



UHo
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería
Sede "Oscar Lucero Moya"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PARA
EL REPARTO HILDA TORRES DEL MUNICIPIO DE HOLGUÍN.

GLEND A OROZCO RODRÍGUEZ

HOLGUÍN

2017



UHo
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería
Sede "Oscar Lucero Moya"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PARA
EL REPARTO HILDA TORRES DEL MUNICIPIO DE HOLGUÍN.

AUTORA: GLENDA OROZCO RODRÍGUEZ

TUTORA: Ing. TANIA SUÁREZ RODRÍGUEZ

Ing. FÁTIMA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Holguín

2017



PENSAMIENTO

“Tarde o temprano tendremos que reconocer que la tierra tiene también el derecho de vivir sin contaminación. Lo que el ser humano debe saber es que no pueden vivir sin la madre tierra, pero la tierra puede vivir sin humanos.”

Evo Morales



AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermana, quienes siempre me han apoyado.

A mi tutora Tania Suárez quien siempre estuvo dispuesta aclarar mis dudas y transmitirme sus conocimientos sin importar la hora.

A mi tutora Fátima Martínez que a pesar de presentar problemas de salud me asesoro.

Al profesor Miguel Cruz Cabeza por su preocupación antes las situaciones.

A la profesora Aylín por su disposición en ayudarme.

A todos mis compañeros y profesores. A mis amigos por el tiempo compartido.

A todos los que de una forma u otra colaboraron para hacer este sueño realidad.



DEDICATORIA

A quien tanto se ha esforzado, me ha apoyado y guiado hasta hoy, y gracias a quien pude realizar mi sueño: mi madre querida.



RESUMEN

El ser humano se concibió para interactuar con su medio ambiente, con la utilización de los recursos que lo rodean, tales como el aire, el agua, la tierra y los productos que le sirven de soporte, proporcionándole las condiciones indispensables para su supervivencia. Las personas diariamente generan gran cantidad de aguas residuales ya sean en usos domésticos, industriales o comerciales. Pero la carencia de condiciones adecuadas de redes para transportarla hacia su disposición final, causa contaminación ambiental y afecta directamente el bienestar de la población. El reparto Hilda Torres del municipio de Holguín carece de servicio de alcantarillado, por lo que el predominio de zanjas que funcionan como drenaje afecta la salud de sus habitantes y la imagen comunitaria. El diseño con PEAD de una red para transportar las aguas residuales de este reparto es el objetivo de este trabajo y se realizó con la utilización del software Akua. Para su conformación se implementaron un sistema de métodos de investigación científica de naturaleza teórica, empírica, matemática y estadística.



SUMMARY

The human being conceived himself to interact with his environment, utilizing the resources that surround it, such like air, water, the land and the products that serve as support themselves, providing him the indispensable conditions for his survival. The people daily generate a great quantity of waste waters, it can be result of domestic, industrials or commercials uses. But the deficit of suitable conditions of nets to transport it toward its final disposition, causes environmental contamination and affected directly the well-being of the people. Hilda Torres neighborhood in the municipality of Holguín have an insufficient service of sewage system, for that reason the predominance of ditches working like drainage, affects the inhabitants' health and the communal image. The design with PEAD of a net to transport this waste waters is the objective of this work and it was made with the utilization of the software Akua. A system of methods of scientific investigation of theoretic, empiricist, mathematician and statistician nature were used for its conformation.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1	
CAPÍTULO-1: CARACTERIZACIÓN TEÓRICO-METODOLÓGICA E HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	6	
Introducción al capítulo	6	
1.1 Antecedentes históricos de los sistemas de alcantarillado.....	6	
1.1.1 Sistemas de alcantarillado. Conceptualización	6	
1.1.2 Sistemas de alcantarillado. Tipos.....	2	
1.1.3 Componentes de una red de alcantarillado sanitario	10	
1.2 Evolución de los sistemas de alcantarillado en el mundo. Características	11	
1.2.1 Aparición del alcantarillado en Cuba. Evolución histórica.....	16	
1.2.2 Sistema de alcantarillado del municipio Holguín. Sus comienzos y	características. Estado actual	19
1.3 Caracterización teórica – metodológica del diseño de sistemas de	alcantarillado sanitario.....	24
1.3.1 Parámetros de diseño. Definiciones	25	
1.3.2 Diseño de redes de alcantarillado.....	27	
1.3.3 Metodologías de cálculo	27	
1.3.3 Softwares empleados para el diseño de redes hidráulicas. Características	29	
CAPÍTULO-2: DISEÑO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PARA EL REPARTO	HILDA TORRES	31
Introducción al capítulo	31	
2.1 Caracterización general del reparto Hilda Torres.....	31	
2.1.1 Situación del sistema de alcantarillado en el reparto Hilda Torres.....	33	
2.1.2 Parámetros de diseño	34	
2.2 Modelación de la propuesta de diseño en el software	37	
2.2.1 Características del software Akua.....	37	
2.2.2 Selección del tipo de proyecto	38	
2.2.3 Importación de la base cartográfica	40	
2.2.4 Trazado de la red.....	41	
2.2.5 Ejecución del diseño	43	



2.2.6	Comprobación de los resultado	48
2.2.7	Exportación de los resultados	49
2.2.8	Exportación de los resultados	55
2.2.9	Análisis del presupuesto.	57
	Conclusiones parciales.	58
	CONCLUSIONES GENERALES.....	59
	RECOMENDACIONES	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
	ANEXOS	

Simbología

A: área (ha)

A: área de la sección transversal (m²)



d: diámetro interior de la tubería (m)

D nom.: diámetro nominal del conducto (mm)

D: densidad de población (hab/ha)

Dot: dotación (l/hab/día)

F: Número de Froude

M: coeficiente de Harmon (adimensional)

n: Coeficiente de rugosidad (adimensional).

R: Radio hidráulico (m).

P: población (hab)

P: perímetro de la sección mojada (m)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Q: caudal (m^3/s)

Q d: caudal de diseño (l/s)

K: Coeficiente de flujo máximo (adimensional)

Q máx: caudal máximo horario de aguas residuales (l/s)

Q m: caudal medio diario de aguas residuales (l/s)

Q i: caudal de infiltración (l/s)

Q e: caudal de conexiones erradas (l/s)

S: pendiente de la tubería (m/m)

S mín: pendiente mínima de la tubería (m/m)

T: fuerza tractiva (kg/m^2)

V: velocidad del flujo (m/s)

V c: velocidad crítica (m/s)



INTRODUCCIÓN

El agua constituye un elemento esencial para la existencia y supervivencia de los seres humanos en nuestro planeta. Todos los seres vivos poseen en su organismo, en mayor o menor medida, agua y necesitan consumirla de forma continuada para vivir.

Todas las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones, que varían de unos pocos mg/litro en el agua de lluvia, a cerca de 35 mg/litro en el agua de mar. A esto hay que añadir, en las aguas residuales, las impurezas procedentes del proceso productor de desechos, que son los propiamente llamados vertidos.¹

Los servicios, al desarrollarse las localidades urbanas, inician con el abastecimiento de agua potable para satisfacer las necesidades de sus habitantes, como consecuencia, se presenta el desalojo de las aguas residuales; se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas negras, ellas son las contaminadas con heces u orina, producidas por la comunidad, que incluye al comercio y a la industria.

Las aguas residuales son la acumulación de las aguas contaminadas durante su empleo en las actividades realizadas por las personas. Resultan de la combinación de los líquidos y sólidos proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones, en ocasiones, unida a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente.

Las aguas residuales urbanas, son generalmente conducidas por sistemas de alcantarillado y tratadas en una planta u otro órgano de tratamiento para su depuración antes de su vertido. Las generadas en zonas o viviendas sin acceso a un sistema de alcantarillado único se tratan en el mismo lugar, generalmente en fosas sépticas, y en escasas ocasiones en campos de drenaje séptico.

¹ Organización de Naciones Unidas (ONU) disponible en www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html. Consultado el 23 de noviembre de 2016.



La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo, la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es inferior en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera significativos problemas sanitarios. Actualmente la presencia de redes de alcantarillado es un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones en la mayoría de los países.

El daño ocasionado por las aguas residuales a los ecosistemas y la biodiversidad es irreversible y advierte que supone una amenaza para la salud humana y la actividad económica. Especialmente porque se estima que las poblaciones urbanas se duplicarán en las próximas cuatro décadas y 21 de las 33 megaciudades del mundo están en la costa, donde los vertidos de aguas sin tratar son aún más peligrosos.²

Según informe de la Organización de Naciones Unidas (ONU) el 80 % de las aguas residuales mundiales no reciben un tratamiento adecuado para evitar la contaminación y la propagación de enfermedades, una situación que perjudica sobre todo a los países menos desarrollados. El PNUMA ha instado a los gobiernos a convertir el tratamiento de las aguas residuales en una prioridad para la agenda del desarrollo que debe aprobarse para dar continuidad a los objetivos del milenio (ODM).³

Cuba posee amplias posibilidades y condiciones para la reutilización de las aguas residuales, porque existe voluntad política y presenta escenarios adecuados a ese fin. En nuestro país uno de los principales problemas es el relacionado con la contaminación de las aguas de mar; este es el caso de la Bahía de La Habana, causada fundamentalmente por las actividades domésticas e industriales de más de 88 entidades que tributan sus desechos de forma directa o indirecta sin un adecuado tratamiento previo.

En la ciudad de Holguín la red hidrográfica no es muy extensa, presenta ríos con poco caudal, como: Miradero, Lirio, Marañón, Almirante, Jigüe Yareyal, Mayabe y Holguín. Muchos de estos ríos nacen en elevaciones cercanas a la ciudad y sus aguas no están aptas para el consumo de la población, por el alto grado de contaminación que tienen debido al vertimiento de residuales albañales e industriales.

² Ídem.

³ Ídem.



Este vertimiento se debe a que Holguín posee un déficit considerable en el servicio de alcantarillado, solo algunos habitantes cuentan con este servicio y gran parte del resto vierten las aguas contaminadas por el consumo diario en las diferentes zanjas o fosas y otros las vierten directamente a los arroyos aledaños. Esto constituye una causa de la contaminación de los suelos, del manto freático, pérdida de la belleza paisajística de las áreas urbanas, así como el riesgo inevitable a la población, de adquirir enfermedades de origen hídrico.

En la actualidad, uno de los repartos más afectados por la situación antes mencionada, es el reparto Hilda torres. El análisis en las insuficiencias en el servicio de alcantarillado son reflejo de la existencia de una contradicción científica entre las malas condiciones higienico-sanitaria y la necesidad proveer una red de alcantarillado para dicho reparto.

De esta manera se manifiesta que el problema de investigación radica en la no existencia de una red de alcantarillado eficiente en el reparto Hilda Torres, la cual afecta la salud de sus habitantes y la imagen comunitaria; siendo el objeto de la investigación el reparto Hilda Torres del municipio Holguín y el campo de investigación, diseño de una red de alcantarillado.

Esta investigación tiene como objetivo general elaborar una propuesta de diseño de una red de alcantarillado para el reparto Hilda Torres del municipio de Holguín. Para ello se plantean como objetivos específicos:

- Determinar los rasgos que han caracterizado la evolución de los sistemas de alcantarillado.
- Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el diseño de una red de alcantarillado en el reparto Hilda Torres.
- Diseñar la red de alcantarillado del reparto Hilda Torres.

La hipótesis se concibe como: Si se escogen los parámetros de diseño adecuados y con la utilización del software AKUA se podrá diseñar una posible red de alcantarillado que se adapte a las características del reparto.

Para el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación se confeccionó un sistema de tareas de la investigación:



- Determinación de los rasgos que han caracterizado la evolución de los sistemas de alcantarillado.
- Sistematización de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el diseño de un sistema de alcantarillado para el reparto Hilda Torres del municipio Holguín.
- Diagnóstico del estado actual del sistema de alcantarillado en el reparto Hilda Torres.
- Elaboración de la propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado para el reparto Hilda Torres.
- Valoración de la aplicación de la propuesta de diseño a través de criterios de especialistas.

La materialización de las tareas de la investigación, la constatación de la hipótesis, el cumplimiento de los objetivos de la investigación y la solución del problema planteado se concretan a partir de un sistema de métodos de investigación:

Métodos teóricos:

- Histórico–lógico: Para realizar un análisis histórico del reparto Hilda Torres del municipio Holguín y su sistema de alcantarillado.
- Hipotético – deductivo: Para la elaboración de la hipótesis investigación, precisión de las variables de la investigación y la asunción de una lógica investigación.
- Modelación: Para la elaboración de modelos de la propuesta que permitan comprender el alcance y significación del aporte de la investigación.
- Análisis - síntesis: Para el análisis de la información procedentes de la caracterización histórica, teórico – metodológica y empírica del objeto y campo de la investigación.

Métodos empíricos:

- Análisis documental: Para la búsqueda de información relacionada con la caracterización histórica, teórica y empírica del objeto de la investigación con énfasis en su campo.



- Observación científica: Herramienta beneficiosa en la caracterización empírica del objeto de la investigación con énfasis en su campo.

Métodos matemático-estadísticos:

- Estadísticos-descriptivos: para precisar la población y muestra de la investigación para el procesamiento y presentación de los resultados provenientes del diagnóstico del objeto y campo.

El aporte de la investigación radica precisamente en la propuesta de diseño de una red de alcantarillado para el reparto Hilda Torres del municipio Holguín con el empleo de las normas concernientes al polietileno de alta densidad.

La propuesta de diseño de la red de alcantarillado para el reparto Hilda Torres revela como novedad científica la utilización de las especificaciones necesarias de las tuberías de polietileno de alta densidad; material flexible que se produce en el país.

El diseño que se propone refleja la actualidad del tema de la investigación al relacionarse con una de las líneas de investigación trazadas por el Departamento de Construcciones: “Obras estructurales, viales e hidráulicas: Modelación, diseño y evaluación.”

El informe de la investigación se estructura en introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos. En el primer capítulo se ilustra la caracterización teórica-metodológica e histórica de los sistemas de alcantarillado. En el segundo capítulo se muestra el aporte de la investigación.



CAPÍTULO-1: CARACTERIZACIÓN TEÓRICO-METODOLÓGICA E HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Introducción al capítulo

El presente capítulo aborda los aspectos teóricos-metodológicos, históricos y empíricos de las redes de alcantarillado. Se realiza un análisis que abarca el panorama internacional, hasta llegar a la ciudad de Holguín.

1.1 Antecedentes históricos de los sistemas de alcantarillado

El alcantarillado no se introdujo como aumento de la comodidad o para una mejor forma de vida. Se impuso como consecuencia de las epidemias que azotaron Europa desde la antigüedad. Con la situación imperante, las personas temieron de la enfermedad infecciosa asiática y suplicaron a los administradores públicos a que empezaran a ejecutar programas de alcantarillado. ⁴

1.1.1 Sistemas de alcantarillado. Conceptualización

Las redes de alcantarillado son estructuras de tipo hidráulico que funcionan a presión atmosférica, por gravedad. Solamente en tramos cortos están formados por tuberías que trabajan bajo presión. Por lo general se componen de canales de sección circular, oval o compuesta por ambas, que discurren enterradas bajo la vía pública (circulaciones vehiculares y/o peatonales).

Se denomina alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de estructuras y tuberías usada para la recogida y transporte de aguas residuales, industriales y aguas de lluvia de una población desde el lugar donde se generan hasta algún cuerpo de agua corriente. Las aguas residuales pueden ser albañales (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia (alcantarillado pluvial) desde el lugar donde se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan. ⁵

⁴Fragor Arturo. Antecedentes del alcantarillado. Disponible en <https://prezi.com>. Consultado 9 de marzo de 2017.

⁵ Penagos Blanco Laura Genith. Componentes del sistema de alcantarillado para la vía secundaria sector grival municipio Mosquera. Universidad Minuto de Dios. Tesis de posgrado. Mosquera, diciembre, 2014.

1.1.2 Sistemas de alcantarillado. Tipos

El tipo de alcantarillado que se utilice depende de las características, ya sea tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto.

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos:

Los sistemas convencionales de alcantarillado (figura 1) son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.⁶

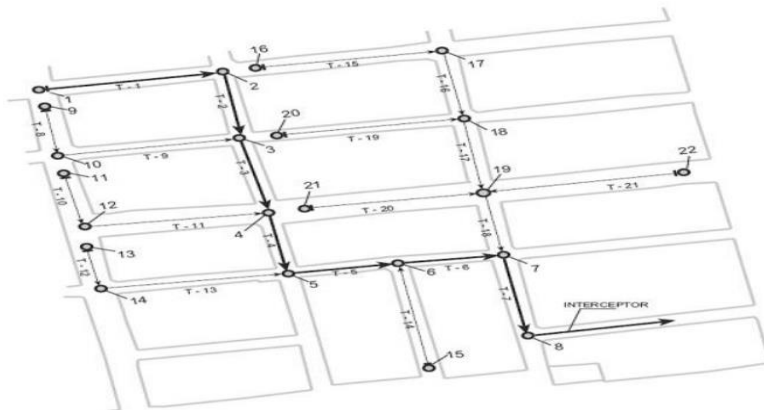


Figura - 1: Esquema de una red de alcantarillado convencional.
Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de OPS, Lima, 2005.

