



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

“Sede Oscar Lucero Moya”

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**Propuesta de variantes para la evacuación de las aguas residuales en la ciudad
de Holguín.**

Autor: Liena Ester Torres Batista

HOLGUÍN

2017



UHo
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería

Sede “Oscar Lucero Moya”
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**Propuesta de variantes para la evacuación de las aguas residuales en la ciudad
de Holguín.**

Autor: Liena Ester Torres Batista

Tutores: Ing. Tania Suárez Rodríguez
Ing. Fátima Martínez Hernández

HOLGUÍN
2017



PENSAMIENTO

Más de la mitad de los grandes ríos de todo el mundo están seriamente contaminados y agotados, degradando y envenenando los ecosistemas que los rodean, amenazando por tanto la salud y sustento vital de personas que dependen de ella para regar, beber o su uso industrial.

Ismail Serageldin.



AGRADECIMIENTOS

- A mis padres y hermanas, por guiarme siempre y ser el motor que me impulsa a superarme día a día.
- A mis tutoras Tania Suárez Rodríguez y Fátima Martínez Hernández por transmitirme sus conocimientos y su apoyo incondicional.
- A mi familia, por alentarme siempre a seguir adelante.
- A los amigos y amigas que han estado perennemente a mi lado.
- A el claustro de profesores que me han ayudado a convertirme en una profesional.
- A todos muchas gracias.



DEDICATORIA

A quienes me han apoyado de forma incondicional en todo momento pese toda circunstancia, de quienes hoy estoy segura soy su orgullo, las personas más importantes en mi vida, mis padres y mi hermana.



RESUMEN

El agua constituye un elemento indispensable para la vida; debido a esto en la antigüedad los asentamientos se realizaban cerca de ríos y arroyos. A la evacuación de las aguas residuales domésticas e industriales, con el transcurrir de los años, no se le dio la atención requerida lo que trajo como consecuencia la contaminación de ríos, mares y el manto freático. La ciudad de Holguín, no está exenta de esto, es por eso que solo el 41% de la población cuenta con sistema de alcantarillado, el resto vierte a fosas o a los ríos Jigüe, Marañón y Holguín; propiciando así constante peligro a la vida humana y severas repercusiones al medio ambiente. La no existencia de una adecuada evacuación de las aguas residuales en la ciudad de Holguín constituye el fundamento de la presente investigación. Con la implementación del software AutoCAD y de métodos de investigación científica de naturaleza teórica y empírica, se obtuvieron tres propuestas de variantes cada una con tratamiento final, en todos los casos con el empleo de plantas de tratamiento.



Summary

The water constitutes an indispensable element for life; that's why in ancient times the civilizations were developed near to rivers and brooks. The evacuation of the domestic and industrial waste waters didn't have the necessary attention, for that reason the contamination of rivers, seas and the subterranean waters started being bigger. Holguin, as a city, is not out of this situation, because of that only 41 % of the population counts with sewage system, and the rest has to dump to graves or to the rivers Jigüe, Marañón and Holguín; propitiating the constant risks to the human life and severe repercussions to the environmental. The nonexistence of an adequate evacuation system for the waste waters at Holguin city, constitutes the foundation of this investigation. With the implementation of the software AutoCAD and the methods of scientific investigation of theoretic and empiricist nature, it was obtained three proposals of variants each with a final treatment, in all cases with the use of sewage treatment plants.



ÍNDICE

	Denominación	Pág.
INTRODUCCIÓN		1
CAPÍTULO – 1: SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. CARACTERIZACIÓN		5
1.1 Análisis de los rasgos que han caracterizado el desarrollo de los sistemas de alcantarillado		5
1.1.1 Sistemas de alcantarillado en el mundo. Surgimiento		6
1.1.2 Surgimiento de los sistemas de alcantarillado en Cuba. Caracterización		3
1.1.3 Alcantarillado en la ciudad de Holguín. Surgimiento, caracterización y estado actual		7
1.2 Clasificación y componentes de los sistemas de alcantarillado. Parámetros técnicos a tener en cuenta en el diseño de un sistema de alcantarillado		18
1.2.1 Clasificación de los sistemas de alcantarillado		18
1.2.2 Componentes fundamentales de los sistemas de alcantarillado sanitario		23
1.2.3 Parámetros técnicos a tener en cuenta en el diseño de sistemas alcantarillados		26
1.2.4 Softwares utilizados en los diseños de los sistemas de alcantarillados		29
Conclusiones parciales		34
CAPÍTULO – 2: ELABORACIÓN DE VARIANTES PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN		35
2.1 Principios a considerar en las variantes propuestas. Características físicas del terreno, estado actual de los colectores		35
2.1.1 Principios para las soluciones de tratamiento en las variantes		35
2.1.2 Características físicas del terreno. Estado actual de los colectores		35
2.1.3 Estado actual de los colectores		36
2.2 Modelación de la propuesta en el Software AUTOCAD. Elaboración de las variantes		39
2.2.1 Variante 1		41



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería

2.2.2 Variante 2	43
2.2.3 Variante 3	45
2.3 Valoración de las variantes	57
2.4.1 Resultados de la valoración	57
Conclusiones del capítulo	58
CONCLUSIONES GENERALES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	



INTRODUCCIÓN

El agua constituye un elemento indispensable para el desarrollo de la flora y la fauna, es por ello que los asentamientos poblacionales en la antigüedad se realizaban cerca de ríos o lagunas. A ello se debe que el nacimiento de lo que es actualmente una de las mayores ciudades de Cuba, Holguín, se produjera en un valle de la región norte oriental de la isla, formado entre los ríos Jigüe y Marañón.

Los embalses, ríos, lagunas y acuíferos conforman las fuentes de abastecimiento de agua potable para las poblaciones, he ahí la importancia que los mismos ameritan. Actualmente el descuido de estas fuentes ha traído consigo graves consecuencias como su contaminación, y esta, a su vez severas repercusiones, dentro de las cuales está la proliferación de las enfermedades de origen hídrico como son: cólera, fiebre tifoidea, shigella, poliomiélitis, meningitis, hepatitis, diarrea (enfermedades transmitidas por el agua); malaria, fiebre amarilla, dengue, filariasis, etcétera (enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua); creándose una situación epidemiológica crítica, a todo esto habría que sumarle el favorecimiento de criaderos de mosquitos, de roedores, insectos desagradables trasmisores de enfermedades y las molestias por el mal olor e insalubridad, además de las afectaciones en la agricultura, la industria y el hogar. Lamentablemente la ciudad de Holguín no está exenta de ello, y se debe a que los ríos Jigüe y Marañón se encuentran en esta lamentable situación.

Entre los factores principales que ejercen presión sobre el estado del agua en esta ciudad, sobresale la carencia de una infraestructura higiénico-sanitaria acorde con la capacidad de demanda de la ciudad. En la actualidad alrededor del 41 % de la población cuenta con servicio de alcantarillado, el resto experimenta soluciones prácticas a través de fosas y el vertimiento de forma constante de las aguas residuales en los ríos Jigüe y Marañón¹. En este sentido, los barrios periféricos son

¹ Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín, Raudal (2008). Estudio de Prefactibilidad del alcantarillado de la ciudad de Holguín. Holguín, Cuba: informe.



los más afectados, entre ellos Alcides Pino, Nuevo Llano y Harlem. Sin embargo, este no es el único factor que influye en la contaminación de los ríos, pues también se debe resaltar problemas tan comunes como la deforestación, los vertederos ilegales o improvisados, las construcciones en las márgenes de los ríos y arroyos y la cría de animales en condiciones inapropiadas y antihigiénicas.

De esta manera se revela la contradicción fundamental generada en la ciudad de Holguín debido a la contaminación de los ríos Jigüe y Marañón y la necesidad de una eficiente evacuación de las aguas residuales.

El problema de investigación del presente trabajo de diploma es que: la ineficiente evacuación de las aguas residuales en la ciudad de Holguín aumenta el grado de contaminación de las aguas del río Jigüe y Marañón debido al vertimiento de forma constante de las aguas albañales generadas por la población circundante; evidenciándose como objeto de la investigación la ciudad de Holguín del municipio Holguín y el campo de investigación, su sistema de alcantarillado.

La presente investigación tiene como objetivo general elaborar variantes para la evacuación de las aguas residuales en la ciudad de Holguín, del municipio Holguín, que contribuya a la reducción de la contaminación de las aguas de los ríos Jigüe y Marañón.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el surgimiento y evolución histórica de los sistemas de alcantarillado en el mundo y en Cuba.
- Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el diseño de un sistema de alcantarillado para la ciudad de Holguín.
- Evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado en la ciudad de Holguín.
- Elaborar variantes para la evacuación de las aguas residuales en la ciudad de Holguín.
- Valorar la aplicación de las variantes propuestas a través de especialistas.



Se delega como hipótesis que, si se escoge y aplica la variante más factible para la conducción de aguas residuales, se podrán disminuir las fuentes de contaminación de los ríos y lograr así el mejoramiento de las condiciones ambientales en la ciudad de Holguín.

La variable independiente es la variante más factible para la conducción de aguas residuales en la Ciudad de Holguín y la dependiente el mejoramiento de las condiciones ambientales en la ciudad de Holguín.

Para la realización de la presente investigación se tuvieron en cuenta los siguientes métodos de investigación:

Métodos teóricos:

- **Análisis – síntesis:** Se utilizó a todo lo largo de la investigación, lo que permitió desarrollar las tareas sugeridas por la lógica de la investigación.
- **Análisis histórico-lógico:** Estudio de los antecedentes y regularidades de la influencia del factor humano en los sistemas de alcantarillado en la ciudad de Holguín.
- **Hipotético – deductivo:** Permitió la elaboración de la hipótesis de la investigación.
- **Abstracción y generalización:** Permitió adoptar criterios para la modelación de la propuesta que se aporta en la investigación.
- **Modelación:** Permitió la modelación de la propuesta que se revela como aporte de la investigación.

Métodos empíricos:

- **Análisis documental:** Resultó de ayuda en la sinopsis de información de artículos, proyectos, estudios de riesgo y vulnerabilidad realizados hasta la actualidad.
- **Observación científica:** Herramienta beneficiosa en la caracterización empírica del objeto de la investigación con énfasis en su campo.



- Consulta a expertos: Resultó de ayuda en la recopilación de información de artículos, proyectos, estudios de riesgo y vulnerabilidad realizados hasta la actualidad.

El aporte de la investigación consiste en escoger a través de un análisis la vía más factible para la evacuación de las aguas residuales de la ciudad de Holguín y la propuesta de un tratamiento final para estas.

La novedad científica de la presente investigación está dada por la evacuación de las aguas residuales de la ciudad de Holguín con el empleo del polietileno de alta densidad (PEAD) y la utilización del programa AutoCAD para la modelación de la propuesta.

La actualidad del tema de investigación propuesto se evidencia a partir de la correspondencia del mismo con la línea trazada por el Departamento de Construcciones titulada: "Obras estructurales, viales e hidráulicas: Modelación, diseño y evaluación".

La presente investigación está estructurada en dos capítulos, en el primero se hace un análisis de la evolución histórica del surgimiento de los sistemas de alcantarillado en el mundo, en Cuba y de manera particular en la Ciudad de Holguín donde se analizan además las posibles causas del estado actual del sistema de alcantarillado en dicha ciudad, constituyendo la Ciudad de Holguín el objeto de estudio de la presente investigación. En el segundo capítulo se hace un análisis de los parámetros técnicos a tener en cuenta en la elaboración de la propuesta de tres variantes para la evacuación de aguas residuales en la Ciudad de Holguín; se realizará además una valoración exhaustiva de dichas variantes con el objetivo de escoger la óptima. Finalmente, se plantean las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.



CAPÍTULO – 1: SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. CARACTERIZACIÓN

Un sistema de alcantarillado es un conjunto de obras hidráulicas cuya finalidad es recolectar , conducir y disponer de aguas residuales y pluviales , para evitar que se originen problemas de tipo sanitario e inundaciones; son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad sólo muy raramente y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío; normalmente están constituidas por canales de sección circular, oval o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas.² Se entiende además por sistema de alcantarillado al conjunto de acciones, materiales o no destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas de origen pluviales o residuales, causen daños a las personas o las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

En el presente capítulo se plantean los rasgos que han caracterizado los sistemas de alcantarillado en el mundo, en Cuba y en la ciudad de Holguín; en esta última de forma particular, debido a que la misma constituye el objeto de estudio de la presente investigación por tanto se aborda sobre el surgimiento, el estado actual y la caracterización técnica de estos sistemas en esta ciudad.

1.1 Análisis de los rasgos que han caracterizado el desarrollo de los sistemas de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillados surgen como necesidad imperante en el desarrollo de la humanidad, a ello se debe su aparición y evolución desde la antigüedad hasta la actualidad; es por ello que para evaluar la situación actual de los sistemas de alcantarillado en la ciudad de Holguín se hace necesario una recopilación histórica del surgimiento y desarrollo de los mismos.

² Tomado de: Características generales de los sistemas de alcantarillado. Colectivo de autores.



1.1.1 Sistemas de alcantarillado en el mundo. Surgimiento

La historia del hombre ha estado marcada por la aparición de desastres sanitarios, grandes epidemias han afectado a la humanidad desde épocas remotas, un ejemplo típico es la peste, conocida en China desde hace 3 000 años y que en el siglo XIV ocasionó la muerte a un tercio de la población europea, la gripe desde el siglo XVI ha originado más de 31 pandemias y en 1918 mató a unos 20 millones de personas.³ Como respuesta a estas epidemias surge la red de alcantarillado, la cual ha cumplido históricamente con la función de evacuar el agua de las ciudades, ya sea la procedente de los episodios de lluvia, o el agua residual generada por la actividad humana. Desde las antiguas civilizaciones, ya sea Mesopotamia o Roma (ver anexo 1), y hasta la actualidad, se han construido estas redes, con el objetivo de garantizar la higiene y evitar inundaciones.

