñoz, A. Saneamiento y alcantarillado. Vertidos residuales. La Habana, Cuba 1997.
- 7- Hernández Rossié, A.D. y Fornaguera Vázquez, M, 1984. "Redes Hidráulicas y Sanitarias ", ISPJAE, MES, La Habana, Cuba.
- 8- Iglesias Reinaldo. El mantenimiento en las obras hidráulicas, La Habana Cuba 2015.
- 9- Jiménez Terán, J.M.(s.f.). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Veracruz.
- 10-Miranda, N.S; Pachar, C.J, 2012. "Diseño de Drenaje Superficial de Calles. Tesis de Grado. Ecuador.
- 11-Méndez, Z.X.2012. Análisis comparativo entre un sistema convencional de alcantarillado pluvial y uno que contenga depósitos de regulación para el agua lluvia, ubicados en las viviendas. Trabajo de Grado Previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Ecuador.
- 12-Lima. (2015). Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado en el medio rural.
- 13-Peréz Monteagudo Fernando. Introducción a la Ingeniería Hidráulica y ambiental .La Habana Cuba 2001.
- 14-Perales, S. M; Doménech, I, 2008. Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Valencia.
- 15-Rosell, C.F, 2009.Historia del Saneamiento de Valladolid. España.
- 16-Vázquez Arias, Yacel y Hidalgo Tamayo, Mabel. "Evolución de las Redes Hidráulicas de Evacuación de las Aguas Negras y Pluviales."

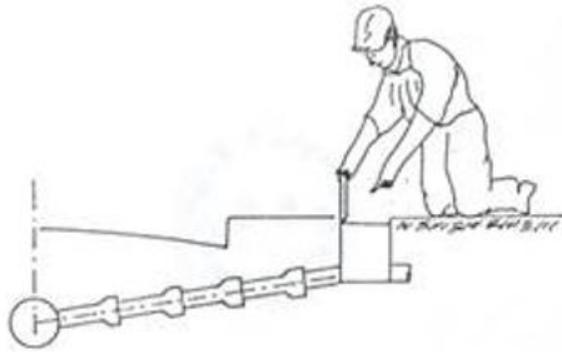
ANEXOS



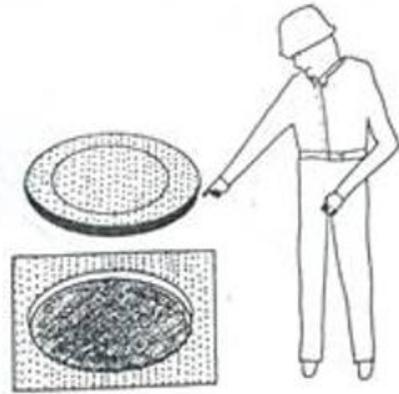
Accesorios para limpieza, usados conectados a varillas de acción mecánica.



Accesorio especial para la eliminación de arena de las tuberías.

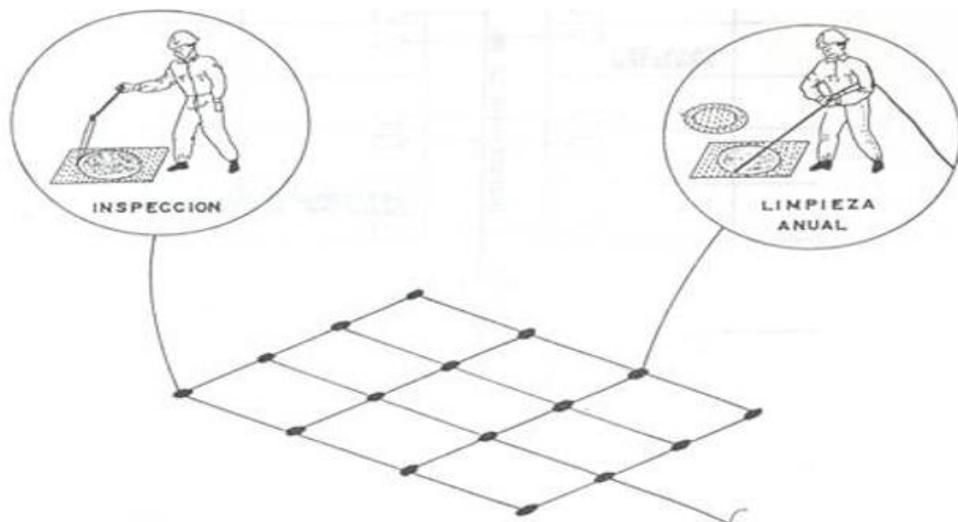


Verificación de cajas de inspección



Verificación de tapas

Verificación de cajas de los registros domiciliarios y de las tapas



Limpieza manual de las alcantarillas