



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO CON  
SEWERGEMS PARA LA PARROQUIA SABIANGO DEL CANTÓN  
MACARÁ PROVINCIA DE LOJA

LALANGUI VIVANCO VICTOR RICARDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO  
CON SEWERGEMS PARA LA PARROQUIA SABIANGO DEL  
CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA

LALANGUI VIVANCO VICTOR RICARDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO CON SEWERGEMS  
PARA LA PARROQUIA SABIANGO DEL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE  
LOJA

LALANGUI VIVANCO VICTOR RICARDO  
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 25 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA  
25 de agosto de 2022

# TRABAJO PRACTICO SEWERGEMS SABIANGO

*por* Victor Ricardo Lalangui Vivanco

---

**Fecha de entrega:** 16-ago-2022 08:19p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1883377106

**Nombre del archivo:** TRABAJO\_PRACT-\_VICTOR\_LALANGUI\_VIVANCO.docx (3.24M)

**Total de palabras:** 3278

**Total de caracteres:** 17638

# TRABAJO PRACTICO SEWERGEMS SABIANGO

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

0 %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1 [es.scribd.com](https://es.scribd.com) Fuente de Internet <1 %

---

2 [archive.org](https://archive.org) Fuente de Internet <1 %

---

3 [communities.bentley.com](https://communities.bentley.com) Fuente de Internet <1 %

---

4 [dspace.utpl.edu.ec](https://dspace.utpl.edu.ec) Fuente de Internet <1 %

---

5 [es.slideshare.net](https://es.slideshare.net) Fuente de Internet <1 %

---

6 [www.cyberepc.com](http://www.cyberepc.com) Fuente de Internet <1 %

---

7 [pymecitos.net](https://pymecitos.net) Fuente de Internet <1 %

---

8 [tesisexarxa.net](https://tesisexarxa.net) Fuente de Internet <1 %

---

9 [moam.info](https://moam.info) Fuente de Internet <1 %

---

---

Excluir citas      Apagado  
Excluir bibliografía      Apagado

Excluir coincidencias      Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, LALANGUI VIVANCO VICTOR RICARDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO CON SEWERGEMS PARA LA PARROQUIA SABIANGO DEL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de agosto de 2022

  
LALANGUI VIVANCO VICTOR RICARDO  
1105424343

## RESUMEN

El diseño de sistemas de alcantarillado es un proceso complejo e interdisciplinario, abarca conocimientos de topografía, redes sanitarias e hidráulica para garantizar su operatividad, eficiencia y durabilidad. Hoy en día es necesario e imperioso optimizar costos en las obras públicas, en especial en el ámbito sanitario que es un servicio básico de la comunidad; se observa que la parroquia Sabiango del cantón Macará no cuenta con un diseño para ser analizada e implementada por las autoridades competentes; por ende, el objetivo del proyecto es Diseñar hidráulicamente la red de alcantarillado mediante el software sewergems para la parroquia Sabiango, cantón Macará provincia de Loja. El diseño se importa desde AutoCAD donde se aprecia las curvas de nivel y topografía del terreno, se efectúa el proceso de cálculo en el software Excel y comprueba mediante la simulación arrojada por sewergems, donde se destaca que en todos los tramos, conexiones e inclusive colector de descarga cumple con un diámetro de 150 mm, pero se emula con 200 mm respetando la norma técnica de diseño; el caudal máximo es de 9.66 l/s con caudales mínimos de 0.3 l/s que se sustituyen por 1.5 l/s a criterio de la norma; se aconseja que las normas ecuatorianas para diseño y construcción de redes sanitarias sean actualizadas acorde a la optimización de costos para disminuir los montos de construcción e incrementar la accesibilidad del servicio de alcantarillado a zonas rurales.

**Palabras Clave:** Diseño optimizado, redes de alcantarillado, Sewergems



## **ABSTRACT**

The design of sewage systems is a complex and interdisciplinary process, encompassing knowledge of topography, sanitary and hydraulic networks to guarantee its operability, efficiency and durability. Today it is necessary and imperative to optimize costs in public works, especially in the health field, which is a basic service of the community; It is observed that the Sabiango parish of the Macará canton does not have a design to be analyzed and implemented by the competent authorities; Finally, the objective of the project is to hydraulically design the sewerage network using Sewergems software for the Sabiango parish, Macará canton, Loja province. The design is imported from AutoCad where the contour lines and topography of the land can be seen, the calculation process is carried out in Excel software and it is verified by means of the simulation thrown by Sewergems, where it is highlighted that in all the sections, connections and even discharge collector complies with a diameter of 150 mm, but it is emulated with 200 mm respecting the technical design standard; the maximum flow is 9.66 l/s with minimum flows of 0.3 l/s that are replaced by 1.5 l/s at the discretion of the standard; It is recommended that the Ecuadorian standards for the design and construction of sanitary networks be updated according to cost optimization to reduce construction costs and increase the accessibility of the sewerage service to rural areas.

**Keywords:** Optimized design, sewer networks, Sewergem

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	11
ÍNDICE DE ANEXOS .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.2 Objetivos de la investigación.....	14
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	14
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
2. DESARROLLO.....	15
2.1 Marco Teórico.....	15
2.1.1 <i>Red de alcantarillado</i> .....	15
2.1.2 <i>Tipos de redes de alcantarillado</i> .....	15
2.1.3 <i>Criterios de diseño</i> .....	15
2.1.4 <i>Software Sewergems</i> .....	16
2.1.5 <i>Optimización Económica</i> .....	16
2.1.6 <i>Lugar de diseño</i> .....	17
2.2 Proceso de Diseño.....	18
3 CONCLUSIÓN .....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
ANEXOS .....	28

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Optimización de costos mediante algoritmos genéticos.....	17
<b>Ilustración 2.</b> Vista aérea de la parroquia Sabiango Cantón Macara.....	17
<b>Ilustración 3.</b> Curvas de nivel generadas por Civil Cad 3D.....	18
<b>Ilustración 4.</b> Planimetría del terreno de diseño .....	19
<b>Ilustración 5.</b> Diseño del sistema de alcantarillado en Sewergems .....	19
<b>Ilustración 6.</b> Datos y propiedades de las tuberías y pozos de revisión.....	20
<b>Ilustración 7.</b> Configuración de las velocidades, pendientes, profundidades, mínimas y máximas para el diseño .....	20
<b>Ilustración 8.</b> Diámetros de tuberías para el diseño y simulación .....	21
<b>Ilustración 9.</b> Propiedades del diseño para la simulación de la red de alcantarillado..	22
<b>Ilustración 10.</b> Simulación de la red de alcantarillado en Sewergems .....	23
<b>Ilustración 11.</b> Resultados de la simulación en software Sewergems .....	23
<b>Ilustración 12.</b> Comparación de los perfiles del tramo 116 del proyecto ejecutado y del diseño establecido por Sewergems.....	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Trazado de la red de alcantarillado en AutoCad .....	28
<b>Anexo 2.</b> Verificación de los datos para el análisis de la red por cada nodo .....	29
<b>Anexo 3.</b> Configuración de las cotas por pozo y caudal mínimo de la red.....	30
<b>Anexo 4.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	31
<b>Anexo 5.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	32
<b>Anexo 6.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	33
<b>Anexo 7.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	34
<b>Anexo 8.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	35
<b>Anexo 9.</b> Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel..	36
<b>Anexo 10.</b> Perfil de terreno del diseño en Sewergems en la zona critica .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

Las redes de alcantarillado son un servicio social, mismo que permite recolectar y evacuar aguas servidas de forma eficiente e integra acorde a los criterios de diseño, necesidades de la población y calidad vida, siendo de suma relevancia tanto en el ámbito de la salud como desarrollo urbanístico [1]. Existen retrasos e incumplimiento en obras de alcantarillado en el cantón Macará, provincia de Loja a causa de estudios técnicos mal realizados e incorrecto manejo de presupuestos; estos hechos traen consigo problemas como malos olores, falta de servicio a la comunidad e insuficiencia en infraestructura, que podría derivar en enfermedades o problemas sanitarios [2]. Además, los sistemas de alcantarillado más eficientes son diseñados a gravedad, con diámetros pequeños que reduzcan costos y se emplean mayormente en comunidades rurales por ser de mayor facilidad, bajo costo de mantenimiento y alta eficiencia [3].

Hoy en día, una de las principales tendencias de diseño en torno a los sistemas de alcantarillado, acueductos y saneamiento es la optimización de diámetros para reducir costos, eficiencia, costos de mantenimiento e incluir la sostenibilidad del proyecto en relación a otros estudios para justificar su implementación [4]. Las propuestas de diseño deben incluir simulaciones de inundaciones, horizonte a proyección de 25 años, cumplimiento de los criterios técnicos y especificaciones para trabajos u operaciones futuras en la red [5].

Se aplica una metodología de carácter exploratorio, partiendo de los criterios de diseño impuestos por la normativa ecuatoriana vigente; con la novedad que se compara las dimensiones de tuberías en base al proceso del Software SEWERGEMS que reduce los diámetros al mínimo necesario para economizar el proyecto y mejorar la eficiencia a través de una modelación de los parámetros de diseño, construcción e inundaciones según historial del sector.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### *1.2.1 Objetivo general*

Realizar un diseño óptimo de una red de alcantarillado sanitario utilizando el software Sewergems y comparar los resultados obtenidos con el diseño tradicional ejecutado, para identificar las diferencias y la optimización económica de los componentes de la red.