El más antiguo alcantarillado de que se tiene referencia es el que fue construido en Nippur (India), alrededor del 3750 antes de nuestra era (A.N.E.). Posteriormente en los centros poblados de Asia Menor y de Oriente Próximo utilizaron conductos de alfarería, (Creta, 1700 A.N.E.). En Atenas y Corinto, en la Grecia antigua, se construyeron verdaderos sistemas de alcantarillado, se utilizaron canales rectangulares, cubiertos con losas planas (atarjeas propiamente dichas), que eventualmente formaban parte del pavimento de las calles; a las atarjeas aflúan otros conductos secundarios, formándose verdaderas redes de alcantarillado.⁴ En la antigua Grecia hay catalogados restos de letrinas agrupadas en habitaciones subterráneas, de planta cuadrada o circular, con unos orificios en el techo para conseguir ventilación e iluminación; que desaguaban sobre las cloacas principales, situadas a mayor profundidad. Estas habitaciones se situaban en palacios y otros edificios públicos.

³ Tomado de: Recorrido por la historia del alcantarillado. Colectivo de autores.

⁴ Tomado de: "Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de las aguas residuales en el contexto nacional e internacional", de María Molinos, Francesc Hernández y Ramón Sala.



Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa los pozos negros (ver figura 1), cuyo contenido se empleaba como fertilizante, o era vertido en los cursos de agua y tierras no explotadas. El sistema no ofrecía buenos resultados en zonas de elevadas precipitaciones o con acuíferos superficiales, esto se evidencia a raíz de que las epidemias de peste y otras enfermedades continuaban manifestándose de forma frecuente y devastadoras.



Figura 1. Desagüe y pozo junto a muro perimetral. Rosel Campos Fernando: Libro de la Historia del Saneamiento de Valladolid



Figura 2. Sistema de alcantarillado a cielo abierto basado en esguevas : Wikipedia.

Para atajar el problema, ya en el Renacimiento, se recupera la costumbre antigua de construir desagües, normalmente en forma de canales y zanjas a los lados de la calle, cuya función era conducir las aguas naturales y de lluvia, como puede verse aún en algunos pueblos de Castilla. Otra solución adoptada cuando la población se asentaba en la confluencia de varias cuencas pluviales era la desviación de los cauces de agua naturales de menor tamaño en varios ramales o esguevas (figura 2) que recogían todos los aportes de inmundicias de la ciudad, para vertir luego al cauce principal en distintas desembocaduras. Este sistema fue el utilizado en ciudades como Burgos o Valladolid. Los restos más antiguos de los que se tienen noticia en dicha ciudad se encuentran en el monasterio de San Benito el Real, consisten en unas salas en la ciudad, que reducen el consiguiente peligro de



inundaciones, e incrementan la calidad de vida y la higiene de la ciudad; por último, en este primer proyecto se contempla el avenamiento del Prado de la Magdalena. La red proyectada es de tipo unitario, donde se recoge tanto las aguas fecales como las de lluvia. En este apartado se contempla incluso la construcción futura de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Existen muchos relatos y descripciones de las alcantarillas de la antigüedad, quizás las más conocidas sean las de la antigua Roma, de París y de Londres, estas dos últimas alcantarillas construidas en Europa y en los Estados Unidos, se dirigen fundamentalmente a la recolección de las aguas de lluvia y las corrientes del terreno para reducir el nivel freático. Las aguas usadas de origen humano solo comienzan a ser conectadas a las alcantarillas en 1815 en Londres, en Boston a partir de 1833, y en París, solo a partir de 1880.⁵

El primer sistema moderno de alcantarillado se diseña en Hamburgo (Alemania) en 1842, se emplea para su ejecución las más modernas teorías de la época, donde se tienen en cuenta las condiciones topográficas y las necesidades reales de la comunidad (ver figuras 3, y 4). Este hecho significa un espectacular avance, considerándose que los principios fundamentales en los que se basa el proyecto no se generalizan hasta inicios de los 1900, y siguen vigentes en la actualidad.



Figuras 3 y 4. Colector principal de aguas residuales en Hamburgo, Berlín, Alemania: Trülzsch, 2015

⁵ Tomado de: Recorrido por la historia del alcantarillado. Colectivo de autores.



1.1.2 Surgimiento de los sistemas de alcantarillado en Cuba. Caracterización

La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo, la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable; este es el caso de las Américas, donde la situación epidemiológica es crítica, y se debe a que durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades estaban más ocupadas en construir redes de agua potable, dejándose para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Cuba, como otros países no ha estado exenta de esta triste realidad; es por esto que como solución en el siglo XVI empiezan a construirse desagües, normalmente en forma de canales y zanjas a los lados de la calle, cuya función es conducir las aguas naturales y de lluvia.

En el año 1835 el Gobernador Tacón lleva a cabo la construcción de algunos tramos de cloacas en la capital, pero por ser tramos parciales y no tener las dimensiones requeridas pierden eficiencia en el año 1842. La única ciudad en Cuba con un alcantarillado construido en 1853 es la localidad de Sagua La Grande, perteneciente a la actual provincia de Villa Clara (antes Las Villas), dado al acelerado desarrollo económico que la misma alcanza en esta etapa histórica al no haber sido muy afectada por las guerras de independencia.⁶ Posteriormente durante la época de la colonia, en el siglo XIX surgen los primeros ejemplares de evacuación en la isla.

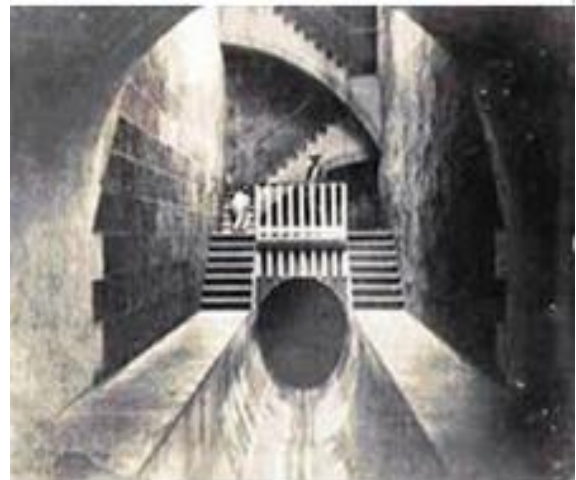
En la etapa de inicio de siglo hasta los años 1958 las obras llevadas a cabo por el estado se caracterizan por estar sometidas a sucios manejos y a la corrupción imperante, además de que la Constitución de 1901 y sus regulaciones frenaban prácticamente la construcción de sistemas de evacuación de aguas negras a los municipios. Dadas estas circunstancias los pocos kilómetros de cloacas existentes no respondían a un plan ni a un sistema y en él se descargaban las aguas negras conjuntamente con las pluviales, lo que requería que los tragantes fueran de mayor diámetro en las esquinas; en las épocas de sequías constituían escape de gases

⁶ Tomado de: 500 años de construcciones en Cuba. Lic. Juan de las Cuevas Toraya.



resultantes de la descomposición de las materias orgánicas depositadas en el fondo y, por otro lado, producto de los grandes aguaceros se desbordaban y corrían por las aceras y en ocasiones penetraban en las casas, cuyos niveles eran inferiores a los de las calles.

Pese a todo esto cabe destacar que en este período es ejecutado el alcantarillado de La Habana, para ello se tuvo en cuenta que, para asegurar las inversiones del gobierno norteamericano, así como la colonización, la isla debía ser un lugar sano, al comenzar la posesión se comprende la necesidad de ejecutar obras de alcantarillado en la ciudad. El Sifón de la Habana, como bien se le conoce, es construido entre los años 1908 a 1913 por los ingenieros David Mc Comb, José Manuel Babé y Alberto Brosius, este ejemplar constituye una obra de gran magnitud que se distingue además por el breve tiempo en que se concluye y que por su envergadura es considerada una de las siete maravillas de la Ingeniería Civil en Cuba (ver figuras 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Sifón bajo la bahía del alcantarillado de La Habana: Sifón bajo la bahía del alcantarillado de La Habana.

Para la ejecución de esta majestuosa obra centenaria se escoge el proyecto de una notable personalidad en dicha materia en los Estados Unidos, el ingeniero y consultor Samuel Gray; quien diseña un sistema de alcantarillas para evacuar las aguas de las instalaciones sanitarias, descargas de industrias así como otras



edificaciones a través de un sistema de colectores de las zonas norte y sur de la ciudad que se unen en la cámara de rejillas situada frente al muelle de Caballería en el lado oeste de la bahía, conocido como el Sifón de la Habana, que filtra las aguas albañales llevándolas hasta Casablanca, desde allí se bombea hasta el golfo donde a través de un sistema de drenaje también alivia las aguas pluviales. Los cálculos correspondientes son realizados por Gray, para ello se tuvo en cuenta una población de 600 000 habitantes; dado lo cerrada de la bahía se decide proyectar sistemas separados de cloacas y drenes. La construcción de esta obra es llevada a cabo en el período de la segunda intervención, se empieza el 29 de junio de 1908 y concluye en septiembre de 1913, ejecutándose en 5 años, dos antes del plazo previsto; la constructora de esta obra fue la empresa de Mac Givney & Rokeby. El alcantarillado conducía 500 000 m³ /día de aguas residuales y 22 710 m³ /día de infiltración de agua subterránea. El costo de esta gigantesca obra de ingeniería se aproximó a los 10 millones de pesos.⁷

En el Tercer Congreso Nacional de Ingeniería, que se celebra en La Habana entre el 17 y el 23 de diciembre de 1939 el ingeniero Rogelio Santana, en su ponencia “Aplicación a Cuba de la técnica de acueductos y alcantarillados”, resume la situación imperante cuando revela que en ninguna ciudad del 90% del área fabricada funcionaban las cloacas y que Pinar del Río, La Habana, Santa Clara, Cienfuegos y Camagüey tenían alcantarillados parciales. El ingeniero Juan Cosculluela, en su artículo “La ingeniería sanitaria en Cuba” publicado en la Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros, realiza un exhaustivo análisis de la situación reinante del saneamiento en nuestro país en el que expresa: “En 50 años de República se han ejecutado muy pocas obras públicas de saneamiento a poblaciones que puedan considerarse eficientes y de todas nuestras mayores poblaciones, sin excluir la capital, ninguna cuenta con ellas de forma adecuada. Y es que resulta práctica corriente, dotar a las poblaciones de agua sin el correspondiente servicio de

⁷ Tomado de: Las siete maravillas de la ingeniería civil cubana. Lic. Juan de las Cuevas Toraya.



alcantarillado, excluir los procesos de purificación de las tomas de agua superficiales y arrojar el albañal crudo, sin tratamiento alguno, a cauces públicos peligrosos”. Declara además que “en la provincia de Pinar del Río el 77% de la población vierte sus excretas directamente al suelo, el 35% en La Habana, el 47% en Matanzas, el 50% en Santa Clara, el 57% en Camagüey y el 63% en Oriente; con el déficit de todo órgano recolector de excretas y son las arboledas y platanales el lugar de depósito de ellas”.

En el año 1959 la situación de los alcantarillados al no ser priorizados por ninguna administración republicana es peor, solo 9 de 12 existentes beneficiaban aproximadamente a 900 mil personas, esto sin considerar las poblaciones de Sagua la Grande, Manzanillo y Banes porque solo abastecían una parte ínfima de esas poblaciones. En ese entonces la única planta de tratamiento existente es la de Santa Clara, la misma se encontraba en un total estado de abandono, pues llevaba tres años sin utilizarse por falta de presupuesto; el resto de los alcantarillados continuaban el vertido de fecales y aguas negras al mar o a los ríos.

A partir del triunfo revolucionario se orienta organizar, mantener y rehabilitar los servicios de acueducto y alcantarillado de todo el país y para su incremento en el país se invierten 46 millones de pesos. En el año 1974 el total de alcantarillados ascendía a 38 y al finalizar el año 1988, los sistemas de alcantarillado beneficiaban a 2.9 millones de habitantes. En noviembre de 1989, el gobierno revolucionario participa y firma los acuerdos de la Convención sobre los derechos del Niño, el cual tenía como uno de sus objetivos básicos el apoyo a la ampliación de la cobertura de agua potable y saneamiento básico de la población del país; de acuerdo con ello se desarrolla un plan, logra que el 38% de la población dispusiera del 20 servicio de alcantarillado y el 54% de fosas sépticas y letrinas, lo que significaba que el 92% de los habitantes del país contaba con medios de saneamientos adecuados⁸. Desde entonces, el saneamiento en Cuba se garantiza mediante un sistema público de alcantarillado.

⁸ Tomado de: 500 años de construcciones en Cuba. Lic. Juan de las Cuevas Toraya.



La Presidenta del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Inés María Chapman, en las sesiones de las Comisiones de Trabajo de la Asamblea Nacional, declara que a través de lo diagnosticado por el Grupo Empresarial de Acueductos y Alcantarillados en el territorio nacional hay 3 millones de personas que se benefician con alcantarillado. Además, la funcionaria notifica de la existencia de 544 zonas con alcantarillado, 156 estaciones para el bombeo de residuales y 10 plantas para el tratamiento de los mismos, 296 lagunas de estabilización, 485 tanques sépticos y 878 013 fosas ⁹.

