

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Modelado de instalaciones hidráulicas en el casco urbano de
La Antigua Guatemala por medio de los *software Open Bim
Sewerage y Open Bim Water Supply***

Trabajo de graduación presentado por José Diego Franco Morán para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2019

Modelado de instalaciones hidráulicas en el casco urbano de
La Antigua Guatemala por medio de los *software Open Bim
Sewerage y Open Bim Water Supply*

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



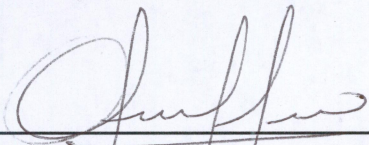
**Modelado de instalaciones hidráulicas en el casco urbano de
La Antigua Guatemala por medio de los *software Open Bim
Sewerage y Open Bim Water Supply***

Trabajo de graduación presentado por José Diego Franco Morán para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

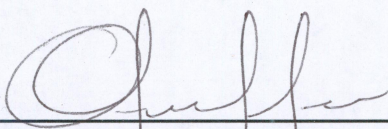
Guatemala,

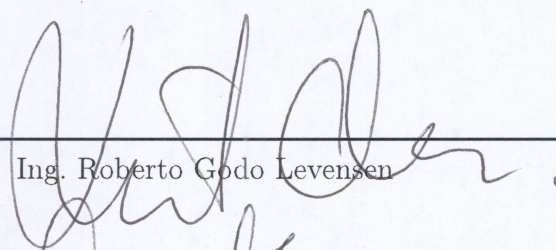
2019

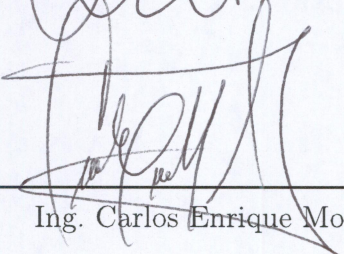
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Otoniel Alejandro Echeverría

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Otoniel Alejandro Echeverría

(f) 
Ing. Roberto Godo Levensen

(f) 
Ing. Carlos Enrique Monzón

Fecha de aprobación: Guatemala, 3 de diciembre de 2019.

La esencia de este trabajo es el uso de nuevas herramientas de análisis para sistemas hidráulicos existentes antiguos que necesitan una mejora para adaptarse a las nuevas demandas. La Antigua Guatemala tiene muchos años de atraso en su sistema de drenajes, lo que causa inundaciones en las calles. Por lo que se realizó una guía sobre la implementación de estos nuevos software informáticos para su análisis más práctico y hacer propuestas de mejora en ciertos tramos, calles etc.

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, pues me ha dado la fortaleza y determinación para sacar adelante este proyecto y los estudios. A mis padres Leonel Franco y Monica de Franco, a mis hermanos, a mis abuelos que desde el cielo me guían, a mis abuelas por su apoyo y preocupación, a mi novia Lourdes María Estrada por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

En adición quiero agradecer a mis compañeros de la carrera, por todo su apoyo y valiosa amistad. A mi director de carrera Ing. Roberto Godo y a mi asesor Ing. Otoniel Echeverría por ser mis mentores durante estos años universitarios.

| | |
|--|-------------|
| Prefacio | v |
| Lista de figuras | xii |
| Lista de cuadros | xiii |
| Resumen | xv |
| Abstract | xvii |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objetivos | 3 |
| 2.1. Objetivo general | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos | 3 |
| 3. Marco teórico | 5 |
| 3.1. Ciudades Inteligentes | 5 |
| 3.2. Beneficios y riesgos de las Ciudades Inteligentes | 6 |
| 3.3. Ciudades inteligentes alrededor del mundo | 7 |
| 3.3.1. Tokio | 7 |
| 3.3.2. Ámsterdam | 7 |
| 3.3.3. Singapur | 7 |
| 3.3.4. Barcelona | 7 |
| 3.3.5. Santiago de Chile | 8 |
| 3.3.6. Otras ciudades alrededor del mundo | 8 |
| 3.4. Acerca de los sistemas hidráulicos del siglo XVIII en Guatemala | 9 |
| 3.5. El Beaterio de Indias como ejemplo del sistema hidráulico colonial en Guatemala | 9 |
| 3.6. Sistema de Información Geográfico (SIG) | 9 |
| 3.7. Motivos para utilizar GIS | 10 |
| 3.7.1. Hardware | 10 |
| 3.7.2. Software | 10 |
| 3.7.3. Datos | 10 |

| | |
|--|----|
| 3.7.4. Personal | 11 |
| 3.8. Ventajas del Sistema de Información Geográfica | 11 |
| 3.9. Red de agua potable. | 12 |
| 3.9.1. Aguas superficiales | 12 |
| 3.9.2. Aguas subterráneas | 13 |
| 3.9.3. Líneas de conducción | 13 |
| 3.9.4. Criterios de diseño para red de agua potable | 13 |
| 3.9.5. Procedimientos de cálculo | 14 |
| 3.10. Red de drenaje sanitario | 15 |
| 3.10.1. Red de atarjeas: | 15 |
| 3.10.2. Subcolectores, colectores e interceptores | 16 |
| 3.10.3. Emisores | 16 |
| 3.11. Consideraciones básicas de diseño y cálculo de drenajes sanitarios | 16 |
| 3.11.1. Topografía | 16 |
| 3.11.2. Cálculo de gastos para el diseño de la red | 17 |
| 3.11.3. Variables hidráulicas | 17 |
| 3.11.4. Fórmula de continuidad | 18 |
| 3.11.5. Fórmula de Manning | 18 |
| 3.12. Programas de Cype Ingenieros | 19 |
| 3.13. Programa de modelado CYPECAD MEP | 19 |
| 3.14. Modelado de tuberías | 21 |
| 3.15. Open Bim Sewerage | 22 |
| 3.16. Open Bim Water Supply | 22 |
| 3.17. Otros programas para el modelado: de tuberías | 23 |
| 3.18. Tipos de tuberías y accesorios según material | 23 |
| 3.18.1. Tuberías de acero galvanizado | 23 |
| 3.18.2. Tuberías de cobre | 24 |
| 3.18.3. Tuberías de polipropileno | 24 |
| 3.18.4. Tuberías de polietileno | 24 |
| 3.18.5. Tuberías de hormigón | 24 |
| 3.18.6. Tuberías de amiantocemento | 24 |
| 3.18.7. Tuberías de acero | 24 |
| 3.18.8. Tuberías de cobre | 25 |
| 3.18.9. Tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) | 25 |
| 3.18.10. Tuberías de polietileno, PE o polietileno reticulado, PEX. | 25 |
| 3.18.11. Válvulas de retención o antirretorno. | 25 |
| 3.18.12. Válvula de aireación | 25 |
| 3.18.13. Llave de paso o de corte | 26 |
| 3.19. Obras de arte o estructuras secundarias | 26 |
| 3.19.1. Caja reunidora de caudales. | 26 |
| 3.19.2. Caja distribuidora de caudales | 27 |
| 3.19.3. Caja rompe presiones | 27 |
| 3.19.4. Válvula de limpieza | 27 |
| 3.19.5. Válvula de aire | 28 |
| 3.19.6. Válvulas de compuerta | 28 |
| 3.20. Población de la Antigua Guatemala | 28 |

| | |
|---|------------|
| 4. Guía metodológica de <i>Open Bim Sewerage</i> para alcantarillado de agua pluvial | 29 |
| 4.1. Utilizando un software Bim para el diseño del sistema de alcantarillas en sustitución del método tradicional de diseño. | 29 |
| 4.2. Contenido de la guía de Open Bim Sewerage | 30 |
| 4.3. Modelado de sistema de alcantarillas | 30 |
| 4.3.1. Modelo a cargar | 31 |
| 4.3.2. Comenzar proyecto en Open Bim Sewerage | 32 |
| 4.3.3. Importar un dxf al proyecto. | 34 |
| 4.3.4. Insertar elementos en el sistema de alcantarillas. | 36 |
| 4.3.5. Configuración de los parámetros de los elementos de alcantarillas. | 38 |
| 4.3.6. Correr el análisis del modelo. | 43 |
| 4.3.7. Planos longitudinales de la red. | 45 |
| 4.4. Resultados de análisis del sistema de agua pluvial de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez. | 49 |
| 4.4.1. Áreas tributarias de los tragantes en el casco urbano. | 49 |
| 4.4.2. Perfiles longitudinales de la red pluvial ramificada. | 50 |
| 4.4.3. Listado de tuberías | 51 |
| 5. Guía metodológica de <i>Open Bim Water Supply</i> para abastecimiento de agua potable | 53 |
| 5.1. Utilizando un software Bim para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en sustitución del método tradicional de diseño. | 53 |
| 5.2. Contenido de la guía de Open Bim Water Supply | 54 |
| 5.3. Modelado de sistema de abastecimiento de agua | 54 |
| 5.3.1. Comenzar un proyecto en Open Bim Water Supply | 54 |
| 5.3.2. Importar un archivo base para trabajar. | 58 |
| 5.3.3. Insertar elementos en el sistema de abastecimiento. | 58 |
| 5.3.4. Configuración de los elementos para abastecimiento de agua. | 61 |
| 5.3.5. Visualizar el modelo terminado. | 66 |
| 5.3.6. Planos generales de la red de abastecimiento. | 67 |
| 5.4. Resultados de análisis de abastecimiento de agua de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez | 71 |
| 5.4.1. Áreas tributarias de nudos de consumo para el sistema de abastecimiento de agua | 71 |
| 6. Conclusiones | 73 |
| 7. Recomendaciones | 75 |
| 8. Bibliografía | 77 |
| 9. Anexos | 81 |
| 9.1. Listado de materiales utilizados en el modelo | 81 |
| 9.2. Planos de construcción de red de alcantarilla y de abastecimiento de agua. | 94 |
| 9.3. Planos de perfil longitudinal de la red de alcantarillas | 94 |
| 9.4. Planos de perfil longitudinal de la red de abastecimiento | 104 |
| 10. Glosario | 105 |

Lista de figuras

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Red abierta de agua potable. | 14 |
| 2. | Red cerrada de agua potable. | 15 |
| 3. | Ejemplo de modelado de tubería en Cype. | 21 |
| 4. | Caja reunidora de caudales. | 27 |
| 5. | Delimitación del área del modelo. | 31 |
| 6. | Archivo dxf o dwg de Civil 3D | 31 |
| 7. | Página principal de Open Bim Sewerage | 32 |
| 8. | Datos generales de la instalación. | 32 |
| 9. | Configuración de parámetros del proyecto. | 33 |
| 10. | Configuración de límites de diseño. | 33 |
| 11. | Asignación de coeficientes. | 34 |
| 12. | Configuración de excavación. | 34 |
| 13. | Importar proyecto. | 35 |
| 14. | Importar proyecto. | 35 |
| 15. | Proyecto importado. | 36 |
| 16. | Nudos del proyecto. | 37 |
| 17. | Tramos del proyecto. | 37 |
| 18. | Proyecto en Qgis 3.4.4. | 38 |
| 19. | Edición de nudo. | 39 |
| 20. | Áreas para tragantes. | 39 |
| 21. | Aporte de aguas pluviales. | 40 |
| 22. | Edición de tubería para alcantarillado. | 42 |
| 23. | Formato de diámetros de tubería. | 42 |
| 24. | Añadir diámetros de tubería a la biblioteca del proyecto. | 43 |
| 25. | Informe de análisis de instalación. | 44 |
| 26. | Información del elemento que no cumple con requisitos de diseño. | 44 |
| 27. | Listados de información sobre el análisis. | 45 |
| 28. | Documentos de resumen del análisis de la red. | 45 |
| 29. | Perfil longitudinal seleccionado. | 46 |
| 30. | Planos del perfil seleccionado. | 46 |
| 31. | Selección del tipo de plano. | 47 |
| 32. | Composición del plano. | 47 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 33. | Planos exportados a PDF desde AutoCad. | 48 |
| 34. | Nomenclatura de perfiles longitudinales de la red pluvial. | 51 |
| 35. | Datos generales de instalación de abastecimiento. | 55 |
| 36. | Materiales de la obra. | 55 |
| 37. | Biblioteca de materiales. | 56 |
| 38. | Edición de materiales. | 56 |
| 39. | Parámetros para sistema de abastecimiento. | 57 |
| 40. | Límites para sistema de abastecimiento. | 57 |
| 41. | Coeficientes para sistema de abastecimiento. | 58 |
| 42. | Distribución de los nudos de abastecimiento de agua. | 59 |
| 43. | Distribución y etiqueta de los tramos de abastecimiento de agua. | 60 |
| 44. | Elementos hidráulicos de abastecimiento de agua. | 61 |
| 45. | Edición del nudo de abastecimiento, pestaña general. | 62 |
| 46. | Áreas tributarias de cada nudo de consumo de abastecimiento de agua. | 63 |
| 47. | Edición de la tubería para abastecimiento de agua. | 64 |
| 48. | Fragmento de plano de abastecimiento elaborado en la administración de 1996-2004. | 64 |
| 49. | Edición del elemento hidráulico si se trata de una válvula. | 65 |
| 50. | Edición del elemento hidráulico si se trata de una bomba. | 66 |
| 51. | Visualización del modelo de abastecimiento en 3D. | 66 |
| 52. | Selección de planos para la red de abastecimiento. | 67 |
| 53. | Edición de plano de instalaciones. | 68 |
| 54. | Selección del cajetín para el plano de instalaciones. | 68 |
| 55. | Composición de planos de abastecimiento de agua. | 69 |
| 56. | Nombre de fichero para plano de abastecimiento de agua. | 69 |
| 57. | Plano de abastecimiento de agua exportado a programa de dibujo. | 70 |
| 58. | Tramo 1. | 94 |
| 59. | Tramo 2. | 95 |
| 60. | Tramo 3. | 96 |
| 61. | Tramo 4. | 97 |
| 62. | Tramo 5. | 98 |
| 63. | Tramo 6. | 99 |
| 64. | Tramo 7. | 100 |
| 65. | Tramo 8. | 101 |
| 66. | Tramo 9. | 102 |
| 67. | Tramo 10. | 103 |
| 68. | Plano de abastecimiento de agua potable. | 104 |

Lista de cuadros

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Velocidades máxima y mínima permisible en tuberías de drenaje. | 17 |
| 2. | Cálculo de intensidad del lluvia en la Antigua Guatemala | 41 |
| 3. | Áreas de cada tragante del casco urbano de la Antigua Guatemala | 49 |
| 4. | Cálculo de la densidad poblacional para el año 2018. | 62 |
| 5. | Área tributaria de nudos de consumo de abastecimiento de agua. | 71 |

El trabajo consiste en el modelado del sistema de tuberías existentes en La Antigua Guatemala por medio de los software Open Bim Sewerage y Open Bim Water Supply. En los que se representan los drenajes de las calles y los sistemas de abastecimiento de agua potable alrededor del casco urbano.

En los últimos años, se han dado muchos problemas del sistema de drenaje de La Antigua Guatemala debido a que los sistemas actuales son casi obsoletos, con el pasar del tiempo desde sus diseños y por el deterioro de estos elementos es inevitable.

Algunas de las causas son la cantidad de agua que actualmente corre por los drenajes y los posibles obstáculos como la basura o sedimentos de aguas lodos que se acumulan en las cajas distribuidoras que impiden un flujo continuo de estas aguas pluviales y sanitarias.

El concepto que se estará utilizando en este trabajo será el de SmartCity o Ciudad Inteligente. SmartCity utiliza herramientas tecnológicas como mapas digitales, sensores, internet, puntos de control, etc. con el fin de hacer más eficientes todos los procesos de transporte, diseño y planificación de todos los elementos que conforman a una ciudad. En el mundo existen varias ciudades que se consideran como Ciudades Inteligentes como: Tokio, Ámsterdam, Singapur, Barcelona, Santiago de Chile entre otras, debido a que todas ellas utilizan recursos tecnológicos para controlar ciertos parámetros como lo son transporte, conexión a internet, pagos a distancia, cuidado con el medio ambiente, luces inteligentes, urbanización inteligente, etc.

Entre las actividades que se estarían realizando en este trabajo, se menciona, una guía para la implementación de los software Open Bim Sewerage y Open Bim Water Supply para este tipo de tuberías con ilustraciones y pasos para llevar a cabo este proceso. Esta guía se realizaría simultáneamente con el modelado de las estructuras hidráulicas existentes para ejemplificar y contextualizar el uso de esta valiosa herramienta.

Con la información obtenida , será posible detectar cuales son las fallas de estas redes hidráulicas con el objeto de proponer mejoras del mismo con propuestas puntuales.

The work consists on modeling the existing pipe system in La Antigua Guatemala through the Open Bim Sewerage and Open Bim Water Supply software of Cype Ingenieros S.A company. In this software you can mention the drains on the streets and the systems of drinking water supply around the center of the town.

In recent years, there has been many problems with the actual drainage system of La Antigua Guatemala, due to it's obsolescence, because there has been some time since they were designed and the materials have deteriorated. All these factors have caused the amount of water that currently run through drains, plus garbage or sludge sediments that accumulate in the distribution boxes, keep from having a continuous flow of the stormwater and sanitary water.

The concept that will be used in this work will be SmartCity or Smart City. Which is a city that uses technological tools such as digital maps, sensors, internet, control point, among others, in order to make more efficient all the design, planning and transport processes of all the elements that make part of a city.

In the world, there are several countries that are considered as Smart Cities such as: Tokyo, Amsterdam, Singapore, Barcelona, Santiago de Chile, among others. They are considered under this concept, because they use technological resources to control certain parameters such as transport, internet connection, online payments, smart lights, smart urbanization and they take care of the environment.

Among other activities that will be done in this graduation work it will be carried out a guide for the implementation of the Open Bim Sewerage and Open Bim Water Supply softwares, for this type of pipes, with illustrations and steps to carry out this process. This guide will be done simultaneously with the modeling of the existing hydraulic structures, of La Antigua Guatemala, to help exemplify and contextualize the use of this valuable tool.

With the information obtained from the programs, it will be possible to detect what are the failures of these hydraulic networks, in order to propose improvements with specific proposals.

En Antigua Guatemala existe un sistema de drenajes que se diseñó en el tiempo de la colonia. Sin embargo, la demanda de los drenajes y cajas ha aumentado considerablemente en los últimos años. Esto ha ocasionado, según las recientes noticias, que se incremente el número de inundaciones en las calles principales y aledañas del casco urbano.

Un mal diseño de drenaje y abastecimiento de agua desfavorece considerablemente la economía de un pueblo o ciudad al ser funcional por poco tiempo hasta que este no sea efectivo por el incremento de la demanda del agua. En cambio, un buen diseño, utilizando las herramientas adecuadas con su respectivo análisis es óptimo, económico y duradero.

El uso de software para modelar sistemas hidráulicos es una actividad que aún se está implementando en Guatemala, debido al bajo número de personas capacitadas para el uso de herramientas informáticas. Estas herramientas ayudan a comprender mejor sobre las carencias y la efectividad de los sistemas hidráulicos existentes, con el propósito de proponer soluciones viables.

Al tener un esquema completo de los sistemas hidráulicos además de los planos de construcción es posible optimizar, en un futuro, el diseño de nuevos sistemas de drenajes y abastecimientos de agua de acuerdo con la demanda que se incrementa día a día con el creciente número de usuarios.

Esta guía de modelado se realizó luego de los proyectos sobre los sistemas de abastecimiento y drenaje de agua en el casco urbano de la Antigua Guatemala. La guía pretende facilitar los trabajos relacionados con el modelado en los distintos poblados de Guatemala con problemas similares.

2.1. Objetivo general

Modelar el sistema de tuberías de drenaje sanitario y abastecimiento de agua potable en La Antigua Guatemala mediante los software Open Bim Sewerage y Open Bim Water Supply.

2.2. Objetivos específicos

- Elaborar una guía sobre la implementación del software Open Bim Sewerage.
- Elaborar una guía sobre la implementación del software Open Bim Water Supply.
- Identificar las tuberías existentes del sistema de drenaje y abastecimiento del casco urbano de La Antigua Guatemala.
- Caracterizar las tuberías con los distintos parámetros de diseño.
- Modelar los sistemas hidráulicos de drenaje y abastecimiento de agua existentes del casco urbano de La Antigua Guatemala.

3.1. Ciudades Inteligentes

El concepto <Smart City> traducido al español como <Ciudad Inteligente> comenzó a desarrollarse en los años noventa como un modelo urbano basado en la tecnología, que permitiría afrontar los grandes retos que comenzaban a preocupar a las ciudades de nuestro planeta: mejorar la eficiencia energética, disminuir las emisiones contaminantes y reducir los efectos del cambio climático [1]. Asimismo, la Comisión Europea en su comunicación sobre <Smart Cities and Communities> hizo su modelo de la Ciudad Inteligente basado en la conjunción de innovaciones tecnológicas en las áreas de energía, transporte y tecnologías de información y comunicación (TICS). La definición proporcionada por la Comisión en este documento dice “Una ciudad inteligente debe ser aquella donde el progreso se cataliza mediante la conjunción íntima entre innovaciones en las áreas de energía, transporte y tecnologías de información y comunicación”.

Sin embargo, pronto surgieron críticas razonadas ante este planteamiento excesivamente simplista y sesgado hacia la dimensión tecnológica. Por un lado, la lista de retos urbanos resultó ser más larga de lo que se creyó en un principio. A los temas ambientales y energéticos iniciales hubo que añadir otros retos como el envejecimiento de la población, la calidad de vida, la competitividad económica o la transparencia en la toma de decisiones. Por otro lado, la mera incorporación de tecnologías en el tejido urbano no ofrecía garantías suficientes para dotar de inteligencia a una ciudad; de hecho, algunas innovaciones amenazaban la privacidad y los valores éticos de la comunidad. Así, en los últimos años ha perdido peso el concepto de las Ciudades Inteligentes como objetos hiper-tecnológicos y, en su lugar, ha ganado relevancia la concepción holística de la Ciudad Inteligente como un sistema funcional complejo y multidimensional, en el cual los ciudadanos comparten decisiones con los agentes políticos y económicos [1].

3.2. Beneficios y riesgos de las Ciudades Inteligentes

Según la recopilación en el artículo de Fernández, 2015 se mencionan algunos beneficios y riesgos de las Ciudades Inteligentes.

Beneficios:

- Mejoran la eficacia y eficiencia de las Administraciones públicas. Aumentan la capacidad de gestión de los servicios públicos al mismo tiempo que disminuyen el consumo de recursos. Interconectan y dotan de inteligencia a los sistemas básicos de las ciudades.
- Permiten analizar el funcionamiento de la ciudad gracias a una enorme cantidad de información generada en tiempo real por sensores o por los mismos ciudadanos.
- Reducen los gastos en el mantenimiento de edificios e infraestructuras. Disminuyen la congestión en los sistemas de transporte.
- Mejoran la seguridad ciudadana al reducirse los delitos y el tiempo de respuesta a emergencias.
- Mejoran la calidad de vida de los ciudadanos al prestar nuevos servicios más alineados con las necesidades y preferencias. personalizadas de la demanda.
- Constituyen una vía para la innovación al satisfacer nuevas demandas urbanas que dan lugar a múltiples oportunidades y modelos de negocio.
- Aumentan la información y la transparencia en la gestión de la ciudad, facilitando la correcta identificación de las necesidades ciudadanas y favoreciendo la implicación de la ciudadanía en la resolución de estas necesidades.

Riesgos:

- Muchas iniciativas <Smart> conlleva costes elevados con retornos a largo plazo, que no siempre se asumen por las Administraciones Locales, sobre todo en las ciudades intermedias y más pequeñas.
- Algunas inversiones <Smart> resultan desmesuradas respecto a la baja rentabilidad social que proporcionan una vez puestas en marcha. En muchas ocasiones, estas iniciativas han levantado muchas expectativas que posteriormente no han sido satisfechas.
- La mayoría de alternativas <Smart> actuales tienen un carácter sectorial dirigido a resolver cuestiones muy concretas. Muy pocas son capaces de lograr una orientación más integral para resolver problemas complejos en nuestras ciudades.
- La vigilancia no consentida por el ciudadano y la intromisión en su privacidad constituyen amenazas a considerar seriamente. El abuso en la explotación de datos privados tienen consecuencias muy negativas en la aceptación en la aceptación de este tipo de alternativas.
- Apenas se ha evaluado el impacto que el uso intensivo de las tecnologías de información y comunicación tienen en el diseño y desarrollo de las ciudades.

- Se desarrollan con facilidad iniciativas <Smart> y, por tanto, a aumentar los consumos energéticos y las emisiones contaminantes.
- La ausencia de estándares abiertos y la falta de métricas capaces de medir el impacto de las iniciativas <Smart> tiende comprometer el futuro de las inversiones.
- La insuficiente dotación presupuestaria para robustecer las infraestructuras de conectividad debilita el <ecosistema inteligente>.

El autor declara que este diagnóstico sobre las Ciudades Inteligentes tienen una validez limitada debido a los avances tecnológicos que van resolviendo los problemas actuales y a la fluidez en la actitud de los grupos sociales frente a estas iniciativas.

3.3. Ciudades inteligentes alrededor del mundo

3.3.1. Tokio

Es considerada Smartcity por antonomasia con proyectos de mejora de la gestión de energía, urbanización inteligente, movilidad, etc. Se destacan por la tecnología NFC (Near Field Communication) en medios de transporte público como el metro, o en centros comerciales, con el objetivo de realizar compras o pagos de servicios con el teléfono móvil [2].

3.3.2. Ámsterdam

En esta ciudad destaca el proyecto de “Luz inteligente”, la cual consiste en alumbrado público que permite modificar la iluminación conforme a la situación o necesidad del lugar en el que se encuentren. Es posible que la entidad encargada adapte la intensidad de luz según el clima o cambiar su color. Además, las farolas consumen menos energía que las convencionales [2].

3.3.3. Singapur

Esta ciudad tiene desplegada una inmensa red de sensores conectados a internet que recopilan datos en tiempo real del funcionamiento de la ciudad. Su objetivo es utilizar la información para llevar a cabo iniciativas que mejoren la vida de los ciudadanos. En la práctica, estos sensores permiten, por ejemplo, detectar el riesgo de obstrucción de desagües, evitar tráfico, ofrecer alternativas de transporte público, detectar la calidad del aire, encontrar parqueos, etc [2].

3.3.4. Barcelona

La ciudad cuenta con conexión gratuita a internet gracias al servicio Barcelona Wifi que ofrece su ayuntamiento. Con sus 461 puntos de acceso es una de las redes inalámbricas de

conexión a la Red más grandes de Europa [2].

3.3.5. Santiago de Chile

La capital chilena ha puesto en marcha el primer prototipo de ciudad inteligente en el Parque de Negocios Ciudad Empresarial. Entre las virtudes de Smartcity Santiago está “la gestión inteligente de la red eléctrica, aumentando la eficiencia energética del sistema y el cuidado del medio ambiente”. según la página web del proyecto. Aunque esta iniciativa va más allá de integrar el centro de negocios múltiples innovaciones tecnológicas como pantallas informativas, vehículos electrónicos, wifi público, controles de iluminación o edificios domóticos [2].

3.3.6. Otras ciudades alrededor del mundo

Según Tan Yok Yam, jefe de la Oficina del Programa de Nación Inteligente en la oficina del Primer Ministro de Singapur, señaló que hay tres aspectos para convertirse en una ciudad inteligente [3].

- La ciudad como un “usuario inteligente” de la tecnología digital para mejorar los servicios municipales y públicos, como el transporte y la salud.
- La ciudad como habilitadora de la innovación por parte de las empresas y los ciudadanos al proporcionar una conectividad generalizada, datos abiertos y plataformas para la experimentación.
- La ciudad como fuente de ideas y soluciones que tiene relevancia para resolver los problemas urbanos comunes en el mundo.

Con la medición inteligente, los operadores de construcción y los usuarios es posible que reciban la información que requieren para la mejora del rendimiento energético de un inmueble. En Singapur, los contadores inteligentes se extenderán a los hogares este año. En Hong Kong, los medidores inteligentes se usan principalmente en edificios comerciales, aunque se podría extender su uso impulsado por el internet de las cosas en diferentes edificios [3].

Muchas ciudades han adoptado las energías renovables y una red inteligente para mejorar la confiabilidad, flexibilidad y eficiencia de sus sistemas de suministro de energía. En 2010, la ciudad de Yokohama formuló el Proyecto Ciudad Inteligente (YSCP) que introdujo un Sistema de Gestión de Energía Comunitaria (CEMS) al vincular cada *Small Generator Aggregator* (SGA) por sus siglas en inglés, como hogares, edificios y almacenamiento energético estacionario en tres áreas. Junto con iniciativas de energía renovable y vehículos eléctricos, los consumidores también recibirán incentivos para limitar el uso de electricidad. YSCP contribuye con el objetivo de una ciudad: reducir las emisiones de carbono en un 16 % para 2020, un 24 % para 2020 y un 80 % para 2050 [3].

Respecto al tratamiento inteligente de agua y suministro, el gobierno de Hong Kong está estableciendo la Red Inteligente de Agua"que utiliza equipos de detección de tecnología

avanzada para recopilar datos de identificación y control de fugas activas, gestión de presión, reparaciones eficientes y manejo de activos, reemplazando tuberías de agua envejecidas según sea necesario [3].

3.4. Acerca de los sistemas hidráulicos del siglo XVIII en Guatemala

A finales del siglo XVIII la que antes era la ciudad de Guatemala se trasladó a su actual ubicación debido a los terremotos que devastaron Santiago de los Caballeros, que hoy se conoce como Antigua Guatemala, en 1773. La escasez de agua, por la destrucción de los acueducto y tuberías, escasez de alimentos y el daño en los caminos fueron algunos de los factores que llevaron a esta situación de traslado [4].

Entre finales de 1773 y 1796, fue Bernardo Ramírez quien se ocupó del diseño, traza y construcción de dos grandes acueductos que trabajaban por gravedad: el de Pinula y el de Mixco, ambos al sureste y suroeste de la capital respectivamente. Estos suponían un abastecimiento suficiente a las demandas de aquellas épocas. Aunque el Maestro Mayor previendo el futuro crecimiento de la ciudad, diseñó un tercero, el de Comalpa, del cual únicamente existen algunos documentos [4].

Con respecto al funcionamiento hidráulico en los complejos constructivos, para el siglo XVII la ciudad contaba con once barrios y de estos el barrio de Santo Domingo parecía el más poblado, de gente acomodada y lucido a causa del frecuente trato de las mercancías.

Las evidencias hidráulicas de la colonia son producto de las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo en el Beaterio de Indias y el predio al Poniente de esta institución que en conjunto conforman la manzana ubicada justo al Norte del referido convento.

3.5. El Beaterio de Indias como ejemplo del sistema hidráulico colonial en Guatemala

El Beaterio de Indias se remonta con no mucha precisión hacia mediados del siglo XVI, con algunos datos dispersos se sabe de un inicio en la iglesia de Santo Domingo. En cuanto a la hidráulica, el complejo se suministraba desde la calle mediante cañerías de barro y éstas a su vez eran alimentadas desde una columnaria o cambija que se dispone en el extremo Sureste de la calle [5].

3.6. Sistema de Información Geográfico (SIG)

El término Sistema de Información Geográfica (SIG por sus siglas en español o GIS: por sus siglas en inglés) integra diversas áreas, por lo que no existe una definición consensuada sobre el mismo; si bien una de las más aceptadas es la proporcionada por el *National Centre o Geographic Information and Analysis* (NCGIA): Un SIG es un conjunto de hardware,

software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. El SIG funciona como una base de datos con información geográfica, que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De manera que señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se sabe su localización en la cartografía [6].

3.7. Motivos para utilizar GIS

La razón fundamental para utilizar SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, además facilitando el trabajo del profesional al relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

A continuación, se mencionan elementos importantes del sistema de información geográfico SIG [6]:

3.7.1. Hardware

Los ordenadores personales que se ofrecen en cualquier lugar de electrónicos cumplen los requerimientos para la instalación y manejo de un SIG. Los dispositivos y periféricos opcionales tienen su utilidad principalmente en la entrada y salida de los datos. (módem, escáner, GPS, impresora en color, etc.)

3.7.2. Software

Cada programa o paquete de SIG es un conjunto de algoritmos para acceder, analizar y sintetizar datos espaciales y sus atributos asociados. Unas funciones son clásicas y las encontramos en prácticamente todos los paquetes de SIG y otras funciones son más particulares. Hay otros programas que se enfocan más en el manejo de la cartografía vectorial y otros que se enfocan más en el manejo de la cartografía ráster. La elección del programa SIG va dependiendo de las aplicaciones y análisis que se quieran hacer. Actualmente no hay ningún líder entre los programas. Los usuarios experimentados utilizan comúnmente varios programas distintos, según sean las características de datos y aplicaciones.

3.7.3. Datos

Una gran parte de la cartografía digital actual proviene de cartografía tradicional que se ha digitalizado en tableta o escaneado y después vectorizado. Una fuente importante de información son las coordenadas tomadas por los GPS y las fotografías aéreas e imágenes de satélite.

Lo que hace a un SIG interesante es la posibilidad de generar una nueva cartografía a partir de mapas iniciales.

3.7.4. Personal

El usuario enlaza con todos estos componentes y pone el SIG en funcionamiento. El éxito de la implementación y del diseño del SIG depende, en gran parte, de sus conocimientos, tanto del SIG como del tema a analizar, del conjunto de métodos, ideas y modelos que se aplican en el proyecto, su capacidad de reconocer y resolver los problemas que puedan surgir durante el proceso y de su capacidad de convertir información al formato digital para implementarla en el SIG.

3.8. Ventajas del Sistema de Información Geográfica

Las ventajas que ofrecen los SIG para la gestión del territorio se basan en su capacidad de integrar gran cantidad de información de diversas fuentes, permitiendo su consulta y análisis de forma rápida y directa.