### *1.2.2 Objetivos específicos*

- Obtener información del proyecto ejecutado que permita determinar las bases y parámetros propuestos del diseño de alcantarillado sanitario.
- Realizar el diseño de un sistema de alcantarillado cumpliendo con la normativa vigente para sistemas de alcantarillado sanitario establecidas en el Ecuador.
- Comparar los resultados del diseño obtenidos por el software Sewergems con los resultados del diseño ejecutado realizados en Excel.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Marco Teórico

Comprende el conjunto de consideraciones, nociones, términos y criterios que fundamentan la temática, desde las directrices técnicas hasta las implicaciones prácticas tomadas en cuenta para el desarrollo del diseño.

#### 2.1.1 Red de alcantarillado

Son un conjunto de ductos interconectados que recolectan y evacuan aguas lluvias/servidas; operan en base a diversos sistemas como gravedad (diferencia de cotas) o bombeo acorde a la topografía del terreno.

Son uno de los sistemas de infraestructura más relevantes en la sociedad, dado a los elevados costos de construcción y operación, es necesario optimizarlos mediante un diseño eficiente, operación por gravedad y equilibrar diámetro de tuberías con la profundidad de excavación al cumplir con los caudales/velocidades de la red [6].

#### 2.1.2 Tipos de redes de alcantarillado

Se diferencian por el tipo de agua a evacuar, los principales son:

- Pluvial: Redes destinadas a recoger y conducir aguas lluvia a lugares de descarga donde no afecten a la población ni se corra riesgo de inundación.
- Sanitario: Conjunto de tuberías enfocadas a recolectar y evacuar aguas servidas domésticas para ser descargadas en cuerpos de agua donde no afecten a la población.
- Combinado: Sistemas que conducen ambos tipos de aguas, tanto lluvias como servidas y su diseño opera en conjunto siendo más complicado a causa de los caudales de inundación o tormentas.

Las partes principales de una red de alcantarillado son colectores (recogen aguas en cada área de aportación), pozos de revisión (interconectan colectores y suman sus caudales) y colector principal que descarga el total de las aguas al lugar de evacuación [7].

#### 2.1.3 Criterios de diseño

Son el conjunto de parámetros, variables, consideraciones prácticas e inferencias técnicas derivadas de la experiencia y normas vigentes para garantizar la funcionalidad, durabilidad y eficiencia de las redes de alcantarillado. Para el estudio se aplica la

normativa “código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural [8]” en la parte séptima apartado 5.2 donde se especifica las bases del diseño; mismas que son:

- A) La red de colectores se diseña tramo a tramo, acumulando el caudal y se considerará aporte de aguas ilícitas e infiltración hacia los colectores
- B) El ingeniero calculista debe justificar cada criterios y valores de los parámetros al seleccionar los caudales de diseño, aguas lluvias, escorrentía e infiltraciones
- C) Se colocan al lado opuesto y por debajo de la red de agua potable evitando contaminación
- D) Los tramos se alinean en línea recta con pendiente uniforme, debe haber un pozo en cada cambio de pendiente o dirección
- E) El diámetro mínimo es 200 mm, menor de 350 mm distancia máxima de 100 m entre pozos y de 400 a 800 mm hasta 150 m entre pozos.
- F) La velocidad mínima es 0.45 m/s y a 75% calado máximo, colector de salida debe tener igual o superior al diámetro de colector de entrada
- G) Conexiones domiciliarias de 100 mm a 1% pendiente mínima
- H) El proyectista debe justificar cualquier accesorio y cumplimiento de condiciones de descarga al cuerpo de agua receptor

#### *2.1.4 Software Sewergems*

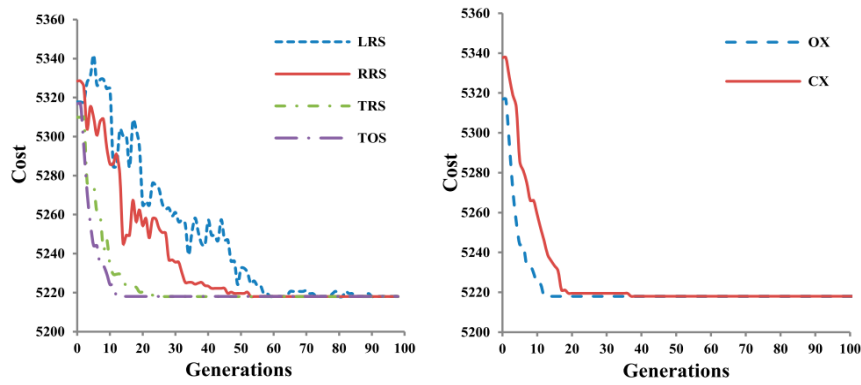
Según [9] es una solución al modelado de redes de alcantarillado, permite tratar datos sobre tormentas y precipitaciones, escalable con programas de sistema de información geográfica, CAD y se puede analizar la red en forma íntegra mediante algoritmos de solución o aplicar los siguientes modelos de análisis:

- A) Criterios independientes
- B) Micro estaciones
- C) Modo ArcGis
- D) Modo AutoCAD

#### *2.1.5 Optimización Económica*

Es el proceso mediante el cual se mejora la eficiencia del diseño, reduciendo costos al minimizar diámetros de tubería, movimiento de tierras y convergencia de los caudales en los nodos de la red. Hoy en día se aplican algoritmos genéticos que iteran los valores en relación a una solución numérica que arroja el menor costo del proyecto.





**Ilustración 1.** Optimización de costos mediante algoritmos genéticos  
**Fuente:** [10]

### 2.1.6 Lugar de diseño

El sitio específico es la cabecera parroquial de Sabiango, ubicada a 20 Km de la cabecera cantonal a 730 msnm a 120 msnm cuyas coordenadas son 631740.05 latitud y 9517031.20 longitud. Sus barrios rurales son Payapal, Achima, San Juanpamba, El Guásimo y el Pindo; posee un clima cálido seco con rangos desde 18° a 30° a media de 20 grados. Hay alrededor de 451 habitantes, la mayoría se dedican a labores agrícolas, obreros y comerciantes.



**Ilustración 2.** Vista aérea de la parroquia Sabiango Cantón Macara

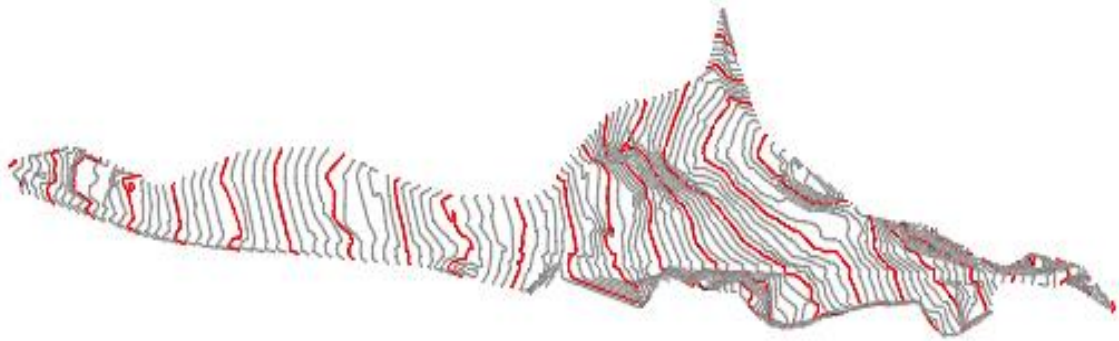
## 2.2 Proceso de Diseño

Antes de empezar cualquier diseño de alcantarillado se debe tener en cuenta que ningún software diseña por sí solo el alcantarillado; los programas de diseño solo son herramientas en las que el ingeniero se apoya para optimizar el proceso de diseño y hacer que los resultados sean comprendidos de una forma más clara y dinámica para su posterior proceso constructivo.

Para realizar el diseño de alcantarillado sanitario de la parroquia Sabiango se partió realizando un estudio de la población existente y un estudio topográfico de los detalles del terreno, calles, casas, tuberías de agua potable y tuberías de alcantarillado existentes. Con esta información se procede a generar perfiles del terreno de los cuales se obtendrá un mejor panorama que permitirá realizar un diseño óptimo de la red de alcantarillado sanitario.

### 2.2.1 Primer Paso

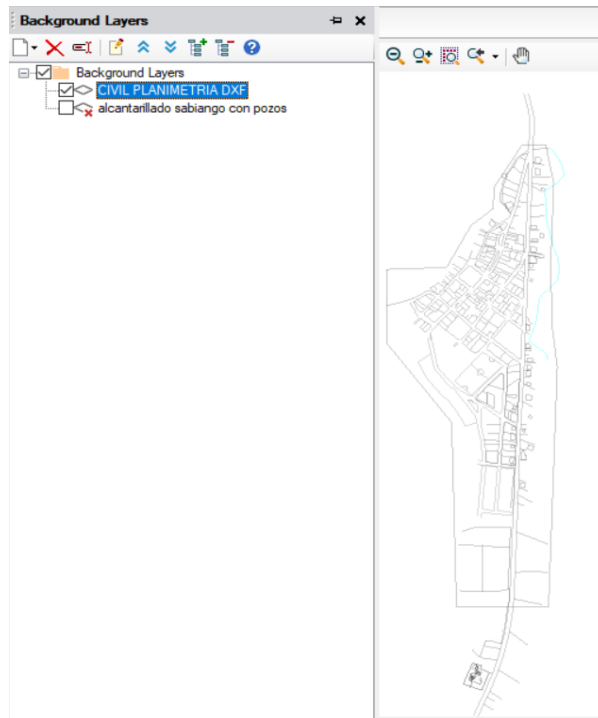
Con la obtención de los datos de campo se procede a realizar el trazado del área de influencia del terreno y se genera la superficie con ayuda del software AutoCAD del cual servirá para generar las áreas tributarias que permitirán calcular los caudales para el diseño, además se dibuja la planimetría de las calles e infraestructuras existentes; estos archivos se deben guardar en formato *dxf* y *xml* para posteriormente cargarlos al programa Sewergems.



