



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**SANITARIA**

**TEMA:**

MODELACIÓN, DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE LA  
CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO DE LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CRNL.  
MARCELINO MARIDUEÑA, MEDIANTE EL SOFTWARE DE ANÁLISIS  
DE DISEÑO SEWERCAD

**AUTOR**

JHONNY MIGUEL NÚÑEZ RIVADENEIRA

**TUTOR**

Ing. JULIO BARZOLA MONTESES, M.Sc

**AÑO**

2018

**GUAYAQUIL – ECUADOR**



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**SANITARIA**

**TEMA:**

MODELACIÓN, DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE LA  
CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO DE LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CRNL.  
MARCELINO MARIDUEÑA, MEDIANTE EL SOFTWARE DE ANÁLISIS  
DE DISEÑO SEWERCAD

**AUTOR**

JHONNY MIGUEL NÚÑEZ RIVADENEIRA

**TUTOR**

Ing. JULIO BARZOLA MONTESES, M.Sc

**AÑO**

2018

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M. Sc.  
DECANO

---

Ing. Julio Barzola Montesés, M. Sc.  
TUTOR

---

Ing. Jacinto Rojas Álvarez, M. Sc.  
TRIBUNAL

---

Ing. Franklin Villamar Bajaña, M. Sc.  
TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

A mi familia y memoria de Angelina  
Masabanda Rivera, pieza fundamental e impulso  
para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, fuente total de mi sabiduría e inteligencia.

“El Señor es mi pastor, nada me falta, en verdes praderas me hace recostar; me conduce hacia fuentes tranquilas y repara mis fuerzas; me guía por el sendero justo, por el honor de su nombre. Aunque camine por cañadas oscuras, nada temo, porque tú vas conmigo, tu vara y tu cayado me sosiegan”.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Art. XI.- Del reglamento interno de graduación de la facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este trabajo de titulación correspondiente exclusivamente de los autores, y el patrimonio intelectual de la Universidad de Guayaquil.

**JHONNY MIGUEL NÚÑEZ RIVADENEIRA**

CI. 2300067721

## **RESUMEN**

El presente proyecto de grado determina la evaluación de la red principal del sistema de alcantarillado de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña, mediante el software SewerCAD. Con la investigación de campo y laboratorio se establecen las bases técnicas de análisis, para el ingreso en el programa.

La simulación es realizada al sistema existente y los resultados obtenidos permiten concluir que la actual red no tiene la capacidad hidráulica que recomienda la normativa vigente, generado posible contaminación sanitaria en eventos desfavorables.

La propuesta de mejora del actual sistema es considerada para servir a la población futura con un horizonte de 25 años, los trabajos a ejecutarse son el cambio de 550 metros de tubería que garantiza el óptimo funcionamiento y cumple con los parámetros de calidad y funcionalidad que las buenas prácticas de ingeniería lo requieren.

## **ABSTRACT**

This grade Project determine the evaluation of the network main of the sewerage system of the Urban Area in The Crnl. Marcelino Maridueña Canton, by The SewerCAD Software. With the laboratory and fiel investigation establish the analysis´bases technicals to can enter in the program.

The simulation realizes to the current and the obtained results that allows to finish the present network that doesn´t have the hydraulic capacity that recommends in the current regulation, it creates a sanitary contamination posible in unfavorable events.

The progress propposal in the present system gives to help to the future population with 25 years of horizon, the Works that will perform are the change of 550 meters of pipe, that guarantees a ideal operating and keeps the quality parameters and functionalinality that the engineering´s practices good require it.

## INDICE GENERAL

### CAPITULO I

#### EL PROBLEMA

|  |          |
|--|----------|
| <b>1.1. Contexto de la investigación .....</b> | <b>3</b> |
| <b>1.2. Problema de la investigación .....</b> | <b>4</b> |
| <b>1.3. Delimitación del problema.....</b>     | <b>5</b> |
| <b>1.4. Objetivos .....</b>                    | <b>6</b> |
| 1.4.1. Objetivo general. ....                  | 6        |
| 1.4.2. Objetivos específicos. ....             | 6        |
| <b>1.5. Justificación .....</b>                | <b>7</b> |

### CAPITULO II

#### MARCO REFERENCIAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.1. Antecedentes de estudio .....</b>      | <b>9</b>  |
| 2.1.1. Origen del alcantarillado.....          | 9         |
| 2.1.2. Situación actual.....                   | 10        |
| <b>2.2. Marco contextual .....</b>             | <b>11</b> |
| 2.2.1. Localización general del proyecto. .... | 11        |
| 2.2.2. Aspecto social. ....                    | 12        |
| 2.2.2.1. Población.....                        | 12        |
| 2.2.2.2. Educación.....                        | 13        |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.2.3. Salud. ....  | 13        |
| 2.2.3. Aspecto económico. ....                              | 14        |
| <b>2.3. Marco teórico.....</b>                              | <b>14</b> |
| 2.3.1. Sistemas de alcantarillado sanitario. ....           | 14        |
| 2.3.1.1. Tipos de sistemas. ....                            | 15        |
| 2.3.2. Parámetros de análisis y evaluación. ....            | 16        |
| 2.3.2.1. Periodo de análisis. ....                          | 16        |
| 2.3.2.2. Población de análisis. ....                        | 16        |
| 2.3.2.3. Dotación. ....                                     | 16        |
| 2.3.2.4. Coeficiente de retorno. ....                       | 17        |
| 2.3.2.5. Caudales de evaluación. ....                       | 17        |
| 2.3.3. Especificaciones hidráulicas de evaluación. ....     | 20        |
| 2.3.3.1. Velocidades mínimas. ....                          | 20        |
| 2.3.3.2. Velocidades máximas. ....                          | 22        |
| 2.3.3.3. Esfuerzo cortante. ....                            | 22        |
| 2.3.3.4. Tirante de agua. ....                              | 23        |
| 2.3.4. Programas para la evaluación y diseño de redes. .... | 24        |
| 2.3.4.1. Stormwater management model (swmm) 5. ....         | 24        |
| 2.3.4.2. Hydra. ....  | 25        |
| 2.3.4.3. SewerCAD. ....                                     | 25        |
| <b>2.4. Marco conceptual.....</b>                           | <b>26</b> |
| <b>2.5. Marco legal.....</b>                                | <b>27</b> |

## CAPITULO III

|  |           |
|--|-----------|
| <b>METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....</b>                             | <b>28</b> |
| <b>3.1. Investigación de campo.....</b>                                  | <b>31</b> |
| 3.1.1. Información proporcionada por la empresa.....                     | 31        |
| 3.1.2. Información proporcionada por la municipalidad.....               | 31        |
| <b>3.2. Investigación de laboratorio.....</b>                            | <b>32</b> |
| 3.2.1. Determinación de la población existente y futura.....             | 32        |
| 3.2.1.1. Método Aritmético.....  | 32        |
| 3.2.1.2. Método Geométrico.....  | 33        |
| 3.2.1.3. Método Logarítmico.....   | 33        |
| 3.2.1.4. Método Wappus.....  | 34        |
| 3.2.2. Determinación de caudales de evaluación.....                      | 34        |
| <b>3.3. Análisis, evaluación e interpretación de la información.....</b> | <b>37</b> |
| <b>3.4. Bases de evaluación.....</b>                                     | <b>38</b> |
| <b>3.5. Reconocimiento del Software SewerCAD .....</b>                   | <b>38</b> |
| 3.5.1. Funcionamiento del programa.....                                  | 38        |
| 3.5.1.1. Flujo gradualmente variado .....                                | 38        |
| 3.5.1.2. Capacidad de análisis.....                                      | 41        |
| 3.5.2. Principales elementos del programa.....                           | 41        |
| 3.5.3. Utilización del programa.....                                     | 42        |
| 3.5.3.1. Configuración básica.....                                       | 43        |
| 3.5.3.2. Referencia y dibujo.....  | 45        |
| 3.5.3.3. Propiedades de análisis.....                                    | 45        |
| Manhole (Cajas de revisión).....   | 45        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5.3.4. Evaluación hidráulica.....  | 46        |
| 3.5.3.5. Validación de resultados.....   | 46        |
| <b>3.6. Capacidad hidráulica de la red frente a la demanda actual y<br/>proyectada .....</b> | <b>46</b> |
| <b>3.7. Análisis e interpretación de los resultados .....</b>                                | <b>47</b> |
| <b>3.8. Propuesta de mejora.....</b>   | <b>47</b> |

## CAPITULO IV

### SIMULACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.1. Proyección de la población.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>4.2. Determinación de la capacidad hidráulica del sistema con<br/>aportaciones de caudales actuales 2017.....</b> | <b>52</b> |
| 4.2.1. Densidad poblacional.....   | 52        |
| 4.2.2. Aportación comercial.....   | 52        |
| 4.2.3. Aportación institucional. ....  | 52        |
| 4.2.4. Caudales de análisis con población existente (2017). ....   | 53        |
| .....  | 55        |
| 4.2.5. Resultados del programa. ....   | 56        |
| 4.2.6. Análisis y evaluación de resultados. ....   | 58        |
| 4.2.6.1. Velocidad mínima permisible.....  | 58        |
| 4.2.6.2. Velocidad máxima permisible. ....   | 59        |
| 4.2.6.3. Esfuerzo cortante.....  | 59        |
| 4.2.6.4. Tirante de agua.....  | 60        |
| 4.2.6.5. Capacidad hidráulica. ....  | 61        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.7. Comentarios.....   | 63        |
| <b>4.3. Propuesta de mejora.....</b>  | <b>63</b> |
| 4.3.1. Densidad poblacional.....  | 64        |
| 4.3.2. Caudales de evaluación futura para aportaciones hasta el año<br>(2042) | 64        |
| 4.3.3. Rediseño del sistema.....  | 67        |
| 4.3.4. Análisis y evaluación de resultados.....                               | 70        |
| 4.3.4.1. Velocidad mínima permisible.....                                     | 70        |
| 4.3.4.2. Velocidad máxima permisible.....                                     | 70        |
| 4.3.4.3. Esfuerzo cortante.....   | 70        |
| 4.3.4.4. Tirante de agua.....   | 71        |
| 4.3.4.5. Capacidad hidráulica.....  | 72        |
| 4.3.5. Comentarios.....   | 74        |

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.1. Conclusiones .....</b>                | <b>75</b> |
| <b>5.2. Recomendaciones .....</b>             | <b>77</b> |
| <b>5.3. Rreferencias bibliográficas .....</b> | <b>78</b> |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1 Propiedades de las tuberías y cajas de revisión de la red principal<br>de aguas residuales | 11 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.2 Población del Cantón en el año 2010 base de datos del INEC.                  | 12 |
| Tabla 2.3 Dotaciones recomendadas.   | 16 |
| Tabla 2.4 Calculo del caudal de infiltración   | 19 |
| Tabla 2.5 Determinación de caudales por conexiones erradas                             | 19 |
| Tabla 2.6 Velocidades máximas admisibles.  | 21 |
| Tabla 3.1 Diámetros de tuberías y longitudes de la red principal                       | 30 |
| Tabla 3.2 Muestra las posibles combinaciones que puede tener el flujo<br>en la tubería | 39 |
| Tabla 3.3. Metodología y utilización del programa SewerCAD                             | 42 |
| Tabla 4.1 Calculo de la proyección.  | 47 |
| Tabla 4.2 Calculo de la proyección.  | 48 |
| Tabla 4.3 Calculo de la proyección.  | 48 |
| Tabla 4.4 Calculo de la proyección mediante Wappus.                                    | 49 |
| Tabla 4.5 Población proyectada, varios métodos y promedio.                             | 50 |
| Tabla 4.6 Densidad poblacional   | 51 |
| Tabla 4.7 Caudales medios diarios de las principales Aportaciones<br>institucionales.  | 52 |
| Tabla 4.8 Proyección de caudales para el año de análisis 2017                          | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 4.9 Resultados del programa SewerCAD  | 55 |
| Tabla 4.10 Evaluación del criterio de velocidades obtenidas del programa SewerCAD | 58 |
| Tabla 4.11 Evaluación del esfuerzo cortante obtenidas del programa SewerCAD       | 59 |
| Tabla 4.12 Evaluación del tirante de agua obtenidas del programa SewerCAD         | 59 |
| Tabla 4.13 Densidad poblacional   | 63 |
| Tabla 4.14 Proyección de caudales propuesta de mejora                             | 64 |
| Tabla 4.15 Resultados de la simulación de la propuesta de mejora                  | 67 |
| Tabla 4.16 Evaluación del criterio de velocidades obtenidas del programa SewerCAD | 69 |
| Tabla 4.17 Evaluación del esfuerzo cortante obtenidas del programa SewerCAD       | 70 |
| Tabla 4.18 Evaluación del tirante de agua obtenidas del programa SewerCAD         | 70 |

## **INDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 3.1 Principales elementos del programa SewerCAD | 41 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 4.1 Calculo de la proyección.                                    | 47 |
| Ilustración 4.2 Calculo de la proyección.                                    | 48 |
| Ilustración 4.3 Calculo de la proyección.                                    | 49 |
| Ilustración 4.4 Calculo de la proyección mediante el método Wappus.          | 49 |
| Ilustración 4.5 Población proyectada, varios métodos y promedio.             | 50 |
| Ilustración 4.6 Perfil hidráulico de la red principal con caudales 2017      | 56 |
| Ilustración 4.7 Perfiles de tuberías Manhole 20 hasta 24                     | 60 |
| Ilustración 4.8 Perfiles de tuberías Manhole 24 hasta 28                     | 61 |
| Ilustración 4.9 Perfiles de tuberías Manhole 29 hasta 33                     | 61 |
| Ilustración 4.10 Perfiles de tuberías Manhole 33 hasta 36                    | 62 |
| Ilustración 4.11 Rediseño de red reemplazo de tuberías 26-34                 | 66 |
| Ilustración 4.12 Perfil hidráulico de la propuesta con caudales del año 2042 | 68 |
| Ilustración 4.13 Perfiles de tuberías Manhole 20 hasta 24                    | 71 |
| Ilustración 4.14 Perfiles de tuberías Manhole 24 hasta 28                    | 72 |
| Ilustración 4.15 Perfiles de tuberías Manhole 29 hasta 33                    | 72 |
| Ilustración 4.16 Perfiles de tuberías Manhole 33 hasta 36                    | 72 |

## INTRODUCCION

La recolección y transporte de las aguas residuales domesticas de Marcelino Maridueña tiene el 90% de cobertura, la vida de utilidad de sus estructuras (tuberías y pozos de revisión) equivalen a 30 años, según datos del Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014); el sistema existente presenta inconvenientes, esto probablemente se deba a la culminación de su vida utilitaria, generando gastos representativos en las labores de operación y mantenimiento, en los últimos años se ha efectuado el cambio de ciertos tramos de tubería pero artesanalmente sin un estudio que respalde y garantice su funcionamiento.

Por este motivo se realiza el presente trabajo a nivel investigativo con la finalidad de realizar la modelación, diagnóstico y determinación de la capacidad hidráulica de la red principal del sistema de alcantarillado existente, mediante el software de análisis de diseño SewerCAD. Con la determinación de la capacidad hidráulica que el actual sistema dispone, se puede comparar con la demanda futura, y a su vez determinar el año de utilidad de sus componentes, una vez identificado el problema proponer una solución para controlar los posibles problemas sanitarios que puedan afectar la salud de los habitantes del Cantón.

El uso de programas computacionales pueden ser herramientas de solución rápida, eficaz y practica respetando los parámetros técnicos establecidos en las buenas prácticas de ingeniería, además de generar políticas de prevención que muchas de nuestras entidades Municipales a nivel Nacional no poseen mediante la automatización y modernización de sus planes de control en sistemas de saneamiento y disposición final de desechos; aportando significativamente al

desarrollo local e institucional inclusive mejorando considerablemente la asignación de sus recursos.

La escasa operación y mantenimiento de estos sistemas generan grandes problemas ambientales y generalmente de salud ocasionando pérdidas económicas e inclusive humanas, es de vital importancia tener planes estratégicos y de control que garanticen la prevención de este tipo de problemas.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Contexto de la investigación

La recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales domesticas a nivel mundial se ha convertido en un problema relacionado directamente con la salud y calidad de vida de los habitantes de un País, Ciudad o Comunidad, Según la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud, 2017), menciona que a nivel mundial los habitantes que cuenta con instalaciones como letrinas cubiertas e inodoros es de un 68% en el año 2015, tasa superior a la del año 1990 con el 54%. Sin embargo, aún existe este problema y los más perjudicados son los pueblos o comunidades con bajos recursos, afectando directamente su búsqueda de desarrollo.

Los sistemas de alcantarillado existentes en nuestro País pueden clasificarse como separados combinados y mixtos, para cada población se adoptará un nivel determinado según sus condiciones económicas-sociales. Los niveles de servicio dependen del tipo de zona, esto indica que para zonas rurales con casas dispersas y calles sin vías de acceso bien conformadas, el nivel 2 le corresponde a comunidades con vialidad conforma y con mayor concentración de viviendas y el nivel 3 será considerado para ciudades grandes en vías de desarrollo o desarrolladas, (SENAGUA, 2005)

Con la implementación de sistemas de alcantarillado con procesos de recolección, transporte y tratamiento de sus aguas residuales domésticas, muchos Países en vías de desarrollo han podido dar solución a problemas de

salud, contaminación, reducción de impactos ambientales mejorando la calidad de vida de los habitantes y cumpliendo las políticas universales en la búsqueda de conseguir un desarrollo amigable con el ambiente.

El mundo de la ingeniería con la garantía de ofrecer las mejores soluciones en el menor tiempo posible, han elaborado numerosos programas computarizados de análisis y evaluación para facilitar a más de agilizar el proceso de creación de diseños, (Bentley Systems, 2010), por tal motivo se realiza este trabajo de investigación con la finalidad de evaluar y diagnosticar la red principal de alcantarillado sanitario del Cantón mediante la implementación del software de análisis y diseño SEWERCAD.

## **1.2. Problema de la investigación**

Marcelino Maridueña pertenece a la provincia del Guayas, su Cabecera Cantonal dispone de un sistema separado de nivel 3 y su porcentaje de cobertura en la parte Urbana alcanza más del 90% según datos Municipales, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014), sin embargo la red de recolección y transporte presenta problemas y genera labores de operación y mantenimiento frecuentes, cabe mencionar que el sistema de alcantarillado sanitario tiene aproximadamente 30 años de vida con múltiples cambios y adecuaciones en los últimos años, razón por la cual podría estar próximo a cumplir su edad de diseño y de utilidad, información proporcionada por la empresa CENIA CIA. LTDA., la cual realizó el proyecto de agua potable en el sector.

El crecimiento económico y poblacional de esta región ha avanzado a pasos agigantados esto es justificable porque en su territorio se encuentran tres

empresas Nacionales importantes como son: Ingenio San Carlos, Soderal y Papelería Nacional, esto genera incertidumbre a corto y mediano plazo ya que en cualquier momento la red principal de colectores podría colapsar generando así varios impactos sanitarios, ambientales, económicos y sociales de gran importancia.

### **1.3. Delimitación del problema**

El análisis y diagnóstico que se pretende realizar consiste en la determinación de la capacidad hidráulica de la red principal de recolección y transporte de la mencionada ciudad, aplicando como mínimo las NORMAS de estudio y diseño que lo recomienda la Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA, publicadas en su página Web (SENAGUA, 2005). Estas normas hacen referencia a las estipuladas en su momento por el Instituto de Obras Sanitarias, IEOS (SENAGUA, 2005).

Los datos de partida para la realización del presente estudio es la información proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón (GAD) y por la empresa que realizó el estudio de agua potable en el 2016, tales como topografía (levantamiento esquemático de la red), cotas de terreno natural (tapa) e invert (fondo), propiedades físicas de la red (diámetros y material) y estudio de suelos actualizados.

La población que será beneficiada por el presente trabajo investigativo es de 7417 habitantes a lo que se refiere el actual año 2017, con una cobertura territorial de 119.30 hectáreas que consta dentro del Plan que tiene la Municipalidad (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014), pese a que la red de esta población es extensa se escogerá el tramo de la red principal con

aproximadamente 3 kilómetros de longitud que mediante conversaciones con la entidad Municipal es la que presenta mayores inconvenientes.

La evaluación que se realizara al sistema de alcantarillado existente tiene por alcance evaluar y diagnosticar la red desde el punto de vista hidráulico mediante su simulación en el programa para generar un análisis técnico teórico, no se considera análisis físico de la tubería, ni se realizan pruebas para determinar su funcionamiento.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general.**

Realizar la modelación, simulación, diagnóstico, y determinación de la capacidad hidráulica de la red principal del sistema de alcantarillado de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña; mediante el software de análisis y diseño SewerCAD para detectar y prevenir los posibles problemas presentes y futuros de la red.

### **1.4.2. Objetivos específicos.**

Realizar el levantamiento de toda la información necesaria, mediante las peticiones a la Municipalidad y empresa que realizó los estudios de agua potable, tales como: topografía, análisis de suelos, mediciones de caudales, entre otros; para poder evaluar y diagnosticar de la mejor forma posible con datos representativos y reales.

Realizar proyecciones demográficas mediante métodos de proyección estadísticos para determinar el número de habitantes que serán beneficiados en el presente estudio.

Realizar el cálculo y proyección de demandas en cuanto al caudal que demanda el presente año basándose en las proyecciones poblacionales que la norma sugiere, para evaluar el funcionamiento y determinar el estado hidráulico que el actual sistema ofrece.

Determinar el año de funcionalidad del actual sistema, mediante la simulación hidráulica, para definir el periodo de utilidad del mismo.

Determinar una propuesta de mejora, en caso de no cumplir con las exigencias técnicas, las buenas prácticas de la ingeniería y la normativa vigente actual del país.

## **1.5. Justificación**

El presente trabajo está orientado en atender las necesidades principales y básicas de saneamiento que debe proveer toda Municipalidad, implantando la cultura de prevención y así evitar riesgos ante problemas de salud en sus habitantes, reducir y optimizar las labores de operación y mantenimiento; el cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales vigentes.

Realizar una evaluación del funcionamiento de un sistema de alcantarillado por medio de la modelación y simulación mediante la utilización de un programa, es factible y practico desde el punto de vista económico-técnico, ya que se tendría resultados confiables en poco tiempo, se puede incorporar de mejor manera los

parámetros más desfavorables, además es un punto de partida para determinar de mejor forma donde se debe realizar la evaluación visual y física, que al realizarse a todo el trayecto del sistema resultaría costoso, determinando que para trabajos de investigación de esta índole no se cuenta con los recursos y el tiempo necesario.

Mediante la utilización del programa SewerCAD y su optimización se puede determinar de forma práctica el comportamiento hidráulico de un sistema de alcantarillado de manera objetiva y practica con datos reales, al fin de detectar de mejor manera las posibles fallas que pueden presentarse mediante un evento determinado, además de identificar la mejor opción de reposición y cambio, orientando así de mejor forma la asignación de recursos que toda entidad Municipal está sujeta a disponer.