Gracias a las capacidades de los SIG ha surgido herramientas para muchos sectores de actividad tanto públicos como privados como [7]:

- Planificación hidrológica: Gestión del agua en comunidades de regantes, gestión de redes de distribución de agua tanto urbana como agrícola, estudios hidrológicos de cuencas, modelización hidrológica, análisis de riesgos, etc.
- Agricultura: Gestión del territorio por medio de coberturas digitales del parcelario rústico, aplicación de fitosanitarios y fertilizantes mediante el uso de los SIG y GPS en explotaciones agrarias, etc.
- Geografía empresarial: Investigación de mercados y determinación de la localización óptima de nuevas empresas mediante el análisis de la distribución y características de la población.
- Protección del medio ambiente: Creación de mapas temáticos del medio natural y seguimiento de su estado de conservación, modelización de variables ambientales.
- Ordenamiento territorial: Elaboración de mapas de uso del suelo mediante la combinación del uso del SIG e imágenes satelitales para la planificación del territorio.
- Catastro: Elaboración de catastros más precisos por medio de imágenes satelitales de alta resolución y utilidades de los SIG.
- Logística: Gestión de flotas de distribución de paquetería y seguimiento en tiempo real de la situación de mercancías.
- Estudios sociodemográficos: Determinación de la estructura de la población de un barrio para prever la evolución de las necesidades de ciertos equipamientos como lo

son los hospitales, colegios, centros deportivos, etc. Determinación de zonas en riesgo de ser afectadas por ciertas enfermedades, estudios orientados a fines políticos.

3.9. Red de agua potable.

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de tuberías que trabajan a presión, con el objetivo de abastecer diferentes domicilios o comercios. Permite que el agua potable llegue desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, ya sea en cantidad como en calidad.

Una red de agua potable está formada por distintos elementos, los cuales son:

- Fuentes de abastecimiento (superficiales o subterráneas).
- Conducciones.
- Potabilización.
- Regularización.
- Red de distribución.
- Tomas y medidores domiciliarios.

Cuando se necesita una fuente para abastecer una comunidad y no pueda conectarse de una red intermunicipal, deberá ser de una fuente propia. Estas son superficiales o subterráneas.

Se le denomina obras de captación a las obras civiles y electromecánicas que permiten disponer del agua superficial o subterránea de alguna fuente de abastecimiento. A continuación, se clasifican las principales obras de captación que son posibles aplicar a los proyectos según sea su tipo.

3.9.1. Aguas superficiales

El término aguas superficiales se refiere a el agua que se encuentra en los ríos, arroyos, lagos y lagunas. La mayor ventaja de este tipo de aguas es que son de fácil uso, son visibles y si en caso están contaminadas es posible potabilizarlas con relativa facilidad y de bajo costo.

La principal desventaja de estas aguas es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, además de presentar alta turbiedad y contaminarse con químicos en el suelo como resultado de la agricultura [8].

- Captaciones directas
- Presas de derivación
- Presas de almacenar

3.9.2. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son las que se encuentran confinadas en el subsuelo, dando como resultado una costosa extracción por medio de profundos pozos someros, galerías filtrantes y en manantiales. Por otro lado, al encontrarse confinadas presentan pocos niveles de contaminación, sin embargo, cuando un acuífero está contaminado, no existe método conocido para descontaminarlo [8].

- Manantiales
- Galerías filtrantes
- Pozos someros
- Pozos profundos

3.9.3. Líneas de conducción

La línea de conducción es la parte del sistema que transporta el agua desde el sitio de captación ya sea por medio de bombeo o gravedad, hasta un tanque de regulación, planta potabilizadora o crucero de la red.

Entre los accesorios que se deberían tomar en cuenta para la instalación de la red tanto de gravedad como de bombeo están las válvulas de seccionamiento, purgadoras de aire, combinadas, de flotador, altitud, chequeo, de alivio de presión, desfuegos, juntas de dilatación etc. cuya ubicación y cantidad varían según sea el proyecto [9].

3.9.4. Criterios de diseño para red de agua potable

Para el diseño de redes de abastecimiento de agua se deben considerar varios criterios importantes [10]:

- La red de distribución debe diseñarse para el caudal: máximo horario.
- Identificación de las zonas a servir y de expansión de la población.
- Levantamiento topográfico con detalles sobre la ubicación de viviendas y comercios.
- Para el análisis hidráulico se utiliza el método de Hardy-Cross.
- Los coeficientes de fricción indicados para utilizar en el caso del uso de la fórmula de Hazen – Williams son 100 para fierro galvanizado y 140 para tubería PVC.
- En todos los casos esta tubería va situada por encima de la red de drenajes sanitarios, a una distancia de 1.00 m horizontalmente y 0.3 m verticalmente.
- El número de válvulas será el mínimo que permita una correcta sectorización y que se garantice un óptimo funcionamiento de la red. Estas bombas deben permitir llevar a cabo las maniobras de reparación del sistema de distribución sin afectar el uso normal de otros sectores.

3.9.5. Procedimientos de cálculo

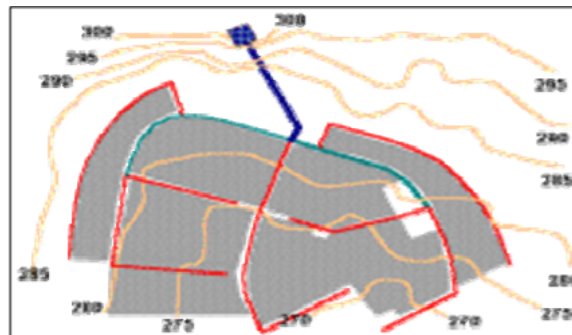
El diseño depende del tipo de red que se utilizará, estas por lo regular son abierta, cerrada y combinada. Los cálculos se deben realizar tomando en cuenta los diámetros internos reales de las tuberías.

Redes abiertas

- Se admite que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal tiende ser determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.
- Si por características de población se produce un gasto significativo en la longitud de la tubería, se debe considerar un nudo más.

El diseño hidráulico para redes abiertas se hace mediante las fórmulas de Darcy-Weisbach, Hazen – Williams y Flamant.

Figura 1: Red abierta de agua potable.



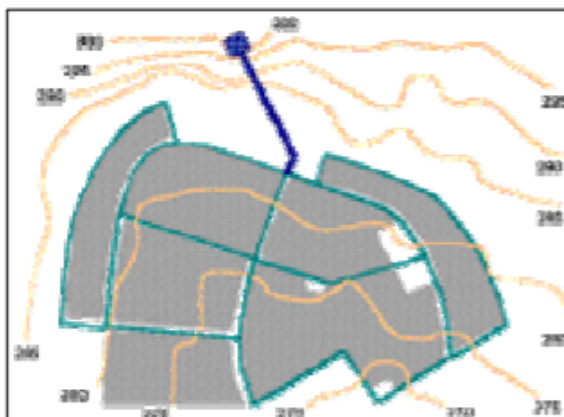
Fuente: [10]

Redes cerradas

- El flujo total que llega a cada nudo es el mismo al que sale.
- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier tramo siempre es la misma.

Con estas dos condiciones junto con las de relaciones de flujo y pérdida de carga, se obtienen sistemas de ecuaciones, los cuales se resuelven por cualquier método matemático de balanceo.

Figura 2: Red cerrada de agua potable.



Fuente: [10]

3.10. Red de drenaje sanitario

Es la red compuesta generalmente de tuberías, a través de la cual se evacúan los residuos sanitarios de las viviendas o comercios hacia una planta de tratamiento, seguido de un sitio de vertido en donde no cause daños o inconvenientes a la población,

En cualquier desarrollo urbano es indispensable el abastecimiento de agua potable, aunque una vez satisfecha esta necesidad, es necesario solucionar el problema del desalojo de esas aguas residuales producidas por los habitantes de una zona urbana, por lo tanto, se requiere la distribución de un sistema de alcantarillado: sanitario [11].

Entre los componentes de las redes de drenaje sanitario se encuentran:

3.10.1. Red de atarjeas:

Esta red tiene como objetivo recolectar y transportar las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hacia los colectores, interceptores o emisores. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la misma, incrementándose el caudal, lo que implica ampliaciones sucesivas de la sección a medida que aumentan los caudales.

El inicio de la red es la descarga domiciliaria o albañal, esta conexión entre el albañal y la atarjea debe ser completamente hermética. Seguido de ello, están las atarjeas, generalmente al centro de las calles, las cuales van recogiendo distintos caudales de otros albañales. Generalmente el diseño sigue la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad.

La estructura habitual entre dos tramos de la red es el pozo: de visita, el cual permite el acceso del exterior para su inspección y limpieza. Nuevamente las uniones de la atarjea y los pozos de visita deben ser herméticas, utilizando mangas de empotramiento. Estos pozos deben colocarse en cruces, cambios de dirección, pendiente, diámetro para seccionar los tramos que exceden longitudes de 80 metros; distancia estándar para facilitar el mantenimiento

y limpieza de la red [11].

3.10.2. Subcolectores, colectores e interceptores

Los subcolectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector. Regularmente tienen un diámetro menor a 61cm por lo que no requieren madrinan.

El colector es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Por lo regular termina en un interceptor, en un emisor o una planta de tratamiento. No está permitido conectar los albañales directamente a un colector; en estos casos el diseño debería prever atarjeas paralelas a colectores.

Los interceptores terminan en un emisor o planta de tratamiento luego de interceptar las aguas negras de dos o más colectores [11].

3.10.3. Emisores

El emisor es el conducto que recibe las aguas de los colectores o interceptores, no recibe aportación adicional, ya sean atarjeas o descargas domiciliarias en su trayecto y tienen la función de conducir las aguas negras a la planta de tratamiento.

Por motivos económicos, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, salvo aquellas condiciones especiales en las que requiera bombeo [11].

3.11. Consideraciones básicas de diseño y cálculo de drenajes sanitarios

Para el diseño y cálculo de los sistemas de alcantarillado, se deben considerar estos importantes aspectos.

3.11.1. Topografía

La red de atarjeas debe tener un diseño que se adapte a la topografía del área. Su circulación debe ser por gravedad y las tuberías seguirán la pendiente del terreno.

Información básica

A continuación se presenta el listado mínimo de información que debe poseer el diseño de drenajes sanitarios previo a su análisis.

- Planos topográficos
- Planos de pavimentos y banquetas
- Plano actualizado de la red
- Plano de uso actual del suelo

3.11.2. Cálculo de gastos para el diseño de la red

Los gastos de diseño de aguas residuales que se consideran en los proyectos de red de drenaje sanitario son: gasto medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario.

Debido a que el drenaje se construye herméticamente, no se adicionan caudales de aguas residuales por infiltraciones.

3.11.3. Variables hidráulicas

Velocidades

- Velocidad mínima Se considera aquella velocidad con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.6 m/s, considerando el gasto mínimo calculado.
- Velocidad máxima La velocidad máxima es el límite superior de diseño con el cual se intenta evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras.

Las velocidades máximas y mínimas se muestran en Cuadro 1.

Cuadro 1: Velocidades máxima y mínima permisible en tuberías de drenaje.

| Material de la tubería | Velocidad (m/s) | |
|---------------------------------|-----------------|--------|
| | Máxima | Mínima |
| Concreto reforzado 60cm o mayor | 3.50 | 0.60 |
| Concreto presforzado | 3.50 | 3.50 |
| Acero con revestimiento | 5.00 | 0.60 |
| Acero sin revestimiento | 5.00 | 0.60 |
| Acero galvanizado | 5.00 | 0.60 |
| Hierro fundido | 5.00 | 0.60 |
| Hierro dúctil | 5.00 | 0.60 |
| Polietileno de alta densidad | 5.00 | 0.60 |
| PVC (policloruro de vinilo) | 5.00 | 0.60 |

Fuente: [9]

Pendientes

Es necesario establecer límites mínimos y máximos para los valores de las pendientes para evitar el azolve y erosión de las tuberías. Estas pendientes deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con tal de hacer menos excavaciones, pero respetando los parámetros de velocidad y tirantes mínimos [9].

Diámetros

- Diámetro mínimo. Por medio de estudios y experiencia se han determinado valores mínimos para el diámetro de las tuberías, el cual es de 25cm. con el objetivo de evitar obstrucciones [9].
- Diámetro seleccionado. El diámetro seleccionado se determina según las siguientes expresiones [9].

3.11.4. Fórmula de continuidad

Para escurrimiento continuo permanente.

$$Q = V * A \quad (1)$$

En donde:

- Q = Gasto de metros cúbicos por segundo.
- V = Velocidad en metros por segundo.
- A = Área transversal del flujo en metros cuadrados.

3.11.5. Fórmula de Manning

Para escurrimiento continuo permanente.

$$V = 1/2 * r^{2/3} * S^{1/2} \quad (2)$$

En donde:

- V = Velocidad en metros por segundo.
- r = Radio hidráulico en m.
- S = Superficie del gradiente hidráulico.
- n = Coeficiente de fricción.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente expresión.

$$r = \frac{A}{Pm} \quad (3)$$

En donde:

- A = Área transversal del flujo en metros cuadrados.
- Pm = Superficie del gradiente hidráulico.

3.12. Programas de Cype Ingenieros

CYPE es una empresa que desarrolla y comercializa software técnico para los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción.

El desarrollo de los programas se comienza con el análisis de las necesidades del profesional y de la realidad del sector; y continúa con el proceso productivo, que integra la experiencia del contacto con el usuario y la tecnología informática más reciente.

La fiabilidad de los cálculos se garantiza mediante listados de comprobación así como la seguridad de que los cálculos están actualizados a las normativas nacionales e internacionales.

El software de Cype cuenta con tres áreas en la elaboración de un proyecto.

1. Diseño y análisis estructural: CYPECAD, CYPE3D, Muros pantalla, Marcos.
2. Diseño y cálculo de instalaciones: Infraestructuras urbanas, CYPECAD MEP, CYPETHERM, CYPELEC.
3. Gestión de obras y documentación de apoyo: Generador de precios, Memorias CTE, Libro del edificio, Estudio de rehabilitación energética de edificios, Pliegos de condiciones, Arquímedes y control de obra.

Existen distintos modos de acceso para los usuarios del software de CYPE, en los cuales se mencionan el de versión profesional, versión de evaluación, versión After Hours, versión Campus y Licencia temporal y contrato de mejoras [12].

3.13. Programa de modelado CYPECAD MEP

“El programa CYPECAD MEP se basa en una entrada de datos por plantas en la cual el usuario define, por un lado, la configuración en alzado del edificio (grupos de plantas y altura de cada una de ellas) y por otro, el trazado en planta de la instalación, así como la distribución de los diferentes elementos que la componen.”

Para facilitar la introducción del trazado de la instalación, el programa permite las plantillas de los archivos, DXF, DWG, JPEG, JPG, BMP, WMF, EMF o PCX. Que es diferente para cada planta. Además, esta incorpora múltiples opciones de edición (copiar, mover, simetría, referencias a objetos, rastreos, etc.). También es posible obtener vistas 3D de una planta o toda la estructura en perspectiva cónica o isométrica.

“Este método de trabajo, común a todos los módulos del programa CYPECAD MEP, permite al usuario editar directamente los planos de la instalación y, a su vez, gestionar la geometría de forma totalmente integrada, lo que posibilita generar las vistas 3D de la instalación completa” [12].

El módulo de fontanería realiza numerosas comprobaciones con el objeto de garantizar un correcto funcionamiento de la instalación hidráulica y dimensionamiento óptimo. “A partir de dichos consumos y de los criterios de simultaneidad pertinentes para cada tipo de instalación, se calcula el caudal circulante por las tuberías, y se ajusta el diámetro de estas logrando que la velocidad del fluido no supere límites que ocasionarían elevadas pérdidas de carga y molestos ruidos”.

Con respecto a la acometida de instalación, el programa detalla características mínimas del grupo de presión necesario. Efectuando los siguientes cálculos:

- Pérdidas de carga en tuberías según Darcy-Weisbach
- Factor de fricción según Colebrook-White
- Presión en nudos de consumo.
- Velocidad en las tuberías
- Clasificación de tipos de suministro según normas NIA.
- Presión necesaria en el grupo de presión de la instalación.
- Potencia eléctrica de los grupos de bombeo.
- Pérdidas de temperatura del agua en circuitos de retorno de agua caliente.
- Caudal de recirculación necesario en los circuitos de retorno de agua caliente.
- Características de la bomba de recirculación.

El usuario podrá utilizar el método de dimensionamiento propuesto por las normas NIA, o ajustar los parámetros de diseño y configurar su propio criterio de dimensionamiento en instalaciones en que no sea aplicable la mencionada normativa [12].

El programa CYPECAD MEP despliega todos los resultados de cálculo y comprobación de manera interactiva, a través de textos y mediante el color de los distintos elementos (verde cuando cumplen todas las comprobaciones y rojo cuando es lo contrario).

Proporciona, además listados tanto de datos como de resultados. Tras su vista preliminar, da la opción de imprimirse directamente o exportarse como fichero de texto (TXT), HTML, PDF o RTF. Los listados que se generan son los siguientes:

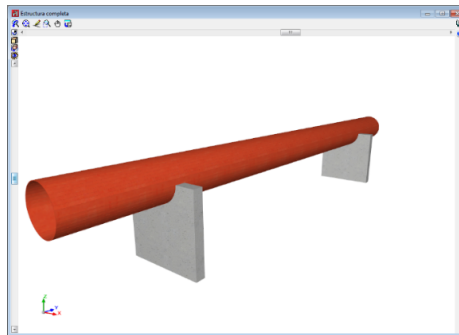
- Configuración del alzado del edificio.
- Descripción de todos los elementos de la instalación.
- Bibliotecas de elementos y materiales.
- Resultados de cálculo para todos los elementos de la instalación, así como un resumen de todas las comprobaciones efectuadas.
- Medición de todos los elementos de la instalación.

Además, es posible obtener los planos de las instalaciones para cada planta, así como vistas 3D, tablas de simbología y abreviaturas, vistas en sección, isométricas. (CYPE Ingenieros 2019).

3.14. Modelado de tuberías

El modelado de tuberías se refiere a la actividad de dibujar en un software 3D todos los elementos que componen a un sistema hidráulico como lo son las tuberías, codos, codos T, codos a 45°, válvulas, depósitos, cilindros, motores, filtros etc. Al ser modeladas en programas de tres dimensiones, se observan los sistemas a través de todos los ángulos posibles [12].

Figura 3: Ejemplo de modelado de tubería en Cype.



Fuente: [12]

Los programas cuentan con geometrías básicas para representar válvulas y accesorios de tuberías, las cuales se manejan en la construcción. Es de gran importancia que los componentes tengan dimensiones reales debido a que al trabajar con otras áreas de ingeniería como la estructural, se obtendrán datos reales en los cálculos.

En el ruteo de las tuberías se crea una tubería definiendo un punto de inicio, a partir de un puerto abierto o invirtiendo una línea de referencia en la tubería.

Por defecto, los puntos de referencia que se especifican coinciden con el eje central de la tubería, esto modifica a otros puntos de la sección, como la dirección o inclinación [13].

3.15. Open Bim Sewerage

Alcantarillado y Open Bim Sewerage, son la misma herramienta BIM:. Han sido elaboradas para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento automático de redes de saneamiento ramificadas a un solo punto de vertido, cuyo objetivo es evacuar el agua desde pozos de recogida hasta el punto de vertido. Además, permite la lectura de modelos topográficos de terreno en formato IFC4 [14].

Las redes de saneamiento funcionan por gravedad. El punto de vertido vertedero son arqueta de bombeo, emisarios o redes de saneamiento existentes. Se limita la profundidad mínima del conducto.

Para el cálculo de conducciones de saneamiento, se emplean diferentes fórmulas: Manning-Strickler, Prandtl-Colebrook, Tadini, Bazin, Sonier, Kutter o Ganguillet-Kutter.

Edición de perfiles longitudinales. Vista interactiva del perfil longitudinal con posibilidad de modificar las cotas de nudos, pendientes de tramos, etc. Límite de cálculo por calado. Aporte de aguas pluviales por fórmula racional. Hipótesis automáticas de aguas fecales y aguas pluviales. Factor de infiltración para cálculo de drenajes.

Cálculo automático de la profundidad de tramos. Utiliza el método de recuento de caudales desde los aportes (pozos) hasta el vertedero. La geometría de las conducciones suele ser muy variada.

Permite la lectura de modelos topográficos del terreno en formato IFC4, si la obra está conectada a un modelo BIM alojado en BIMserver.center que contenga el fichero IFC4 con los datos del terreno definidos en una entidad del tipo `IfcGeographicElement`".

3.16. Open Bim Water Supply

Abastecimiento de agua y Open Bim Water Supply son dos títulos conocidos para la misma herramienta. Han sido elaboradas para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento automático de redes y suministro de agua, malladas, ramificadas y mixtas. Además, permiten la lectura de modelos topográficos del terreno en formato IFC4. [14].

Es un programa ágil en introducción de redes, sin limitaciones de diseño, que se abastecen por uno o más pozos. A su vez emplea un coeficiente de simultaneidad para incrementar o reducir los consumos y un coeficiente de mayoración para pérdidas por piezas especiales.

El cálculo se realiza según los tipos de conducciones, diámetros, caudales demandados y presiones de suministro. Es capaz de introducir en su posición real elementos especiales en las tuberías (válvulas de varios tipos: de regulación, de presión, caudal, etc., y bombas de impulsión).

Permite la lectura de modelos topográficos del terreno en formato IFC4, si la obra está conectada a un modelo BIM alojado en BIMserver.center que contenga el fichero IFC4 con los datos del terreno definidos en una entidad del tipo `IfcGeographicElement`".

3.17. Otros programas para el modelado: de tuberías

El hecho de tener la capacidad de diseñar y saber utilizar programas de modelado en 3D es una gran ventaja para cualquier diseñador. Este tipo de software permite ampliar la percepción de lo que se está creando, agregando realismo al momento de presentar propuestas a los clientes.

En el mercado existen muchos software de este tipo, los mejores software destacan por su versatilidad y su fácil uso. A continuación se presentan algunas de las mejores opciones existentes.

1. Plumber de HydraSoftware: Es un software para el diseño de instalaciones interiores de suministro de agua potable en edificaciones por medio del método de Hunter [15].
2. Fine SANI: Pertenece a la serie de programa BIM de 4M para arquitectura e instalaciones. Está apoyado en la tecnología ODA que trabaja directamente con formatos dwg. Ofreciendo un entorno similar al de AutoCAD [16].
3. AutoCAD Plant 3D: Es una solución BIM de Autodesk para el diseño de plantas industriales que permiten explorar y visualizar digitalmente los proyectos antes de construirse [17].
4. Revit MEP: Sistema BIM que se fundamenta en el trabajo colaborativo de tal forma que, con el apoyo del software informático adecuado, todos los profesionales implicados en un proyecto de construcción civil puedan trabajar sobre un único proyecto. [18].

3.18. Tipos de tuberías y accesorios según material

Las tuberías se fabrican en una gran variedad de materiales, en función de las consideraciones físicas, técnicas y económicas. El material de la tubería va a depender también para el uso que se le vaya a dar, si es para conducir agua, gas, cableado eléctrico, aguas negras, entre otros.

A continuación se mencionan los más utilizados en la conducción de agua potable y residual.

3.18.1. Tuberías de acero galvanizado

Material cuyo uso ha disminuido debido a la dificultad que presenta a la hora de realizar roscas y a su tendencia a la corrosión; quedando casi exclusivamente para tuberías generales de gran diámetro [19].

3.18.2. Tuberías de cobre

Material bastante utilizado para el agua. Las uniones se efectúan por medio de soldaduras a piezas especiales a base de estaño. Poseen una mayor resistencia a la corrosión que el acero galvanizado. Se fabrican de hasta 18 mm de diámetro, siendo más flexibles y adaptándose así a las curvas y empotramientos [19].

3.18.3. Tuberías de polipropileno

Por lo general, se utilizan en instalaciones interiores. Son más caras que las de cobre, pero resultan más fácil de instalar ya que las uniones se efectúan mediante piezas de soldadura térmica. Soportan temperaturas de hasta 90 °C, sin generar condensaciones. Son ideales para empotramiento debido a que tienen poca pérdida de carga [19].

3.18.4. Tuberías de polietileno

Se emplean en grandes tuberías de aportación debido a su característica flexibilidad. Poseen menor resistencia que las de polipropileno, y no soportan tanta temperatura. Se usan generalmente en instalaciones exteriores zanjeadas. No se corroen, pero son propensas a cristalizarse debido a los rayos solares. En diámetros pequeños disponen de uniones especiales y en grandes diámetros se utiliza la unión térmica [19].

3.18.5. Tuberías de hormigón

Estas tuberías tienen la ventaja de que son fáciles de montar y son de bajo costo. Aunque tienden a estancar el agua y suelen ser frágiles al impacto y propensas a la corrosión por ácidos. Se utiliza mayormente en las redes de evacuación de aguas residuales de los edificios o casas y para la acometida de la alcantarilla pública siempre que estas no contengan desechos industriales [20].

3.18.6. Tuberías de amiantocemento

Son bastante ligeras en comparación a las tuberías de concreto, y se diferencian en que estas son resistentes a los álcalis y son de bajo costo. Uno de los mayores inconvenientes es que son poco resistentes al aplastamiento y son vulnerables a terrenos yesíferos. Se utilizan en bajadas de aguas pluviales [20].

3.18.7. Tuberías de acero

Son tuberías con buenas características mecánicas. Presentan gran facilidad a la hora de instalarlas y son soldables. El costo de estas tuberías es un poco elevado pero es viable. Son fáciles de corroer a la hora de ser expuestas a aguas ácidas y yeso húmedo. Se usan en red

de calefacción y en redes de gases. El acero galvanizado se usa en las redes de distribución de edificios, siempre que la temperatura no sea mayor a los 55 grados centígrados [20].

3.18.8. Tuberías de cobre

Estas presentan buen comportamiento frente a los materiales de obra, la gran longitud de la tubería que unida a la maleabilidad del cobre evitan empalmes y se adaptan a trazados complicados y resisten las presiones generadas por la congelación, aunque no se recomiendan en exteriores por problemas de fatiga. Una de las principales desventajas es el alto coeficiente de dilatación, que obliga a interponer dispositivos como liras o forros de cartón en los empotramientos, que permitan dichas dilataciones. Otro problema de este tipo de tuberías es la formación de micropilas al ponerlo en contacto con otros materiales como el acero causando problemas de corrosión. Su mayor uso se encuentra en las redes de abastecimiento de agua fría, agua caliente sanitaria, gas, calefacción y refrigeración [20].

3.18.9. Tuberías de cloruro de polivinilo (PVC)

Sus ventajas son la facilidad de transporte y la instalación, la resistencia a las álcalis, aceites, ácidos y materiales habituales de obra. El buen acabado interno reduce las incrustaciones. Sus inconvenientes son la escasa resistencia a la intemperie y el paso de agua a más de 60°C. Se usa mayormente para acometidas y montantes de agua fría y para la evacuación de aguas pluviales y residuales [20].

3.18.10. Tuberías de polietileno, PE o polietileno reticulado, PEX.

Tiene ventajas similares a las del PVC y resiste además a la luz solar y al calor. Sus inconvenientes son la vulnerabilidad al oxígeno prolongado de la intemperie. Se usa principalmente en acometidas y montantes de agua fría y para la evacuación de aguas pluviales y residuales. El polietileno reticulado se utiliza para el agua caliente y calefacción [20].

3.18.11. Válvulas de retención o antirretorno.

Accesorio que limita al fluido correr en una sola dirección sin permitir que esta regrese [20].

3.18.12. Válvula de aireación

Válvula que permite la entrada del aire al sistema, pero sin salida, con el motivo de limitar las fluctuaciones de presión dentro del sistema de desagüe [20].

3.18.13. Llave de paso o de corte

Este accesorio se coloca en el tubo de alimentación para cortar el paso del agua hacia el resto de la instalación. Este tipo de válvulas comúnmente son de compuerta, asiento, mariposa, flotador, grifo de macho, etc. [20]

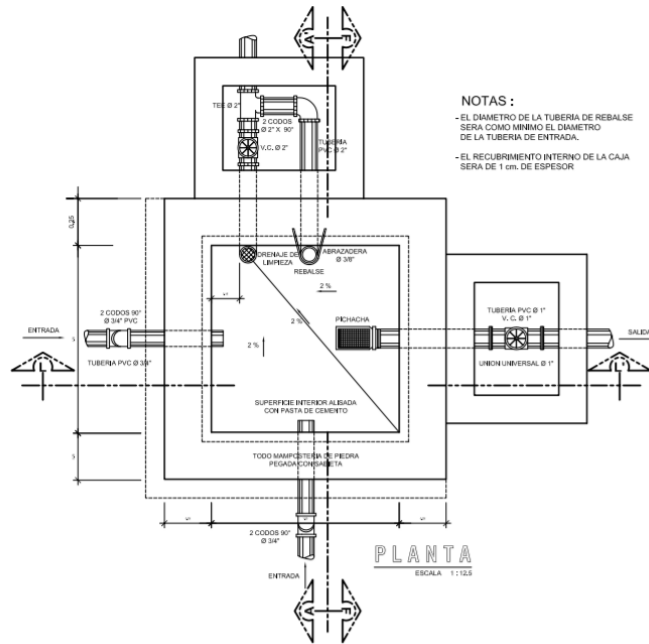
3.19. Obras de arte o estructuras secundarias

Las estructuras secundarias, constituyen el complemento para el buen funcionamiento de un proyecto hidráulico, éstas se diseñan teniendo en cuenta la función que desempeñan, ubicación y riesgo e impacto que cause su falla.

3.19.1. Caja reunidora de caudales.

Esta obra de arte consiste en una pequeña estructura de concreto que sirve para reunir el caudal que luego va a los tanques de distribución. Esta se diseña de manera que ingrese el caudal total que se transporta desde la caja de captación hasta un tanque de almacenamiento. Su principal función es la reunir caudal de distintas fuentes de captación [21].

Figura 4: Caja reunidora de caudales.



Fuente: [21]

3.19.2. Caja distribuidora de caudales

Esta obra de arte se construye con el fin de repartir el caudal de conducción, esta caja se diseña de modo que entre todo el caudal que se transporta desde la caja reunidora de caudales, ubicada en la captación, pasando luego por los vertederos rectangulares y de estos a la tubería que conducirá el agua a cada tanque distribuidor [21].

3.19.3. Caja rompe presiones

Esta caja tiene el objetivo de controlar la presión interna de la tubería, aliviando o rompiendo la presión en la línea de conducción o distribución. Evitando la falla en la tubería y los diferentes accesorios cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máximo de los mismos. La caja disipa la presión cuando el agua tiene contacto con la atmósfera y disminuye súbitamente su velocidad al tener un cambio brusco de sección transversal [21].

3.19.4. Válvula de limpieza

Las válvulas de limpieza son aquellas que se utilizan para extraer los sedimentos que quedan atrapados en los puntos bajos de las tuberías, se colocan únicamente en la línea de

conducción, debido a que en la distribución los chorros son los que realizan dicha tarea. En ocasiones estos se colocan en puntos o ramales muertos que quedan provistos para futuras conexiones, ya que en los mismos queda el agua estancada durante bastante tiempo.

Estas válvulas están compuestas por una Tee, a la cual se conecta lateralmente un niple y una válvula de compuerta, la cual se abre para que se expulsen todos los sedimentos acumulados a través del agua [21].

3.19.5. Válvula de aire

Estas válvulas tienen la función de expulsar el aire acumulado en los puntos altos de la tubería, evitando la formación de burbujas de aire que bloqueen u obstaculicen el paso del agua. De la misma manera que las válvulas de limpieza, estas sólo se colocarán en la línea de conducción, en donde son necesarias. Estas deben llevar una caja de mampostería de piedra o concreto reforzado para darles un uso adecuado [21].

3.19.6. Válvulas de compuerta

Son válvulas que funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta, lo cual evita o previene que se produzca el golpe de ariete. Se utilizan para regular el paso de agua en los distintos ramales que componen la red de distribución [21].

3.20. Población de la Antigua Guatemala

Es necesario poseer el registro del censo poblacional más reciente que especifique el número de habitantes del municipio de la Antigua Guatemala. Con el objetivo de conocer el número de personas que habitan por vivienda y con ello asignar las dotaciones para los análisis de abastecimiento de agua potable.

Según el censo poblacional que se realizó en el año 2018 se calculó un aproximado de 46,054 habitantes en el área de la Antigua Guatemala y el número de viviendas ubicadas en el área urbana del municipio es de 14,719. [22]

En comparación del censo nacional del año 2002, se sabe que la densidad poblacional en el departamento de Sacatepéquez fue de 533 habitantes por metro cuadrado, mientras que en el censo más reciente fue de 795 habitantes, lo cual evidencia un incremento en la población del departamento. Con el objetivo de ser conservador, para los cálculos de la densidad poblacional de este trabajo se utilizó el más reciente.

Guía metodológica de *Open Bim Sewerage* para alcantarillado de agua pluvial

4.1. Utilizando un software Bim para el diseño del sistema de alcantarillas en sustitución del método tradicional de diseño.

Al ser una metodología de trabajo colaborativa, existe una vinculación con la base de datos en todo momento, permitiendo así una mejor toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde su diseño hasta la construcción y mantenimiento.

Utilizar un software Bim para el modelado y diseño de sistemas de alcantarillas permite centralizar toda la información del proyecto en un único modelo de información creando todos los agentes participantes. Esto es visto como una evolución respecto a los métodos tradicionales de modelado, ya que incorpora información geométrica, de tiempos de construcción, de costos, ecología y de mantenimiento.

Este formato permite corregir el problema de hacer modificaciones costosas durante la construcción, en donde ya se tiene un modelo real de como avanza la obra. Con el Bim, todas esas modificaciones son posibles de realizar en etapa de diseño, teniendo un modelo virtual del sistema con secciones, alzados y vistas 3D que se van actualizando automáticamente al realizar cualquier modificación en la planta del modelo y todos los problemas que pueda generar su construcción.

Se sabe que La Antigua Guatemala posee un sistema de alcantarillado relativamente aceptable, considerando la antigüedad de su diseño. Sin embargo, es posible modelar mejoras y rehabilitar los sistemas de alcantarilla por medio de modelos e hipótesis de situaciones que podrían ocurrir en caso de inundaciones.

