



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Rediseño del colector matriz de aall de la calle Jiguas, desde la Av.  
Jorge Maldonado hasta la descarga en el ramal B del estero salado,  
sector Urdesa – Urbanor, en la ciudad de Guayaquil**

**AUTOR:**

**Elizalde Ochoa Julio Gabriel**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Plaza Vera, Fernando Javier PhD.**

**Guayaquil, Ecuador**

**11 de marzo del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por:  
**Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**, como requerimiento para la obtención del título de  
Ingeniero Civil.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Plaza Vera, Fernando Javier PhD.**

### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany, Msc.**

**Guayaquil, al 11 del mes de marzo del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Rediseño del colector matriz de aall de la calle Jiguas, desde la Av. Jorge Maldonado hasta la descarga en el ramal B del estero salado, sector Urdesa – Urbanor, en la ciudad de Guayaquil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, al 11 del mes de marzo del año 2022**

### **EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Rediseño del colector matriz de aall de la calle Jiguas, desde la Av. Jorge Maldonado hasta la descarga en el ramal B del estero salado, sector Urdesa – Urbanor, en la ciudad de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, al 11 del mes de marzo del año 2022**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**

# REPORTE URKUND



## Document Information

Analyzed document	Julio Elizalde Ochoa.docx (D129826491)
Submitted	2022-03-09T05:22:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Saltos_Jorge_FINAL.pdf</b> Document Saltos_Jorge_FINAL.pdf (D129355079) Submitted by: claglas@hotmail.com Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.urkund.com		<b>8</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS - GUALE Y VELIZ.docx</b> Document TESIS - GUALE Y VELIZ.docx (D40873312)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>20190116 Marco Ponce_Geovana Madero.pdf</b> Document 20190116 Marco Ponce_Geovana Madero.pdf (D46869857)		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93404/2015-10-12_consumer_conditions_final_report.pdf">https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93404/2015-10-12_consumer_conditions_final_report.pdf</a> Fetched: 2019-12-10T20:26:20.7930000		<b>1</b>

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Javier Plaza Vera, Fernando PhD.**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a todos las docentes y amigos que me acompañaron durante la carrera. De una forma muy especial a mi tutor por su apoyo durante el proceso de titulación.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a toda mi familia por su apoyo y amor en las buenas y las malas, a mis amigos de la universidad y especialmente a los del colegio.

**Julio Elizalde Ochoa**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany, Msc.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Camacho Monar, Alexandra Msc.**  
COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Glas Cevallos, Clara Msc.**  
OPONENTE



## INDICE

CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA.....	3
1.1    Objetivos .....	3
1.1.1    Objetivo General .....	3
1.1.2    Objetivos Específicos.....	3
1.2    Alcance .....	3
1.3    Descripción del Problema.....	4
1.4    Justificación del Problema.....	5
1.5    Marco Teórico .....	8
1.5.1    Condiciones del área urbana .....	8
1.5.2    Normativas aplicables .....	9
1.5.3    Fundamentación teórica .....	9
1.5.4    Modelación de los sistemas.....	11
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA .....	13
2.1    Levantamiento de información existente del sistema.....	13
2.1.1    Cuenca de Drenaje .....	13
2.1.2    Infraestructura Existente .....	15
2.2    Diseño de sistema de Alcantarillado Pluvial.....	22
2.2.1    Método Racional .....	22
2.2.2    Coeficiente de Escorrentía .....	22
2.2.3    Intensidad de Lluvia.....	23
2.3    Relaciones hidráulicas .....	24
2.3.1    Caudal a tubo lleno.....	24
2.3.2    Velocidad de Manning .....	25
2.3.3    Relación de Calado .....	25
2.3.4    Velocidad de Autolimpieza.....	25
2.4    Modelación de los sistemas.....	26