SewerCAD es una herramienta computacional con la principal característica de ser amigable con AUTOCAD, de utilidad práctica planteando restricciones de diseño en velocidades, y diferencias en elevación de cotas para evaluar las pendientes; aplica hidrogramas, cargas esquematizadas y unitarias proporcionada por la biblioteca incorporada e sus librerías (Bentley Systems, 2010).

El presente trabajo beneficiará a todos los habitantes de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña y al GAD del Cantón, además de poder servir de base y guía para futuros trabajos a nivel estudiantil, profesional e institucional, para poder planificar y facilitar sus actividades de ingeniería, de una forma rápida, sencilla y automatizada con los estándares de calidad pertinentes, mediante la

utilidad práctica de esta herramienta de análisis y diseño, en consecuencia la ejecución del mismo se encuentra plenamente justificada.

## **CAPITULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Origen del alcantarillado.**

El agua desde la antigüedad ha tenido algunos usos como recurso vital para el bienestar del hombre. Por ejemplo, el de sistemas de irrigación en la agricultura, actualmente en ciertos casos usando energías renovable, el de pozos para el consumo humano, entre otros, (Barzola, Espinoza, & Cabrera, 2016). La utilización de este recurso genera efluentes residuales que pueden ser partícipes de impactos sanitarios que produzcan enfermedades afectando la vida de los seres humanos por tal motivo estas deben tener un manejo adecuado que deben ser canalizadas para su tratamiento, es decir, se requiere de sistemas de alcantarillado. Los sistemas de alcantarillado tienen su origen en la antigua Europa, encontrándose pequeñas y grandes instalaciones en las ruinas prehistóricas de Creta y las antiguas ciudades pobladas Asirias, teniendo como función inicial la recolección y transporte de las aguas lluvias. En la ciudad de Roma (753 A.C.) se dio la construcción de la cloaca máxima que hasta hoy se la utiliza, esta obra recolectaba y conducía las aguas por las calles de la ciudad y las vertía en el río Tíbet. (Rosell Campos, 2009).

En América las primeras civilizaciones que impusieron sistemas de transporte al igual que en la antigua Roma por su problema de inundaciones, fueron los Aztecas ubicadas cerca del lago Texcoco, en el año 1900. (Rosell Campos, 2009).

En el Ecuador el sistema de alcantarillado inicialmente era la adopción de letrinas y pozos sépticos, ya en el año de 1535 en Quito se realizó la construcción e implementación la primera red de alcantarillado sanitario que recolectaba las aguas negras de la ciudad.

Actualmente nuestro País las entidades encargadas de garantizar el servicio son los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) que cada ciudad, pueblo o lugar lo tiene; acorde a su organización política-económica. La entidad responsable como rector del Saneamiento Ambiental del País es SENAGUA, que, mediante su normativa aportan con literatura, referencias, recomendaciones de carácter técnico en función de las antiguas normas del IEOS. Además, regulan y controlan que todas las entidades municipales dispongan de estos servicios acorde a las recomendaciones sanitarias que exige el País.

### **2.1.2. Situación actual.**

En la Cabecera Cantonal donde se realiza el presente trabajo existe una red de colectores con una cobertura de 90% de su actual población, además de su vida de utilidad equivalente a 30 años. Mediante las visitas al campo (**Ver anexo 1**) se puede evidenciar que el deterioro de su red, la falta de mantenimiento correctivo y posible contaminación ambiental.

El sistema cuenta con colectores principales, secundarios y terciarios o ramales domiciliarios, se puede apreciar en los **(Planos ALC-02-03)**, donde se muestra el trazado con diámetros de tuberías, dirección de flujo, cotas de tapa (terreno natural), fondo (invert) profundidad de los pozos de revisión. El material de las tuberías es de PVC, los pozos de revisión son circulares y rectangulares conducen el flujo a través de los barrios nuevos posteriormente pasa por el centro de la ciudad hasta llegar al sur donde el agua es depositada en un cárcamo de bombo de 2 metros de diámetro y 5 metros de profundidad. La red principal cuenta con las siguientes propiedades descritas en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Propiedades de las tuberías y cajas de revisión de la red principal de aguas residuales

| TUBERIAS          |                   |              |
|-------------------|-------------------|--------------|
| Diámetro (mm)     | Material          | Longitud (m) |
| 200               | PVC               | 602.7        |
| 250               | PVC               | 575.5        |
| 300               | PVC               | 252          |
| 350               | PVC               | 421.8        |
| 400               | PVC               | 718.2        |
| 500               | PVC               | 513.2        |
| Total             |                   | 3083.4       |
| CAJAS DE REVISION |                   |              |
| Diámetro (mm)     | Material          | Cantidad     |
| 90                | Hormigón circular | 39           |
| Total             |                   | 39           |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

## 2.2. Marco contextual

### 2.2.1. Localización general del proyecto.

El lugar de estudio se encuentra localizado a 60 km de la ciudad de Guayaquil, tiene una temperatura de 24 grados centígrados aproximados, dentro de su

división política cuenta con los siguientes barrios: Brasilia, San Vicente, La Hawái, Los Samanes, Papelera, Casco Colonial, Los Ángeles, La Unión, Barrio Nuevo, Los Parques, Acapulco, Los Parques 2 y Buenos Aires, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014). Cuya extensión territorial es de aproximadamente 119.30 Hectáreas.

Se ha considerado los factores topográficos, demográficos y urbanísticos que influyen directamente en el sistema, se han identificado las aportaciones comerciales, institucionales además del área de análisis y evaluación que corresponde a 119.34 hectáreas (**Ver Plan ALC-01**).

## **2.2.2. Aspecto social.**

### **2.2.2.1. Población.**

La Zona Urbana del Cantón Marcelino Maridueña cuenta con una población actual (2017) de 7524 habitantes en base a la proyección realizada con los datos de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (INEC AME, 2001), ver ítem 4.1 del presente estudio.

Según los datos en 2001 mediante el fascículo expuesto por parte del INEC (**Ver Anexo 2**) el Cantón cuenta con una población de 11054 habitantes de los cuales 6720 se encuentran en la parte Urbana del Cantón; en el año 2010 la población del Cantón es de 12033 habitantes de los cuales 7163 pertenecen a la parte Urbana, (INEC AME, 2001), como se puede apreciar en la tabla 2.2.

Tabla. 2.2 Población del Cantón en el año 2010 base de datos del INEC.



|                             | CANTON                      | URBANO | RURAL | Total  |
|-----------------------------|-----------------------------|--------|-------|--------|
| CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA | CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA | 7,163  | 4,870 | 12,033 |
|                             | <b>Total</b>                | 7,163  | 4,870 | 12,033 |

Fuente: INEC 2010  
Elaboración: Núñez 2017

### **2.2.2.2. Educación.**

Según los datos del, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014), hasta el cierre del periodo lectivo 2011-2012, el Cantón tenía 3083 estudiantes con 158 docentes, además con 21 establecimientos educativos. El crecimiento de asistencia a la educación básica en el periodo 2001-2010 según los datos censales del INEC es el 9.3 %, teniendo en el año 2001 el 84.7 % de cobertura, en el 2010 incrementó la cifra antes mencionada teniendo un total de cobertura equivalente al 94 %, actualmente la cobertura se puede aproximar al 98 %.

La asistencia a la educación superior es del 15.4 %, representando así las dificultades notables de acceso a la universidad esto se refleja a que el Cantón no cuenta con este tipo de centros educativos.

### **2.2.2.3. Salud.**

Según el, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014), la tasa de mortalidad en el Cantón es de 470.6 muertes por cada 10000 habitantes, tomando en consideración los años 2008 y 2009, esta cifra en los últimos años se ha

incrementado. Existen 2 centros de salud del Ministerio de Salud Pública (MSP) y 1 del Instituto Ecuatoriano de Seguridad social (IESS).

### **2.2.3. Aspecto económico.**

La actividad que se ejecuta y predomina en la economía del Cantón es la agricultura; como materia prima se tiene la caña de azúcar la cual es procesada e industrializada por la principal empresa INGENIO SAN CARLOS, que genera también la mayor fuente de trabajo, además existen otras dos empresas como lo son SODERAL, que se encarga de la elaboración de alcohol y PAPELERA NACIONAL que a su vez se dedica a la producción e industrialización del papel y del cartón que se lo distribuye a nivel Nacional, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014). La Municipalidad mantiene buenas relaciones con estas industrias que son las que mueven la economía del Cantón, también se pueden encontrar establecimientos como: comedores, bares, bazares, papelerías, tiendas, entre otros establecidos en el centro del Cantón.

## **2.3. Marco teórico**

### **2.3.1. Sistemas de alcantarillado sanitario.**

En México la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) propone la normativa manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, (Conagua, 2009) define al sistema de recolección y transporte sanitario como un conjunto de tuberías que se disponen a receptor, conducir y depositar hasta un tratamiento las aguas residuales de una población o industria.

Una red de alcantarillado es un sistema formado por un conjunto de tuberías de diversos diámetros no menores a 200 mm, que tiene como objetivo

fundamental la recolección y el transporte de las aguas residuales sean estas de origen doméstico, industrial o fluvial, las tuberías pueden ser de orden primario (caso de análisis, red principal), secundario y terciario como lo son las acometidas domiciliarias, los cuales recolectan el agua y las llevan hasta puntos de control como son las cajas de revisión o pozos de inspección, a todo este proceso la normativa y las buenas prácticas de ingeniería nos recomiendan que el transporte de estas, se mantenga a gravedad; sin embargo esto dependerá de la magnitud de caudal, la topografía, la situación económica social y ambiental del lugar de estudio.

Consecuentemente estas aguas llegan a una estación, en la cual mediante equipos mecánicos de bombeo impulsan el agua mediante una tubería de impulsión hasta llegar finalmente a un sistema de tratamiento donde generalmente se utilizan procesos físicos, químicos y bacteriológicos, que garanticen que el agua del efluente o la salida, no mantenga carga contaminante y se encuentre dentro de los parámetros ambientales legales establecidos.

#### **2.3.1.1. Tipos de sistemas.**

##### **Separativos**

Este sistema realiza el trabajo de recolectar y transportar las aguas residuales independientes del agua de origen pluvial, el sistema de análisis en el presente trabajo es de este tipo, conformado con redes primarias, secundarias y terciarias.

##### **Unitarios o combinados**

Sistema de recolección y transporte que juntan las aguas residuales junto con las aguas de pluviales para su disposición final. Cabe mencionar que para este

tipo de sistemas se recomienda la utilización de tuberías de gran diámetro por lo que transportaran aguas con un caudal considerable, actualmente este tipo de sistemas no son recomendables.

### **2.3.2. Parámetros de análisis y evaluación.**

#### **2.3.2.1. Periodo de análisis.**

El periodo de análisis del presente estudio será la demanda actual (2017), en caso que el sistema existente no cumpla los requerimientos técnicos, se determinará una proyección a un periodo de 25 años (2042), y a su vez se realizará un rediseño para la demanda futura en caso de ser necesaria.

#### **2.3.2.2. Población de análisis.**

SENAGUA sugiere que para la determinación de los caudales primero se determinará cual es la cantidad de población que será beneficiada y se desea servir, para esto la norma recomienda que se utilicen proyecciones matemáticas para la estimación de sus habitantes basándose en la información censal de los años 2001 y 2010 realizados en el País y proporcionados por el INEC.

#### **2.3.2.3. Dotación.**

(SENAGUA, 2005), recomienda que la asunción de las dotaciones deberá realizarse evaluando el clima y la cantidad de habitantes que la población posee. El lugar de análisis tiene una población superior a los 5000 habitantes y menor a los 50000, además de poseer un clima cálido por tal motivo se establece que la dotación deberá ser de 200 litros por habitante en un día.

Tabla 2.3 Dotaciones recomendadas.

| POBLACION<br>(Habitantes) | CLIMA    | DOTACION MEDIA<br>FUTURA (l/hab/día) |
|---------------------------|----------|--------------------------------------|
| Hasta 5000                | Frio     | 120-150                              |
|                           | Templado | 130-160                              |
|                           | Cálido   | 170-200                              |
| 5000 a 50000              | Frio     | 180-200                              |
|                           | Templado | 190-220                              |
|                           | Cálido   | 200-230                              |
| Mas de 50000              | Frio     | >200                                 |
|                           | Templado | >220                                 |
|                           | Cálido   | >230                                 |

Fuente: Senagua 2005  
Elaboración: Núñez 2017

#### **2.3.2.4. Coeficiente de retorno.**

Es la cantidad de agua que llega al sistema de alcantarillado proveniente de la dotación potable suministrada; dependen básicamente de pérdida establecidas principalmente por el consumo humano, evaporación, riego, entre otras. Generalmente este coeficiente oscila entre el 60 % y el 80 % de la dotación de agua potable. Para el presente trabajo se utilizará un coeficiente del 80% de la dotación.

#### **2.3.2.5. Caudales de evaluación.**

El caudal de análisis y evaluación se lo puede medir en la estación de bombeo mediante aforos anuales en épocas secas y las desfavorables que pueden ser en invierno o actividades festivas. La norma y la literatura técnica recomienda que en ausencia de datos representativos se realice la proyección del mismo evaluando un caudal el cual consistirá en la suma del caudal máximo instantáneo llamado también el máximo horario, el caudal de aportaciones erradas o clandestinas y el

caudal procedente de la infiltración producto de la escorrentía y drenaje pluvial que pudiese afectar a la topografía en estudio., (SENAGUA, 2005).

### **Caudal máximo instantáneo (QMH)**

Es el caudal que representa la escorrentía de flujo máximo en un instante determinado, (Conagua, 2009). Será el producto del caudal de la población por un coeficiente de mayoración (M).

$$QMH = Q * M \dots \dots \dots (2.1)$$

### **Caudal de la población (Q)**

Es el caudal exclusivo que utiliza la población, donde se encuentran parámetros relacionados con el consumo o la dotación de agua potable y el coeficiente de retorno mencionado en el ítem 2.3.2.4 del presente trabajo, se lo obtiene con la siguiente formula:

$$Q = \frac{P * c * D}{86400} \dots \dots \dots (2.2)$$

Donde:

P = Población de análisis  
c = Coeficiente de retorno  
D = Dotación

### **Coeficiente de mayoración de Harman (M)**

Calculado por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \dots \dots \dots (2.3)$$

P = Población total dividida entre mil

### Caudal de infiltración (Qi)

La consideración para este tipo de caudales se presenta cuando el agua de infiltración de una red de alcantarillado ingresa a las estructuras debido a su nivel freático, esto se debe a problemas como la mala conexión en las juntas o por daño en las paredes los pozos de revisión, (Aldaz Castro, 2011), este caudal se lo obtiene del producto del coeficiente de infiltración que depende del tipo de suelo extraído del estudio de suelos con alta, media y baja permeabilidad además del área de aportación, como se refleja en el cuadro 2.4 extraído de apuntes de clase del curso de titulación (Rojas ,2017):

Tabla 2.4 Calculo del caudal de infiltración

| CONDICION                     | Coeficiente de infiltración (c) l/s | Caudal de infiltración (l/s*Ha) |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Suelo con permeabilidad alta  | 0.4                                 | A*c                             |
| Suelo con permeabilidad media | 0.3                                 | A*c                             |
| Suelo con permeabilidad baja  | 0.2                                 | A*c                             |

Fuente: Aldaz Castro 2011, Clases impartidas en el curso de titulación (Rojas 2017)  
Elaboración: Núñez 2017

### Caudal de conexiones erradas

Este caudal se lo considera por la posibilidad existente que a nuestra red ingresen aportaciones fluviales o potable que podrían llegar de jardines, patios de casas tapas de los pozos de revisión, fugas de agua potable, entre otras. (Aldaz Castro, 2011). En un sistema de alcantarillado sanitario siempre tendremos este tipo de aportaciones, el aporte de estas conexiones será determinado por las condiciones presentes en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Determinación de caudales por conexiones erradas

| CONDICION                                      | CAUDAL<br>(l/s*Ha) | UNIDADES |
|--|--------------------|----------|
| Si existe sistema de alcantarillado pluvial    | 0.2 * A            | l/s      |
| Si no existe sistema de alcantarillado pluvial | 2 * A              | l/s      |

Fuente: Aldaz Castro 2011, Clases impartidas en el curso de titulación (Rojas 2017)  
Elaboración: Núñez 2017

### **2.3.3. Especificaciones hidráulicas de evaluación.**

#### **2.3.3.1. Velocidades mínimas.**

La velocidad mínima en tuberías es un parámetro que se establece en sistemas de recolección de aguas residuales domesticas para poder controlar la sedimentación de los sólidos transportados y asegurar las características de auto limpieza, los valores mínimos de velocidades que recomiendan los diferentes autores se muestran a continuación:

) (SENAGUA, 2005), para que un sistema de alcantarillado tenga un correcto funcionamiento se debe evaluar que las velocidades de diseño no sean menores a 0.45 l/s y de preferencia mayores a 0.6 l/s.

- ) (Waring Jr, 1879), en su libro Alcantarillado y desagüe de tierras determina que la velocidad mínima no debe ser menor a 0.45 o 0.5 m/s en las tuberías de alcantarillado sanitario.
  
- ) (OPS CEPIS, 2005), Macedo en su libro "Calculo do escoamento na rede de esgotos sanitarios do sistema absoluto" en base al expertísimo brasileño determina que el valor mínimo de velocidades en sistemas de alcantarillado debe ser de 0.6 m/s.
  
- ) (OPS CEPIS, 2005), Metcalf y Eddy (1995) en su libro "ingeniería de aguas residuales metcalf & eddy" establece que la velocidad mínima en la que puede funcionar la red de alcantarillado es de 0.3 m/s.
  
- ) (Azevedo Netto, 1992), la velocidad del flujo debe ser superior a 0.6 m/s para que el sistema tenga una óptima funcionalidad.
  
- ) En el libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" se establece que para sistemas de recolección y transporte de aguas residuales domesticas se debe considerar como mínimo que el flujo mantenga una velocidad de 0.4 m/s, (López Cualla, 2003).

En el presente trabajo se tiene el análisis de un sistema existente, en base a este antecedente se determina verificar que las velocidades mínimas sean superiores a 0.45 m/s, para impedir la sedimentación en las tuberías.

### 2.3.3.2. *Velocidades máximas.*

SENAGUA recomienda que las velocidades máximas admisibles sean determinadas por el tipo del material utilizado para su elaboración como se puede apreciar en la tabla 2.6 los materiales que soportan las más altas velocidades son el asbesto cemento y el plástico PVC.

Tabla 2.6 Velocidades máximas admisibles.

| MATERIAL   | VELOCIDAD MAXIMA m/s | COEFICIENTE DE RUGOSIDAD |
|--|----------------------|--------------------------|
| Hormigón simple<br>Con uniones de mortero        | 4                    | 0.013                    |
| Con uniones de neopreno para nivel freático alto | 3.5 - 4              | 0.013                    |
| Asbesto cemento                                  | 4.5 - 5              | 0.011                    |
| Plástico   | 4.5                  | 0.011                    |

Fuente: Norma SENAGUA 2005  
Elaboración: Núñez 2017

El criterio de la velocidad máxima se debe a la posible acción erosiva en la tubería, que ocasionan el daño y deterioro de las mismas.

### 2.3.3.3. *Esfuerzo cortante.*

El área mojada que flujo recorre a lo largo de una tubería produce una fuerza tangencial en sentido contrario al material transportado, a esta fuerza se la denomina esfuerzo cortante, (OPS CEPIS, 2005). Este parámetro controla la sedimentación, erosión en tuberías además sirve para el criterio de auto limpieza en las redes. Los valores mínimos de esfuerzo cortante que recomiendan los diferentes autores se muestran a continuación:

- ) (OPS CEPIS, 2005), determina que el valor de esfuerzo cortante en colectores de arranque que por lo general presentan bajos caudales el valor mínimo que debe presentarse es de 0.6 Pa. Además, recomienda que los demás tramos se trabajen con un esfuerzo cortante mínimo de 1 Pa.
  
- ) (López Cualla, 2003). En el libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" determina que el valor mínimo para esfuerzo cortante es de 1.2 Pa.
  
- ) (Tercero Talavera, 2010), referencia que Mara Duncan en su libro "Water Supply and Sanitation y su discurso UN-Habitad en diciembre del 2006, establece que el valor mínimo de tensión tractiva debe ser de 1 o 1.5 Pa.

#### **2.3.3.4. Tirante de agua.**

Las tuberías de una red no deben trabajar llenas asegurando un borde libre que permita la adecuada ventilación de gases tóxicos nocivos y perjudiciales para la salud. A continuación, se tiene la sugerencia bibliográfica en referencia a este criterio:

- ) (OPS-OMS-BVSDE, 2015), determina que el tirante máximo H/D máximo recomendado debe ser inferior al 90 %, en el caso de tener una relación en valores de 75 al 90 % se debe adoptar un diámetro mayor al que resultase del cálculo obtenido de la fórmula de Manning.

- J) (OPS CEPIS, 2005), en cuanto al criterio de tirante de agua determina que la relación H/D debe estar en el rango de 20% como mínimo y un máximo de 80 %.
  
- J) (SENAGUA, 2005), la normativa vigente del País determina que la tubería de aguas residuales bajo ningún concepto puede trabajar llena, dotando a la misma de un espacio para la ventilación del fluido residual.

#### **2.3.4. Programas para la evaluación y diseño de redes.**

Los programas computacionales para el cálculo de redes en la actualidad han facilitado el trabajo de gabinete y constituyen una herramienta fundamental en la búsqueda de resultados en corto tiempo, a continuación, se enumeran los programas que se pueden utilizar para el presente estudio:

##### **2.3.4.1. *Stormwater management model (swmm) 5.***

Programa visto y manejado en la Universidad Católica de Colombia en el programa de ingeniería Civil, dentro de los temas afines a la mecánica de fluidos, hidrología, hidráulica y alcantarillado sanitario y fluvial, (Rodriguez Anzola & Rodriguez Duarte, 2014), utiliza una modelación dinámica del escurrimiento de la lluvia manejando así la cantidad y calidad del fluido.

Se pueden realizar simulaciones introduciendo precipitaciones dependiendo del área de aportación y su escorrentía pluvial, este programa permite el ingreso de cargas contaminantes que el agua residual contiene, (Rossman, 2004).

#### **2.3.4.2. Hydra.**

Es un programa utilizado en múltiples municipalidades para el cálculo y diseño de redes de alcantarillado sanitario doméstico e industrial, manejado e introducido desde hace más de 30 años en Países como Estados Unidos y Canadá. El usuario puede definir los parámetros de diseño acorde a la normativa que cada país posee, (Rodriguez Anzola & Rodriguez Duarte, 2014).

Se puede editar los perfiles y las rasantes mediante el manejo parcial de la configuración y herramientas de diseño, se puede intercambiar datos con softwares con la misma sincronía, optimiza automáticamente el diámetro de tuberías en terrenos complicados sin importar la magnitud de la red, tanto para sistemas tipo ramales como el mallado, este proceso trabaja con un algoritmo imitando el proceso de selección, incrementa la rapidez de resultados y calidad de diseño final, (Studioars - Autodesk, 2015).