Entre los sistemas convencionales se encuentran:

- Alcantarillado separado (figura 2): es aquel en el que se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia.
- Alcantarillado sanitario: Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.

⁶ SIAPA. Alcantarillado sanitario. Disponible en: www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf. Consultado 2 de enero del 2017.

- Alcantarillado pluvial: Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales. No es necesario cuando la evacuación de la escorrentía pluvial podría lograrse satisfactoriamente a través de las cunetas de las calles.

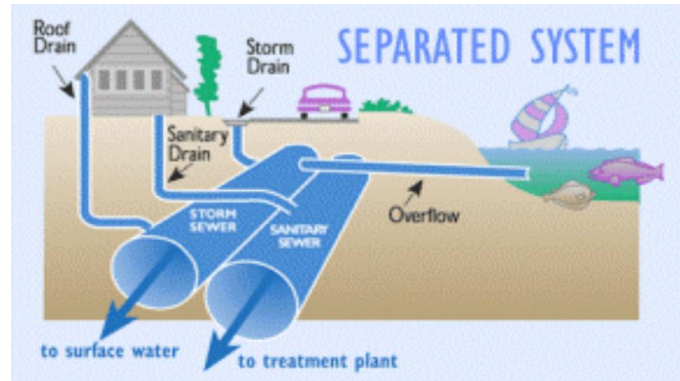


Figura - 2: Esquema de un sistema separado.

Fuente: Goldsack Jarpa Luis, Juan Pablo Urrutia. Guía de estudio: Sistema de alcantarillado. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Departamento de Arquitectura. Chile.

- Alcantarillado combinado (figura 3): Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas residuales, domésticas e industriales, y las de lluvia, 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.

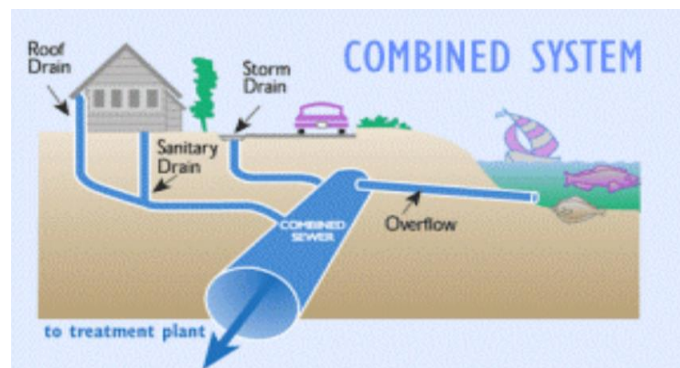


Figura - 3: Esquema de un sistema combinado.

Fuente: Ídem.

Los sistemas no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de aguas residuales.

- Alcantarillado simplificado (figura 4): Se diseña con los mismos lineamientos que un alcantarillado convencional, pero se tiene en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y aumentar distancias entre pozos.

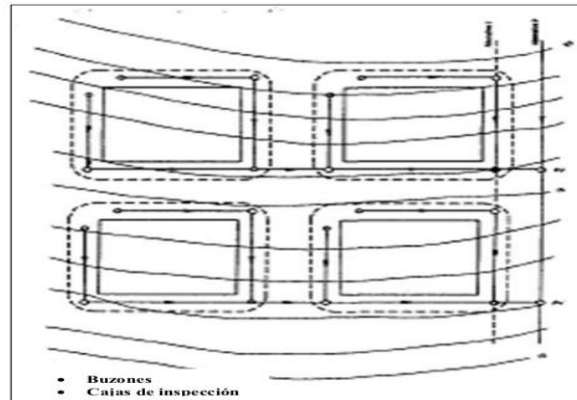


Figura - 4: Esquemático de un alcantarillado simplificado.

Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de OPS, Lima, 2005.

- Alcantarillado condominial (figura 5): recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional. Propone la implantación conjunta de las redes de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de desagües, se evita generar los problemas existentes en muchas ciudades de Latinoamérica, donde la inversión en tratamiento de desagües siempre se ha visto postergada. Esto siempre ha redundado en el requerimiento de recursos para su implantación incompatibles con la realidad socioeconómica local, y termina por generar la contaminación de los recursos hídricos y todos los problemas recurrentes.

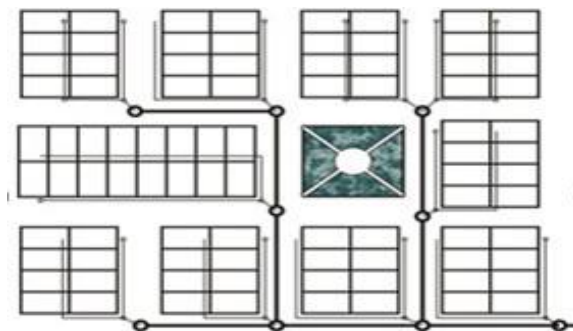


Figura - 5: Sistema condominial.

Fuente: Guía de orientación en Saneamiento Básico. Disponible en:
<http://bvsp.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-4sas.htm>.

- Alcantarillado sin arrastre de sólidos: también conocidos como alcantarillados a presión o de pequeño diámetro (figura 6): son sistemas diseñados a fin de que los colectores sólo reciban la porción líquida de las aguas residuales domésticas para su disposición y tratamiento. La arena, grasa y otros sólidos que podrían obstruir los tubos son separados del flujo de desechos en tanques interceptores instalados aguas arriba de cada conexión a los colectores; los sólidos que se acumulan en los tanques se extraen periódicamente para su disposición segura.

A diferencia del alcantarillado convencional por gravedad que es diseñado como canal abierto, el alcantarillado de pequeño diámetro puede ser diseñado con tramos cuya línea de gradiente hidráulica se encuentra por encima del trazo de la tubería. De esta manera, el flujo dentro de la tubería de alcantarillado de pequeño diámetro puede ser alternado con tramos que trabajen como canal y otros a presión.

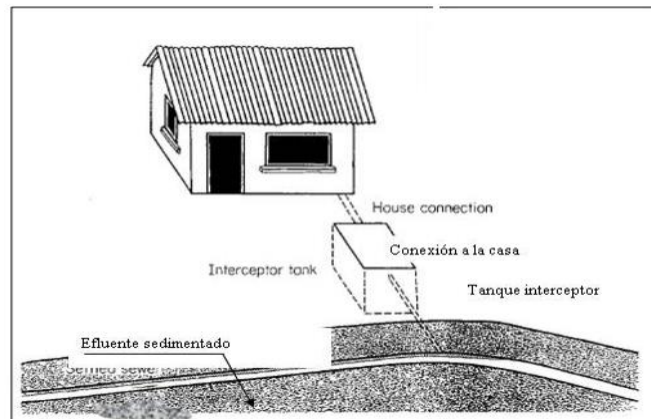


Figura - 6: Diagrama esquemático del alcantarillado de pequeño diámetro.

Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de OPS, Lima, 2005.

1.1.3 Componentes de una red de alcantarillado sanitario

Los componentes de una red de alcantarillado sanitario son:

Colectores terciarios: Son tuberías de pequeño diámetro (160 a 200) mm, que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias.

- **Colectores secundarios:** Son las tuberías que recogen las aguas de los terciarios y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas.



- **Colectores principales:** Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- **Pozos de inspección:** Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.
- **Conexiones domiciliarias:** Son pequeñas cámaras, de hormigón, ladrillo o plástico que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad, con el público, en las vías.
- **Estaciones de bombeo:** Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con topografía plana, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores de cuatro a seis metros, lo que hace difícil y costosa su construcción y complicado su mantenimiento. En estos casos puede ser conveniente intercalar en la red 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.
- **Estación de tratamiento de las aguas usadas o “Estación Depuradora de Aguas Residuales” (EDAR):** Existen varios tipos de estaciones de tratamiento, que por la calidad del agua a la salida de la misma se clasifican en: estaciones de tratamiento primario, secundario o terciario.

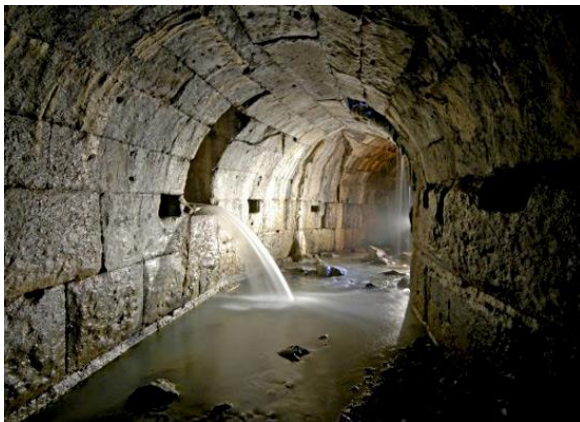
Finalmente, el vertido de las aguas tratadas puede ser de diversas formas ya sea llevándolas a un río o arroyo; vertiéndolas al mar o bien ser reutilizada para riego y otras utilidades apropiadas.

1.2 Evolución de los sistemas de alcantarillado en el mundo. Características

El sistema de alcantarillado tiene su origen en Europa, a finales del siglo XIX, gracias a la extensión del pensamiento higienista que, alarmado por la situación sanitaria de las grandes ciudades, pregonaba la necesidad de acometer mejoras sanitarias urbanas. Tuvieron que luchar seriamente por implantar un sistema que redujo a una tercera parte

la mortalidad además de sumar beneficios obtenidos de la venta del agua residual para usos agrícolas.⁷

Sin embargo, son numerosos los indicios hallados de otros sistemas de recogida y transporte de las aguas residuales en varias ciudades de la antigüedad. El alcantarillado más antiguo del que tenemos referencia se construyó en Nippur (India), alrededor del 3750 a.n.e. También se han encontrado restos de sistemas parecidos en Asia Menor y en Oriente Próximo. En Atenas y Corinto, en la Grecia antigua, se construyeron verdaderos sistemas de alcantarillado (1700 a.n.e), se utilizaron canales rectangulares, cubiertos con losas planas (atarjeas) a las que afluían otros conductos secundarios, formaron primitivas redes de alcantarillado. Seguramente las descripciones más famosas sean las de la antigua Roma (600 a.n.e) como la Cloaca Máxima y sus famosas *latrinae* (lugares públicos para defecar) situados sobre una cloaca que facilitaba la evacuación y eliminaba así los molestos olores. Y que llegaron a convertirse en lugares de encuentro social.⁸



El primer alcantarillado del mundo romano fue el construido en la capital en su época etrusca, a Cloaca Máxima, cuyo desagüe en el Tíber todavía se contempla. La perfección de este tipo de obras es tal que es un orgullo que se utilice en parte el antiguo alcantarillado romano, como ocurre en Mérida

Figura – 7: Cloaca Máxima romana.
Fuente:Impirivm. Disponible en:
<http://www.romanoimpero.com/2010/05/cloaca-maxima.html>

Existen muchos relatos y descripciones de las alcantarillas de la antigüedad, quizás las más conocidas sean las de la antigua Roma, de París, esta última alcantarilla construida

⁷ DESATACOS Y OBRAS. Recorrido por la historia del alcantarillado. Pocería Sin Zanja. Disponible en <https://www.poceriasinzanja.es/recorrido-por-la-historia-del-alcantarillado>. Consultado 20 de septiembre de 2016.

⁸ Ídem



en Europa, se dirigían fundamentalmente a la recolección de las aguas de lluvia. Las aguas usadas de origen humano solo comenzaron a ser conectadas a las alcantarillas en 1815 en Londres, en Boston a partir de 1833, y en París, solo a partir de 1880.

El daño ocasionado por las aguas residuales a los ecosistemas y la biodiversidad es grave y una amenaza para la salud humana y la actividad económica. Los países en desarrollo poseen sólo el 8 % de la capacidad necesaria para tratar las aguas residuales de manera efectiva. Los países donde menos se tratan las aguas residuales son los del Sudeste Asiático, los de la zona del Mar Caspio, el Caribe y África. En el caso de África subsahariana, más de 547 millones de africanos no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento.⁹

En Madrid, España, en el año 1561, apenas disponía de unas cuantas regueras para canalizar las lluvias y las aguas residuales, así como algún que otro sumidero para absorberlas. Esta ciudad incrementó notablemente su población durante los siglos XVI y XVII, lo que derivó en la aparición de renovados problemas higiénicos y sanitarios, como la multiplicación de residuos domésticos y aguas de cocina en la vía pública. No hay que olvidar que la principal lógica de evacuación existente en la época era la del famoso “¡Agua va!”. Sólo así conseguían los madrileños mantener limpias sus viviendas de todo tipo de residuos e infecciones.¹⁰

Aunque en 1618 se preparó un primer plan de saneamiento que incluía la construcción de alcantarillas, no fue hasta un siglo más tarde (1717) cuando llegó la primera propuesta técnica. Fue el tracista mayor de las obras reales y maestro mayor de las de Madrid, Teodoro Ardemans, quien planteó la instalación de una red de tuberías bajantes en todos los edificios de la ciudad, desde los retretes hasta un pozo. Desde allí, una conducción subterránea llevaría las aguas fecales a otro pozo de depósito, accesible desde el exterior.

⁹ Organización de Naciones Unidas (ONU) disponible en www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html. Consultado el 23 de noviembre de 2016.

¹⁰ Paz Maroto José. Alcantarillado de Madrid. Revista de obras públicas. España, 2000.

La alcantarilla de Bárbara de Braganza (figura 8) está ya en pleno funcionamiento, con 275 metros de longitud y sección especial, detallada en la figura, la cual responde a la necesidad de tener en cuenta la escasa profundidad de las alcantarillas en aquella zona.

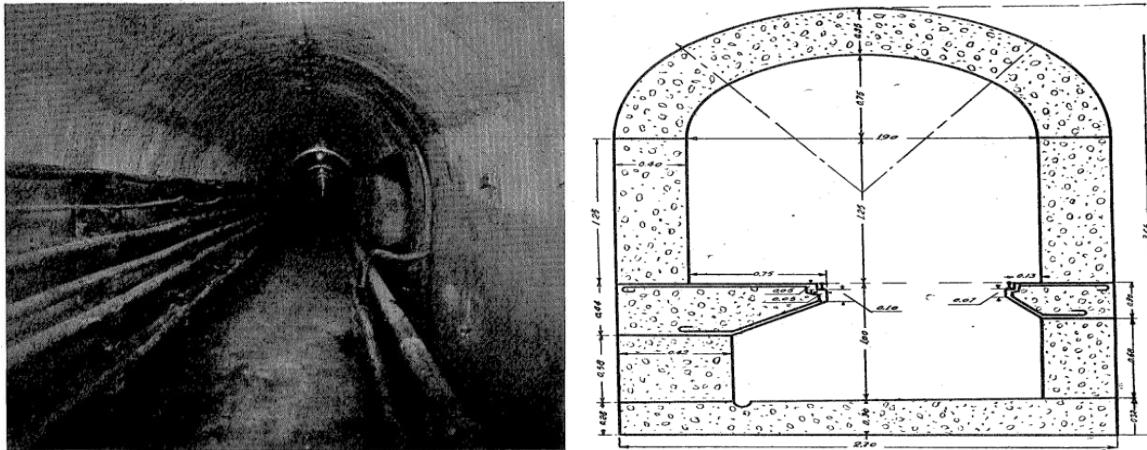


Figura - 8: Alcantarilla de Bárbara de Braganza, en servicio y su sección tipo.

Fuente: Paz Maroto José. Alcantarillado de Madrid. Revista de obras públicas. España, 2000.

En Egipto sin embargo escasea el agua, las deposiciones se trataban sobre todo con arena y cuando estaban sucias se recogían. La gran alcantarilla de Egipto se llamaba Nilo, o sea que todas estas arenas acababan en el río. Algunos arqueólogos piensan que utilizaban retretes portátiles; una especie de taburetes con un orificio central que podrían colocar en cualquier lugar de la casa y bajo el cual dispondrían un bacín. No obstante, la habilidad de los artesanos egipcios nos lleva a considerar que, al igual que en Mesopotamia, se trabajaba una mezcla de paja y barro para elaborar una arcilla que una vez horneada adquiere la suficiente consistencia para ser usada como tubería. Y ello sin perjuicio de que los egipcios fueron los primeros en desarrollar aleaciones de cobre, muy adecuadas para la fabricación de tubos de drenaje. A la vista de la complejidad técnica de las pirámides y templos, cabe pensar que las clases nobles disfrutaban de un recinto que pudiera ser considerado como baño, una pequeña superficie en la esquina de la casa provista de un sumidero que vertía el agua al exterior o a una planta inferior.¹¹

¹¹Ponce de León Jaime. Historia de la Mierda. Alcantarillas y cloacas a través de la Historia. Revista la casa mundo. Disponible en <http://www.lacasamundo.com/2013/03/historia-de-la-mierda-alcantarillas-y.html>. Consultado 4 de febrero 2017.