En esta sección se ejemplifica el uso de un software Bim, como lo es Open Bim Sewerage para el modelado del sistema de alcantarillas de La Antigua Guatemala.

4.2. Contenido de la guía de Open Bim Sewerage

1. Modelado de sistema de alcantarillas
 - a) Modelo a cargar.
 - b) Comenzar proyecto en Open Bim Sewerage.
 - c) Importar un dxf al proyecto.
 - d) Insertar elementos en el sistema de alcantarillas.
 - e) Configuración de los parámetros de los elementos de alcantarillas.
 - Configuración de los nudos de alcantarillado.
 - Configuración de las tuberías de alcantarillado.
 - f) Correr el análisis del modelo.
 - g) Planos longitudinales de la red.
2. Resultados de análisis del sistema de agua pluvial de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez.
 - a) Áreas tributarias de los tragantes en el casco urbano.
 - b) Perfiles longitudinales de la red pluvial ramificada.
 - c) Listado de tuberías.

4.3. Modelado de sistema de alcantarillas

Para el modelado de un sistema de alcantarillas es importante seguir una metodología para la elaboración del mismo. A continuación se describe el procedimiento a seguir para esta actividad por medio de capturas de pantalla y descripciones de los pasos que se van haciendo en el programa.

El cual está basado en la configuración de tuberías que posee actualmente el casco urbano de La Antigua Guatemala. Cabe mencionar que para propósitos del manual, se delimitó el área del casco desde la 1era calle hasta la 7ma calle (oriente a occidente) y de la 1era avenida hasta Alameda Santa Lucía (norte a sur). Debido a que ésta fue el área delimitada por las ortofotos tomadas de la tesis de Santiago González [23].

Figura 5: Delimitación del área del modelo.



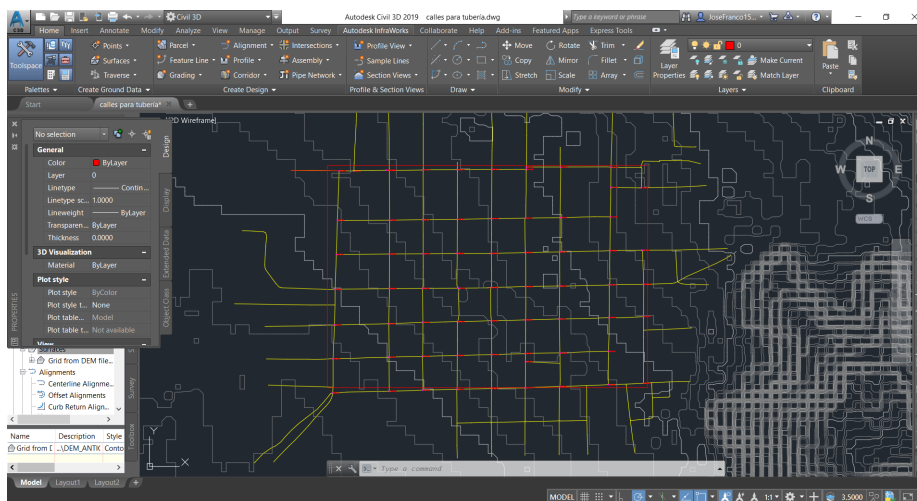
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Modelo a cargar

Es necesario contar con un modelo previo en el que se indique la distribución arquitectónica de los elementos, calles etc. Existe la opción de presentar el modelo en dxf, dwg o IFC4 para trabajarlo con la plataforma Bim Service Center.

Para este ejemplo se utilizaron los shapefiles de pozos de la Antigua Guatemala en el programa QGIS para luego exportarlos a Civil 3D con las curvas de nivel para asignarle la altura de los pozos al modelo.

Figura 6: Archivo dxf o dwg de Civil 3D



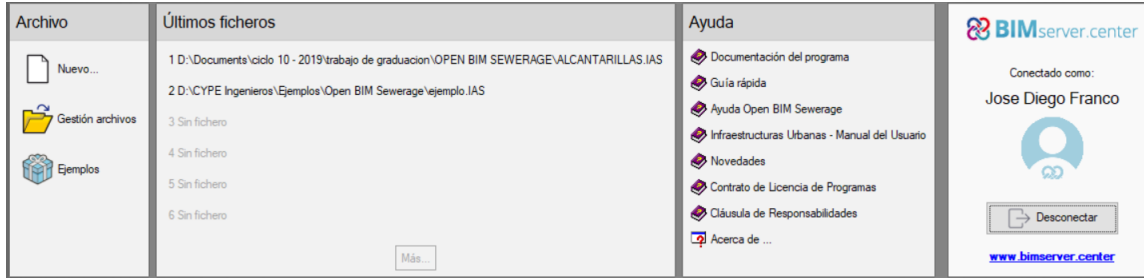
Fuente:

Elaboración propia

4.3.2. Comenzar proyecto en Open Bim Sewerage

Luego de instalado el programa, proceder a abrirlo. y seguir los siguientes pasos:

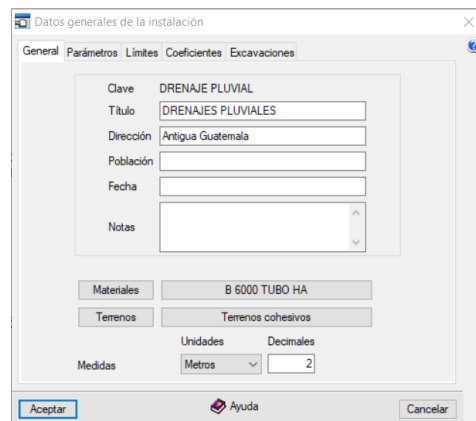
Figura 7: Página principal de Open Bim Sewerage



Fuente: Elaboración propia.

- Pulsar Archivo > Nueva Obra.
- Ponerle nombre al proyecto y definir ubicación de almacenamiento.
- En la pestaña de Datos generales de instalación definir el título, dirección, población y fecha. En donde también se determinan los materiales y el tipo de terreno que tiene el proyecto.

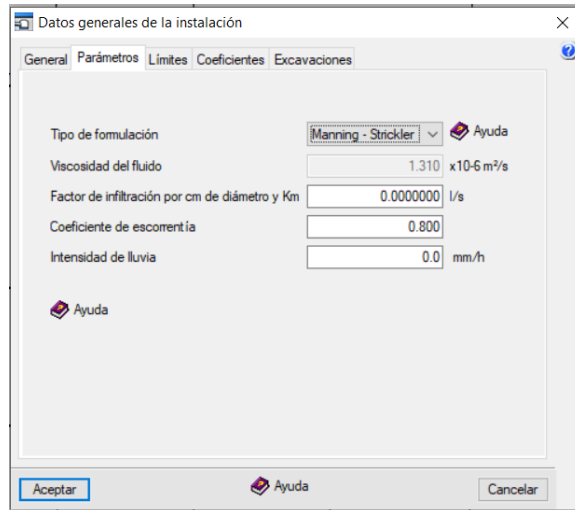
Figura 8: Datos generales de la instalación.



Fuente: Elaboración propia.

- En la siguiente pestaña se configuran los parámetros, según sean las condiciones del sitio del proyecto.

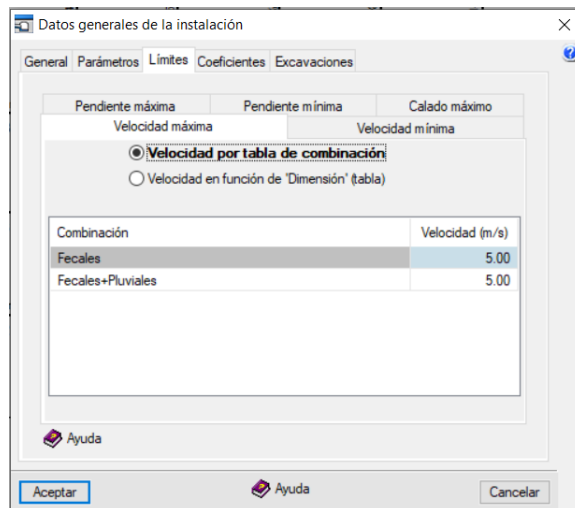
Figura 9: Configuración de parámetros del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

- En la pestaña de límites, se configuran, la pendiente máxima y mínima, calado máximo y velocidad máxima y mínima.

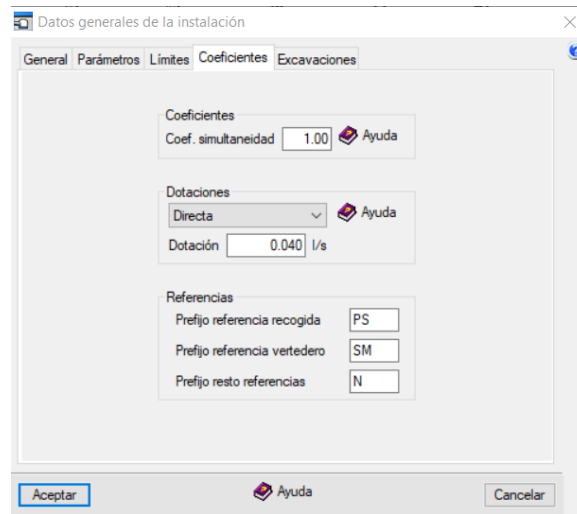
Figura 10: Configuración de límites de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

- En la pestaña de coeficientes se asigna el coeficiente de simultaneidad, dotaciones, y referencias.

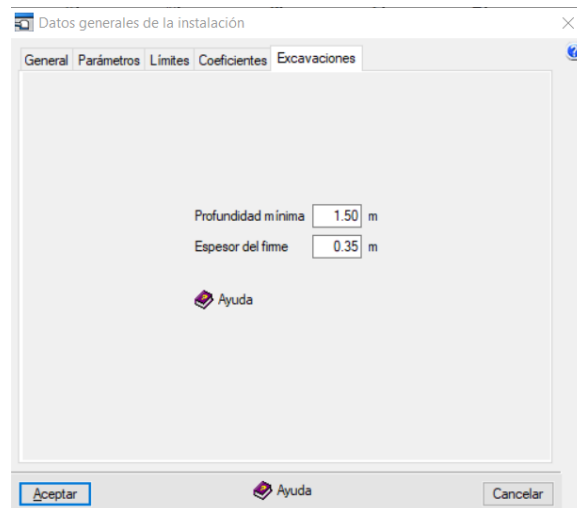
Figura 11: Asignación de coeficientes.



Fuente: Elaboración propia.

- En la última pestaña se configura la profundidad mínima de excavación y el espesor firme.

Figura 12: Configuración de excavación.



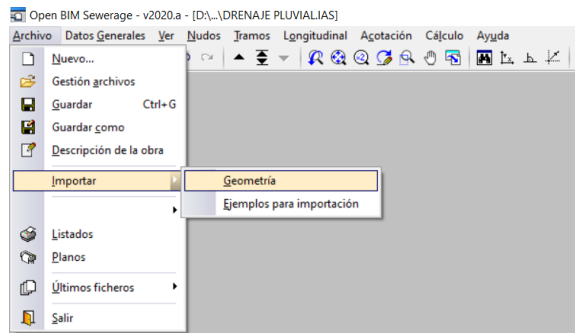
Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Importar un dxf al proyecto.

Ya sea un archivo .dxf o un archivo .dwg se importa en el programa. Aunque también es posible importar un archivo IFC creado anteriormente en la plataforma BIMserver.center con el programa IFC Uploader generando el fichero GLTf para visualizarlo dentro del proyecto.

Para importar un dxf. generado por AutoCad, Civil 3D o bien cualquier software GIS, ir a la pestaña Archivo > Importar > Geometría como se muestra en la Figura. 13

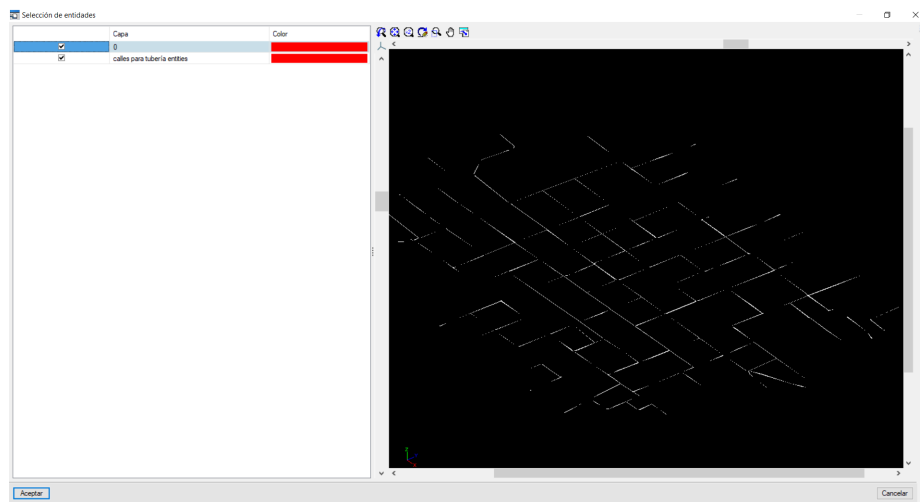
Figura 13: Importar proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se selecciona el archivo deseado, se muestra la siguiente pantalla y se activa la vista y aceptar.

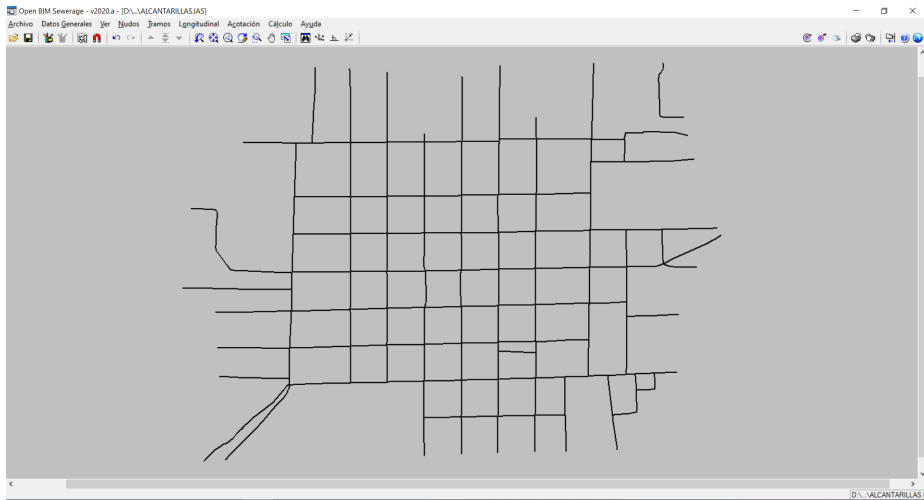
Figura 14: Importar proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez cargado el proyecto se empieza con situar los pozos y los tramos donde corresponde.

Figura 15: Proyecto importado.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Insertar elementos en el sistema de alcantarillas.

Para empezar instalar los nudos, se selecciona 'nuevo' en la pestaña de nudos, en esta misma se borran, mueven, editan datos de cálculo o asignan datos de cálculo. Dependiendo el uso que se le vaya a dar se configura el nodo como:

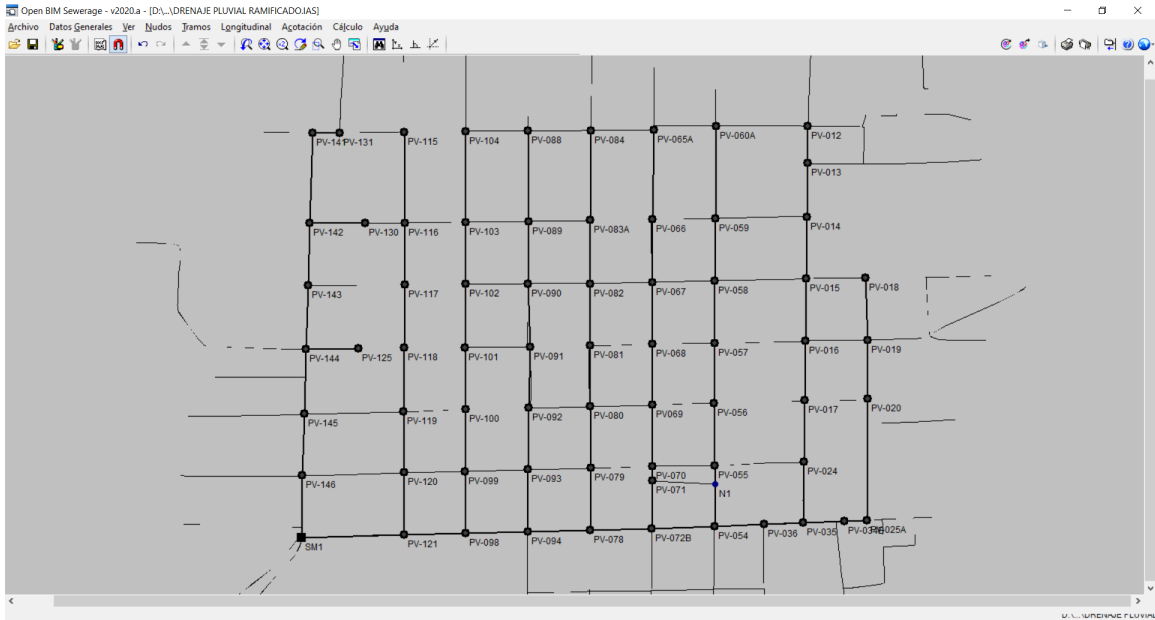
- Nudo de transición

- Pozo de saneamiento

- Vertedero

El programa también asigna nudos en cada cambio de dirección o unión de líneas del modelo, por lo que es necesario editar los nudos hasta tener los deseados como se muestra en la Figura 16. La nomenclatura de los nudos se basó en el análisis de alcantarillas del documento elaborado por David de León [24] en la segunda fase del mega-proyecto de la Antigua Guatemala.

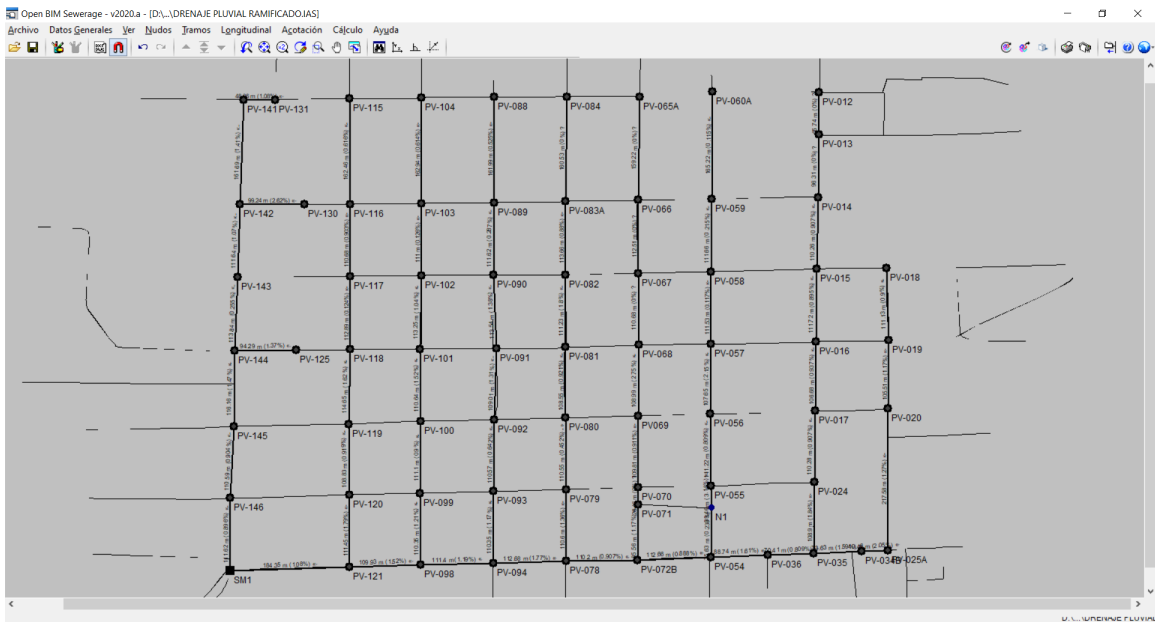
Figura 16: Nudos del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Los tramos de tubería se dibujan de la misma manera que se instalaron los nudos, estos se sitúan entre nudos, si estos ya tienen especificada la cota: de la rasante y la de terreno, automáticamente calcula la pendiente de la tubería en porcentaje como se muestra en la Figura 17. Esta configuración de tramos se planeó para que el sistema fuera ramificado, debido a que si el programa detecta que el sistema es mallasado, no lo calcula.

Figura 17: Tramos del proyecto.

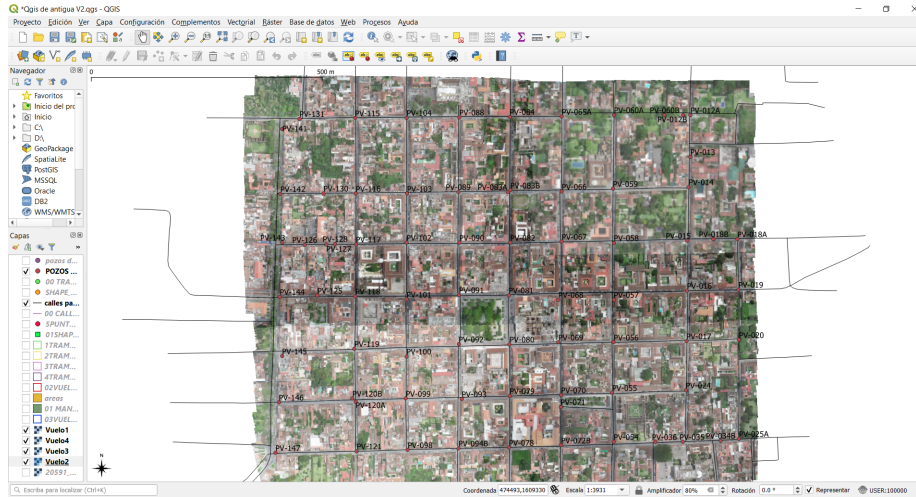


Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Configuración de los parámetros de los elementos de alcantarillas.

Para trabajar el modelo del proyecto, se tienen dos alternativas: el de importar un proyecto desde BIMserver.center para trabajar con el modelo topográfico y modelar sobre el mismo generando un archivo IFC4 y el de importar un proyecto en dxf. como en este ejemplo, con apoyo de un programa GIS para obtener los datos topográficos de la ubicación de los elementos en longitud, latitud y elevación.

Figura 18: Proyecto en Qgis 3.4.4.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se utilizaron las ortofotos generadas en el trabajo de graduación del compañero Santiago González [23] las cuales se georreferenciaron con las calles del casco urbano de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Del mismo programa se obtuvieron las curvas de nivel para saber la cota rasante y la cota del terreno de cada pozo o nudo.

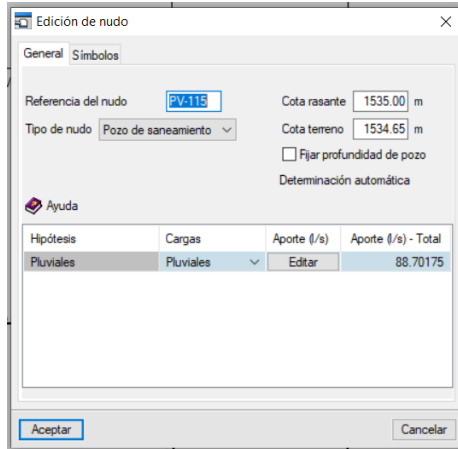
Configuración de los nudos de alcantarillado.

Para configurar los parámetros de los pozos o nudos se va a Nudos > Editar datos de cálculo:

- Referencia del nudo: Nombre que se le va a dar a cada pozo.
- Tipo de nudo: Se refiere a si es un nudo de transición, vertedero o pozo de saneamiento.
- Cota rasante: Indica el nivel superficial de la curva de nivel en ese punto.
- Cota terreno: Toma en cuenta el espesor de la firme, es decir el terreno modificado, este valor solo se ingresa una vez en las configuraciones generales de la obra (Figura 12).
- Fijar profundidad de pozo: Si esta opción se deja en blanco, se ajusta automáticamente para que no hayan pendientes negativas o cero en la tubería. En las configuraciones

generales del proyecto (Figura 12) se define un mínimo de profundidad de pozo para el proyecto en general.

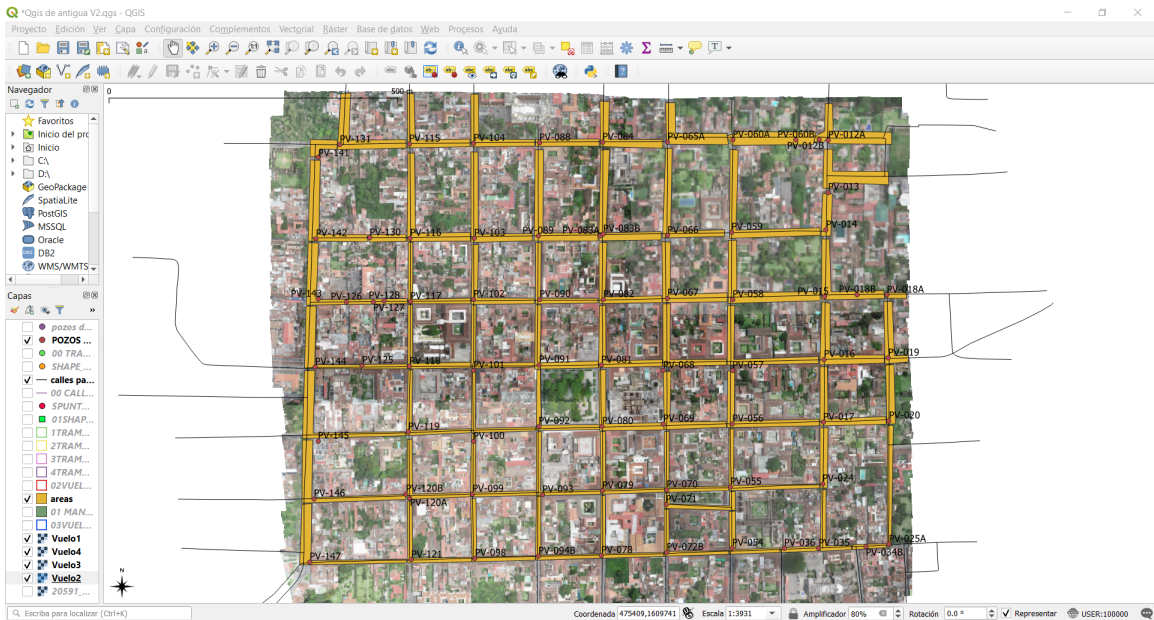
Figura 19: Edición de nudo.



Fuente: Elaboración propia.

La hipótesis que se definió para este trabajo fue la de aguas pluviales, aunque es posible editar combinaciones para trabajar aguas fecales con aguas pluviales. Para determinar el caudal de los pozos se utilizó la herramienta QGIS para definir el área que recauda cada trágante: que alimenta a las tuberías y a su vez a los pozos de saneamiento como se muestra en la Figura 20.

Figura 20: Áreas para tragantes.

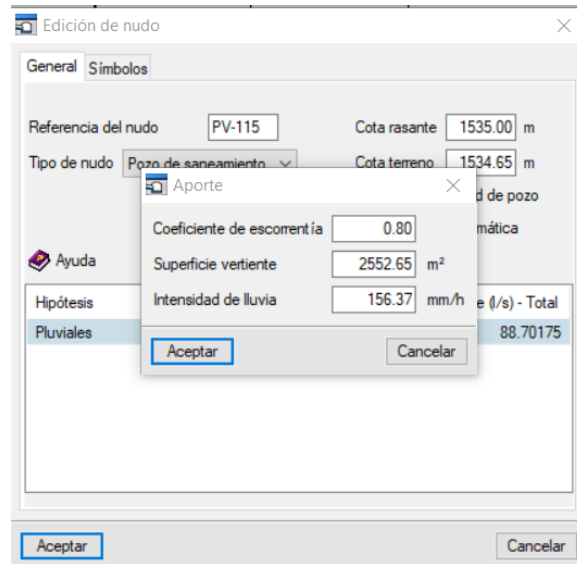


Fuente: Elaboración propia.

Una vez, calculadas las áreas en el modelo de QGIS se procedió a insertar los valores en Nudo > Edición de nudo > Hipótesis > Cargas > Cargas > Pluviales > Aporte(l/s) > Superficie vertiente en metros cuadrados. Ver Figura 21.

Para el coeficiente de escorrentía se usó 0.8 debido a que es una zona urbana pero cuenta también con área verde en algunos tramos. El manual del programa permite usar 0.95 para zonas peatonales, viario y parcelas y 0.5 para zonas verdes.

Figura 21: Aporte de aguas pluviales.



Fuente: Elaboración propia.

Se tomó el área de las calles debido a que son las principales en las que ocurre la escorrentía hacia los tragantes, se tomó en cuenta poco de las viviendas debido a que la mayoría tiene área verde y no aporta a los tragantes de las calles.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se consideraron los coeficientes Tr , A , B , n y $R2$ del informe de intensidad de lluvia publicado por INSIVUMEH el 2004 [25]. El tiempo de concentración se extrajo de la tesis de Hernán Turcios [26] la cual consta de un análisis de las inundaciones pluviales en la ciudad de Antigua Guatemala.

$$i_{tr} = \frac{A}{(B + t)^n} \quad (4)$$

En donde:

- i_{tr} = Intensidad de lluvia (mm/hr)
- t = Duración en (min).
- A, B, n = Parámetros de ajuste obtenidos mediante una regresión no lineal.
- tr = El período de retorno analizado, Por lo regular es 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años

Cuadro 2: Cálculo de intensidad del lluvia en la Antigua Guatemala

| Alameda Icta | Tr (años) | A | B | n | C | t(min) | I(mm/hr) |
|--------------|-----------|---------|----|-------|-----|--------|----------|
| | 10 | 639,800 | 70 | 1.954 | 0.8 | 32.58 | 156.37 |

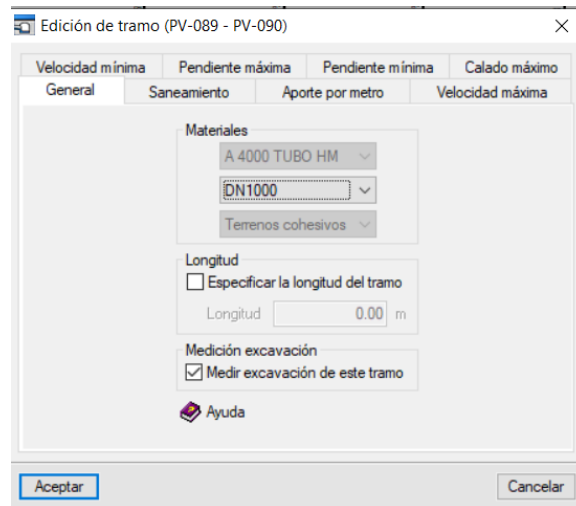
Fuente: Elaboración propia.

Configuración de las tuberías de alcantarillado.

Siguiendo la ruta Tramos > Editar datos de cálculo se configuran parámetros de los tramos según sea el modelo deseado:

- Configuración general: materiales, longitud, medición de excavación.
- Velocidad mínima: aquí se define la velocidad mínima según sea la combinación establecida.
- Velocidad máxima: aquí se define la velocidad máxima según sea la combinación establecida.
- Pendiente máxima: aquí se define la pendiente máxima permisible según material de la tubería.
- Pendiente mínima: aquí se define la pendiente mínima permisible según material de la tubería.
- Saneamiento: aquí se define la profundidad de los pozos de cada lado y se configura el factor de infiltración.
- Aporte por metro: aquí se define el aporte en litros por segundo según sea la hipótesis, pluvial, fecal o ambas.
- Calado máximo: en esta pestaña se considera el porcentaje de calado según sea la combinación que se este trabajando.

Figura 22: Edición de tubería para alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia.

Para este proyecto, se tomaron los diámetros de tubería pluvial que se diseñaron en la segunda fase del mega-proyecto de la Antigua Guatemala.