2.4.1	Configuración general de software .....	27
2.4.2	Configuración de los nodos.....	31
2.4.3	Configuración de las descargas outfall .....	32
2.4.4	Configuración de las tuberías.....	33
2.4.5	Configuración de las cuencas de drenaje .....	34
2.4.6	Ingreso de la serie de tiempo y creación de estación pluviométrica ....	36
2.5	Presupuesto y Análisis de Precios Unitarios. ....	37
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		38
3.1	Rediseño del Colector de la Calle Jiguas .....	38
3.1.1	Discretización de áreas de aporte.....	38
3.1.2	Evaluación hidráulica de las condiciones actuales del sistema.....	40
3.1.3	Definición de trazado de la nueva red.....	43
3.1.4	Pre-dimensionamiento y análisis hidráulico .....	44
3.2	Modelación del sistema .....	45
3.2.1	Nodos .....	46
3.2.2	Tuberías.....	47
3.2.3	Cuencas de aporte .....	48
3.2.4	Condiciones de frontera del modelo .....	49
3.2.5	Resultados de la modelación.....	51
3.2.6	Comparación de caudales máximos.....	57
3.3	Gestión de Obra Civil.....	59
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		60
4.1	Conclusiones. ....	60
4.2	Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA. ....		61
ANEXOS .....		62

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	9
Ilustración 2. Cuencas de drenaje de Aguas Lluvias.....	14
Ilustración 3. Colectores Principales de la Microcuenca de estudio.....	15
Ilustración 4. Sumidero de Reja Simple, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella. ....	16
Ilustración 5. Sumidero de Reja Doble, Calle Jiguas y Av. Victor Emilio Estrada.....	16
Ilustración 6. Sumidero de Ventana, Callejón 1° Pasaje 34.....	17
Ilustración 7. Sumidero sin Reja, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella.....	17
Ilustración 8. Sumidero con Residuos, Calle Jiguas y Bálsamos.....	18
Ilustración 9. Caja de Registro, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella. ....	18
Ilustración 10. Cámara Central, Calle Jiguas y Bálsamos. ....	19
Ilustración 11. Punto de Descarga 1 y 2, Calle Llanes.....	21
Ilustración 12. Punto de Descarga 3, Callejón 1° Pasaje 34. ....	21
Ilustración 13. Ecuaciones de intensidad de la estación M0056 aeropuerto Guayaquil .....	23
Ilustración 14. Modelo conceptual de funcionamiento del software SWMM .....	27
Ilustración 15. Configuración de las etiquetas de los elementos del programa .....	28
Ilustración 16. Configuración preliminar de las cuencas de aporte. ....	29
Ilustración 17. Configuración preliminar de nodos y conductos. ....	30
Ilustración 18. Configuración esquemática de nodo .....	31
Ilustración 19. Esquema de variables a ser ingresadas en el programa. ....	32
Ilustración 20. Configuración de las descargas en el programa.....	33
Ilustración 21. Configuración de conductos en el programa.....	34
Ilustración 22. Definición de ancho de cuenca .....	35
Ilustración 23. Configuración de las propiedades de la cuenca en el programa .....	35
Ilustración 24. Ingreso de la serie de tiempo.....	36
Ilustración 25. Hietograma de diseño lluvia de 2 horas tiempo de retorno 10 años .....	36
Ilustración 26. Creación de las estación pluviométrica y relación con la serie de tiempo.....	37
Ilustración 27. Configuración actual del sistema de aguas lluvias de las calles Ilanes y Jiguas.....	39
Ilustración 28. Área de aporte al colector principal de la calle Ilanes. ....	39
Ilustración 29. Subdivisión de áreas de aporte de las calles Jiguas e Ilanes .....	40