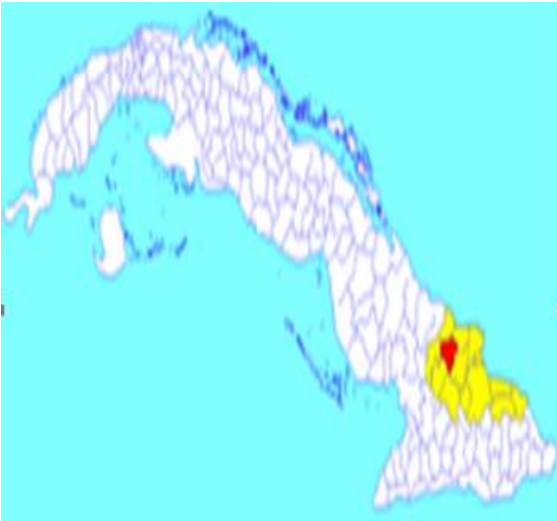
1.1.3 Alcantarillado en la ciudad de Holguín. Surgimiento, caracterización y estado actual

La historia registra la ciudad de Holguín como hato fundado en abril de 1545 por el capitán García Holguín, el cual se traslada desde Bayamo con un séquito de entre 50 y 80 personas, ubicándose definitivamente en Cayo Llano, lugar rodeado de lomas de poca altura, situado entre dos ríos y exuberante vegetación al que llama Castilla y a sus dos ríos Fernando e Isabel, hoy Jigüe y Marañón. Esta ciudad se encuentra ubicada en un terreno inclinado y ligeramente ondulado, donde las cotas mínimas de las elevaciones periféricas son de aproximadamente 100 m y las cotas máximas alcanzan una altura de 180 m sobre el nivel medio del mar, la ciudad de Holguín tiene una topografía irregular, presenta pendientes fuertes y moderadas en algunos de los repartos; la pendiente general es de norte a sur donde el drenaje principal se dirige hacia dos cuencas naturales el río Holguín (cuenca principal formada la unión de los ríos Jigüe y Marañón que atraviesan la ciudad así como los arroyos y cañadas que tributan a los mismos) y la presa Güirabo, ambas incluidas en la gran cuenca del río Cauto; la profundidad del nivel freático varía encontrándose valores entre 0,25 – 1,50 m en lugares próximos a los ríos y arroyos, en el resto del área de los diferentes repartos la profundidad es mayor de 1,50 m.

⁹ Tomado de: Concluyen este lunes sesiones las Comisiones de Trabajo de la Asamblea Nacional. Martínez, Aynel; Figueredo, Oscar; Cabrera, Paola; Tesoro, Susana; & Francisco, Ismael (2015).



En la región norte del oriente del país se encuentra ubicada la provincia de Holguín; la misma tiene como capital del municipio y de la provincia de igual nombre la ciudad de Holguín; está situada en la porción central y oeste de la provincia, limita al norte con el asentamiento Aguas Claras, por el sur con el municipio de Cacocum, por el



este con el asentamiento Las Biajacas y por el oeste con el asentamiento Yareyal Cementerio (ver figura 7). Actualmente la capital provincial de dicha ciudad cuenta con una población de aproximadamente 287 443 (según cifras preliminares del concluido Censo de Población y viviendas), distribuidos en 39 repartos, de ellos con servicio de alcantarillado, solamente el 41 % de la población.

Figura7.Ubicación de la ciudad de Holguín:
Wikipedia.

Las obras de saneamiento han estado estancadas en el tiempo, las existentes han estado, además, sometidas a un deterioro constante por la falta de mantenimiento adecuado, eficaz y en el momento oportuno. La ciudad de Holguín no ha estado exenta de estas prácticas y como consecuencia hoy presenta un atraso sustancial en este tipo de inversiones. En este momento en la capital provincial el servicio de alcantarillado lo disfrutaban el casco histórico y algunos repartos, en el cual los colectores presentan un estado técnico desfavorable, tanto por su capacidad como por su estado físico (ver anexo 2).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2008) y la Dirección Municipal de Planificación Física de Holguín (DMPF, 2010) registran que, el sistema para la recolección de las aguas residuales de la ciudad de Holguín es construido en el año 1953. El proyecto y ejecución final (53.4 km de redes) fue limitado solo para el centro tradicional para una población de 80 000 habitantes (Raudal, 2008), posee una divisoria central que drena en dos direcciones, hacia los ríos Jigüe y Marañón.



Por tal motivo paralelo a estos se construyen los primeros colectores principales (CP), CP-1 dos a ambos lados de los ríos mencionados, con una longitud total de 11.8 km y un diámetro que varía entre los 250 y 1000 mm; también es construido un colector a lo largo de la Carretera Central desde el reparto Harlem, hasta conectarse al CP-1 en el río Marañón con una longitud de 2.4 km y un diámetro de 400 mm. Estos conductos construidos en las décadas del 50 y 60, son edificados con la existencia en todos la falta de un mantenimiento que nunca se les ha dado, roturas del propio colector, del registro con su tapa y obstrucción por la sobreexplotación a la que han estado sometidos.

En el año 1962 se confeccionan los proyectos de ampliación que se ejecutan parcialmente, donde quedan un gran número de repartos periféricos al centro sin el servicio. Esta situación se ha mantiene en la actualidad a excepción de los nuevos desarrollos habitacionales de edificios multifamiliares construidos en la década de los años 70 y 80, así como las zonas industriales Este y Sur (parcialmente), que se han incorporado a colectores existentes o que han demandado nuevas inversiones como condicionantes para su construcción (DMPF, 2010).

En el año 1974 se discute y aprueba por los organismos locales el esquema para la solución de residuales de la ciudad de Holguín. Este se debía ejecutar por etapas según los planes quinquenales de desarrollo de la economía. Luego de elaborar los proyectos técnicos ejecutivos de los demás colectores principales para 211 000 habitantes (Raudal, 2008), se ejecutan parcialmente (DMPF, 2010). La mayoría de estos proyectos son realizados por la Empresa de Proyectos de La Habana (EPOH), excepto el CP-24 5A que fue concebido por la EMPAI, actual Empresa de Diseño e Ingeniería de Holguín (Vértice).

Como es evidente, durante los años transcurridos posteriores a la década del 60 se realizan algunas acciones para la mejora de la situación del alcantarillado en la ciudad, trayendo como consecuencia la elaboración de algunos proyectos e incluso la ejecución parcial de tramos de alcantarillado como soluciones parciales. Hasta la fecha los colectores principales existentes son: CP-1, CP-2, CP-5, CP-5 A, CP-3



derecho e izquierdo del río Jigüe, derecho e izquierdo del río Marañón, colector Calle quinta y colector carretera central. La tabla siguiente muestra la situación actual de los sistemas de alcantarillado por repartos en la Ciudad de Holguín.

Tabla 1. Estado actual de los sistemas de alcantarillados en la Ciudad de Holguín.

Tienen sistema de alcantarillado	Con sistema de alcantarillado parcial	Tienen proyecto con PEAD	No tienen proyecto con PEAD
-Centro Ciudad	-Rpto. Luz	-Rpto 26 de Julio	-Rpto Zayas
-Rpto. Peralta	-Pueblo Nuevo	-Pueblo Nuevo	- Harlem
-Distrito Lenin	-Juan José Fornet	-El Llano	- Nuevo Llano
-Rpto. Pedro Díaz Cuello	-Vista Alegre	-Alex Urquiola	-El Paraíso
-Plaza de la Revolución	-Emilio Bárcenas	-Rpto. Santiesteban	- La Quinta
-Comunidad Hnos Aguilera	-Ramón Quintana (no funciona)	-Rpto. Alcides Pino	- Piedra Blanca
-Oscar Lucero	-Rpto. Hilda Torres	-Los Lirios	- Libertad
	-Rpto. Libertad	-Los Guillenes	- Edecio Pérez
	-Rpto. Zayas	-J. José Fornet	- Cruce
	-La Aduana (se ejecuta la solución con PEAD prevista)	-Ramón Quintana	-El Coco
		-Ciudad Jardín	- San Rafael
		-Sanfield	- Cifuentes
			- Josué País
			- El Jardín
			-El Recreo de Güirabo

Fuente: Elaboración propia.



Más del 50% de estos colectores principales existentes funcionan en la actualidad a su máxima capacidad y el 80% de los mismos están sometidos a un deterioro constante por la falta de un mantenimiento adecuado, eficaz y oportuno, de ahí la necesidad de un sistema de alcantarillado no solo que abastezca las necesidades de la población, sino que también se le brinden a los mismos un correcto mantenimiento con frecuencia.

1.2 Clasificación y componentes de los sistemas de alcantarillado. Parámetros técnicos a tener en cuenta en el diseño de un sistema de alcantarillado

En el presente epígrafe se aborda sobre la clasificación de los sistemas de alcantarillado, sus componentes fundamentales, los parámetros técnicos principales a tener en cuenta para un buen diseño de un sistema de alcantarillado y los softwares empleados en los diseños de estos.

1.2.1 Clasificación de los sistemas de alcantarillado

Desde mediados del siglo XX empiezan a construirse sistemas de alcantarillado de redes separativas, tras la aparición de los primeros sistemas de depuración, y con base en que la separación reduce los costes de depuración y simplifica los procesos, puesto que el caudal tratado es menor y lo que es incluso más importante, más constante además de reducir la carga contaminante vertida al medio receptor por los episodios de rebosamiento del alcantarillado unitario. En dependencia de la composición química y biológica de las aguas los sistemas de alcantarillado son clasificados en dos grandes grupos: convencionales (sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten gran flexibilidad en su operación) y no convencionales (surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son poco flexibles, es decir, requieren de mayor



definición y control de los parámetros de diseño, mantenimiento intensivo y depende en gran medida de la aceptación en la comunidad)¹⁰.

Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

- Alcantarillado separado, separativo o de canalización doble: aquel en el cual se independiza la evacuación de las aguas residuales domésticas e industriales y las de lluvia (figura 8).
 - Alcantarillado Sanitario: Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar de forma rápida y segura, las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimiento comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.
 - Alcantarillado Pluvial: Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales.



Figura 8. Sistema de alcantarillado separado.

Fuente: Trülsch, 2015.

10 Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Sanitario. Tlalpan, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua (2009).



- Alcantarillado combinado: Alcantarillado combinado, unitario o de canalización única es el sistema que capta y conduce simultáneamente al 100% las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración (figura 9).



Figura 9. Sistema de alcantarillado combinado.

Fuente: Trülsch, 2015

- Alcantarillado semi-combinado o mixto: Sistema en el que se combinan los dos anteriores y que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área o conjunto de áreas y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona, que se consideran exedencias, que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración, para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales.

Los sistemas no convencionales son los que a continuación hacen referencia:



- Alcantarillado simplificado : Aunque se diseñan bajo los mismos principios que los alcantarillados convencionales, difiere con estos en la simplificación y minimización del uso de materiales y en los criterios de construcción. Permite la reducción de los diámetros mínimos y el recubrimiento de los colectores y el empleo de dispositivos de inspección más simples y económicos. Los costos de este tipo de alcantarillado son inferiores en un 20 o un 30% con respecto al de uno convencional(figura 10).

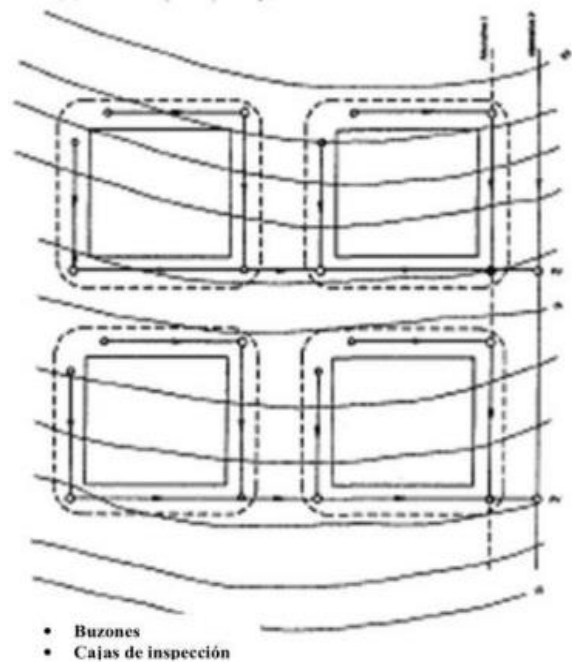


Figura 10. Alcantarillado simplificado.

- Alcantarillado condominial: recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional. Se proyectan por los solares o patios de las viviendas, con el fin de disminuir al máximo la longitud de las redes internas y externas. Una menor extensión de los colectores principales y un bajo costo de construcción y operación de todo el sistema son otras de sus ventajas(figura 11).

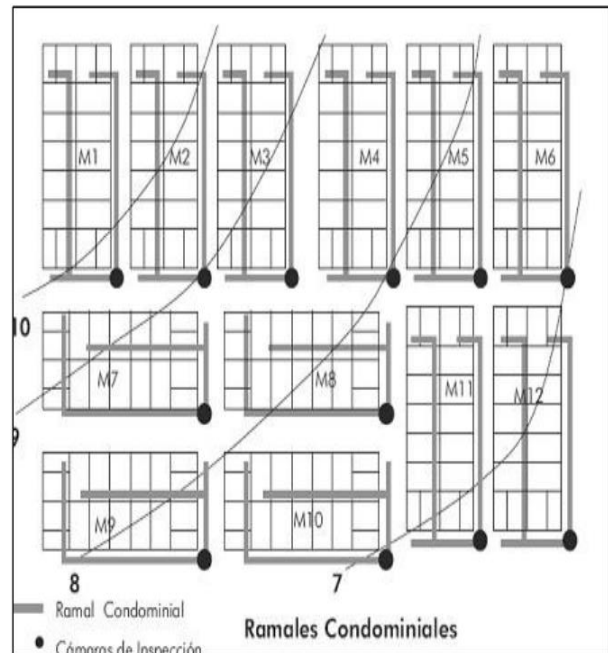


Figura 11. Esquema de una red de alcantarillado condominial. Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado (OPS/CEPIS, 2005).



- Alcantarillado sin arrastre de sólidos (alcantarillado de pequeño diámetro o redes de aguas residuales decantadas): 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 a un sistema de alcantarillado convencional (figura 12).