Figura 23: Formato de diámetros de tubería.

| | | TRAMO I | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|---------------|-------|--------|-------|----------|--------|--------|---------------|-----------------------|--|
| Pozo de Visita Inicial | Pozo de Visita Final | Cotas terreno | | D (m) | S (%) | q diseño | | φ (in) | Sección llena | | |
| | | Inicial | Final | | | Actual | Futuro | | V (m/s) | Q (m ³ /s) | |
| 1 | 4 | 29.65 | 18.93 | 39.95 | 26.90 | 1.21 | 2.10 | 10.00 | 9.34 | 473.02 | |
| 4 | 5 | 18.93 | 18.43 | 44.12 | 1.20 | 2.42 | 4.19 | 10.00 | 1.16 | 58.70 | |
| 2 | 3 | 54.00 | 39.53 | 72.73 | 19.90 | 1.21 | 2.10 | 10.00 | 8.03 | 406.85 | |
| 3 | 5 | 39.53 | 18.43 | 111.02 | 19.10 | 2.42 | 4.19 | 16.00 | 10.76 | 1395.86 | |
| 5 | 6 | 100.06 | 99.87 | 17.77 | 1.20 | 6.04 | 10.49 | 16.00 | 1.59 | 206.17 | |
| 6 | 7 | 99.87 | 78.44 | 107.23 | 20.00 | 7.25 | 12.58 | 20.00 | 12.78 | 2589.80 | |
| 7 | 8 | 78.44 | 75.79 | 102.00 | 2.60 | 8.46 | 14.68 | 21.00 | 2.81 | 627.60 | |
| 8 | 9 | 75.79 | 73.67 | 100.00 | 2.20 | 9.66 | 16.78 | 21.00 | 2.58 | 576.23 | |
| 9 | 10 | 73.67 | 64.35 | 58.38 | 16.00 | 10.87 | 18.88 | 24.00 | 12.91 | 3766.70 | |
| 10 | 11A | 64.35 | 55.19 | 56.38 | 16.30 | 12.08 | 20.97 | 20.00 | 11.54 | 2338.00 | |
| 11B | 12A | 55.19 | 51.45 | 74.04 | 5.10 | 13.29 | 23.07 | 24.00 | 7.29 | 2126.60 | |
| 12A | 13 | 49.87 | 49.02 | 95.44 | 0.90 | 14.50 | 25.17 | 24.00 | 1.80 | 526.43 | |
| 13 | 14 | 49.02 | 43.86 | 112.66 | 4.60 | 15.70 | 27.26 | 42.00 | 10.05 | 8982.18 | |
| 14 | 15 | 43.86 | 38.58 | 110.36 | 4.80 | 16.91 | 29.36 | 42.00 | 10.27 | 9175.37 | |
| 15 | 16 | 38.58 | 32.12 | 108.10 | 6.00 | 18.12 | 31.46 | 42.00 | 11.48 | 10258.37 | |
| 18A | 19 | 22.33 | 15.50 | 109.06 | 6.30 | 1.21 | 2.10 | 10.00 | 2.66 | 137.72 | |
| 21A | 22 | 22.33 | 15.50 | 109.06 | 6.30 | 1.21 | 2.10 | 10.00 | 2.66 | 137.72 | |
| 23 | 22 | 64.54 | 34.94 | 194.47 | 15.30 | 1.21 | 2.10 | 8.00 | 3.00 | 97.36 | |
| 22 | 19 | 34.94 | 25.49 | 108.21 | 8.80 | 3.62 | 6.29 | 18.00 | 7.90 | 1297.10 | |
| 19 | 16 | 25.49 | 18.58 | 111.73 | 6.20 | 6.04 | 10.49 | 42.00 | 11.67 | 10427.94 | |
| 16 | 17 | 32.12 | 25.20 | 108.29 | 6.40 | 24.16 | 41.95 | 42.00 | 11.85 | 10594.80 | |
| 19 | 20 | 22.33 | 15.50 | 110.30 | 6.20 | 1.21 | 2.10 | 12.00 | 2.96 | 215.87 | |
| 20 | 17 | 22.33 | 15.50 | 112.70 | 6.10 | 2.42 | 4.19 | 15.00 | 5.83 | 664.12 | |
| 17 | 24 | 32.12 | 25.20 | 108.29 | 6.40 | 26.57 | 46.14 | 48.00 | 12.96 | 15126.48 | |
| 24 | 35 | 25.20 | 18.52 | 108.27 | 6.20 | 27.78 | 48.24 | 48.00 | 12.75 | 14888.26 | |
| 25B | 26 | 37.02 | 34.17 | 48.22 | 6.00 | 1.21 | 2.10 | 10.00 | 2.60 | 151.68 | |
| 26 | 28 | 34.17 | 34.01 | 56.78 | 0.30 | 2.42 | 4.19 | 8.00 | 0.85 | 27.55 | |
| 29 | 28 | 19.71 | 18.58 | 49.73 | 2.30 | 1.21 | 2.10 | 8.00 | 1.39 | 44.94 | |
| 28 | 31 | 30.45 | 29.18 | 44.84 | 2.90 | 4.83 | 8.39 | 36.00 | 7.20 | 4728.00 | |
| 31 | 32 | 29.18 | 25.26 | 75.52 | 5.20 | 6.04 | 10.49 | 30.00 | 8.54 | 3893.41 | |
| 32 | 33 | 25.26 | 24.56 | 117.96 | 0.60 | 7.25 | 12.58 | 36.00 | 3.27 | 2150.57 | |
| 33 | 34 | 25.26 | 18.52 | 58.06 | 11.70 | 8.46 | 14.68 | 48.00 | 17.52 | 20452.24 | |
| 34 | 35 | 18.52 | 16.54 | 30.76 | 6.50 | 9.66 | 16.78 | 48.00 | 13.06 | 15244.20 | |
| 35 | 36 | 28.41 | 23.23 | 70.00 | 7.50 | 38.65 | 67.11 | 48.00 | 14.03 | 16374.90 | |
| 36 | 54 | 23.23 | 16.39 | 88.21 | 7.80 | 39.86 | 69.21 | 36.00 | 11.81 | 7753.99 | |

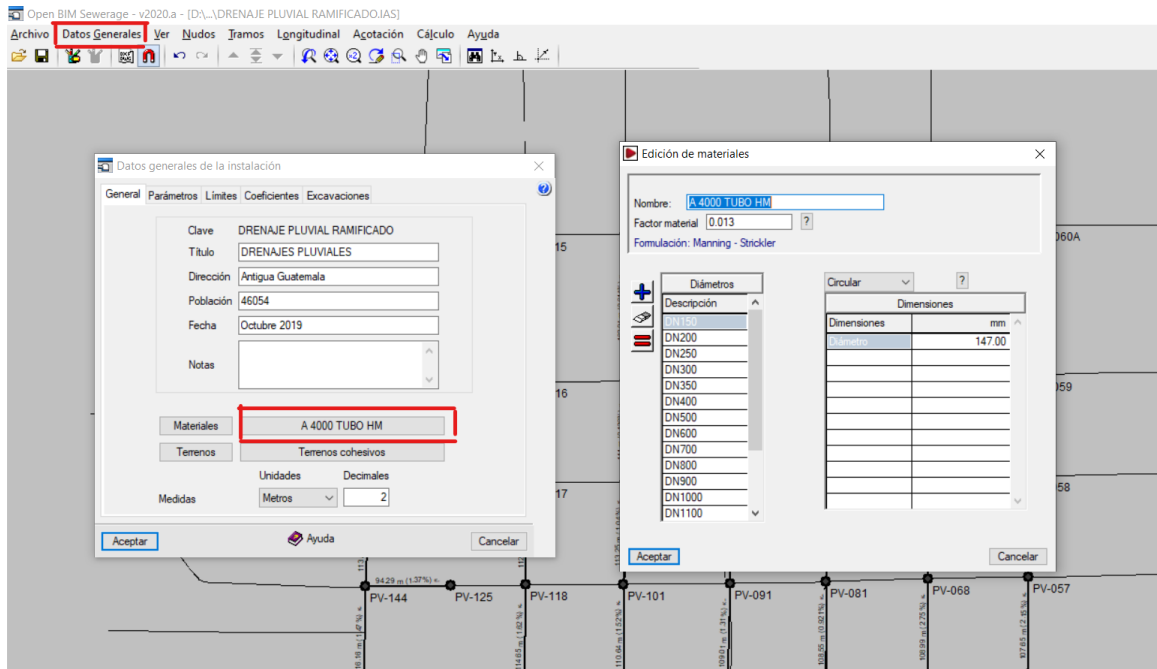
Fuente: Ing. David de León.

En la Figura 23 se presentan los parámetros de diseño que utilizaron para obtener los caudales de las tuberías, para esta guía se tomaron los diámetros de tubería que están en

las celdas color verde, pues son las que coinciden con el modelo de Open Bim Sewerage.

Fue necesario añadir más diámetros a la biblioteca del proyecto debido a que por defecto solo se encuentran diámetros hasta de 1000 mm. y en el diseño hay tuberías de hasta 2000 mm. Para añadir mas elementos a la biblioteca del proyecto se hace click en la pestaña Datos Generales > Editar datos generales de la obra. Dentro de esa pestaña se ingresa donde esta el material que se definió para la obra como en la Figura 24.

Figura 24: Añadir diámetros de tubería a la biblioteca del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez dentro de la pestaña que se indica se presiona sobre una tubería existente y se selecciona el símbolo de '=' para duplicar un diámetro existente y luego editarlo.

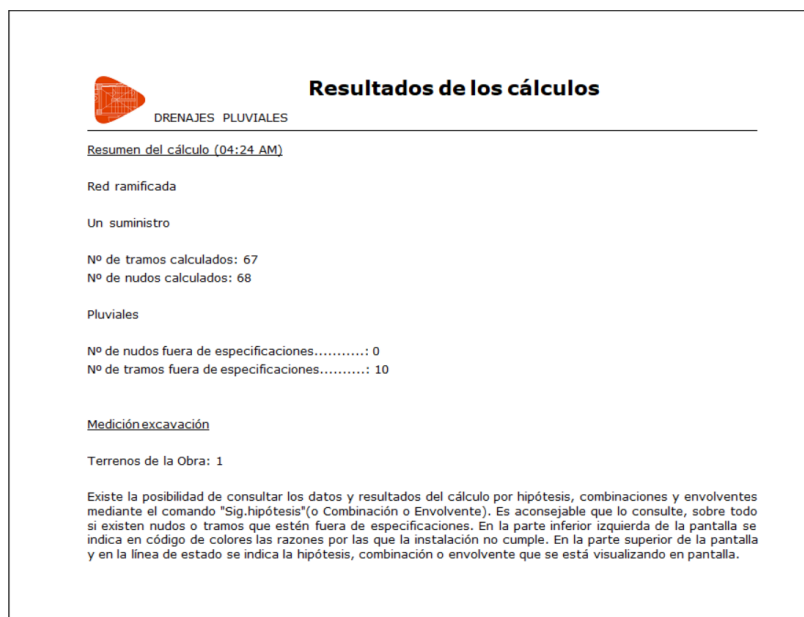
4.3.6. Correr el análisis del modelo.

Para correr el análisis del modelo, se hace click en la pestaña de Cálculo > Calcular. El programa ofrece la opción de comprobar un sistema existente o de dimensionar uno nuevo, en este caso se hizo el de comprobar un sistema existente.

Cuando se le da Calcular, el programa detecta si la instalación tiene algún error, por ejemplo, si algún tramo no tiene pendiente o si la pendiente es negativa, no analiza si no se corrige ese problema.

Al estar todo en orden, el programa procede a calcular e instantáneamente despliega un informe de resumen sobre el análisis como se muestra en la Figura 25.

Figura 25: Informe de análisis de instalación.



Fuente: Elaboración propia.

En el mismo se observa cuantos elementos calculó, asimismo informa los que no cumplieron con los requisitos de diseño, es decir no cumplen por algún motivo. Al salir a la pantalla principal, los elementos que no cumplieron se muestran en color rojo y el presionar Tramos > Información, despliega solo con pasar encima la información más importante, como se observa en la figura.

Figura 26: Información del elemento que no cumple con requisitos de diseño.

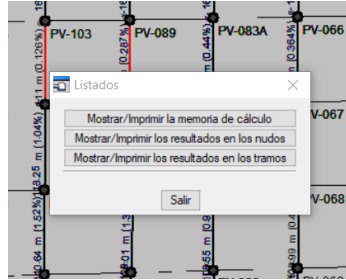


Fuente: Elaboración propia.

Si se quiere conocer detalladamente como se hizo el cálculo de los elementos, el programa tiene la opción de exportar un listado de todos los materiales que se utilizaron en la instalación y los valores que se obtuvieron con los cálculos, para ellos se hace click en el botón de la esquina superior derecha que se llama 'Listados'.

Al hacer click pregunta si se desea mostrar/imprimir la memoria de cálculo, los resultados en los nudos o los resultados en los tramos.

Figura 27: Listados de información sobre el análisis.



Fuente: Elaboración propia.

Además de mostrar los resultados del análisis da la opción de exportar los informes en pdf. con comentarios en los elementos que fallaron en adición de la descripción de la red de saneamiento, descripción de los materiales empleados, descripción de los terrenos, formulación, combinaciones, listado de nudos, listado de tramos, envolvente, medición y medición de excavación.

Figura 28: Documentos de resumen del análisis de la red.

| Nombre | Fecha de modificación | Tipo | Tamaño |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--------|
| Listado de nudos.pdf | 14/10/2019 3:41 a. m. | Archivo PDF | 79 KB |
| Listado de tramos.pdf | 14/10/2019 3:44 a. m. | Archivo PDF | 81 KB |
| Listado general de la instalación.pdf | 14/10/2019 3:41 a. m. | Archivo PDF | 110 KB |
| Resultados de los cálculos.pdf | 14/10/2019 2:37 a. m. | Archivo PDF | 76 KB |

Fuente: Elaboración propia.

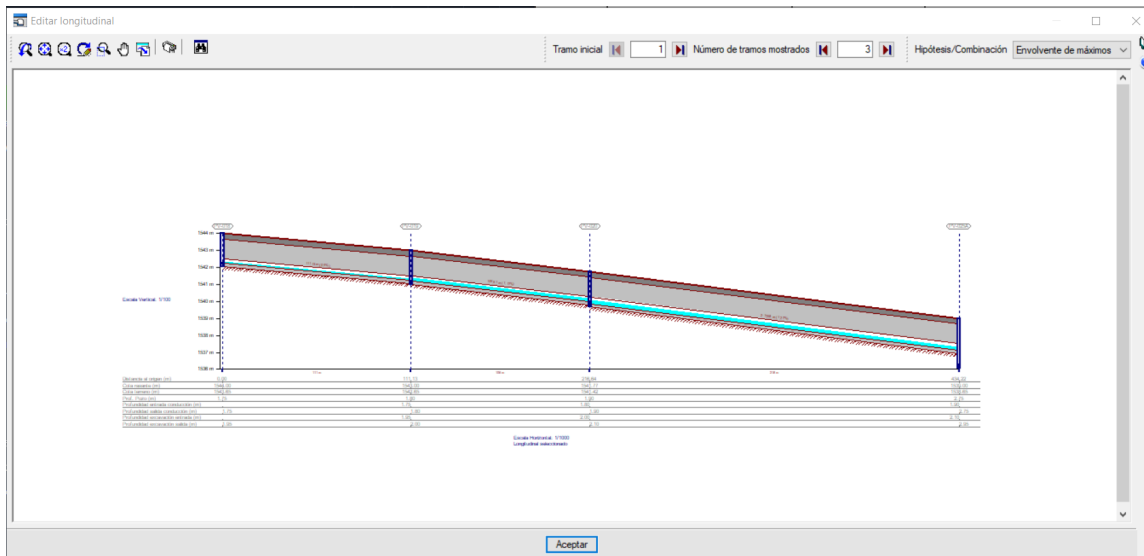
4.3.7. Planos longitudinales de la red.

Para exportar planos de la red pluvial, el programa da la opción de exportar de la instalación en general o perfiles longitudinales de la red ramificada. Se escogió para este proyecto la de perfiles de los tramos longitudinales.

Se hace click en la pestaña Longitudinal > Modificar cotas en el longitudinal y se selecciona la rama que se quiera ver para que salga como la Figura 29.

Dentro de la ventana que desplegó el programa, se configura la hipótesis/Combinación que se desee observar, en este caso se deja en envolvente de máximos. También se configura la cantidad de tramos que aparecen en la imagen.

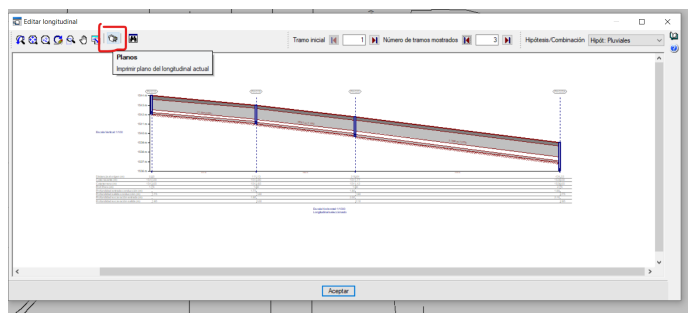
Figura 29: Perfil longitudinal seleccionado.



Fuente: Elaboración propia.

Si en dado caso se quieren planos en formato, se selecciona el boton marcado en la Figura 30 .

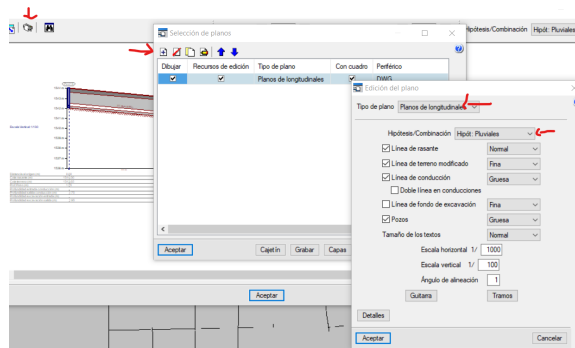
Figura 30: Planos del perfil seleccionado.



Fuente: Elaboración propia.

Luego se selecciona, agregar un archivo nuevo y se determina que plano se desea, si de instalaciones o de perfil longitudinal. En esta ocasión se selecciona el de perfil longitudinal.

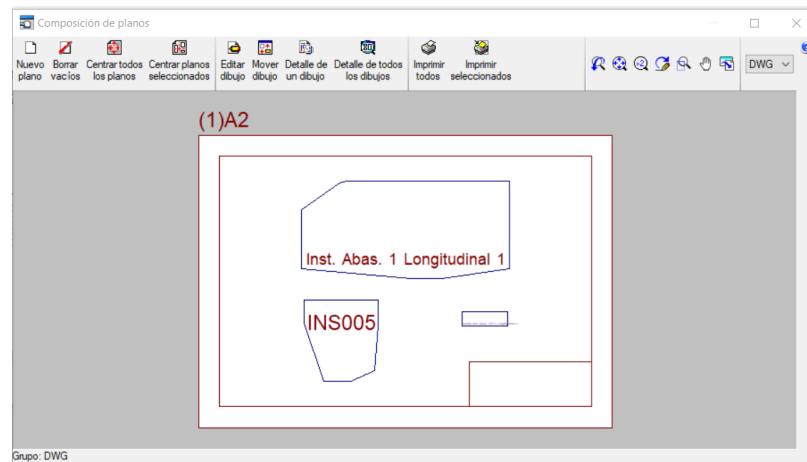
Figura 31: Selección del tipo de plano.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso corresponde a la composición del plano, es decir, de que manera estarán distribuidos los elementos dentro del formato. También permite cambiar el tamaño del plano, ya sea desde A0 hasta A4, según sea el tamaño del perfil que se esté analizando.

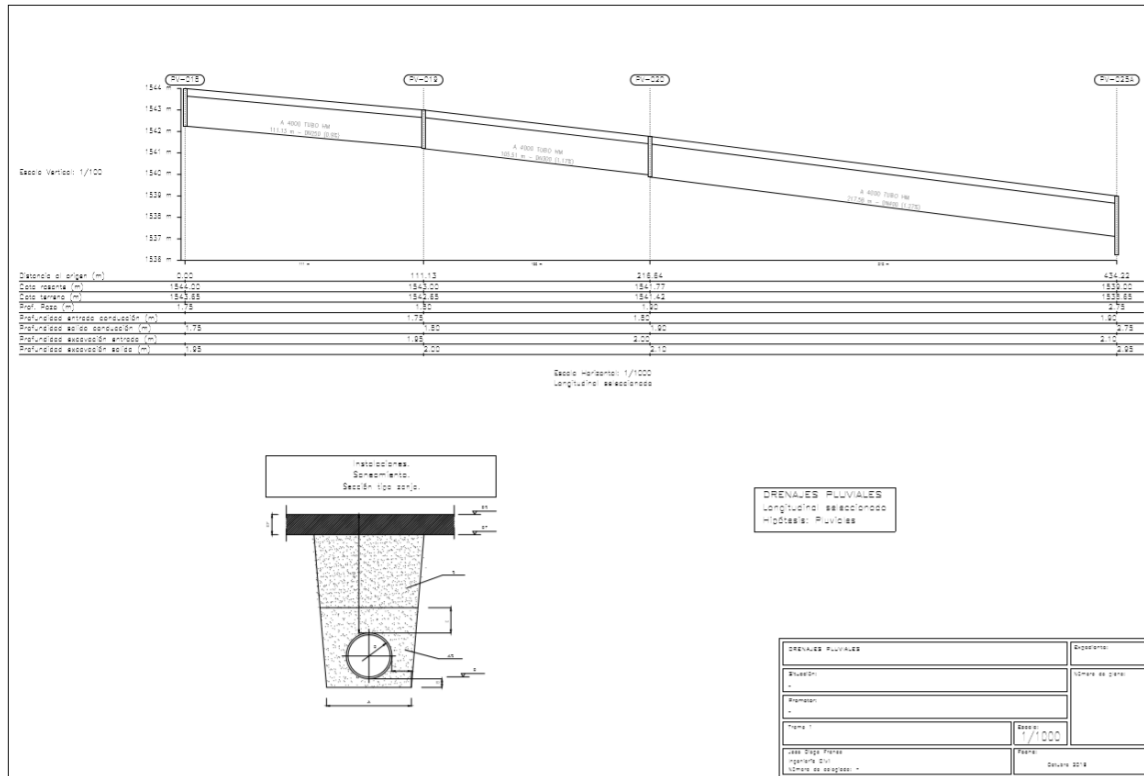
Figura 32: Composición del plano.



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se tenga la composición deseada, se presiona el botón de imprimir todo, anteriormente se había seleccionado exportar el plano en un formato DWG. Para abrirlo en AutoCAD y mandarlo a imprimir a PDF. El resultado final se ve como en la Figura 33.

Figura 33: Planos exportados a PDF desde AutoCad.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Resultados de análisis del sistema de agua pluvial de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

4.4.1. Áreas tributarias de los tragantes en el casco urbano.

En el siguiente cuadro, se muestran las áreas obtenidas mediante el uso del software QGIS que se ingresan en el software Open Bim Sewerage para el cálculo de tuberías.

Cuadro 3: Áreas de cada tragante del casco urbano de la Antigua Guatemala

| ID | Etiqueta | Área (m ²) | Hectáreas |
|----|----------|------------------------|-----------|
| 1 | PV-012A | 2460.39 | 2.46 |
| 12 | PV-012B | 1060.86 | 1.06 |
| 13 | PV-013 | 3323.46 | 3.32 |
| 14 | PV-014 | 1294.93 | 1.29 |
| 15 | PV-015 | 2992.71 | 2.99 |
| 16 | PV-016 | 3309.27 | 3.31 |
| 17 | PV-017 | 2739.65 | 2.74 |
| 18 | PV-018 | 389.64 | 0.39 |
| 19 | PV-019 | 2057.94 | 2.06 |
| 20 | PV-020 | 1575.69 | 1.58 |
| 24 | PV-024 | 1468.67 | 1.47 |
| 25 | PV-025 | 1867.61 | 1.87 |
| 34 | PV-034 | 487.71 | 0.49 |
| 35 | PV-035 | 1388.28 | 1.39 |
| 36 | PV-036 | 617.41 | 0.62 |
| 54 | PV-054 | 1460.41 | 1.46 |
| 55 | PV-055 | 2163.06 | 2.16 |
| 56 | PV-056 | 2980.97 | 2.98 |
| 57 | PV-057 | 2897.47 | 2.90 |
| 58 | PV-058 | 4210.80 | 4.21 |
| 59 | PV-059 | 4065.29 | 4.07 |
| 60 | PV-060 | 3451.69 | 3.45 |
| 65 | PV-065 | 3008.71 | 3.01 |
| 66 | PV-066 | 3120.43 | 3.12 |
| 67 | PV-067 | 3049.39 | 3.05 |
| 68 | PV-068 | 2500.02 | 2.50 |
| 69 | PV-069 | 2392.43 | 2.39 |
| 70 | PV-07 | 1765.53 | 1.77 |
| 71 | PV-071 | 1447.54 | 1.45 |
| 72 | PV-072B | 1521.42 | 1.52 |
| 78 | PV-078 | 1678.48 | 1.68 |
| 79 | PV-079 | 1832.61 | 1.83 |
| 80 | PV-080 | 2540.87 | 2.54 |
| 81 | PV-081 | 2502.12 | 2.50 |
| 82 | PV-082 | 2514.41 | 2.51 |

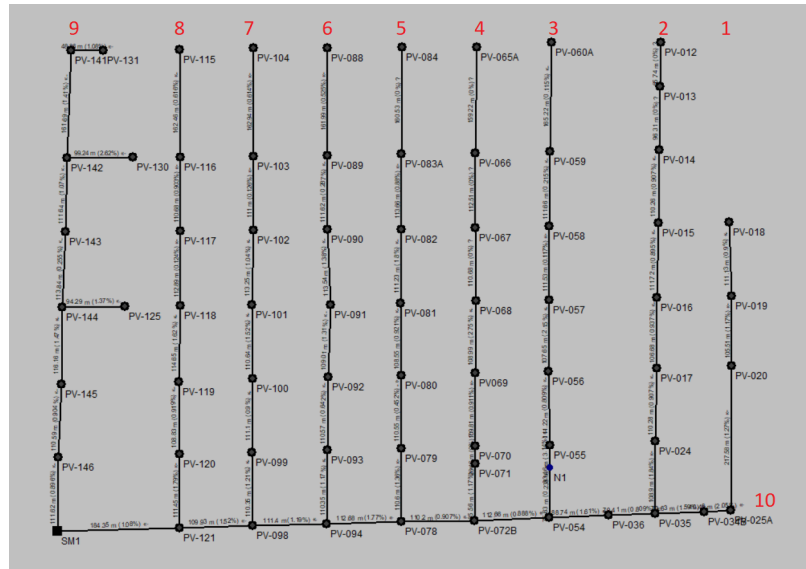
| ID | Etiqueta | Área (m ²) | Hectáreas |
|-----|----------|------------------------|-----------|
| 83 | PV-083B | 2061.94 | 2.06 |
| 84 | PV-084 | 2594.96 | 2.59 |
| 88 | PV-088 | 1421.58 | 1.42 |
| 89 | PV-089 | 3838.57 | 3.84 |
| 90 | PV-090 | 1906.82 | 1.91 |
| 91 | PV-091 | 2320.73 | 2.32 |
| 92 | PV-092 | 1812.02 | 1.81 |
| 93 | PV-093 | 1825.62 | 1.83 |
| 94 | PV-094B | 1812.32 | 1.81 |
| 98 | PV-098 | 1825.47 | 1.83 |
| 99 | PV-099 | 1788.92 | 1.79 |
| 100 | PV-100 | 1557.95 | 1.56 |
| 101 | PV-101 | 1737.90 | 1.74 |
| 102 | PV-102 | 2249.84 | 2.25 |
| 103 | PV-103 | 3309.48 | 3.31 |
| 104 | PV-104 | 2525.38 | 2.53 |
| 115 | PV-115 | 2552.65 | 2.55 |
| 116 | PV-116 | 3541.82 | 3.54 |
| 117 | PV-117 | 1799.19 | 1.80 |
| 118 | PV-118 | 1962.92 | 1.96 |
| 119 | PV-119 | 1837.48 | 1.84 |
| 120 | PV-120 | 1845.30 | 1.85 |
| 121 | PV-121 | 1845.91 | 1.85 |
| 125 | PV-125 | 657.24 | 0.66 |
| 130 | PV-130 | 854.95 | 0.85 |
| 131 | PV-131 | 3420.01 | 3.42 |
| 141 | PV-141 | 1036.73 | 1.04 |
| 142 | PV-142 | 3668.34 | 3.67 |
| 143 | PV-143 | 3449.18 | 3.45 |
| 144 | PV-144 | 2524.97 | 2.52 |
| 145 | PV-145 | 3539.90 | 3.54 |
| 146 | PV-146 | 3496.21 | 3.50 |
| 147 | PV-147 | 3179.77 | 3.18 |
| 831 | PV-083B | 1569.25 | 1.57 |

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Perfiles longitudinales de la red pluvial ramificada.

En la Figura 34 se muestra la distribución en la que estarán presentados los perfiles longitudinales del modelo en Open Bim Sewerage ver sección 9.3.

Figura 34: Nomenclatura de perfiles longitudinales de la red pluvial.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Listado de tuberías

Según el análisis que se exportó del programa Open Bim Sewerage, se observa la descripción de los materiales empleados, terrenos, formulas, combinaciones, resultados, listado de tramos, envolventes, medición de excavación.

Se sabe que los valores negativos en caudal indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

El tramo (N1)-(PV-055) evidencia un caudal negativo de -686.98 l/s. Esto ocurre porque el tramo de tubería (N1)-(PV-054) se satura por lo que a sección completa provoca que el agua regrese en sentido contrario.

Esto es provocado por la poca pendiente que existe a lo largo de la tubería, es demasiada agua y la pendiente no es suficiente para evacuar ese caudal a tiempo.

Guía metodológica de *Open Bim Water Supply* para abastecimiento de agua potable

5.1. Utilizando un software Bim para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en sustitución del método tradicional de diseño.

Como se mencionó anteriormente, el método de trabajo Bim está revolucionando la manera en la que se trabaja el diseño de cualquier tipo de proyecto de construcción.

Este método trae varias ventajas a diseños de abastecimiento de agua por medio de una actualización automática de la información y geometría de un modelo, reduciendo considerablemente los errores cometidos por el diseñador a la hora de hacer pequeñas modificaciones en alguna parte del sistema.

Mejora flujos de trabajo por medio del uso de un sólo modelo, evitando la confusión entre versiones del proyecto y pérdidas de información.

Reduce costos y tiempos al momento de trabajar en tiempo real de manera coordinada en un entorno colaborativo.

Con este método es posible hacer un análisis para reducir pérdidas, mantener el caudal, agilizar el mantenimiento, evitar traslapes de tuberías al asignar diferentes profundidades de la rasante.

Por medio del uso del software Bim Open Bim Water Supply es sencillo diseñar una red óptima para el abastecimiento de agua potable, dependiendo de las fuentes de agua, longitud de tramos, pendientes del terreno, materiales de tuberías. En esta sección se ejemplifica el uso del software para el sistema de abastecimiento de agua potable en La Antigua Guatemala.

5.2. Contenido de la guía de Open Bim Water Supply

1. Modelado de sistema de abastecimiento de agua.
 - a) Comenzar un proyecto en Open Bim Water Supply.
 - Agregar materiales a la biblioteca.
 - b) Importar un archivo base para trabajar.
 - c) Insertar elementos en el sistema de abastecimiento.
 - d) Configuración de los elementos para abastecimiento de agua.
 - Configuración de los nudos de abastecimiento.
 - Configuración de las tuberías de abastecimiento.
 - Configuración de los elementos hidráulicos de abastecimiento de agua.
 - e) Planos generales de la red de abastecimiento.
2. Resultados de análisis de abastecimiento de agua de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez
 - a) Áreas tributarias de nudos de consumo para el sistema de abastecimiento de agua.

5.3. Modelado de sistema de abastecimiento de agua

Al igual que el modelado del sistema de alcantarillas, es importante seguir una metodología para obtener el resultado deseado. A continuación se describe el procedimiento a seguir utilizando la herramienta Open Bim Water Supply.

Se utilizó la misma delimitación que para el modelado de alcantarillas en este manual, como se observa en la Figura 5.

También se tomó como base el archivo en Autocad Civil 3D de la Figura 6, del cual se obtuvieron las alturas de los nodos en el mallado de la ciudad así como número aproximado de viviendas por manzana.

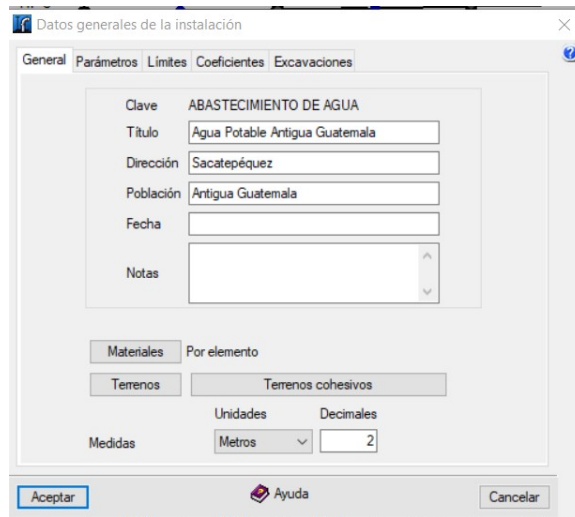
5.3.1. Comenzar un proyecto en Open Bim Water Supply

Luego de instalar el programa, se debe abrir y asegurarse de estar conectado a la plataforma BIMserver.center para abrir un nuevo proyecto. Como se observa en la Figura 7.

Pulsar el botón de Archivo > Nuevo.. y asignar un nombre al proyecto. Ahí mismo se le asigna una ubicación para que guarde el archivo.

En la pestaña de Datos generales de instalación se define título, dirección, población y fecha como se observa en la Figura 35.

Figura 35: Datos generales de instalación de abastecimiento.



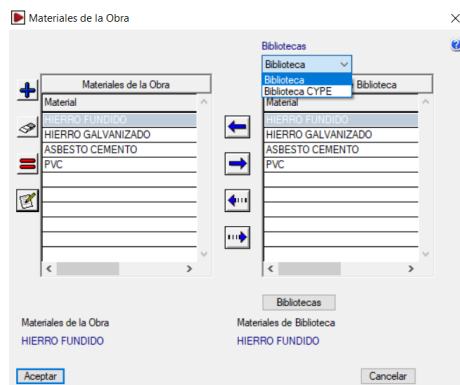
Fuente: Elaboración propia.

Agregar materiales a la biblioteca.

Para el modelado de abastecimiento fue necesario agregar una biblioteca de materiales con los coeficientes de rugosidad respectivos a cada uno.

Se presiona el botón de materiales. Dentro de esta opción es posible seleccionar entre la biblioteca que incluye Cype por defecto. Para este proyecto se generó una nueva como se observa en la Figura 36.

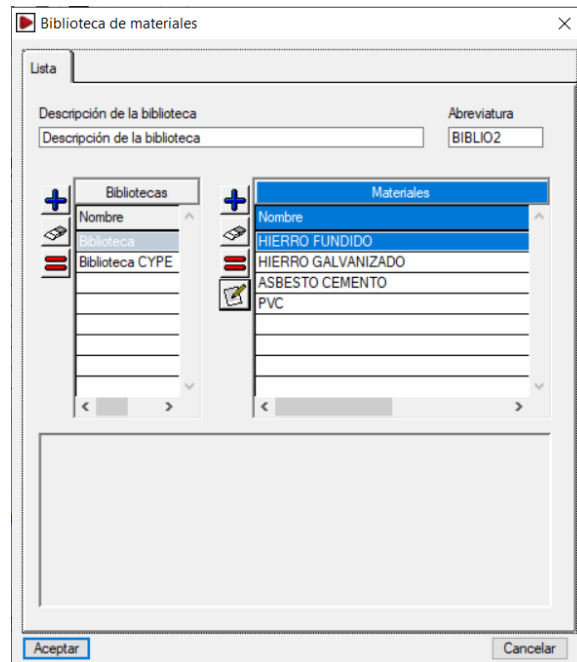
Figura 36: Materiales de la obra.