Ilustración 30. Configuración del colector principal de AALL en la calle Llanes. ....	41
Ilustración 31. Definición del nuevo trazado del colector de soporte en la calle Jiguas.....	44
Ilustración 32. Digitalización del sistema .....	46
Ilustración 33. Márgenes de error en la simulación del modelo. ....	51
Ilustración 34. Inicio de la simulación con efecto de marea .....	52
Ilustración 35. Inicio de la lluvia en la simulación .....	53
Ilustración 36. Condición crítica precipitación máxima y pleamar .....	54
Ilustración 37. Final de lluvia en la modelación .....	55
Ilustración 38. Mapa de velocidades en condiciones de pleamar y precipitación máxima.....	56

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía típicos.....	22
Tabla 2. Frecuencias para tuberías de alcantarillado pluvial .....	24
Tabla 3. Configuración del colector principal de AALL en la calle Llanes. ....	41
Tabla 4. Cálculo de caudales de diseño del sistema actual .....	42
Tabla 5. Resultados del análisis hidráulico realizado para el colector de AALL de la calle Ilanes.....	42
Tabla 6. Resultados del pre-dimensionamiento del sistema .....	45
Tabla 7. Parámetros a ingresar en los nodos del modelo .....	46
Tabla 8. Parámetros a ingresar en los conductos del modelo .....	47
Tabla 9. Parámetros a ingresar en los conductos del modelo .....	48
Tabla 10. Condiciones de marea del estero salado .....	49
Tabla 11. Resumen de caudales máximos de la modelación actualmente en Ilanes.....	57
Tabla 12. Resumen de caudales máximos de la modelación en Ilanes, pero con el nuevo colector que pasa por Jiguas.....	58

## **RESUMEN**

El sector de Urdesa es una zona sensible y crítica en relación con sus sistemas de alcantarillado pluvial. Los sistemas fueron construidos entre los años 70 y 80, con otras condiciones de escurrimiento y de descarga. Uno de los principales problemas del drenaje en este sector es que existen dos áreas o subcuencas con características fisiográficas claramente diferenciadas. Las precipitaciones con periodos de retorno mayores a 5 años, sumados al efecto de la marea por el estero salado, provocan inundaciones continuas que afectan a la población residencial de esa zona. El presente trabajo de titulación propone un rediseño de un colector a lo largo de la calle Jiguas, paralelo a Ilanes, con el objetivo de aliviar el caudal que pasa a través del colector principal y de esta forma poder mitigar el efecto de inundaciones. Dentro de las consideraciones de diseño, se encuentra el efecto de la marea con una tormenta de periodo de retorno de 10 años.

**Palabras Claves: Alcantarillado, Pluvial, Diseño, Rediseño, Urdesa, Habitantes, SWMM.**

## **ABSTRACT**

The Urdesa sector is a sensitive and critical area in relation to its storm sewer systems. The systems were built between the 70s and 80s, with different runoff and discharge conditions. One of the main drainage problems in this sector is that there are two areas or sub-basins with clearly differentiated physiographic characteristics. Precipitation with return periods greater than 5 years, added to the effect of the tide by the salty estuary, cause continuous flooding that affects the residential population of that area. This titling work proposes a redesign of a collector along Jiguas street, parallel to Ilanes, with the aim of alleviating the flow that passes through the main collector and thus being able to mitigate the effect of flooding. Within the design considerations, there is the effect of the tide with a storm with a return period of 10 years.

**Keywords: Sewerage, Pluvial, Design, Redesign, Urdesa, Habitants, SWMM.**

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, ha sido frecuente el problema de las constantes inundaciones sufridas en el sector de Urdesa ubicado en la ciudad de Guayaquil, principalmente en la zona limitada por las calles Costanera e Higuera (sentido perpendicular al drenaje natural) y avenida Las Aguas hasta el estero Salado (sentido paralelo al drenaje natural).