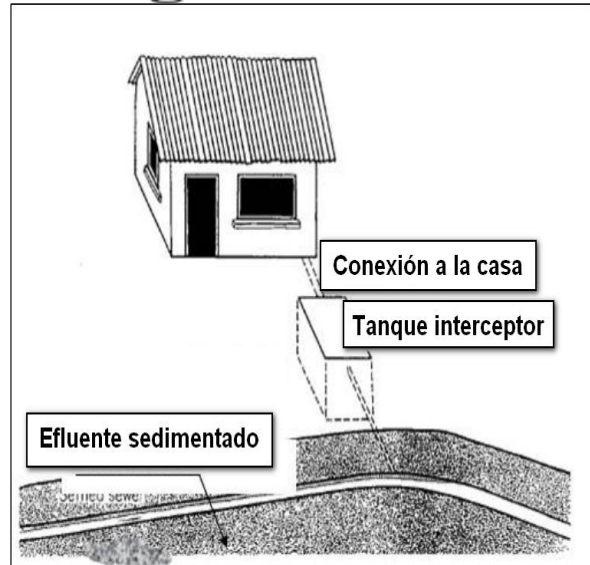


Figura12. Diagrama esquemático del alcantarillado de pequeño diámetro. Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado (OPS/CEPIS, 2005)

Este último es beneficioso desde el punto de vista económico, pues su principal ventaja radica en la reducción de los costos en cuanto a excavaciones, tuberías, obras auxiliares y tratamiento, evaluándose los mismos en la quinta parte de los del alcantarillado convencional. El mantenimiento del tanque séptico constituye su mayor desventaja, esto se debe a que el mismo requiere de la evacuación y disposición periódica de los sólidos allí acumulados.

1.2.2 Componentes fundamentales de los sistemas de alcantarillado sanitario

Los componentes principales de una red de alcantarillado sanitario se agrupan de acuerdo a su aplicación en: estructuras de captación, obras de conducción, estructuras de conexión y mantenimiento y obras complementarias¹¹. Los componentes principales de una red de alcantarillado, descritos en el sentido de circulación del agua, son:

¹¹ Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Sanitario. Tlalpan, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua (2009).



- Las estructuras de captación: son el conjunto de elementos que permiten incorporar a la red las aguas vertidas por un edificio o predio (las conexiones o descargas domiciliarias, albañal exterior, entronques, acometidas); con ellas inicia la red a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro mínimo en la mayoría de los casos es de 15 cm (6").
 - A su vez se componen usualmente de: Una arqueta de arranque, situada ya en el interior de la propiedad particular, y que separa la red de saneamiento privada del alcantarillado público; un albañal, conducción enterrada entre esa arqueta de arranque y la red de la calle; y un entronque, entre el albañal y la red de la vía, constituido por una arqueta, pozo u otra solución técnica.
- Las obras de conducción: transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente. Los conductos pueden clasificarse según su importancia en laterales (atarjeas), colectores secundarios (subcolectores), colectores principales, interceptores y emisarios.
 - Las atarjeas o alcantarillas son las tuberías que recogen las aguas residuales de las descargas domiciliarias para entregarlas a un colector por medio de un pozo.
 - Los colectores (o «colectores secundarios»), son las tuberías de mayor sección, frecuentemente visitables, que se sitúan enterrados en las vías públicas y que tienen como objetivo recoger y transportar las aguas negras de las alcantarillas para conducir las a los colectores principales o a los emisores.
 - Los colectores principales, que son los mayores colectores de la población y reciben los afluentes de los colectores secundarios por lo que reúnen grandes caudales, hasta aportarlos a un interceptor, un emisor o una planta de tratamiento.



– Los emisarios interceptores o simplemente interceptores, son conducciones que se utilizan para interceptar y recoger el agua residual procedente de uno o varios colectores principales y llevarla hasta el inicio del emisor o punto de salida de la red. El emisor conduce las aguas hasta la depuradora o su vertido al medio natural, pero con su caudal ya regulado por la existencia de un aliviadero de tormentas. No recibe aportaciones adicionales en su recorrido.

- Las estructuras de conexión y mantenimiento facilitan la operación de los conductos que forman la red de alcantarillado. Además, permiten la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material. Disponen del espacio suficiente para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos por los operarios. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita. También tienen la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Su existencia es vital para el sistema, pues sin ellas, este se taponaría y su reparación podría ser complicada y costosa.

- Se consideran dentro de las obras complementarias todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todas las redes de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se encuentran las estructuras de cruce (sifones invertidos, cruces elevados y subterráneos, alcantarillas y puentes) las cunetas, rigolas y caces, que recogen y concentran las aguas pluviales de las vías y de los terrenos colindantes; los imbornales, tragantes o sumideros, que son las estructuras destinadas a recolectar el agua pluvial y de baldeo del viario; los pozos de inspección, que son cámaras verticales que permiten el acceso a las alcantarillas y colectores, para facilitar su mantenimiento; las estaciones de bombeo, que permiten elevar el agua servida a una cota próxima a la cota de la vía; líneas de impulsión, tubería en presión que se inicia en una estación de bombeo y se concluye en otro colector o en la estación de tratamiento; depósitos de retención o también pozos o tanques de retención, son estructuras de almacenamiento que se utilizan en ciertos casos donde es necesario laminar las avenidas producidas por grandes tormentas,



allí donde no son raras (depósitos, tanques o pozos de laminación, o arcas de expansión); y donde es necesario retener un cierto volumen inicial de las lluvias para reducir la contaminación del medio receptor (depósitos, tanques o pozos de tormentas).

1.2.3 Parámetros técnicos a tener en cuenta en el diseño de sistemas alcantarillados

Los parámetros técnicos a tener en cuenta en el diseño de sistemas de alcantarillado, permiten establecer los requisitos mínimos de diseño para el sistema de abastecimiento de agua potable y disposición sanitaria de excretas y aguas residuales; estos parámetros son:

- **Población:** La población es la que determina los requerimientos de agua. Las obras no se diseñan para satisfacer sólo necesidades del momento actual, sino que deben prever el crecimiento de la población, por lo que es necesario estimar cual será la población futura (según levantamientos censales, estadísticas continuas y otras investigaciones demográficas) a ser atendida por el sistema de agua y saneamiento, es por ello que se estima para la población actual, población al inicio del proyecto y población al final del proyecto. Asimismo, de ser el caso, debe considerarse la población permanente, flotante y migratoria.
- **Período de diseño:** Período para el que se diseña la obra de saneamiento, es decir el tiempo durante el cual el sistema de agua y saneamiento serán eficientes; permite definir el tamaño del proyecto en base a la población beneficiada al finalizar el mismo y estimar el costo de la inversión inicial. Los períodos de diseño de los diferentes componentes del sistema se determinarán según los factores de vida útil de las estructuras y equipos; grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura; crecimiento poblacional y economía de escala.
- **Dotación de agua:** Volumen medio probable de consumo de agua por una población, expresadas en litros por habitantes al día. Depende de factores tales como: zona geográfica, clima, aspectos socio-culturales, niveles de servicio a



alcanzar, tamaño de la población, condiciones técnicas de operación y mantenimiento de las fuentes.

- Caudales de aguas residuales: Para determinar el caudal de aguas residuales que se utilizará en el diseño de los sistemas de alcantarillado, se deben considerar los siguientes factores:

- Coeficiente de retorno o aporte: Porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado; coeficiente que tiene en cuenta la cantidad de aguas residuales generada en una comunidad, al ser esta última menor a la cantidad de agua potable suministrada debido a que existen pérdidas en las que influyen los hábitos y valores de la población, las características de la zona, la dotación de agua y las variaciones del consumo en consecuencia con las estaciones climáticas. Es recomendable estimar este coeficiente en base a información y estudios locales, sin embargo, cuando no puedan ser realizados es recomendable asumir valores entre 0,80 a 0,85.

- Caudal de infiltración (Q_i): El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, entre otras. El Q_i se determinará luego de un análisis de los aspectos siguientes: altura del nivel freático sobre el fondo del colector; la permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual; las dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección; el material de la tubería y tipo de unión.

- Velocidad:

Se deben considerar tres límites:

- Velocidad mínima permisible: La determinación de la velocidad mínima del flujo permite verificar la autolimpieza 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 autolimpieza es fundamental para



conducir a la minimización de las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, donde es posible economizar la excavación y reducir los costos. La velocidad mínima no debe ser menor de 0,45 ó 0,50 m/s

- Velocidad máxima: Permite evitar la erosión de las tuberías (entre mayor velocidad menor erosión en las tuberías).
- Velocidad crítica para impedir la formación de mezclas de aire y líquidos.
- Tensión tractiva: La tensión tractiva o fuerza de arrastre (τ), es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado.
- Tirante de Agua: El alcantarillado convencional usualmente se calcula para transportar el caudal de diseño, con una altura de flujo del 75% del diámetro de la tubería, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión. Este criterio de diseño no especifica un valor de nivel de agua mínimo en la alcantarilla.
- Pendiente:
 - Pendiente mínima: El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, donde se transportará el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.
 - Pendiente máxima admisible: La pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible.
- Recubrimiento mínimo: El recubrimiento mínimo está en función del cálculo estructural de la tubería, la existencia de conductos de otros servicios y de la conexión de descargas domiciliarias.
- Profundidad máxima: No ofrece dificultades constructivas mayores durante la excavación, de acuerdo con la estabilidad del terreno en que quedará alojada la tubería.



- Coeficiente de rugosidad: Es determinado por el tipo de material del conducto, aunque provocan mayor rugosidad la capa de la película biológica que se desarrolla en las paredes de las tuberías, cámaras de inspección, el número de conexiones domiciliarias, así como otras instalaciones complementarias que perturban el flujo.

1.2.4 Softwares utilizados en los diseños de los sistemas de alcantarillados

El avance tecnológico trae aparejado grandes ventajas para la sociedad, ejemplo de esto son todos los programas y softwares computacionales empleados en una u otra rama, como es el caso específico de la ingeniería civil, la cual se ha beneficiado considerablemente con programas que aminoran y facilitan el trabajo de estos profesionales, específicamente en la rama de los servicios de acueducto y alcantarillado en la que se emplean softwares tales como:

AutoCAD:

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D; este software es reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D. Hasta el 2017 ya han salido al mercado 31 versiones cada una mucho más potente que la anterior; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros, por ende, constituye una de las herramientas más importantes y útiles en estas profesiones, es por esto que para muchos, no existe una mejor aplicación que día a día mejore y facilite su trabajo .

El uso del AutoCAD permite gestionar una base de datos a partir de diferentes formas geométricas en una pantalla gráfica donde se muestran estas y lo que básicamente se conoce como editor de dibujo. Gracias a esto, mediante el uso de distintos comandos podemos procesar imágenes vectoriales, organizar en capas o estratos, ordenar el diseño por color o grafismo, incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, emplear métodos de presentación fotorrealísticos y hacer uso de otras herramientas importantes para así crear gráficos más complicados.



Dibujar en AutoCAD ha revolucionado la forma de trabajar en comparación de hacerlo en papel, esto se debe a que cualquier trabajo que esté relacionado con lo técnico, ahora se hace de forma digital, mayormente en este software; esto es debido a la practicidad y a la era computacional en la cual vivimos, porque trae más ventajas realizar un plano en AutoCAD que a tinta en el papel.

Ventajas de AutoCAD:

- Trabajar en AutoCAD es más fácil y práctico que en papel, esto es debido a que se ahorra mucho tiempo y es más sencillo.
- La configuración para imprimir un plano en AutoCAD en diferentes formatos es muy fácil. Existen infinidad de formatos incluidos en los que se pueden ajustar colores, márgenes, capas entre otros aspectos.
- AutoCAD se ha relacionado con múltiples plataformas, con el beneficio de poder exportar e importar archivos de todo tipo.
- Es posible dibujar tanto en 3D como en 2D, aunque la mayoría de las aplicaciones en ingeniería civil, electrónica y electromecánica son en 2D
- Existen muchas utilidades del software para que el dibujo resulte más sencillo para la interpretación, como bloquear capas, o hacerlas no visibles, cambiarle el color a las mismas, entre otras.

APyS:

APyS es una novedosa y potente herramienta para el profesional especializado en el área sanitaria, que ofrece un eficiente sistema de cálculo de redes de alcantarillado pluvial y/o sanitario, con empalme en las cámaras de inspección mediante los métodos de cota batea o energía. Como criterio fundamental el sistema busca obtener la menor excavación posible en la zona de proyecto, al cumplir con los requisitos mínimos de fuerza de arrastre de las partículas de arena, velocidad, profundidad, ancho de la zanja adecuado para la construcción, condiciones críticas



de flujo y condiciones de empalme de los colectores iniciales en las cámaras secundarias, ajustándose a la norma técnica vigente.

Su sencilla concepción, eficiente sistema de modelamiento de la red y técnica avanzada de cálculo lo constituyen en una potente herramienta que incrementa notablemente su productividad al habilitar el análisis seguro de diversas alternativas de manera inmediata. El sistema permite variar los parámetros fundamentales del alcantarillado con el propósito de obtener un diseño óptimo de acuerdo a las condiciones del terreno y las exigencias particulares del calculista.

Las principales características del programa se traducen en una gran flexibilidad y amplia aplicabilidad:

- Cálculo inmediato con la utilización de métodos alternativos: cota batea o energía, en ambos módulos, sanitario y pluvial.
- Diversas modalidades de operación: cálculo total de la red (cotas y diámetros), cálculo de cotas (diámetros fijos), cálculo de diámetros (cotas fijas) o revisión de la red.
- Introducción gráfica de la red o digitado en tablas de cámaras y tramos.
- Amplia capacidad en el volumen y complejidad de la red (más de 60.000 cámaras y/o tramos).
- Adaptabilidad de la red a exigencias externas de cálculo o terreno (profundidades forzadas, caudales adicionales).
- Biblioteca de curvas de lluvia extensible y modificable.
- Empalmes automáticos a diferentes niveles en cada cámara según requerimiento.