Fuente: Elaboración propia.

Se presiona el botón de Bibliotecas, en donde se agregan los materiales deseados. Para este proyecto se agregó: hierro fundido, acero galvanizado, asbesto cemento y PVC.

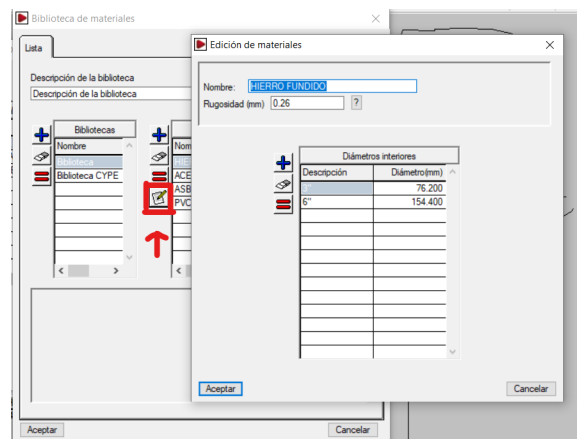
Figura 37: Biblioteca de materiales.



Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que a cada material se le asigna el coeficiente de rugosidad respectivo para las formulación que utiliza el programa para los cálculos. Esto se hace pre-
sionando el material deseado y la hoja de edición como se muestra en la Figura 38 .

Figura 38: Edición de materiales.



Fuente: Elaboración propia.

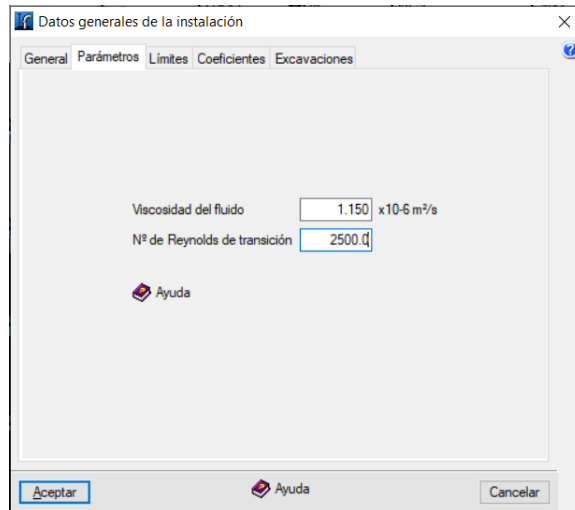
En la misma pestaña, es posible asignar mas diámetros de tubería, los necesarios a trabajar según modelo.

La misma metodología se aplica para el tema del terreno, en el que da la opción para trabajar con el propuesto por la biblioteca Cype o una asignada por el usuario, para este

proyecto se utilizó la de terrenos cohesivos.

En la siguiente pestaña se configura la viscosidad del fluido y el número de Reynolds en transición.

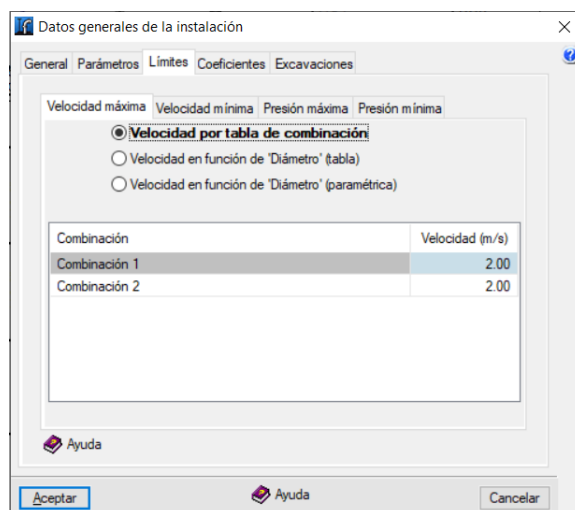
Figura 39: Parámetros para sistema de abastecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pestaña es de los Límites, en esta se configuran los límites de velocidad máxima, velocidad mínima, presión máxima y presión mínima.

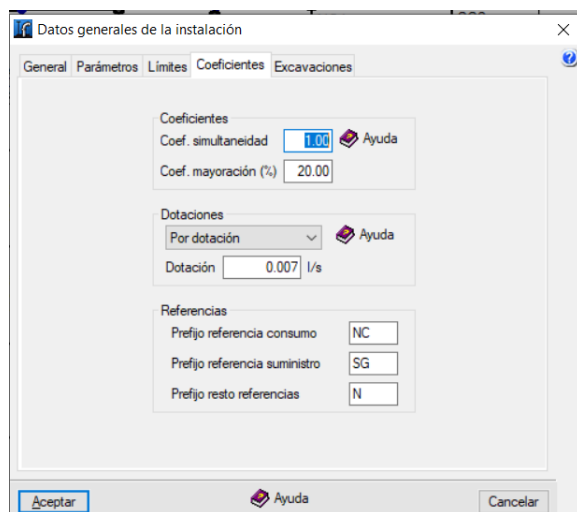
Figura 40: Límites para sistema de abastecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

En la pestaña de Coeficientes se asignan los valores de: coeficiente de simultaneidad, coeficiente de mayoración, la dotación y los prefijos de referencia de consumo, referencia de suministro y resto referencias.

Figura 41: Coeficientes para sistema de abastecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

En la pestaña de excavaciones se presentan las mismas opciones que para el tema de alcantarillas, el cual se referencia en la Figura 12.

5.3.2. Importar un archivo base para trabajar.

Como se menciona en la sección 4.1.3 es posible importar un archivo .dxf o .dwg de AutoCad tanto a Open Bim Water Supply como a Open Bim Sewerage. Existe también la posibilidad de añadir un archivo IFC mediante el programa IFC-Uploader generando un fichero GLtf para trabajarlo dentro del proyecto empezando con un modelo topográfico.

Para importar un archivo base, se siguen los mismos pasos que la sección 4.1.3 de este manual.

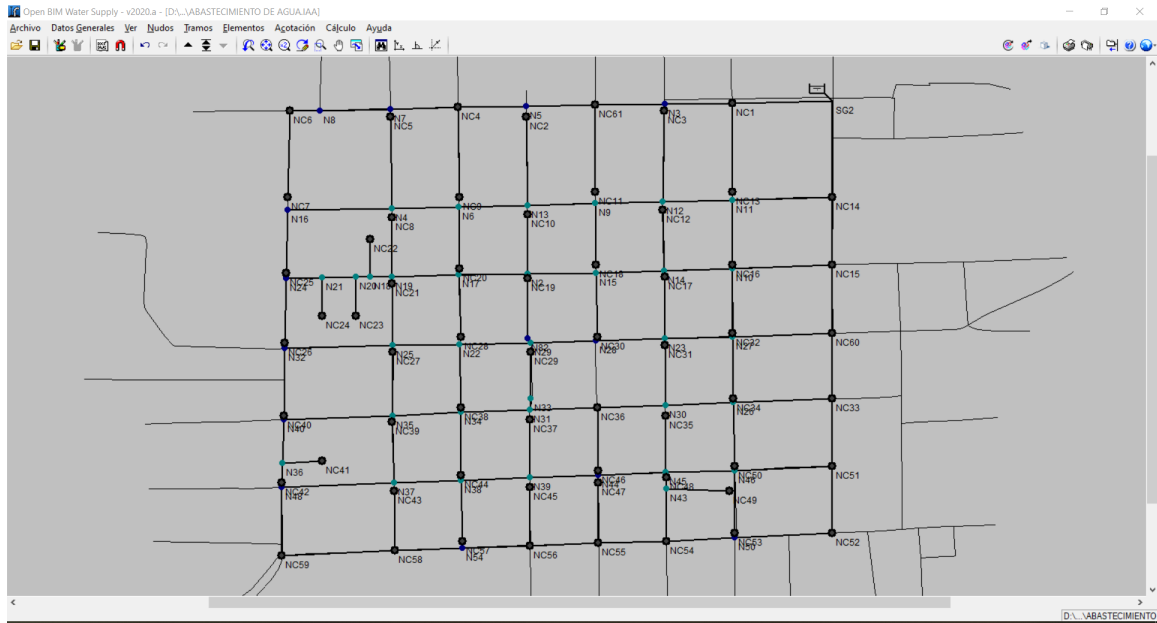
5.3.3. Insertar elementos en el sistema de abastecimiento.

Para comenzar a insertar los nudos, se selecciona la pestaña Nudos > Nuevo. En esta misma pestaña se borran, mueven, editan datos de cálculo o asignan datos de cálculo. Los nudos se configuran de la siguiente manera:

- Nudo de transición: es decir, nudos sin consumo que permite realizar cambios de dirección conservando la unidad del tramo en el dimensionamiento.
- Nudo de consumo: en este se introduce el caudal de consumo, ya sea por dotación o directo para cada nudo.
- Nudo de suministro general: en este se configura el nivel del depósito o la presión disponible en el nudo de suministro. Ya sea para cada combinación o general.

La distribución de los nodos se basó en los planos de la Municipalidad de La Antigua Guatemala elaborados en 1998 por G. Roberto Chajón durante la administración de Victor Hugo del Pozo Coronado, el alcalde en ese entonces. Cabe mencionar que para propósitos del modelo se tomaron en cuenta las tuberías dentro del área delimitada de la Figura 5. La distribución de nodos se muestra en la siguiente figura.

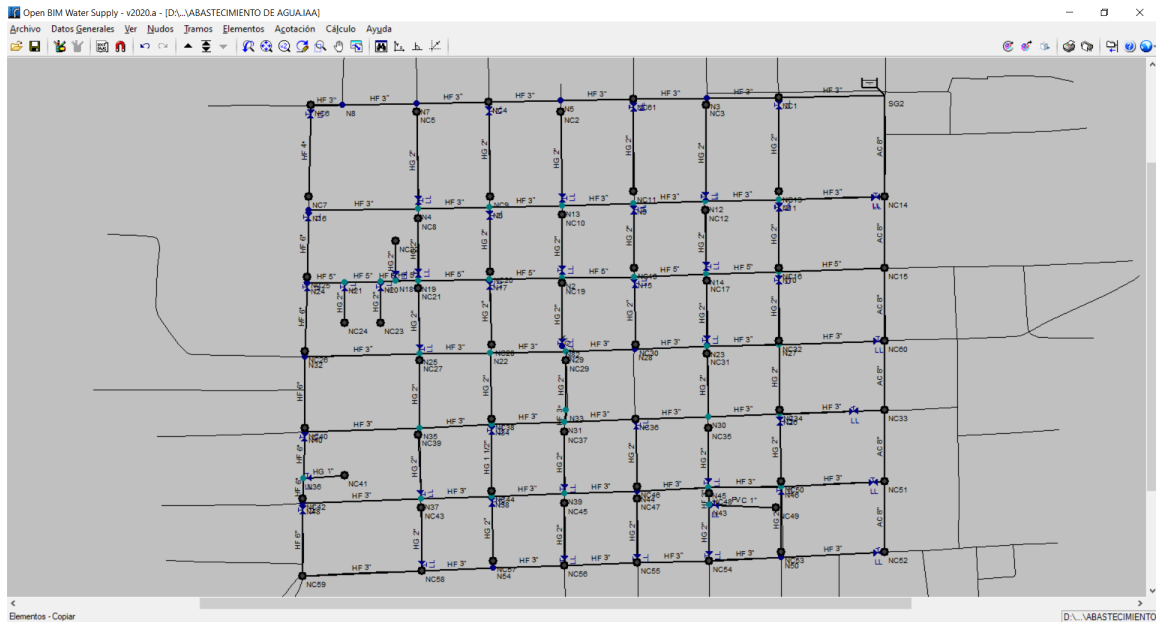
Figura 42: Distribución de los nudos de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Los tramos de la tubería se dibujaron de la misma manera que para el tema de alcan-tarillados, cuando se dibuja un tramo, automáticamente el programa asigna un nudo en su extremo, pues no es posible que haya un tramo sin final. Al tramo dibujado, se le pone la etiqueta deseada, en este caso fue el material de la tubería y su diámetro como se muestra en la Figura 43.

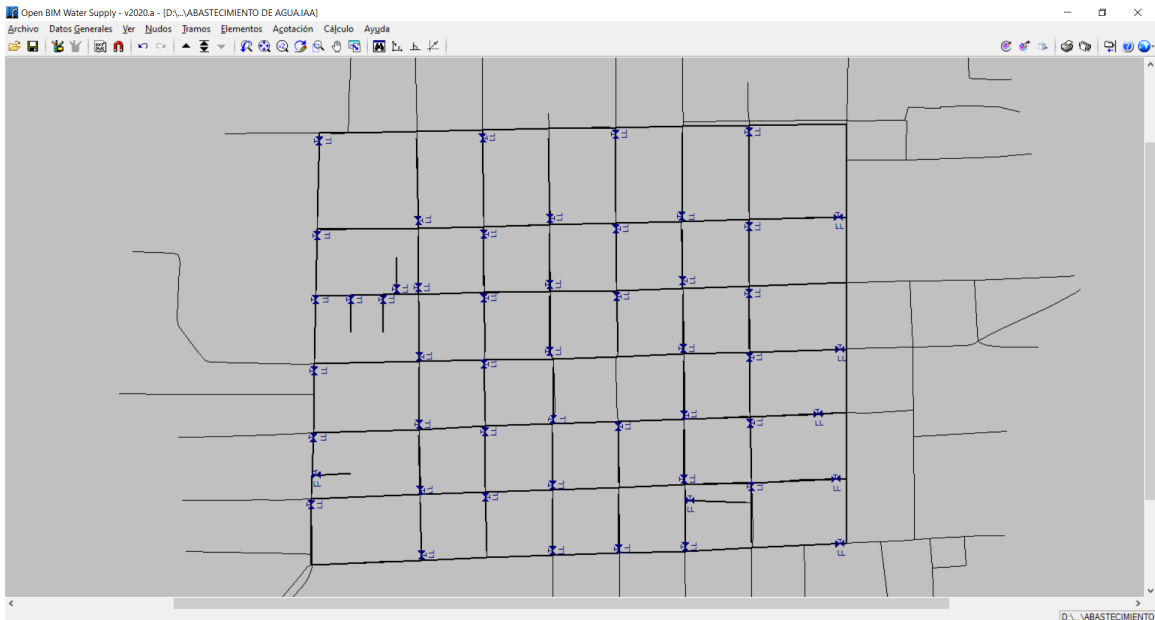
Figura 43: Distribución y etiqueta de los tramos de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Además de los nudos y los tramos, es posible asignar elementos hidráulicos, como lo son las llaves de paso, llaves anti-retorno, llaves de control de presión, llave de control de caudal y/o elemento con pérdidas localizadas si se desea instalar un elemento no especificado. Además de llaves, el programa permite agregar elementos de bombeo de agua. Estos elementos se instalaron de acuerdo a los planos que se utilizaron para los nudos y las tuberías de agua como se muestra en la Figura 44.

Figura 44: Elementos hidráulicos de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Configuración de los elementos para abastecimiento de agua.

Como se mencionó anteriormente, para trabajar el modelo se tienen dos alternativas: la de importar un proyecto desde Bimserver.center con la herramienta IFC-Uploader para trabajar desde cero un modelo topográfico ya establecido y modelar sobre el mismo y el de importar un fichero dxf. en 2D por medio de cualquier software de dibujo. Para este ejemplo se utilizó el programa QGIS y AutoCad Civil 3D. De los mismos se obtuvieron los datos de elevación y ubicación de los nudos.

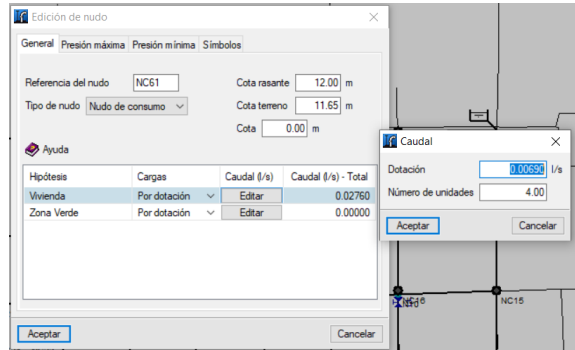
Configuración de los nudos de abastecimiento.

Para configurar los parámetros de los nudos se oprime el botón de Nudos > Editar datos de cálculo, en este botón se configura:

- Pestaña general
 1. Referencia del nudo: nombre del nudo.
 2. Tipo de nudo: Nudo de consumo, nudo de transición o suministro general de agua.
 3. Cota rasante: Cota de la curva de nivel.
 4. Cota terreno: Cota de la curva de nivel menos el espesor del pavimento o suelo
 5. Cota del nudo: Cota de la arista inferior en la cara interior de las tuberías en el entroke con el nudo.

6. Carga según hipótesis: Carga se da por dotación o por carga directa según sea el análisis, en caso de ser por dotación, se especifica la dotación y el número de unidades (viviendas) como se aprecia en la Figura 45.

Figura 45: Edición del nudo de abastecimiento, pestaña general.



Fuente: Elaboración propia.

- Presión máxima: En esta pestaña se determina la presión máxima que soportará el nudo según la unidad en la que se esté trabajando para cada combinación, aunque es posible asignar una presión particular a cada nudo.
- Presión mínima: En esta pestaña se determina la presión mínima que soportará el nudo según la unidad en la que se esté trabajando para cada combinación, aunque es posible asignar una presión particular a cada nudo.
- Símbolos: Aquí se configura la simbología de los nudos, esto depende a como se quiere que se vea en la vista general. Se configura la opción que más guste al usuario, la configuración que trae por defecto es amena.

Para determinar la dotación por habitante en una vivienda se tomó de referencia a la dotación calculada de la tesis “Propuesta del diseño del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en La Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.” elaborada por la ingeniera Zenia de León Kestler [27]. La cual fue de 120 litros/habitante/día.

Se obtuvo la densidad poblacional por medio el dato del último censo del Instituto Nacional de Estadística [22] y la superficie del municipio del plan de desarrollo del Segeplan [28]. El cálculo se muestra en el siguiente cuadro:

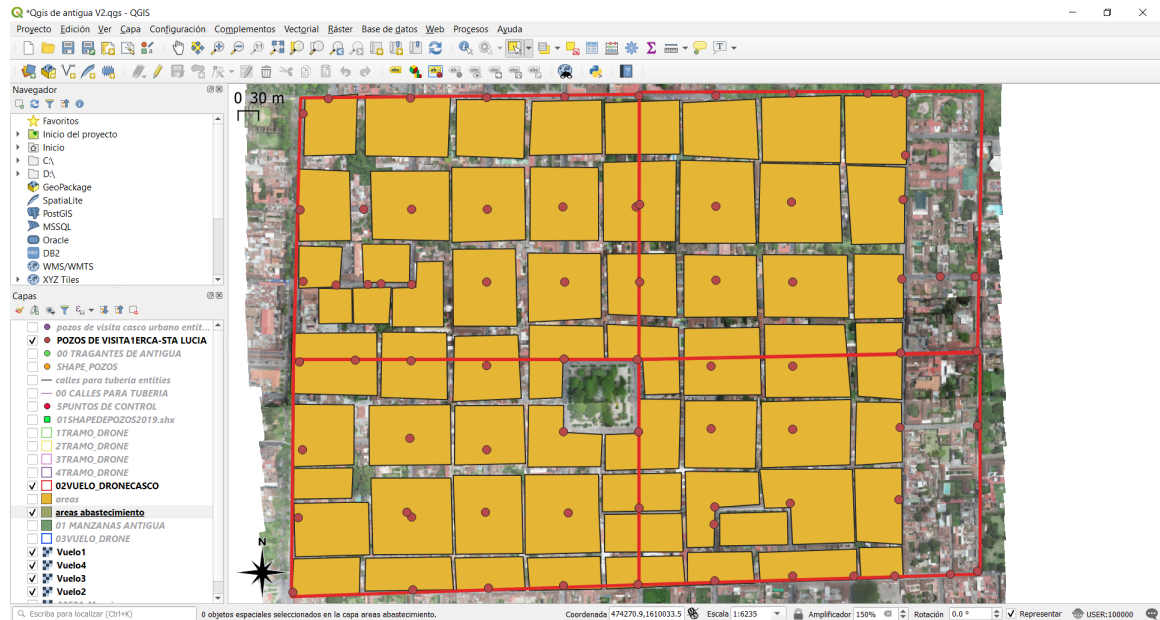
Cuadro 4: Cálculo de la densidad poblacional para el año 2018.

| Cálculo de densidad poblacional | | |
|--|--------|---------------------|
| Población en La Antigua Guatemala (2019) | 46054 | habitantes |
| Superficie de La Antigua Guatemala | 68.86 | km ² |
| Densidad poblacional | 668.80 | hab/km ² |

Fuente: Elaboración propia.

Con el dato de la densidad poblacional, se determinó a cuántas personas abastecía cada nodo. Se utilizó el programa QGIS para determinar áreas tributarias de cada nudo de consumo, con el cual se determinó el número de personas en el al multiplicarlo por la densidad poblacional. En la Figura 46.

Figura 46: Áreas tributarias de cada nudo de consumo de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Configuración de las tuberías de abastecimiento

Siguiendo la ruta Tramos > Editar datos de cálculo se configuran los parámetros de las tuberías. Entre las pestañas que se encuentran en este apartado son:

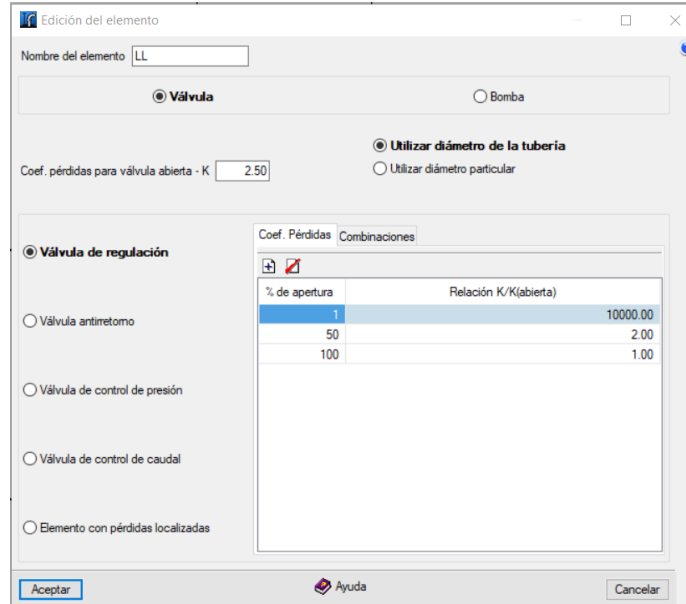
- **General:** Aquí se configura el material de la tubería, así como su diámetro. Anteriormente se explicó que materiales se utilizarían para este proyecto. También se configura si se desea la longitud del tramo y la medición de excavación.
- **Caudal:** Si se desea agregar un caudal distinto para el que se utilizó en el resto del proyecto se oprime la opción de 'Utilizar consumo uniforme en este tramo'.
- **Velocidad máxima y mínima:** En estas pestañas, da la opción de utilizar límites de velocidad particulares para ese tramo que se esté editando.

Configuración de los elementos hidráulicos de abastecimiento de agua.

Para acceder a editar los elementos, ir a Elementos > Editar datos de cálculo y seleccionar el elemento a editar, luego se abre la pestaña la cual contiene:

- Nombre del elemento: Se asigna el nombre que se quiera con el fin de facilitar el control de los mismos.
- Seleccionar si el elemento es válvula o bomba.
- Si la selección fue válvula se configura que tipo de válvula es: ya sea de regulación, anti-retorno, control de presión, control de caudal o un elemento con pérdidas localizadas.
- Utilizar el diámetro de la tubería donde esta puesto o utilizar un diámetro particular.
- Coeficiente de pérdidas para válvula abierta.
- Relación K/Kabierta dependiendo el porcentaje de apertura de la válvula.
- Porcentaje de apertura según sea la combinación que se diseña.

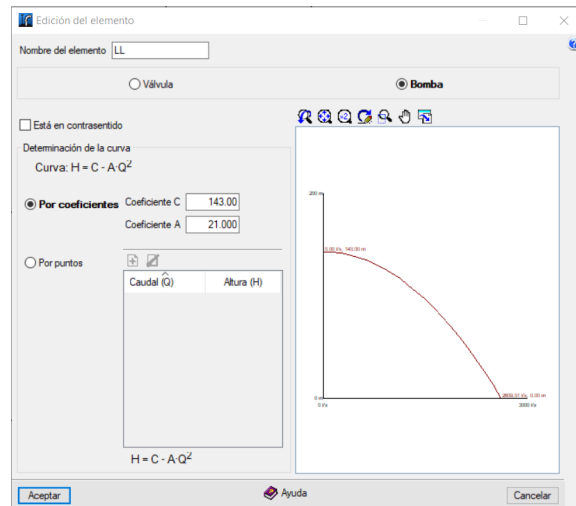
Figura 49: Edición del elemento hidráulico si se trata de una válvula.



Fuente: Elaboración propia.

- Si el elemento se define como bomba:
 1. Determinar si la bomba está en contrasentido.
 2. Determinar coeficiente C y A para la fórmula $H = C - A * Q^2$

Figura 50: Edición del elemento hidráulico si se trata de una bomba.

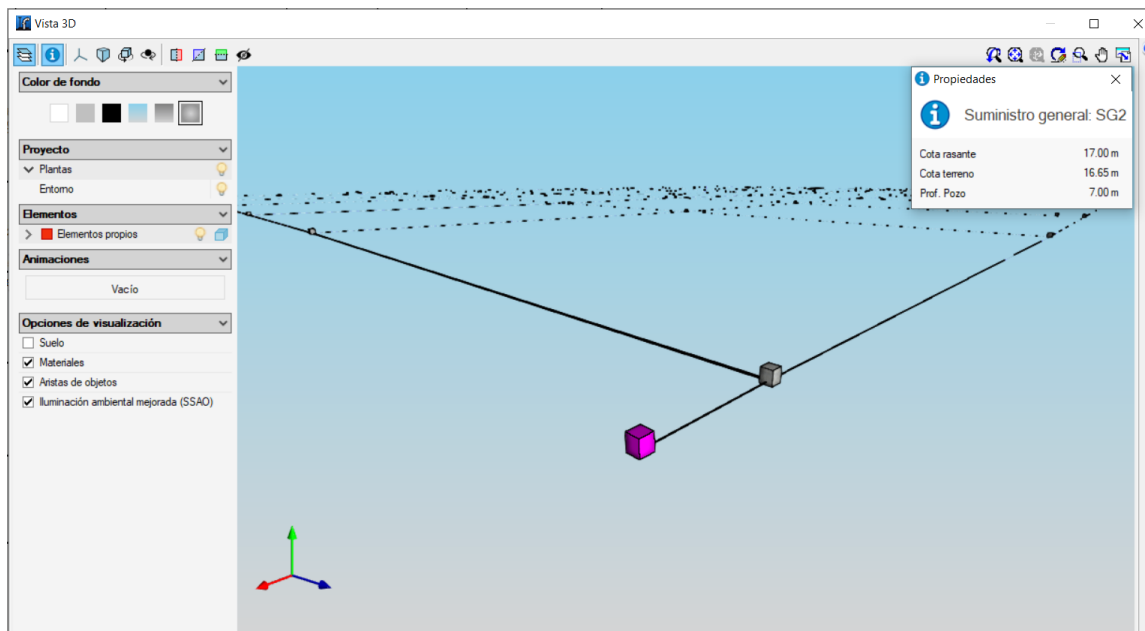


Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Visualizar el modelo terminado.

Una vez instalados todos los elementos del modelo con sus valores respectivos, es posible dar un vistazo a como se ve la distribución del modelo. Para ello se debe oprimir el botón que tiene un cubo de dibujo para ver la vista en 3D, en la misma es posible ver la información de cada elemento al presionarlo como se muestra en la Figura 51.

Figura 51: Visualización del modelo de abastecimiento en 3D.

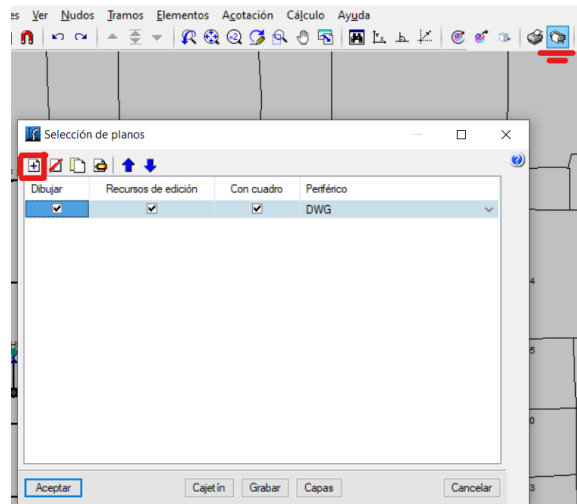


Fuente: Elaboración propia.

5.3.6. Planos generales de la red de abastecimiento.

Para exportar los planos de la red de abastecimiento debe haberse corrido el análisis del modelo, luego se oprime el botón de planos en la esquina superior derecha. A continuación se añade un nuevo formato de planos como se observa en la Figura 52.

Figura 52: Selección de planos para la red de abastecimiento.

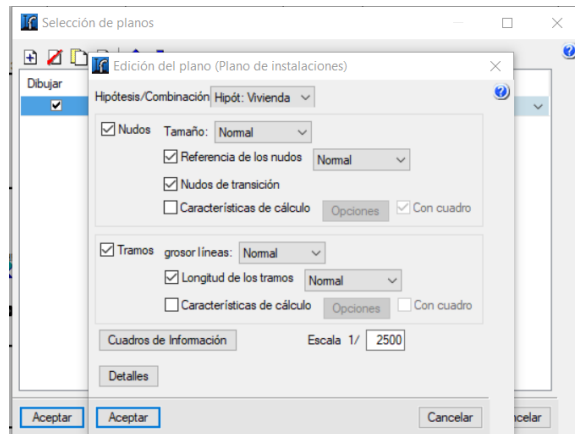


Fuente: Elaboración propia.

A continuación se edita todo lo que se desea que contenga el plano, entre las opciones que se encuentran aquí están:

- La hipótesis o combinación que se trabaja.
- Tamaño de nudos, tamaño de referencias, aparición de nudos de transición y características de cálculo de los nudos.
- Tamaño de tramos, tamaño de etiqueta de longitud de tramos y características de cálculo.
- Cuadros de información, ya sea de medición, excavación o información general.
- Detalles de secciones transversales de tuberías.
- Escala del plano de instalaciones.

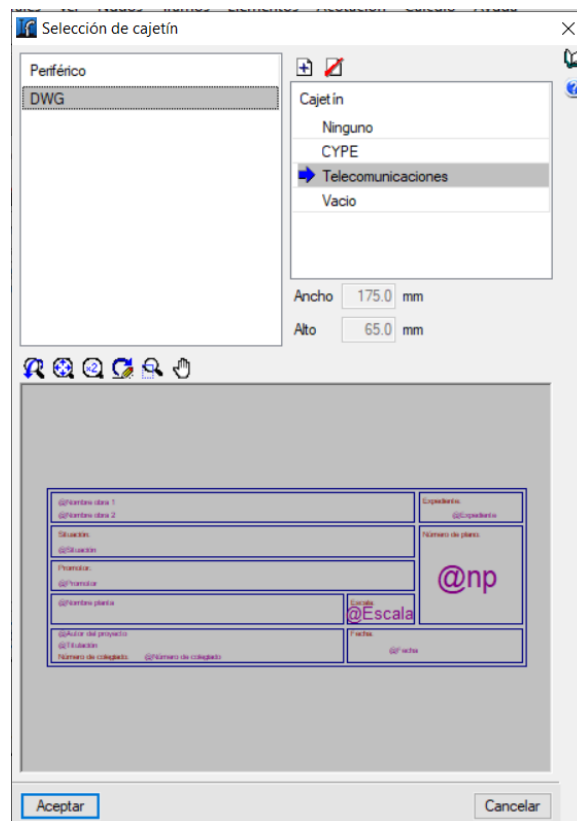
Figura 53: Edición de plano de instalaciones.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente botón a configurar es el de cajetín que se le quiera añadir al plano. El programa ofrece distintas opciones para poner cajetín, sin embargo, es posible importar el cajetín en archivo dxf.

Figura 54: Selección del cajetín para el plano de instalaciones.



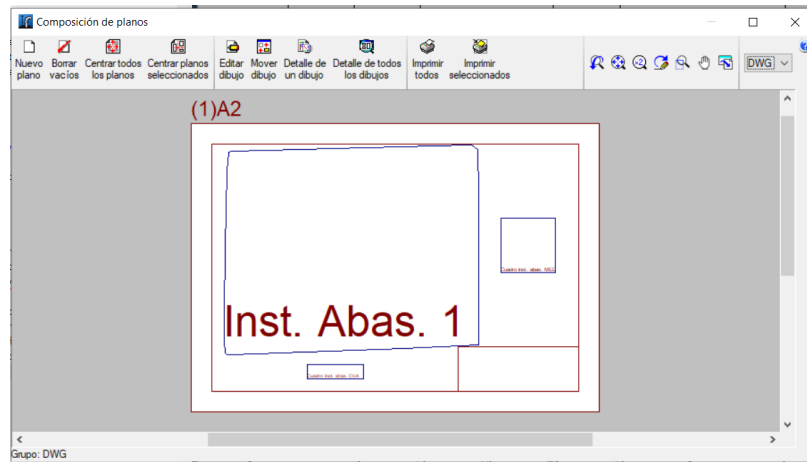
Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es el de elegir un formato a exportar, el programa permite exportar a

cualquier conversor pdf, impresora o dwg. Para este proyecto se exportó en dwg.