**Ilustración 3.** *Curvas de nivel generadas por Civil Cad 3D*

**Fuente:** El Autor

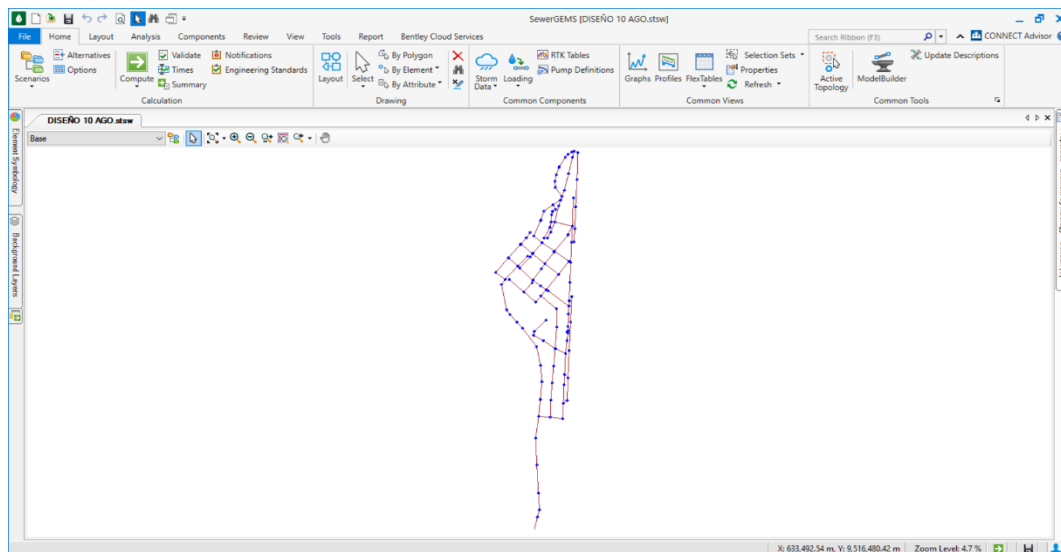
Para cargar la planimetría de terreno y las curvas de nivel al software Sewergems se hace uso de la herramienta Background layers que permite importar archivos en formato *dxf*. Con la planimetría y altimetría del terreno se procede a realizar el trazado de los pozos de revisión y de la tubería a implementar en el diseño.



**Ilustración 4.** Planimetría del terreno de diseño

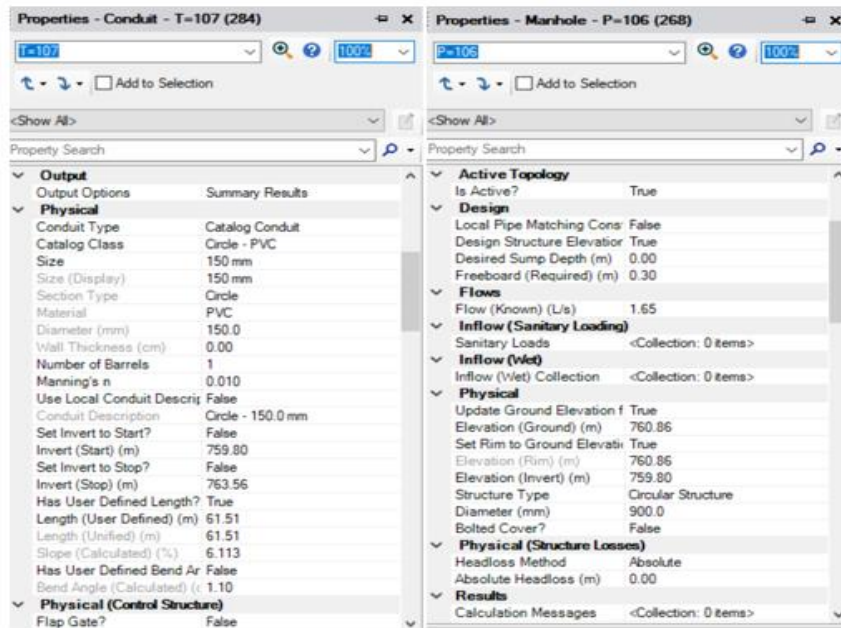
Fuente: El Autor

Una vez obtenido el diseño en digital acorde a la topografía, se realiza un análisis de la red nodo a nodo, asumiendo el sentido del flujo y dirección para ir sumando los caudales e incrementando el diámetro de la tubería. Se busca la mejor solución que cumpla los criterios e itera hasta satisfacer las condiciones de diseño; luego se debe detallar las propiedades de las tuberías y pozos de revisión; destacando que la norma técnica impone 200 mm como diámetro mínimo, sin embargo, dado el bajo volumen de los caudales y flujo registrado en el sector se trabaja con diámetros de 150 mm demostrando que la norma no ha sido actualizada a la realidad social del país.



**Ilustración 5.** Diseño del sistema de alcantarillado en Sewergems

Fuente: El Autor

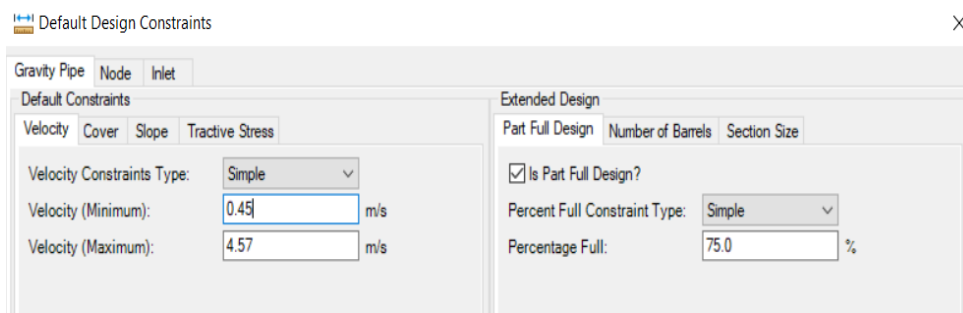


**Ilustración 6.** Datos y propiedades de las tuberías y pozos de revisión  
**Fuente:** El Autor

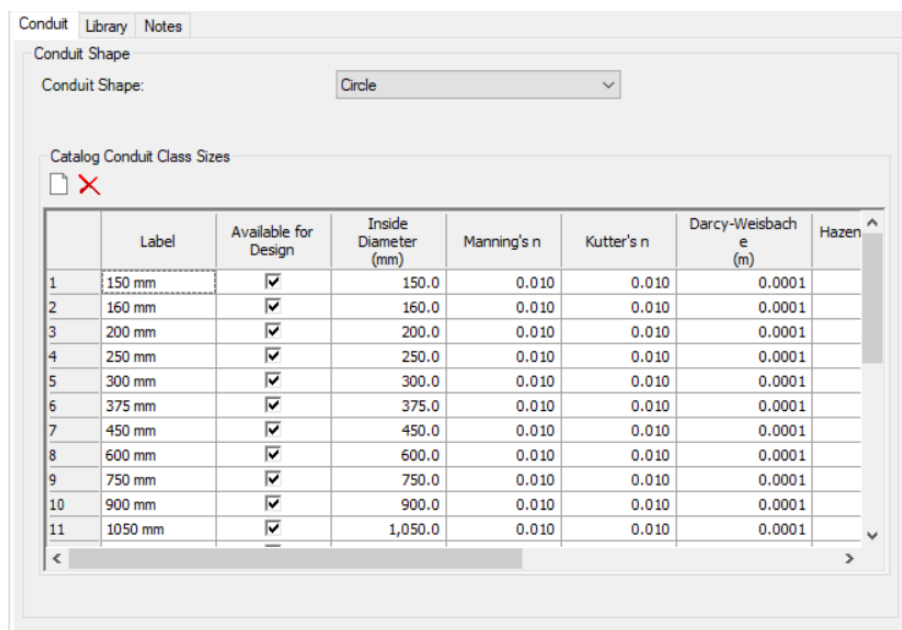
Entre las propiedades se destaca que las tuberías y nodos tienen cotas, coordenadas de posición dentro del plano, caudales, velocidades y pendientes a las cuales el software las une cerrando un circuito y generando un diseño acorde a las necesidades del sector. Se evalúan las cotas, pendientes, velocidades y caudales requeridos realizando ajustes del diámetro en forma iterativa acorde a las entradas y salidas de los pozos de revisión.

### 2.2.2 Segundo Paso

Una vez importada la red y configurado los tramos/pozos, se procede a ingresar las restricciones que establece la norma ecuatoriana de construcción vigente, como velocidades de diseño, pendientes, diámetros comerciales de tuberías, capacidad máxima de la tubería, alturas de los pozos de revisión y las propiedades del cálculo necesarias para verificar los criterios de diseño, datos almacenados en la pestaña *Análisis/Desing Constraints*.