- Generación automática de tabla de cantidades de obra, perfiles de cámaras y de tramos.
- Asistente para el modelado semi-automático de la red, tablas emergentes con parámetros generales y guías de cálculo.
- Amplia configurabilidad: colores, textos, tipos de letra, etc.
- Exportación de todas las tablas a Excel y del plano y los perfiles a AutoCAD.

DREN-URBA:

DREN-URBA es el Software para el Cálculo, en Condiciones de Flujo Uniforme, de los parámetros hidráulicos necesarios para establecer la Ubicación y Características de los Sumideros (imbornales) así como para el diseño de los colectores de Aguas Pluviales en Urbanismos. De forma sencilla se puede crear en minutos el sistema superficial de drenaje del urbanismo, al definir canalizaciones con diferentes secciones transversales (rectangular, trapezoidal, triangular) así como modelar el flujo en calles y avenidas con y sin cuneta incorporada.

Se puede ubicar sobre la interfaz CAD del programa a los sumideros o imbornales que permitirán la captación de agua pluvial, la cual será luego conducida al sistema de alcantarillado. Con la información de los caudales captados por estos sumideros, y la definición de las propiedades del sistema de alcantarillado pluvial (tuberías circulares), se puede dejar que el programa DREN-URBA realice el diseño automático.

Características principales:

- Crea los componentes del sistema de captación y recolección de agua de lluvia: canales, calles, sumideros, sub cuencas, bocas de visita y colectores dibujándolos directamente en el área de dibujo que incorpora el programa.



- Es posible realizar los cálculos en el sistema superficial donde se asigna una de las 5 secciones disponibles: rectangular, trapezoidal, triangular, media calle y media calle con cuneta.
- Al Importar o crear sobre el área de dibujo elevaciones de puntos de levantamiento topográfico DREN-URBA determinará por asignación o por interpolación, las elevaciones de rasante de calles y canales, así como las de tapa o terreno de Bocas de Visita.
- La determinación de pendientes longitudinales, diámetros y rasantes de los distintos tramos de la red de alcantarillado pluvial puede ser realizada de forma automática, entre tres posibles métodos.
- Se puede seleccionar entre 13 tipos de sumideros para la captación de aguas pluviales en el sistema superficial. Sólo al crear el de preferencia e insertándolo en el área de dibujo DREN-URBA hace el resto.
- Genera fácilmente los perfiles longitudinales resultantes del diseño de la red de alcantarillado pluvial con DREN-URBA, incluyendo en ellos anotaciones con los valores de elevaciones, diámetros, tipo de tuberías y caudales, entre otros parámetros.

Akua:

Es un software para el diseño de redes de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial. 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. 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. Akua es el software de mayor aceptación en Cuba por su facilidad de manejo y sus atractivas ventajas. Se cuenta con el permiso del autor y la licencia del



programa para su empleo en grandes redes. En los últimos años se ha generalizado su uso con muy buenos resultados.

Conclusiones parciales

- La implementación de los métodos de investigación científica evidenció que la situación de saneamiento en los países menos desarrollados, de la que Cuba no está excepta, es crítica, constituyendo una fuente de contaminación y propagación de enfermedades lo que supone una amenaza para la salud humana y la actividad económica.
- El diagnóstico del estado actual del servicio de saneamiento en la Ciudad de Holguín demostró la necesidad de una nueva propuesta de evacuación de las aguas residuales, porque la existente es deficiente e infuncional.



CAPÍTULO – 2: ELABORACIÓN DE VARIANTES PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN

En el presente capítulo se presenta la elaboración de la propuesta de variantes para la evacuación de las aguas residuales en la Ciudad de Holguín, es decir, la red de tuberías para recolectar y transportar las aguas negras de dicha área, con el uso del software AutoCAD. Para su confección se han tenido en cuenta determinadas características físicas y principios.

2.1 Principios a considerar en las variantes propuestas. Características físicas del terreno, estado actual de los colectores

Para que las soluciones de tratamiento, en las variantes propuestas sean factibles, como requisito indispensable se hace necesario tener en cuenta los principios para las soluciones de tratamiento, las características físicas del terreno y el estado actual de los colectores.

2.1.1 Principios para las soluciones de tratamiento en las variantes

- Ejecución de los colectores no principales en todos los barrios o repartos que hoy no lo poseen. Esto permite la descarga fluida y en magnitudes adecuadas a los colectores principales.
- Consideración de la población actual según los resultados del Censo de población y viviendas realizado en el 2012 como población de cálculo en cualquier variante.
- La población de cálculo según los resultados del Censo de población y viviendas realizado en el 2012 debe ser distribuida oficialmente por barrios y repartos por la institución correspondiente.

2.1.2 Características físicas del terreno



- **Geología:**

Geológicamente la zona de estudio está dentro de la región Maniabón – Tunas-Camagüey, específicamente en el terreno Maniabón. Este terreno está limitado por las zonas de fallas, Sabana al norte, Tunas al oeste, Cauto Norte al sureste y Cacocum al sur. En la zona yacen rocas de la Asociación Ofiolítica del Complejo Cumulativo que está formado por: peridotitas, peridotitas serpentinizadas, serpentinitas e intrusivos de gabros y micro gabros. Estas mismas rocas aparecen con distintos grados de meteorización, sobre todo las serpentinitas que se encuentran predominantemente en toda el área de estudio. Las otras rocas yacen de forma aislada y generalmente son de alta tenacidad.

- **Hidrología:**

La profundidad del nivel freático varía encontrándose valores entre 0,25 m y 1,50 m en lugares próximos a los ríos y arroyos, en el resto del área de los diferentes repartos la profundidad es mayor de 1,50m.

- **Topografía:**

De acuerdo a la topografía del territorio donde se ubica la ciudad de Holguín, la pendiente general es de norte a sur y el drenaje principal corre hacia dos cuencas naturales el río Holguín y la presa Güirabo.

2.1.3 Estado actual de los colectores

Composición de la Obra:

Las cuencas naturales río Holguín y presa Guirabo se aprovechan en los distintos estudios para mantener las evacuaciones de los residuales de acuerdo a estas, servidas por los colectores CP-1, CP-2, CP-3, CP-5 y CP-5A.

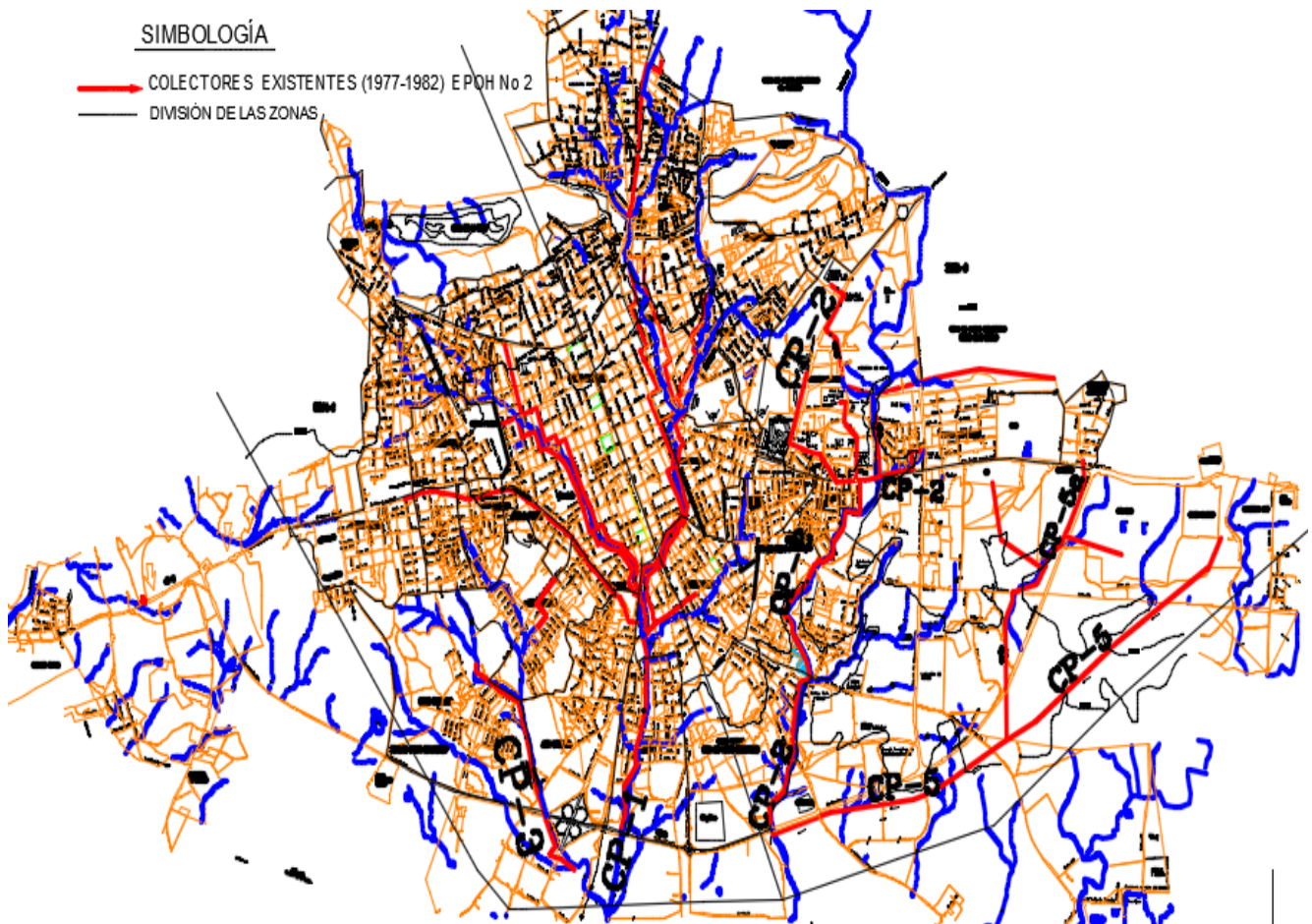


Figura 13. Colectores existentes. Fuente: Elaboración propia.

En la presente propuesta se mantiene la distribución anterior agregándose los colectores principales CP-1A, CP- 2A, CP- 2B, CP-4 y CP-4A.

Descripción de los colectores a proponer:

Cuenca del CP-1: variante red CP-1A

CP-1A: Inicia en la intercepción de Calle 1ra y Avenida Capitán Urbino, hasta la Calle Prado hasta incorporarse al CP-1 por Calle Manuel Ángulo. Este colector recogería los residuales de los repartos Capitán Urbino, Nuevo Llano, Distrito Lenin, parte de los repartos El Llano, Ciudad Jardín, Harlem, Santiesteban. Juan J. Fonet, Ramón Quintana y Alex Urquiola. En esta solución se prevé que el colector existente en la



Carretera Central se incorpore en calle Constitución a este colector y a partir de ahí se desactive el existente, así como conectar el Distrito Lenin que actualmente vierte al colector Derecho del Jigüe.

Cuenca del CP-2: variante red CP-2A

El CP-2A: Inicia en la Carretera de Gibara, bordea el río Marañón hasta la Calle Sol, se dirige por Calle Paz hasta Garayalde luego continua hasta la Calle Frexes, baja por Calle San Carlos, gira 107 grados hacia la calle Carralero y continúa por Josué País para finalmente descargar a un registro existente del CP-2. Este colector recoge los residuales de los repartos Los Lirios, Los Guillenes, Alcides Pino, Zayas, Vista Alegre, El Paraíso, La Quinta y parte de los Repartos Piedra Blanca, Peralta, Sanfield y La Aduana.

Cuenca del CP-2: variante red CP-2B

CP-2B: Inicia en la zona de Nuevo Desarrollo del reparto El Paraíso, bordea la margen izquierda del río, frente a la Escuela Especial, cruza a la margen derecha y continúa su recorrido hasta verter a un registro existente del CP-2. Este colector recoge los residuales de la población de Nuevo Desarrollo de los Repartos El Paraíso y Pedro Díaz Coello.

CP-4: Inicia su recorrido en el reparto Ciudad Jardín, continúa su trayectoria recta hasta el reparto Edecio Pérez, gira aproximadamente 45° a la izquierda donde inicia el colector CP-4A conectándose finalmente al CP-1.

Para el tratamiento final se proyectan tres variantes, en todos los casos fueron concebidas plantas de tratamiento según el número de habitantes en cuestión de cada área tributaria de aguas residuales.



Figura 14. Colectores propuestos. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Modelación de la propuesta en el Software AUTOCAD. Elaboración de las variantes.

Para una eficiencia adecuada en la evacuación de las aguas residuales, es necesario tener en cuenta determinados parámetros técnicos. Para el cálculo hidráulico, en la presente investigación se consideraron los siguientes datos:



Población actual (2012) – 282 922 habitantes (censo 2012)

$$P_f = P_0(1+i/100)^t$$

Dónde:

P_f = Población futura

P_0 = Población actual

i = incremento de la población anual

t = Período de diseño (30 años)

- Población futura (2042) – 275 261 habitantes
- Dotación: 345 l.p.p.d (litro por persona diaria)
- Aporte sanitario: 272 l.p.p.d

Cuenca del CP-1 (para una población de 143 860 hab.):

- Gasto máx. de población = 1 425.48 l/s
- Gasto industrial = 160 l/s
- $Q_{\text{máx.}}$ = 1586 l/s

Cuenca del CP-2 (para una población de 131 401 hab.):

- Gasto máx de población = 1 197.63 l/s
- Gasto industrial = 245 l/s
- $Q_{\text{máx}}$ = 1 443 l/s

Solución de tratamiento



El sistema de alcantarillado propuesto en la presente investigación es de tipo separativo; para el tratamiento final se han estudiado tres variantes, dándose cumplimiento a los principios anteriormente señalados, en todos los casos fueron concebidas plantas de tratamiento convencional (instalación donde a las aguas residuales se les retiran en gran medida los contaminantes principales, para hacer de ella un agua acorde al medio ambiente al disponerla en el cuerpo receptor natural, en este caso ríos) . La variante 1 a diferencia de las variantes 2 y 3, es a gravedad debido a la topografía de la ciudad con moderadas pendientes en dirección sur, la misma que lleva el drenaje principal del territorio, donde cursa el río Holguín, lo que implica que pueda emplazar la planta de tratamiento para recibir el agua residual por gravedad, mientras que en las variantes 2 y 3 se precisa de una combinación bombeo y gravedad.