Uno de los principales problemas del drenaje en este sector es que existen dos áreas o subcuencas con características fisiográficas claramente diferenciadas. La cuenca alta, que comprende el sector de Lomas de Urdesa y Urdenor, tiene un rango de elevaciones de más de 30 metros, con pendientes de terreno altas. La cuenca baja, que comprende el sector de Urdesa, tiene un rango de elevaciones menores de 5 metros, con pendientes de terreno bajas. Esto hace que, durante eventos de lluvia, la capacidad de retención inicial e infiltración de la cuenca alta sea baja, por consiguiente, su escurrimiento superficial es alto y con bajo tiempo de concentración, lo que hace que el agua escurra y se acumule rápidamente en la cuenca baja, la cual tiene un potencial de retención alto y un potencial de escurrimiento lento. Otro problema conocido es la descarga al estero Salado, controlada por el régimen de mareas del Golfo de Guayaquil.

Estos problemas han sido ampliamente evidenciados y documentados (medios de comunicación, autoridades, ciudadanía, etc.). Se necesita, por lo tanto, plantear una solución para la repotenciación del sistema matriz existente de alcantarillado pluvial.



## **CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA**

### **1.1 Objetivos**

#### ***1.1.1 Objetivo General***

- Realizar un rediseño del sistema de alcantarillado pluvial de una cuenca de drenaje de 63 ha del sector Urdesa - Urdenor, cuyo colector matriz se encuentra a lo largo de la calle Jiguas.

#### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Descripción del sistema existente de AALL dentro de la cuenca de estudio.
- Modelación hidráulica del sistema existente de AALL para las condiciones actuales.
- Diagnóstico sobre el funcionamiento hidráulico del sistema existente.
- Modelación hidráulica y diseño del sistema matriz de AALL para varias frecuencias (aplicables a un drenaje urbano).
- Cuantificar la mejora en el sistema de drenaje (por ejemplo, reducción de los volúmenes de inundación), comparando el escenario actual contra el diseño propuesto.