Bruselas cuenta con 300 km de canalizaciones subterráneas (figura 9). Su construcción se remonta a 1867. A lo largo de los años estos túneles han variado su construcción en cuanto a su forma y materiales, piedra, ladrillo y luego hormigón. También posee toda la arquitectura propia de una red de alcantarillado a gran escala ya sea canalizaciones simples, ovoides, colectores, compuertas, tanques de tormenta, etc. El Senne, río de la capital, es subterráneo y va a lo largo del colector principal de las alcantarillas de toda la ciudad y finalmente se unen.



Figura - 9: Túnel de Bruselas.

Fuente: Sistema de alcantarillado del mundo. Disponible en:
<http://www.forocoches.com/foro/showthread.php?t=1864302>

El primer sistema moderno de alcantarillado se diseñó en Hamburgo en 1842, se utilizaron las más modernas teorías de la época, se tuvo en cuenta las condiciones topográficas y las necesidades reales de la comunidad. Este hecho significó un espectacular avance, considerándose que los principios fundamentales en que se basó el proyecto no se generalizaron hasta inicios de los 1900, y siguen vigentes en el presente.¹²

En la actualidad los sistemas de construcción, rehabilitación y mantenimiento de la red de alcantarillado han sufrido un vertiginoso avance en cuanto a sistemas tecnológicos se refiere, gracias a la implantación del sistema de pocería sin zanja. Además de las labores de inspección y mantenimiento que nos garantizan la viabilidad del sistema de

¹² DESATACOS Y OBRAS. Recorrido por la historia del alcantarillado - Pocería Sin Zanja. Disponible en <https://www.poceriasinzanja.es/recorrido-por-la-historia-del-alcantarillado>. . Consultado 20 de septiembre de 2016.



alcantarillado, se dispone técnicas de rehabilitación de las tuberías sin tener que realizar obra. Gracias a este sistema, se evita romper el pavimento y se minimiza el tiempo, las molestias y los costes derivados de las obras, con el uso material respetuoso con el medio ambiente.

1.2.1 Aparición del alcantarillado en Cuba. Evolución histórica

Durante el período Colonial, se conocieron los esfuerzos por lograr el abastecimiento de agua a La Habana a partir del río Almendares. Del sistema de alcantarillados, sólo se conoce el construido en Sagua la Grande a mediados del siglo XIX, durante este período la situación se mantuvo crítica, como demuestra el hecho de que sólo se construyeron parcialmente los de La Habana, Cienfuegos, Santa Clara, Camagüey y Santiago de Cuba, se realizaron obras en Banes y Manzanillo, así como se iniciaron los de Pinar del Río, Sancti Spíritus, Holguín y Guantánamo.¹³

El Alcantarillado de La Habana (figura 10) con más de 100 años de existencia, fue construido entre los años 1908 a 1913 por los ingenieros David Mc Comb, José Manuel Babé y Alberto Brosius. Una obra de gran magnitud desarrollada con el fin de evacuar los albañales y aguas pluviales y de esta forma sanear el entorno de la entonces Ciudad de La Habana.¹⁴

Para ello fue escogido el proyecto del notable ingeniero estadounidense Samuel Gray quien diseñó un sistema de alcantarillas para evacuar las aguas de las instalaciones sanitarias, descargas de industrias, 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 Rejas 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. El Alcantarillado de La Habana tiene un sistema de drenaje para aliviar las aguas pluviales al golfo.

¹³ Dr. García Blanco Rolando. La Hidráulica en Cuba: experiencias y resultados. Cuba, 2005.

¹⁴ Fernández Silvia, Dotres Fallat Maryla. Sistemas de alcantarilla de las ciudades. Disponible en <http://www.arqhys.com/construccion/sistemas-alcantarillado.html>. Consultado 3 de mayo de 2017.

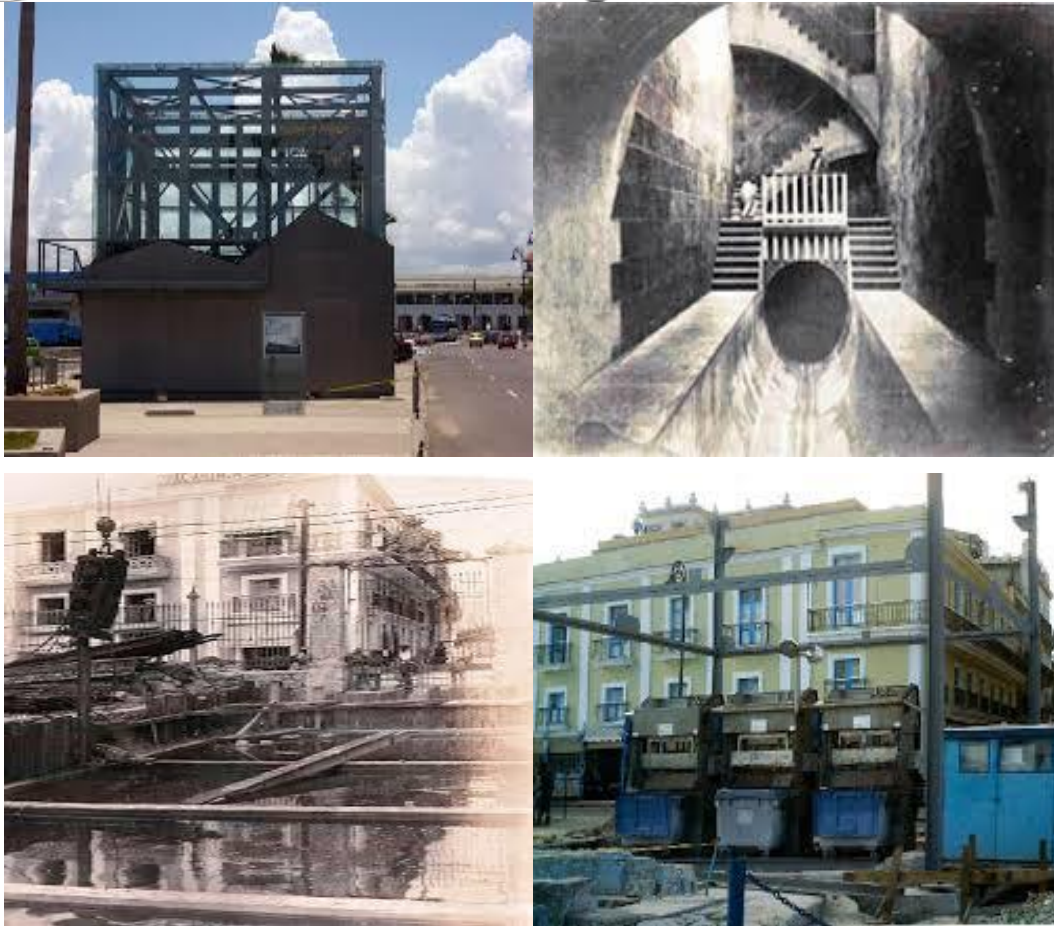


Figura – 10: Alcantarillado de La Habana.

Fuente: Revista: Plan Editorial Inicio. Excelencias Turísticas. Edición No. 106. El Sifón del Alcantarillado de La Habana.

Al triunfar la Revolución en enero de 1959, la situación que el país presentaba en el sector hidráulico se correspondía a las condiciones de subdesarrollo económico que confrontaba Cuba. Los recursos hidráulicos, a pesar de su innegable importancia para el progreso humano, no corrían mejor suerte que el resto de su riqueza natural, sometida al saqueo y la explotación neocolonialista de la economía cubana.

- De los 300 asentamientos con más de 1 000 habitantes, sólo 114 disponían de acueductos y 12 de alcantarillados; existían 16 instalaciones de cloración y 4 plantas potabilizadoras, ubicadas en Santa Clara, Cienfuegos, Camagüey y Palma Soriano, de las cuales una no funcionaba hacía tres años.



- El alcantarillado de la capital, con medio siglo de existencia, además de no cubrir las necesidades de la población estaba urgido de una labor de reconstrucción, y la única planta de depuración de aguas residuales, enclavada en Santa Clara, se encontraba abandonada.
- Los alcantarillados de Guantánamo y Pinar del Río, que llevaban varios años en construcción, no habían comenzado a dar servicio.
- En cuanto a la capacidad de almacenamiento de agua, solo existían pequeños embalses, distribuidos en las provincias de Camagüey, Villa Clara, Holguín y Santiago de Cuba.¹⁵

Ya en el año 1974 el total de alcantarillados ascendía a 38. Al finalizar el año 1988, los sistemas de alcantarillado beneficiaban a 2,9 millones de habitantes. En noviembre de 1989, el gobierno revolucionario participó y firmó 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 país¹⁶.

Para el 2005 las redes de alcantarillado abarcaban 559 lugares del país, con una población de 5 058 000 habitantes beneficiada con este servicio, de la cual 4 309 500 pertenecen a las zonas urbanas y 748 500 a las rurales; además, las aguas residuales evacuadas a través de 4 986 km de tuberías, son del orden de los 592,2 hm³, de los que 206,9 hm³ son objeto de tratamiento de depuración mediante 10 plantas de residuales y 376 lagunas de oxidación.¹⁷

¹⁵ Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. 50 Aniversario de la revolución cubana. Disponible en: <http://revolucioncubana.cip.cu/logros/desafios-del-desarrollo-economico/sector-energetico/voluntad-hidraulica/>. Consultado 31 de octubre de 2016.

¹⁶ Dr. García Blanco Rolando. La Hidráulica en Cuba: experiencias y resultados. Cuba, 2005.

¹⁷ Ídem.

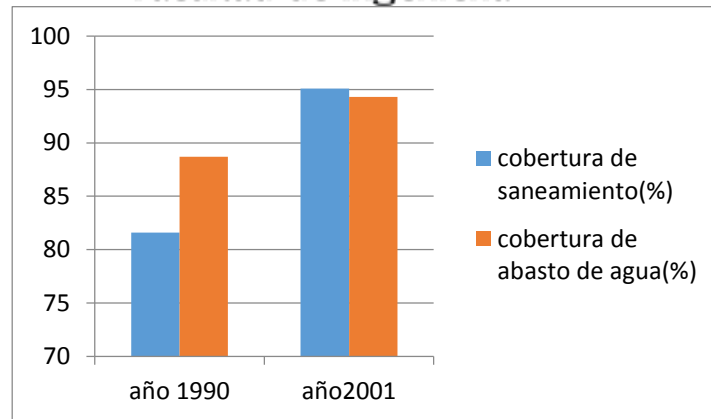


Figura - 11: Gráfico que demuestra la relación de servicios por años.

Fuente: Elaboración propia a partir de lo expuesto por el Dr. García Blanco Rolando en La Hidráulica en Cuba: experiencias y resultados. Cuba, 2005.

Esto evidencia el esfuerzo desplegado y los recursos invertidos por el país, en medio de una difícil situación económica.

A través de lo diagnosticado por el Grupo Empresarial de Acueductos y Alcantarillados en el territorio nacional existen 3 millones de personas que se benefician con alcantarillado. Además, se notificó de la existencia de 485 tanques sépticos y 878 013 fosas.

Desde entonces, el saneamiento en Cuba se garantiza mediante un sistema público de alcantarillado. Para la limpieza de las fosas existen unos 35 carros especializados, de los cuales solo trabajan a diario como promedio entre 12 y 15, debido a su mal estado técnico con más de 20 años de explotación.

1.2.2 Sistema de alcantarillado del municipio Holguín. Sus comienzos y características. Estado actual

El municipio Holguín se localiza en la zona centro oeste de la provincia de igual nombre, con una extensión superficial de 52 Km², con una población de 346 195 habitantes, 125100 viviendas, cuenta con dos asentamientos urbanos. Por su posición geográfica limita al Norte con el asentamiento Aguas Claras, por el Sur con el municipio de Cacocúm, por el Este con el asentamiento Las Biajacas y por el Oeste con el asentamiento Yareyal.

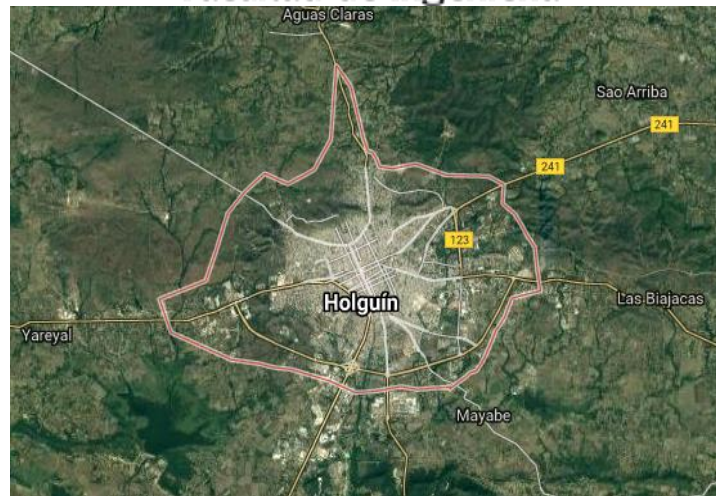


Figura - 12: Microlocalización del municipio de Holguín.

Fuente: Elaboración propia.

Holguín se ha caracterizado como la Ciudad de los parques por el desarrollo de un sistema de plazas en el trazado urbano. Los parques de Holguín, no sólo se encuentran en el centro, sino también existen en las diferentes zonas residenciales como el de Pueblo Nuevo, Vista Alegre, Luz y Peralta, y constituyen espacios de relajación y cultura. Se puede observar que los parques de la ciudad que se localizan en su centro histórico y urbano, se proyectaron elevados en relación con el nivel de las calles, a los cuales hay que acceder por medio de escalones. Al construirse el acueducto, el alcantarillado y la pavimentación de las mismas, el desnivel de estas con relación a los inmuebles y parques se evidenció aún más. La vida moderna no ha impedido que estas áreas tradicionales sean para las actuales generaciones el punto más importante del desarrollo de la actividad urbana. En la década de los años 40 del pasado siglo, a pesar de la corrupción característica de los gobiernos de la época, el alcalde de la ciudad exigió al gobierno un presupuesto suficiente para acometer las obras de alcantarillado, drenaje pluvial y acueducto para servir a la población. Este sólo le ofreció recursos para el acueducto, pero el alcalde pretendía realizar las tres redes a la vez y no fue hasta el año 1948 que logró su objetivo. Con el triunfo revolucionario se continuó dicha tarea que se extiende hasta la actualidad debido al crecimiento paulatino de la ciudad.

En los últimos años se han observado avances con vísperas a aumentar la calidad bacteriológica del agua, gracias a un trabajo en equipo con los compañeros de Recursos



Hidráulicos. El acometimiento del alcantarillado se ha incrementado como acción necesaria para la provincia, donde solo un 33 por ciento de las viviendas disfrutan de él y en el municipio cabecera el 26 por ciento, por tanto, hay 37 mil fosas en el territorio y 17 mil 985 en su capital, con todos los inconvenientes que estas arrastran. En la ciudad de Holguín se concluyó la ejecución de la red de alcantarillado en el reparto La Aduana; obra liderada por Recursos Hidráulicos y el gobierno del municipio.

Los colectores principales (CP) existentes son:

CP-1 (Derecho e izquierdo del río Jigüe, Derecho e izquierdo del río Marañón), CP-2, CP-5, CP-5 A, CP-3, Colector Calle Quinta y Colector Carretera Central.

Todos estos colectores que recorren la ciudad fueron construidos unos en la década del 50 y otros en la del 60, presente en todos, la falta de un mantenimiento, roturas del propio colector, del registro con su tapa y obstrucción por la sobreexplotación a la que han estado sometidos. Además, funcionan a su máxima capacidad y el 50 % de los mismos están defectuosos, el vertimiento final se produce directamente a los ríos y arroyos por la falta del tratamiento final (planta de tratamiento, laguna u otra solución).

Durante todos los años posteriores a la década del 60 se han realizado algunas acciones para la mejora de la situación del alcantarillado en la ciudad consiguiéndose la elaboración de algunos proyectos e incluso la ejecución parcial de tramos de alcantarillado como soluciones parciales.

Tienen sistema de alcantarillado:

Centro Ciudad, reparto Peralta, Distrito Lenin, Pedro Díaz Cuello, Plaza de la Revolución, Comunidad Hermanos Aguilera, Oscar Lucero y La Aduana.