Cuando se le da aceptar, el programa pide que se configure la distribución de los elementos que conforman al plano. Asimismo se configura el tamaño del plano que se quiere imprimir/exportar. En la Figura 55 se demuestran las distintas opciones para modificar la composición del plano.

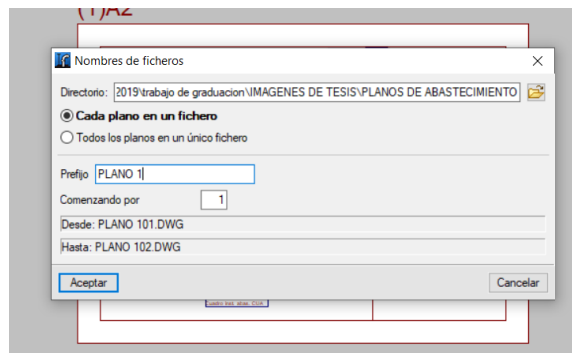
Figura 55: Composición de planos de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Para exportar o imprimir se selecciona el botón 'Imprimir todos' o bien 'Imprimir seleccionados', luego se determina la ubicación a la que el plano se exportará y se le agrega nombre al fichero como se muestra en la siguiente figura:

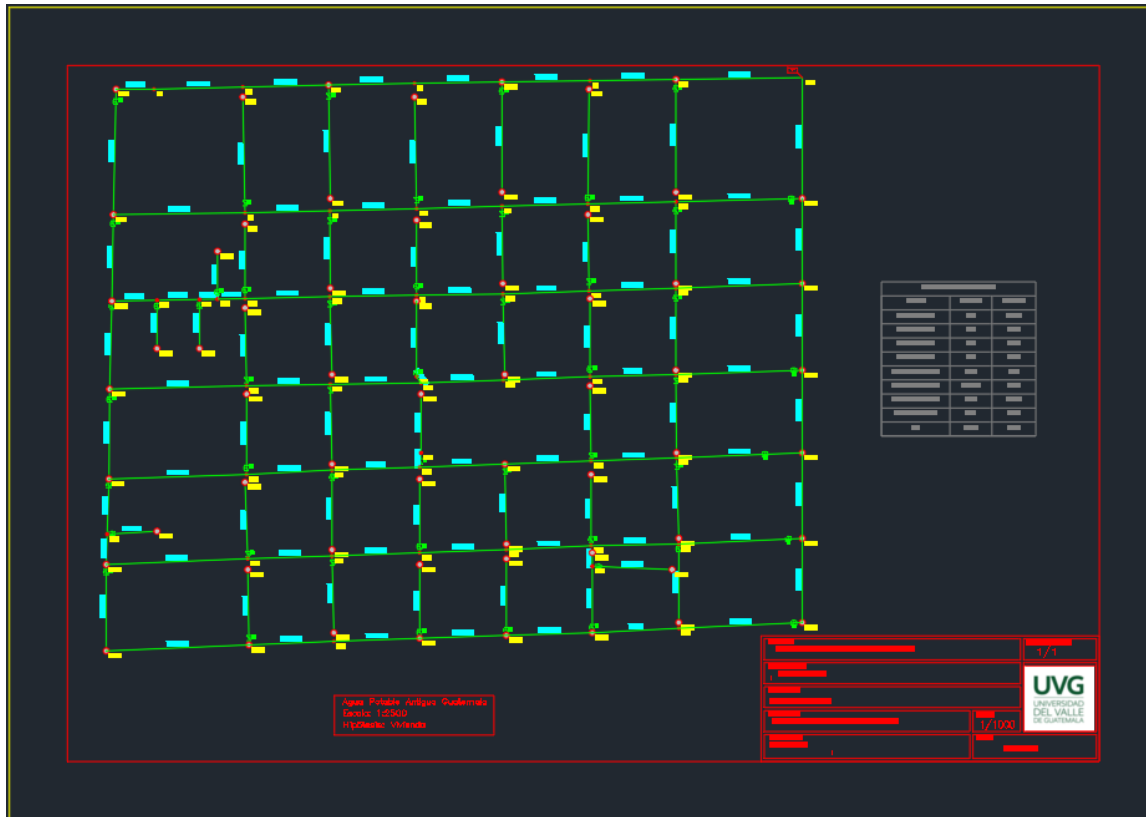
Figura 56: Nombre de fichero para plano de abastecimiento de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de exportar el archivo se procede a buscarlo en la ubicación que se guardó y abrirlo con AutoCAD para visualizar el resultado, en el mismo se editan los colores o distribución a comodidad del usuario. En la siguiente figura se ejemplifica como se ve el archivo exportado

Figura 57: Plano de abastecimiento de agua exportado a programa de dibujo.



Fuente: Elaboración propia.

5.4. Resultados de análisis de abastecimiento de agua de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez

5.4.1. Áreas tributarias de nudos de consumo para el sistema de abastecimiento de agua

La siguiente tabla se obtuvo con ayuda del programa QGIS del cual se extrajeron las áreas para cada nodo, mientras que en Excel donde se calculó la densidad poblacional sirvió para obtener el número de personas por área tributaria y con eso introducir los datos al software Open Bim Water Supply.

Cuadro 5: Área tributaria de nudos de consumo de abastecimiento de agua.

| Habitantes por área tributaria. | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|
| Nudo de consumo | Área (km ²) | Densidad P. | Habitantes por área |
| NC01 | 0.01158 | 668.81 | 10 |
| NC02 | 0.00857 | 668.81 | 7 |
| NC03 | 0.00940 | 668.81 | 8 |
| NC04 | 0.00881 | 668.81 | 8 |
| NC05 | 0.01132 | 668.81 | 10 |
| NC06 | 0.00684 | 668.81 | 6 |
| NC07 | 0.00818 | 668.81 | 7 |
| NC08 | 0.01202 | 668.81 | 10 |
| NC09 | 0.01207 | 668.81 | 10 |
| NC10 | 0.01122 | 668.81 | 10 |
| NC11 | 0.01298 | 668.81 | 11 |
| NC12 | 0.01382 | 668.81 | 12 |
| NC13 | 0.01438 | 668.81 | 12 |
| NC14 | 0.00970 | 668.81 | 8 |
| NC15 | 0.00711 | 668.81 | 6 |
| NC16 | 0.01184 | 668.81 | 10 |
| NC17 | 0.01010 | 668.81 | 9 |
| NC18 | 0.00957 | 668.81 | 8 |
| NC19 | 0.01091 | 668.81 | 9 |
| NC20 | 0.01091 | 668.81 | 9 |
| NC21 | 0.00606 | 668.81 | 5 |
| NC22 | 0.00402 | 668.81 | 4 |
| NC23 | 0.00298 | 668.81 | 3 |
| NC24 | 0.00260 | 668.81 | 3 |
| NC25 | 0.00386 | 668.81 | 4 |
| NC26 | 0.01179 | 668.81 | 10 |
| NC27 | 0.00970 | 668.81 | 8 |
| NC28 | 0.00949 | 668.81 | 8 |

| Nudo de consumo | Área (km2) | Densidad P. | Habitantes por área |
|-----------------|------------|-------------|---------------------|
| NC29 | 0.00866 | 668.81 | 7 |
| NC30 | 0.00817 | 668.81 | 7 |
| NC31 | 0.01147 | 668.81 | 10 |
| NC32 | 0.01347 | 668.81 | 11 |
| NC33 | 0.00635 | 668.81 | 6 |
| NC34 | 0.01306 | 668.81 | 11 |
| NC35 | 0.01078 | 668.81 | 9 |
| NC36 | 0.00902 | 668.81 | 8 |
| NC37 | 0.00772 | 668.81 | 7 |
| NC38 | 0.00919 | 668.81 | 8 |
| NC39 | 0.01095 | 668.81 | 9 |
| NC40 | 0.00822 | 668.81 | 7 |
| NC41 | 0.00401 | 668.81 | 4 |
| NC42 | 0.00885 | 668.81 | 8 |
| NC43 | 0.01366 | 668.81 | 11 |
| NC44 | 0.01189 | 668.81 | 10 |
| NC45 | 0.01312 | 668.81 | 11 |
| NC46 | 0.00662 | 668.81 | 6 |
| NC47 | 0.00663 | 668.81 | 6 |
| NC48 | 0.00825 | 668.81 | 7 |
| NC49 | 0.00497 | 668.81 | 4 |
| NC50 | 0.01284 | 668.81 | 11 |
| NC51 | 0.00778 | 668.81 | 7 |
| NC52 | 0.00299 | 668.81 | 3 |
| NC53 | 0.00659 | 668.81 | 6 |
| NC57 | 0.00508 | 668.81 | 5 |
| NC54 | 0.00473 | 668.81 | 4 |
| NC55 | 0.00535 | 668.81 | 5 |
| NC56 | 0.00528 | 668.81 | 5 |
| NC58 | 0.00640 | 668.81 | 6 |
| NC59 | 0.00561 | 668.81 | 5 |
| NC60 | 0.00762 | 668.81 | 7 |
| NC61 | 0.00886 | 668.81 | 8 |
| NC62 | 0.00941 | 668.81 | 8 |

Fuente: Elaboración propia.

- Se generó un modelo de tuberías de drenaje sanitario del casco urbano de La Antigua Guatemala mediante el software Open Bim Sewerage con resultados de análisis pluviales, de los cuales se observó que existen distintos tramos que se saturan por falta de pendiente y poco diámetro.
- Se generó un modelo de tuberías de abastecimiento de agua del casco urbano de La Antigua Guatemala mediante el software Open Bim Water Supply con los resultados de análisis hidráulico.
- Se elaboró una guía sobre la implementación del software Open Bim Sewerage con la red pluvial existente en el casco urbano de La Antigua Guatemala por medio de la cual es posible el uso de esta guía para implementarse en otro poblado con problemas similares.
- Se elaboró una guía sobre la implementación del software Open Bim Water Supply con la red de abastecimiento de agua potable existente en el casco urbano de la Antigua Guatemala por medio de la cual es posible su uso para implementarse en otro poblado.
- Se caracterizaron las tuberías de alcantarilla del casco urbano de la Antigua Guatemala en función del caudal de aportación por áreas tributarias y las intensidades de lluvia de la zona.
- Se caracterizaron las tuberías de agua potable del casco urbano de La Antigua Guatemala en función de la dotación del caudal para cada nodo de análisis.
- Se modelaron los sistemas hidráulicos de drenaje y abastecimiento por medio de líneas parametrizadas en función del área tributaria, coeficiente de escorrentía, pendiente de terreno, pendiente de tubería, velocidades máximas y mínimas.

A la Universidad del Valle de Guatemala

- Incluir entre su listado de programas a enseñar, los softwares Open Bim Sewerage y Open Bim Water Supply, de los cuales ya se cuenta con la licencia para su uso.
- A la facultad de Ingeniería Civil, reforzar con programas Bim, los ejercicios de instalaciones hidráulicas y eléctricas en infraestructura urbana.

A la entidad encargada

- Invertir en la implementación de Bim en las redes existentes para planificación de rehabilitación de las mismas y el diseño de una red exclusiva para el agua pluvial captada por los techos de las viviendas, con el fin de reducir la carga de la red de drenaje existente.
- Considerar un sistema de drenaje sanitario independiente al pluvial con el objetivo de liberar las tuberías de saturarse cuando precipita mucho tiempo.
- Para mejorar el diseño de alcantarillas se recomienda tomar en cuenta el desnivel que existe de Este a Oeste en lugar de Norte a Sur donde las curvas de nivel son más suaves, este cambio podría mejorar los tramos de tubería que tienen muy poca pendiente y por ello no cumplen con los requisitos de diseño.
- Se recomienda hacer una propuesta para mejorar el sistema de tragantes del casco urbano debido a que el mismo tiene pocos tragantes y en su mayoría están en mal estado.
- Si en algún momento se aprueba algún proyecto para reemplazar las tuberías de drenaje se recomienda que se utilice ducto de fibro-cemento o concreto armado, pues el concreto masa no es aconsejable trabajarlo con diámetros grandes que se necesitan para el adecuado manejo de aguas pluviales en esta zona.

- Es indispensable mantener e incrementar las zonas verdes en el casco urbano de La Antigua Guatemala, pues sirven como recarga directa del acuífero y permite disminuir el coeficiente de escorrentía a la hora de asignar caudales para tuberías.
- Para un futuro proponer la actualización de las tuberías de abastecimiento de agua del municipio ya que en su mayoría es de hierro fundido, actualmente existen otras alternativas con mejores propiedades y más económicas.
- Con el fin de promover el desarrollo, la municipalidad de La Antigua Guatemala debería invertir en sistemas inteligentes para la medición del consumo de agua potable en distintos puntos del casco urbano, para tener un control exacto y de fácil acceso para la detección de pérdidas de caudal y dar pronta solución.
- En conjunto con el monitoreo del caudal del agua potable es importante invertir en la calidad del agua potable por medio de filtros y pruebas de microorganismos para su apropiado consumo.
- La elaboración de una guía de operación y mantenimiento de las redes hidráulicas existentes para evitar problemas por falta de limpieza o deterioro de los elementos hidráulicos.
- Así como debe haber un mantenimiento y una inversión en la red hidráulica del casco urbano, la tiene que haber en las zonas afuera del casco, debido a que también habita un número considerable de personas que demandan agua potable y drenajes.

Al profesional

- Importar un archivo IFC4. con la topografía del terreno utilizando bimserver.center debido a que se ahorra todo el trabajo de asignar cotas de rasante a cada nudo. Además que da la opción a tener una mejor visual sobre el modelo en 3D.
- A la hora de realizar un modelo Bim, a partir de una estructura o red existente, asegurarse de obtener la mayoría de los coeficientes y parámetros que se tomaron en cuenta para su desarrollo, con el objetivo de que la comprobación del sistema sea lo más certera posible.
- Buscar y proponer nuevas opciones viables de abastecimiento de agua potable para mejorar la red de distribución de La Antigua Guatemala.
- Verificar la proyección de habitantes de La Antigua Guatemala en base al censo más reciente para obtener datos más cercanos a la realidad actual.

- [1] J. M. Fernandez Güell, “Ciudades inteligentes: la mitificación de las nuevas tecnologías como respuesta a los retos de las ciudades contemporáneas”, *Universidad Politécnica de Madrid*, págs. 17-28, 2015. dirección: <http://www.minetad.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/395/JM%20FERNANDEZ%20GUELL.pdf>.
- [2] E. González, *Ejemplos de Smart Cities o ciudades inteligentes en el mundo*. dirección: <https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/ejemplos-de-smart-city-o-ciudades-inteligentes-en-el-mundo> (visitado 03-03-2019).
- [3] D. Lazovska, *10 elementos para crear una ciudad inteligente* “ExpokNews”, 2018. dirección: <https://www.expoknews.com/10-elementos-para-crear-una-ciudad-inteligente/> (visitado 20-03-2019).
- [4] J. Ramón Rodríguez-Mateo, *Centroamérica Agua, cultura y territorio*. 2017, ISBN: 9788469786635. dirección: <https://rio.upo.es/xmlui/bitstream/handle/10433/5452/ram%7B%5C%20%7Bi%7D%7Drez%7B%5C%20%7Dklee%7B%5C%20%7Dnelly%7B%5C%20%7Delizabeth.pdf?sequence=1%7B%5C%20%7DisAllowed=y>.
- [5] J. E. Cáceres, “Tecnología hidráulica colonial. En XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala”, 2010. dirección: <http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2016/12/16.09%7B%5C%20%7DCaceres.pdf>.
- [6] P. Sastre Olmos, “Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad”, Instituto Minero y Geológico de España, inf. téc., 2010, pág. 58. dirección: <https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2018/08/Sistemas-de-Informaci%7B%5C%20%7Bo%7D%7Dn-Geogr%7C%3%A1fica-SIG-T%7C%3%A9cnicas-b%7C%3%A1sicas-para-estudios-de-biodiversidad.pdf>.
- [7] AGER INGENIEROS, “LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”, inf. téc., 2003, pág. 10. dirección: www.ageringenieros.com.
- [8] J. M. Jiménez Terán, “MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO”, Universidad Veracruzana, inf. téc., pág. 209.

- [9] SIAPA, “Alcantarillado Pluvial.”, inf. téc., 2014, pág. 38. dirección: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo%7B%5C_%7D3.%7B%5C_%7Dalcantarillado%7B%5C_%7Dpluvial.pdf.
- [10] Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua”, inf. téc., 2005, pág. 13. dirección: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/043%7B%5C_%7Ddise%C3%B1o%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7Dredes%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7Ddistribuci%C3%B3n/dise%C3%B1o%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7Dredes%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7Ddistribuci%C3%B3n.pdf.
- [11] SIAPA, “ALCANTARILLADO SANITARIO”, en *Lineamientos Técnicos para Factibilidades*. 2014, cap. CAPITULO 3, pág. 38. dirección: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo%7B%5C_%7D3.%7B%5C_%7Dalcantarillado%7B%5C_%7Dsanitario.pdf.
- [12] S. A. CYPE Ingenieros, *Abastecimiento de agua - Open BIM Water Supply*. dirección: <http://open-bim-water-supply.cype.es/> (visitado 18-09-2019).
- [13] CadBim3D, *¿Cómo se realiza el diseño de tuberías en AutoCAD Plant 3D? - cad-BIM3D*, 2016. dirección: <https://www.cadbim3d.com/2016/06/como-se-realiza-el-diseno-de-tuberias-autocad-plant-3d.html> (visitado 19-05-2019).
- [14] S. CYPE Ingenieros, *Alcantarillado - Open BIM Sewerage*. dirección: <http://open-bim-sewerage.cype.es/> (visitado 18-09-2019).
- [15] Hidrasoftware, *Plumber - Software para el Cálculo y Diseño de Instalaciones Sanitarias / HydraSoftware*. dirección: <https://www.hidrasoftware.com/plumber/> (visitado 20-05-2019).
- [16] 4M, *FineSANI*. dirección: https://www.4msa.com/index.php?option=com%7B%5C_%7Dcontent%7B%5C_%7Dview=article%7B%5C_%7Ddid=22%7B%5C_%7Ditemid=156%7B%5C_%7Dlang=en.
- [17] Autodesk, *AutoCAD P&ID and Plant 3D Technologies | Autodesk Developer Network*. dirección: <https://www.autodesk.com/developer-network/platform-technologies/autocad-p-id-and-plant-3d>.
- [18] Autodesk Revit, *Software Revit para MEP | Autodesk*. dirección: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/mep> (visitado 20-05-2019).
- [19] B. Roger Martínez Martínez, A. Por, I. Manuel y A. A. Ochaeta, “DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA YOLWITZ DEL MUNICIPIO DE SAN MATEO IXTATÁN, HUEHUETENANGO”, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010, pág. 116. dirección: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08%7B%5C_%7D3095%7B%5C_%7DC.pdf.
- [20] A. Rocha, *HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES*, Primera Ed. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2007, pág. 530. dirección: <https://luisalderonf.files.wordpress.com/2012/01/hidraulica-de-tuberias-y-canales.pdf>.

- [21] D. N. Oliva, “DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LOS CASERÍOS PUEBLO VIEJO Y PLAN GRANDE CHIGUALMOP, MUNICIPIO DE CANILLÁ, DEPARTAMENTO DE EL QUICHÉ DARIO NOÉ OLIVA OLIVA ASESORADO POR ING. LUIS G. ALFARO VÉLIZ Guatemala, noviembre de 2005 Universidad de Sa”, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005, pág. 159. dirección: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08%7B%5C_%7D0064.pdf.
- [22] Instituto Nacional de Estadística., “Portal de Resultados del Censo 2018”, Guatemala, inf. téc., 2019. dirección: <https://www.censopoblacion.gt/graficas>.
- [23] S. Gonzalez, “Guía para generación de ortofotos utilizando fotogrametría aérea, aplicada en el casco urbano de Antigua Guatemala”, Universidad del Valle de Guatemala, 2019, pág. 165.
- [24] D. A. De León, “Propuesta de diseño de sistema de alcantarillado sanitario para La Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala”, Universidad del Valle de Guatemala, 2018, pág. 111.
- [25] INSIVUMEH., “Informe de intensidades de lluvia de Guatemala”, INSIVUMEH, Guatemala, inf. téc., 2004, pág. 12. dirección: <http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/INFORME%20de%20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf>.
- [26] H. Turcios Castro, “ANÁLISIS DE INUNDACIONES PLUVIALES EN LA CIUDAD DE ANTIGUA GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A. Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -ICC-, GUATEMALA, C.A.”, Universidad de San Carlos de Guatemala., 2018, pág. 175.
- [27] Z. E. Kestler, “Propuesta de diseño del nueva sistema de abastecimiento de agua potable en La Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.”, Universidad del Valle de Guatemala, 2018, pág. 151.
- [28] SEGEPLAN, “Plan de desarrollo, Antigua Guatemala, Sacatepéquez”, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia., Guatemala, inf. téc., 2010, pág. 114.

9.1. Listado de materiales utilizados en el modelo

A continuación se presenta el informe obtenido del software Open Bim Sewerage, luego que se corre el análisis de tuberías para saber cuales son las que están fallando.



Listado general de la instalación

1. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE SANEAMIENTO

- Título: DRENAJES PLUVIALES
- Dirección: Antigua Guatemala
- Población: 46054
- Fecha: Octubre 2019

La velocidad de la instalación deberá quedar por encima del mínimo establecido, para evitar sedimentación, incrustaciones y estancamiento, y por debajo del máximo, para que no se produzca erosión.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales utilizados para esta instalación son:

A 4000 TUBO HM - Coeficiente de Manning: 0.01300

| Descripción | Geometría | Dimensión | Diámetros mm |
|-------------|-----------|-----------|--------------|
| DN150 | Circular | Diámetro | 147.0 |
| DN250 | Circular | Diámetro | 247.0 |
| DN300 | Circular | Diámetro | 296.0 |
| DN350 | Circular | Diámetro | 346.0 |
| DN400 | Circular | Diámetro | 396.0 |
| DN500 | Circular | Diámetro | 495.0 |
| DN600 | Circular | Diámetro | 594.0 |
| DN800 | Circular | Diámetro | 793.0 |
| DN900 | Circular | Diámetro | 900.0 |
| DN1000 | Circular | Diámetro | 1000.0 |
| DN1100 | Circular | Diámetro | 1100.0 |
| DN1250 | Circular | Diámetro | 1250.0 |
| DN1400 | Circular | Diámetro | 1400.0 |
| DN1850 | Circular | Diámetro | 1850.0 |
| DN2000 | Circular | Diámetro | 2000.0 |

El diámetro a utilizar se calculará de forma que la velocidad en la conducción no exceda la velocidad máxima y supere la velocidad mínima establecidas para el cálculo.

3. DESCRIPCIÓN DE TERRENOS

Las características de los terrenos a excavar se detallan a continuación.

| Descripción | Lecho cm | Relleno cm | Ancho mínimo cm | Distancia lateral cm | Talud |
|--------------------|----------|------------|-----------------|----------------------|-------|
| Terrenos cohesivos | 20 | 20 | 70 | 25 | 1/3 |



Listado general de la instalación

4. FORMULACIÓN

Para el cálculo de conducciones de saneamiento, se emplea la fórmula de Manning - Strickler.

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{(2/3)} \cdot So^{(1/2)}}{n}$$

$$v = \frac{Rh^{(2/3)} \cdot So^{(1/2)}}{n}$$

donde:

- Q es el caudal en m³/s
- v es la velocidad del fluido en m/s
- A es la sección de la lámina de fluido (m²).
- Rh es el radio hidráulico de la lámina de fluido (m).
- So es la pendiente de la solera del canal (desnivel por longitud de conducción).
- n es el coeficiente de Manning.

5. COMBINACIONES

A continuación se detallan las hipótesis utilizadas en los aportes, y las combinaciones que se han realizado ponderando los valores consignados para cada hipótesis.

| Combinación | Hipótesis Pluviales |
|-------------|---------------------|
| Pluviales | 1.00 |

6. RESULTADOS

6.1 Listado de nudos

| Combinación: Pluviales | | | | |
|------------------------|---------|--------------|-----------------|---------|
| Nudo | Cota m | Prof. Pozo m | Caudal sim. l/s | Coment. |
| PV-012 | 1543.00 | 2.09 | 85.49617 | |
| PV-013 | 1542.80 | 2.60 | 115.47959 | |
| PV-014 | 1542.45 | 2.60 | 44.99738 | |
| PV-015 | 1542.00 | 2.60 | 103.99335 | |
| PV-016 | 1541.00 | 2.60 | 114.99346 | |
| PV-017 | 1540.00 | 3.50 | 95.19979 | |
| PV-018 | 1544.00 | 1.75 | 13.53956 | |
| PV-019 | 1543.00 | 1.80 | 71.51113 | |
| PV-020 | 1541.77 | 1.90 | 54.75348 | |



Listado general de la instalación

| Nudo | Cota m | Prof. Pozo m | Caudal sim. l/s | Coment. |
|---------|-----------|-----------------|--------------------|---------|
| PV-024 | 1539.00 | 3.50 | 51.03465 | |
| PV-025A | 1539.00 | 2.75 | 64.89737 | |
| PV-034B | 1538.17 | 2.75 | 16.94738 | |
| PV-035 | 1537.00 | 3.50 | 48.24119 | |
| PV-036 | 1536.43 | 3.50 | 21.45431 | |
| PV-054 | 1535.00 | 3.50 | 50.74762 | |
| PV-055 | 1536.23 | 3.50 | 75.16393 | |
| PV-056 | 1537.13 | 3.50 | 103.58540 | |
| PV-057 | 1539.44 | 3.50 | 100.68386 | |
| PV-058 | 1539.57 | 3.50 | 146.32062 | |
| PV-059 | 1539.81 | 2.29 | 141.26431 | |
| PV-060A | 1540.00 | 2.29 | 119.94204 | |
| PV-065A | 1539.00 | 2.50 | 104.54933 | |
| PV-066 | 1537.31 | 2.50 | 108.43148 | |
| PV-067 | 1536.90 | 2.60 | 105.96291 | |
| PV-068 | 1536.50 | 2.60 | 86.87222 | |
| PV-069 | 1536.00 | 2.60 | 83.13394 | |
| PV-070 | 1535.00 | 2.60 | 61.35021 | |
| PV-071 | 1534.75 | 2.75 | 50.30041 | |
| PV-072B | 1534.00 | 3.50 | 52.86765 | |
| PV-078 | 1533.00 | 3.50 | 58.32532 | |
| PV-079 | 1533.50 | 2.50 | 63.68116 | |
| PV-080 | 1534.00 | 2.40 | 88.29241 | |
| PV-081 | 1535.00 | 2.40 | 86.94589 | |
| PV-082 | 1537.00 | 2.40 | 87.36253 | |
| PV-083A | 1537.50 | 2.29 | 126.17947 | |
| PV-084 | 1538.00 | 2.29 | 90.17198 | |
| PV-088 | 1537.17 | 2.09 | 49.39798 | |
| PV-089 | 1536.32 | 2.50 | 133.38569 | |
| PV-090 | 1536.00 | 2.50 | 66.25988 | |
| PV-091 | 1534.43 | 2.50 | 80.64279 | |
| PV-092 | 1533.00 | 2.50 | 62.96499 | |
| PV-093 | 1532.29 | 2.75 | 63.43827 | |
| PV-094 | 1531.00 | 3.50 | 62.97611 | |
| PV-098 | 1529.67 | 3.50 | 63.43305 | |
| PV-099 | 1531.00 | 2.90 | 62.16298 | |
| PV-100 | 1532.00 | 2.75 | 54.13703 | |
| PV-101 | 1533.68 | 2.75 | 60.38975 | |
| PV-102 | 1534.86 | 2.75 | 78.17944 | |
| PV-103 | 1535.00 | 2.75 | 115.00075 | |
| PV-104 | 1536.00 | 2.60 | 87.75415 | |
| PV-115 | 1535.00 | 2.50 | 88.70175 | |
| PV-116 | 1534.00 | 2.60 | 123.07431 | |



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Nudo | Cota m | Prof. Pozo m | Caudal sim. l/s | Coment. |
|--------|---------|--------------|-----------------|---------|
| PV-117 | 1533.00 | 2.60 | 62.51985 | |
| PV-118 | 1532.86 | 2.60 | 68.20929 | |
| PV-119 | 1531.00 | 2.60 | 63.85039 | |
| PV-120 | 1530.00 | 2.90 | 64.12212 | |
| PV-121 | 1528.00 | 3.50 | 64.14332 | |
| PV-125 | 1531.00 | 1.65 | 22.83836 | |
| PV-130 | 1533.80 | 1.99 | 29.70856 | |
| PV-131 | 1534.00 | 1.85 | 118.84120 | |
| PV-141 | 1533.48 | 1.85 | 36.02522 | |
| PV-142 | 1531.20 | 2.60 | 127.47074 | |
| PV-143 | 1530.00 | 2.60 | 119.85483 | |
| PV-144 | 1529.71 | 2.60 | 87.73955 | |
| PV-145 | 1528.00 | 2.90 | 123.00759 | |
| PV-146 | 1527.00 | 3.50 | 121.48941 | |
| SM1 | 1526.00 | 3.50 | 5256.39284 | |

6.2 Listado de tramos

Valores negativos en caudal o velocidad indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

Combinación: Pluviales

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s | Coment. |
|---------|---------|------------|--------------|-------------|------------|-----------|---------------|---------|
| N1 | PV-054 | 75.63 | DN900 | 0.24 | 686.96017 | 596.68 | 1.53 | |
| N1 | PV-055 | 33.46 | DN900 | 3.14 | -686.96017 | 282.86 | -4.01 | |
| PV-012 | PV-013 | 65.74 | DN600 | 0.30 | 85.49617 | 206.37 | 1.00 | |
| PV-013 | PV-014 | 96.31 | DN1100 | 0.36 | 200.97576 | 243.93 | 1.28 | |
| PV-014 | PV-015 | 110.26 | DN1100 | 0.41 | 245.97314 | 262.15 | 1.42 | |
| PV-015 | PV-016 | 111.72 | DN1100 | 0.90 | 349.96648 | 256.93 | 2.07 | |
| PV-016 | PV-017 | 106.68 | DN1100 | 0.94 | 464.95994 | 293.08 | 2.29 | |
| PV-017 | PV-024 | 110.28 | DN2000 | 0.91 | 560.15973 | 268.53 | 2.23 | |
| PV-018 | PV-019 | 111.13 | DN250 | 0.90 | 13.53956 | 83.79 | 0.95 | |
| PV-019 | PV-020 | 105.51 | DN300 | 1.17 | 85.05069 | 208.54 | 1.64 | |
| PV-020 | PV-025A | 217.58 | DN400 | 1.27 | 139.80416 | 223.63 | 1.95 | |
| PV-024 | PV-035 | 108.90 | DN2000 | 1.84 | 611.19438 | 236.36 | 2.93 | |
| PV-025A | PV-034B | 40.46 | DN1250 | 2.05 | 204.70153 | 155.29 | 2.33 | |
| PV-034B | PV-035 | 73.63 | DN1250 | 1.59 | 221.64892 | 171.56 | 2.18 | |
| PV-035 | PV-036 | 70.41 | DN1250 | 0.81 | 881.08449 | 403.30 | 2.57 | |
| PV-036 | PV-054 | 88.74 | DN1000 | 1.61 | 902.53880 | 373.21 | 3.38 | |
| PV-054 | PV-072B | 112.66 | DN1400 | 0.89 | 1640.24659 | 522.02 | 3.13 | |
| PV-055 | PV-056 | 111.22 | DN1100 | 0.81 | -611.79624 | 350.55 | -2.35 | |
| PV-056 | PV-057 | 107.65 | DN2000 | 2.15 | -508.21084 | 208.52 | -2.92 | |
| PV-057 | PV-058 | 111.53 | DN1400 | 0.12 | -407.52698 | 427.85 | -1.02 | |
| PV-058 | PV-059 | 111.66 | DN800 | 0.21 | -261.20636 | 366.33 | -1.17 | |

Página 4

Fuente: Open Bim Sewerage



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s | Coment. |
|---------|---------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|--------------|
| PV-059 | PV-060A | 165.22 | DN800 | 0.11 | -119.94204 | 283.60 | -0.76 | Vel.min. |
| PV-065A | PV-066 | 159.22 | DN1000 | 1.06 | 104.54933 | 140.29 | 1.56 | |
| PV-066 | PV-067 | 112.51 | DN1000 | 0.36 | 212.98080 | 259.22 | 1.32 | |
| PV-067 | PV-068 | 110.68 | DN1100 | 0.36 | 318.94372 | 308.36 | 1.46 | |
| PV-068 | PV-069 | 108.99 | DN1100 | 0.46 | 405.81594 | 328.24 | 1.71 | |
| PV-069 | PV-070 | 109.81 | DN1100 | 0.91 | 488.94988 | 302.91 | 2.30 | |
| PV-070 | PV-071 | 26.46 | DN800 | 0.94 | 550.30008 | 367.35 | 2.46 | |
| PV-071 | PV-072B | 85.56 | DN1250 | 0.88 | 600.60049 | 324.49 | 2.37 | |
| PV-072B | PV-078 | 110.20 | DN1850 | 0.91 | 2293.71473 | 553.36 | 3.40 | |
| PV-078 | PV-079 | 110.60 | DN1000 | 0.45 | -542.63344 | 399.75 | -1.85 | |
| PV-078 | PV-094 | 112.68 | DN2000 | 1.77 | 2894.67349 | 510.47 | 4.58 | |
| PV-079 | PV-080 | 110.55 | DN800 | 0.45 | -478.95228 | 420.32 | -1.80 | |
| PV-080 | PV-081 | 108.55 | DN600 | 0.92 | -390.65987 | 359.54 | -2.23 | |
| PV-081 | PV-082 | 111.23 | DN900 | 1.80 | -303.71398 | 214.97 | -2.60 | |
| PV-082 | PV-083A | 113.66 | DN800 | 0.44 | -216.35145 | 271.68 | -1.45 | |
| PV-083A | PV-084 | 160.53 | DN800 | 0.31 | -90.17198 | 189.39 | -1.00 | |
| PV-088 | PV-089 | 161.99 | DN600 | 0.52 | 49.39798 | 135.47 | 1.04 | |
| PV-089 | PV-090 | 111.62 | DN1000 | 0.29 | 182.78367 | 254.93 | 1.16 | |
| PV-090 | PV-091 | 113.54 | DN1000 | 1.38 | 249.04355 | 200.86 | 2.21 | |
| PV-091 | PV-092 | 109.01 | DN1000 | 1.31 | 329.68634 | 233.97 | 2.36 | |
| PV-092 | PV-093 | 110.57 | DN1000 | 0.64 | 392.65132 | 306.70 | 1.92 | |
| PV-093 | PV-094 | 110.35 | DN1250 | 1.17 | 456.08959 | 263.03 | 2.43 | |
| PV-094 | PV-098 | 111.40 | DN2000 | 1.19 | 3413.73918 | 614.73 | 4.16 | |
| PV-098 | PV-099 | 110.35 | DN1400 | 1.21 | -457.62410 | 252.34 | -2.42 | |
| PV-098 | PV-121 | 109.93 | DN2000 | 1.52 | 3934.79634 | 621.65 | 4.73 | Vel.máx. |
| PV-099 | PV-100 | 111.10 | DN1250 | 0.90 | -395.46112 | 261.48 | -2.12 | |
| PV-100 | PV-101 | 110.64 | DN1250 | 1.52 | -341.32409 | 213.87 | -2.44 | |
| PV-101 | PV-102 | 113.25 | DN1250 | 1.04 | -280.93434 | 213.20 | -2.02 | |
| PV-102 | PV-103 | 111.00 | DN1250 | 0.13 | -202.75490 | 305.93 | -0.87 | |
| PV-103 | PV-104 | 162.94 | DN1100 | 0.61 | -87.75415 | 143.19 | -1.21 | |
| PV-115 | PV-116 | 162.46 | DN1000 | 0.62 | 88.70175 | 147.81 | 1.23 | |
| PV-116 | PV-117 | 110.68 | DN1100 | 0.90 | 211.77606 | 199.90 | 1.80 | |
| PV-117 | PV-118 | 112.89 | DN1100 | 0.12 | 274.29591 | 376.41 | 0.95 | |
| PV-118 | PV-119 | 114.65 | DN1100 | 1.62 | 342.50520 | 219.27 | 2.54 | |
| PV-119 | PV-120 | 108.83 | DN1100 | 0.92 | 406.35559 | 275.15 | 2.19 | |
| PV-120 | PV-121 | 111.45 | DN1400 | 1.79 | 470.47772 | 232.08 | 2.81 | |
| PV-121 | SM1 | 184.35 | DN2000 | 1.08 | 4469.41738 | 726.39 | 4.34 | |
| PV-125 | PV-144 | 94.29 | DN150 | 1.37 | 22.83836 | 147.00 | 1.35 | Calado>100 % |
| PV-130 | PV-142 | 99.24 | DN500 | 2.62 | 29.70856 | 75.22 | 1.61 | |
| PV-131 | PV-141 | 48.36 | DN350 | 1.08 | 118.84120 | 236.29 | 1.74 | |
| PV-141 | PV-142 | 161.69 | DN250 | 1.41 | 154.86642 | 247.00 | 3.23 | Calado>100 % |
| PV-142 | PV-143 | 111.64 | DN1100 | 1.07 | 312.04572 | 231.84 | 2.14 | |
| PV-143 | PV-144 | 113.84 | DN1100 | 0.25 | 431.90054 | 395.67 | 1.40 | |



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s | Coment. |
|--------|--------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|---------|
| PV-144 | PV-145 | 116.16 | DN1100 | 1.47 | 542.47846 | 282.65 | 2.81 | |
| PV-145 | PV-146 | 110.59 | DN1400 | 0.90 | 665.48605 | 326.11 | 2.44 | |
| PV-146 | SM1 | 111.62 | DN2000 | 0.90 | 786.97546 | 317.44 | 2.45 | |

7. ENVOLVENTE

Se indican los máximos de los valores absolutos.