#### **2.3.4.3. SewerCAD.**

El derecho de propiedad de este software es exclusivo de la empresa Bentley Systems Incorporated, se basa en el algoritmo de cálculo flujo gradualmente variado, realizando un análisis de la línea de energía considerando las condiciones de flujo (Doroteo Calderon, 2017), analiza el flujo a gravedad en sistemas de alcantarillado, es amigable con AutoCAD, programa utilizado generalmente en nuestro medio, permite construir un trazado de la red de tuberías, estaciones de bombeo y perfiles de terrenos y tuberías.

Se puede controlar el diseño con las restricciones que la normativa sugiere tal es el caso de las pendientes y velocidades, diferencias de cotas entre estructuras, recubrimiento y capacidad hidráulica, determina de forma automática los

diámetros de tubería óptimos y la profundidad de instalación de la tubería, (Bentley, 2014).

## **2.4. Marco conceptual**

**Agua residual doméstica.** – son aguas que provienen de inodoros, lavamanos, cocinas, compuestas básicamente de sólidos suspendidos, sedimentables, nutrientes, grasas, metales pesados, DBO, DQO, familias de coliformes que deben ser controladas y tratadas, (SENAGUA, 2005).

**DBO.** – Demanda bioquímica de oxígeno.

**DQO.** – Demanda química de oxígeno.

**Agua pluvial.** - Proveniente de la precipitación de la lluvia.

**Acometidas domiciliarias.** – Es la tubería de conexión que funciona de internexo desde la vivienda hasta el colector o caja de revisión secundaria (Sotelo Avila, 1997).

**Tensión tractiva.** - Es la capacidad de auto limpieza de la tubería, con la finalidad de que la tubería no se sedimente.

**Planta de tratamiento.** – Es un conjunto de sistemas que realizan acciones físico-químico y biológicas para eliminar o reducir la carga contaminante en el agua residual, (SENAGUA, 2005).

**Gradiente de energía.** – Es la pendiente de la línea de energía que representa el aumento de la carga en el flujo, (Sotelo Avila, 1997).

**Gas sulfhídrico.** – Es un gas procedente del ácido sulfhídrico es inflamable, toxico, el olor proviene de la materia orgánica en descomposición.

**Flujo.** - El flujo es el movimiento que experimenta un fluido en este caso dentro de una tubería y se lo determina mediante parámetros como: la velocidad, aceleración, desplazamiento de una partícula. (Rodriguez Anzola & Rodriguez Duarte, 2014).

## **2.5. Marco legal**

El presente trabajo de titulación estará sujeto a la documentación legal expuesta por las diferentes autoridades de control y vigilancia dentro de la documentación legal tenemos normas y estatutos mencionados a continuación:

- ) La norma general de diseño que se aplica a nivel nacional es la expuesta por la “Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS, en calidad de rector del Saneamiento Ambiental en el país, tienen entre sus responsabilidades y a través de la Dirección de Planificación, la preparación, revisión y actualización de las NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.” (CONSTRUCCIÓN, CO 10.07-602, & SENAGUA, 2005).
- ) Normas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, Norma CO 10.7-602, Fuente:

Subsecretaría de Saneamiento Ambiental, Quito 1995, (SENAGUA, 2005).

- ) NTE INEN 1108:2014. Requisitos de calidad de agua potable para consumo humano.
- ) Datos de Censos de Población. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2001-2010, (INEC AME, 2001).
- ) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) - GAD MUNICIPAL CANTONAL, (PDOT & Gad Marcelino Maridueña, 2014).
- ) REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, ACUERDO MINISTERIAL NUMERO 61,

### **CAPITULO III**

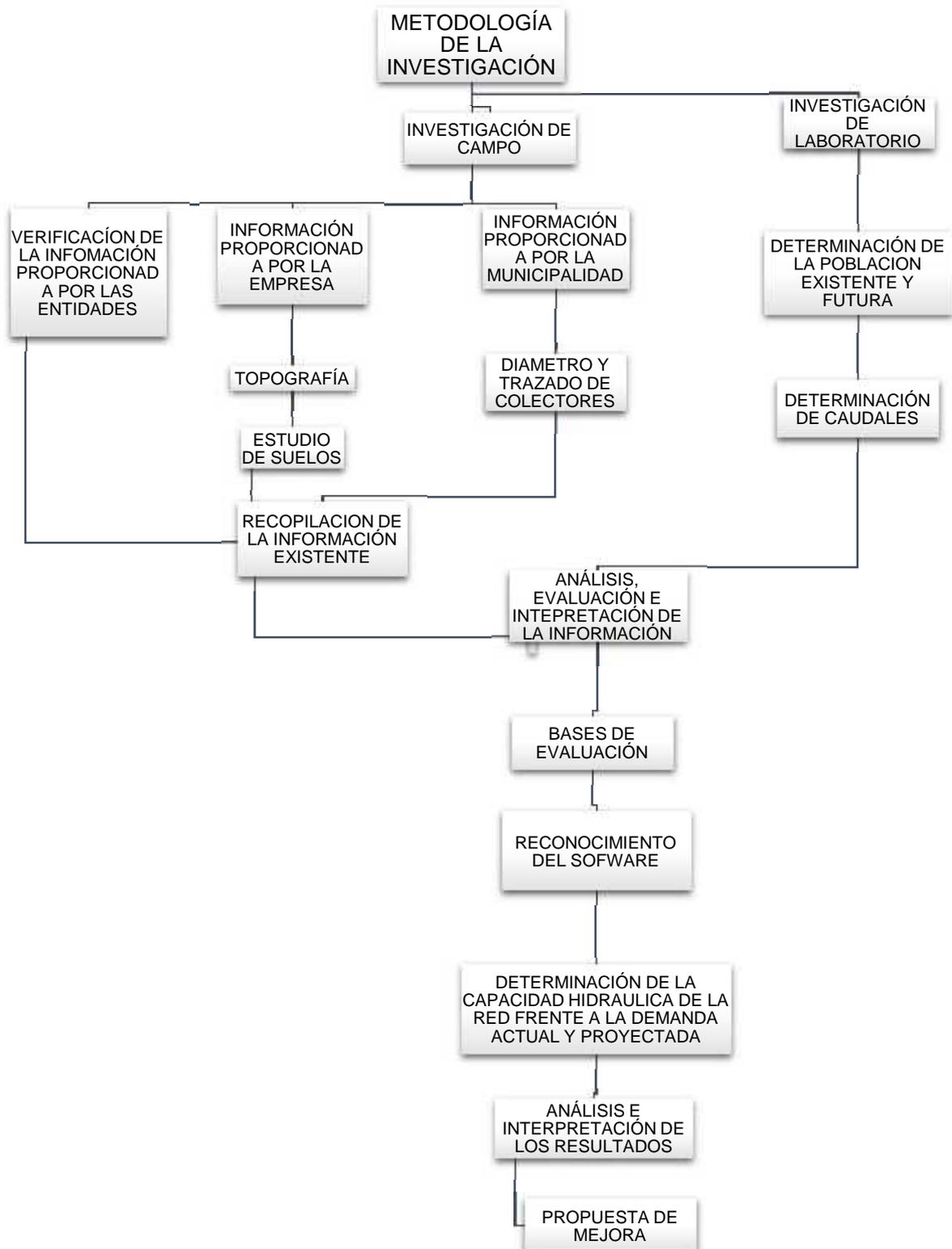
#### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

Se realizará la recopilación y revisión de la información existente (informes, memorias técnicas, mapas, planos, etc.), proporcionada por la Municipalidad y la empresa privada Cenía Cia. Ltda. Que realizó el estudio de agua potable en la localidad; posteriormente se realiza la determinación de las bases de análisis técnicas apoyados en la bibliografía y la normativa, las mismas que serán ingresadas en la plataforma del programa.

La simulación del programa de la red principal del sistema de recolección y transporte del área de estudio definirá las velocidades, pendientes, capacidad hidráulica entre otros parámetros para su análisis e interpretación. Esta evaluación tiene por objeto determinar el funcionamiento del sistema existente que satisfaga la demanda existente y futura proyectada. En base a los resultados de la simulación se determinará la propuesta de mejora que garantice el óptimo funcionamiento dentro de las expectativas de ingeniería requerida.

A continuación, se realiza un organigrama metodológico de los pasos investigativos que se realizaron en el presente trabajo.

Esquema 3.1 Organigrama metodologico del trabajo realizado



Fuente: Núñez 2017  
 Elaboración: Núñez 2017

### 3.1. Investigación de campo

#### 3.1.1. Información proporcionada por la empresa.

Cenia Cia. Ltda. Es la empresa que participo en la consultoría del estudio de agua potable en el Cantón, dentro de su estudio realizo el levantamiento topográfico (**Ver Anexo 4**), además de los estudios de suelo (**Ver Anexo 5**), en el **Anexo 3** se adjuntan los oficios de petición y la contestación de los mismos.

#### 3.1.2. Información proporcionada por la municipalidad.

La Municipalidad por su parte nos proporcionó los planos As built de su sistema de alcantarillado en el que constan diámetros de tuberías elevaciones de invert y cotas de tapas de los pozos de revisión.

Tabla 3.1 Diámetros de tuberías y longitudes de la red principal

| TUBERIAS          |          |              |
|-------------------|----------|--------------|
| Diámetro (mm)     | Material | Longitud (m) |
| 200               | PVC      | 602.7        |
| 250               | PVC      | 575.5        |
| 300               | PVC      | 252          |
| 350               | PVC      | 421.8        |
| 400               | PVC      | 718.2        |
| 500               | PVC      | 513.2        |
| Total             |          | 3083.4       |
| CAJAS DE REVISION |          |              |
| Diámetro (mm)     | MATERIAL | Cantidad     |
| 90                | Hormigón | 39           |
| Total             |          | 39           |

Fuente: GAD Marcelino Maridueña

Elaboración: Núñez 2017

## 3.2. Investigación de laboratorio

### 3.2.1. Determinación de la población existente y futura.

Para realizar el cálculo de la demanda futura, primero debemos determinar la población existente y la población futura de análisis, para ello se deberá utilizar datos de los censos anteriores proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), quien en su fascículo del año 2001 establece que el Cantón posee en su casco urbano (lugar de análisis) una cantidad de 6720 habitantes (INEC AME, 2001), (**ver anexo 2**); además se tiene el censo del año 2010, dato extraído de la página, de la misma institución el cual indica que la parte urbana posee 7163 habitantes en dicho año, los métodos que se utilizaran en la metodología de este estudio son el método aritmético, geométrico, logarítmico y de wappus, (Ospina Botero, 1981), de los cuales se trabajará con el promedio de estos y se presentan a continuación:

#### 3.2.1.1. Método Aritmético.

Este método se basa que crecimiento de la población es constante como una línea recta, (Ospina Botero, 1981), se utilizan las ecuaciones 3.1 y 3.2.

$$Pf = Pa + K (Tf - Ta) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$K = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dónde:

Tuc = Año del último censo  
Tci = Año del censo inicial  
K= Pendiente

Puc = P. del último censo  
Pci = P. del censo inicial  
Pf = P. futura

### 3.2.1.2. Método Geométrico.

Asume un porcentaje constante de cambio por unidad de tiempo, se asemeja a una curva (Ospina Botero, 1981), se utilizan las ecuaciones 3.3 y 3.4.

$$Pf = Pa(1 + r)^n \dots \dots \dots (3.3)$$

$$r = \sqrt[n]{\frac{Puc}{Pci}} - 1 \dots \dots \dots (3.4)$$

Dónde:

Pf = P. futura

Pa= P. actual

r= Taza de crecimiento

Puc= P. del último censo

Pci= P. del censo anterior

n= Periodo de análisis

### 3.2.1.3. Método Logarítmico.

El método logarítmico o método exponencial considera que el incremento de la población es proporcional al tamaño de esta, su grafica es logaritmica, (Ospina Botero, 1981), se lo obtiene con las formulas 3.5 y 3.6.

$$Pf = Puc * e^{\bar{K}(T - T)} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$K = \frac{\ln Puc - \ln Pci}{Tcu - Tci} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dónde:

Tci = Año del censo inicial

Tcu= Año del último censo

K= tasa de crecimiento promedio

Puc = P. del último censo

Pci= P. del censo inicial

Tf= Año futuro de proyección

### 3.2.1.4. Método Wappus.

Para la aplicación de este método se utilizaron las formulas 3.7 y 3.8:

$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tuc - Tci)(Puc + Pci)} \dots \dots (3.7)$$

$$Pf = Pci \left[ \frac{200 + i(Tf - Tci)}{200 - i(Tf - Tci)} \right] \dots \dots (3.8)$$

Dónde:

Tuc = Año del último censo  
Tci = Año del censo inicial  
i= tasa de crecimiento en %

Puc= P. del último censo  
Pci= P. del censo inicial  
Tf= Año futuro

### 3.2.2. Determinación de caudales de evaluación

El caudal de diseño de aguas residuales es el caudal que depositan los habitantes de una determinada comunidad al sistema de recolección y transporte en un tiempo específico procedentes de la actividad humana comercial, industrial e institucional, considerando todos los factores de mayoración, sumados a este los aportes clandestinos e infiltración.

La estimación y aportación del mismo está determinada básicamente por tres componentes: el consumo doméstico, las pérdidas de agua en las estructuras y el de aportaciones por infiltración, (SENAGUA, 2005).

El nivel de servicio se escogió a partir del cuadro A.2.1 de la norma propuesta por (SENAGUA, 2005), donde por la población del proyecto a diseñar, se determina que el nivel de servicio, para este sistema será llb ver tabla 2.3 del presente trabajo. Las aportaciones de caudales las cuales se van a ingresar al

programa se determinan por medio de una tabla de cálculo para lo cual a continuación se determina lo que abarca cada columna.

**Numeración del tramo (columna 1).** - Se establece los tramos iniciales y finales acorde al trazado de la red existente.

**Área parcial (columna 2).** - Corresponde al área de aportación propia de cada colector se lo expresa en hectáreas.

**Área total (columna 3).** - Es el área acumulada de los colectores aguas arriba se lo obtiene con la fórmula 3.9.

$$A_i = \text{Area}_p + \sum \text{Area}_A \quad a \quad \dots \dots \dots (3.9)$$

**Porcentaje de área (columna 4).** - Se determina el porcentaje de uso doméstico que depende del área comercial y el área institucional.

**Densidad poblacional (D) (columna 5).** - La densidad se la calcula por la fórmula 3.10; en el presente proyecto se establecen dos densidades una residencial con viviendas menores de 3 pisos y una con mayores de 3 pisos ubicadas en la parte céntrica.

$$D = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.10)$$

**Población (Pi) (columna 6).** - Es la cantidad de habitantes servidos por el colector y se la calcula con la fórmula 3.11.

$$P_i = A_{i_p} * D_i + \sum P_A \quad a \quad \dots \dots \dots (3.11)$$

**Caudal de la población (Q) (columna 7).** - Se lo calcula por medio de la ecuación 3.12 donde interviene el coeficiente de retorno (cr) el consumo (D, dotación de agua potable) y la densidad (Den), y esta expresado en l/s.

$$Q = \frac{cr * D * Den}{86400} \dots \dots \dots (3.12)$$

**Porcentaje de área (columna 8 y 10).** - Es el aporte de área en porcentaje medido de plano en relación a los aportes comerciales e institucionales que tiene la comunidad (**Ver plano ALC-01**).

**Aporte industrial e institucional (columna 9 y 11).** - Estos aportes están definidos mediante la literatura técnica y se encuentran en las tablas 4.7 y 4.8 del presente estudio.

**Verificación de áreas (columna 12).** - La suma de las áreas de aporte doméstico, institucional y comercial debe dar 100%

**Aporte unitario ponderado (q) (columna 13).** - Es el promedio ponderado de los aportes comerciales domésticos, institucionales con el porcentaje del área que cada uno mantiene, se lo expresa con la fórmula 3.13, y sus unidades están expresadas en l/s\*Ha.

$$q = \sum qi * \% \dots \dots \dots (3.13)$$

**Caudal medio diario Qi (columna 14).** - Se suma el aporte aferente más los caudales recibidos por el colector aguas arriba mediante la fórmula 3.14, y se expresa en l/s.

$$Qi = qi * Ai + \sum Q_{A \quad a} \dots \dots \dots (3.14)$$

**Coefficiente de mayoración (M) (columna 15).** - Se lo determina con la fórmula 2.3 establecida en el capítulo 2

**Caudal máximo horario (QMH) (columna 16).** - Es el producto del caudal medio diario con el coeficiente de mayoración

**Coefficiente de infiltración (columna 17).** - Se determina el coeficiente de infiltración con la permeabilidad de acuerdo al estudio de suelos si es alta = 0.3, media = 0.2 y baja = 0.2.

**Coefficiente de infiltración (columna 18).** - Es el producto de área total drenada con el coeficiente de infiltración.

**Coefficiente de conexiones erradas (columna 19).** - Si existe alcantarillado pluvial se adopta 0.2 l/s\*HA, si no existe el valor será 2 l/s\*HA

**Caudal de conexiones erradas (columna 20).** - Es el producto de área total drenada con el coeficiente de conexiones erradas.

**Caudal de evaluación (columna 21).** - Suma del caudal máximo horario, infiltración y conexiones erradas.

### **3.3. Análisis, evaluación e interpretación de la información**

Se deberá revisar la información recolectada en campo y laboratorio para determinar si se mantiene relación y definir con criterio el uso y buena aplicación de la misma tomando en consideración todos los aspectos desfavorables y limitaciones que el problema presenta.

### **3.4. Bases de evaluación.**

Posteriormente se determinará las bases de evaluación tales como, población servida y beneficiada, área, cotas de fondo, terreno, diámetro de tuberías, caudales que cada colector recibe mediante una tabla para su posterior ingreso en el programa donde se considera aportaciones industriales, comerciales, ilícitas y de infiltración en caso de existir.

### **3.5. Reconocimiento del Software SewerCAD**

#### **3.5.1. Funcionamiento del programa**

El programa utiliza para sus cálculos dos opciones de cálculo la primera determina el principio del flujo gradualmente variado, la segunda interviene los algoritmos de capacidad de análisis, (Alarcón Barrera, 2008). Dentro de los cálculos que realiza se encuentran formulas de la hidráulica básica.

##### **3.5.1.1. Flujo gradualmente variado**

El programa utiliza las posibles combinaciones mediante algoritmos matemáticos para relacionar la clasificación de la pendiente con la clasificación de la zona, (Alarcón Barrera, 2008), las posibles combinaciones se muestran en la tabla 3.2.

#### **Clasificación de la pendiente**

La pendiente de una tubería se puede clasificar en:

- ) Inversa
- ) Horizontal

) Suave

) Critica

) Fuerte

### **Calcificación de la zona**

Existen tres tipos de zona:

) Los tirantes normales y críticos están por debajo del flujo a eso se lo define como zona 1.

) El flujo se encuentra intermedio del tirante normal y el crítico, esta definición es de la zona 2.

) Los tirantes normales y críticos están por encima del flujo a eso se lo define como zona 3.

Tabla 3.2 Muestra las posibles combinaciones que puede tener el flujo en la tubería

|                                     | Perfiles en la zona 1: $y > y_c, y > y_e$ | Perfiles en la zona 2: $y_c > y > y_e, y > y_e$ | Perfiles en la zona 3: $y < y_c, y < y_e$ |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Pendiente horizontal<br>$y_n > y_c$ | Ninguno<br>                               | H2<br>  | H3<br>                                    |
| Pendiente suave<br>$y_n > y_c$      | M1<br>                                    | M2<br>  | M3<br>                                    |
| Pendiente crítica<br>$y_n = y_c$    | C1<br>                                    | C2<br>  | C3<br>                                    |
| Pendiente empinada<br>$y_n < y_c$   | S1<br>                                    | S2<br>  | S3<br>                                    |
| Pendiente adversa                   | Ninguno<br>                               | A2<br>  | A3<br>                                    |

Fuente: (Alarcón Barrera, 2008)  
 Elaboración: (Alarcón Barrera, 2008)

### **3.5.1.2. Capacidad de análisis.**

Este procedimiento tiene mejores rendimientos si lo utilizamos para el cálculo de una red extensa o grande ya que solo genera tres casos de perfil que son los básicos, ahorrando tiempo en el análisis.

#### **Perfil 1**

El programa asume este tipo de perfil cuando el tirante es mayor al gradiente hidráulico abajo del tubo, en este caso se asume el tirante normal para toda la sección de tubería, (Alarcón Barrera, 2008).

#### **Perfil 2**

la asunción de este tipo de perfil por parte del programa se produce cuando la gradiente se encuentra por encima del tirante normal y debajo de la clave o parte superior de la tubería, para este caso el tirante se intercepta la gradiente o la alcanza en la parte inferior de la misma, (Alarcón Barrera, 2008).

#### **Perfil 3**

El programa asume que la gradiente está por encima de la solera o parte superior del tubo, a su vez el tubo se llena de fricción, (Alarcón Barrera, 2008).

### **3.5.2. Principales elementos del programa.**

Como se puede apreciar en la ilustración 3.1 los principales elementos son:

**Ground elevation.** - es la elevación del terreno o cota de tapa del pozo de revisión.

**Cover.** - es la profundidad, distancia de la cota de terreno con el invert.

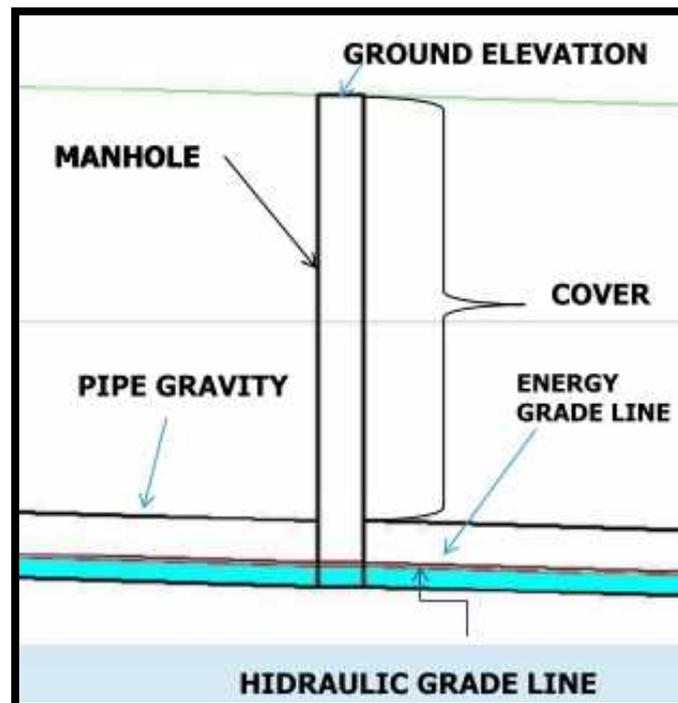
**Manhole.** - es el pozo o caja de revisión.