Cuentan con sistema de alcantarillado parcial:

Reparto Luz (80%), Pueblo Nuevo (30%), Juan José Fornet, Vista Alegre, Emilio Bárcenas y Ramón Quintana, aunque este último se plantea que no funciona, así mismo reparto Hilda Torres, Libertad y Zayas.



Tienen proyecto con PEAD:

Reparto 26 de Julio, Pueblo Nuevo, El Llano, Alex Urquiola, Santiesteban, Alcides Pino, Los Lirios, Los Guillenes, José Fonet, Ramón Quintana, Ciudad Jardín y Sanfield.

No tienen proyecto con PEAD:

Reparto Zayas, Harlem, Nuevo Llano, El Paraíso, La Quinta, Piedra Blanca, Libertad, Edecio Pérez, Cruce El Coco, San Rafael, Cifuentes, Josué País, El Jardín, El Recreo de Güirabo.

Las redes hidrotécnicas solo prestan servicio al 41 % de la población por alcantarillado. Por el déficit de redes de alcantarillado proliferan las soluciones particulares con fosas y letrinas lo que unido a la falta de planta de tratamiento de residuales y la carencia o mal funcionamiento de sistemas de pretratamiento de residuales en industrias, se mantiene alta la contaminación a las aguas superficiales y subterráneas siendo este el principal problema medioambiental de la ciudad.¹⁸

El abasto de agua por fuentes subterráneas en la ciudad, se realiza por 5 822 pozos, de ellos 208 son estatales, 5 448 particulares y 166 están sin explotación. Dentro del límite urbano, existen comunidades o repartos que cuentan con servicio de acueducto independiente al sistema de la ciudad y que se abastecen de pozos.¹⁹

En las zonas no servidas por las redes de alcantarillado (67 % del área habitada) donde reside el 70% de la población de la ciudad (242336.5 habitantes.), se mantienen altos los niveles de contaminación a las aguas superficiales y subterráneas, motivado por el vertimiento de aguas residuales directamente a los ríos y arroyos que las atraviesan y por la alta concentración de fosas (17 450) y letrinas (más de 20 000). Estas no cumplen en su mayoría con los requisitos técnicos que impidan la infiltración de aguas residuales al manto freático, las que pueden recorrer grandes distancias teniendo en cuenta la limitada capacidad de auto-depuración que presentan las mismas²⁰.

¹⁸ DPPF. Estructura de la franja de base SAH, 2010. Informe.

¹⁹ Ídem.

²⁰ Ídem.



En la ciudad se localizan 74 instalaciones que constituyen focos de contaminación activos o potenciales para las aguas superficiales y subterráneas por el mal manejo de sus residuales líquidos. La carencia o deficiencias en sus sistemas de pretratamiento, afecta las cuencas de la presa Güirabo, fuente de abasto de la ciudad y el río Holguín; ambas incluidas en la gran cuenca del río Cauto.

Al fraccionar la parte urbana de la ciudad en tres zonas industriales, (este, y oeste sur), ubicada en ellas el mayor número de fábricas pertenecientes a la industria de la construcción, mecánica y alimentaria que durante sus procesos de producción emiten aguas residuales se puede apreciar en las tablas 1, 2 y 3 que la zona sur es la de mayor afectación.

Tabla - 1: Vertimiento de residuales en la zona este.

ZONA INDUSTRIAL ESTE	Vertimiento de residuales
Instalaciones	Aguas superficiales
Fábrica Turquino.	X

Fuente: DPPF. Estructura de la franja de base SAH, 2010. Informe

Tabla - 2: Vertimiento de residuales en la zona este.

ZONA INDUSTRIAL OESTE	Vertimiento de residuales			
Instalaciones	Residuales	Manto freático	Suelo	Aguas superficiales
Fábrica de Cerveza	X			
Base de Autos				X
Politécnico 26 Julio		X	X	X
Kampuchea Vivienda.		X	X	X
Depósito Residuales SIME		X	X	X

Fuente: Ídem.



Tabla - 3: Vertimiento de residuales en la zona sur.

ZONA INDUSTRIAL SUR	Vertimiento de residuales			
	Manto Freático	Suelo	Río Yareyal	Río Matamoro
Instalaciones				
Vaquería Piti Fajardo	X	X	X	
Vaquería La Gloria	X			
Vaquería La caridad	X			
Centro de Cría.	X			X
Centro Oscar Lucero	X			X
I.T.H	X			
Campamento de Pioneros	X			
Base de Camiones Holguín	X	X		
Talleres Osvaldo S.				X
Encurtidora Orestes Acosta	X	X		
Cabaret Nocturno	X			

Fuente: Ídem.

1.3 Caracterización teórica – metodológica del diseño de sistemas de alcantarillado sanitario

Para diseñar una red de drenaje se deben tener en cuenta aspectos como la determinación de la geometría, se incluyen el perfil y trazado en planta, cálculo de los diámetros y pendientes en cada tramo, además de la magnitud de las caídas necesarias en los pozos. La definición de la geometría se inicia con la ubicación de los posibles sitios de vertido y el trazo de colectores y atarjeas. Se usan normas de carácter práctico, basándose en la topografía de la zona y el trazo urbano de la localidad en función de que los colectores de mayor diámetro se ubican en los puntos más bajos de la calle para facilitar el drenaje, y el trazo de los colectores y atarjeas se ubica sobre el eje central de las calles y lo más recto posible, para evitar su cruce con edificaciones.

Se evitará las conducciones con bombeo siempre y cuando sea posible su funcionamiento a gravedad. Se debe calcular el funcionamiento hidráulico del conjunto de tuberías, con el fin de revisar que los diámetros y pendientes propuestos sean suficientes para conducir el gasto de diseño de cada tramo. Analizar con detalle las



consideraciones y restricciones que sirven para disminuir los costos de construcción y evitar tanto fallas por razones estructurales como posteriores trabajos de mantenimiento. En el diseño de una red de alcantarillado se puede apreciar que el dimensionamiento de las tuberías depende en gran medida del tamaño del área por servir.

1.3.1 Parámetros de diseño. Definiciones

Los parámetros que se emplean en el diseño de una red de alcantarillado se evidencian a continuación.²¹

- **Período de diseño**

El período de diseño permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo. Si el período de un proyecto es corto, inicialmente el sistema requiere una inversión menor, pero luego exigirá inversiones sucesivas de acuerdo con el crecimiento de la población. Por otro lado, si el período de diseño es mayor requerirá mayor inversión inicial, pero luego no necesitará de nuevas inversiones por un buen tiempo.

- **Población del proyecto**

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad depende de la población beneficiada y de su distribución espacial. Los tipos de población que normalmente se toman en cuenta son:

- Población actual, es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- Población al inicio del proyecto, es la población que va a existir en el área estudiada al inicio del funcionamiento de las redes.
- Población al fin del proyecto, es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período del proyecto.

²¹ SIAPA. Alcantarillado sanitario. Disponible en www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf. Consultado 2 de enero del 2017.



En áreas de altos ingresos, el número medio de personas en una vivienda puede ser de 3,5 hab/vivienda. En áreas de bajos ingresos, este número puede llegar a ser tan alto como 10 hab/vivienda.

- Dotación

Los estimados de los flujos de aguas residuales provenientes de las viviendas se basan comúnmente en el consumo de agua de la familia. Por esto, para diseñar el sistema de alcantarillado, habrá que definir la dotación de agua potable por habitante.

- Factor de retorno (C)

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos.

- Caudales de aguas residuales

Para determinar el caudal de aguas residuales que se utilizará en el diseño de los sistemas de alcantarillado, se consideran los siguientes factores:

- 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, etc.

- Caudal por conexiones erradas (Q_e)

Se deben considerar los caudales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, así como las conexiones clandestinas de patios domiciliarios que incorporan al sistema aguas pluviales. El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales.



- Caudales concentrados (Qc)

Son contribuciones debido a instalaciones no habitacionales que presentan un consumo bastante superior al doméstico, son caudales sobre todo correspondientes a descargas de industrias pequeñas o de establecimientos comerciales.

- Coeficiente de flujo máximo (K)

Es la relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario.

- Caudal de diseño

El caudal de diseño es el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/Ha) por su área correspondiente. El tramo puede recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada.

1.3.2 Diseño de redes de alcantarillado

El diseño de un sistema de alcantarillado por gravedad se realiza teniendo en cuenta que, durante su funcionamiento, se debe cumplir la condición de autolimpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento. Para tuberías de alcantarillado, la pendiente mínima puede ser calculada mediante el criterio de velocidad mínima o el criterio de la tensión tractiva.

1.3.3 Metodologías de cálculo

Al considerar que el flujo en las tuberías de alcantarillado es uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se pueden emplear las siguientes ecuaciones: ²²

- Fórmula de Manning $v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ (Ec.1)

²² SIAPA. Alcantarillado sanitario. Disponible en www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf. Consultado 2 de enero del 2017.



- Coeficiente de rugosidad

Para el diseño de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas, se recomienda emplear un coeficiente de rugosidad de Manning (n) inferior a 0,013.

- Flujo mínimo en las redes

En la práctica los flujos en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado son muy variables, depende en cualquier momento, de la cantidad de ramales que descargan y los sanitarios que son evacuados.

- Criterio de velocidad

El diseño de redes de alcantarillado se debe realizar en función de un caudal inicial (Qi), que es el caudal máximo al inicio del proyecto, y un caudal final (Qf), que es el caudal máximo al final del periodo de diseño.

- Velocidad mínima permisible

La determinación de la velocidad mínima del flujo reviste fundamental importancia, pues 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.

- Determinación de la velocidad máxima

La acción erosiva sobre la tubería es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales.

Es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final de 5m/s.

La velocidad crítica es definida por: $V_c = 6\sqrt{gR}$ (Ec.2)

- 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.

- Tensión tractiva

La tensión tractiva o fuerza de arrastre (T), 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.

- Pendiente mínima

El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que debe tener una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, al transportar el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.

Pendiente máxima admisible

La pendiente máxima admisible es calculada para la velocidad máxima permisible.

- Diámetro mínimo

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm (8"), tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial.

1.3.3 Softwares empleados para el diseño de redes hidráulicas. Características

En el diseño de redes de alcantarillado se utilizan varias herramientas computacionales para acelerar el proceso, programas como: HydroDIM, CivilCAD), SewerCAD, HIDRA (CLOACAS versión 2.0) y Akua (SewerUp).

A continuación, la autora da una breve explicación de cada uno.

HydroDIM es un software que brinda resultados como: el nivel de agua, la presión, el impulso, las tensiones, radio hidráulico de la sección y el dimensionamiento hidráulico de las tuberías según material.

CivilCAD es el software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y facilitan las tareas dentro de AutoCAD y otros programas, cubren diversas necesidades



del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía; utilizado por dependencias de gobierno, constructoras y universidades. Con CivilCAD, se puede obtener rápidamente perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en plataformas y vialidades, cuadros de construcción, subdivisión de polígonos, entre otras más prácticas útiles.

SewerCAD es un software para modelar y diseñar fácilmente una alcantarilla sanitaria. SewerCAD también incluye numerosas fórmulas extremas predefinidas de factor de flujo, como Babbit, Harmon y otros. El software determina infiltración en tuberías gravitacionales, basadas en valor de la tubería de longitud, de longitud de diámetro, de área de la superficie, o datos creados por el usuario. SewerCAD también puede destinar patrones múltiples de flujo o flujos de agua para discos de corta duración.

Akua (SewerUp) es un software para diseño de redes de acueducto, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial, fácil de usar, que dispone de todas las prestaciones profesionales posibles. Ha sido concebido para ser de uso intuitivo y sencillo. Sirve tanto para realizar nuevos diseños como para modelar sistemas existentes. En tiempos mínimos se pueden obtener diseños óptimos y planos definitivos listos para la ejecución de la obra. En nuestro país es el software que por su fácil manejo y ventaja se emplea con mayor frecuencia.

Conclusiones del capítulo

- La implementación de los métodos de investigación científica de naturaleza teórica, evidenció la situación de saneamiento en algunos países del mundo. Se abordó como fue evolucionando en la historia los sistemas de alcantarillado en Cuba, constituyendo las aguas residuales una fuente de contaminación y propagación de enfermedades lo que supone una amenaza para la salud humana y la actividad económica.

Además, se expusieron varios elementos teóricos, fórmulas y conceptos, para comprender el proceso de diseño de las redes de alcantarillado con la utilización del software Akua, el cual es el objetivo de esta investigación.



CAPÍTULO-2: DISEÑO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PARA EL REPARTO HILDA TORRES

Introducción al capítulo

En el presente capítulo se desarrollará la modelación de la propuesta de diseño de la red de alcantarillado del reparto Hilda Torres para la recolección y transporte de las aguas residuales del área. Para su confección se emplea del software Akua, versión 13.03.01 y la NC 973: 2013 concernientes a las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD), material inerte, estable y resistente ante químicos, propiedades que hacen que convierten a estos tubos en una alternativa ideal.

2.1 Caracterización general del reparto Hilda Torres

El consejo popular Pueblo Nuevo, al cual pertenece el reparto Hilda Torres, posee una población de 35 700 habitantes, con un total de viviendas de 15000 (DPPF, 2010). En cuanto a su estado técnico, no es favorable, pues existe un déficit de aceras y las calles asfaltadas representan solo un 36,5 %. Se considera escaso, además, el alumbrado público, las señalizaciones y la presencia de árboles. El reparto Hilda Torres se encuentra localizado en la parte sureste de la ciudad de Holguín, limita al norte con el reparto Villa Nueva y al sur con la Circunvalación, al suroeste se encuentra el reparto 26 de Julio y al noroeste el reparto Pueblo Nuevo.

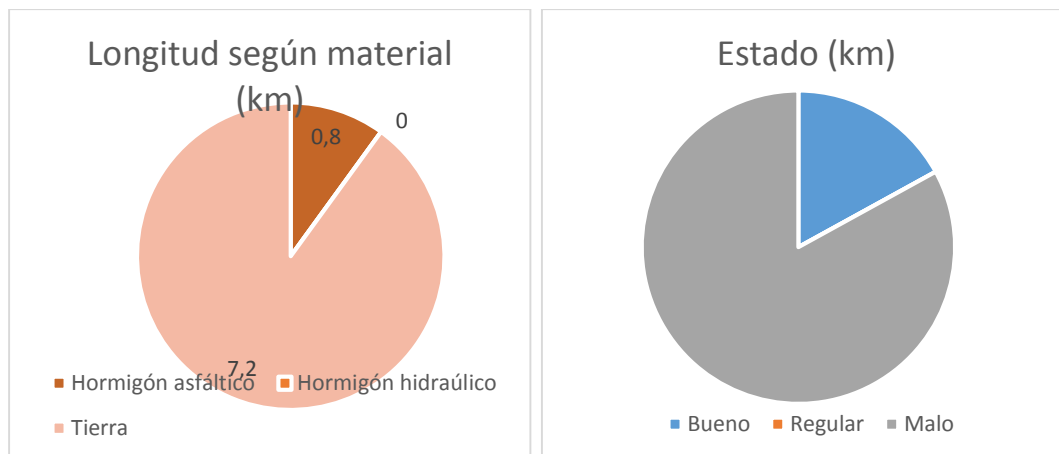


Figura - 13: Representación gráfica de la Red vial secundaria
Fuente: Elaboración propia a partir de un informe de Planificación Física.



- Características topográficas del reparto Hilda Torres.

La topografía de este reparto es muy accidentada, posee elevaciones con cotas de terreno que oscilan entre los 153,90 y los 132,50 m. En las zonas bajas la cota mínima es 117,00 m sobre el nivel del mar. Al este del reparto se encuentra ubicado un arroyo afluente del río Holguín.



Figura - 14: Reparto Hilda Torres.

Fuente: Elaboración propia.

- Características geológicas de la zona de estudio. Informe ingeniero – geológico.

El grado de excavabilidad varía de acuerdo al grado de meteorización en que se encuentra la roca y a mayor profundidad la roca aparece menos meteorizada, hasta llegar a la roca dura fresca, la cual está compuesta por serpentinita gris.

En la parte norte y noreste del reparto, comprendida entre la Carretera de Mayabe y Calle 21 aparece una capa con una potencia que oscila entre 0.15 – 0.20 m de roca serpentinitica meteorizada, agrietada de excavabilidad III, a partir de esta profundidad aparece la misma roca menos meteorizada, poco agrietada, dura, de excavabilidad IV. En el resto del reparto generalmente aflora la roca dura de excavabilidad IV. En algunos sectores, sobre la roca dura, aparecen espesores de 0,15 – 0,20 m de roca muy meteorizada de excavabilidad I.



Tabla - 4: Grado de excavabilidad.