Envolvente de máximos

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s |
|---------|---------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| N1 | PV-054 | 75.63 | DN900 | 0.24 | 686.96017 | 596.68 | 1.53 |
| N1 | PV-055 | 33.46 | DN900 | 3.14 | 686.96017 | 282.86 | 4.01 |
| PV-012 | PV-013 | 65.74 | DN600 | 0.30 | 85.49617 | 206.37 | 1.00 |
| PV-013 | PV-014 | 96.31 | DN1100 | 0.36 | 200.97576 | 243.93 | 1.28 |
| PV-014 | PV-015 | 110.26 | DN1100 | 0.41 | 245.97314 | 262.15 | 1.42 |
| PV-015 | PV-016 | 111.72 | DN1100 | 0.90 | 349.96648 | 256.93 | 2.07 |
| PV-016 | PV-017 | 106.68 | DN1100 | 0.94 | 464.95994 | 293.08 | 2.29 |
| PV-017 | PV-024 | 110.28 | DN2000 | 0.91 | 560.15973 | 268.53 | 2.23 |
| PV-018 | PV-019 | 111.13 | DN250 | 0.90 | 13.53956 | 83.79 | 0.95 |
| PV-019 | PV-020 | 105.51 | DN300 | 1.17 | 85.05069 | 208.54 | 1.64 |
| PV-020 | PV-025A | 217.58 | DN400 | 1.27 | 139.80416 | 223.63 | 1.95 |
| PV-024 | PV-035 | 108.90 | DN2000 | 1.84 | 611.19438 | 236.36 | 2.93 |
| PV-025A | PV-034B | 40.46 | DN1250 | 2.05 | 204.70153 | 155.29 | 2.33 |
| PV-034B | PV-035 | 73.63 | DN1250 | 1.59 | 221.64892 | 171.56 | 2.18 |
| PV-035 | PV-036 | 70.41 | DN1250 | 0.81 | 881.08449 | 403.30 | 2.57 |
| PV-036 | PV-054 | 88.74 | DN1000 | 1.61 | 902.53880 | 373.21 | 3.38 |
| PV-054 | PV-072B | 112.66 | DN1400 | 0.89 | 1640.24659 | 522.02 | 3.13 |
| PV-055 | PV-056 | 111.22 | DN1100 | 0.81 | 611.79624 | 350.55 | 2.35 |
| PV-056 | PV-057 | 107.65 | DN2000 | 2.15 | 508.21084 | 208.52 | 2.92 |
| PV-057 | PV-058 | 111.53 | DN1400 | 0.12 | 407.52698 | 427.85 | 1.02 |
| PV-058 | PV-059 | 111.66 | DN800 | 0.21 | 261.20636 | 366.33 | 1.17 |
| PV-059 | PV-060A | 165.22 | DN800 | 0.11 | 119.94204 | 283.60 | 0.76 |
| PV-065A | PV-066 | 159.22 | DN1000 | 1.06 | 104.54933 | 140.29 | 1.56 |
| PV-066 | PV-067 | 112.51 | DN1000 | 0.36 | 212.98080 | 259.22 | 1.32 |
| PV-067 | PV-068 | 110.68 | DN1100 | 0.36 | 318.94372 | 308.36 | 1.46 |
| PV-068 | PV-069 | 108.99 | DN1100 | 0.46 | 405.81594 | 328.24 | 1.71 |
| PV-069 | PV-070 | 109.81 | DN1100 | 0.91 | 488.94988 | 302.91 | 2.30 |
| PV-070 | PV-071 | 26.46 | DN800 | 0.94 | 550.30008 | 367.35 | 2.46 |
| PV-071 | PV-072B | 85.56 | DN1250 | 0.88 | 600.60049 | 324.49 | 2.37 |
| PV-072B | PV-078 | 110.20 | DN1850 | 0.91 | 2293.71473 | 553.36 | 3.40 |
| PV-078 | PV-079 | 110.60 | DN1000 | 0.45 | 542.63344 | 399.75 | 1.85 |
| PV-078 | PV-094 | 112.68 | DN2000 | 1.77 | 2894.67349 | 510.47 | 4.58 |
| PV-079 | PV-080 | 110.55 | DN800 | 0.45 | 478.95228 | 420.32 | 1.80 |

Página 6

Fuente: Open Bim Sewerage



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s |
|---------|---------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| PV-080 | PV-081 | 108.55 | DN600 | 0.92 | 390.65987 | 359.54 | 2.23 |
| PV-081 | PV-082 | 111.23 | DN900 | 1.80 | 303.71398 | 214.97 | 2.60 |
| PV-082 | PV-083A | 113.66 | DN800 | 0.44 | 216.35145 | 271.68 | 1.45 |
| PV-083A | PV-084 | 160.53 | DN800 | 0.31 | 90.17198 | 189.39 | 1.00 |
| PV-088 | PV-089 | 161.99 | DN600 | 0.52 | 49.39798 | 135.47 | 1.04 |
| PV-089 | PV-090 | 111.62 | DN1000 | 0.29 | 182.78367 | 254.93 | 1.16 |
| PV-090 | PV-091 | 113.54 | DN1000 | 1.38 | 249.04355 | 200.86 | 2.21 |
| PV-091 | PV-092 | 109.01 | DN1000 | 1.31 | 329.68634 | 233.97 | 2.36 |
| PV-092 | PV-093 | 110.57 | DN1000 | 0.64 | 392.65132 | 306.70 | 1.92 |
| PV-093 | PV-094 | 110.35 | DN1250 | 1.17 | 456.08959 | 263.03 | 2.43 |
| PV-094 | PV-098 | 111.40 | DN2000 | 1.19 | 3413.73918 | 614.73 | 4.16 |
| PV-098 | PV-099 | 110.35 | DN1400 | 1.21 | 457.62410 | 252.34 | 2.42 |
| PV-098 | PV-121 | 109.93 | DN2000 | 1.52 | 3934.79634 | 621.65 | 4.73 |
| PV-099 | PV-100 | 111.10 | DN1250 | 0.90 | 395.46112 | 261.48 | 2.12 |
| PV-100 | PV-101 | 110.64 | DN1250 | 1.52 | 341.32409 | 213.87 | 2.44 |
| PV-101 | PV-102 | 113.25 | DN1250 | 1.04 | 280.93434 | 213.20 | 2.02 |
| PV-102 | PV-103 | 111.00 | DN1250 | 0.13 | 202.75490 | 305.93 | 0.87 |
| PV-103 | PV-104 | 162.94 | DN1100 | 0.61 | 87.75415 | 143.19 | 1.21 |
| PV-115 | PV-116 | 162.46 | DN1000 | 0.62 | 88.70175 | 147.81 | 1.23 |
| PV-116 | PV-117 | 110.68 | DN1100 | 0.90 | 211.77606 | 199.90 | 1.80 |
| PV-117 | PV-118 | 112.89 | DN1100 | 0.12 | 274.29591 | 376.41 | 0.95 |
| PV-118 | PV-119 | 114.65 | DN1100 | 1.62 | 342.50520 | 219.27 | 2.54 |
| PV-119 | PV-120 | 108.83 | DN1100 | 0.92 | 406.35559 | 275.15 | 2.19 |
| PV-120 | PV-121 | 111.45 | DN1400 | 1.79 | 470.47772 | 232.08 | 2.81 |
| PV-121 | SM1 | 184.35 | DN2000 | 1.08 | 4469.41738 | 726.39 | 4.34 |
| PV-125 | PV-144 | 94.29 | DN150 | 1.37 | 22.83836 | 147.00 | 1.35 |
| PV-130 | PV-142 | 99.24 | DN500 | 2.62 | 29.70856 | 75.22 | 1.61 |
| PV-131 | PV-141 | 48.36 | DN350 | 1.08 | 118.84120 | 236.29 | 1.74 |
| PV-141 | PV-142 | 161.69 | DN250 | 1.41 | 154.86642 | 247.00 | 3.23 |
| PV-142 | PV-143 | 111.64 | DN1100 | 1.07 | 312.04572 | 231.84 | 2.14 |
| PV-143 | PV-144 | 113.84 | DN1100 | 0.25 | 431.90054 | 395.67 | 1.40 |
| PV-144 | PV-145 | 116.16 | DN1100 | 1.47 | 542.47846 | 282.65 | 2.81 |
| PV-145 | PV-146 | 110.59 | DN1400 | 0.90 | 665.48605 | 326.11 | 2.44 |
| PV-146 | SM1 | 111.62 | DN2000 | 0.90 | 786.97546 | 317.44 | 2.45 |

Se indican los mínimos de los valores absolutos.

Envolvente de mínimos

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s |
|--------|--------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| N1 | PV-054 | 75.63 | DN900 | 0.24 | 686.96017 | 596.68 | 1.53 |
| N1 | PV-055 | 33.46 | DN900 | 3.14 | 686.96017 | 282.86 | 4.01 |
| PV-012 | PV-013 | 65.74 | DN600 | 0.30 | 85.49617 | 206.37 | 1.00 |
| PV-013 | PV-014 | 96.31 | DN1100 | 0.36 | 200.97576 | 243.93 | 1.28 |

Página 7

Fuente: Open Bim Sewerage



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s |
|---------|---------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| PV-014 | PV-015 | 110.26 | DN1100 | 0.41 | 245.97314 | 262.15 | 1.42 |
| PV-015 | PV-016 | 111.72 | DN1100 | 0.90 | 349.96648 | 256.93 | 2.07 |
| PV-016 | PV-017 | 106.68 | DN1100 | 0.94 | 464.95994 | 293.08 | 2.29 |
| PV-017 | PV-024 | 110.28 | DN2000 | 0.91 | 560.15973 | 268.53 | 2.23 |
| PV-018 | PV-019 | 111.13 | DN250 | 0.90 | 13.53956 | 83.79 | 0.95 |
| PV-019 | PV-020 | 105.51 | DN300 | 1.17 | 85.05069 | 208.54 | 1.64 |
| PV-020 | PV-025A | 217.58 | DN400 | 1.27 | 139.80416 | 223.63 | 1.95 |
| PV-024 | PV-035 | 108.90 | DN2000 | 1.84 | 611.19438 | 236.36 | 2.93 |
| PV-025A | PV-034B | 40.46 | DN1250 | 2.05 | 204.70153 | 155.29 | 2.33 |
| PV-034B | PV-035 | 73.63 | DN1250 | 1.59 | 221.64892 | 171.56 | 2.18 |
| PV-035 | PV-036 | 70.41 | DN1250 | 0.81 | 881.08449 | 403.30 | 2.57 |
| PV-036 | PV-054 | 88.74 | DN1000 | 1.61 | 902.53880 | 373.21 | 3.38 |
| PV-054 | PV-072B | 112.66 | DN1400 | 0.89 | 1640.24659 | 522.02 | 3.13 |
| PV-055 | PV-056 | 111.22 | DN1100 | 0.81 | 611.79624 | 350.55 | 2.35 |
| PV-056 | PV-057 | 107.65 | DN2000 | 2.15 | 508.21084 | 208.52 | 2.92 |
| PV-057 | PV-058 | 111.53 | DN1400 | 0.12 | 407.52698 | 427.85 | 1.02 |
| PV-058 | PV-059 | 111.66 | DN800 | 0.21 | 261.20636 | 366.33 | 1.17 |
| PV-059 | PV-060A | 165.22 | DN800 | 0.11 | 119.94204 | 283.60 | 0.76 |
| PV-065A | PV-066 | 159.22 | DN1000 | 1.06 | 104.54933 | 140.29 | 1.56 |
| PV-066 | PV-067 | 112.51 | DN1000 | 0.36 | 212.98080 | 259.22 | 1.32 |
| PV-067 | PV-068 | 110.68 | DN1100 | 0.36 | 318.94372 | 308.36 | 1.46 |
| PV-068 | PV-069 | 108.99 | DN1100 | 0.46 | 405.81594 | 328.24 | 1.71 |
| PV-069 | PV-070 | 109.81 | DN1100 | 0.91 | 488.94988 | 302.91 | 2.30 |
| PV-070 | PV-071 | 26.46 | DN800 | 0.94 | 550.30008 | 367.35 | 2.46 |
| PV-071 | PV-072B | 85.56 | DN1250 | 0.88 | 600.60049 | 324.49 | 2.37 |
| PV-072B | PV-078 | 110.20 | DN1850 | 0.91 | 2293.71473 | 553.36 | 3.40 |
| PV-078 | PV-079 | 110.60 | DN1000 | 0.45 | 542.63344 | 399.75 | 1.85 |
| PV-078 | PV-094 | 112.68 | DN2000 | 1.77 | 2894.67349 | 510.47 | 4.58 |
| PV-079 | PV-080 | 110.55 | DN800 | 0.45 | 478.95228 | 420.32 | 1.80 |
| PV-080 | PV-081 | 108.55 | DN600 | 0.92 | 390.65987 | 359.54 | 2.23 |
| PV-081 | PV-082 | 111.23 | DN900 | 1.80 | 303.71398 | 214.97 | 2.60 |
| PV-082 | PV-083A | 113.66 | DN800 | 0.44 | 216.35145 | 271.68 | 1.45 |
| PV-083A | PV-084 | 160.53 | DN800 | 0.31 | 90.17198 | 189.39 | 1.00 |
| PV-088 | PV-089 | 161.99 | DN600 | 0.52 | 49.39798 | 135.47 | 1.04 |
| PV-089 | PV-090 | 111.62 | DN1000 | 0.29 | 182.78367 | 254.93 | 1.16 |
| PV-090 | PV-091 | 113.54 | DN1000 | 1.38 | 249.04355 | 200.86 | 2.21 |
| PV-091 | PV-092 | 109.01 | DN1000 | 1.31 | 329.68634 | 233.97 | 2.36 |
| PV-092 | PV-093 | 110.57 | DN1000 | 0.64 | 392.65132 | 306.70 | 1.92 |
| PV-093 | PV-094 | 110.35 | DN1250 | 1.17 | 456.08959 | 263.03 | 2.43 |
| PV-094 | PV-098 | 111.40 | DN2000 | 1.19 | 3413.73918 | 614.73 | 4.16 |
| PV-098 | PV-099 | 110.35 | DN1400 | 1.21 | 457.62410 | 252.34 | 2.42 |
| PV-098 | PV-121 | 109.93 | DN2000 | 1.52 | 3934.79634 | 621.65 | 4.73 |
| PV-099 | PV-100 | 111.10 | DN1250 | 0.90 | 395.46112 | 261.48 | 2.12 |



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Longitud m | Diámetros mm | Pendiente % | Caudal l/s | Calado mm | Velocidad m/s |
|--------|--------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| PV-100 | PV-101 | 110.64 | DN1250 | 1.52 | 341.32409 | 213.87 | 2.44 |
| PV-101 | PV-102 | 113.25 | DN1250 | 1.04 | 280.93434 | 213.20 | 2.02 |
| PV-102 | PV-103 | 111.00 | DN1250 | 0.13 | 202.75490 | 305.93 | 0.87 |
| PV-103 | PV-104 | 162.94 | DN1100 | 0.61 | 87.75415 | 143.19 | 1.21 |
| PV-115 | PV-116 | 162.46 | DN1000 | 0.62 | 88.70175 | 147.81 | 1.23 |
| PV-116 | PV-117 | 110.68 | DN1100 | 0.90 | 211.77606 | 199.90 | 1.80 |
| PV-117 | PV-118 | 112.89 | DN1100 | 0.12 | 274.29591 | 376.41 | 0.95 |
| PV-118 | PV-119 | 114.65 | DN1100 | 1.62 | 342.50520 | 219.27 | 2.54 |
| PV-119 | PV-120 | 108.83 | DN1100 | 0.92 | 406.35559 | 275.15 | 2.19 |
| PV-120 | PV-121 | 111.45 | DN1400 | 1.79 | 470.47772 | 232.08 | 2.81 |
| PV-121 | SM1 | 184.35 | DN2000 | 1.08 | 4469.41738 | 726.39 | 4.34 |
| PV-125 | PV-144 | 94.29 | DN150 | 1.37 | 22.83836 | 147.00 | 1.35 |
| PV-130 | PV-142 | 99.24 | DN500 | 2.62 | 29.70856 | 75.22 | 1.61 |
| PV-131 | PV-141 | 48.36 | DN350 | 1.08 | 118.84120 | 236.29 | 1.74 |
| PV-141 | PV-142 | 161.69 | DN250 | 1.41 | 154.86642 | 247.00 | 3.23 |
| PV-142 | PV-143 | 111.64 | DN1100 | 1.07 | 312.04572 | 231.84 | 2.14 |
| PV-143 | PV-144 | 113.84 | DN1100 | 0.25 | 431.90054 | 395.67 | 1.40 |
| PV-144 | PV-145 | 116.16 | DN1100 | 1.47 | 542.47846 | 282.65 | 2.81 |
| PV-145 | PV-146 | 110.59 | DN1400 | 0.90 | 665.48605 | 326.11 | 2.44 |
| PV-146 | SM1 | 111.62 | DN2000 | 0.90 | 786.97546 | 317.44 | 2.45 |

8. MEDICIÓN

A continuación se detallan las longitudes totales de los materiales utilizados en la instalación.

| A 4000 TUBO HM | |
|----------------|---------------|
| Descripción | Longitud m |
| DN150 | 94.29 |
| DN250 | 272.82 |
| DN300 | 105.51 |
| DN350 | 48.36 |
| DN400 | 217.58 |
| DN500 | 99.24 |
| DN600 | 336.29 |
| DN800 | 688.09 |
| DN900 | 220.32 |
| DN1000 | 1078.28 |
| DN1100 | 1817.31 |
| DN1250 | 826.40 |
| DN1400 | 556.58 |
| DN1850 | 110.20 |
| DN2000 | 956.83 |



Listado general de la instalación

9. MEDICIÓN EXCAVACIÓN

Los volúmenes de tierra removidos para la ejecución de la obra son:

| Descripción | Vol. excavado m ³ | Vol. arenas m ³ | Vol. zahorras m ³ |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Terrenos cohesivos | 49800.57 | 18207.18 | 23200.78 |
| Total | 49800.57 | 18207.18 | 23200.78 |

Volumen de tierras por tramos

| Inicio | Final | Terreno Inicio m | Terreno Final m | Longitud m | Prof. Inicio m | Prof. Final m | Ancho fondo cm | Talud | Vol. excavado m ³ | Vol. arenas m ³ | Vol. zahorras m ³ | Superficie pavimento m ² |
|---------|---------|------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|
| N1 | PV-054 | 1534.83 | 1534.65 | 75.63 | 3.50 | 3.50 | 150.00 | 1/3 | 662.97 | 141.97 | 472.88 | 282.36 |
| N1 | PV-055 | 1534.83 | 1535.88 | 33.46 | 3.50 | 3.50 | 150.00 | 1/3 | 293.33 | 62.81 | 209.22 | 124.93 |
| PV-012 | PV-013 | 1542.65 | 1542.45 | 65.74 | 2.09 | 2.09 | 110.00 | 1/3 | 223.40 | 75.32 | 129.87 | 157.52 |
| PV-013 | PV-014 | 1542.45 | 1542.10 | 96.31 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 593.83 | 226.30 | 276.01 | 321.03 |
| PV-014 | PV-015 | 1542.10 | 1541.65 | 110.26 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 679.87 | 259.08 | 316.00 | 367.55 |
| PV-015 | PV-016 | 1541.65 | 1540.65 | 111.72 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 688.83 | 262.50 | 320.16 | 372.39 |
| PV-016 | PV-017 | 1540.65 | 1539.65 | 106.68 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 657.74 | 250.65 | 305.71 | 355.59 |
| PV-017 | PV-024 | 1539.65 | 1538.65 | 110.28 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1373.14 | 553.45 | 473.21 | 533.04 |
| PV-018 | PV-019 | 1543.65 | 1542.65 | 111.13 | 1.75 | 1.75 | 80.00 | 1/3 | 236.46 | 67.70 | 163.43 | 207.22 |
| PV-019 | PV-020 | 1542.65 | 1541.42 | 105.51 | 1.80 | 1.80 | 80.00 | 1/3 | 234.22 | 68.52 | 158.43 | 200.18 |
| PV-020 | PV-025A | 1541.42 | 1538.65 | 217.58 | 1.90 | 1.90 | 90.00 | 1/3 | 563.01 | 175.03 | 361.18 | 449.09 |
| PV-024 | PV-035 | 1538.65 | 1536.65 | 108.90 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1355.91 | 546.51 | 467.28 | 526.36 |
| PV-025A | PV-034B | 1538.65 | 1537.82 | 40.46 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 280.52 | 107.23 | 123.64 | 142.96 |
| PV-034B | PV-035 | 1537.82 | 1536.65 | 73.63 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 510.47 | 195.13 | 224.99 | 260.14 |
| PV-035 | PV-036 | 1536.65 | 1536.08 | 70.41 | 3.50 | 3.50 | 180.00 | 1/3 | 688.00 | 186.62 | 414.97 | 284.00 |
| PV-036 | PV-054 | 1536.08 | 1534.65 | 88.74 | 3.50 | 3.50 | 160.00 | 1/3 | 807.59 | 187.05 | 550.84 | 340.16 |
| PV-054 | PV-072B | 1534.65 | 1533.65 | 112.66 | 3.50 | 3.50 | 200.00 | 1/3 | 1176.28 | 353.83 | 649.02 | 476.93 |
| PV-055 | PV-056 | 1535.88 | 1536.78 | 111.22 | 3.50 | 3.50 | 170.00 | 1/3 | 1049.47 | 261.33 | 682.44 | 437.47 |
| PV-056 | PV-057 | 1536.78 | 1539.09 | 107.65 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1340.35 | 540.24 | 461.92 | 520.32 |
| PV-057 | PV-058 | 1539.09 | 1539.22 | 111.53 | 3.50 | 3.50 | 200.00 | 1/3 | 1164.48 | 350.28 | 642.51 | 472.15 |
| PV-058 | PV-059 | 1539.22 | 1539.46 | 111.66 | 2.29 | 2.29 | 130.00 | 1/3 | 482.02 | 171.00 | 255.87 | 304.69 |
| PV-059 | PV-060A | 1539.46 | 1539.65 | 165.22 | 2.29 | 2.29 | 130.00 | 1/3 | 713.23 | 253.03 | 378.59 | 450.84 |
| PV-065A | PV-066 | 1538.65 | 1536.96 | 159.22 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 891.77 | 335.63 | 431.09 | 504.20 |
| PV-066 | PV-067 | 1536.96 | 1536.55 | 112.51 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 630.17 | 237.17 | 304.63 | 356.29 |
| PV-067 | PV-068 | 1536.55 | 1536.15 | 110.68 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 682.42 | 260.06 | 317.19 | 368.93 |
| PV-068 | PV-069 | 1536.15 | 1535.65 | 108.99 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 672.03 | 256.10 | 312.35 | 363.31 |
| PV-069 | PV-070 | 1535.65 | 1534.65 | 109.81 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 677.06 | 258.01 | 314.69 | 366.03 |
| PV-070 | PV-071 | 1534.65 | 1534.40 | 26.46 | 2.60 | 2.60 | 130.00 | 1/3 | 137.24 | 40.53 | 83.64 | 77.63 |
| PV-071 | PV-072B | 1534.40 | 1533.65 | 85.56 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 593.24 | 226.77 | 261.47 | 302.32 |
| PV-072B | PV-078 | 1533.65 | 1532.65 | 110.20 | 3.50 | 3.50 | 240.00 | 1/3 | 1298.24 | 484.82 | 517.20 | 510.59 |
| PV-078 | PV-079 | 1532.65 | 1533.15 | 110.60 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 619.44 | 233.13 | 299.44 | 350.23 |
| PV-078 | PV-094 | 1532.65 | 1530.65 | 112.68 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1402.98 | 565.48 | 483.50 | 544.63 |
| PV-079 | PV-080 | 1533.15 | 1533.65 | 110.55 | 2.40 | 2.40 | 130.00 | 1/3 | 509.90 | 169.29 | 286.01 | 309.53 |
| PV-080 | PV-081 | 1533.65 | 1534.65 | 108.55 | 2.40 | 2.40 | 110.00 | 1/3 | 451.85 | 124.36 | 297.41 | 282.24 |
| PV-081 | PV-082 | 1534.65 | 1536.65 | 111.23 | 2.40 | 2.40 | 150.00 | 1/3 | 563.10 | 208.80 | 283.54 | 333.69 |
| PV-082 | PV-083A | 1536.65 | 1537.15 | 113.66 | 2.29 | 2.29 | 130.00 | 1/3 | 490.64 | 174.06 | 260.44 | 310.14 |
| PV-083A | PV-084 | 1537.15 | 1537.65 | 160.53 | 2.29 | 2.29 | 130.00 | 1/3 | 692.95 | 245.83 | 367.83 | 438.03 |



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

| Inicio | Final | Terreno Inicio m | Terreno Final m | Longitud m | Prof. Inicio m | Prof. Final m | Ancho fondo cm | Talud | Vol. excavado m ³ | Vol. arenas m ³ | Vol. zehorras m ³ | Superficie pavimento m ² |
|--------|--------|------------------|-----------------|------------|----------------|---------------|----------------|-------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| PV-088 | PV-089 | 1536.82 | 1535.97 | 161.99 | 2.09 | 2.09 | 110.00 | 1/3 | 550.47 | 185.58 | 320.00 | 388.14 |
| PV-089 | PV-090 | 1535.97 | 1535.65 | 111.62 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 625.15 | 235.28 | 302.20 | 353.45 |
| PV-090 | PV-091 | 1535.65 | 1534.08 | 113.54 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 635.94 | 239.34 | 307.42 | 359.55 |
| PV-091 | PV-092 | 1534.08 | 1532.65 | 109.01 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 610.56 | 229.79 | 295.15 | 345.20 |
| PV-092 | PV-093 | 1532.65 | 1531.94 | 110.57 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 619.31 | 233.08 | 299.38 | 350.15 |
| PV-093 | PV-094 | 1531.94 | 1530.65 | 110.35 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 765.13 | 292.48 | 337.23 | 389.92 |
| PV-094 | PV-098 | 1530.65 | 1529.32 | 111.40 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1387.06 | 559.07 | 478.01 | 538.45 |
| PV-098 | PV-099 | 1529.32 | 1530.65 | 110.35 | 2.90 | 2.90 | 200.00 | 1/3 | 885.07 | 346.56 | 368.65 | 422.99 |
| PV-098 | PV-121 | 1529.32 | 1527.65 | 109.93 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1368.77 | 551.70 | 471.71 | 531.35 |
| PV-099 | PV-100 | 1530.65 | 1531.65 | 111.10 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 770.30 | 294.45 | 339.50 | 392.56 |
| PV-100 | PV-101 | 1531.65 | 1533.33 | 110.64 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 767.09 | 293.23 | 338.09 | 390.92 |
| PV-101 | PV-102 | 1533.33 | 1534.51 | 113.25 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 785.19 | 300.15 | 346.07 | 400.15 |
| PV-102 | PV-103 | 1534.51 | 1534.65 | 111.00 | 2.75 | 2.75 | 180.00 | 1/3 | 769.57 | 294.17 | 339.18 | 392.19 |
| PV-103 | PV-104 | 1534.65 | 1535.65 | 162.94 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 1004.66 | 382.86 | 466.96 | 543.13 |
| PV-115 | PV-116 | 1534.65 | 1533.65 | 162.46 | 2.50 | 2.50 | 160.00 | 1/3 | 909.91 | 342.46 | 439.86 | 514.46 |
| PV-116 | PV-117 | 1533.65 | 1532.65 | 110.68 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 682.46 | 260.07 | 317.20 | 368.95 |
| PV-117 | PV-118 | 1532.65 | 1532.51 | 112.89 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 696.09 | 265.26 | 323.54 | 376.31 |
| PV-118 | PV-119 | 1532.51 | 1530.65 | 114.65 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 706.90 | 269.38 | 328.56 | 382.16 |
| PV-119 | PV-120 | 1530.65 | 1529.65 | 108.83 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 671.05 | 255.72 | 311.90 | 362.78 |
| PV-120 | PV-121 | 1529.65 | 1527.65 | 111.45 | 2.90 | 2.90 | 200.00 | 1/3 | 893.89 | 350.01 | 372.32 | 427.21 |
| PV-121 | SM1 | 1527.65 | 1525.65 | 184.35 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 2295.35 | 925.16 | 791.03 | 891.04 |
| PV-125 | PV-144 | 1530.65 | 1529.36 | 94.29 | 1.65 | 1.65 | 70.00 | 1/3 | 169.24 | 43.91 | 123.73 | 160.10 |
| PV-130 | PV-142 | 1533.45 | 1530.85 | 99.24 | 2.00 | 2.00 | 100.00 | 1/3 | 295.70 | 96.22 | 180.38 | 221.30 |
| PV-131 | PV-141 | 1533.65 | 1532.98 | 48.36 | 1.85 | 1.85 | 90.00 | 1/3 | 112.94 | 36.90 | 71.49 | 95.79 |
| PV-141 | PV-142 | 1532.98 | 1530.85 | 161.69 | 1.85 | 1.85 | 80.00 | 1/3 | 351.35 | 98.50 | 245.10 | 304.08 |
| PV-142 | PV-143 | 1530.85 | 1529.65 | 111.64 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 688.36 | 262.32 | 319.94 | 372.14 |
| PV-143 | PV-144 | 1529.65 | 1529.36 | 113.84 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 701.90 | 267.48 | 326.24 | 379.46 |
| PV-144 | PV-145 | 1529.36 | 1527.65 | 116.16 | 2.60 | 2.60 | 170.00 | 1/3 | 716.24 | 272.94 | 332.90 | 387.21 |
| PV-145 | PV-146 | 1527.65 | 1526.65 | 110.59 | 2.90 | 2.90 | 200.00 | 1/3 | 887.05 | 347.33 | 369.47 | 423.94 |
| PV-146 | SM1 | 1526.65 | 1525.65 | 111.62 | 3.50 | 3.50 | 260.00 | 1/3 | 1389.73 | 560.14 | 478.93 | 539.48 |

Número de pozos por profundidades

| Profundidad m | Número de pozos |
|---------------|-----------------|
| 2.75 | 8 |
| 3.50 | 17 |
| 2.50 | 8 |
| 2.40 | 3 |
| 2.60 | 16 |
| 1.75 | 1 |
| 1.80 | 1 |
| 2.29 | 4 |
| 2.09 | 2 |
| 1.85 | 2 |
| 2.90 | 3 |
| Total | 68 |



Listado general de la instalación

DRENAJES PLUVIALES

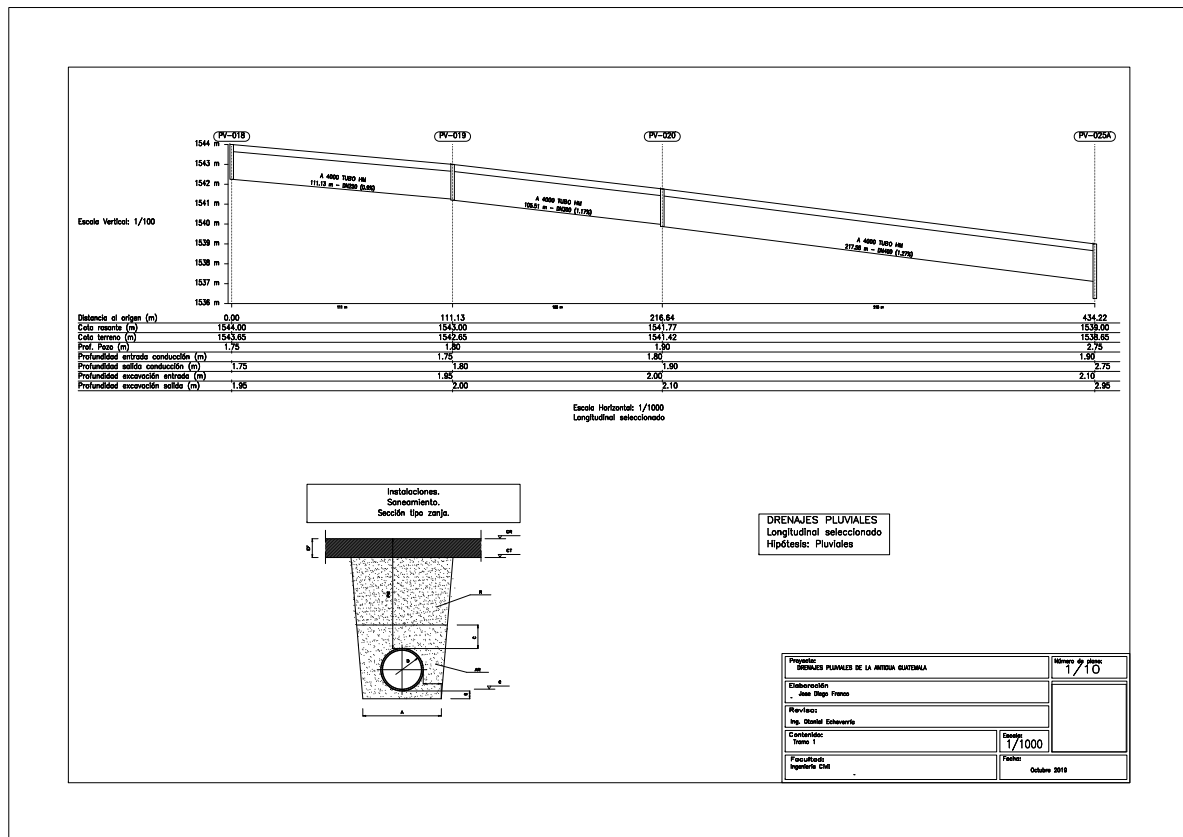
| Profundidad m | Número de pozos |
|------------------|-----------------|
| 1.90 | 1 |
| 1.99 | 1 |
| 1.65 | 1 |
| Total | 68 |

9.2. Planos de construcción de red de alcantarilla y de abastecimiento de agua.

En esta sección se adjuntan los planos constructivos generados por los programas Open Bim Sewerage y Open Bim Water Supply, adecuados con el formato para su presentación y visualización.