**Pipe gravity.** - gravedad en la tubería.

**Energy grade line.** - línea que refleja el gradiente de energía.

**Hydraulic grade line.** - línea que refleja el flujo.

Ilustración 3.1 Principales elementos del programa SewerCAD



Fuente: (Alarcón Barrera, 2008)

Elaboración: Núñez 2017

### 3.5.3. Utilización del programa.

Los pasos a seguir para la utilización del programa son configuración básica del área de trabajo, trazado de la red principal, ingreso de las propiedades de las estructuras, evaluación hidráulica y resultados y validación, en la tabla 3.3 se puede ver la metodología de utilización.

Tabla 3.3. Metodología y utilización del programa SewerCAD

| <b>METODOLOGIA Y UTILIZACION</b>        |   |
|---|---|
| <b>CONFIGURACION BASICA</b>             |   |
| MODELO                                  | Creación nuevo proyecto<br>Guardado y etiquetado  |
| UNIDADES Y OPCIONES DE DIBUJO           | Unidades en el sistema internacional SI<br>Escala de dibujo, texto y detalles   |
| DEFINICION DE PROTOTIPOS                | Tuberías (Conducir)<br>Cajas de revisión (Manhole)  |
| CATALOGO DE COLECTORES                  | Importar librerías<br>Definir propiedades físicas (concreto, PVC)   |
| <b>TRAZADO</b>                          |   |
| REFERENCIA Y DIBUJO                     | Importar trazado guía desde AutoCAD en formato DXF<br>Dibujar cajas de revisión y tuberías en relación a la referencia implantada |
| <b>PROPIEDADES DE ANALISIS Y DISEÑO</b> |   |
| TUBERIAS (CONDUIT)                      | Diámetros<br>Tipo de material (PVC)   |
| CAJAS DE REVISION (MANHOLE)             | Diámetros<br>Cotas de terreno (tapa)<br>Cotas de invert (fondo)   |
| CARGAS DE APORTACION                    | Caudales en Manhole   |
| <b>EVALUACION HIDRAULICA</b>            |   |
| SIMULACION                              | Verificación de datos ingresados<br>Validación de la información<br>Calcular  |
| <b>VALIDACION DE RESULTADOS</b>         |   |
| REPORTE EN TUBERIAS (CONDUIT)           | Velocidades<br>Capacidad hidráulica<br>Fuerza tractiva  |
| CREACION DE PERFILES                    | Tuberías, cajas de revisión, flujo  |
| VALIDACION                              | Velocidad, capacidad hidráulica, fuerza tractiva  |

Fuente: (Doroteo Calderon, 2017), Núñez 2017

Elaboración: Núñez 2017

### 3.5.3.1. Configuración básica.

**Configuración básica del modelo.** - Abrir el programa y crear nuevo proyecto, posteriormente se guarda el proyecto con el nombre Marcelino Maridueña.

**Configuración de Unidades y opciones de dibujo.** - En el menú *tools* escoger *options* se desplegará la ventana donde se deben cambiar las unidades para trabajar en el sistema internacional SI, además en la opción *drawing* cambiar el modo a *schematic*, esto modificara el tamaño en escala de los dibujos y el trazado del programa, (Bentley Systems, 2010).

**Definición de prototipos.** - Ir al menú *view* en el icono *prototypes*, se realiza esto para de manera general definir las características que vienen por defecto en el trazado con los diferentes elementos de la red como son tuberías conexiones entre otros, (Bentley Systems, 2010).

**Conduit (Tuberías).** - En la ventana se selecciona el icono *Conduit*, seguido de la opción *new*, se crea un nuevo prototipo, en sus propiedades se asigna material en nuestro caso PVC, el diámetro general de dibujo acorde al trazado existente, (Bentley Systems, 2010).

**Manhole (Cajas de revisión).** - Se selecciona el icono *manhole* y nuevamente la opción *new*, y se crea un nuevo prototipo para las cajas de revisión, se ingresa el tamaño del mismo acorde al trazado existente, (Bentley Systems, 2010).

**Catálogo de colectores.** - Se configura las propiedades de los colectores, se ingresa en *components* y se escoge la opción *Conduit catalog* y se abre una ventalla en ella se elige la opción *import from library*. Se desplegará otra ventana *engineering libraries*, donde se escoge el tipo de conducto con el que se desea trabajar PVC y concreto, automáticamente se importará al modelo de trabajo los diámetros y características del material seleccionado, (Bentley Systems, 2010).

### **3.5.3.2. Referencia y dibujo.**

Para realizar el dibujo en el programa primero se deberá importar del AutoCAD (archivo DXF) el levantamiento realizado, donde se disponga la información necesaria para el ingreso en el programa como cotas, diámetro de tuberías, entre otros; para que sirva de guía para crear el trazado.

### **3.5.3.3. Propiedades de análisis.**

Luego de creado el trazado de las tuberías se debe asignar la siguiente información.

#### ***Manhole (Cajas de revisión)***

**Cotas de terreno y fondo.** - Cada caja de revisión tendrá una altura natural de terreno y una altura de fondo de la estructura, para el ingreso de esta información se debe alicar dos click en el manhole lo cual se despega una pestaña, en ella en la parte *physical, elevation (grund)* y *elevation (invert)*, colocar la información de terreno natural y de cota de fondo, (Bentley Systems, 2010).

**Diámetros de Manhole.** - Los diámetros de cada estructura se ingresan en la misma ventana expresada en milímetros.

#### **Conduit (tuberías)**

De la misma forma que en los manholes de debe dar doble click sobre la tubería se despliega la ventana donde se puede cambiar le material y el diámetro de la misma en las opciones *catalog class* y *size*, respectivamente, además verificar el coeficiente rugosidad dependiendo del tipo de material, (Bentley Systems, 2010).

#### **3.5.3.4. Evaluación hidráulica.**

##### **Simulación**

Se debe validar la información ingresada en el icono de *validate*, el programa detectará un posible mal ingreso de datos o si faltan propiedades de ingresar; para calcular y generar el reporte de la evaluación de debe presionar el icono *compute*, de esta forma se obtendrán previos resultados, (Bentley Systems, 2010).

#### **3.5.3.5. Validación de resultados.**

##### **Reportes de resultados**

Se debe presionar el icono *flextables*, donde se encontrará información de los resultados obtenidos producto de la simulación hidráulica específicamente en los iconos de *Conduit table* y *manhole table*. Se debe verificar la información de las velocidades, porcentajes de capacidades hidráulicas y fuerza tractiva que refleje la auto limpieza, (Bentley Systems, 2010).

### **3.6. Capacidad hidráulica de la red frente a la demanda actual y proyectada**

Se deberá realizar dos simulaciones la primera corresponde a la evaluación de la red de alcantarillado con la proyección de los caudales existentes (2017), la segunda se debe proyectar caudales a un periodo de análisis de 25 años acorde a la metodología antes mencionada.

### **3.7. Análisis e interpretación de los resultados**

Se debe evaluar conforme la literatura técnica y las buenas prácticas de ingeniería las cuales indican que la velocidad en tuberías de alcantarillado sanitario debe ser mayor a 0.45 m/s y menor a 4.5 m/s, para que no se genere sedimentación, además que la capacidad auto limpiante de las tuberías en valores de la fuerza tractiva o esfuerzo cortante debe ser mayor a 1.2 N/m<sup>2</sup>. En el caso de no cumplir con estos requerimientos se debe realizar modificaciones al sistema.

### **3.8. Propuesta de mejora**

Verificar si se debe realizar alguna modificación, en caso de no ser necesario evaluar 25 años hacia el futuro y realizar propuesta de mejora en caso de requerir que cumpla los parámetros que lo requiere la normativa vigente.

## CAPITULO IV

### SIMULACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Proyección de la población

Como se determinó en el capítulo anterior las proyecciones de la población se realizó en base a la información proporcionada por el INEC (censos 2001 y 2010); la población actual y futura se determinará con el promedio de los métodos estadísticos sugeridos por la norma

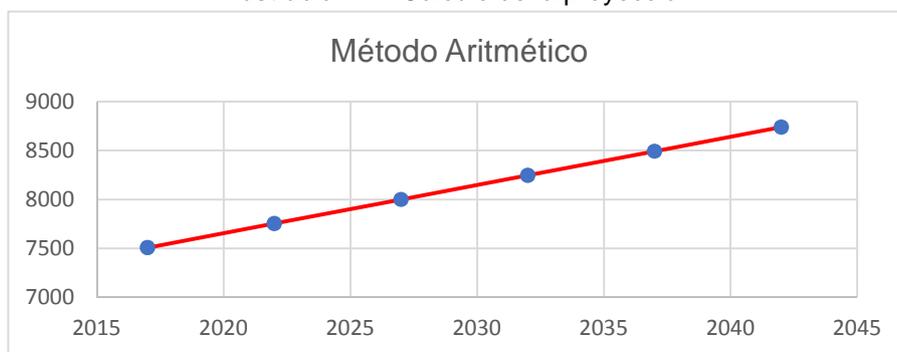
#### Método aritmético

Tabla 4.1 Calculo de la proyección.

| Método Aritmético    |           |       |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Población Proyectada |           |       |      |      |      |      |      |      |
| Año                  | Población | K     | 2017 | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| 2001                 | 6720      | 49.22 | 7508 | 7754 | 8000 | 8246 | 8492 | 8739 |
| 2010                 | 7163      |       |      |      |      |      |      |      |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.1 Calculo de la proyección.



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

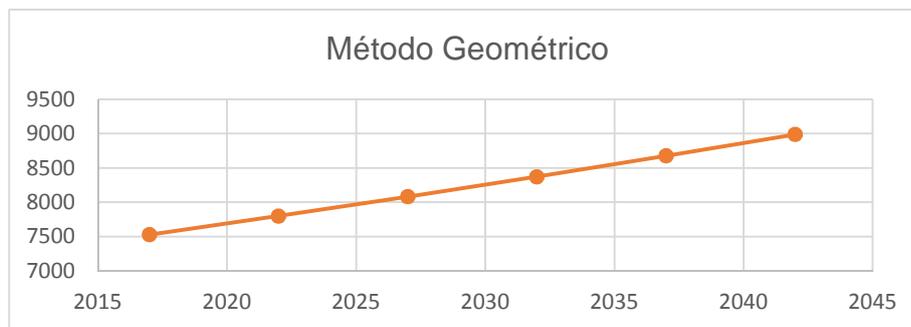
## Método geométrico

Tabla 4.2 Calculo de la proyección.

| Método Geométrico    |           |       |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Población Proyectada |           |       |      |      |      |      |      |      |
| Año                  | Población | r     | 2017 | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| 2001                 | 6720      | 0.007 | 7528 | 7800 | 8082 | 8373 | 8676 | 8989 |
| 2010                 | 7163      |       |      |      |      |      |      |      |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.2 Calculo de la proyección.



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

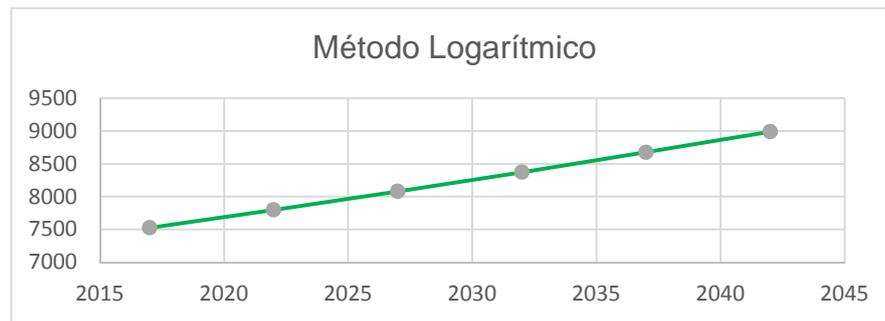
## Método logarítmico

Tabla 4.3 Calculo de la proyección.

| Método Logarítmico   |           |       |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Población Proyectada |           |       |      |      |      |      |      |      |
| Año                  | Población | K     | 2017 | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| 2001                 | 6720      | 0.007 | 7528 | 7800 | 8082 | 8373 | 8676 | 8989 |
| 2010                 | 7163      |       |      |      |      |      |      |      |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.3 Cálculo de la proyección.



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

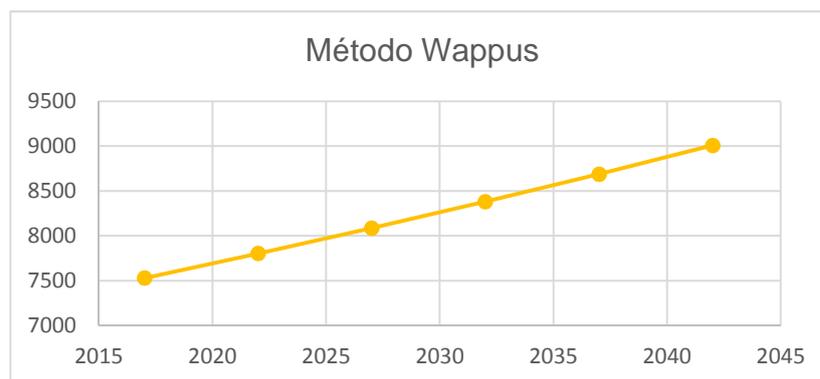
## Método de Wappus

Tabla 4.4 Cálculo de la proyección mediante Wappus.

| Método Wappus |           | Población Proyectada |      |      |      |      |      |      |
|---------------|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Año           | Población | i                    | 2017 | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| 2001          | 6720      | 0.709                | 7529 | 7802 | 8085 | 8380 | 8687 | 9007 |
| 2010          | 7163      |                      |      |      |      |      |      |      |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.4 Cálculo de la proyección mediante el método Wappus.



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

## Población de análisis y evaluación

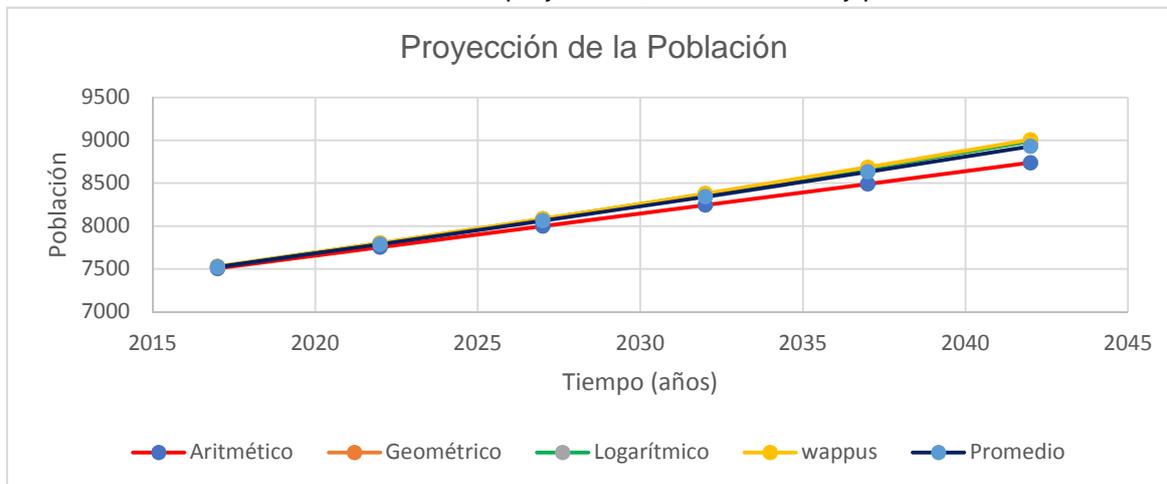
En la siguiente tabla se determina un promedio de los 4 métodos utilizados para utilizarlo como la población de análisis.

Tabla 4.5 Población proyectada, varios métodos y promedio.

| Método      | Año  |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
|             | 2017 | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| Aritmético  | 7508 | 7754 | 8000 | 8246 | 8492 | 8739 |
| Geométrico  | 7528 | 7800 | 8082 | 8373 | 8676 | 8989 |
| Logarítmico | 7528 | 7800 | 8082 | 8373 | 8676 | 8989 |
| wappus      | 7529 | 7802 | 8085 | 8380 | 8687 | 9007 |
| Promedio    | 7524 | 7789 | 8063 | 8343 | 8633 | 8931 |

Fuente: Núñez, 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.5 Población proyectada, varios métodos y promedio.



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

## 4.2. Determinación de la capacidad hidráulica del sistema con aportaciones de caudales actuales 2017

### 4.2.1. Densidad poblacional.

Se definen dos densidades poblacionales en el sector detallado en la tabla 4.6, las mismas que representan área de edificaciones de más de tres pisos y área residencial básica menor de tres pisos, **(Ver plano ALC-04)**.

Tabla 4.6 Densidad poblacional

| Tipo de Área   | Densidad (hab/Ha) | Porcentaje (%) | Población (Hab) | Áreas (Ha) |
|--|-------------------|----------------|-----------------|------------|
| Área de edificios (edificaciones con más de 3 pisos) | 103.45            | 24             | 1806            | 17.46      |
| Área residencial                                     | 56.13             | 76             | 5719            | 101.88     |
| TOTAL  |                   | 100            | 7525            | 119.34     |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

### 4.2.2. Aportación comercial.

La aportación de caudales comerciales en el sector se encuentra establecida por pequeños negocios tales como restaurantes, bazares, tiendas, cafeterías, bares, entre otros **(ver plano ALC-01)**; los cuales se determina un valor de 0.4 l/s\*Ha como lo recomienda la literatura técnica, estos valores se encuentran en la tabla 4.8 del presente estudio.

### 4.2.3. Aportación institucional.

La aportación de este tipo de caudales en la Zona urbana del Cantón se encuentra establecida por instituciones como escuelas, colegios, centros de salud, terminal, mercado entre otros; el valor de su aportación depende de la

cantidad de: usuarios, trabajadores y estudiantes que utilizan estos servicios; en la tabla 4.8 se determinan estos valores se los puede identificar por el color presente en la tabla siguiente:

Tabla 4.7 Caudales medios diarios de las principales Aportaciones institucionales

| CAUDALES MEDIOS DIARIOS DE APORTACION INSTITUCIONAL |       |                         |                       |
|---|-------|-------------------------|-----------------------|
| Institución   | color | Unidad                  | Caudal (l/unidad*día) |
| Áreas verdes y parques                              |       | Usuarios                | 80                    |
| Estadios y canchas de futbol                        |       | Trabajadores, usuarios  | 65                    |
| Escuelas y colegios                                 |       | Estudiantes, profesores | 80                    |
| Centros de salud                                    |       | Camas                   | 500                   |
| Terminal  |       | Pasajeros, choferes     | 100                   |
| Mercado   |       | Comerciantes, clientes  | 700                   |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.2.4. Caudales de análisis con población existente (2017).

En la tabla 4.8 se tiene la proyección de los caudales para el año 2017 para su posterior ingreso en el programa.

Tabla 4.8 Proyección de caudales para el año de análisis 2017

| TRAMO |       | AREA AFERENTE   |               | DOMESTICO |                  |                |                    | COMERCIAL |                    | INSTITUCIONAL |                    |
|-------|-------|-----------------|---------------|-----------|------------------|----------------|--------------------|-----------|--------------------|---------------|--------------------|
|       |       | PARCIAL<br>(Ha) | TOTAL<br>(Ha) | %<br>AREA | DEN.<br>(Hab/Ha) | POBL.<br>(Hab) | CAUDAL<br>(L/S*Ha) | %<br>AREA | CAUDAL<br>(L/S*Ha) | %<br>AREA     | CAUDAL<br>(L/S*Ha) |
| 1     | 2     | 3               | 4             | 5         | 6                | 7              | 8                  | 9         | 10                 | 11            |                    |
| MH-1  | MH-2  | 2.91            | 2.91          | 71        | 63.05            | 184            | 0.12               |           |                    | 29            | 0.02               |
| MH-2  | MH-3  | 2.91            | 5.83          | 71        | 56.13            | 164            | 0.10               |           |                    | 29            | 0.02               |
| MH-3  | MH-4  | 2.22            | 8.05          | 68        | 56.13            | 125            | 0.10               |           |                    | 32            | 0.03               |
| MH-4  | MH-5  | 2.22            | 10.27         | 68        | 56.13            | 125            | 0.10               |           |                    | 32            | 0.03               |
| MH-5  | MH-6  | 3.35            | 13.62         | 50        | 56.13            | 188            | 0.10               |           |                    | 50            | 0.02               |
| MH-6  | MH-7  | 3.35            | 16.97         | 50        | 56.13            | 188            | 0.10               |           |                    | 50            | 0.02               |
| MH-7  | MH-8  | 0.27            | 17.24         | 100       | 56.13            | 15             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-8  | MH-9  | 0.27            | 17.52         | 100       | 56.13            | 15             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-9  | MH-10 | 0.27            | 17.79         | 100       | 56.13            | 15             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-10 | MH-11 | 1.48            | 19.27         | 0         | 103.45           | 153            | 0.19               | 40        | 0.40               | 60            | 0.46               |
| MH-11 | MH-12 | 1.48            | 20.75         | 0         | 103.45           | 153            | 0.19               | 40        | 0.40               | 60            | 0.46               |
| MH-12 | MH-13 | 1.48            | 22.24         | 0         | 103.45           | 153            | 0.19               | 40        | 0.40               | 60            | 0.46               |
| MH-13 | MH-14 | 3.07            | 25.31         | 100       | 103.45           | 318            | 0.19               |           |                    |               |                    |
| MH-14 | MH-15 | 0.60            | 25.91         | 0         | 103.45           | 62             | 0.19               | 100       | 0.40               |               |                    |
| MH-15 | MH-16 | 0.60            | 26.50         | 0         | 103.45           | 62             | 0.19               | 100       | 0.40               |               |                    |
| MH-16 | MH-17 | 3.46            | 29.97         | 0         | 103.45           | 358            | 0.19               | 100       | 0.40               |               |                    |
| MH-17 | MH-18 | 5.28            | 35.24         | 90        | 103.45           | 546            | 0.19               |           |                    | 10            | 0.41               |
| MH-18 | MH-19 | 2.21            | 37.45         | 0         | 56.13            | 124            | 0.10               |           |                    | 100           | 0.03               |
| MH-19 | MH-20 | 8.18            | 45.63         | 0         | 56.13            | 459            | 0.10               |           |                    | 100           | 0.03               |
| MH-20 | MH-21 | 1.53            | 47.16         | 100       | 56.13            | 86             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-21 | MH-22 | 1.53            | 48.68         | 100       | 56.13            | 86             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-22 | MH-23 | 1.53            | 50.21         | 100       | 56.13            | 86             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-23 | MH-24 | 13.97           | 64.18         | 100       | 56.13            | 784            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-24 | MH-25 | 3.21            | 67.40         | 80        | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    | 20            | 0.35               |
| MH-25 | MH-26 | 3.21            | 70.61         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-26 | MH-27 | 3.21            | 73.83         | 70        | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    | 30            | 0.41               |
| MH-27 | MH-28 | 3.21            | 77.04         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-28 | MH-29 | 3.21            | 80.26         | 50        | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    | 50            | 0.56               |
| MH-29 | MH-30 | 3.21            | 83.47         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-30 | MH-31 | 3.21            | 86.69         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-31 | MH-32 | 3.21            | 89.90         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-32 | MH-33 | 3.21            | 93.12         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-33 | MH-34 | 3.21            | 96.33         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-34 | MH-35 | 3.21            | 99.54         | 100       | 56.13            | 180            | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-35 | MH-36 | 5.26            | 104.81        | 80        | 56.13            | 295            | 0.10               |           |                    | 20            | 0.02               |
| MH-36 | MH-37 | 1.05            | 105.86        | 100       | 56.13            | 59             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-37 | MH-38 | 1.05            | 106.91        | 100       | 56.13            | 59             | 0.10               |           |                    |               |                    |
| MH-38 | MH-39 | 1.59            | 108.50        | 0         | 56.13            | 89             | 0.10               |           |                    | 100           | 0.56               |
| MH-39 | EB    | 10.84           | 119.34        | 100       | 56.13            | 608            | 0.10               |           |                    |               |                    |