Grado de excavabilidad	Potencia	Porcentaje
Excavabilidad I (tierra)	0,10 m	7
Excavabilidad III(roca blanda)	0,20 m	13
Excavabilidad IV (roca dura)	1,20 m	80

Fuente: Elaboración propia a partir de un informe ingeniero – geológico.

El nivel freático aparece con profundidades entre 1,0 – 2,0 m en tiempo de lluvia en la Carretera Mayabe Esquina 26, Calle 26 Esquina 15 y a unos 50 m de la intersección entre Calle 20 B y Calle 13. En el resto del reparto los niveles observados se encuentran a profundidades significativamente mayores de 2,0 m.

La permeabilidad de las rocas presentes en el área tiene un coeficiente de filtración entre 1 y 3 m/día. Los caudales de afluencia podrían estar en el orden de 3 - 5 l/s.

2.1.1 Situación del sistema de alcantarillado en el reparto Hilda Torres

El servicio de alcantarillado en este reparto, es escaso, solo algunas de sus habitantes, en su mayoría con medios propios, se favorecen de este. En esta zona ubicada al norte existe alcantarillado en su mayoría realizados por esfuerzos propios, por los que no cumplen con las normas establecidas en cuanto a que no poseen las profundidades adecuadas, sino que se encuentran cercano a la superficie y los diámetros no tienen una secuencia lógica. En la parte sur, como solución para verter las aguas residuales generadas por las viviendas fabricadas para los trabajadores de entidades, se construyeron ramales que actualmente funcionan a máxima capacidad y son víctimas de obstrucciones debido a que están conduciendo un caudal superior para el que fueron diseñadas por esta razón es imposible tener en cuenta estos tramos existentes para este diseño.



Figura - 15: Situación del reparto Hilda Torres.

Fuente: Elaboración propia.

El colector principal (CP-1) se traslada por el extremo este del reparto, por lo que se conectará la mayor parte de la red diseñada al mismo permitiéndolo así la topografía del terreno. Este colector presenta una rotura antes de llegar a la Circunvalación ubicada más al sur del reparto, por lo que se recomienda su solución definitiva para lograr la eliminación de las zanjas provocadas por la descarga de las aguas residuales a un sitio no final, lo que propicia el surgimiento de enfermedades de origen hídrico. Existe en el lado suroeste un colector proyectado para el reparto 26 de Julio considerado también para verter una pequeña parte de los residuales. Una parte de este reparto, como se explicaba anteriormente posee alcantarillado, pero según un diagnóstico realizado por la empresa de investigaciones y proyectos hidráulicos (RAUDAL) el mismo tiene un mal funcionamiento lo que ocasiona obstrucciones y en algunos casos no se cumple con los parámetros establecidos en las normas y regulaciones vigentes. Existe un proyecto para este reparto, pero posteriormente han surgido regulaciones y normas que modifican algunos parámetros, los cuales se tuvieron en cuenta para este nuevo diseño.

2.1.2 Parámetros de diseño

Existe diversidad de criterios y normas entre algunos países, para el diseño de sistemas de alcantarillado, como Bolivia, Colombia y México, a pesar de esto algunos de sus aspectos se relacionan. Para el diseño realizado se tuvieron en cuenta las normas cubanas y se consultaron además las antes mencionadas.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

Tabla - 5: Métodos para el cálculo de población futura.

Método	Fórmula	Observaciones
Aritmético	$P_f = P_0 \left(1 + \frac{i \cdot t}{100}\right)$	donde: P_f Población futura, en hab P_0 Población inicial, en hab i Índice de crecimiento poblacional anual, en porcentaje t Número de años de estudio o período de diseño, en años L Valor de saturación de la población m Coeficiente a Coeficiente P_0, P_1, P_2 Población correspondiente a los tiempos t_0, t_1 y $t_2 = 2 \cdot t_1$ t_0, t_1, t_2 Tiempo intercensal, en años, correspondiente a la población P_0, P_1, P_2
Geométrico	$P_f = P_0 \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$	
Exponencial	$P_f = P_0 \cdot e^{\left(\frac{i \cdot t}{100}\right)}$	
Curva logística	$P_f = \frac{L}{1 + m \cdot e^{(a \cdot t)}}$ $L = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $m = \frac{L - P_0}{P_0}$ $a = \frac{1}{t_1} \ln \left[\frac{P_0 (L - P_1)}{P_1 (L - P_0)} \right]$	

Fuente: Norma Boliviana B688.

Tabla - 6: Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura.

Método	Población (hab)			
	Hasta 2 000	De 2 001 a 10 000	De 10 001 a 100 000	> 100 000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial		X (2)	X (1)	X
Curva logística				X

Fuente: Norma Boliviana NB 689

(1) Optativo, recomendable

(2) Sujeto a justificación

Fuente: Ídem.

Según la tabla 7 se determinó que la ciudad de Holguín posee una dotación 345 l/hab/día.



Tabla - 7: Dotación en litros por habitantes al día (l / hab/día).

Tamaño de la población en miles de personas	Según el uso				
	Doméstico	Comercial y público	Industrias locales	Propio del sistema	Total
Menos de 2,0	130	20	3	2	155
2,0—10,0	145	55	7	3	210
10,0—25,0	165	62	8	5	240
25,0—50,0	175	77	8	5	265
50,0—100,0	185	90	9	6	290
100—250,0	195	95	20	10	320
250—500,0	205	105	25	10	345
Más — 500	210	110	30	10	360

Fuente: Norma Cubana 973: 2013.

Se estableció que el aporte de las aguas residuales fuese de 80% según la NC 973: 2013. La velocidad mínima y máxima necesaria para este material son 0,6 y 5m/s respectivamente, las cuales son capaces de evitar una acumulación excesiva de sólidos. La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado sanitario será $T_{min} = 1$ Pa. En los tramos iniciales la verificación de la tensión tractiva mínima no podrá ser inferior a 0,6 Pa. El coeficiente de rugosidad de Manning, (n) para el PEAD debe tomarse igual a 0,00952 según la NC: 969: 2013.

Con los valores de la fuerza tractoriz y de la profundidad menor del agua, se determina la pendiente mínima (S mín.) mediante la ecuación 3. En la tabla 8 se reflejan estos valores en función de los diámetros nominales de las tuberías de PEAD corrugadas de producción nacional.

$$S_{mín} = \frac{1}{1183 \times D} \quad (\text{Ec.3})$$

Tabla - 8: Pendientes mínimas permitidas.

D nom. (mm)	S (m/m)
160	0.006
200	0.00478
250	0.00385
315	0.00304
400	0.00239
500	0.00192
630	0.00153
800	0.00120
1000	0.00096
1200	0.00081

Fuente: Elaboración propia.



Las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) de pared exterior corrugada y pared interior (anexo 1) poseen grandes ventajas para la conducción de fluidos a gravedad. A diferencia de otros plásticos es un material inerte y estable, tiene excelente resistencia a los químicos y a los rayos ultra violetas (UV), cuando está expuesto a la intemperie. Estas propiedades, sumadas a la superior resistencia a la abrasión (pared interna), hacen a los tubos hechos con esta resina, una alternativa técnicamente ideal para proyectos de esta característica. Además, los tubos son muy ligeros; esta ventaja se traduce en ahorros en el costo de la tubería frente a otras tuberías plásticas sólidas, y en los costos de instalación, frente a soluciones rígidas. Estructuralmente, puede soportar grandes cargas muertas y vivas, gracias al elevado momento de inercia por la forma geométrica de las corrugas, si aseguramos una buena compactación en la zona de encostillado (efecto de arco).

Las cloacas se proyectarán por debajo de la invertida de los conductos del acueducto con una separación vertical mínima de 0,4 metros según la NC973: 2013, que también plantea que las distancias máximas entre registros deben estar en función de los equipos de limpieza previstos o disponibles, pero en ningún caso debe ser mayor a 100 metros para tuberías de hasta 0,30 metros de diámetro.

2.2 Modelación de la propuesta de diseño en el software

Akua facilita el trabajo al proyectista al no poseer 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.

2.2.1 Características del software Akua

La ventana principal se observa en el anexo 2, esta consta de la barra de título, el menú principal, la barra de herramientas, el visor de datos, el área de trabajo y la barra de estado. La barra de título revela el título del proyecto en cuestión.

El menú principal contiene los diferentes menús con los que trabaja el programa:

- Menú Proyecto: permite abrir un nuevo proyecto, la selección del tipo y la salida del programa.



- Menú Archivos: permite abrir un proyecto ya hecho, importar la base cartográfica y guardar.
- Menú Trazado: contiene los elementos necesarios para conformar el dibujo de la red.
- Menú Diseño: contiene los aspectos fundamentales para llevar a cabo el diseño de la red.
- Menú Vistas: dispone de herramientas CAD para recorrer el proyecto: zoom, paneo y rotación.
- Menú Herramientas: posee una serie de opciones útiles para el manejo del programa.
- Menú Resultados: permite el trabajo gráfico y analítico de los resultados.
- Menú Ayuda: como su nombre lo indica, contiene el manual de ayuda para los usuarios del software.

La barra de herramientas contiene los accesos directos de todos los comandos imprescindibles para ejecutar el diseño de la red por lo que se hace más fácil acceder a ellos.

El visor de datos se encuentra en la parte derecha de la pantalla. En él se puede visualizar cómo se comporta cada variable hidráulica e incluso modificarlas de ser necesario.

El área de trabajo comprende la mayor parte de la pantalla. En ella se observa el dibujo en planta de toda la red. En la parte inferior se puede apreciar la sección transversal y el perfil del conducto. La barra de estado, mediante coordenadas, indica la posición del cursor en el área de trabajo.

2.2.2 Selección del tipo de proyecto

El primer paso para realizar un nuevo diseño con Akua consiste en seleccionar el tipo de proyecto. Una vez iniciado un proyecto se puede acceder a este desde la ventana principal al escoger la opción de abrir último proyecto

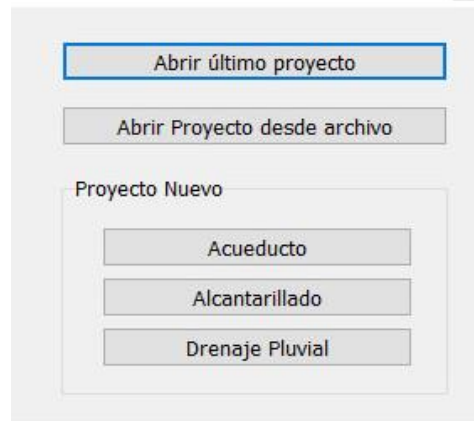


Figura - 16: Selección del tipo de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Importación de la base cartográfica

Una vez que se adquiere la base cartográfica sobre la cual se va a modelar la red se tiene el área de diseño. Esta cartografía debe estar en escala natural, para lograr la equivalencia de que una unidad de dibujo corresponda a un metro lineal. Esta puede ser importada desde un archivo de intercambio (*.dxf, *.gis, *.inp) o una imagen raster (*.jpeg, *.bmp) figura 17.



Figura - 17: Importación de la base cartográfica.

Fuente: Ídem.

Se selecciona la capa COTAS que proviene del archivo AutoCAD original y en ella se encuentran valores alfanuméricos de las cotas del terreno que Akua procesa para confeccionar las curvas de nivel.

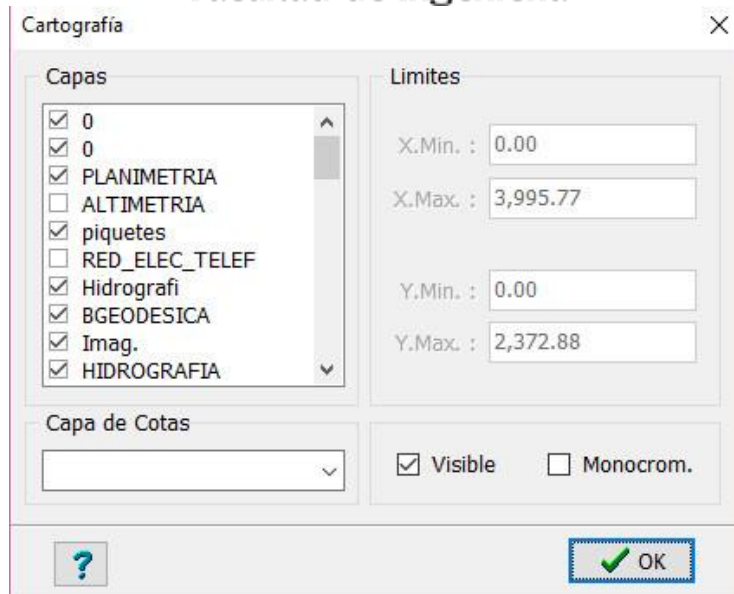


Figura - 18: Cartografía.

Fuente: Ídem.

2.2.4 Trazado de la red

La red de alcantarillado está compuesta por nodos (figura 19), que representan registros de inspección, limpieza, cambio de diámetro o cambio de pendiente y por los tramos de tuberías que los unen como se muestra en la figura 20.

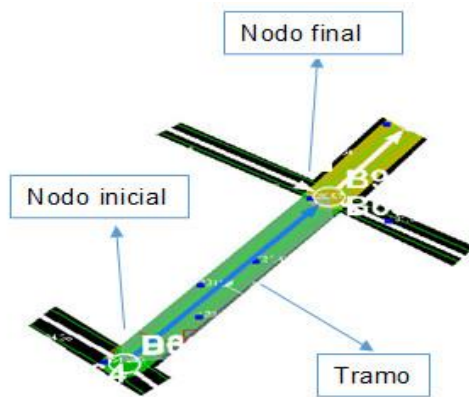


Figura - 219: Menú trazado.

Fuente: Ídem.



Figura - 20: Trazado.

Fuente: Ídem.

Los comandos de este menú aparecen en la barra de herramienta para el acceso directo y pretenden como opción:



Al seleccionar la opción de insertar nodo, se marca sobre la base cartográfica el punto de inserción, se requiere la cota topográfica de este punto como se observa en la figura 21, si ya se referenció en la cartografía, el programa ofrece un valor resultante de la interpolación de las cotas el cual puede ser transformado.

Figura - 21: Insertar Nodo.

Fuente: Ídem.

Akua dibuja el nodo, guarda su cota topográfica y le asigna automáticamente un identificador.



Al selecciona la opcion insertar tramo se marca el primer nodo y se deja presionado el mouse se presiona el nodo final.

Otros comandos que ofrece la barra de menu y que se utilizan para modificar la red son:

- Arrastrar el nodo hacia otra posicion.
- Eliminar los nodos sueltos.
- Dividir el tramo a la mitad e inserta un nodo a la mitad.
- Unir tramos adyacentes.
- Eliminar el tramo seleccionado.
- Invertir el sentido de circulación del tramo.



2.2.5 Ejecución del diseño

Antes de proceder al diseño se deben completar los aspectos que se encuentran en el menú diseño (figura 22).



Figura - 22: Menú diseño.

Fuente: Ídem

- Datos generales.

A través de estos parámetros se obtienen las condiciones de fronteras que debe cumplir el diseño, así como datos necesarios para la estimación de los caudales. Figura 23.

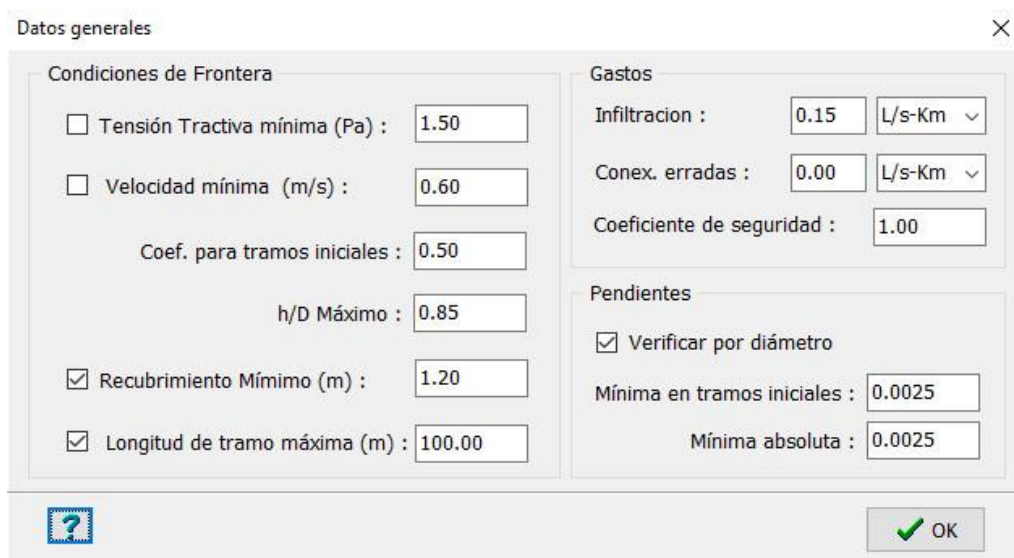


Figura - 23: Submenú datos generales.