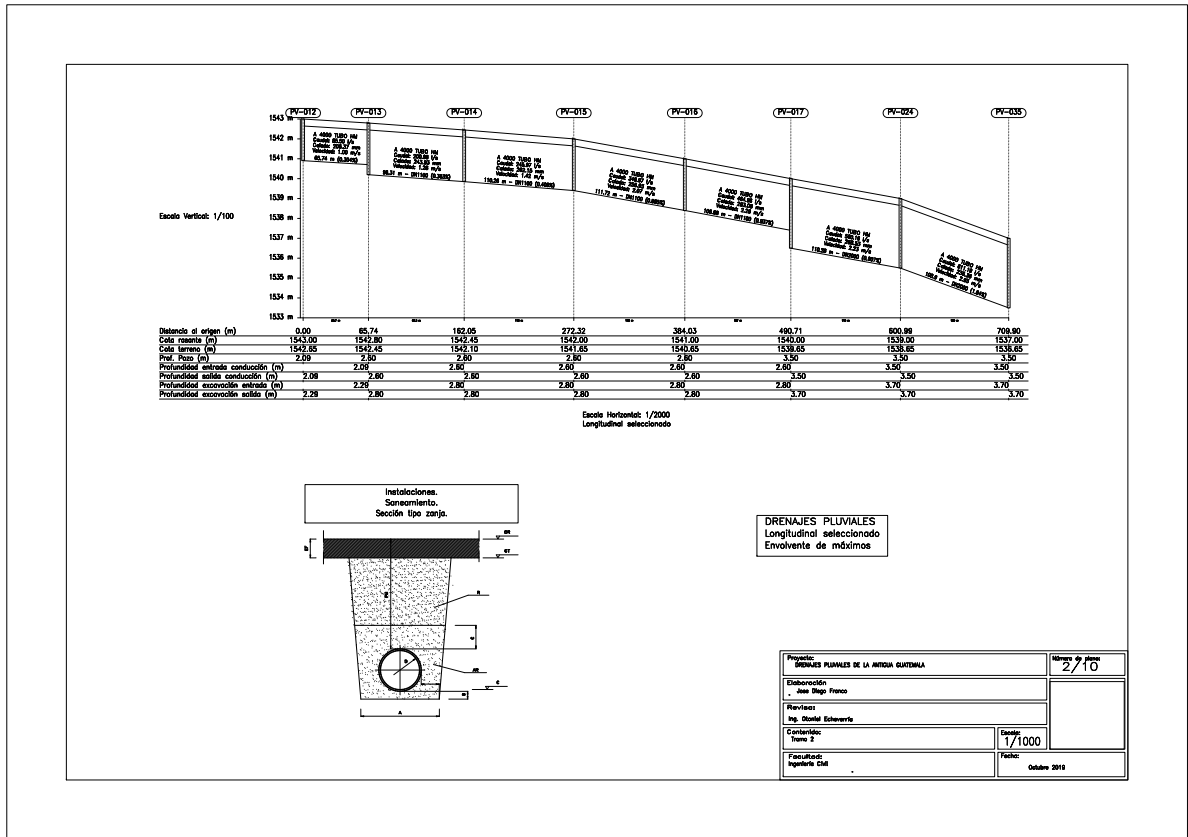
9.3. Planos de perfil longitudinal de la red de alcantarillas

Figura 58: Tramo 1.



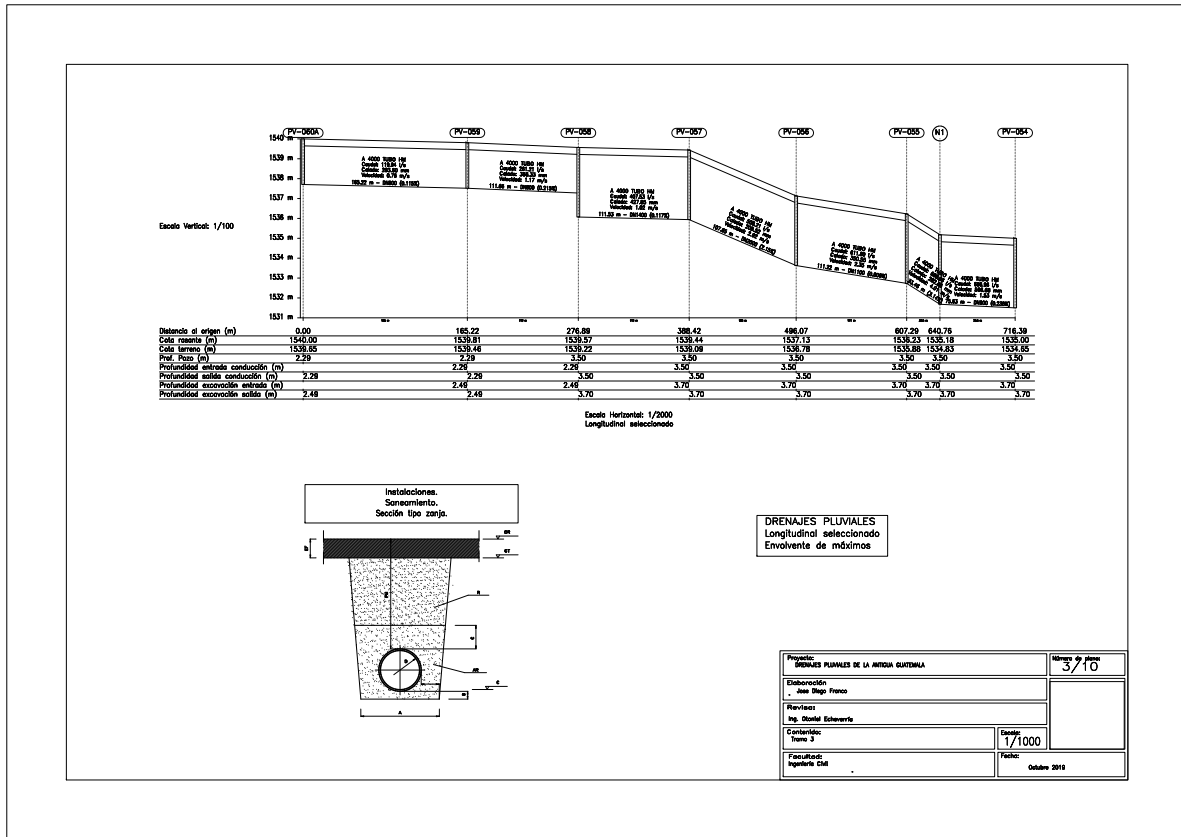
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 59: Tramo 2.



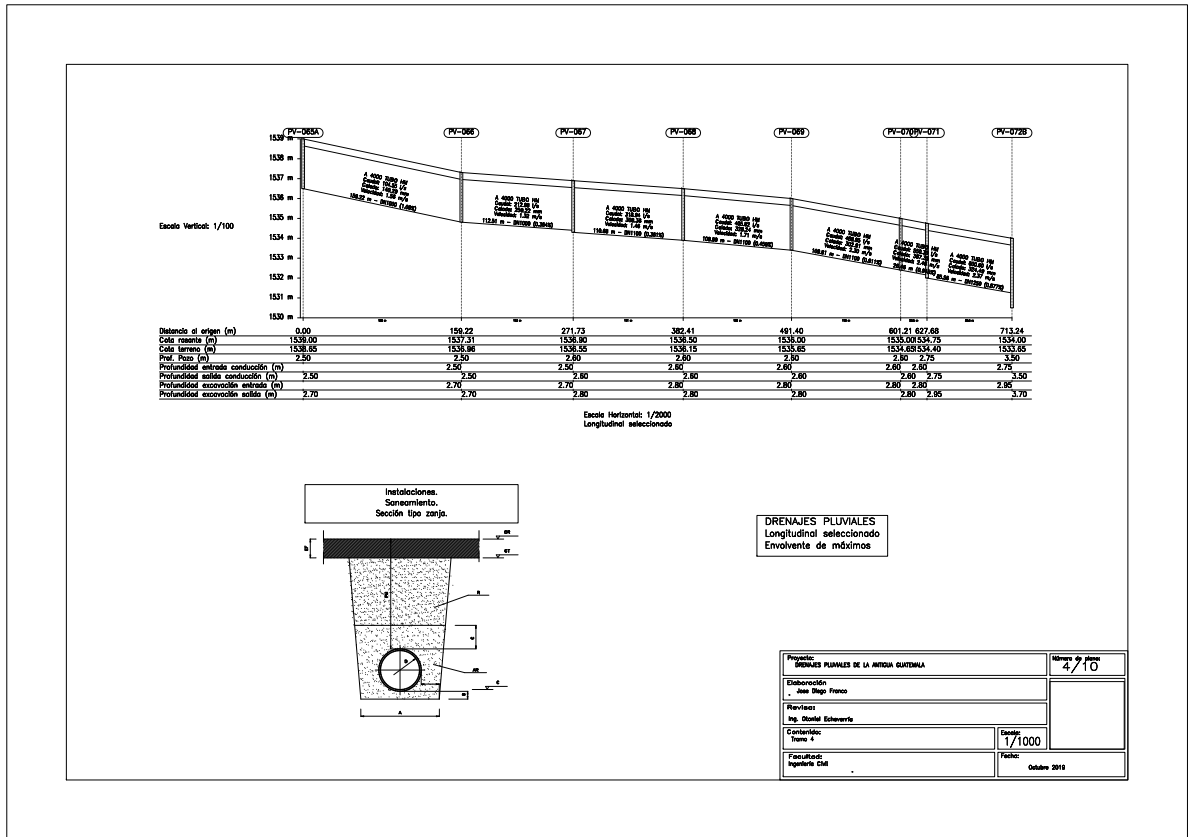
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 60: Tramo 3.



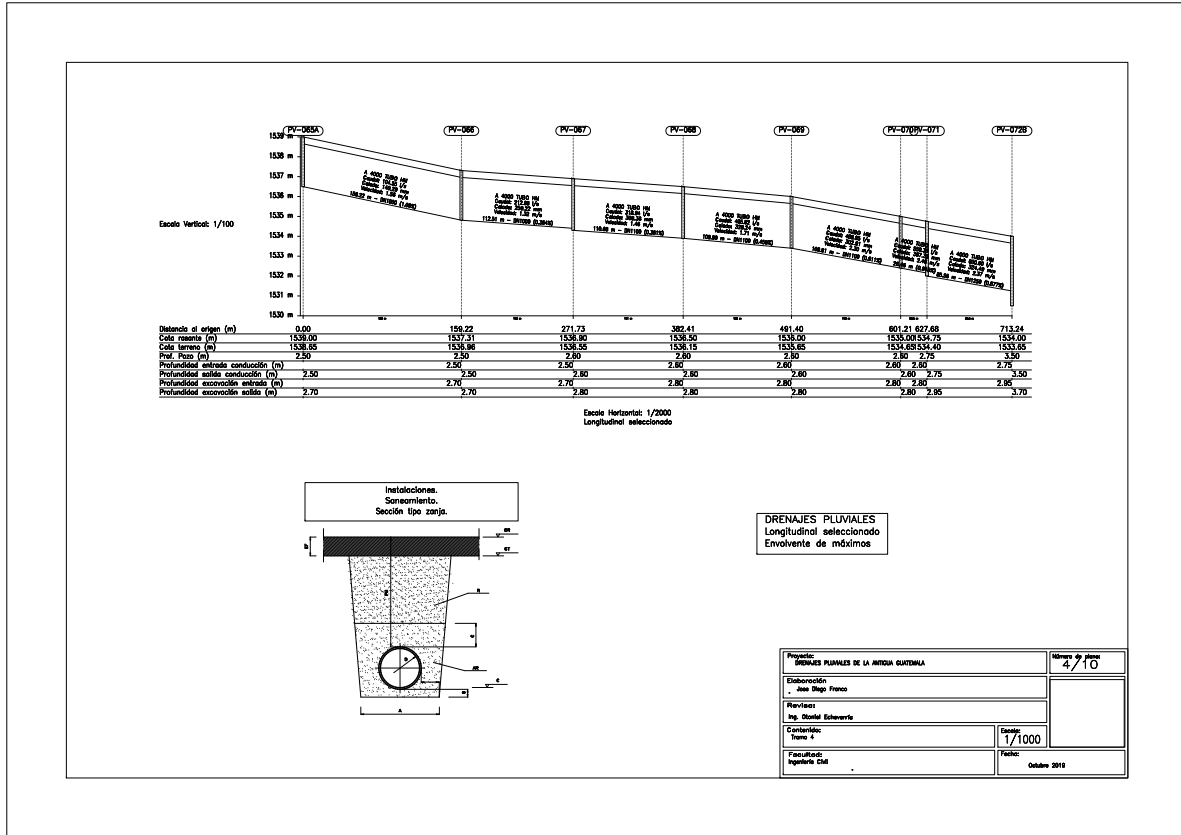
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 61: Tramo 4.



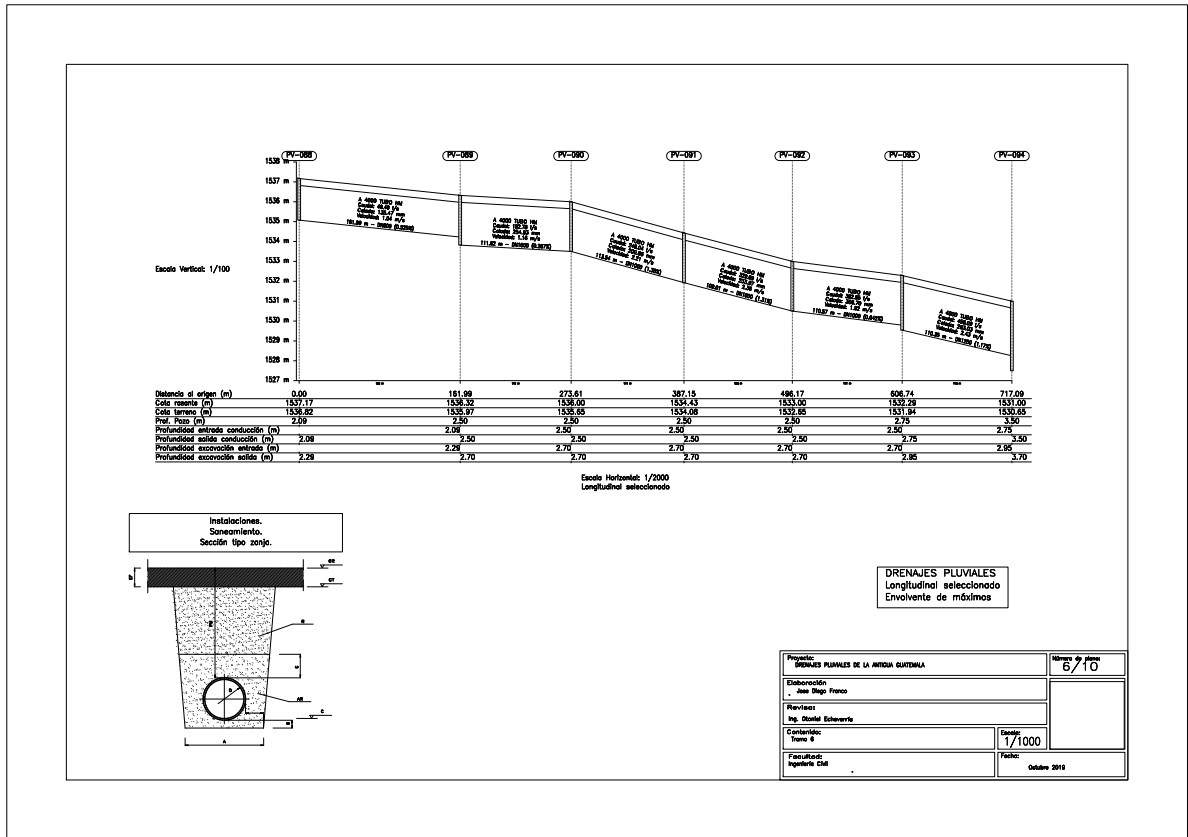
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 62: Tramo 5.



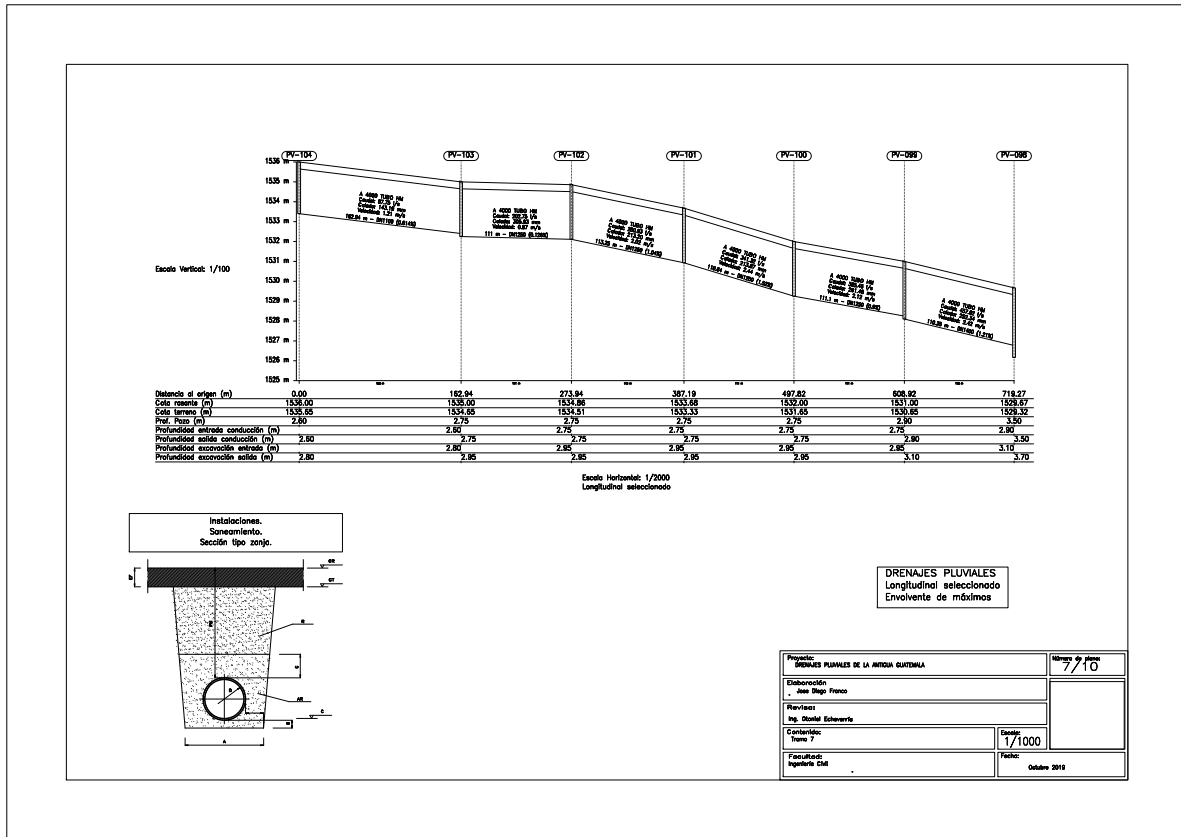
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 63: Tramo 6.



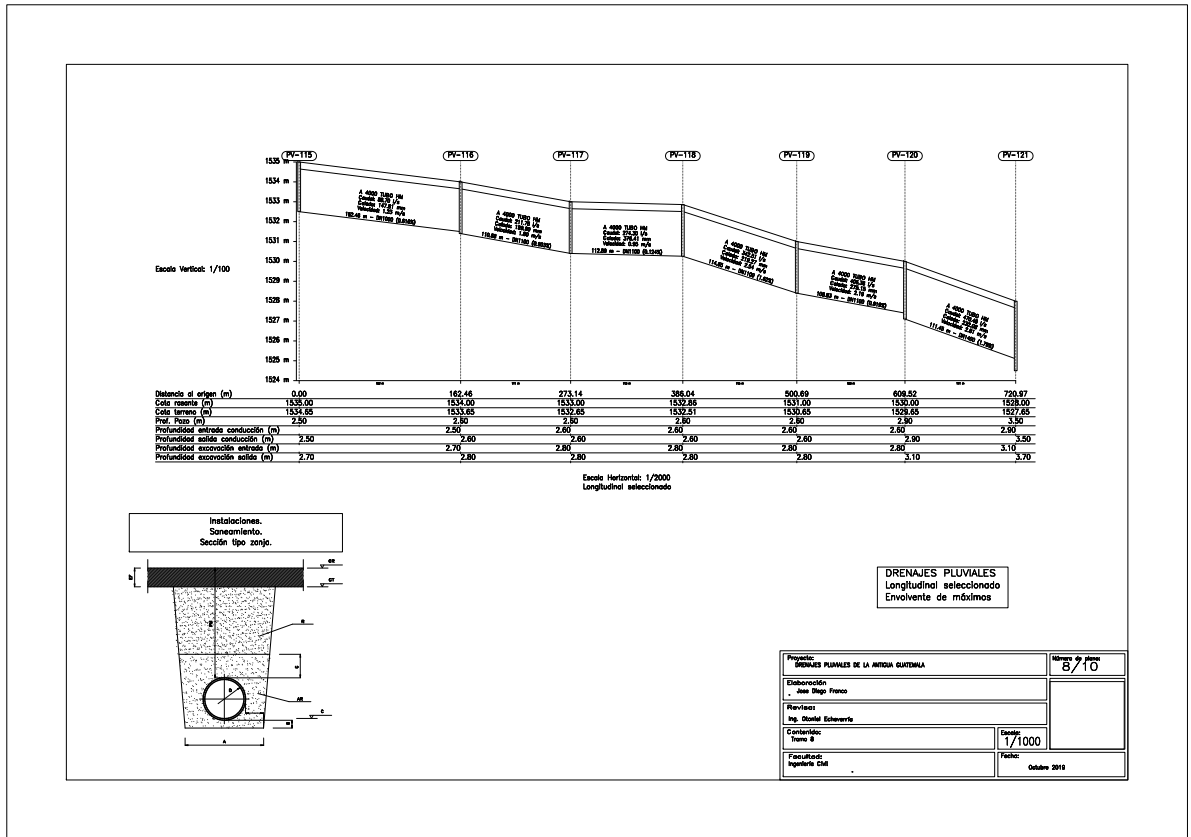
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 64: Tramo 7.



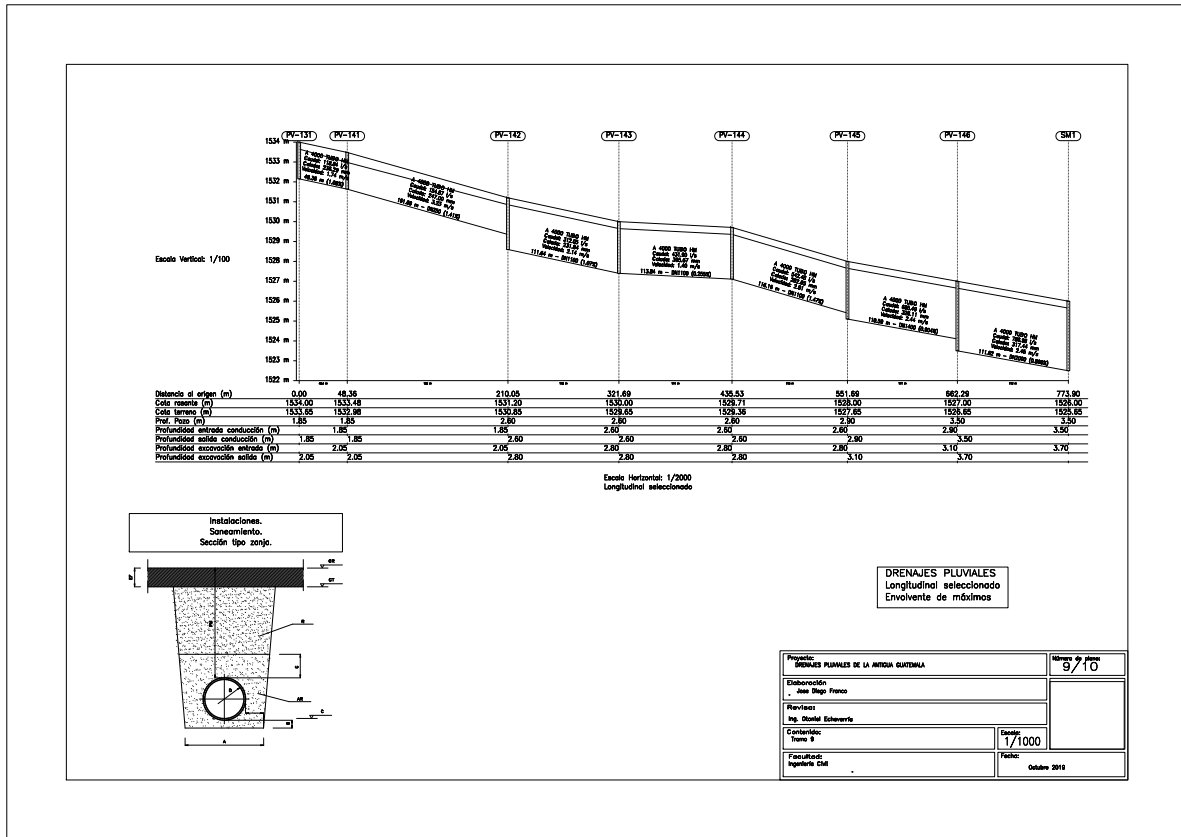
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 65: Tramo 8.



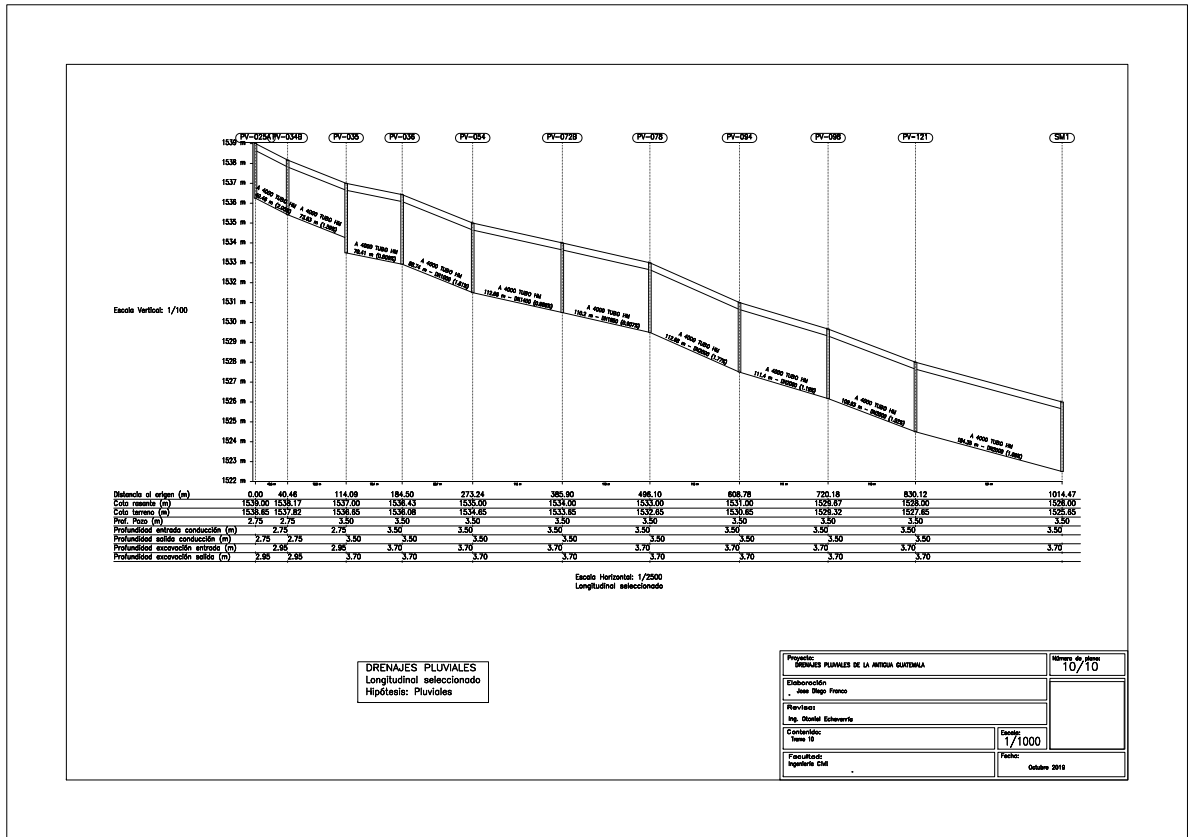
Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 66: Tramo 9.



Fuente: Open Bim Sewerage

Figura 67: Tramo 10.



Fuente: Open Bim Sewerage

alcantarillado: Es una canalización subterránea destinada a evacuar las aguas residuales.. 15

atarjeas: La atarjea, o tajea, es una canal de dimensiones más reducidas que la acequia, que conduce normalmente el agua hacia los terrenos de riego. Se trata de canales secundarios. Estos canales se construyen generalmente a base de mortero o argamasa. Las atarjeas suelen estar abiertas y en los laterales tienen compuertas que pueden ser cerradas o abiertas en función de la necesidad de agua.. 15

BIM: Building Information Modeling, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida, utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.. 22

caudal: Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.. 13

cota: Se le llama a la altitud que alcanza un punto ubicado en un plano horizontal, el cual se emplea a modo de referencia.. 37

GIS: Sistema de Información Geográfico, conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes tecnológicos que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real.. 9

modelado: Alude a la acción y al efecto del verbo, modelar, que tiene el significado de otorgar forma de acuerdo a un referente o modelo, palabra que a su vez se deriva del latín "modus" = molde, modo, medida.. 23

pozo: Hoyo profundo que se hace en tierra, especialmente para sacar agua procedente de manantiales u otras fuentes naturales.. 15

tragante: Aberturas en las superficies de las calles o bordillos que dan acceso a las aguas pluviales a los tubos de drenaje.. 39