**Ilustración 7.** Configuración de las velocidades, pendientes, profundidades, mínimas y máximas para el diseño  
**Fuente:** El Autor

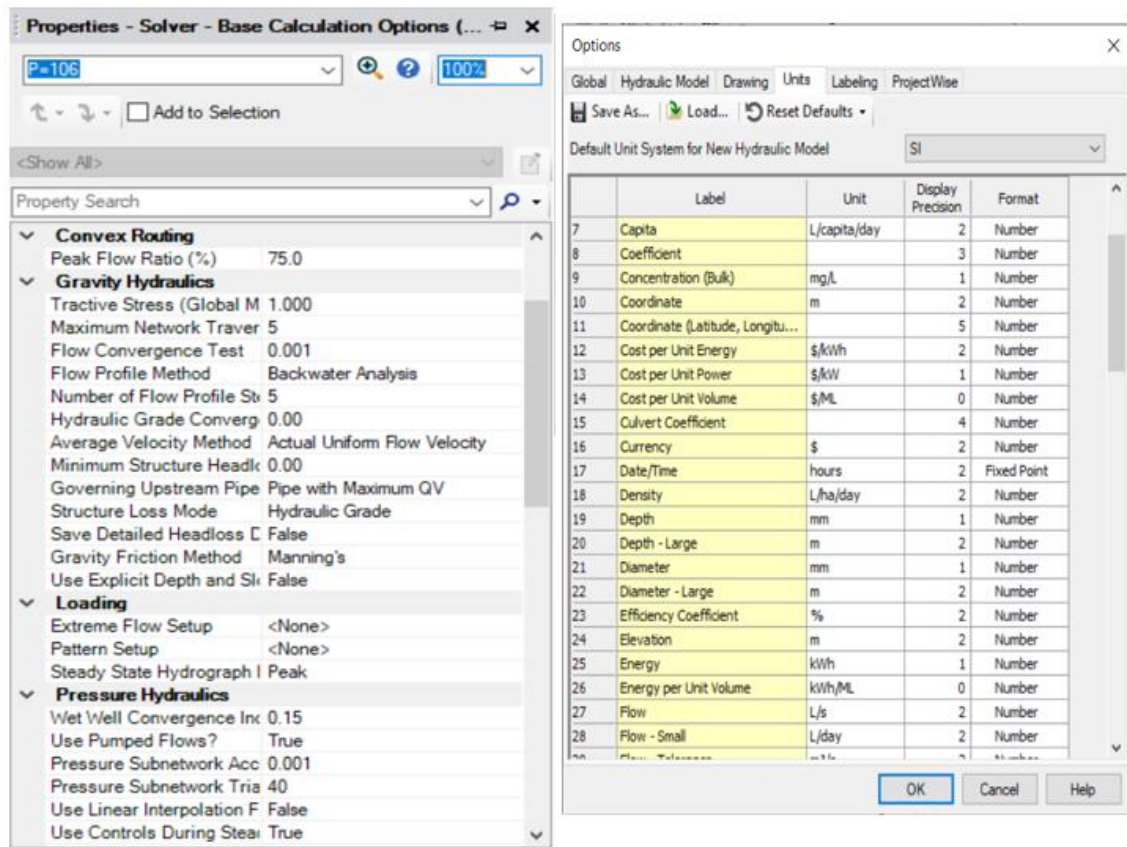


**Ilustración 8.** Diámetros de tuberías para el diseño y simulación

Fuente: El Autor

Los datos y nociones técnicas se derivan del departamento de obras públicas del municipio de Macará, provincia de Loja quienes facilitaron la experiencia e información para optimizar el proyecto a beneficio de la parroquia Sabiango.

Previo antes de correr el programa, es necesario configurar unidades, decimales, condiciones, valores máximos y mínimos en el apartado *file/options* de modo que el sistema opere bajo las condiciones de diseño.

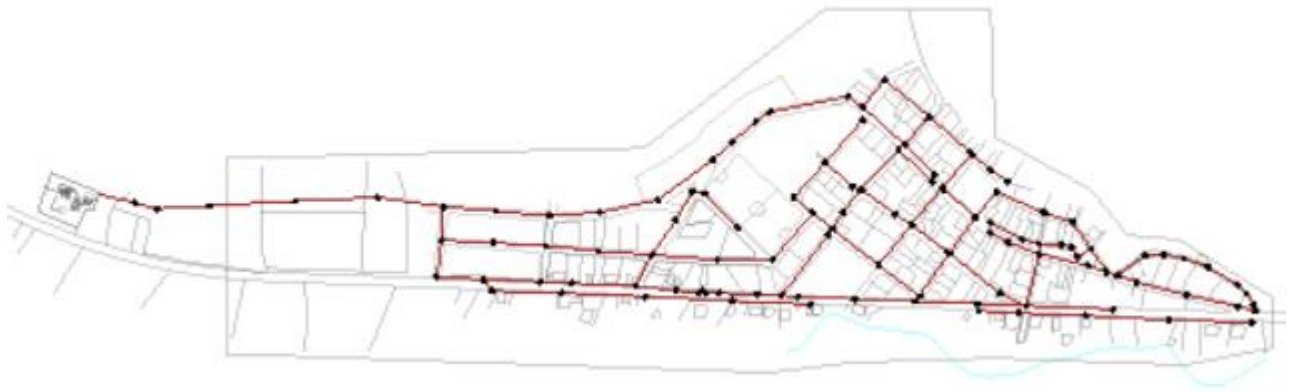


**Ilustración 9.** Propiedades del diseño para la simulación de la red de alcantarillado  
Fuente: El Autor

### 2.2.3 Tercer Paso

Una vez configurado y guardado la base del diseño, se procede a generar el prototipo de las tuberías junto a los pozos de revisión, partiendo de los datos del fabricante al calibrar sus características, se emplea el comando *Components/Prototypes*. Posteriormente se colocan los datos de los pozos, cotas de terreno y caudales calculados y adoptados, para ello se emplea la herramienta *Flex Tables* en pestaña *home*.

Se configuran las opciones para que el programa considere de 1.5 l/s los caudales inferiores esto con la finalidad de cumplir las condiciones de diseño implementadas por la normativa ecuatoriana de alcantarillado sanitario.



**Ilustración 10. Simulación de la red de alcantarillado en Sewergems**

Fuente: El Autor

### 2.2.4 Cuarto Paso

Se validan los resultados mediante la ejecución del diseño, verificando la cota del terreno, invert, cota de llegada y salida, caudales, velocidad, pendiente y diámetro óptimo por cada pozo. Se puede analizar los datos por medio de la herramienta Flex Tables donde exporta una tabla resumiendo los datos, cálculos e información de cada tramo de la red.

FlexTable: Manhole Table (Current Time: 0.000 hours) (DISEÑO 10 AGO.stsw)