Fuente: Ídem.



- Tuberías

Es preciso completar una tabla con los siguientes elementos para cada tipo de tubería según su diámetro (figura 24): material, diámetro nominal, diámetro interior, diámetro exterior, coeficiente de rugosidad de Manning, pendientes mínimas recomendadas, ancho de la zanja, tipo de sección (circular o rectangular). De descartar el programa automáticamente tomará valores inexactos. El ancho de la zanja se utiliza para el cálculo de los volúmenes de trabajo. Igualmente, de omitirse, se utilizarán valores por defecto.

Diámetro (mm)	Material	D.Nom. (mm)	D.Int. (mm)	D.Ext. (mm)	Coef. N	Pend. Min	Ancho Zanja (m)	Sección
200.0	PVC	200.0	189.4	200.6	0.009	0.0020	0.60	CIRC
250.0								
315.0								
355.0								
400.0								
450.0								
500.0								
630.0								
710.0								
800.0								
900.0								
1000.0								
1200.0								

Figura - 24: Submenú tuberías.

Fuente: Ídem.

Ante un proyecto nuevo, a fin de contar con valores de partida, Akua completa automáticamente esta tabla con tuberías comunes de PVC. Posteriormente el proyectista decide si las utiliza o conforma su propio surtido de tuberías.

- Áreas

Con el programa se puede asignar tanto el área general, como el área tributaria de cada tramo (figura 25), que es proporcional a su longitud, este constituye el método implícito para estimar los consumos. Para ello se necesita conocer el área total de trabajo, la cual se obtiene al seleccionar con Clics sucesivos el perímetro del área y para cerrar el

polígono se debe pulsar Clic derecho o asignándole un valor en la siguiente ventana, también se puede obtener un valor automático al marcar la casilla de igual nombre.

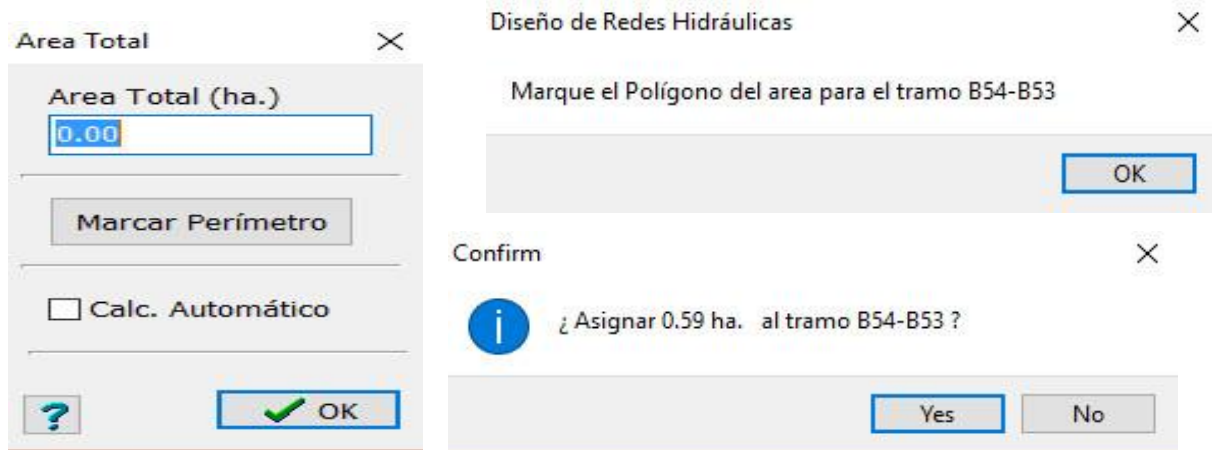


Figura - 25: Área de tramo y área total.
Fuente: Ídem.

- Sectores

El submenú sectores (figura 26) se utiliza con el fin de precisar distintas zonas de consumo, a la hora de estimar los gastos, se asigna el sector correspondiente a cada tramo. Si se desactiva un sector, sus tramos no van a ser considerados en el diseño y en los resultados.

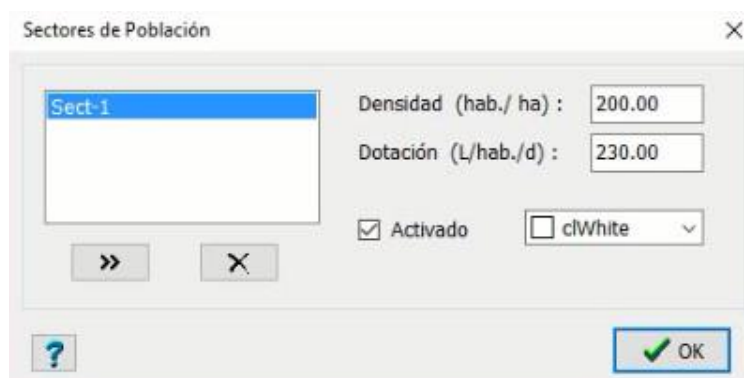


Figura - 26: Submenú sectores de población.
Fuente: Ídem.

- Gastos

En el submenú gastos Akua permite estimar los caudales de acuerdo a la información disponible o a las normas y preferencias del proyectista. En cualquier caso, se toma el



sector promedio por defecto si no se asocia el sector al cual pertenece el tramo. El programa propone diferentes modos para estimar el caudal, en cada caso se debe activar solo la casilla correspondiente al tipo de estimación deseada como se observa en la figura 27.

Figura - 27: Estimación de la demanda.

Fuente: Ídem.

Tabla - 9: Valores de infiltración en tuberías.

	Caudales de Infiltración (l/s/Km.)							
	Tubo de cemento		Tubo de arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de PVC y PEAD	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel Freático bajo	0,5	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05
Nivel Freático alto	0,8	0,2	0,7	0,1	0,3	0,1	0,15	0,07

Fuente: CEPIS, 2005

El área analizada no posee entidades con un número significativo de personas que demanden un gasto concentrado. Se calculó para este submenú la M de Harmon para la población crítica anteriormente calculada, que resultó la futura.



Cuando se tienen varios sectores, es conveniente relacionar el sector al cual le pertenece cada tramo, o el software toma el sector promedio por defecto. El tipo de estimación que se desea se debe activar en la casilla correspondiente.

Los métodos que utiliza Akua para estimar el caudal son cuatro y se observan a continuación:

- El método implícito se basa en calcular la población a partir del área que aporta al tramo y la densidad de población del sector.
- El segundo método se basa en introducir directamente la población que aporta al tramo. Akua calculará la población acumulada y el coeficiente de descarga máxima (M de Harmon) mediante la ecuación 3.

$$M = 1 \frac{14}{4 + \sqrt{p}/1000} \quad (\text{Ec.3})$$

Su alcance está recomendado en el rango: $2,17 \leq M \leq 3,8$. Para poblaciones menores a mil habitantes se tomará un coeficiente $M= 3,8$. Para poblaciones mayores a 63 450 habitantes el coeficiente $M=2,17$.

- Si se conoce previamente el gasto local de un tramo o se desea calcular por otro método independiente de los propuestos por el programa, se puede introducir directamente este valor y obviar los pasos anteriores. También se puede especificar un gasto concentrado puntual.
- Para el caso de redes existentes se puede introducir directamente el valor del gasto acumulado.
- Diseño.

Con este submenú el programa diseñará automáticamente la red con el empleo de los datos recogidos en los anteriores. El resultado final es la asignación de las pendientes hidráulicas a cada colector de forma tal que se obtengan diámetros y excavaciones mínimas y se cumplan con todas las restricciones impuestas en los Datos Generales.

Al culminar el diseño se presenta un reporte previo donde se resumen los valores de los tramos finales de cada subsistema y los volúmenes totales de trabajo figura 28.



Report Preview

File Page Zoom

Page 2 of 33 Zoom 100.0

VALORES TOTALES	
Cantidad de Tramos	: 327 u
Profundidad Promedio	: 1.63 m
Longitud	: 16,326.75 m
Area	: 0.00 ha.
Dens. de Pobl.	: 123.00 hab./ha
Población	: 0 hab
Colchón de arena	: 1,142.87 m3
Relleno Compactado	: 11,754.08 m3
Relleno Manual	: 5,208.32 m3
Excavación	: 18,625.62 m3
EXCAVACIÓN EN TRAMOS	
(0 - 2) m	LONGITUD : 14,673.62 m
(2 - 4) m	: 1,653.13 m
TUBERÍA	
Ø 200.0 mm (8")	LONGITUD : 15,962.62 m
Ø 250.0 mm (10")	: 329.60 m
Ø 315.0 mm (12")	: 34.53 m
PROF. DE LOS NODOS	
(1.50 - 1.75) m	: 272 u
(1.75 - 2.00) m	: 20 u
(2.00 - 2.25) m	: 9 u
(2.25 - 2.50) m	: 9 u
(2.50 - 2.75) m	: 3 u

Figura - 28: Reporte previo.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 Comprobación de los resultado

PEAD - 200 mm (8")

TRAMO NUEVO

Sect-1

Tramo B58-B57

Recorrido (m)	: 785.3
Longitud (m)	: 92.87
Pendiente	: 0.0107
h/D	: 0.257
Flujo (L/s)	: 4.603
Velocidad (m/s)	: 0.922
Tension Tr. (Pa)	: 2.794

Nodo 1	: B58
X (m)	: 1,454.70
Y (m)	: 2,181.08
Z (m)	: 130.02
Nivel Agua (m)	: 128.37
Invertida (m)	: 128.32
Recubrim. (m)	: 1.51
Excavación (m)	: 1.81
Caída (m)	: 0.000

Nodo 2	: B57
X (m)	: 1,540.69
Y (m)	: 2,146.01
Z (m)	: 128.72

Para comprobar cómo ha resultado el diseño de un tramo, este se selecciona con el *mouse*, demostrado en color azul. En la parte inferior de la pantalla se proyecta la sección transversal y el perfil del tramo y se resalta el nivel del agua. En la tabla situada a la derecha de la pantalla se presentan los parámetros de los nodos extremos del tramo activo y del propio tramo a los que de ser necesario se le puede modificar su valor (figura 29).

Figura 29: Visor de datos.
Fuente: Ídem.

2.2.7 Exportación de los resultados

Los resultados finales se pueden exportar a: Excel, Auto CAD o ESRI Shp. Figura 30.

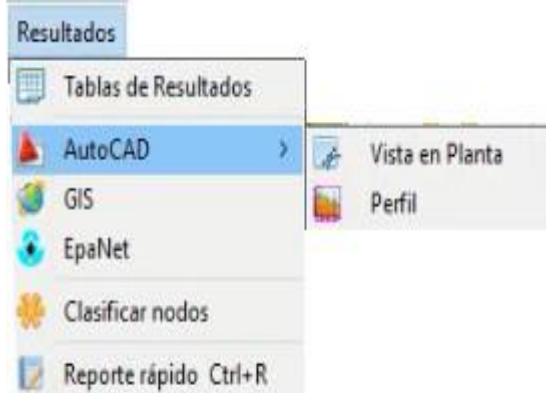


Figura - 30: Exportación de los resultados.

Fuente: Ídem.

Tramo	Q.Dis.
D17-D16	0.62
F75-F74	1.31
F74-F73	1.85
F97-F96	3.63
F96-F95	4.37
F38-F37	0.44
F73-F72	2.12
F76-F75	0.89
F72-F71	2.51
F71-F67	3.54
F68-F67	2.20
F70-F68	1.46
F69-F68	0.55
F42-F41	37.13

Coeficiente de retorno : 0.80 <input type="checkbox"/> Gasto mínimo (L/s) : 1.50 M (Harmon) Min : 2.78 Max : 4.08 Sector Sect-1 123.00 p/ha 345.00 L/p/d <input checked="" type="checkbox"/> Area (ha) : 1.347 FDX Población (hab) : <input type="checkbox"/> Local : 166 Acumulada : 2908 M (Harmon) : 3.45	Demanda Local (L/s) Med. : 0.53 Max. : 1.83 Extra : 1.83 Infiltr. : 0.01 C. Errad. : 0.00 Conc. : 0.00 <hr/> <input type="checkbox"/> Q (L/s) : 1.84	Acumulado (L/s) Q. Med. : 9.29 <input type="checkbox"/> Q. Dis. : 37.13
--	---	---

Figura - 31: Estimación de la demanda.

Fuente: Ídem.

Para visualizar los resultados en Excel o *.pdf se selecciona la primera opción, el primer formato es útil para la comprobación de los parámetros de diseño (figura32).

Resultados Tabulados

Tablas

- Resumen
- Nodos
- Gastos
- Tramos
- Nodos Entrantes
- Nodos Salientes
- Generales

Campos Visibles

- ID
-
- Valor

ID	- Valor
PROYECTO	AKUA
SUBSISTEMA A	Tramo A1-A0
Q. Medio	: 0.23 L/s
Q. Diseño	: 0.97 L/s
Diametro	: 200.00 mm
Cota Topog.	: 121.35 m
Invertida	: 119.96 m
Recubrim.	: 1.20 m
Excavación	: 1.50 m
SUBSISTEMA B	Tramo B1-K0
Q. Medio	: 2.08 L/s
Q. Diseño	: 8.59 L/s
Diametro	: 200.00 mm
Cota Topog.	: 130.21 m
Invertida	: 128.82 m
Recubrim.	: 1.20 m
Excavación	: 1.50 m

Figura – 32: Tabulación de los resultados.
Fuente: Ídem.

Para obtener una vista en planta de las redes se ha de seleccionar el formato de las pendientes, las longitudes y los diámetros (figura 33) y para el dibujo de los perfiles, los tramos que se deseen proyectar con sus respectivas escalas, intervalos de nivelación, tipo de estacionado y espesor de la base de arena (figura 34). También se puede exportar a Auto CAD una vista de la clasificación de los pozos de visitas (figura 35)

Opciones de Dibujo

Formato de Resultados

- P=0.25% L=50.5 m Ø12" PVC
- 0.25% - 50.5 m - Ø12"
- 0.25 - 50.5 m - Ø300 mm
- 1.8 - 50.5 - PVC 12"
- 1.8 - 50.5 - PVC 300
- 1.8 - 50.5 - 12"
- 1.8 - 50.5 - 300
- PVC Ø300 mm
- PVC Ø12"
- Ø12"
- 50.5 m

Tamaño de los textos (mm)

En Nodos : En Tramos :

Color de Capa

- Nodos cIBlue
- Tramos Nuevos
- Tramos Exist.
- Texto Nodos
- Texto Tramos

Ver

- Insertar Cartografía base
- Excavación en nodos
- Solo Invertida de salida
- Líneas proporcionales
- Asignar colores a tuberías

Pendientes

% ‰

Crear Dxf
 Vista Previa
 Enviar a AutoCAD

Figura – 33: Conformación de la planta.
Fuente: Ídem.

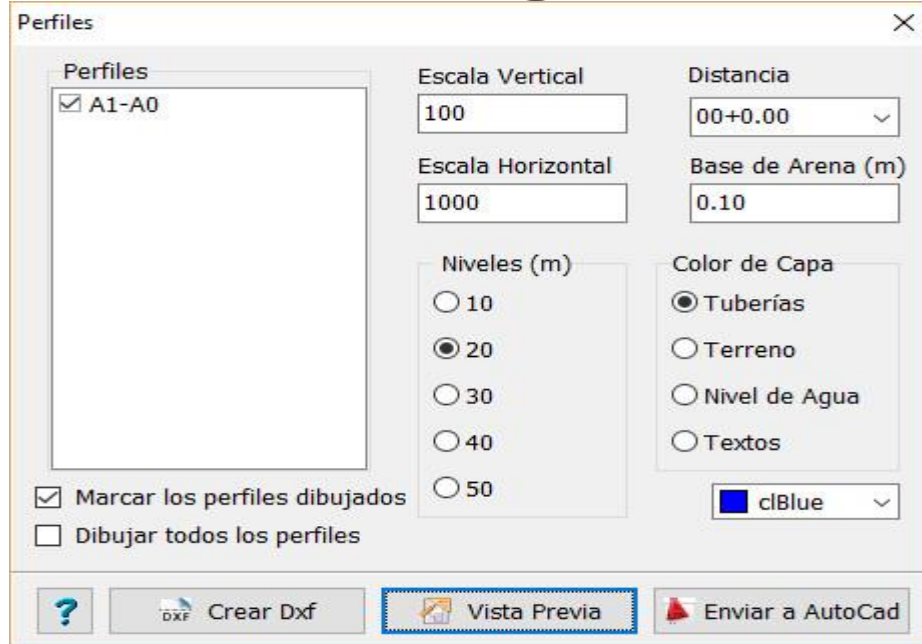


Figura – 34: Conformación del perfil.

Fuente: Ídem.