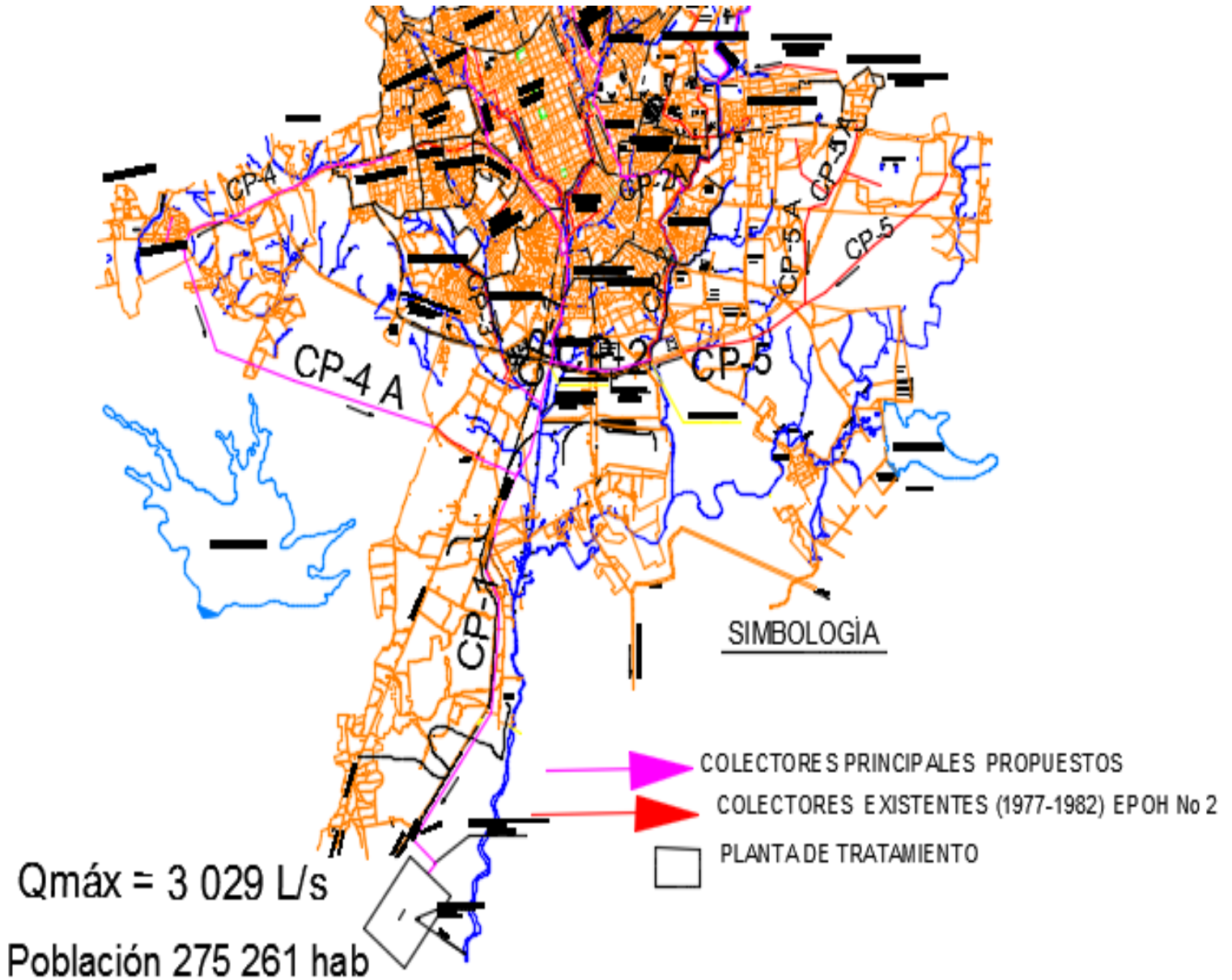
2.2.1 Variante 1

Tabla 2. Parámetros técnicos a considerar en la variante 1.

Objeto de obra	Población que tributa (Hab.)	Gasto (L/s)	Gasto (m ³ /día)
Colector Principal No.1	275 261	3029	83075



Figura 15. Variante 1.



Esta variante propone coleccionar todas las aguas residuales de la ciudad a través del CP-1 y conducir las a una futura planta de tratamiento ubicada a 4,5 km al sur de la ciudad.



Tabla 3. Datos de la planta de tratamiento (variante 1)

Variante 1	Población total de la ciudad (Hab)	Caudal Incluye infiltración y grandes consumidores (m ³ /día)
Planta de tratamiento	275 261	83 075

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Variante 2

Tabla 4. Parámetros técnicos a considerar en la variante 2.

Objeto de obra	Población que tributa (Hab.)	Gasto (L/s)	Gasto (m ³ /día)
Colector Principal No.1	143 860	1 586	42 385
Colector principal No.2	131 401	1 443	40 690
Total	275 261	3029	83 075

Fuente: Elaboración propia.

En esta variante se descentraliza el sistema propuesto anteriormente conduciéndose las aguas residuales a órganos de tratamiento diferentes, una para el CP-1 y otra para el CP-2, manteniéndose los colectores CP-3 y CP-4 hacia el CP-1 y CP-5 hacia el CP-2. La ubicación de ambos órganos es al sur del borde de la ciudad a unos 2,2 km, separadas a 1,5 km quedándose las mismas al sur de la zona industrial de la ciudad. El CP-5 a gravedad se conecta al CP-2 en la periferia del reparto Hilda Torres, luego continúa hasta pasar la fábrica 26 de Julio y conectarse a la estación de bombeo 1 que evacua hacia la planta de tratamiento correspondiente. El CP-1 es



a gravedad totalmente, recoge CP-3 y CP-4 hasta llevarla a la planta de tratamiento indicada.

Figura 16. Variante 2.

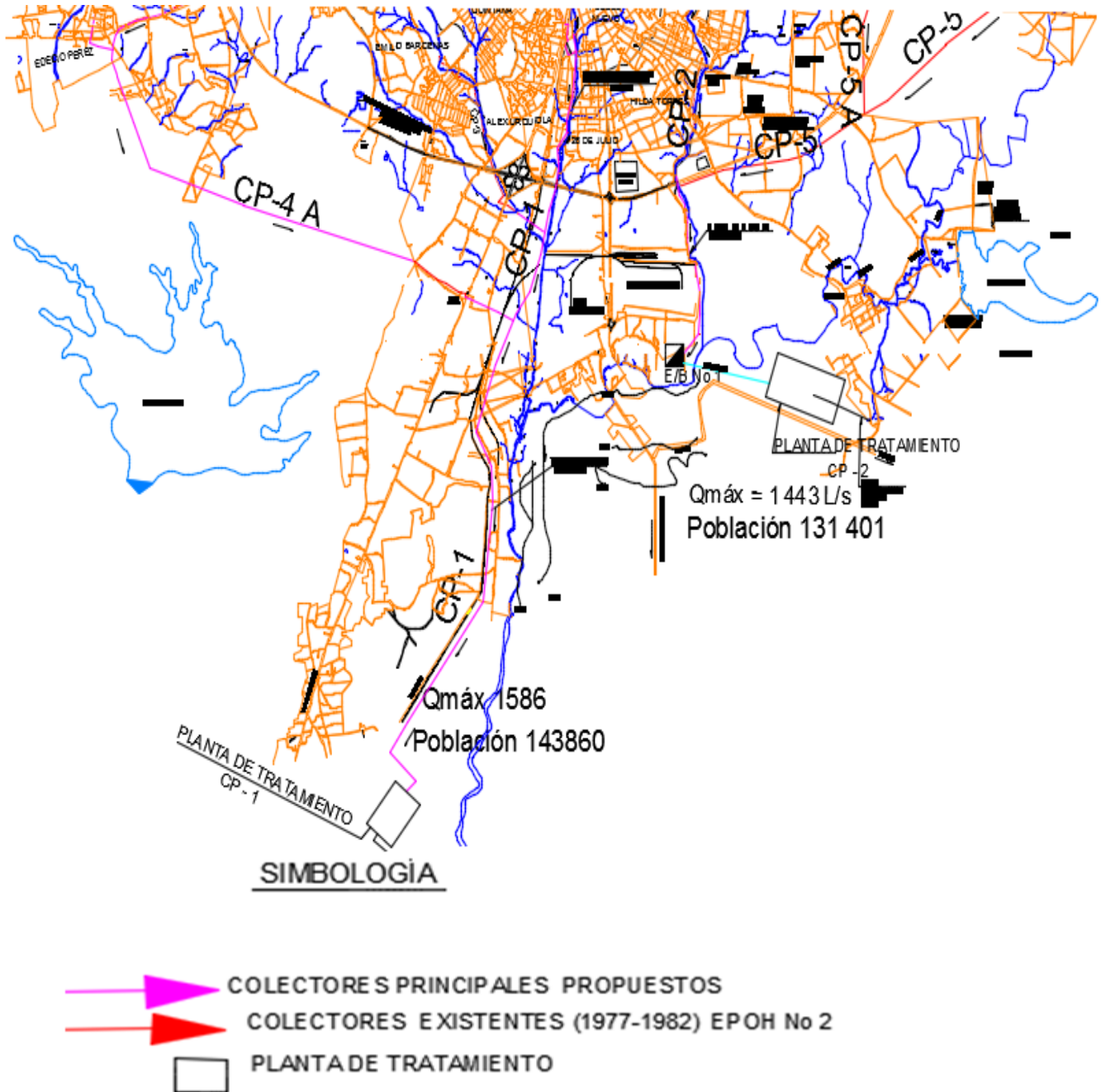




Tabla 5. Datos Planta de Tratamiento (variante 2)

Variante 2	Estación de bombeo	Población (Hab)	Caudal (m ³ /día)
Planta de tratamiento CP-1	No	143 860	42 385
Planta de tratamiento CP-2	E/B 1	131 401	40 690

Fuente: Elaboración propia.

La cuenca del CP-1 comprende el centro ciudad y los repartos que están al oeste de la ciudad.

La cuenca del CP-2 comprende los repartos de la zona norte y este de la ciudad.

2.2.3 Variante 3

Tabla 6. Parámetros técnicos a considerar en la variante 3.

Objeto de obra.	Población que tributa (Hab.)	Gasto (L/s)	Gasto (m ³ /día)
Zona norte cuenca del CP-2	60 378	626	16 800
Zona norte cuenca del CP-1 y área próxima presa Güirabo	33 497	334	10 033
Colector Principal No.1	100 879	1 083	29 481
Colector principal No.2	67 463	536	19 803
Colector principal No.5	10 906	308	6 364



Reparto el coco	2 138	15	594
Total	275 261	2 911	83 075

Variante 3: En esta variante se descentraliza totalmente el alcantarillado de la ciudad repartiéndose en seis subvariantes.

Subvariante V-3-1.

SIMBOLOGÍA




-  COLECTORES PRINCIPALES PROPUESTOS
-  COLECTORES EXISTENTES (1977-1982) EPOH No 2
-  PLANTA DE TRATAMIENTO



Figura 17. Subvariante V-3-1.



V-3-1:

- Estación de bombeo 1 en Carretera de Gibara que asume el residual de Alcides Pino, Los Lirios y Los Guillenes trasladándolo hasta el órgano de tratamiento 1 ubicado en la zona frente a la Escuela Camilo Cienfuegos.
- Estación de bombeo 2 en calle Frexes que asume el residual de Vista Alegre, La Quinta y Piedra Blanca trasladándolo hasta el órgano de tratamiento 1 ubicado en la zona frente a la Escuela Camilo Cienfuegos (independiente al bombeo de Alcides Pino).
- Estación de bombeo 3, a esta se conectan los repartos Piedra Blanca y el Paraíso hasta evacuar en la planta de tratamiento 1.

Subvariante V-3-2

V-3-2:

- Estación de Bombeo 4 cercano al Hospital Lenin que asume el residual de Distrito Lenin, Nuevo Llano, Capitán Urbino, y reparto Libertad, trasladándolo hasta un registro rompe presión en las alturas de JJ Fornet y luego a gravedad pasa por el reparto Emilio Bárcenas hasta el órgano de tratamiento 2 ubicado en la zona entre la Prisión Provincial y la Fábrica de Cervezas Bucanero.
- Inicia el recorrido en Ciudad Jardín, continúa por el CP-4 hasta llegar a Edecio Pérez, donde gira aproximadamente 45° a la izquierda hasta llegar a la estación de bombeo 5, que impulsará el agua hasta la planta de tratamiento 2.