ID	Label	Y (m)	X (m)	Elevation (Ground) (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Rim) (m)	Diameter (mm)	Bolted Cover?	Elevation (Invert) (m)	Inflow (Wet) Collection	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)
35: P=1	35 P=1	9,516,358.38	631,702.90	686.72	<input checked="" type="checkbox"/>	686.72	900.0	<input type="checkbox"/>	685.66	<Collection:	0.00	9.66	0.09	685.75
36: P=2	36 P=2	9,516,384.97	631,709.92	688.96	<input checked="" type="checkbox"/>	688.96	900.0	<input type="checkbox"/>	687.90	<Collection:	0.00	9.66	0.09	687.99
37: P=3	37 P=3	9,516,445.40	631,706.38	693.20	<input checked="" type="checkbox"/>	693.20	900.0	<input type="checkbox"/>	692.14	<Collection:	0.00	9.66	0.09	692.23
38: P=4	38 P=4	9,516,547.64	631,700.68	699.14	<input checked="" type="checkbox"/>	699.14	900.0	<input type="checkbox"/>	698.08	<Collection:	0.00	9.66	0.09	698.17
39: P=5	39 P=5	9,516,644.47	631,696.42	705.15	<input checked="" type="checkbox"/>	705.15	900.0	<input type="checkbox"/>	704.09	<Collection:	0.00	9.66	0.09	704.18
40: P=6	40 P=6	9,516,722.90	631,707.33	707.38	<input checked="" type="checkbox"/>	707.38	900.0	<input type="checkbox"/>	706.24	<Collection:	0.00	9.66	0.09	706.33
52: P=7	52 P=7	9,516,784.60	631,712.81	712.21	<input checked="" type="checkbox"/>	712.21	900.0	<input type="checkbox"/>	711.15	<Collection:	0.00	2.29	0.04	711.19
53: P=8	53 P=8	9,516,781.61	631,749.91	711.72	<input checked="" type="checkbox"/>	711.72	900.0	<input type="checkbox"/>	710.66	<Collection:	0.00	3.85	0.06	710.71
54: P=9	54 P=9	9,516,769.87	631,792.90	710.20	<input checked="" type="checkbox"/>	710.20	900.0	<input type="checkbox"/>	709.12	<Collection:	0.00	4.14	0.06	709.17
55: P=10	55 P=10	9,516,780.87	631,806.68	710.27	<input checked="" type="checkbox"/>	710.27	900.0	<input type="checkbox"/>	709.21	<Collection:	0.00	1.50	0.03	709.24
56: P=11	56 P=11	9,516,837.53	631,795.57	713.56	<input checked="" type="checkbox"/>	713.56	900.0	<input type="checkbox"/>	712.50	<Collection:	0.00	3.35	0.05	712.55
57: P=12	57 P=12	9,516,844.48	631,754.00	714.92	<input checked="" type="checkbox"/>	714.92	900.0	<input type="checkbox"/>	713.86	<Collection:	0.00	3.74	0.06	713.91
58: P=13	58 P=13	9,516,848.76	631,718.17	715.57	<input checked="" type="checkbox"/>	715.57	900.0	<input type="checkbox"/>	714.51	<Collection:	0.00	2.17	0.04	714.55
59: P=14	59 P=14	9,516,862.29	631,809.26	714.95	<input checked="" type="checkbox"/>	714.95	900.0	<input type="checkbox"/>	713.89	<Collection:	0.00	1.50	0.03	713.92
60: P=15	60 P=15	9,516,874.18	631,797.62	715.25	<input checked="" type="checkbox"/>	715.25	900.0	<input type="checkbox"/>	714.19	<Collection:	0.00	3.26	0.05	714.24
61: P=16	61 P=16	9,516,907.31	631,713.91	719.05	<input checked="" type="checkbox"/>	719.05	900.0	<input type="checkbox"/>	717.99	<Collection:	0.00	2.01	0.04	718.03
62: P=17	62 P=17	9,516,905.64	631,759.52	718.02	<input checked="" type="checkbox"/>	718.02	900.0	<input type="checkbox"/>	716.96	<Collection:	0.00	3.61	0.05	717.01
63: P=18	63 P=18	9,516,950.79	631,801.12	719.93	<input checked="" type="checkbox"/>	719.93	900.0	<input type="checkbox"/>	718.87	<Collection:	0.00	3.21	0.05	718.92
65: P=19	65 P=19	9,516,961.37	631,813.52	720.65	<input checked="" type="checkbox"/>	720.65	900.0	<input type="checkbox"/>	719.59	<Collection:	0.00	1.50	0.03	719.62
66: P=20	66 P=20	9,516,969.12	631,764.29	720.88	<input checked="" type="checkbox"/>	720.88	900.0	<input type="checkbox"/>	719.82	<Collection:	0.00	3.48	0.05	719.87
67: P=21	67 P=21	9,516,976.01	631,699.54	722.75	<input checked="" type="checkbox"/>	722.75	900.0	<input type="checkbox"/>	721.69	<Collection:	0.00	1.86	0.04	721.72
68: P=22	68 P=22	9,516,997.36	631,723.60	723.21	<input checked="" type="checkbox"/>	723.21	900.0	<input type="checkbox"/>	722.15	<Collection:	0.00	1.50	0.03	722.18
69: P=23	69 P=23	9,517,016.74	631,689.18	725.97	<input checked="" type="checkbox"/>	725.97	900.0	<input type="checkbox"/>	724.91	<Collection:	0.00	1.50	0.03	724.94
70: P=24	70 P=24	9,517,041.80	631,651.42	729.66	<input checked="" type="checkbox"/>	729.66	900.0	<input type="checkbox"/>	728.60	<Collection:	0.00	1.65	0.04	728.63
94: P=25	94 P=25	9,516,714.91	631,790.58	707.75	<input checked="" type="checkbox"/>	707.75	900.0	<input type="checkbox"/>	706.69	<Collection:	0.00	4.22	0.06	706.74
97: P=26	97 P=26	9,516,720.50	631,747.21	707.50	<input checked="" type="checkbox"/>	707.50	900.0	<input type="checkbox"/>	706.44	<Collection:	0.00	7.74	0.08	706.52
104: P=27	104 P=27	9,516,967.92	631,766.05	720.88	<input checked="" type="checkbox"/>	720.88	900.0	<input type="checkbox"/>	719.82	<Collection:	0.00	1.50	0.03	719.85
106: P=28	106 P=28	9,517,046.45	631,770.24	726.17	<input checked="" type="checkbox"/>	726.17	900.0	<input type="checkbox"/>	725.11	<Collection:	0.00	2.72	0.05	725.15
107: P=29	107 P=29	9,517,030.89	631,691.82	726.76	<input checked="" type="checkbox"/>	726.76	900.0	<input type="checkbox"/>	725.70	<Collection:	0.00	1.50	0.03	725.73
108: P=30	108 P=30	9,517,071.21	631,732.46	730.62	<input checked="" type="checkbox"/>	730.62	900.0	<input type="checkbox"/>	729.56	<Collection:	0.00	1.50	0.03	729.59
109: P=31	109 P=31	9,517,112.49	631,769.29	729.16	<input checked="" type="checkbox"/>	729.16	900.0	<input type="checkbox"/>	728.10	<Collection:	0.00	2.61	0.05	728.14
110: P=32	110 P=32	9,516,997.55	631,806.36	722.65	<input checked="" type="checkbox"/>	722.65	900.0	<input type="checkbox"/>	721.59	<Collection:	0.00	3.07	0.05	721.64
111: P=33	111 P=33	9,517,024.83	631,809.02	724.12	<input checked="" type="checkbox"/>	724.12	900.0	<input type="checkbox"/>	723.06	<Collection:	0.00	3.05	0.05	723.11
112: P=34	112 P=34	9,517,029.10	631,806.38	724.51	<input checked="" type="checkbox"/>	724.51	900.0	<input type="checkbox"/>	723.40	<Collection:	0.00	3.04	0.05	723.45
113: P=35	113 P=35	9,517,033.37	631,809.84	724.49	<input checked="" type="checkbox"/>	724.49	900.0	<input type="checkbox"/>	723.43	<Collection:	0.00	3.02	0.05	723.48
114: P=36	114 P=36	9,517,064.62	631,818.49	727.10	<input checked="" type="checkbox"/>	727.10	900.0	<input type="checkbox"/>	726.04	<Collection:	0.00	1.50	0.03	726.07

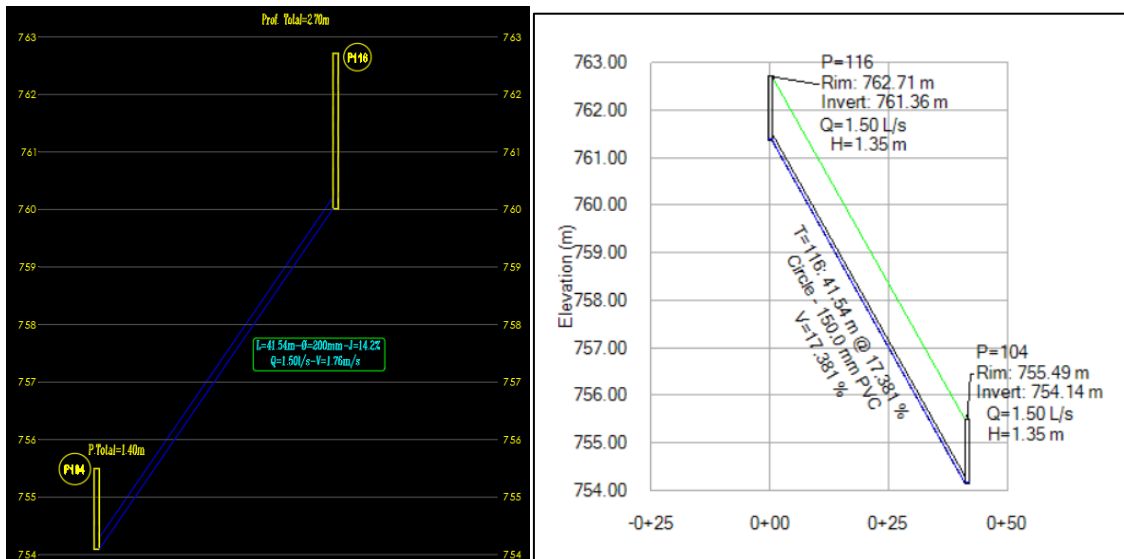
**Ilustración 11. Resultados de la simulación en software Sewergems**

Fuente: El Autor

## 2.3 Cálculo de Sewergems para el diseño de alcantarillado sanitario de la parroquia Sabiango

Para el diseño del alcantarillado sanitario de la parroquia de Sabiango, se utilizó el motor de cálculo GVF-Convex (SewerCad), el mismo que efectúa un análisis de línea de energía del fluido por medio de un método estándar, considerando las condiciones del flujo y adaptándose a las características del terreno, ofreciendo un diseño óptimo y económico en materiales y mano de obra.

Para determinar el cálculo de los volúmenes de excavación Sewergems ofrece la opción de mostrar perfiles de cada tramo de la tubería en el cual detalla la pendiente, cota del terreno, cota invert, longitud de tubería y diámetro de tubería. Haciendo una comparación en un tramo del diseño ejecutado realizado en una hoja de Excel y el diseño realizado por Sewergems se nota una gran diferencia en la profundidad del pozo y diámetro de tuberías.



**Ilustración 12.** Comparación de los perfiles del tramo 116 del proyecto ejecutado y del diseño establecido por Sewergems

**Fuente:** El Autor

Los softwares de diseño y simulación basados en SIG permiten optimizar tiempos, medios computacionales e integrar soluciones con mayor precisión y exactitud que los cálculos hechos manualmente; siendo indispensables para el desarrollo de la ingeniería [12]. El impacto social de la infraestructura, no solo se limita al desarrollo socioeconómico, sino calidad de vida, salud e inversión del sector privado siendo el medio para atraer fuentes de empleo e inversión que requieren las zonas rurales [13]; destacando la importancia del estudio al vincularse con los gobiernos locales mediante la socialización en el repositorio institucional.