| TOTAL<br>AREA | APORTE<br>UNITARIO<br>POND.<br>(L/S*Ha) | CAUDAL<br>MEDIO<br>DIARIO<br>(L/S) | CAUDAL MAXIMO<br>HORARIO |              | INFILTRACION      |                 | CONEXIONES<br>ERRADAS |                 | CAUDAL<br>DE<br>DISEÑO<br>(L/S) | CAUDAL DE<br>DISEÑO<br>(L/S)<br>SEWERCAD |
|---------------|---|------------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|--|
|               |   |                                    | HARMO<br>N (F)           | QMH<br>(L/S) | COEF.<br>(L/S*Ha) | CAUDAL<br>(L/S) | COEF.<br>(L/S*Ha)     | CAUDAL<br>(L/S) |                                 |  |
| 12            | 13                                      | 14                                 | 15                       | 16           | 17                | 18              | 19                    | 20              | 21                              | 22                                       |
| 100           | 0.09                                    | 0.25                               | 4.16                     | 1.06         | 0.20              | 0.58            | 0.20                  | 0.58            | 2.22                            | 2.22                                     |
| 100           | 0.08                                    | 0.48                               | 4.18                     | 2.01         | 0.20              | 1.17            | 0.20                  | 1.17            | 4.34                            | 2.12                                     |
| 100           | 0.08                                    | 0.66                               | 4.22                     | 2.78         | 0.20              | 1.61            | 0.20                  | 1.61            | 6.00                            | 1.65                                     |
| 100           | 0.08                                    | 0.84                               | 4.22                     | 3.52         | 0.20              | 2.05            | 0.20                  | 2.05            | 7.63                            | 1.64                                     |
| 100           | 0.06                                    | 1.04                               | 4.16                     | 4.30         | 0.20              | 2.72            | 0.20                  | 2.72            | 9.75                            | 2.12                                     |
| 100           | 0.06                                    | 1.23                               | 4.16                     | 5.13         | 0.20              | 3.39            | 0.20                  | 3.39            | 11.92                           | 2.17                                     |
| 100           | 0.10                                    | 1.26                               | 4.40                     | 5.55         | 0.20              | 3.45            | 0.20                  | 3.45            | 12.45                           | 0.53                                     |
| 100           | 0.10                                    | 1.29                               | 4.40                     | 5.67         | 0.20              | 3.50            | 0.20                  | 3.50            | 12.68                           | 0.23                                     |
| 100           | 0.10                                    | 1.32                               | 4.40                     | 5.80         | 0.20              | 3.56            | 0.20                  | 3.56            | 12.91                           | 0.23                                     |
| 100           | 0.44                                    | 1.97                               | 4.19                     | 8.24         | 0.20              | 3.85            | 0.20                  | 3.85            | 15.95                           | 3.04                                     |
| 100           | 0.44                                    | 2.62                               | 4.19                     | 10.96        | 0.20              | 4.15            | 0.20                  | 4.15            | 19.26                           | 3.31                                     |
| 100           | 0.44                                    | 3.27                               | 4.19                     | 13.68        | 0.20              | 4.45            | 0.20                  | 4.45            | 22.58                           | 3.31                                     |
| 100           | 0.19                                    | 3.86                               | 4.07                     | 15.68        | 0.20              | 5.06            | 0.20                  | 5.06            | 25.81                           | 3.23                                     |
| 100           | 0.40                                    | 4.09                               | 4.30                     | 17.59        | 0.20              | 5.18            | 0.20                  | 5.18            | 27.95                           | 2.14                                     |
| 100           | 0.40                                    | 4.33                               | 4.30                     | 18.61        | 0.20              | 5.30            | 0.20                  | 5.30            | 29.22                           | 1.27                                     |
| 100           | 0.40                                    | 5.72                               | 4.04                     | 23.13        | 0.20              | 5.99            | 0.20                  | 5.99            | 35.12                           | 5.90                                     |
| 100           | 0.21                                    | 6.84                               | 3.95                     | 27.06        | 0.20              | 7.05            | 0.20                  | 7.05            | 41.15                           | 6.04                                     |
| 100           | 0.03                                    | 6.90                               | 4.22                     | 29.11        | 0.20              | 7.49            | 0.20                  | 7.49            | 44.09                           | 2.94                                     |
| 100           | 0.03                                    | 7.13                               | 3.99                     | 28.47        | 0.20              | 9.13            | 0.20                  | 9.13            | 46.73                           | 2.63                                     |
| 100           | 0.10                                    | 7.29                               | 4.26                     | 31.06        | 0.20              | 9.43            | 0.20                  | 9.43            | 49.93                           | 3.20                                     |
| 100           | 0.10                                    | 7.45                               | 4.26                     | 31.74        | 0.20              | 9.74            | 0.20                  | 9.74            | 51.21                           | 1.29                                     |
| 100           | 0.10                                    | 7.61                               | 4.26                     | 32.42        | 0.20              | 10.04           | 0.20                  | 10.04           | 52.50                           | 1.29                                     |
| 100           | 0.10                                    | 9.06                               | 3.87                     | 35.02        | 0.20              | 12.84           | 0.20                  | 12.84           | 60.69                           | 8.19                                     |
| 100           | 0.15                                    | 9.55                               | 4.16                     | 39.77        | 0.20              | 13.48           | 0.20                  | 13.48           | 66.73                           | 6.03                                     |
| 100           | 0.10                                    | 9.88                               | 4.16                     | 41.16        | 0.20              | 14.12           | 0.20                  | 14.12           | 69.40                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.19                                    | 10.51                              | 4.16                     | 43.76        | 0.20              | 14.77           | 0.20                  | 14.77           | 73.29                           | 3.89                                     |
| 100           | 0.10                                    | 10.84                              | 4.16                     | 45.15        | 0.20              | 15.41           | 0.20                  | 15.41           | 75.97                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.33                                    | 11.90                              | 4.16                     | 49.56        | 0.20              | 16.05           | 0.20                  | 16.05           | 81.67                           | 5.70                                     |
| 100           | 0.10                                    | 12.24                              | 4.16                     | 50.96        | 0.20              | 16.69           | 0.20                  | 16.69           | 84.34                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.10                                    | 12.57                              | 4.16                     | 52.35        | 0.20              | 17.34           | 0.20                  | 17.34           | 87.02                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.10                                    | 12.91                              | 4.16                     | 53.74        | 0.20              | 17.98           | 0.20                  | 17.98           | 89.70                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.10                                    | 13.24                              | 4.16                     | 55.13        | 0.20              | 18.62           | 0.20                  | 18.62           | 92.38                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.10                                    | 13.57                              | 4.16                     | 56.52        | 0.20              | 19.27           | 0.20                  | 19.27           | 95.05                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.10                                    | 13.91                              | 4.16                     | 57.91        | 0.20              | 19.91           | 0.20                  | 19.91           | 97.73                           | 2.68                                     |
| 100           | 0.09                                    | 14.36                              | 4.08                     | 58.61        | 0.20              | 20.96           | 0.20                  | 20.96           | 100.54                          | 2.81                                     |
| 100           | 0.10                                    | 14.47                              | 4.30                     | 62.22        | 0.20              | 21.17           | 0.20                  | 21.17           | 104.56                          | 4.03                                     |
| 100           | 0.10                                    | 14.58                              | 4.30                     | 62.69        | 0.20              | 21.38           | 0.20                  | 21.38           | 105.45                          | 0.89                                     |
| 100           | 0.56                                    | 15.46                              | 4.26                     | 65.82        | 0.20              | 21.70           | 0.20                  | 21.70           | 109.22                          | 3.77                                     |
| 100           | 0.10                                    | 16.59                              | 3.93                     | 65.18        | 0.20              | 23.87           | 0.20                  | 23.87           | 112.91                          | 3.69                                     |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.2.5. Resultados del programa.

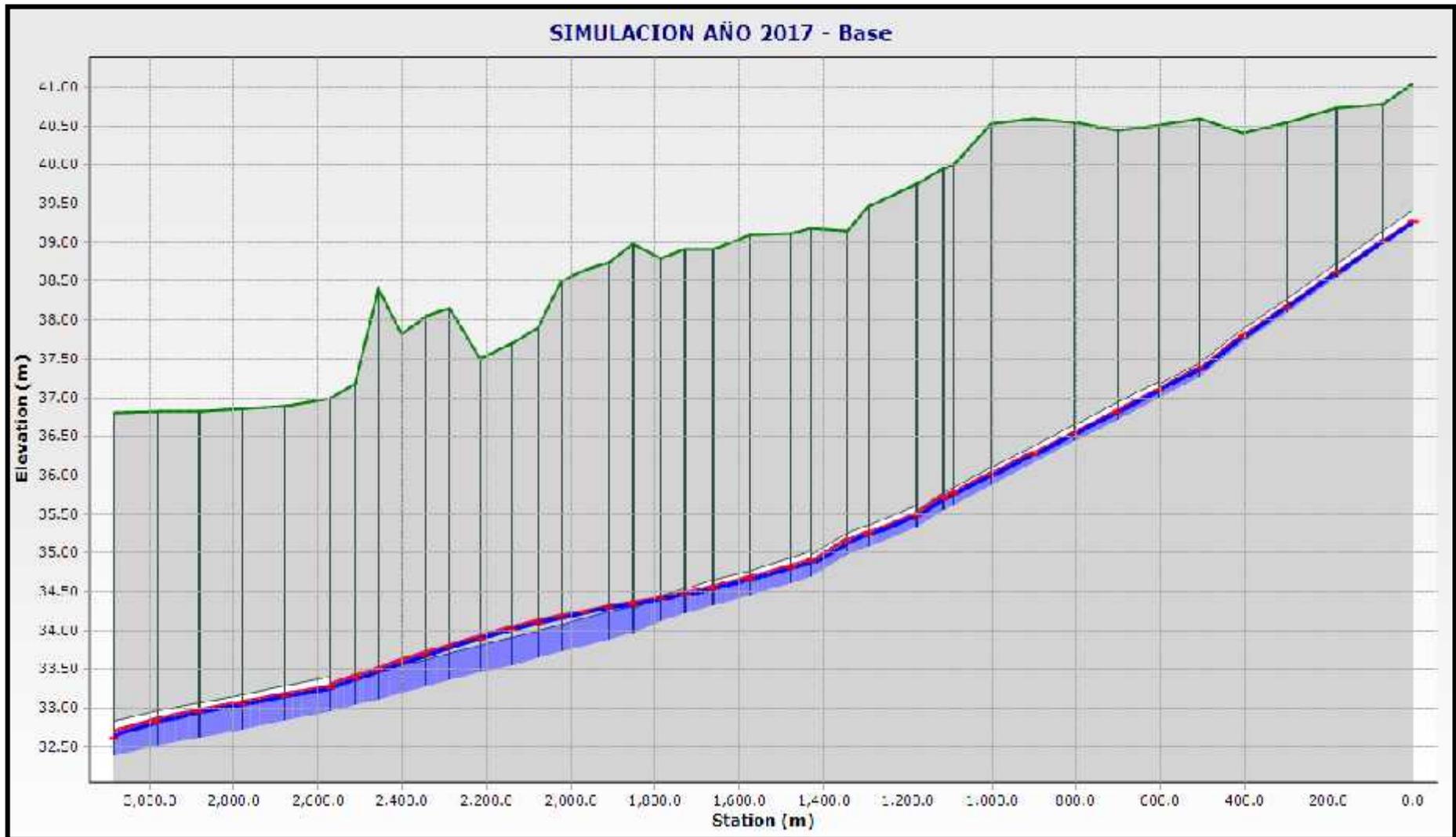
Tabla 4.9 Resultados del programa SewerCAD

| Tub. | Diámetro nominal (mm) | Diámetro interno (mm) | Long. (m) | Caudal de análisis y diseño (l/s) | Capacidad existente (l/s) | Velocidad (m/s) | Tirante H/D (%) | Fuerza tractiva (Pascal) |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1    | 2                     | 3                     | 4         | 5                                 | 6                         | 7               | 8               | 9                        |
| 1    | 200                   | 182                   | 71.9      | 2.22                              | 20.32                     | 0.51            | 26.8            | 0.89                     |
| 2    | 200                   | 182                   | 110       | 4.34                              | 20.49                     | 0.62            | 34.2            | 1.204                    |
| 3    | 200                   | 182                   | 118.6     | 5.99                              | 20.43                     | 0.68            | 39.7            | 1.37                     |
| 4    | 200                   | 182                   | 103.5     | 7.63                              | 20.36                     | 0.73            | 44.8            | 1.503                    |
| 5    | 200                   | 182                   | 102.6     | 9.75                              | 21.71                     | 0.81            | 53.8            | 1.836                    |
| 6    | 200                   | 182                   | 96.3      | 11.92                             | 17.56                     | 0.73            | 57.3            | 1.394                    |
| 7    | 250                   | 227                   | 99.1      | 12.45                             | 31.77                     | 0.74            | 43.8            | 1.43                     |
| 8    | 250                   | 227                   | 101.2     | 12.68                             | 31.44                     | 0.74            | 44.3            | 1.416                    |
| 9    | 250                   | 227                   | 100.2     | 12.91                             | 31.59                     | 0.74            | 47.3            | 1.437                    |
| 10   | 250                   | 227                   | 98.5      | 15.95                             | 31.86                     | 0.79            | 53.1            | 1.581                    |
| 11   | 250                   | 227                   | 88.4      | 19.26                             | 31.78                     | 0.82            | 58.8            | 1.687                    |
| 12   | 250                   | 227                   | 23.9      | 22.57                             | 32.36                     | 0.86            | 62.2            | 1.833                    |
| 13   | 250                   | 227                   | 64.1      | 25.8                              | 35.79                     | 0.96            | 65              | 2.266                    |
| 14   | 300                   | 284                   | 114.1     | 27.94                             | 49.81                     | 0.81            | 54.7            | 1.526                    |
| 15   | 300                   | 284                   | 49.9      | 29.21                             | 48.61                     | 0.8             | 54.8            | 1.49                     |
| 16   | 300                   | 284                   | 88        | 35.11                             | 62.37                     | 1.01            | 60.3            | 2.396                    |
| 17   | 350                   | 327                   | 47.5      | 41.15                             | 64.89                     | 0.82            | 59.3            | 1.469                    |
| 18   | 350                   | 327                   | 95.2      | 44.09                             | 64.86                     | 0.83            | 63.9            | 1.501                    |
| 19   | 350                   | 327                   | 89.9      | 46.72                             | 60.16                     | 0.79            | 71.1            | 1.346                    |
| 20   | 350                   | 327                   | 66.4      | 49.92                             | 64.36                     | 0.85            | 82.5            | 1.54                     |
| 21   | 350                   | 327                   | 56.2      | 51.21                             | 63.29                     | 0.84            | 96              | 1.506                    |
| 22   | 350                   | 327                   | 66.5      | 52.5                              | 77.57                     | 0.63            | 100             | 2.144                    |
| 23   | 400                   | 362                   | 56.6      | 60.69                             | 77.98                     | 0.59            | 100             | 1.456                    |
| 24   | 400                   | 362                   | 57.4      | 66.72                             | 77.48                     | 0.65            | 100             | 1.476                    |
| 25   | 400                   | 362                   | 55.3      | 69.4                              | 78.89                     | 0.67            | 100             | 1.537                    |
| 26   | 400                   | 362                   | 57.4      | 73.29                             | 77.48                     | 0.71            | 100             | 1.501                    |
| 27   | 400                   | 362                   | 61.5      | 75.97                             | 79.39                     | 0.74            | 100             | 1.578                    |
| 28   | 400                   | 362                   | 74.4      | 81.67                             | 76.08                     | 0.79            | 100             | 1.403                    |
| 29   | 400                   | 362                   | 73.2      | 84.35                             | 76.66                     | 0.82            | 100             | 1.211                    |
| 30   | 400                   | 362                   | 55.6      | 87.03                             | 78.73                     | 0.85            | 100             | 1.277                    |
| 31   | 400                   | 362                   | 57.4      | 89.71                             | 77.42                     | 0.87            | 100             | 1.235                    |
| 32   | 400                   | 362                   | 56.6      | 92.39                             | 77.97                     | 0.9             | 100             | 1.253                    |
| 33   | 400                   | 362                   | 54.8      | 95.07                             | 79.23                     | 0.92            | 100             | 1.294                    |
| 34   | 400                   | 362                   | 58        | 97.73                             | 77.08                     | 0.95            | 93.2            | 1.224                    |
| 35   | 500                   | 452                   | 109       | 100.54                            | 119.12                    | 0.83            | 69.9            | 1.326                    |
| 36   | 500                   | 452                   | 100.3     | 104.56                            | 129.73                    | 0.9             | 71.6            | 1.555                    |
| 37   | 500                   | 452                   | 101.5     | 105.45                            | 117.71                    | 0.83            | 73.4            | 1.312                    |
| 38   | 500                   | 452                   | 100.8     | 109.22                            | 118.15                    | 0.84            | 70.4            | 1.329                    |
| 39   | 500                   | 452                   | 101.5     | 112.91                            | 139.26                    | 0.97            | 59.7            | 1.795                    |

Fuente: Núñez 2017

Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.6 Perfil hidráulico de la red principal con caudales 2017



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

En la Ilustración 4.6 tomada del programa como resultado del análisis se enuncia los siguientes puntos:

- ) De color verde se establece la elevación en terreno natural procedente del estudio topográfico.
- ) Los puntos rojos son los colectores a su respectiva elevación y su distancia de separación.
- ) La grafica de color azul muestra la carga hidráulica a la cual están sometidas las tuberías.
- ) El espacio en blanco refleja la capacidad vacía del tubo no afectada por la carga hidráulica.

Se adjunta en el **Anexo 6** el reporte de la simulación extraída del programa con caudales actuales 2017.

#### **4.2.6. Análisis y evaluación de resultados.**

Los parámetros de análisis y evaluación desde el punto de vista hidráulico a los cuales se evalúa el sistema son los siguientes:

##### **4.2.6.1. Velocidad mínima permisible.**

En la tabla 4.10 se muestra los datos comparativos de velocidades que resultaron del programa con los resultados recomendados por la literatura técnica.

Tabla 4.10 Evaluación del criterio de velocidades obtenidas del programa SewerCAD

| AUTORES                                   | Velocidad mínima recomendable (m/s) | Rango de velocidades m/s | Evaluación |
|---|-------------------------------------|--------------------------|------------|
| George Waring Jr. (1879(OPS CEPIS, 2005)) | 0.45 o 0.5                          | 0.60 -1.01               | ok         |
| Macedo (1962)                             | 0.6                                 |                          | ok         |
| Metcalf y Eddy (1995)                     | 0.3                                 |                          | ok         |
| Azevedo Netto (1992)                      | 0.45 o 0.50                         |                          | ok         |
| López Ricardo (2003)                      | 0.45                                |                          | ok         |
| Senagua (2005)                            | 0.45 o 0.6                          |                          | ok         |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

En base a los resultados y su evaluación se puede determinar que la red cumple con los requerimientos mínimos de velocidades establecidos por la literatura técnica y la normativa vigente, a lo que podemos acotar que la red no tiene problemas con posible sedimentación.

#### **4.2.6.2. Velocidad máxima permisible.**

Ninguna velocidad excede de 5 m/s por la tanto se define que este criterio lo cumple la red existente, se puede acotar que la tubería no puede ser afectada por corrosión o por deterioro mediante este parámetro.

#### **4.2.6.3. Esfuerzo cortante.**

En la evaluación realizada al esfuerzo cortante podemos definir que se cumple con lo establecido en la literatura técnica a excepción del criterio de Mara, sin embargo, como es una evaluación a un sistema existente se considera como aceptables los resultados apoyados en los demás criterios.

Tabla 4.11 Evaluación del esfuerzo cortante obtenidas del programa SewerCAD

| Tramos                   | AUTORES              | Esfuerzo cortante mínimo recomendable (Pascal) | Rango de esfuerzo cortante (Pascal) Tabla 4.9 | Evaluación |
|--------------------------|----------------------|--|---|------------|
| Tramos iniciales (1-5)   | OPS/CEPIS (2005)     | 0.6  | 0.89 -1.8                                     | ok         |
| Tramos del 5 en adelante | OPS/CEPIS (2005)     | 1  | 1.2 -2.4                                      | ok         |
|                          | Mara (2000)          | 1 o 1.5  |   | ok         |
|                          | López Ricardo (2003) | 1.2  |   | ok         |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.2.6.4. Tirante de agua.

La literatura técnica y la normativa recomienda que la tubería no debe trabajar llena para evitar presiones y acumulación de gases nocivos para el ser humano, la evaluación de este criterio no cumple con el antecedente recomendado de H/D, debido a esto se evidencia el problema actual como lo refleja las visitas al campo en el **Anexo 1** como evidencia fotográfica, muchos pozos de revisión se encuentran taponados, por lo que se debe considerar cambio labores de mantenimiento y cambio de tuberías en los sectores con el problema.