SIMBOLOGÍA

- ▶ COLECTORES PRINCIPALES PROPUESTOS
- ▶ COLECTORES EXISTENTES (1977-1982) EPOH No 2

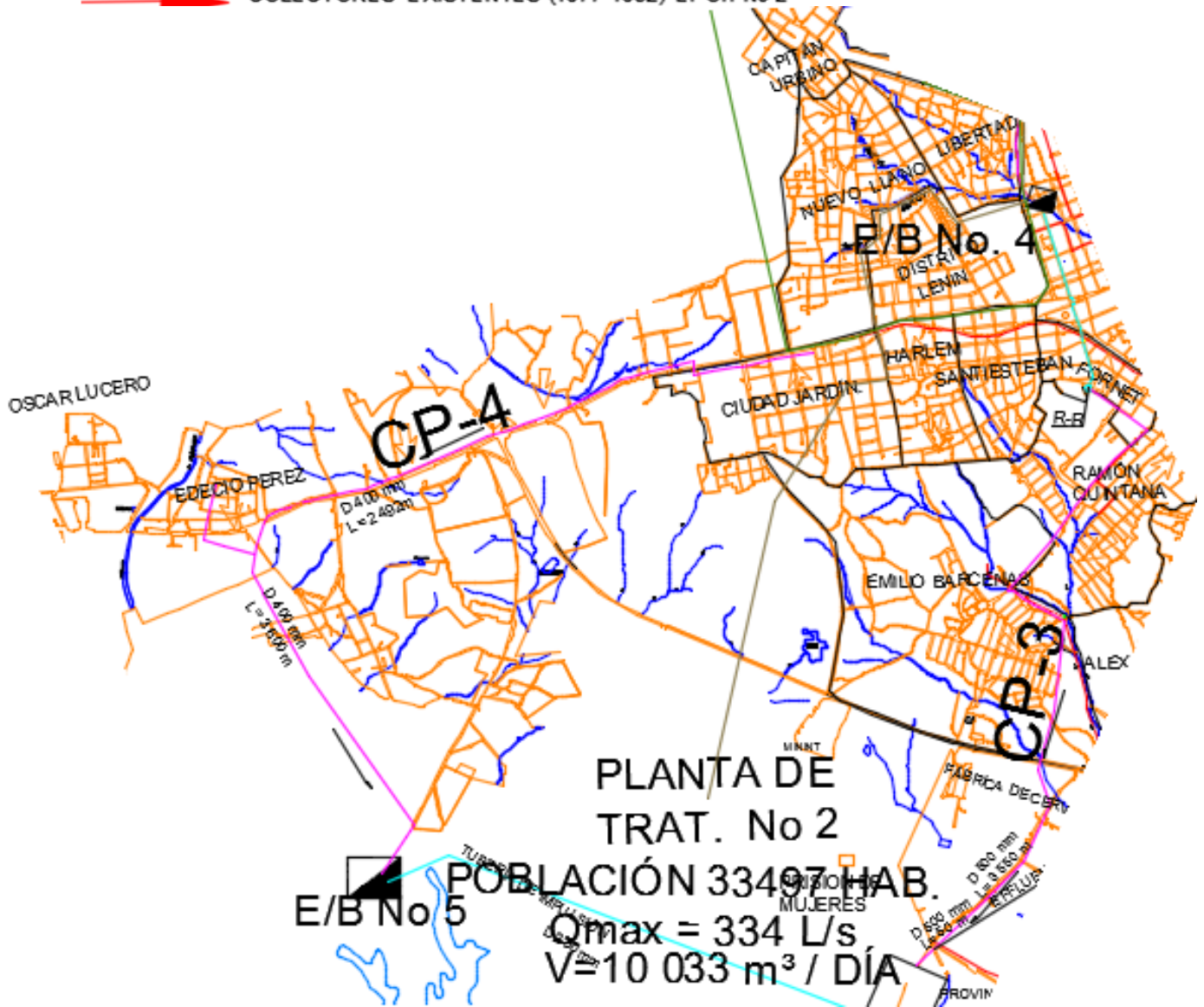


Figura 17. Subvariante V-3-2.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería



SIMBOLOGÍA




-  COLECTORES PRINCIPALES PROPUESTOS
-  COLECTORES EXISTENTES (1977-1982) EPOH No 2
-  PLANTA DE TRATAMIENTO

Figura 18. Subvariante V-3-3



V-3-3:

El colector CP-1 inicia su trayectoria en el reparto El Llano, continúa hasta Centro Ciudad, donde recoge las aguas residuales de dicho reparto a través del CP-1 derecho e izquierdo del río Jigüe y derecho e izquierdo del río Marañón, continúa su recorrido hasta unirse en Pueblo Nuevo con el ramal proveniente del reparto Ramón Quintana que recoge además los repartos Fernet, Santisteban y Harlem, luego recoge 26 De Julio, Álex Urquiola y continúa hasta llegar a la Planta de tratamiento 3.

Subvariante V-3-4

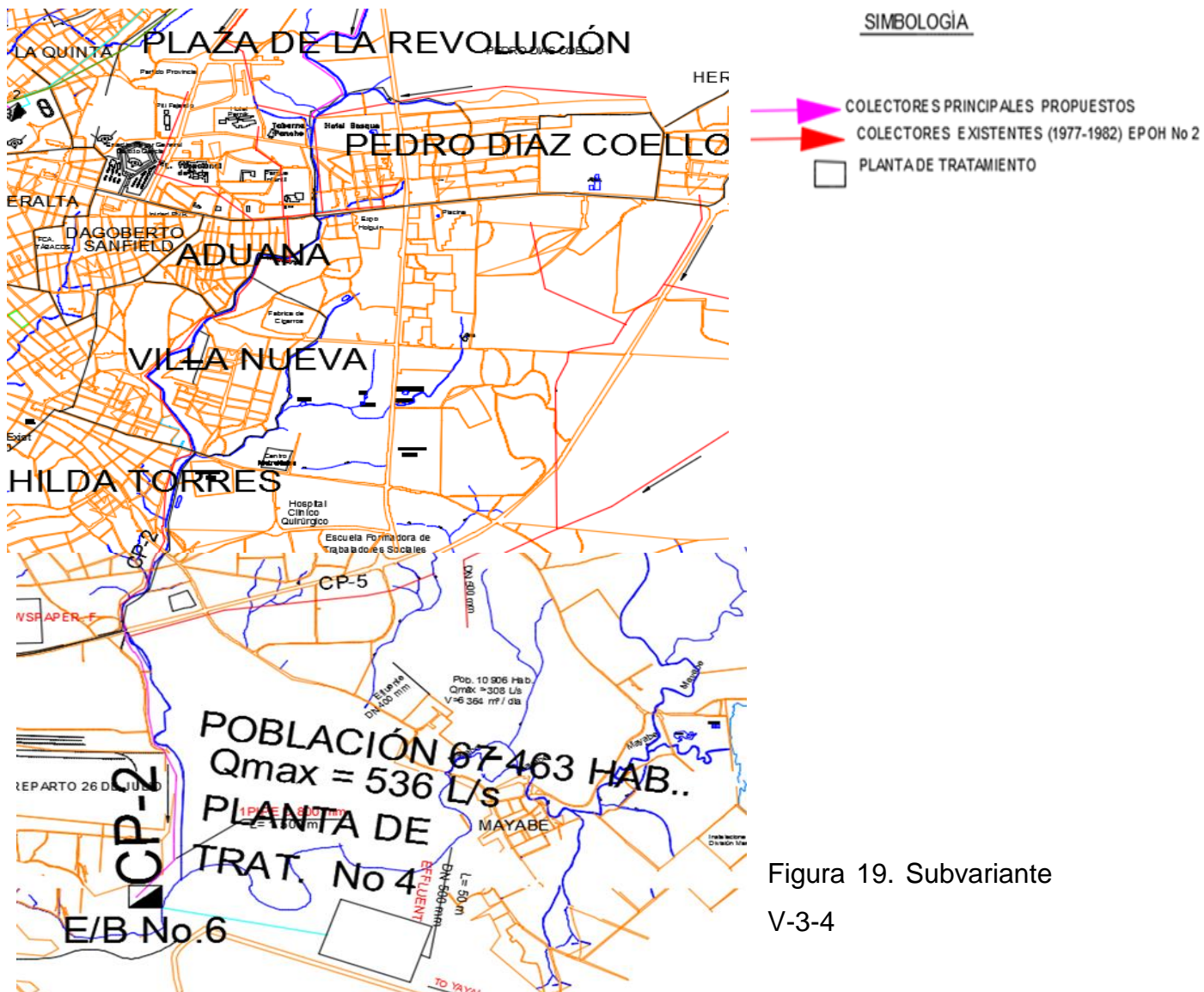


Figura 19. Subvariante V-3-4



V-3-4:

El CP-2 recoge los repartos Pedro Díaz Coello, Plaza de la Revolución, Sanfield, Aduana, Villa Nueva e Hilda Torres donde a través de la estación de bombeo 6 llega a la planta de tratamiento 4.

Subvariante V-3-5

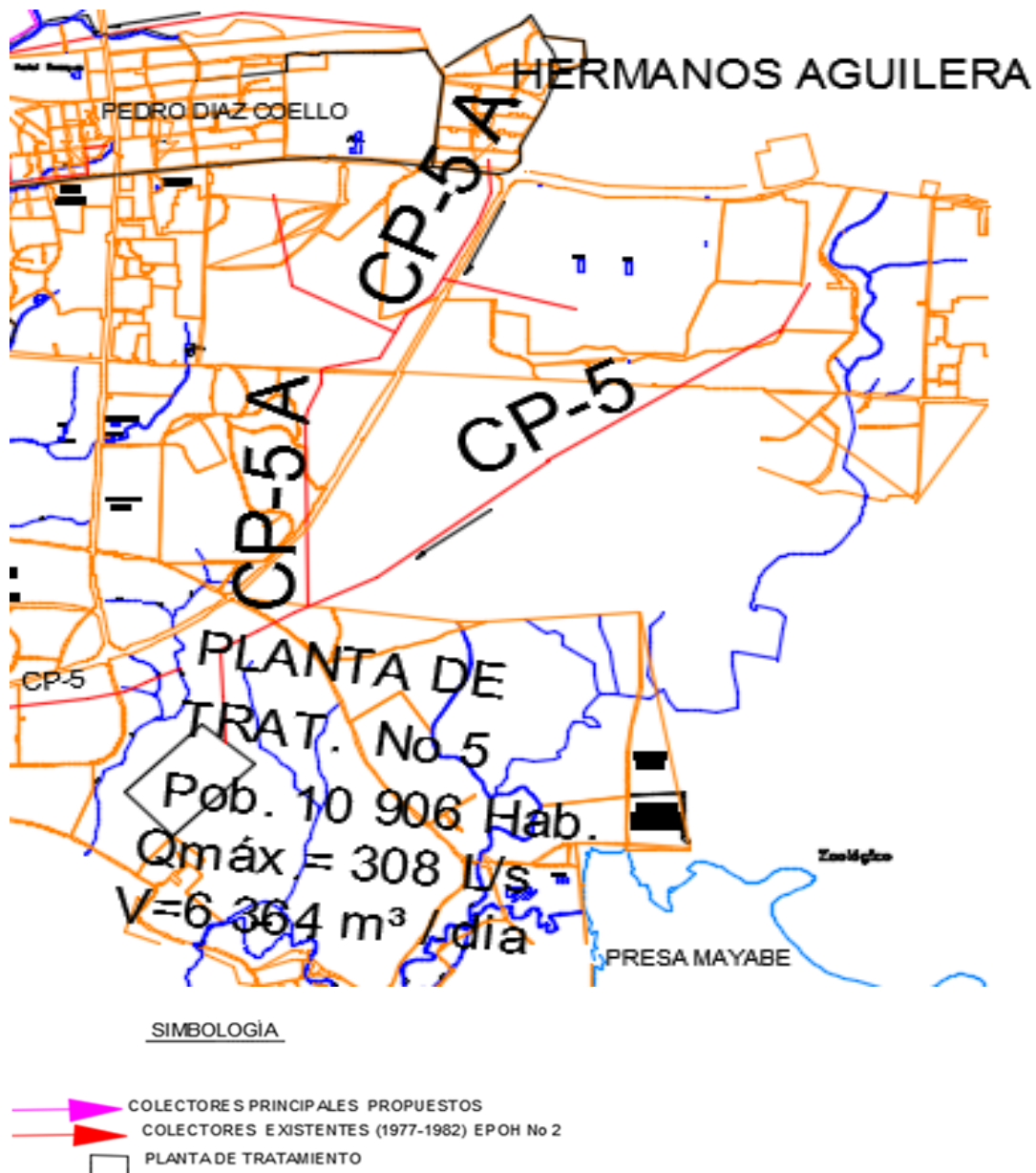


Figura 20. Subvariante V-3-5



V-3-5:

El CP-5A inicia su recorrido en el reparto Hermanos Aguilera, luego se conecta al CP-5 que recoge área de circunvalación carretera Mayarí y continúa hasta evacuar en la planta de tratamiento 5.