### 3 CONCLUSIÓN

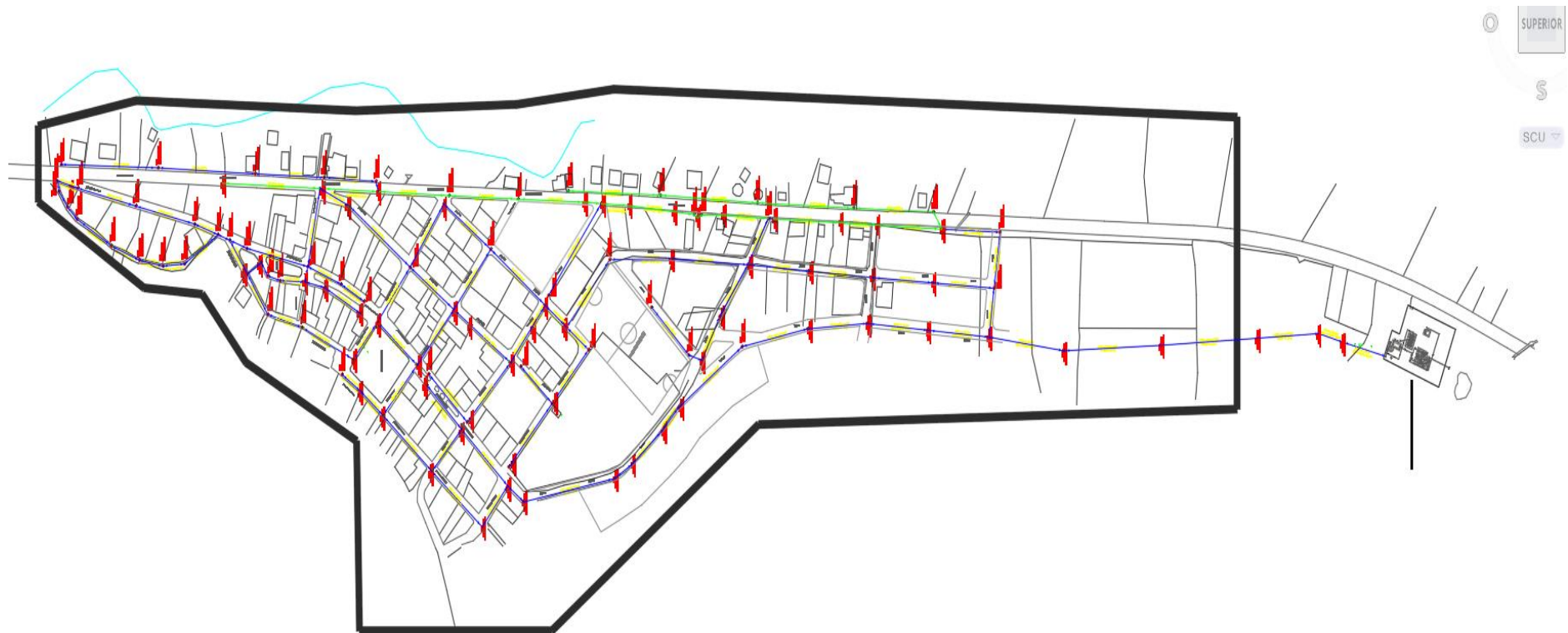
- Las bases de diseño se obtienen mediante una investigación tanto teórica al citar documentos e información técnica como visita de campo y revisar los estudios de población realizados por el municipio de Macará; encontrando como novedad que la población es pequeña con tasas de crecimiento muy bajas arrojando caudales inferiores a 1.5 l/s demostrando que existe un sobredimensionamiento en la normativa ecuatoriana.
- La ejecución del diseño en Sewergems del sistema de alcantarillado de la parroquia Sabiango, arroja resultados interesantes, como la optimización de costos al reducir las tuberías de 200 mm a 150 mm en los colectores y disminuir la profundidad de excavación en todos los tramos y pozos sin afectar el correcto funcionamiento del sistema; lo interesante resulta al modelar la red se evidencia que existen tramos con caudales relativamente bajos, haciendo notar que la norma técnica debe actualizarse o flexibilizar los criterios a zonas rurales con poca densidad poblacional precisamente para reducir costos en obras públicas sanitarias y aumentar la cobertura en esta clase de proyectos.
- Al comparar los resultados de la simulación con Sewergems con el proceso de cálculo tradicional en Excel, se tienen valores muy similares en el cálculo de caudales. Pero se observa una gran diferencia en volúmenes de excavación de pozos y diámetros de tuberías. En la tubería el programa Sewergems adopta un diámetro de 150mm para toda la red de alcantarillado sin embargo la obra se construyó con diámetros de 200mm. En la excavación de pozos el programa adopta una profundidad mínima en el 90% de los pozos de 1.35m y una profundidad máxima de 2.47m solo en el pozo 42, sin embargo, en la ejecución del proyecto se encuentran profundidades mínimas de 1.4m en un 40% de los pozos y profundidades máximas de hasta 3.8m. Las pendientes y velocidades en ambos diseños cumplen con las restricciones y parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Guerra y S. Logroño, «Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador,» *Ciencia Digital*, vol. 3, nº 2.1, pp. 73-87, 2019.
- [2] E. Paz, «Obra incumplida: promesas rotas en el cantón lojano Macará,» Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorenvivo.com/index.php/gran-ciudad/urbes/item/135602-obra-incumplida-promesas-rotas-en-el-canton-lojano-macara>. [Último acceso: Julio 2022].
- [3] W. Li, T. Zheng, Y. Ma y J. Liu, «Characteristics of sewer biofilms in aerobic rural small diameter gravity sewers,» *Journal of Environmental Sciences*, vol. 90, pp. 1-9, 2020.
- [4] I. Castaño, M. Arango y D. Cardenas, «Factores que determinan la sostenibilidad del servicio de saneamiento básico en Manizales,» *Ingeniería y Competitividad*, vol. 23, pp. 2-13, 2020.
- [5] J. Nuñez, A. Ullauari y J. Barzola, «Diagnostico, Modelación y Determinación de la Capacidad Hidraulica de sistemas de Alcantarillado,» *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigacion*, 3(ICCE),, pp. 88-111, 2018.
- [6] M. Zaheri, R. Ghanbari y M. Afshar, «A two-phase simulation–optimization cellular automata method for sewer network design optimization,» *Engineering Optimization* , vol. 52, nº 4, pp. 620-636, 2018.
- [7] C. Zúñiga y R. Zambrano, «lcantarillado sanitario y pluvial y su incidencia en la salud de la población de la ciudad de Milagro,» *Mapa, revista de ciencias sociales y humanistas*, vol. 2, nº 18, pp. 11-25, 2019.
- [8] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Código De Practica Para El Diseño De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural,» Código Ecuatoriano de la Construcción, Quito, Ecuador, 1997.
- [9] N. Kumar, «Sewerage System Assessment Using Sewer Gems V8i and Autocad Civil 3d,» *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 9, nº 5, pp. 24-29, 2020.
- [10] W. Hassan, Z. H. Attea y S. Mohammed, «Optimum layout design of sewer networks by hybrid genetic algorithm,» *Journal of Applied Water Engineering and Research*, pp. 1-17, 2020.

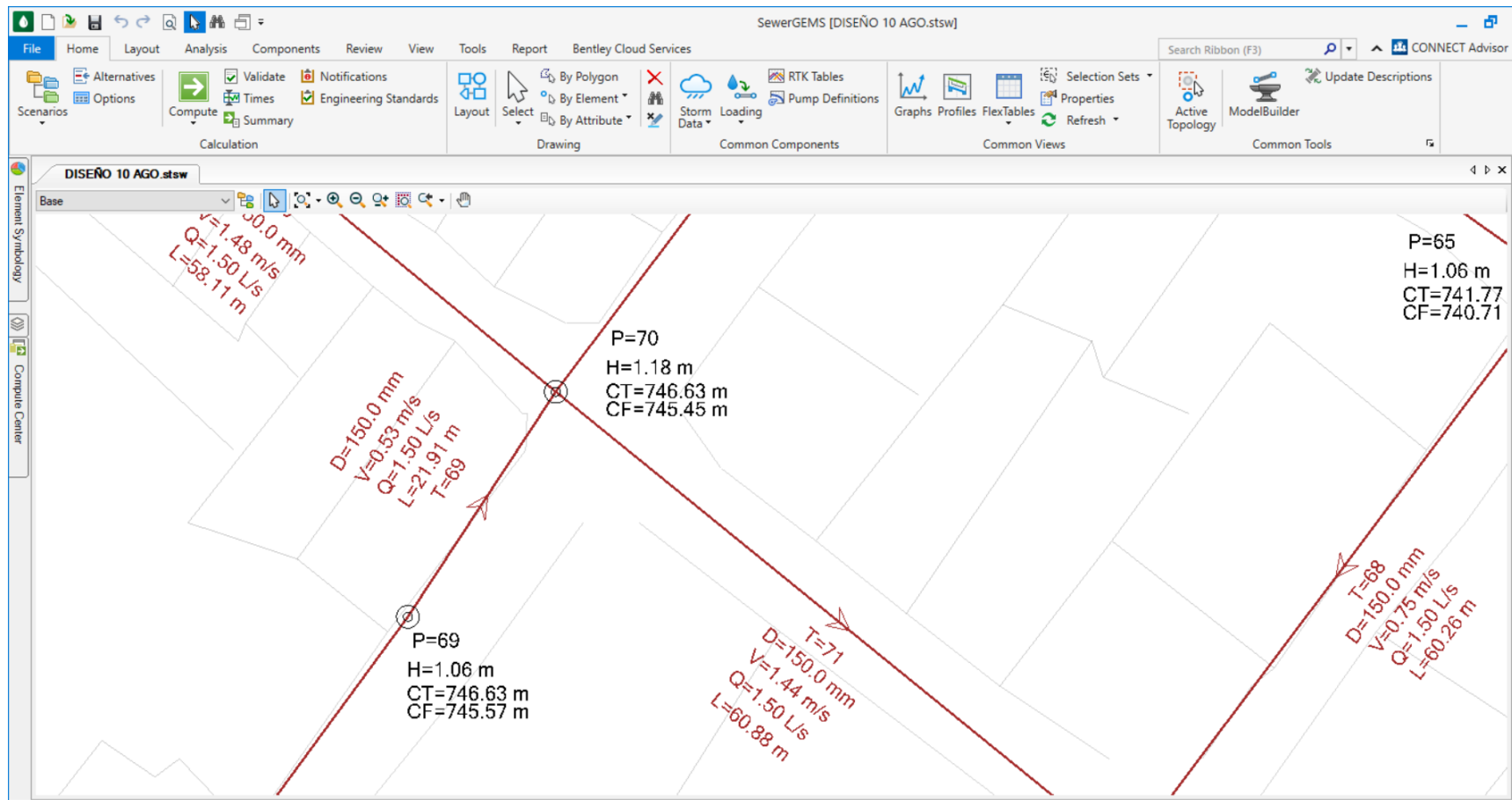
- [11] S. Gonzaga-Vallejo, «Estudios Y Diseños Definitivos Sistema Integral De Agua Potable Y Saneamiento Cabecera Parroquial Sabiango Del Cantón Macará,» Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Macará, Macará, Loja-Ecuador, 2017.
- [12] D. Sánchez y M. Mendoza, «SIG aplicado a la optimización del tiempo de diseño en redes de distribución de agua potable,» *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, vol. XIII, nº 1, pp. 68-80, 2021.
- [13] G. Silva y J. Delgado, «El Impacto de la infraestructura en el desarrollo económico,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 4, nº 2, pp. 1123-1138., 2020.
- [14] J. Nuñez, A. Ullauri y J. Barzola, «Diagnostico, Modelación y Determinación de la Capacidad Hidraulica de sistemas de Alcantarillado,» *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigacion*, vol. 3, pp. 88-111, 2018.