Tabla 4.12 Evaluación del tirante de agua obtenidas del programa SewerCAD

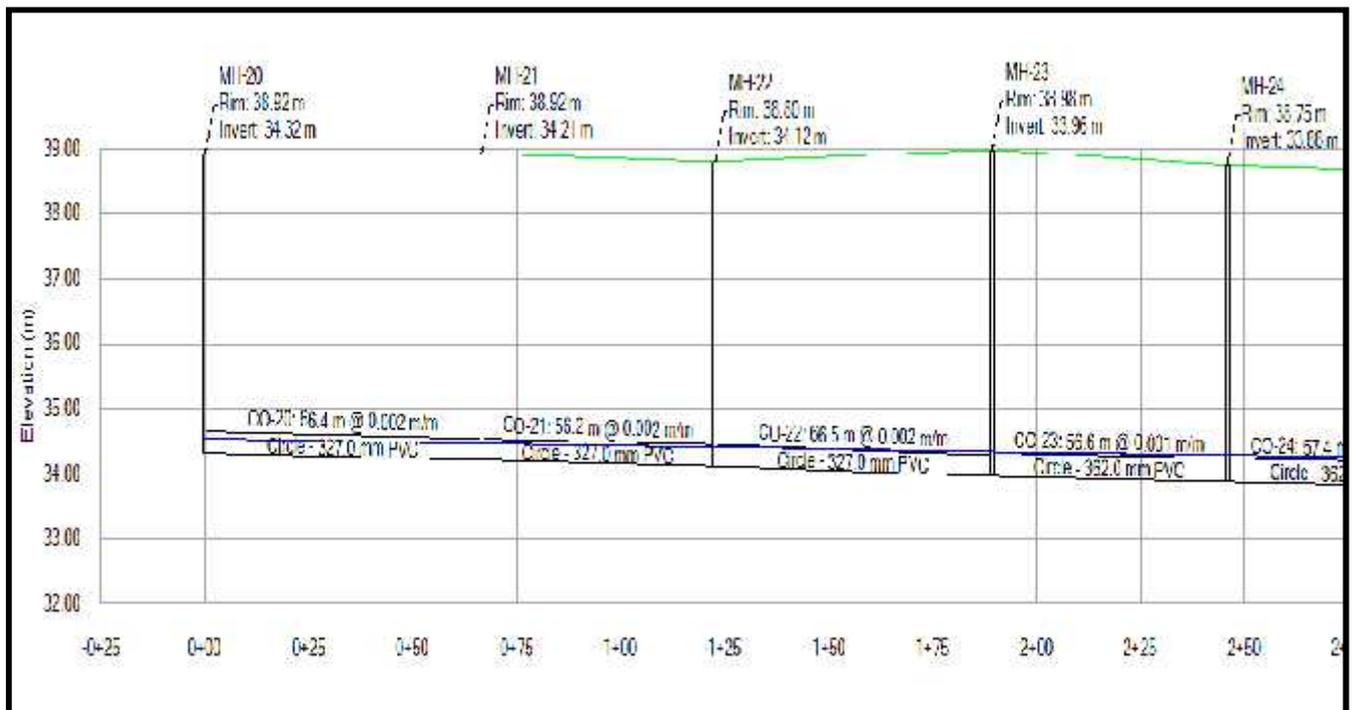
| AUTORES          | H/D mínimo recomendable (%) | H/D máximo recomendable (%) | Rango H/D mínimo (%) Tabla 4.9 | Evaluación |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|
| OPS/CEPIS (2005) | 20                          | 80                          | 27 -100                        | NO ok      |
| Macedo (1962)    | ...                         | 85                          |                                | NO ok      |
| Senagua (2005)   | ...                         | Tubería no funcione llena   |                                | NO ok      |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.2.6.5. Capacidad hidráulica.

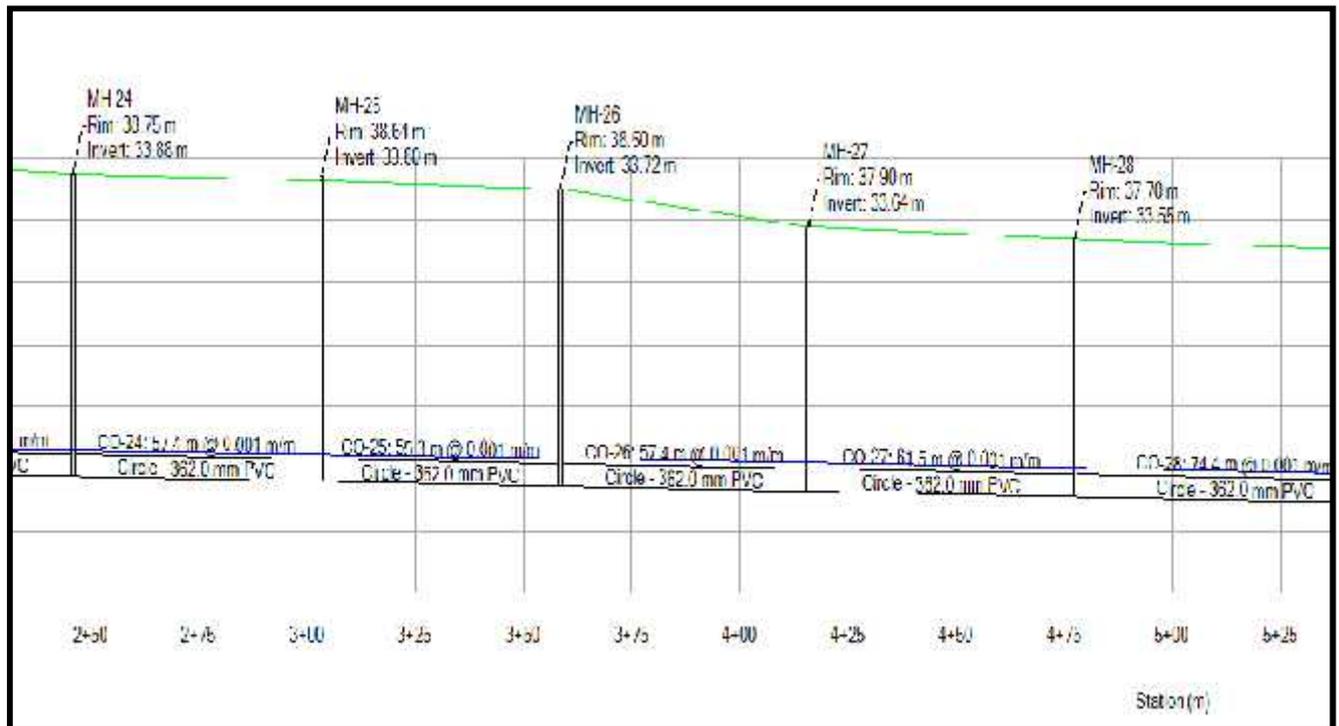
En la Ilustración 4.6 y en los planos (ALC-06 hasta 14) se puede observar que el flujo no tiene capacidad desde la abscisa 0+1600 hasta la 0+2600, además se menciona que en este tramo de red en época invernal son frecuentes las labores de operación y mantenimiento evidenciando la mala capacidad hidráulica de la red, en el programa también se identificó los tramos de tuberías que no mantienen abastamiento frente a la demanda los mismos que van desde el tramo 21 hasta el 34, como se aprecia en las siguientes imágenes 4.7,4.8,4.9 y 4.10; de color azul la lámina de agua de color negro la tubería existente:

Ilustración 4.7 Perfiles de tuberías Manhole 20 hasta 24



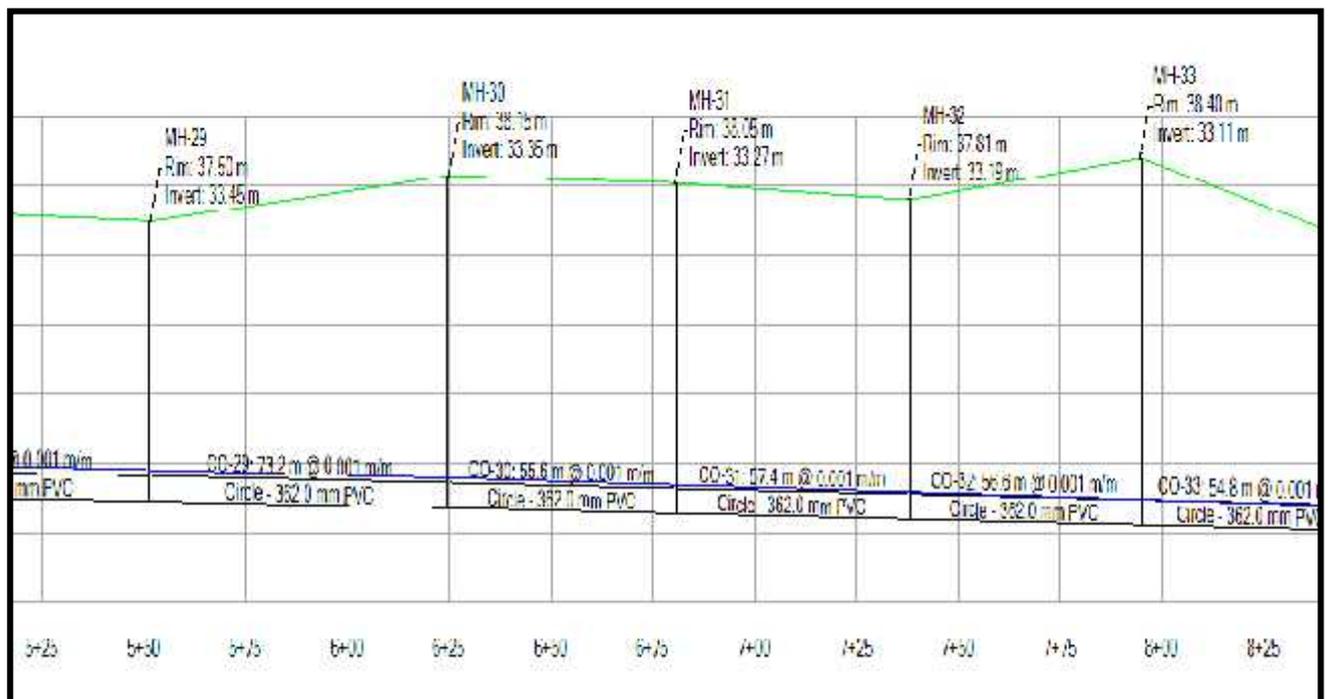
Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.8 Perfiles de tuberías Manhole 24 hasta 28



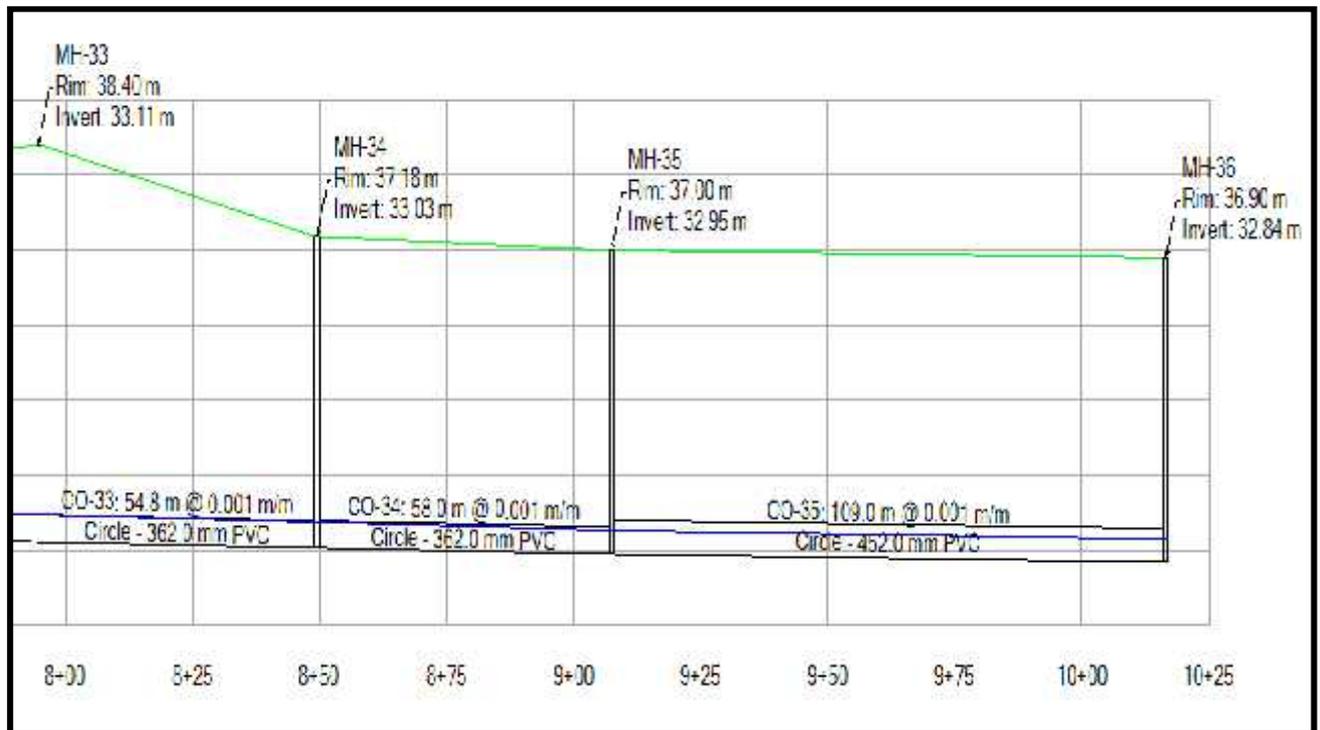
Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.9 Perfiles de tuberías Manhole 29 hasta 33



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.10 Perfiles de tuberías Manhole 33 hasta 36



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.2.7. Comentarios.

En base a la evaluación realizada de los resultados del programa la red principal de la Zona Urbana del Cantón Marcelino Maridueña necesita ser rediseñada, realizar el cambio de tuberías ya que la capacidad hidráulica no satisface los caudales proyectados.

#### 4.3. Propuesta de mejora

La propuesta de mejora del sistema existente en el presente trabajo se realiza en base a la proyección de utilidad de 25 años que garantizara su funcionalidad y serán beneficiados 9831 habitantes de acuerdo a la proyección de población en la tabla 4.5 del presente estudio.

#### 4.3.1. Densidad poblacional.

Se definen dos densidades poblacionales en el sector detalladas en la tabla 4.13, las mismas que representan área de edificaciones de más de tres pisos y área residencial básica menor de tres pisos.

Tabla 4.13 Densidad poblacional

| Tipo de Área   | Densidad (hab/Ha) | Porcentaje (%) | Población (Hab) | Áreas (Ha) |
|--|-------------------|----------------|-----------------|------------|
| Área de edificios (edificaciones con más de 3 pisos) | 122.81            | 24             | 2144            | 17.46      |
| Área residencial                                     | 66.63             | 76             | 6788            | 101.88     |
| TOTAL  |                   | 100            | 8932            | 119.34     |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.3.2. Caudales de evaluación futura para aportaciones hasta el año (2042)

En la tabla 4.14 se tiene la proyección de los caudales para el año 2042 para su posterior ingreso en el programa.

Tabla 4.14 Proyección de caudales propuesta de mejora

| TRAMO |       | AREA AFERENTE   |               | DOMESTICO |                  |                | COMERCIAL          |           | INSTITUCIONAL      |           |                    |
|-------|-------|-----------------|---------------|-----------|------------------|----------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|
|       |       | PARCIAL<br>(Ha) | TOTAL<br>(Ha) | %<br>AREA | DEN.<br>(Hab/Ha) | POBL.<br>(Hab) | CAUDAL<br>(L/S*Ha) | %<br>AREA | CAUDAL<br>(L/S*Ha) | %<br>AREA | CAUDAL<br>(L/S*Ha) |
| 1     | 2     | 3               | 4             | 5         | 6                | 7              | 8                  | 9         | 10                 | 11        |                    |
| MH-1  | MH-2  | 2.91            | 2.91          | 71        | 66.63            | 194            | 0.12               |           |                    | 29        | 0.02               |
| MH-2  | MH-3  | 2.91            | 5.83          | 71        | 66.63            | 194            | 0.12               |           |                    | 29        | 0.02               |
| MH-3  | MH-4  | 2.22            | 8.05          | 68        | 66.63            | 148            | 0.12               |           |                    | 32        | 0.03               |
| MH-4  | MH-5  | 2.22            | 10.27         | 68        | 66.63            | 148            | 0.12               |           |                    | 32        | 0.03               |
| MH-5  | MH-6  | 3.35            | 13.62         | 50        | 66.63            | 223            | 0.12               |           |                    | 50        | 0.02               |
| MH-6  | MH-7  | 3.35            | 16.97         | 50        | 66.63            | 223            | 0.12               |           |                    | 50        | 0.02               |
| MH-7  | MH-8  | 0.27            | 17.24         | 100       | 66.63            | 18             | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-8  | MH-9  | 0.27            | 17.52         | 100       | 66.63            | 18             | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-9  | MH-10 | 0.27            | 17.79         | 100       | 66.63            | 18             | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-10 | MH-11 | 1.48            | 19.27         | 0         | 122.81           | 182            | 0.23               | 40        | 0.40               | 60        | 0.46               |
| MH-11 | MH-12 | 1.48            | 20.75         | 0         | 122.81           | 182            | 0.23               | 40        | 0.40               | 60        | 0.46               |
| MH-12 | MH-13 | 1.48            | 22.24         | 0         | 122.81           | 182            | 0.23               | 40        | 0.40               | 60        | 0.46               |
| MH-13 | MH-14 | 3.07            | 25.31         | 100       | 122.81           | 377            | 0.23               |           |                    |           |                    |
| MH-14 | MH-15 | 0.60            | 25.91         | 0         | 122.81           | 73             | 0.23               | 100       | 0.40               |           |                    |
| MH-15 | MH-16 | 0.60            | 26.50         | 0         | 122.81           | 73             | 0.23               | 100       | 0.40               |           |                    |
| MH-16 | MH-17 | 3.46            | 29.97         | 0         | 122.81           | 425            | 0.23               | 100       | 0.40               |           |                    |
| MH-17 | MH-18 | 5.28            | 35.24         | 90        | 122.81           | 648            | 0.23               |           |                    | 10        | 0.41               |
| MH-18 | MH-19 | 2.21            | 37.45         | 0         | 66.63            | 147            | 0.12               |           |                    | 100       | 0.03               |
| MH-19 | MH-20 | 8.18            | 45.63         | 0         | 66.63            | 545            | 0.12               |           |                    | 100       | 0.03               |
| MH-20 | MH-21 | 1.53            | 47.16         | 100       | 66.63            | 102            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-21 | MH-22 | 1.53            | 48.68         | 100       | 66.63            | 102            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-22 | MH-23 | 1.53            | 50.21         | 100       | 66.63            | 102            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-23 | MH-24 | 13.97           | 64.18         | 100       | 66.63            | 931            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-24 | MH-25 | 3.21            | 67.40         | 80        | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    | 20        | 0.35               |
| MH-25 | MH-26 | 3.21            | 70.61         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-26 | MH-27 | 3.21            | 73.83         | 70        | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    | 30        | 0.41               |
| MH-27 | MH-28 | 3.21            | 77.04         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-28 | MH-29 | 3.21            | 80.26         | 50        | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    | 50        | 0.56               |
| MH-29 | MH-30 | 3.21            | 83.47         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-30 | MH-31 | 3.21            | 86.69         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-31 | MH-32 | 3.21            | 89.90         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-32 | MH-33 | 3.21            | 93.12         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-33 | MH-34 | 3.21            | 96.33         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-34 | MH-35 | 3.21            | 99.54         | 100       | 66.63            | 214            | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-35 | MH-36 | 5.26            | 104.81        | 80        | 66.63            | 351            | 0.12               |           |                    | 20        | 0.02               |
| MH-36 | MH-37 | 1.05            | 105.86        | 100       | 66.63            | 70             | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-37 | MH-38 | 1.05            | 106.91        | 100       | 66.63            | 70             | 0.12               |           |                    |           |                    |
| MH-38 | MH-39 | 1.59            | 108.50        | 0         | 66.63            | 106            | 0.12               |           |                    | 100       | 0.56               |
| MH-39 | EB    | 10.84           | 119.34        | 100       | 66.63            | 722            | 0.12               |           |                    |           |                    |

| TOTAL<br>AREA | APORTE<br>UNITARIO<br>POND.<br>(L/S*Ha) | CAUDAL<br>MEDIO<br>DIARIO<br>(L/S) | CAUDAL MAXIMO<br>HORARIO |              | INFILTRACION      |                 | CONEXIONES<br>ERRADAS |                 | CAUDAL<br>DE<br>DISEÑO<br>(L/S) | CAUDAL<br>DE<br>DISEÑO<br>(L/S)<br>SEWERCA |
|---------------|---|------------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|--|
|               |   |                                    | HARMO<br>N (F)           | QMH<br>(L/S) | COEF.<br>(L/S*Ha) | CAUDAL<br>(L/S) | COEF.<br>(L/S*Ha)     | CAUDAL<br>(L/S) |                                 |  |
| 12            | 13                                      | 14                                 | 15                       | 16           | 17                | 18              | 19                    | 20              | 21                              | 22   |
| 100           | 0.09                                    | 0.27                               | 4.15                     | 1.11         | 0.20              | 0.58            | 0.20                  | 0.58            | 2.28                            | 2.28                                       |
| 100           | 0.09                                    | 0.54                               | 4.15                     | 2.22         | 0.20              | 1.17            | 0.20                  | 1.17            | 4.56                            | 2.28                                       |
| 100           | 0.09                                    | 0.74                               | 4.19                     | 3.11         | 0.20              | 1.61            | 0.20                  | 1.61            | 6.33                            | 1.78                                       |
| 100           | 0.09                                    | 0.95                               | 4.19                     | 3.98         | 0.20              | 2.05            | 0.20                  | 2.05            | 8.09                            | 1.76                                       |
| 100           | 0.07                                    | 1.18                               | 4.13                     | 4.88         | 0.20              | 2.72            | 0.20                  | 2.72            | 10.32                           | 2.24                                       |
| 100           | 0.07                                    | 1.41                               | 4.13                     | 5.83         | 0.20              | 3.39            | 0.20                  | 3.39            | 12.62                           | 2.30                                       |
| 100           | 0.12                                    | 1.45                               | 4.39                     | 6.34         | 0.20              | 3.45            | 0.20                  | 3.45            | 13.24                           | 0.62                                       |
| 100           | 0.12                                    | 1.48                               | 4.39                     | 6.49         | 0.20              | 3.50            | 0.20                  | 3.50            | 13.49                           | 0.26                                       |
| 100           | 0.12                                    | 1.51                               | 4.39                     | 6.63         | 0.20              | 3.56            | 0.20                  | 3.56            | 13.75                           | 0.26                                       |
| 100           | 0.44                                    | 2.16                               | 4.16                     | 9.00         | 0.20              | 3.85            | 0.20                  | 3.85            | 16.71                           | 2.96                                       |
| 100           | 0.44                                    | 2.81                               | 4.16                     | 11.70        | 0.20              | 4.15            | 0.20                  | 4.15            | 20.00                           | 3.30                                       |
| 100           | 0.44                                    | 3.46                               | 4.16                     | 14.41        | 0.20              | 4.45            | 0.20                  | 4.45            | 23.30                           | 3.30                                       |
| 100           | 0.23                                    | 4.16                               | 4.03                     | 16.78        | 0.20              | 5.06            | 0.20                  | 5.06            | 26.90                           | 3.60                                       |
| 100           | 0.40                                    | 4.40                               | 4.28                     | 18.82        | 0.20              | 5.18            | 0.20                  | 5.18            | 29.18                           | 2.28                                       |
| 100           | 0.40                                    | 4.64                               | 4.28                     | 19.84        | 0.20              | 5.30            | 0.20                  | 5.30            | 30.44                           | 1.26                                       |
| 100           | 0.40                                    | 6.02                               | 4.01                     | 24.15        | 0.20              | 5.99            | 0.20                  | 5.99            | 36.13                           | 5.69                                       |
| 100           | 0.25                                    | 7.32                               | 3.91                     | 28.63        | 0.20              | 7.05            | 0.20                  | 7.05            | 42.73                           | 6.60                                       |
| 100           | 0.03                                    | 7.38                               | 4.19                     | 30.94        | 0.20              | 7.49            | 0.20                  | 7.49            | 45.92                           | 3.19                                       |
| 100           | 0.03                                    | 7.60                               | 3.95                     | 30.07        | 0.20              | 9.13            | 0.20                  | 9.13            | 48.33                           | 2.41                                       |
| 100           | 0.12                                    | 7.79                               | 4.24                     | 33.06        | 0.20              | 9.43            | 0.20                  | 9.43            | 51.92                           | 3.59                                       |
| 100           | 0.12                                    | 7.98                               | 4.24                     | 33.85        | 0.20              | 9.74            | 0.20                  | 9.74            | 53.33                           | 1.41                                       |
| 100           | 0.12                                    | 8.17                               | 4.24                     | 34.65        | 0.20              | 10.04           | 0.20                  | 10.04           | 54.74                           | 1.41                                       |
| 100           | 0.12                                    | 9.89                               | 3.82                     | 37.79        | 0.20              | 12.84           | 0.20                  | 12.84           | 63.47                           | 8.73                                       |
| 100           | 0.17                                    | 10.43                              | 4.14                     | 43.17        | 0.20              | 13.48           | 0.20                  | 13.48           | 70.13                           | 6.66                                       |
| 100           | 0.12                                    | 10.83                              | 4.14                     | 44.81        | 0.20              | 14.12           | 0.20                  | 14.12           | 73.05                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.21                                    | 11.50                              | 4.14                     | 47.57        | 0.20              | 14.77           | 0.20                  | 14.77           | 77.10                           | 4.05                                       |
| 100           | 0.12                                    | 11.90                              | 4.14                     | 49.21        | 0.20              | 15.41           | 0.20                  | 15.41           | 80.03                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.34                                    | 12.99                              | 4.14                     | 53.73        | 0.20              | 16.05           | 0.20                  | 16.05           | 85.83                           | 5.80                                       |
| 100           | 0.12                                    | 13.38                              | 4.14                     | 55.37        | 0.20              | 16.69           | 0.20                  | 16.69           | 88.76                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.12                                    | 13.78                              | 4.14                     | 57.01        | 0.20              | 17.34           | 0.20                  | 17.34           | 91.68                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.12                                    | 14.18                              | 4.14                     | 58.65        | 0.20              | 17.98           | 0.20                  | 17.98           | 94.61                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.12                                    | 14.57                              | 4.14                     | 60.29        | 0.20              | 18.62           | 0.20                  | 18.62           | 97.54                           | 2.93                                       |
| 100           | 0.12                                    | 14.97                              | 4.14                     | 61.93        | 0.20              | 19.27           | 0.20                  | 19.27           | 100.46                          | 2.93                                       |
| 100           | 0.12                                    | 15.37                              | 4.14                     | 63.57        | 0.20              | 19.91           | 0.20                  | 19.91           | 103.39                          | 2.93                                       |
| 100           | 0.10                                    | 15.90                              | 4.05                     | 64.38        | 0.20              | 20.96           | 0.20                  | 20.96           | 106.31                          | 2.91                                       |
| 100           | 0.12                                    | 16.03                              | 4.28                     | 68.66        | 0.20              | 21.17           | 0.20                  | 21.17           | 111.00                          | 4.70                                       |
| 100           | 0.12                                    | 16.16                              | 4.28                     | 69.22        | 0.20              | 21.38           | 0.20                  | 21.38           | 111.98                          | 0.98                                       |
| 100           | 0.56                                    | 17.04                              | 4.24                     | 72.21        | 0.20              | 21.70           | 0.20                  | 21.70           | 115.61                          | 3.63                                       |
| 100           | 0.12                                    | 18.38                              | 3.89                     | 71.44        | 0.20              | 23.87           | 0.20                  | 23.87           | 119.18                          | 3.57                                       |