Subvariante V-3-6

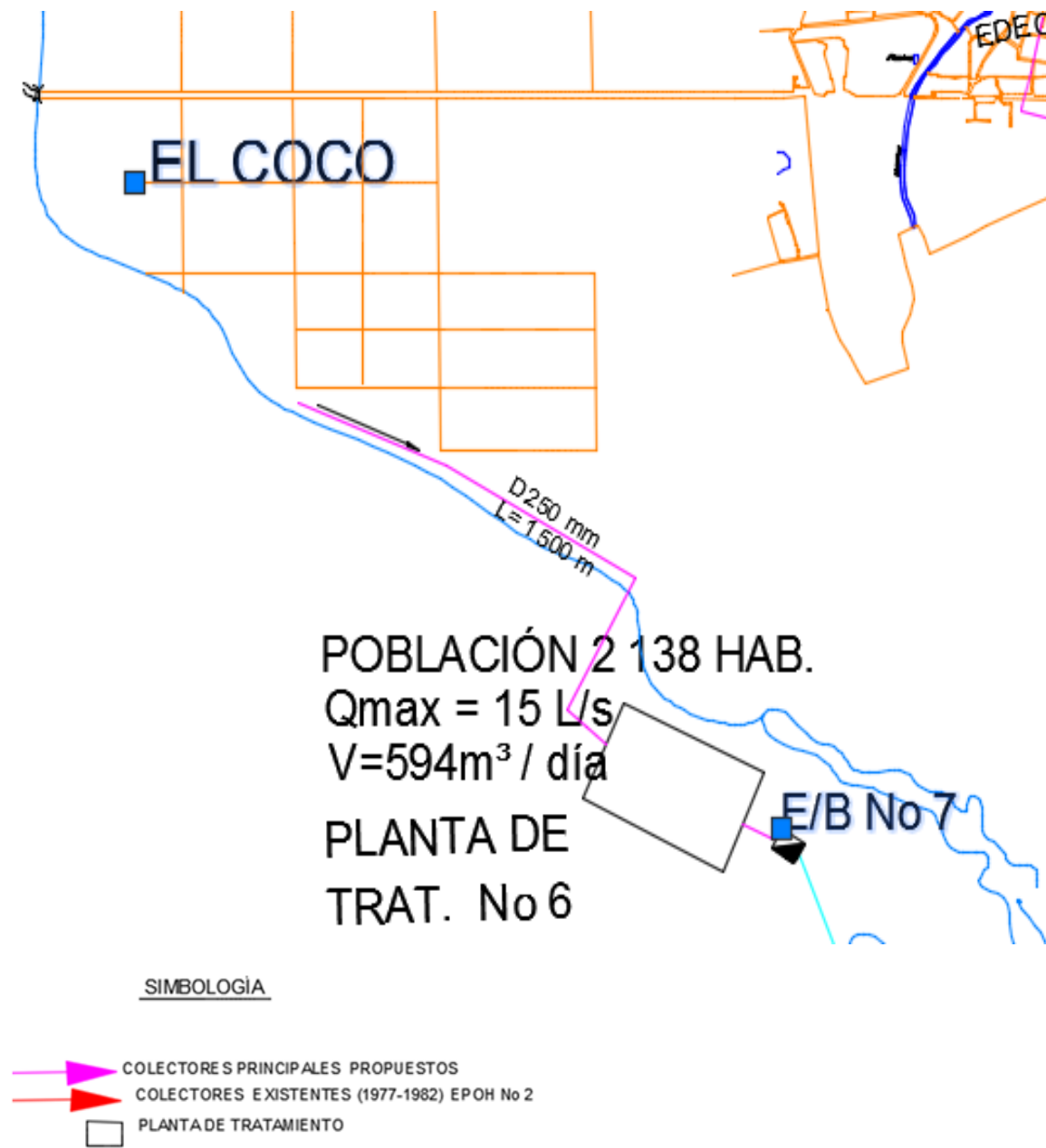


Figura 21. Subvariante V-3-6



V-3-6:

Para el reparto El Coco se propone un colector que recoge solo el residual de dicho reparto y vierte a la planta de tratamiento 6 a gravedad, en esta última se ubicará la estación de bombeo 7 para disponer el efluente aguas abajo de la presa Guirabo debido a que la misma es abasto a la población.

Todas estas subvariantes liberan a los colectores principales de cargas por tener menor población, e implicar reducciones considerables de diámetros en los colectores, de las dimensiones en los órganos de tratamiento y de las profundidades a excavar.

Tabla 7. Datos Planta de Tratamiento sin bombeo

Variante 3	Población (Hab)	Caudal (m ³ /día)
Residuo del CP-1	100 879	29 481

Fuente: Elaboración propia.

TABLA No.8. Datos de Plantas de tratamiento con bombeo

Plantas de tratamiento	Estación de bombeo	Población (Hab)	Caudal (m ³ /día)
Zona norte cuenca del CP- 2	E/B 1	17 197	4 813
	E/B 2	35 988	9 912
	E/B 3	7 196	2 075
Zona norte cuenca del CP- 1	E/B 4	21 537	6 660
Área próxima	E/B 5	11 960	3 373



presa Güirabo			
Descarga del CP-5	No	10 906	6 364
Residuo CP-1	No	100 870	29 481
Residuo CP-2	E/B 6	67 463	19 803
Solución Reparto el Coco	E/B 7	2 138	594
Totales	-	275 261	83 075

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Datos de las Estaciones de Bombeo

No.	Estación de bombeo	Población (hab.)	Gasto máximo (L/s)	Gasto promedio (L/s)	Gasto mínimo (L/s)
1	E/B No.1 Carretera de Gibara	17 197	186	66	26
2	E/B No.2 Área del Feliú	35 988	367	146	58
3	E/B No.3 Camino militar	7 196	73	23	7
4	E/B No.4 Área próxima a la Cochera del hospital	21 537	259	104	41
5	E/B No.5 Área próxima presa de Güirabo	11 960	75	27	11
6	E/B No.6 Descarga del CP-2	67 463	536	268	134
7	E/B No.7 Solución	2 138	24	10	3



Reparto El Coco				
-----------------	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Población que tributa a las Estaciones de Bombeo

Estación de bombeo	Repartos que tributan	Población
No.1	Alcides Pino	13 024
	Los Lirios	2 246
	Los Guillenes	655
	Zayas	1 272
	Total	17 197
No.2	Luz	4 038
	Los Lirios	1 494
	El Paraíso	4 010
	Piedra Blanca	5 207
	Los Guillenes	436
	Vista Alegre	13 390
	La Quinta	6 650
	Iberoamericano.	760
	Total	35 985
No.3	Norte del Paraíso	3 833
	Piedra Blanca	1 644
	Paraíso	1 719



	Total	7 196
No.4	Capitán Urbino	5 224
	Libertad	5 854
	El Llano	3 307
	Nuevo Llano	6 895
	El Progreso	257
	Total	21 537
	Ciudad Jardín	2 546
	Nuevo Llano	1 724
No.5	Área próxima presa Guirabo	7 690
	Total	11 960
No.6	Residuo del CP-2	67 463
No.7	El Coco	2138
	Total	69601

Fuente: Elaboración propia.

El efluente de los órganos de tratamiento será conducido para su vertimiento final al río Holguín, a unos 500–1000 m de la misma. Históricamente el río Holguín es el desagüe de la totalidad de las aguas residuales de la ciudad, la que por medio de canales son regadas en plantaciones de caña pertenecientes al central Cristino Naranjo que conforma un extenso macizo cañero al sur y a unos 13 km de la ciudad. El caudal que hoy se vierte a dicho río es aproximadamente de 25 000 m³/día, es mucho mayor debido a las descargas de los carros fosas y el escurrimiento subterráneo producto de los miles de fosas que existen.



2.3 Valoración de las variantes

- La variante número uno propone coleccionar todos los residuales centralizadamente, es la única posibilidad a gravedad, pero presenta grandes diámetros de los elementos de conducción, profundidades significativas y órganos de tratamiento de altas dimensiones, además se estima un costo construcción y montaje para la misma de \$ 76 732 551, 58.
- En la variante número dos se propone la descentralización de los colectores de residuales, por tanto, permite la conducción mediante dos colectores principales y dos órganos de tratamiento distintos, en el que se evacúan los residuales a gravedad hacia una planta y combinación de bombeo y gravedad para la otra; presenta además un costo construcción y montaje en la obra de \$ 77 301 983, 32.
- En la variante número tres con sus subvariantes, se propone la total descentralización de los colectores, lo que permite liberar a estas tuberías de grandes cargas de efluentes por servir a una menor población, e implica en algunos casos la conducción a gravedad y en otros con la ayuda de estaciones de bombeo, esto trae como consecuencias significativas reducciones en diámetros de los colectores y dimensiones de los órganos de tratamiento, resulta más factible desde el punto de vista constructivo, además de una reducción considerable en la estimación en la obra de construcción y montaje de \$ 53 141 443.88.

2.4.1 Resultados de la valoración

Después de realizar un profundo análisis de factores tales como economía, topografía, población, daños al medio ambiente y eficiencia, se define como variante más factible la número tres, debido a que la misma con respecto a las variantes uno y dos, presenta una disminución considerable en la estimación del costo de la obra de construcción y montaje a pesar de utilizar siete estaciones de bombeo. Libera además los colectores de carga distribuyendo la misma a plantas de tratamiento distintas, lo que trae como consecuencia la disminución de los diámetros de los colectores, de las longitudes de las plantas de tratamiento, de las dimensiones a



excavar y se puede ejecutar paulatinamente; es decir, se pueden ejecutar en distinto momento a partir de las zonas a evacuar propuestas correspondientes a cada órgano de tratamiento, a diferencia de las variantes uno y dos que hay que construir prácticamente de forma global.

Conclusiones del capítulo

- Con el empleo del software Autocad, se elaboró una propuesta de tres variantes para la evacuación de las aguas residuales en la Ciudad de Holguín, cada una con un sistema de tratamiento final, en este caso se utilizaron en todas las variantes plantas de tratamiento.
- Luego de realizarse una valoración exhaustiva de cada solución propuesta con respecto a factores tales como medio ambiente, economía, eficiencia, topografía, se define como variante más factible la número tres.



CONCLUSIONES GENERALES

- Como resultado de la implementación de los métodos de análisis histórico-lógico y análisis documental se pudo caracterizar desde una dimensión histórica el surgimiento y evolución de los sistemas de alcantarillado en el mundo, en Cuba y en la ciudad de Holguín.
- La triangulación de la información procedente del análisis histórico, caracterización teórico - conceptual y el análisis diagnóstico del objeto y el campo de la investigación permitió identificar las causas que han incidido en la manifestación del problema de investigación. Las mismas se refieren a el déficit del sistema de alcantarillado de la ciudad de Holguín y al vertimiento de aguas residuales a los ríos Jigüe y Marañón.
- El diagnóstico del estado actual de las redes de alcantarillado de la ciudad de Holguín permitió valorar si se contemplaban o no en la nueva propuesta de evacuación de las aguas residuales.
- Como resultado del proceso investigativo se logró la elaboración de 3 variantes para la evacuación de las aguas residuales de la ciudad de Holguín, cada una con su propuesta de tratamiento, se escoge entre ellas la número tres como la más factible.
- La propuesta de evacuación de las aguas residuales en la ciudad de Holguín permitirá, una vez implementada, la disminución de la contaminación de los ríos Jigüe, Marañón y a su afluente el río Holguín, que a su vez descarga al río Cauto, así como un aumento considerable de la calidad de vida de sus habitantes.



RECOMENDACIONES

- Presentar los resultados de la investigación en los eventos científicos y generar publicaciones científicas con los mismos.
- Avalar de ser posible la aplicación de la presente investigación.
- Utilizar el trabajo de diploma y los resultados que en él se revelan como consecuencia del proceso investigativo llevado a cabo para la preparación de los estudiantes que se encuentran en la carrera desde aquella disciplina y asignatura cuyo contenido guarden relación con la investigación.
- Dar continuidad a la investigación.



BIBLIOGRAFÍA

1. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín, Raudal (2008). Estudio de Prefactibilidad del alcantarillado de la ciudad de Holguín. Holguín, Cuba: Informe.
2. Colectivo de autores: Características generales de los sistemas de alcantarillado.
3. Colectivo de autores. Recorrido por la historia del alcantarillado.
4. María Molinos, Francesc Hernández y Ramón Sala. Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de las aguas residuales en el contexto nacional e internacional.
5. Rosell Campos Fernando: Libro de la Historia del Saneamiento de Valladolid, 2009.
6. ABC (2015). El 80% de las aguas residuales del mundo no reciben el tratamiento adecuado. Disponible en www.abc.es. Consultado el 25 de febrero de 2017.
7. Lic. de las Cuevas Toraya, Juan. 500 años de construcciones en Cuba.
8. Martínez, Aynel; Figueredo, Oscar; Cabrera, Paola; Tesoro, Susana; & Francisco, Ismael (2015). Concluyen este lunes sesiones las Comisiones de Trabajo de la Asamblea Nacional. Disponible en www.cubadebate.cu. Consultado el 16 de abril de 2016.
9. Oficina Nacional de Estadística e Información, ONEI (2013). Anuario Estadístico de Cuba. La Habana, Cuba.
10. Grupo del Banco Mundial (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Disponible en www.bancomundial.org. Consultado el 2 de marzo de 2017
11. Trülzsch, Stefan (2015). Einführung / Entwurf von Entwässerungsnetzen. Dresden, Alemania: Technische Universität.
12. OPS/CEPIS (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima, Perú. Consultado el 2 de marzo de 2017.



13. Cabrera, Erick Elías; Castro, Julio César & Mendez, Ricardo (2011). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, Departamento de la Libertad: Trabajo de Diploma. Universidad de El Salvador.
14. Dirección Municipal de Planificación Física de Holguín, DMPF (2010). Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano. Holguín, Cuba: Informe.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA y Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-HÁBITAT (2010). Disponible en http://www.unep.org/pdf/SickWater_screen.pdf. Consultado el 9 de marzo de 2017.
16. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2008). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Holguín. La Habana, Cuba: Academia.
17. Wikipedia (2015). Cloaca Máxima. Disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>. Consultado el 16 de abril de 2017.
18. Porto, Alberto (2013). Proyecto de Norma XX “Especificaciones para el diseño y construcción de Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial Urbano”. Ciudad de La Habana, Cuba.
19. Regulación de Proyección No. 1087 (1982). Proyectos de alcantarillado y drenaje pluvial. La Habana, Cuba.
20. Moreno, Lisbet (2013). Contribuciones para el anteproyecto de la red de alcantarillado para la ciudad de Gibara. Holguín, Cuba: Trabajo de Diploma. Universidad de Holguín.
21. Organización Mundial de la Salud, OMS (2014). Disponible en <http://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html>. Consultado el 8 de marzo de 2017.
22. Oficina Nacional de Estadística e Información, ONEI (2013). Anuario Estadístico de Cuba. La Habana, Cuba.



ANEXOS

Anexo 1. Alcantarillados en la antigüedad



Anexo 2. Situación actual de ríos de Jigüe, Marañón y Holguín





Anexo 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales



Visión general de la planta de tratamiento de aguas de Antwerpen-Zuid, situado en el sur de Amberes, Bélgica.



Estación depuradora de aguas residuales en el río Ripoll, en el municipio de Castellar del Vallés, España.