## ANEXOS



**Anexo 1.** Trazado de la red de alcantarillado en AutoCad

**Fuente:** El Autor



**Anexo 2.** Verificación de los datos para el análisis de la red por cada nodo

**Fuente:** Sewergems

Elevation (Ground) (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Rim) (m)	Diameter (mm)	Bolted Cover?	Elevation (Invert) (m)	Inflow (Wet) Collection	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)
686.72	<input checked="" type="checkbox"/>	686.72	900.0	<input type="checkbox"/>	685.66	<Collection:	0.00	9.66
688.96	<input checked="" type="checkbox"/>	688.96	900.0	<input type="checkbox"/>	687.90	<Collection:	0.00	9.66
693.20	<input checked="" type="checkbox"/>	693.20	900.0	<input type="checkbox"/>	692.14	<Collection:	0.00	9.66
699.14	<input checked="" type="checkbox"/>	699.14	900.0	<input type="checkbox"/>	698.08	<Collection:	0.00	9.66
705.15	<input checked="" type="checkbox"/>	705.15	900.0	<input type="checkbox"/>	704.09	<Collection:	0.00	9.66
707.38	<input checked="" type="checkbox"/>	707.38	900.0	<input type="checkbox"/>	706.24	<Collection:	0.00	9.66
712.21	<input checked="" type="checkbox"/>	712.21	900.0	<input type="checkbox"/>	711.15	<Collection:	0.00	2.29
711.72	<input checked="" type="checkbox"/>	711.72	900.0	<input type="checkbox"/>	710.66	<Collection:	0.00	3.85
710.20	<input checked="" type="checkbox"/>	710.20	900.0	<input type="checkbox"/>	708.96	<Collection:	0.00	4.14
710.27	<input checked="" type="checkbox"/>	710.27	900.0	<input type="checkbox"/>	709.21	<Collection:	0.00	0.70
713.56	<input checked="" type="checkbox"/>	713.56	900.0	<input type="checkbox"/>	712.50	<Collection:	0.00	3.35
714.92	<input checked="" type="checkbox"/>	714.92	900.0	<input type="checkbox"/>	713.86	<Collection:	0.00	3.74
715.57	<input checked="" type="checkbox"/>	715.57	900.0	<input type="checkbox"/>	714.51	<Collection:	0.00	2.17
714.95	<input checked="" type="checkbox"/>	714.95	900.0	<input type="checkbox"/>	713.89	<Collection:	0.00	0.70
715.25	<input checked="" type="checkbox"/>	715.25	900.0	<input type="checkbox"/>	714.19	<Collection:	0.00	3.26
719.05	<input checked="" type="checkbox"/>	719.05	900.0	<input type="checkbox"/>	717.99	<Collection:	0.00	2.01
718.02	<input checked="" type="checkbox"/>	718.02	900.0	<input type="checkbox"/>	716.96	<Collection:	0.00	3.61
719.93	<input checked="" type="checkbox"/>	719.93	900.0	<input type="checkbox"/>	718.38	<Collection:	0.00	3.21
720.65	<input checked="" type="checkbox"/>	720.65	900.0	<input type="checkbox"/>	719.59	<Collection:	0.00	0.55
720.88	<input checked="" type="checkbox"/>	720.88	900.0	<input type="checkbox"/>	719.82	<Collection:	0.00	3.48
722.75	<input checked="" type="checkbox"/>	722.75	900.0	<input type="checkbox"/>	721.69	<Collection:	0.00	1.86
723.21	<input checked="" type="checkbox"/>	723.21	900.0	<input type="checkbox"/>	722.15	<Collection:	0.00	0.77
725.97	<input checked="" type="checkbox"/>	725.97	900.0	<input type="checkbox"/>	724.91	<Collection:	0.00	0.64
729.66	<input checked="" type="checkbox"/>	729.66	900.0	<input type="checkbox"/>	728.60	<Collection:	0.00	1.65
707.75	<input checked="" type="checkbox"/>	707.75	900.0	<input type="checkbox"/>	706.69	<Collection:	0.00	4.22
707.50	<input checked="" type="checkbox"/>	707.50	900.0	<input type="checkbox"/>	706.44	<Collection:	0.00	7.74
720.88	<input checked="" type="checkbox"/>	720.88	900.0	<input type="checkbox"/>	719.82	<Collection:	0.00	0.06
726.17	<input checked="" type="checkbox"/>	726.17	900.0	<input type="checkbox"/>	725.11	<Collection:	0.00	2.72
726.76	<input checked="" type="checkbox"/>	726.76	900.0	<input type="checkbox"/>	725.70	<Collection:	0.00	0.54
730.62	<input checked="" type="checkbox"/>	730.62	900.0	<input type="checkbox"/>	729.56	<Collection:	0.00	0.50
729.16	<input checked="" type="checkbox"/>	729.16	900.0	<input type="checkbox"/>	728.10	<Collection:	0.00	2.61
722.65	<input checked="" type="checkbox"/>	722.65	900.0	<input type="checkbox"/>	721.59	<Collection:	0.00	3.07
724.12	<input checked="" type="checkbox"/>	724.12	900.0	<input type="checkbox"/>	723.06	<Collection:	0.00	3.05
724.51	<input checked="" type="checkbox"/>	724.51	900.0	<input type="checkbox"/>	723.40	<Collection:	0.00	3.04
724.49	<input checked="" type="checkbox"/>	724.49	900.0	<input type="checkbox"/>	723.43	<Collection:	0.00	3.02
727.10	<input checked="" type="checkbox"/>	727.10	900.0	<input type="checkbox"/>	726.04	<Collection:	0.00	0.33
732.28	<input checked="" type="checkbox"/>	732.28	900.0	<input type="checkbox"/>	731.09	<Collection:	0.00	1.46

**Properties - Manhole - P=103 (265)**

P=103 100%

Add to Selection

<Show All>

Property Search

- <General>
  - ID: 265
  - Label: P=103
  - Notes:
  - GIS-IDs: <Collection: 0 items>
  - Hyperlinks: <Collection: 0 items>
- <Geometry>
  - X (m): 631,784.23
  - Y (m): 9,517,506.36
  - Station (Calculated) (m): 13+68
- Active Topology
  - Is Active?: True
- Design
  - Local Pipe Matching Constr: False
  - Design Structure Elevation: True
  - Desired Sump Depth (m): 0.00
  - Freeboard (Required) (m): 0.30
- Flows
  - Flow (Known) (L/s): 1.50
- Inflow (Sanitary Loading)
  - Sanitary Loads: <Collection: 0 items>
- Inflow (Wet)
  - Inflow (Wet) Collection: <Collection: 0 items>
- Physical
  - Update Ground Elevation fr: True
  - Elevation (Ground) (m): 754.49
  - Set Rim to Ground Elevatio: True