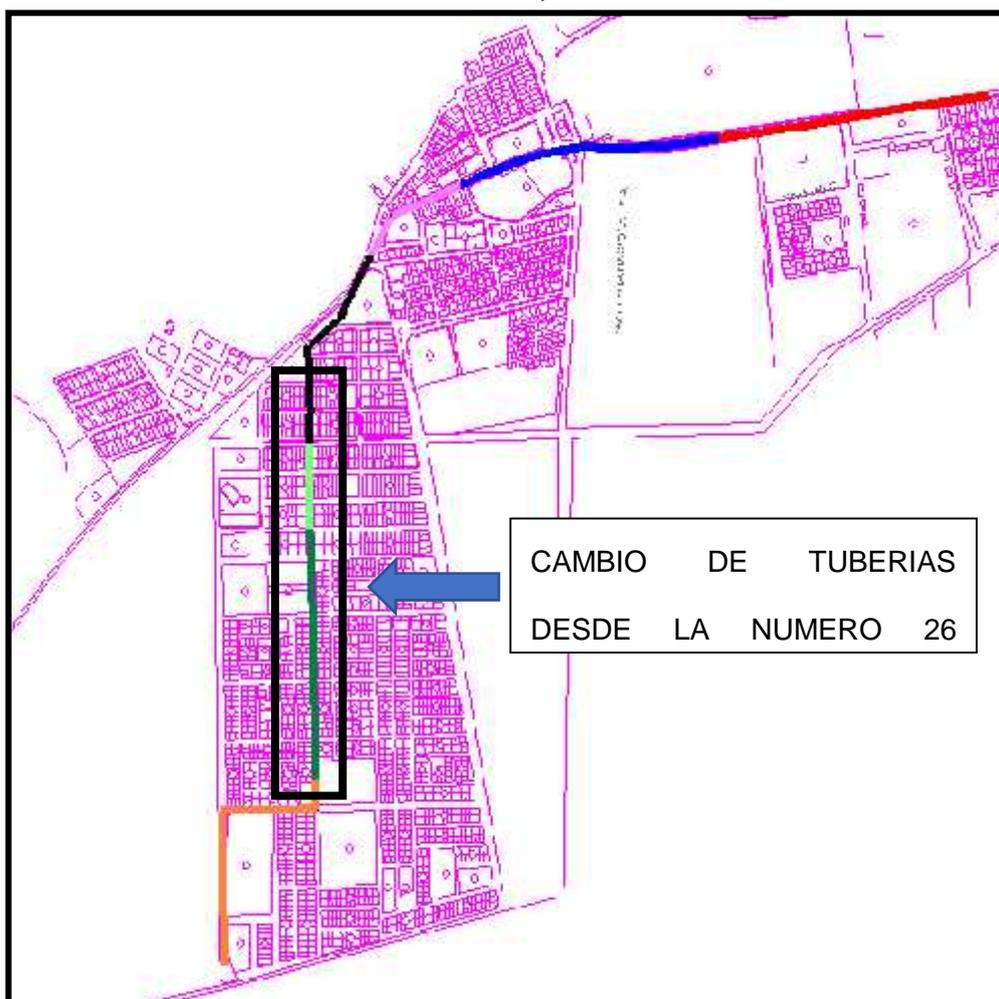
Fuente: Núñez 2017

Elaboración: Núñez 2017

### 4.3.3. Rediseño del sistema.

Como se pudo determinar en la evaluación anterior las tuberías que presentan problemas y exigen rediseño son las tuberías comprendidas desde la 22 hasta la 34, para solucionar el problema se va a realizar el cambio de tubería desde la numero 26 hasta la 34 como se pude apreciar en la Ilustración 4.11.

Ilustración 4.11 Rediseño de red reemplazo de tuberías 26-34



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

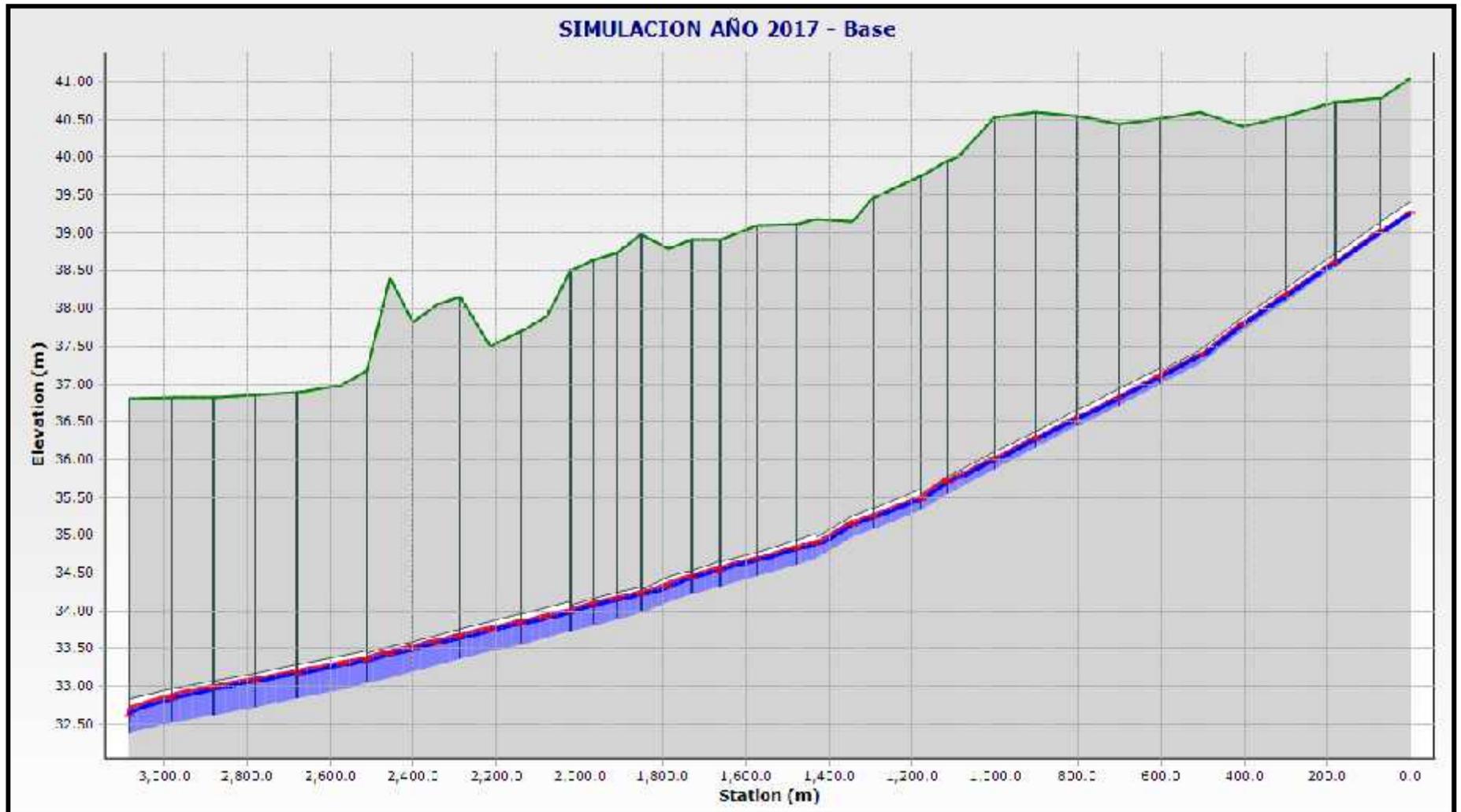
Se realizó el cambio de las tuberías existentes con numeración 26 hasta la 33 que tenían diámetros de 400 mm por una de diámetro mayor equivalente a 450 mm, y la tubería número 32 de 400 mm a una de 500 mm, de lo cual se tienen los siguientes resultados:

Tabla 4.15 Resultados de la simulación de la propuesta de mejora

| Tub. | Diámetro nominal (mm) | Diámetro interno (mm) | Long. (m) | Caudal de análisis y diseño (l/s) | Capacidad existente (l/s) | Velocidad (m/s) | Tirante H/D (%) | Fuerza tractiva (Pascal) |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1    | 2                     | 3                     | 4         | 5                                 | 6                         | 7               | 8               | 9                        |
| 1    | 200                   | 182                   | 71.9      | 2.28                              | 20.32                     | 0.52            | 27.3            | 0.901                    |
| 2    | 200                   | 182                   | 110       | 4.56                              | 20.49                     | 0.63            | 35.1            | 1.228                    |
| 3    | 200                   | 182                   | 118.6     | 6.34                              | 20.43                     | 0.69            | 41              | 1.402                    |
| 4    | 200                   | 182                   | 103.5     | 8.1                               | 20.36                     | 0.74            | 46.2            | 1.538                    |
| 5    | 200                   | 182                   | 102.6     | 10.34                             | 21.71                     | 0.82            | 55.7            | 1.877                    |
| 6    | 200                   | 182                   | 96.3      | 12.64                             | 17.56                     | 0.73            | 59.5            | 1.42                     |
| 7    | 250                   | 227                   | 99.1      | 13.26                             | 31.77                     | 0.75            | 45.4            | 1.466                    |
| 8    | 250                   | 227                   | 101.2     | 13.52                             | 31.44                     | 0.75            | 46              | 1.452                    |
| 9    | 250                   | 227                   | 100.2     | 13.78                             | 31.59                     | 0.75            | 48.8            | 1.474                    |
| 10   | 250                   | 227                   | 98.5      | 16.74                             | 31.86                     | 0.8             | 54.5            | 1.61                     |
| 11   | 250                   | 227                   | 88.4      | 20.04                             | 31.78                     | 0.83            | 60.3            | 1.71                     |
| 12   | 250                   | 227                   | 23.9      | 23.34                             | 32.36                     | 0.87            | 63.9            | 1.853                    |
| 13   | 250                   | 227                   | 64.1      | 26.94                             | 35.79                     | 0.97            | 66.8            | 2.296                    |
| 14   | 300                   | 284                   | 114.1     | 29.22                             | 49.81                     | 0.82            | 56.2            | 1.551                    |
| 15   | 300                   | 284                   | 49.9      | 30.48                             | 48.61                     | 0.81            | 56              | 1.512                    |
| 16   | 300                   | 284                   | 88        | 36.17                             | 62.37                     | 1.02            | 61.7            | 2.422                    |
| 17   | 375                   | 327                   | 47.5      | 42.77                             | 64.89                     | 0.83            | 60.9            | 1.488                    |
| 18   | 375                   | 327                   | 95.2      | 45.96                             | 64.86                     | 0.84            | 65.1            | 1.522                    |
| 19   | 375                   | 327                   | 89.9      | 48.37                             | 60.16                     | 0.8             | 68.1            | 1.359                    |
| 20   | 375                   | 327                   | 66.4      | 51.96                             | 64.36                     | 0.85            | 68.8            | 1.557                    |
| 21   | 375                   | 327                   | 56.2      | 53.37                             | 63.29                     | 0.84            | 65.7            | 1.522                    |
| 22   | 375                   | 327                   | 66.5      | 54.78                             | 77.57                     | 1               | 70.2            | 2.174                    |
| 23   | 400                   | 362                   | 56.6      | 63.51                             | 77.98                     | 0.84            | 72.6            | 1.474                    |
| 24   | 400                   | 362                   | 57.4      | 70.17                             | 77.48                     | 0.85            | 74.6            | 1.491                    |
| 25   | 400                   | 362                   | 55.3      | 73.1                              | 78.89                     | 0.87            | 73.2            | 1.552                    |
| 26   | 450                   | 407                   | 57.4      | 77.15                             | 105.89                    | 0.89            | 64.7            | 1.585                    |
| 27   | 450                   | 407                   | 61.5      | 80.08                             | 108.51                    | 0.91            | 67.7            | 1.671                    |
| 28   | 450                   | 407                   | 74.4      | 85.88                             | 103.98                    | 0.89            | 70.5            | 1.583                    |
| 29   | 450                   | 407                   | 73.2      | 88.81                             | 104.77                    | 0.9             | 71.8            | 1.618                    |
| 30   | 450                   | 407                   | 55.6      | 91.74                             | 107.6                     | 0.93            | 73.5            | 1.709                    |
| 31   | 450                   | 407                   | 57.4      | 94.67                             | 105.82                    | 0.92            | 75.1            | 1.67                     |
| 32   | 450                   | 407                   | 56.6      | 97.6                              | 106.56                    | 0.93            | 75.8            | 1.701                    |
| 33   | 450                   | 407                   | 54.8      | 100.53                            | 108.29                    | 0.95            | 75.8            | 1.76                     |
| 34   | 500                   | 452                   | 58        | 103.46                            | 139.35                    | 0.95            | 70.8            | 1.752                    |
| 35   | 500                   | 452                   | 109       | 106.37                            | 119.12                    | 0.84            | 73.4            | 1.343                    |
| 36   | 500                   | 452                   | 100.3     | 111.07                            | 129.73                    | 0.91            | 75.2            | 1.578                    |
| 37   | 500                   | 452                   | 101.5     | 112.05                            | 117.71                    | 0.83            | 76.8            | 1.325                    |
| 38   | 500                   | 452                   | 100.8     | 115.68                            | 118.15                    | 0.84            | 73.3            | 1.337                    |
| 39   | 500                   | 452                   | 101.5     | 119.25                            | 139.26                    | 0.98            | 61.7            | 1.819                    |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.12 Perfil hidráulico de la propuesta con caudales del año 2042



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.3.4. Análisis y evaluación de resultados.

Se adjunta en el **Anexo 7** el reporte de la simulación extraída del programa con caudales actuales 2042. Los parámetros de análisis y evaluación desde el punto de vista hidráulico a los cuales se evalúa el sistema son los siguientes:

##### 4.3.4.1. Velocidad mínima permisible.

En la tabla 4.16 se muestra los datos comparativos de velocidades que resultaron del programa con los resultados recomendados por la literatura técnica.

Tabla 4.16 Evaluación del criterio de velocidades obtenidas del programa SewerCAD

| AUTORES                                   | Velocidad mínima recomendable (m/s) | Rango de velocidades m/s | Evaluación |
|---|-------------------------------------|--------------------------|------------|
| George Waring Jr. (1879(OPS CEPIS, 2005)) | 0.45 o 0.5                          | 0.60 -1.02               | ok         |
| Macedo (1962)                             | 0.6                                 |                          | ok         |
| Metcalf y Eddy (1995)                     | 0.3                                 |                          | ok         |
| Azevedo Netto (1992)                      | 0.45 o 0.50                         |                          | ok         |
| López Ricardo (2003)                      | 0.45                                |                          | ok         |
| Senagua (2005)                            | 0.45 o 0.6                          |                          | ok         |

Fuente: Núñez 2017

En base a los resultados y su evaluación se puede comentar que la red cumple con los requerimientos mínimos de velocidades.

##### 4.3.4.2. Velocidad máxima permisible.

Ninguna velocidad excede de 5 m/s por la tanto se define que este criterio lo cumple la red existente.

##### 4.3.4.3. Esfuerzo cortante.

En la evaluación realizada al esfuerzo cortante podemos definir que se cumple con lo establecido en la literatura técnica a excepción del criterio de Mara, sin

embargo, como es un rediseño y se quiere utilizar la mayor parte del sistema existente se considera como aceptables los resultados apoyados en los demás criterios.

Tabla 4.17 Evaluación del esfuerzo cortante obtenidas del programa SewerCAD

| Tramos                   | AUTORES              | Esfuerzo cortante mínimo recomendable (Pascal) | Rango de esfuerzo cortante (Pascal) Tabla 4.9 | Evaluación |
|--------------------------|----------------------|--|---|------------|
| Tramos iniciales (1-5)   | OPS/CEPIS (2005)     | 0.6  | 0.9 -1.88                                     | ok         |
| Tramos del 5 en adelante | OPS/CEPIS (2005)     | 1  | 1.42 -2.42                                    | ok         |
|                          | Mara (2000)          | 1 o 1.5  |   | ok         |
|                          | López Ricardo (2003) | 1.2  |   | ok         |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.3.4.4. Tirante de agua.

La literatura técnica y la normativa recomiendan que la tubería no debe trabajar llena para evitar presiones y acumulación de gases nocivos para el ser humano, la evaluación de este criterio cumple en la medida de H/D.

Tabla 4.18 Evaluación del tirante de agua obtenidas del programa SewerCAD

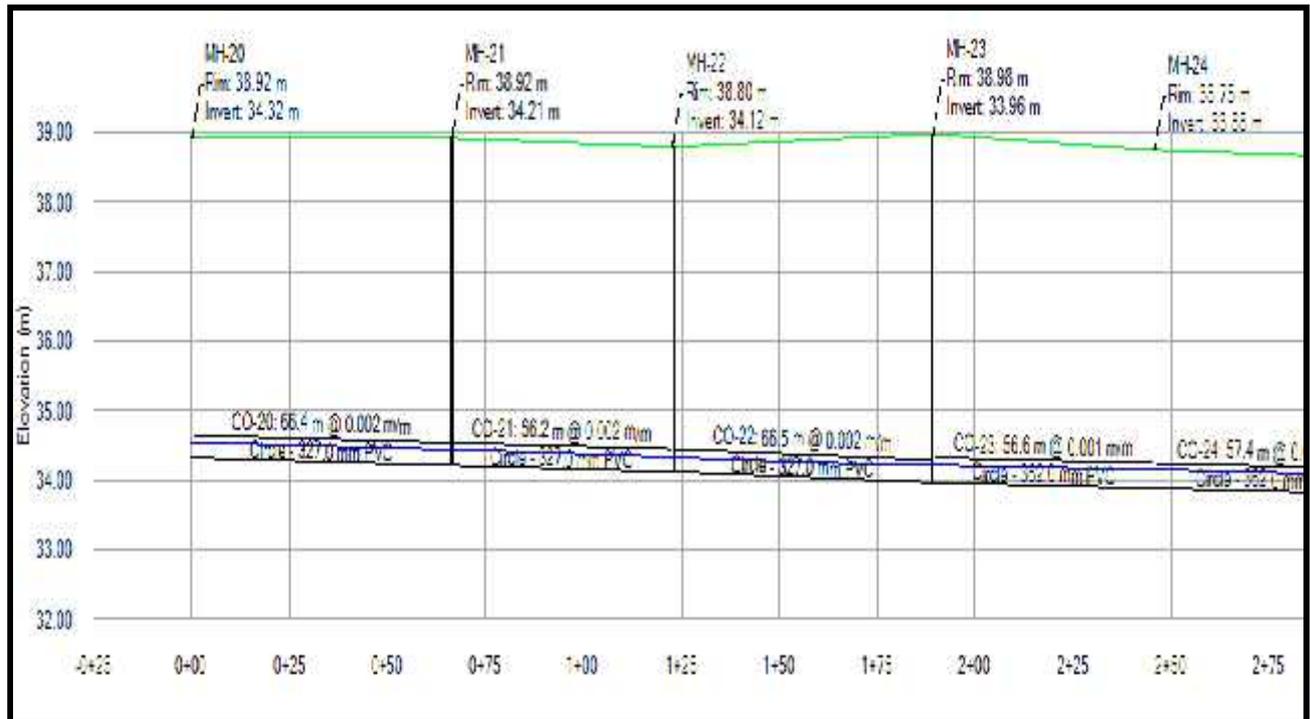
| AUTORES          | H/D mínimo recomendable (%) | H/D máximo recomendable (%) | Rango H/D mínimo (%) Tabla 4.9 | Evaluación |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|
| OPS/CEPIS (2005) | 20                          | 80                          | 27 -77                         | ok         |
| Macedo (1962)    | ...                         | 85                          |                                | ok         |
| Senagua (2005)   | ...                         | Tubería no funcione llena   |                                | ok         |

Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

#### 4.3.4.5. Capacidad hidráulica.

En la Ilustración 4.12 y en los planos **ALC-15 hasta el 23** se puede observar que el flujo tiene buena capacidad hidráulica, como se puede apreciar en las imágenes siguientes de los tramos con problemas del análisis anterior.