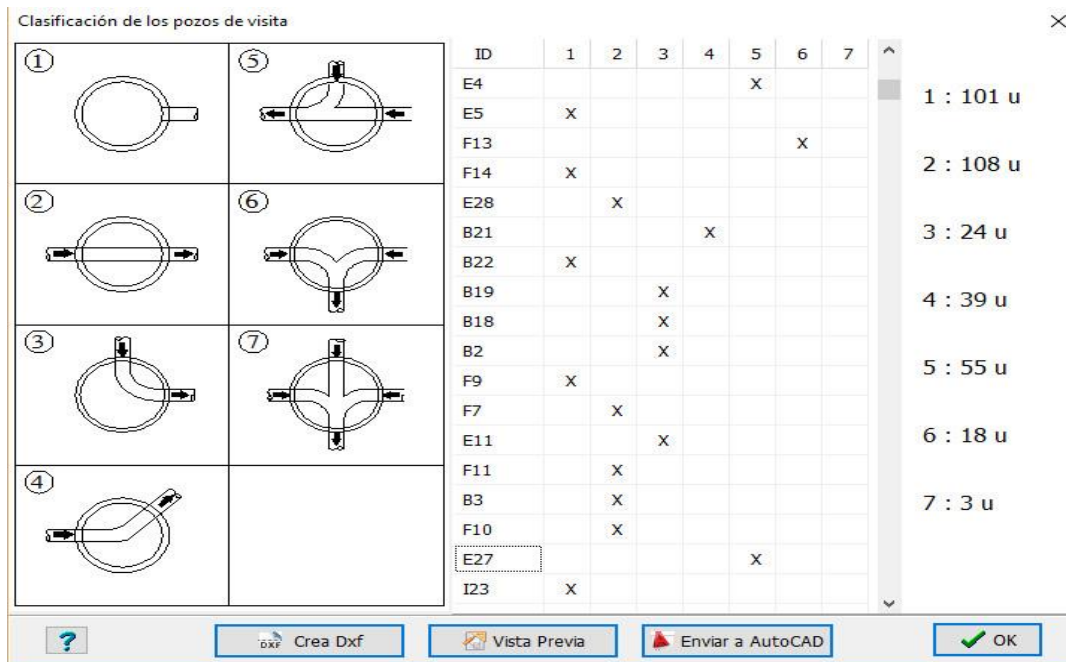


Figura – 35: Clasificación de los nodos.

Fuente: Ídem.

Para este proyecto se utiliza un levantamiento topográfico a detalle realizado por la empresa RAUDAL, con información detallada del relieve, la hidrología, del pavimento, y de las construcciones del lugar.

Akua se apoya en una base cartográfica que constituye el plano de trabajo sobre el que se modela. En el plano topográfico permite, con la ayuda del auto CAD, orientar al software. Este programa permite crear un *layer* con el nombre Cotas Sewer, en las que solo fueran visibles las alturas en formato texto. Se guarda el archivo de tipo dxf para ser utilizado en el Akua.

Confeccionándose así, la base cartográfica, lista para importarla al software y emprender la modelación de la red de alcantarillado.

Las distancias máximas entre registros nunca deben exceder a los 100 m para tuberías de diámetro de hasta 300 mm, en todo caso, deben estar en función de los equipos de limpieza previstos o disponibles. Para vías de mayor ancho los colectores se ubican por el centro de la vía sin interferir otras redes técnicas. Al tener en cuenta lo anterior, se dibujaron los tramos (ramales) por el centro de las vías. Se establecieron las condiciones de frontera (figura 36) según los parámetros recomendados.

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

Figura - 36: Datos generales en el modelo.

Fuente: Ídem.

Para este diseño se propone la utilización del polietileno de alta densidad (PEAD) corrugado como el material de las tuberías. En nuestro país se produce en la provincia de La Habana, en la fábrica HIDROPLAST, única de su tipo en el país. Se deben cumplir

entonces, las directrices que regula la NC 969: 2013 “Tuberías presurizadas de polietileno. Especificaciones para el cálculo, diseño, transportación, almacenamiento y colocación”.

En la figura 37, se muestra cómo a partir de la información de la tabla 8 Pendientes mínimas permitidas, se introdujeron las características en el submenú tuberías.

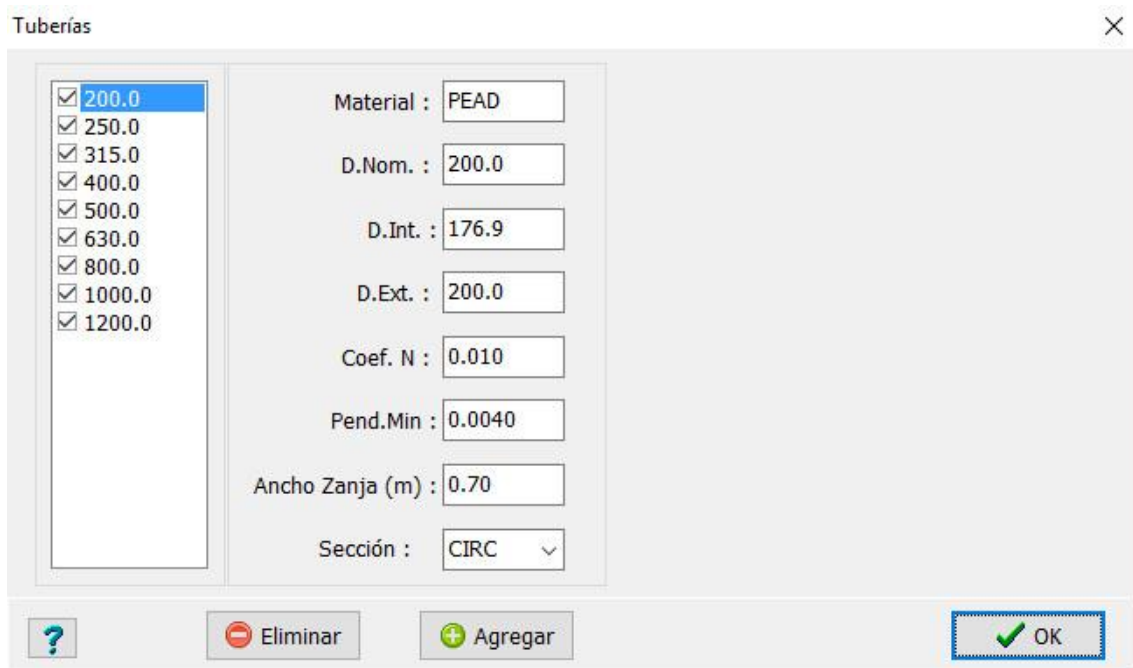


Figura - 37: Tuberías en el modelo.

Fuente: Ídem.

El ancho de zanja de valor 0,7 m se usó para los diámetros de hasta 400 mm, en función de las características del suelo expuestas en el epígrafe 2.1 se pretende emplear una zanjeadora. Este número corresponde a la dimensión de la hoja de excavación de este equipo.

La población futura del reparto se obtuvo a partir del cálculo realizado por las fórmulas de la Tabla 5 Métodos para el cálculo de población futura. Se consideró la proyección de la población a nivel provincial en el período 2017 – 2037 según el periodo de diseño.

Con base en la población inicial (11 512 habitantes) y en los análisis realizados, se prevé para el año 2037 un estimado de 14 848 habitantes, considerándose para el diseño la población futura por ser la más crítica.

Se fijaron la densidad de la población y el consumo de agua potable en función el área y el tamaño poblacional (figura 38).

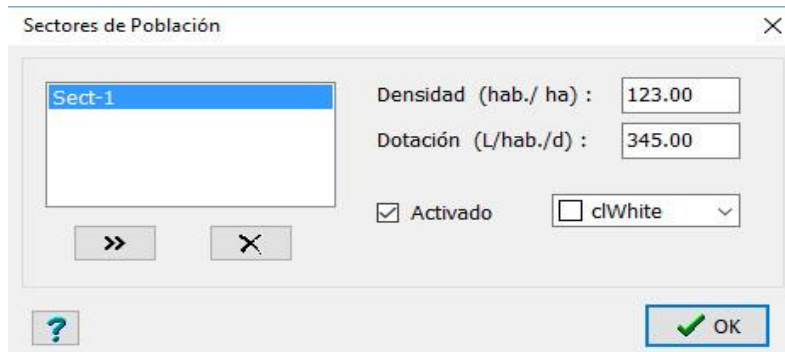
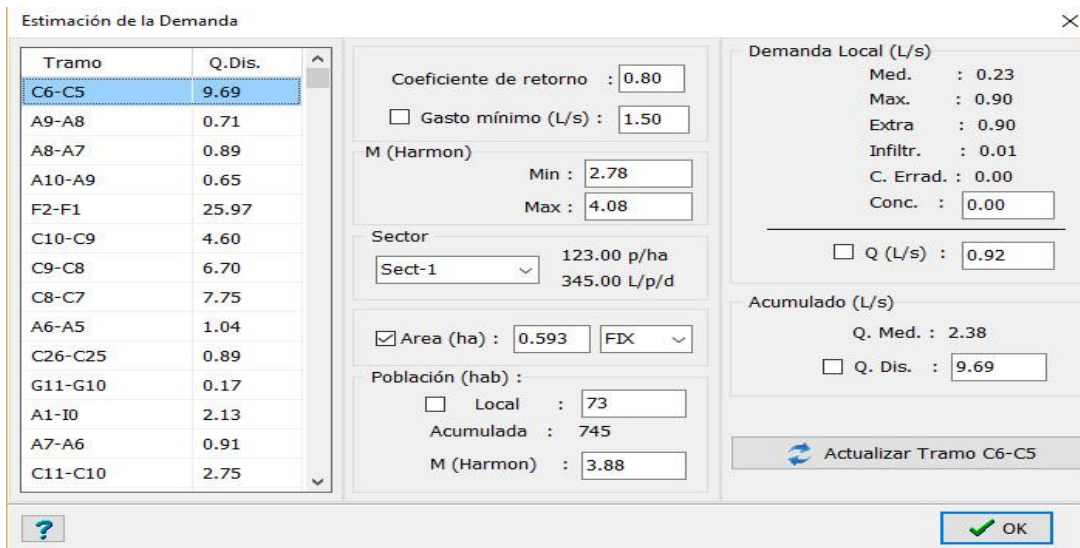


Figura 38: Submenú sectores del modelo.

Fuente: Ídem.

En el submenú Gastos se incorpora el valor del coeficiente de retorno, del gasto mínimo y del rango del coeficiente de Harmon (figura 39).

El área analizada no posee entidades que posean un número significativo de personas como puede ser un preuniversitario, centro comercial u otra, que demanden un gasto concentrado. Se calcula para este submenú la M de Harmon, para la población crítica anteriormente calculada. El valor obtenido en este caso fue 2,78 comprendido en el rango recomendado.



Tramo	Q.Dis.
C6-C5	9.69
A9-A8	0.71
A8-A7	0.89
A10-A9	0.65
F2-F1	25.97
C10-C9	4.60
C9-C8	6.70
C8-C7	7.75
A6-A5	1.04
C26-C25	0.89
G11-G10	0.17
A1-I0	2.13
A7-A6	0.91
C11-C10	2.75

Figura - 39: Estimación de los gastos del modelo.

Fuente: Ídem.

Posterior a los análisis expuestos, se diseñó la red, conformada por doce subsistemas: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K y L en dependencia de los puntos de descarga. Generalmente, con la colocación de un colector paralelo para no ocasionar roturas innecesarias, las aguas recolectadas descargan en el CP-2 que pasa por la calle 26. Existe un colector proyectado para el reparto 26 de Julio que pasa por la calle cinco, al cual descargarán algunos subsistemas y el resto al colector del reparto Pueblo Nuevo. Completada por un total de 16 289,47 metro de longitud, donde 15 896,52 son de 200 milímetros de diámetro y 392,94 de 250 en un total de 337 tramos.

Una vez culminado el diseño se presenta una pantalla con los valores de los tramos finales de cada subsistema y los volúmenes de trabajo (anexo 3):

Los volúmenes calculados por Akua se manifiestan a continuación:

Colchón de arena: 1 140,26 m³

Relleno Compactado: 11 575,55 m³

Relleno Manual: 5 196,37 m³

Excavación: 18 430,88 m³

El resultado del diseño es la asignación de las pendientes hidráulicas a cada colector de forma tal que se obtengan diámetros y excavaciones mínimas y se cumplan con todas las restricciones impuestas. En el anexo 4 se observa una valoración de los resultados donde la tensión tractiva no cumple el criterio de auto limpieza para 61 de 337 tramos lo que no significa un problema puesto que en los tramos iniciales el flujo es pequeño debido a la poca población que evacúa sus residuales hacia estas tuberías. La velocidad resultó menor que la mínima en 109 tramos, debido a la cantidad de subsistemas, no representa un número considerable.

2.2.8 Exportación de los resultados

Al hacer una verificación de los criterios hidráulicos se está en condiciones de exportar la red de alcantarillado a AutoCAD. La figura 40 evidencia la vista planta de la red de alcantarillado del reparto Hilda Torres. El perfil de uno de sus subsistemas se muestra en la figura 41.

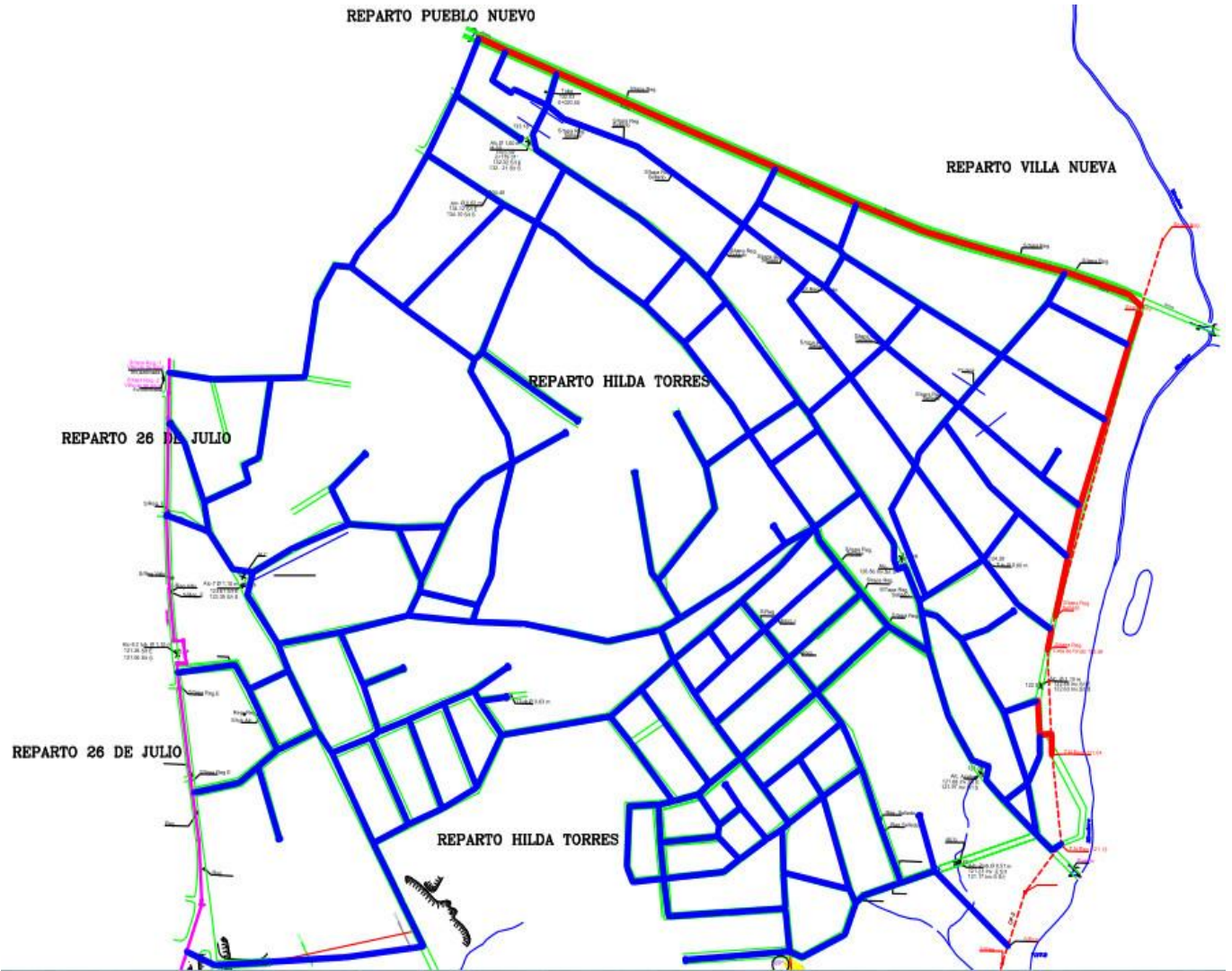


Figura - 40: Vista en planta del modelo de la red de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia.