Anexo 3. Configuración de las cotas por pozo y caudal mínimo de la red

Fuente: Sewergems









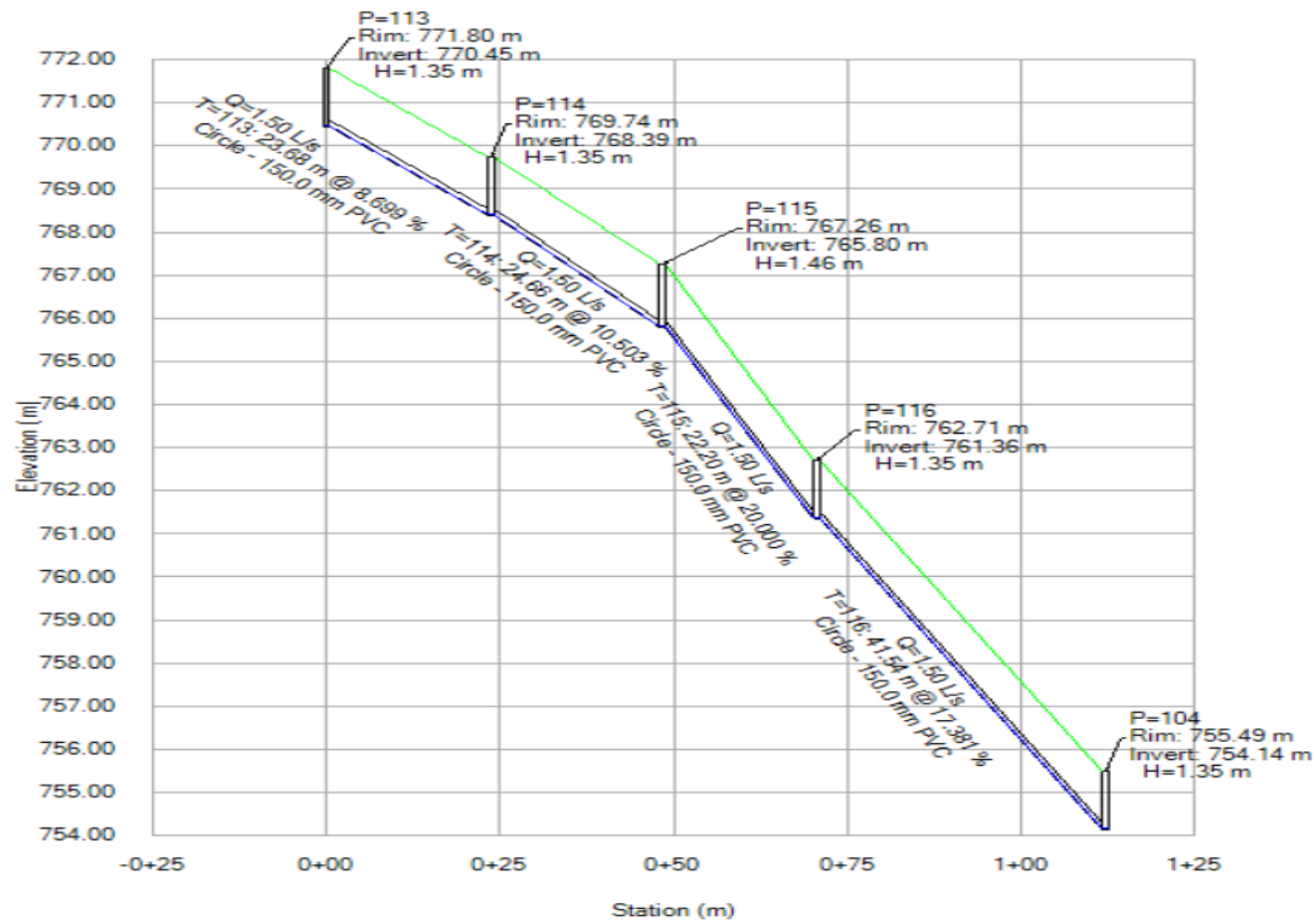




730,62	726,76	729,42	725,56	9,15	729,23	725,37	729,24	725,38	729,34	725,48	1,20	1,20
726,76	725,97	725,46	724,77	9,15	725,27	724,58	725,29	724,60	725,36	724,67	1,30	1,20
725,97	723,21	724,67	722,01	9,15	724,48	721,82	724,50	721,84	724,59	721,93	1,30	1,20
723,21	720,88	722,01	719,68	9,15	721,82	719,49	721,84	719,51	721,91	719,58	1,20	1,20
759,75	757,70	758,55	756,50	9,15	758,36	756,31	758,38	756,33	758,44	756,39	1,20	1,20
757,70	752,17	756,40	750,97	9,15	756,21	750,78	756,22	750,79	756,38	750,95	1,30	1,20
752,83	752,17	751,63	750,97	9,15	751,44	750,78	751,46	750,80	751,49	750,83	1,20	1,20
752,17	747,67	750,87	746,47	9,15	750,68	746,28	750,69	746,29	750,80	746,40	1,30	1,20
747,81	747,67	746,41	745,77	9,15	746,22	745,58	746,25	745,61	746,27	745,63	1,40	1,90
747,67	741,77	745,67	740,57	9,15	745,48	740,38	745,49	740,39	745,60	740,50	2,00	1,20
741,77	740,91	740,57	739,71	9,15	740,38	739,52	740,40	739,54	740,43	739,57	1,20	1,20
757,82	757,37	756,62	756,17	9,15	756,43	755,98	756,45	756,00	756,49	756,04	1,20	1,20
757,37	755,77	756,07	754,57	9,15	755,88	754,38	755,90	754,40	755,97	754,47	1,30	1,20
755,77	752,83	754,47	751,63	9,15	754,28	751,44	754,30	751,46	754,38	751,54	1,30	1,20
752,83	746,63	751,53	745,43	9,15	751,34	745,24	751,35	745,25	751,48	745,38	1,30	1,20
748,03	746,42	746,83	745,02	9,15	746,64	744,83	746,66	744,85	746,72	744,91	1,20	1,40
746,42	746,63	745,02	744,83	9,15	744,83	744,64	744,86	744,67	744,88	744,69	1,40	1,80
747,67	746,63	746,27	745,23	9,15	746,08	745,04	746,10	745,06	746,14	745,10	1,40	1,40
746,63	740,91	744,73	739,71	9,15	744,54	739,52	744,55	739,53	744,66	739,64	1,90	1,20
740,91	737,60	739,41	736,20	9,15	739,22	736,01	739,24	736,03	739,31	736,10	1,50	1,40
752,60	750,71	751,40	749,51	9,15	751,21	749,32	751,23	749,34	751,29	749,40	1,20	1,20
750,71	748,03	749,51	746,83	9,15	749,32	746,64	749,34	746,66	749,40	746,72	1,20	1,20
748,03	741,02	746,63	739,62	9,15	746,44	739,43	746,45	739,44	746,65	739,64	1,40	1,40
741,02	737,60	739,62	736,30	9,15	739,43	736,11	739,44	736,12	739,60	736,28	1,40	1,30
737,60	735,92	736,10	734,72	9,15	735,91	734,53	735,93	734,55	736,02	734,64	1,50	1,20
746,60	744,36	745,40	743,16	9,15	745,21	742,97	745,23	742,99	745,29	743,05	1,20	1,20
747,51	744,36	746,31	743,16	9,15	746,12	742,97	746,13	742,98	746,23	743,08	1,20	1,20
744,36	734,96	742,96	733,76	9,15	742,77	733,57	742,78	733,58	742,95	733,75	1,40	1,20
734,96	735,92	733,76	733,52	9,15	733,57	733,33	733,60	733,36	733,62	733,38	1,20	2,40
735,92	729,16	733,32	727,96	9,15	733,13	727,77	733,15	727,79	733,29	727,93	2,60	1,20
729,16	726,17	727,86	724,97	9,15	727,67	724,78	727,69	724,80	727,79	724,90	1,30	1,20
726,17	720,88	724,97	719,68	9,15	724,78	719,49	724,80	719,51	724,93	719,64	1,20	1,20
720,88	718,02	719,58	716,82	9,15	719,39	716,63	719,42	716,66	719,53	716,77	1,30	1,20
718,02	714,92	716,72	713,72	9,15	716,53	713,53	716,56	713,56	716,68	713,68	1,30	1,20
714,92	711,72	713,62	710,52	9,15	713,43	710,33	713,46	710,36	713,59	710,49	1,30	1,20
711,72	707,41	710,42	706,21	9,15	710,23	706,02	710,25	706,04	710,42	706,21	1,30	1,20
707,41	708,38	705,21	704,98	9,15	705,02	704,79	705,08	704,85	705,13	704,90	2,20	3,40
755,77	751,35	754,57	750,15	9,15	754,38	749,96	754,40	749,98	754,49	750,07	1,20	1,20
751,35	746,67	750,15	745,47	9,15	749,96	745,28	749,97	745,29	750,07	745,39	1,20	1,20
746,67	746,40	745,27	744,90	9,15	745,08	744,71	745,10	744,73	745,13	744,76	1,40	1,50
752,81	750,76	751,61	749,56	9,15	751,42	749,37	751,44	749,39	751,50	749,45	1,20	1,20
751,35	750,76	750,15	749,56	9,15	749,96	749,37	749,98	749,39	750,01	749,42	1,20	1,20
750,76	746,40	749,46	745,20	9,15	749,27	745,01	749,29	745,03	749,38	745,12	1,30	1,20
746,40	744,42	744,80	743,22	9,15	744,61	743,03	744,62	743,04	744,73	743,15	1,60	1,20
744,42	737,13	743,22	735,93	9,15	743,03	735,74	743,04	735,75	743,15	735,86	1,20	1,20
737,13	735,53	735,93	734,33	9,15	735,74	734,14	735,75	734,15	735,86	734,26	1,20	1,20
735,53	732,28	734,33	731,08	9,15	734,14	730,89	734,15	730,90	734,26	731,01	1,20	1,20
732,28	729,66	730,98	728,46	9,15	730,79	728,27	730,80	728,28	730,93	728,41	1,30	1,20
729,66	722,75	728,46	721,55	9,15	728,27	721,36	728,28	721,37	728,40	721,49	1,20	1,20
722,75	719,05	721,55	717,85	9,15	721,36	717,66	721,38	717,68	721,47	717,77	1,20	1,20
719,05	715,57	717,75	714,37	9,15	717,56	714,18	717,58	714,20	717,68	714,30	1,30	1,20
715,57	712,21	714,37	711,01	9,15	714,18	710,82	714,20	710,84	714,30	710,94	1,20	1,20
712,21	708,38	710,91	706,58	9,15	710,72	706,39	710,74	706,41	710,86	706,53	1,30	1,80
708,38	705,15	704,78	701,85	9,15	704,59	701,66	704,63	701,70	704,82	701,89	3,60	3,30
705,15	699,14	701,75	697,94	9,15	701,56	697,75	701,60	697,79	701,79	697,98	3,40	1,20
699,14	693,20	697,84	692,00	9,15	697,65	691,81	697,69	691,85	697,95	692,11	1,30	1,20
693,20	688,86	691,90	687,66	9,15	691,71	687,47	691,75	687,51	692,03	687,79	1,30	1,20
688,86	686,72	687,56	686,12	9,15	687,37	685,93	687,41	685,97	687,65	686,21	1,30	0,60
686,72	685,29	686,12	685,29	9,15	685,93	685,10	685,98	685,15	686,10	685,27	0,60	0,00

**Anexo 9. Proceso de cálculo del sistema de alcantarillado mediante software Excel**

**Fuente: El Autor**



**Anexo 10.** Perfil de terreno del diseño en Sewergems en la zona critica

**Fuente:** Sewergems