Ilustración 4.13 Perfiles de tuberías Manhole 20 hasta 24

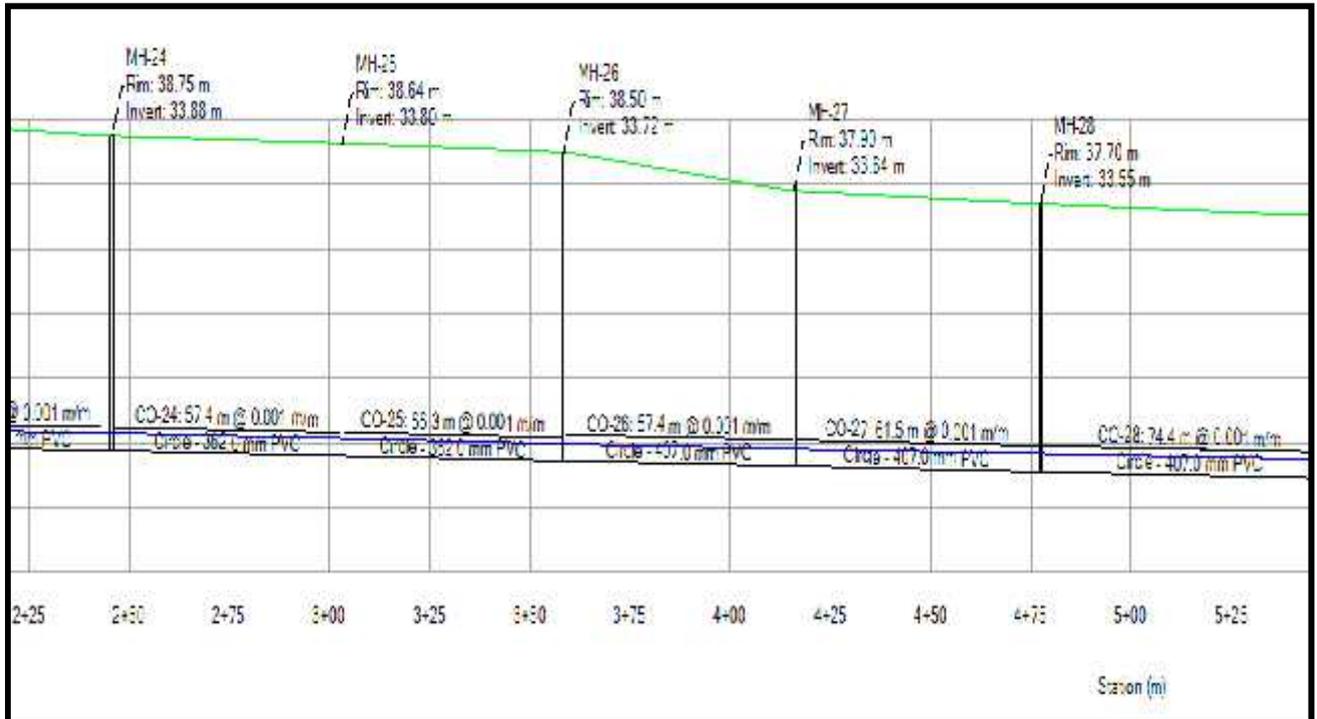


Fuente: Núñez 2017

Elaboración: Núñez 2017

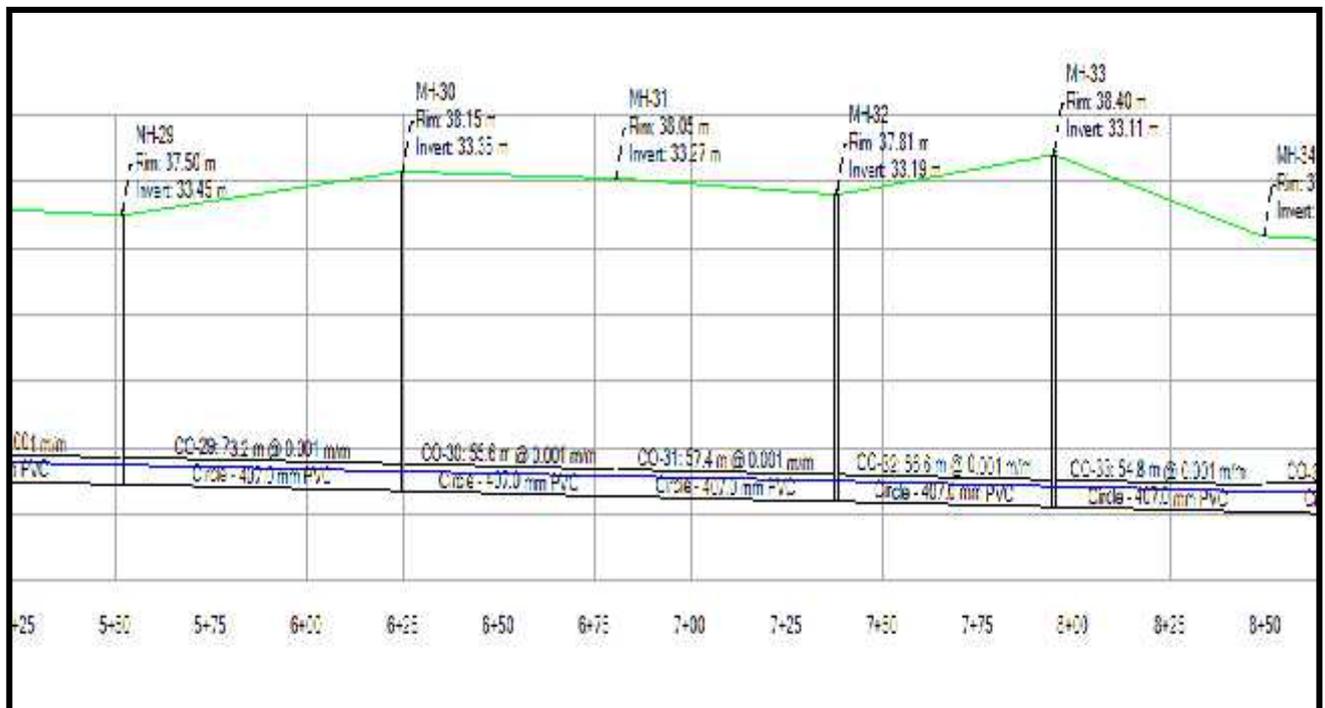
Ilustración 4.14 Perfiles de tuberías Manhole 24 hasta 28

Fuente: Núñez 2017



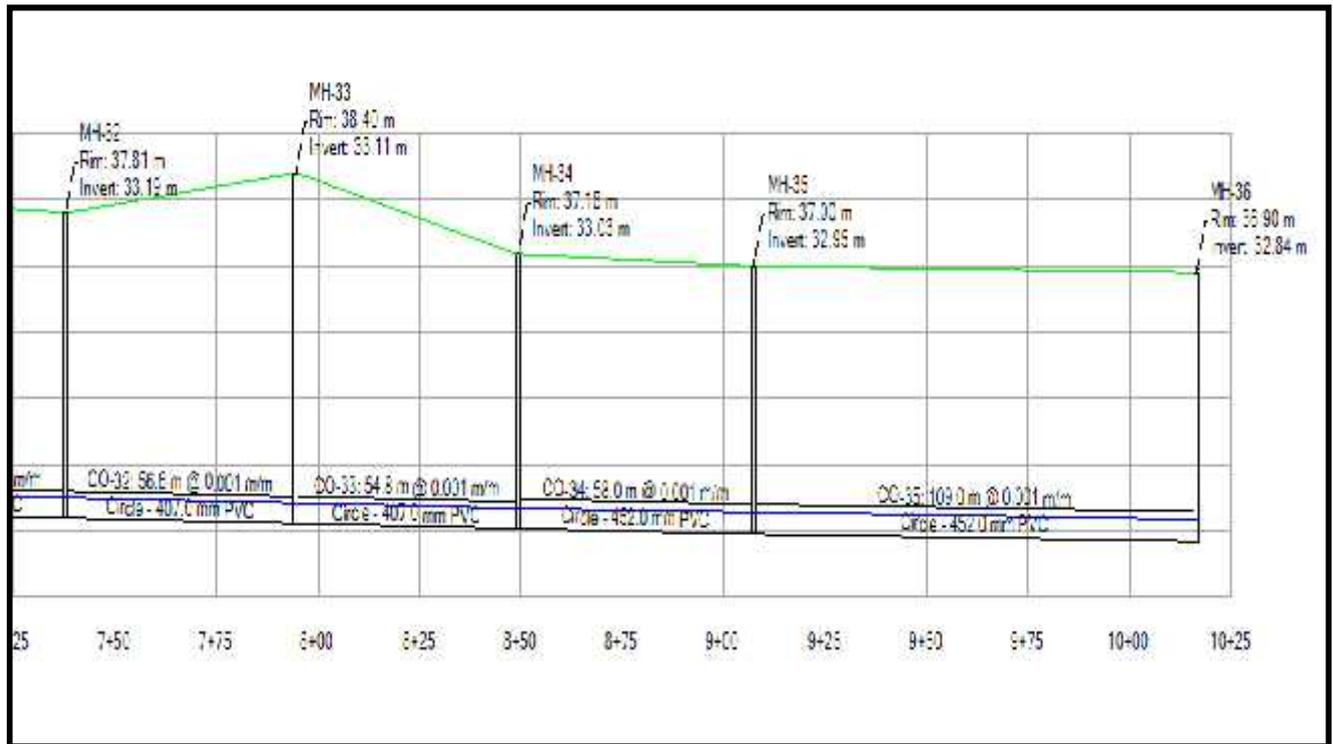
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.15 Perfiles de tuberías Manhole 29 hasta 33



Fuente: Núñez 2017  
Elaboración: Núñez 2017

Ilustración 4.16 Perfiles de tuberías Manhole 33 hasta 36



Fuente: Núñez 2017

Elaboración: Núñez 2017

#### 4.3.5. Comentarios

En base a la evaluación realizada de los resultados del programa la red principal de la Zona Urbana del Cantón Marcelino Maridueña con el rediseño cumple con los parámetros que lo exige la literatura técnica, las buenas prácticas de ingeniería y la normativa actual de País.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La Zona Urbana del Cantón Marcelino Maridueña cuenta con un sistema de recolección y transporte cuya red principal que nace en el barrio Brasilia y recorre tres kilómetros hasta llegar al barrio los Parques II. Mediante la modelación, simulación y diagnóstico en el Software SewerCAD se determinó que el actual sistema no satisface la demanda proyectada de caudales a cual fue sujeto en su evaluación, pese a que en el diagnóstico de velocidades mínimas, máximas, fuerza tractiva (propiedad de auto limpieza) tiene buenos resultados que se puede definir como óptimos; la capacidad de tuberías y el criterio del tirante de agua permitía ver que las tuberías desde la numero 22 hasta la 36 trabajaban a tubo lleno y algunas de estas sin el debido flujo que recomienda la literatura técnica, las buenas prácticas de ingeniería y la normativa vigente (SENAGUA, 2005). Actualmente el sistema pudiese funcionar con normalidad sin embargo en el evento desfavorable (temporada invernal) es probable que se reflejen trabajos de operación y mantenimiento frecuentes, reboces de agua residual en los pozos de revisión, posible contaminación, generando así un problema sanitario considerable.

En base a las proyecciones con la ayuda de los métodos aritméticos, geométricos, logarítmicas y de wappus; y apoyados en la información censal del INEC de los años 2001 y 2010. Se logró concluir que el número de beneficiarios que utilizan el sistema en el presente año son 7524, a su vez para el periodo de evaluación que abarca la propuesta de mejora existirán como beneficiarios 8931

habitantes. Estas proyecciones influyen directamente en el cálculo de caudales dato fundamental en el ingreso de parámetros para la utilización del programa.

La utilización del programa SewerCAD ofrece una amplia gama de beneficios que permite determinar de forma práctica y en corto tiempo los posibles problemas que pueden presentarse en eventos desfavorables, mediante su cómputo y cálculo es posible evaluar velocidades máximas, mínimas, propiedad de auto limpieza, capacidad hidráulica, tirantes de agua mínimos, máximos, perfiles de flujo, pendientes, terreno natural, cámaras, entre otros; para poder comparar con los estándares de calidad que aseguren una óptima funcionalidad de sus estructuras.

La propuesta de mejora que el sistema requiere sujeto a una proyección de utilidad de 25 años (2042) implica realizar el cambio de las tuberías existentes con numeración 26 hasta la 33 que tenían diámetros de 400 mm por una de diámetro mayor equivalente a 450 mm, y la tubería número 32 de 400 mm a una de 500 mm, como se puede apreciar en los planos ALC-15 hasta el ALC-23.

El presente análisis se realizó en base a proyecciones y con interpretaciones teóricas que la literatura técnica recomienda, tal es el caso de las dotaciones, proyecciones de población, aportaciones de caudal institucional y comercial. En términos generales sin mediciones reales que fuesen las más representativas y exactas ya que en el actual estudio no cuenta con el tiempo necesario (mediciones de caudal en época seca e invernal, censo total de la población) ni se tiene el presupuesto necesario (verificación del estado físico con equipos de control a tuberías). Esto implica a no tener resultados reales y confiables a la hora de determinar la ejecución de las propuestas de mejora, sin embargo, las labores

de operación y mantenimiento frecuente es un síntoma que el sistema requiere cambios.

## **5.2. Recomendaciones**

Es recomendable que cada Municipalidad del País cuente con sistemas de computarizado, tal es el caso de SewerCAD, que optimicen de manera eficiente el tiempo y los recursos necesarios para la toma de decisiones precisas, disminuyendo así posibles problemas sociales, ambientales y económicos de forma rápida y eficaz, esta recomendación no solo es para sistemas de alcantarillado. A nivel mundial la tecnología tiene una amplia gama de soluciones, a través de programas en el campo de la ingeniería ya sea para ámbitos sanitarios, estructurales, viales, entre otros.

Es recomendable que las Municipalidades trabajen con programas de mediciones amplias (época seca e invernal) de caudales tanto en sistemas de agua potable como plantas de tratamiento, captaciones superficiales (ríos), subterráneas (pozos); sistemas de agua residual como estaciones de bombeo, ingreso y salida de sistemas de tratamiento, para que las consultorías y trabajos de ingeniería en general puedan disponer de datos reales-precisos a la hora de diagnosticar, evaluar para dar soluciones de mejor y eficaz manera.

A nivel Nacional se debe verificar el tema de dotaciones ya que en muchas ocasiones pueden sobredimensionar los sistemas esto reflejaría costos elevados que los usuarios tendrían a contribuir tanto como en la inversión inicial como en gastos operativos y de mantenimiento.

Muchas universidades del País implementan softwares y herramientas electrónicas con la finalidad de contribuir con el desarrollo profesional e íntegro de sus estudiantes, es recomendable que la información impartida en clase se la pueda desarrollar con este tipo de herramientas para fortalecer las competencias que el ámbito laboral lo exige.

### **5.3. Rereferencias bibliográficas**

Alarcón Barrera, A. R. (2008). Uso y aplicación del Software SewerCAD en el diseño de una red de alcantarillado en la localidad de Salpo-Otuzco La Libertad. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Retrieved from [orreo.acuatecniac Ecuador.com/](http://orreo.acuatecniac Ecuador.com/)

Aldaz Castro, J. C. (2011). DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE 4 LOTIZACIONES UNIDAS (VARIOS PROPIETARIOS), DEL CANTÓN EL CARMEN.

Azevedo Netto, J. (1992). Criterios para el diseño de alcantarillado Azevedo Netto.pdf. In Tecnologías innovadoras de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado (p. 11). Retrieved from [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/Enacal/Enacal0021/cap06.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/Enacal/Enacal0021/cap06.pdf)

Barzola, J., Espinoza, M., & Cabrera, F. (2016). Analysis of Hybrid Solar / Wind / Diesel Renewable Energy System for off-grid Rural Electrification. *Internacional Journal of Renewable Energy Research*, 6(3), 1146–1152.

Bentley, P. D. (2014). SewerCAD At-A-Glance, 2. Retrieved from <http://intercadsys.com/uploads/brochure/SewerCAD.pdf>

Bentley Systems. (2010). Construcción de una red sanitaria a gravedad mediante SewerCAD.

Conagua. (2009). Alcantarillado y sanitario. Manual de Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento, 1–123. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGA/PDS-29.pdf>

Doroteo Calderon, F. R. (2017). Diseño del sistema de agua potable , conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “ Los Pollitos ” Ica , usando los programas Watercad y Sewercad, 218.

INEC AME. (2001). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. ECUADOR.

López Cualla, R. A. (2003). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Colombia.

OPS-OMS-BVSDE. (2015). Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml>

OPS CEPIS, U. (2005). Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado, 73. <https://doi.org/OPS/CEPIS/05.169>

Organización Mundial de la Salud, O. (2017). Prevalence of tick infestation in different breeds of cattle in balochistan. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3), 797–802. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ospina Botero, D. (1981). Modelos matemáticos elementales en proyecciones de

población (pp. 77–87).

PDOT, & Gad Marcelino Maridueña. Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Marcelino Maridueña (2014). ECUADOR. Retrieved from [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/PDYOT DIAGNOSTICO M MARIDUEÑA\\_15-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/PDYOT DIAGNOSTICO M MARIDUEÑA_15-11-2014.pdf)

Rodriguez Anzola, M. L., & Rodriguez Duarte, J. F. (2014). MODELACIÓN Y EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE CHOCONTÁ- CUNDINAMARCA, MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE EPA SWMM. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

Rosell Campos, F. (2009). Historia del alcantarillado. Retrieved from [http://www.aguasdevalladolid.com/DOC/3\\_3\\_historia\\_alcantarillado.pdf](http://www.aguasdevalladolid.com/DOC/3_3_historia_alcantarillado.pdf)

Rossmann, L. A. (2004). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, (November), 245. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/05ba/f15633bc5274e809427ddc24e3dca2521d1b.pdf>

SENAGUA, C. E. D. L. C. (2005). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. ECUADOR.

Studioars - Autodesk, U. (2015). Diseño, cálculo y análisis de sistemas de tuberías HYDRA, 24. Retrieved from [http://www.studioars.com/upload/pdf/Urbano9\\_ESP.pdf](http://www.studioars.com/upload/pdf/Urbano9_ESP.pdf)

Tercero Talavera, S. (2010). USO DEL CRITERIO DE LA FUERZA TRACTIVA EN EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN NICARAGUA. Se Hace Una Revisión Histórica Del Uso Del Criterio de La Fuerza Tractiva En El Diseño de Las Redes de Alcantarillado Sanitario de Nicaragua, Comparando Las Guías Técnicas de Diseño Publicadas Por INAA En El Año 2004 Y La Norma NBR 9649 Publicada Por ABNT. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/254949252/ucftdasn>

Waring Jr, G. (1879). alcantarillado y desague de tierras.pdf. In Alcantarillado y desague de tierras (p. 11). Tennessee. Retrieved from <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc11118/doc11118-2a.pdf>



Universidad de Guayaquil  
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas  
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION  
Telf: 2283348

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

OFC. RECIBIDO 29-1-2018

HORA: 16h.00

Certificado Ojo. No.

*Jhonny Núñez*  
FIRMA

ANEXO 12

Guayaquil, 22 de Enero del 2018

### LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, JHONNY MIGUEL NÚÑEZ RIVADENEIRA con C.I. N. 230006772-1 certifico que los comentarios desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "MODELACIÓN, DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CRNL. MARCELINO MARIDUEÑA, MEDIANTE EL SOFTWARE DE ANÁLISIS DE DISEÑO SEWERCAD" son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga el uso del mismo, como fuera pertinente.

Atentamente,

Sr. Jhonny Núñez  
C.I. N. 230006772-1

CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial N. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 UNIDAD DE TITULACION

ANEXO 10

Presidencia  
de la República  
del EcuadorPlan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y SaberesSENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia,  
Tecnología e Innovación**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA****FICHA DE REGISTRO DE TESIS / TRABAJO DE GRADUACIÓN**

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>TITULO Y SUBTITULO :</b>                    | MODELACIÓN, DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CRNL. MARCELINO MARIDUEÑA, MEDIANTE EL SOFTWARE DE ANÁLISIS DE DISEÑO SEWERCAD  |   |  |
| <b>AUTOR(ES):</b>                              | Núñez Rivadeneira Jhonny Miguel   |   |  |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES):</b>                  | Ing. Julio Barzola Monteses, M. Sc.<br>Ing. Andres Rivera Benítez, M. Sc.   |   |  |
| <b>INSTITUCION :</b>                           | Universidad de Guayaquil  |   |  |
| <b>UNIDAD/FACULTAD :</b>                       | Facultad De Ciencias Matemáticas y físicas  |   |  |
| <b>MAESTRIA/ESPECIALIDAD :</b>                 |   |   |  |
| <b>GRADO OBTENIDO :</b>                        |   |   |  |
| <b>FECHA DE PUBLICACION :</b>                  | 2018  | <b>NUMERO DE PAGINAS</b>                  | 80   |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS :</b>                       | Sanitaria<br>Evaluación de alcantarillado con SewerCAD  |   |  |
| <b>PALABRAS CLAVES /KEYWORKDS:</b>             | Modelación - Capacidad hidráulica - Sistema de alcantarillado - SewerCAD  |   |  |
| <b>RESUMEN /ABSTRACT (150-250 ) PALABRAS :</b> | <p>El presente proyecto de grado determina la evaluación de la red principal del sistema de alcantarillado de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña, mediante el software SewerCAD. Con la investigación de campo y laboratorio se establecen las bases técnicas de análisis, para el ingreso en el programa.</p> <p>La simulación es realizada al sistema existente y los resultados obtenidos permiten concluir que la actual red no tiene la capacidad hidráulica que recomienda la normativa vigente, generado posible contaminación sanitaria en eventos desfavorables.</p> <p>La propuesta de mejora del actual sistema es considerada para servir a la población futura con un horizonte de 25 años, los trabajos a ejecutarse son el cambio de 550 metros de tubería que garantiza el óptimo funcionamiento y cumple con los parámetros de calidad y funcionalidad que las buenas prácticas de ingeniería lo requieren.</p> |   |  |
| <b>ADJUNTO PDF :</b>                           | <input checked="" type="checkbox"/> SI  | <input type="checkbox"/> NO               |  |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>                  | <b>Teléfono:</b> 0984126099   |   | <b>Email:</b> jhonny_miguel_25@hotmail.com |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN :</b>           | <b>Nombre:</b>  | FACULTAD DE CIENCIA MATEMATICAS Y FISICAS |  |
|  | <b>Teléfono:</b>  | 2-283348                                  |  |
|  | <b>Email :</b>  |   |  |