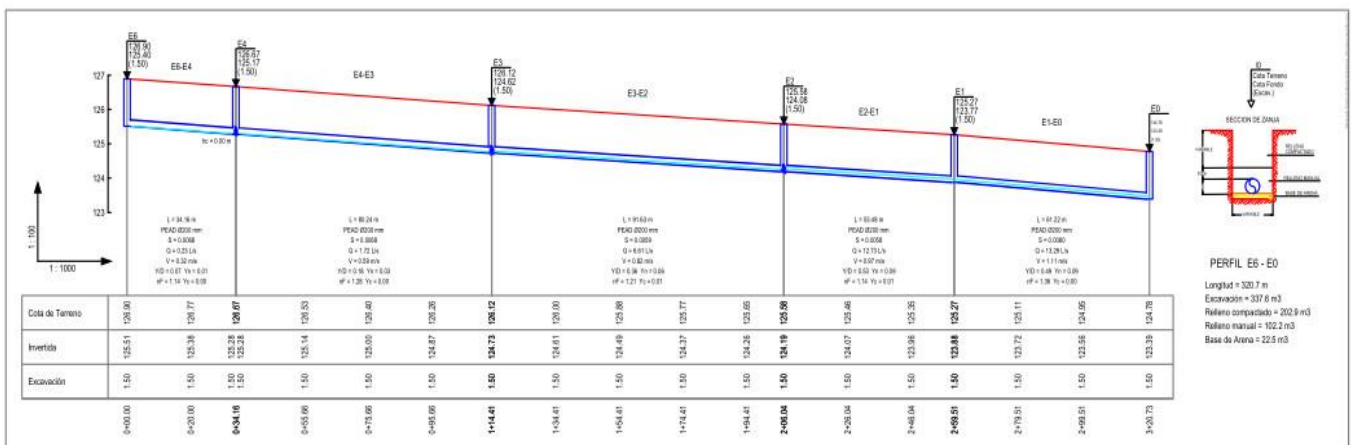


Figura - 41: Perfil del subsistema paralelo al CP-1.

Fuente: Ídem.

2.2.9 Análisis del presupuesto.

El presupuesto de los servicios de construcción es el resultado de la valoración de todas las acciones que se prevén realizar. Por el sentido de obligación de presupuestar en el Ministerio de Construcción, se organiza el presupuesto en siete renglones variantes (tabla 10).

Tabla – 10: Precio de construcción por renglones variantes.

Código	Descripción	UM	Cantidad	Costo	
				Unitario \$	Total \$
1111001	EXCAVACIÓN CON ZANJEADORA	M3	18430,88	72,92	1343979,77
1111002	COLCHÓN DE ASIENTO	M3	1140,26	61,32	69920,74
1111003	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUB PEAD 200MM	M	15896,52	21,70	344954,48
1111004	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUB PEAD 250MM	M	392,94	29,55	11611,38
1111005	REHINCHO MANUAL	M3	5196,37	34,98	181769,02
1111006	REHINCHO MECANIZADO	M3	11575,55	6,40	74083,52
1111007	REGISTROS	U	338,00	1558,00	526604,00
					2552922,92

Fuente: Elaboración.

Las partidas de otros gastos directos de obra, gastos generales de obra, gastos indirectos de obra y los gastos recogidos en los presupuestos independientes (tabla 13) fueron estimados sobre la base de porcentos sobre la suma de los gastos directos: materiales, mano de obra y uso de equipo del trabajo de diploma de Aylín Vargas, 2016 y del Contrato de ejecución de Obra No.17A/2016 Suplemento No.2 de la Obra Alcantarillado La Aduana. La obra se valora en 6499741,745 pesos con un costo de 399,02 pesos por metro lineal de tubería.

Tabla – 11: Precio de construcción por concepto.

Concepto	Fórmula	Valor	
1	Materiales	22%	561643,0416
2	Mano de obra	15%	382938,4375
3	Uso de Equipos	63%	1608341,437
	Costo total	(1+2+3)	2552922,916
4	Otros Gastos Directos de Obra	45%*Suma(1+2+3)	1148815,312
5	Gastos Generales de Obra	15%*Suma(1+2+3)	382938,4375
6	Total de Gastos Directos de Producción	(1+2+3+4+5)	4084676,666
7	Gastos Indirectos de Obra	20%*Suma(1+2+3)	510584,5833
8	Total de Gastos Indirectos de Producción	7	510584,5833
9	Subtotal de Gastos	(6+8)	4595261,25
10	Total Presupuestos Independientes	43%*Suma(1+2+3)	1097756,854
11	Costo Total	(9+10)	5693018,104
12	Utilidad	20%*(9-1)	806723,6416
13	Precio del Servicio de Construcción	(11+12)	6499741,745
	Longitud del Tramo en metros		16289,47
	Precio Promedio por metros de Alcantarillado		399,0149308

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones parciales.

Con el empleo y la puesta en práctica de los procedimientos adecuados del software Akua, versión 13.03.01 y el AutoCAD se elaboró una propuesta de diseño de una red de alcantarillado para el reparto Hilda Torres de la ciudad de Holguín con una longitud de 16,4 km aproximadamente, donde predominan las tuberías de 200 mm de diámetro. El costo estimado de construcción y montaje es 6 499 741,75 pesos.

CONCLUSIONES GENERALES

- Con la implementación de los métodos de análisis histórico-lógico y análisis documental se logró caracterizar desde una dimensión histórica el surgimiento y evolución de los sistemas de alcantarillado en el mundo y en Cuba.
- Se caracterizó teórica y metodológicamente el objeto y el campo de la investigación, lo cual permitió conceptualizar las categorías que resultaron imprescindibles para el proceso y determinar los procedimientos metodológicos para el diseño de una red de alcantarillado.
- Como resultado del proceso investigativo se logró diseñar una red de alcantarillado sanitario para el reparto Hilda Torres del municipio de Holguín con una longitud de 16,4 km.

RECOMENDACIONES

- Socializar los resultados de la presente investigación con empresarios que se dedican a la construcción de obras hidráulicas en la provincia de manera que estos puedan ser introducidos en la práctica.
- La empresa de Recursos Hidráulicos deberá evaluar los parámetros técnicos del punto de vertido de aguas residuales existente para su permanencia o la construcción de un sistema de tratamiento.
- Desarrollar investigaciones de propuestas de redes para otros repartos con situaciones similares.
- Socializar los resultados de la investigación a través de cursos, talleres y conversatorios, así como publicaciones en eventos científicos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Aguas residuales. Disponible en www.abc.es. Consultado 23 de febrero de 2017.
2. Organización de Naciones Unidas (ONU) disponible en www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html. Consultado el 23 de noviembre de 2016.
3. Fragor Arturo. Antecedentes del alcantarillado. Disponible en <https://prezi.com>. Consultado 9 de marzo de 2017.
4. Penagos Blanco Laura Genith. Componentes del sistema de alcantarillado para la vía secundaria sector grival municipio Mosquera. Universidad Minuto de Dios. Universidad Militar Nueva Granada. Mosquera, diciembre 2014.
5. Sistema Intermunicipal de Servicios da Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA). Lineamientos Técnicos para Factibilidades. Alcantarillado sanitario. Febrero 2014.
6. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Perú, 2005.
7. Goldsack Jarpa Luis, Juan Pablo Urrutia. Guía de estudio: Sistema de alcantarillado. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Departamento de Arquitectura. Chile.
8. De Arce Joseph Alonso, Evacuación de las aguas residuales. Disponible en www.serbis.es. Consultado 20 de febrero de 2017.
9. Paz Maroto José. Alcantarillado de Madrid. España, 2000.
10. Ponce de León Jaime. Historia de la Mierda. Alcantarillas y cloacas a través de la Historia. Revista la casa mundo. Disponible en <http://www.lacasamundo.com/2013/03/historia-de-la-mierda-alcantarillas-y.html>. Consultado 4 de febrero 2017.
11. Empresas Públicas de Medellín, EPM (2009). Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado. Medellín, Colombia.
12. CARLOS AUGUSTO ÁLVAREZ ARBOLEDA. El alcantarillado y las aguas negras . Una historia del agua y del ambiente en Medellín (1920-1955) Universidad Nacional de



Colombia - Sede Medellín. Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Maestría en Medio Ambiente y desarrollo. Medellín, 2014.

13. DESATACOS Y OBRAS. Recorrido por la historia del alcantarillado - Pocería Sin Zanja. Disponible en <https://www.poceriasinzanja.es/recorrido-por-la-historia-del-alcantarillado>. Consultado 20 de septiembre de 2016.

14. Dr. García Blanco Rolando. La Hidráulica en Cuba: experiencias y resultados. Cuba, 2005.

15. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. 50 Aniversario de la revolución cubana. Disponible en: <http://revolucioncubana.cip.cu/logros/desafios-del-desarrollo-economico/sector-energetico/voluntad-hidraulica/>. Consultado 31 de octubre de 2016.

16. Fernández Silvia, Dotres Fallat Maryla. Sistemas de alcantarilla de las ciudades. Disponible en <http://www.arghys.com/construccion/sistemas-alcantarillado.html>. Consultado 3 de mayo de 2017.

17. Programm zur hydraulischen Dimensionierung von Rohrleitungen in der Abwassertechnik. HydroDim befindet sich seit der 31.

18. Oficina Nacional de Estadística e Información, (ONEI). Anuario Estadístico de Cuba. La Habana, Cuba, 2015.

19. Oficina Nacional de Estadística e Información, (ONEI). Anuario Estadístico de Holguín. Holguín, Cuba, 2016.

20. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (PNUMA). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Holguín. La Habana, Cuba: Academia (2008).

21. Departamento de Planificación Física (DPPF). Estructura de la franja de base SAH. Holguín, Cuba, 2010.

22. Grupo TDM, CASO HISTÓRICO. SISTEMA DE AGUA POTABLE, CIUDAD DE IQUITOS. Disponible en: <http://pvcdemonterrey.com.mx>. Consultado 9 de marzo de 2017.

23. Norma Boliviana NB 688. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. Ministerio del Agua Viceministerio de Servicios Básicos. Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Abril 2007.

24. NC 969:2013 "Tuberías presurizadas de polietileno –especificaciones para el cálculo, diseño, transportación manipulación, almacenamiento y colocación “.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

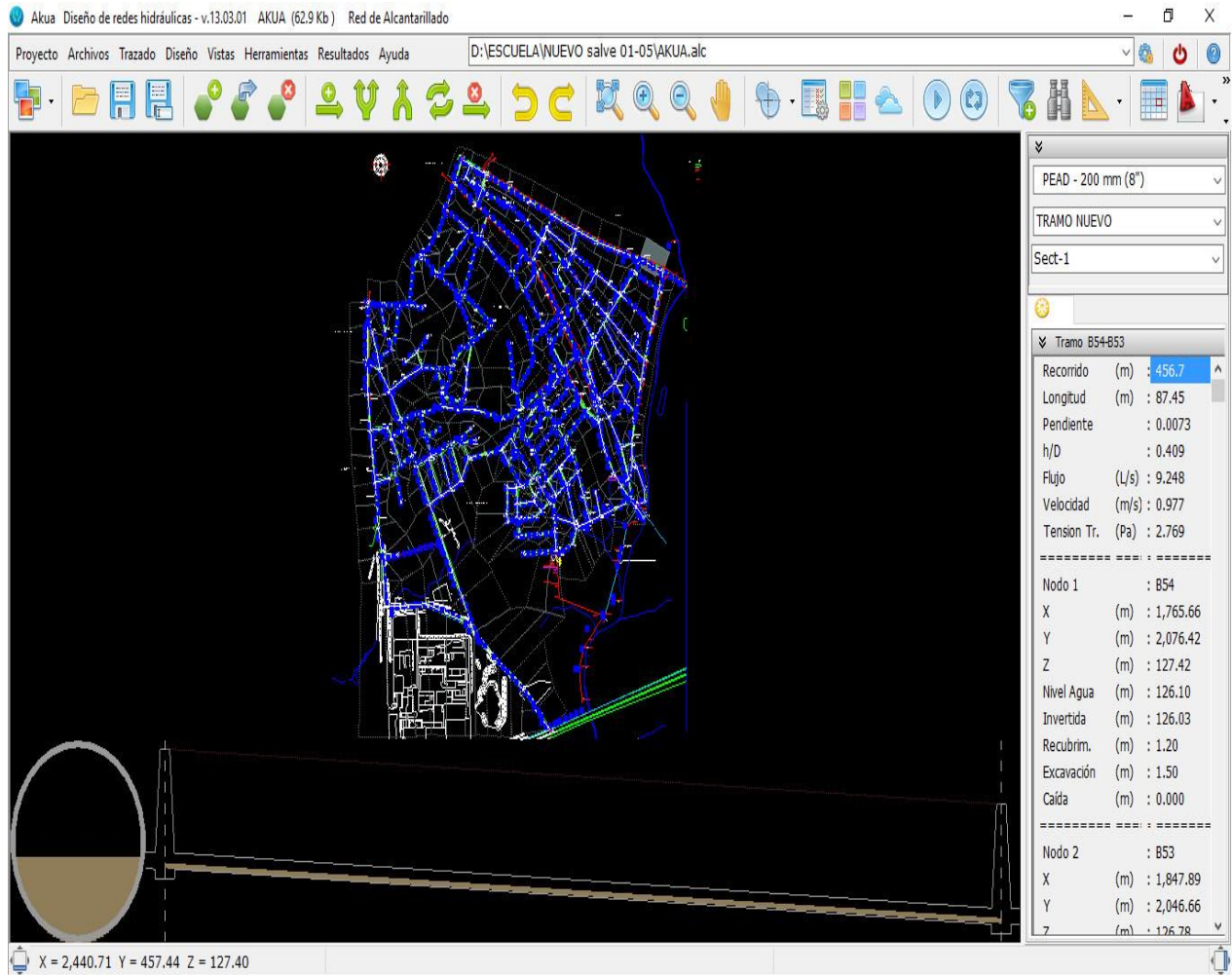
25. Proyecto de Norma XX “Especificaciones para el diseño y construcción de Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial Urbano”. Ciudad de La Habana, Cuba, 2013.

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3

Subsistemas	Tramos	Q. Medio (L/s)	Q. Diseño (L/s)	Diámetro (mm)	Cota Topográfica (m)	Invertida (m)	Recubrimiento (m)	Excavación (m)
A	A1-I0	0.23	0.97	200	121.35	119.96	1.20	1.50
B	B1-K0	2.08	8.59	200	130.21	128.82	1.20	1.50
C	C1-C0	6.47	26.39	259	121.35	119.91	1.20	1.55
D	D1-D0	1.59	6.62	200	123.18	121.79	1.20	1.50
E	E1-E0	3.21	13.29	200	124.78	123.39	1.20	1.50
F	F1-F0	2.38	9.69	200	126.77	125.38	1.20	1.50



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

G	G1-GO	1.05	4.32	200	132.72	131.33	1.20	1.62
H	H1-H0	6.59	26.81	250	122.34	120.55	1.56	1.91
I	I1-I0	5.86	23.99	250	121.13	119.69	1.20	1.55
J	J1-K0	0.30	1.23	200	122.60	121.21	1.20	1.50
K	K1-K0	1.94	7.98	200	130.21	128.82	1.20	1.50
L	L0-L1	5.65	22.20	250	119.50	118.07	1.20	1.55

VALORES TOTALES		EXCAVACIÓN EN TRAMOS	LONGITUD
Cantidad de Tramos	337 u	(0 - 2) m	14 847.88 m
Profundidad Promedio	1.61 m	(2 - 4) m	1 441.59 m
Longitud	16 289.47 m		
Densidad Poblacional	123.00 hab./ha	TUBERÍA	LONGITUD
Colchón de arena	1 140.26 m ³	Ø 200.0 mm (8")	15 892.52 m
Relleno Compactado	11 575.55 m ³	Ø 250.0 mm (10")	392.94 m
Relleno Manual	5 196.37 m ³		
Excavación	18 430.88 m ³	CAIDAS	
PROF. DE LOS NODOS		(0 - 0.1) m	62 u
(1.50 - 1.75) m	286 u	(0 - 0.2) m	4 u
(1.75 - 2.00) m	21 u	(0 - 0.5) m	9 u
(2.00 - 2.25) m	9 u	(0 - 1.0) m	5 u
(2.25 - 2.50) m	8 u	(0 - 1.5) m	1 u
(2.50 - 2.75) m	3 u	(0 - 2.0) m	2 u
(2.75 - 3.00) m	5 u		
(3.00 - 3.25) m	4 u	Tramos cabecera	91 u
(3.25 - 3.50) m	2 u	Tramos con 1 entradas	170 u

		Tramos con 2 entradas	73 u
		Tramos con 3 entradas	3 u

Anexo 4