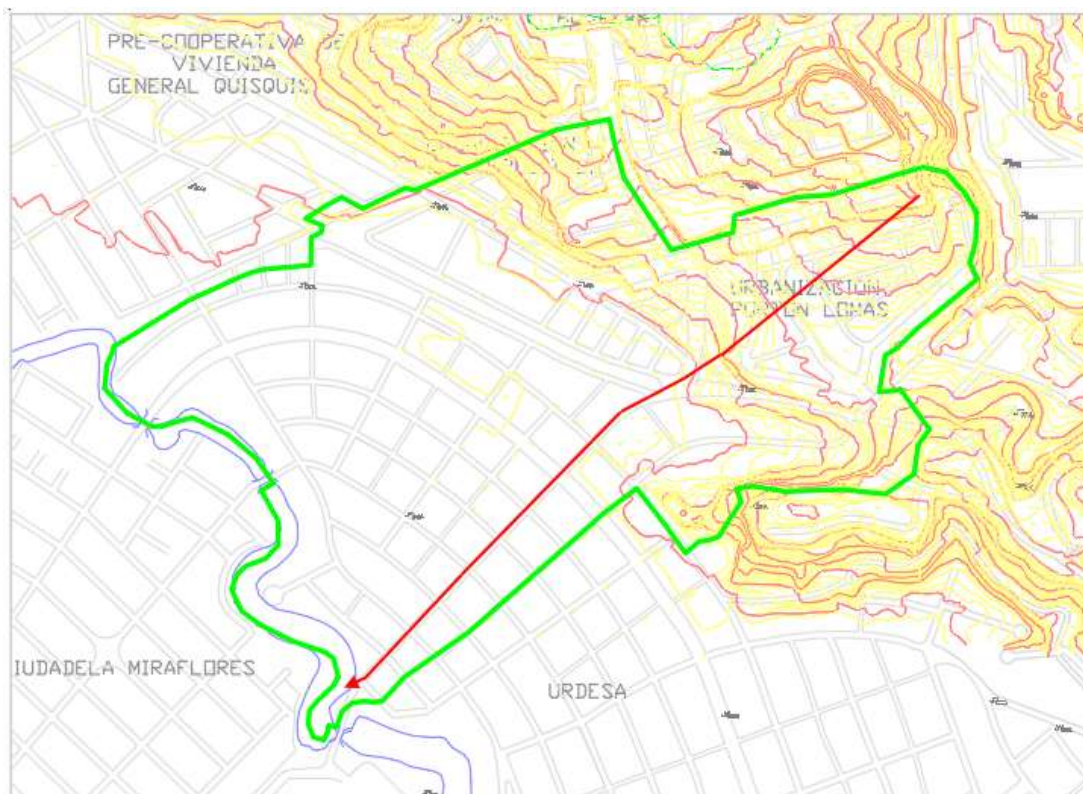
### **1.2 Alcance**

Dentro del presente estudio, se recopilará información de instituciones públicas y privadas (Interagua, INAMHI, Municipio de Guayaquil, IGM, INEC, etc.) que permitan establecer una línea base sobre la cual se desarrollarán los objetivos propuestos. Posteriormente, se seleccionarán los criterios de análisis y diseño, aplicables a la zona de estudio. Luego, se realizará la modelación hidráulica del sistema existente. Una vez obtenido el diagnóstico del sistema existente, se propondrá un mejoramiento del sistema matriz de AALL.

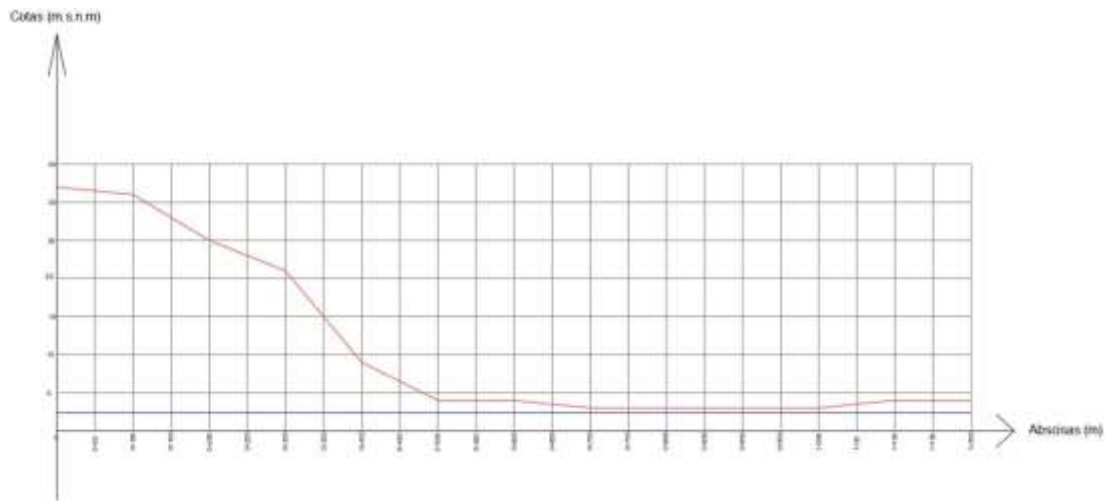
Adicional al análisis hidrológico-hidráulico, se realizará una evaluación ambiental general y se determinarán los posibles impactos ambientales a generarse.

### 1.3 Descripción del Problema

Este inconveniente se da anualmente en la época de invierno ya que el sector tiene varios problemas para poder drenar estas aguas ya que en la cuenca alta que se encuentra a 32 m.s.n.m genera una gran escorrentía superficial y se traslada hacia la cuenca baja donde toda el agua se acumula ya que está a una cota promedio de 4 m.s.n.m, a esto sumando el tema de la marea que se encuentra a 2.38m y está cerca del estero salado como se puede ver en la Ilustración 1 y 2, es lo que provoca los problemas de inundación en esta zona cuando llueve y también la falta de estructuras de drenaje.



**Ilustración 1. Vista en planta del perfil longitudinal (línea roja), junto a la cuenca de drenaje (perímetro verde) y las curvas de nivel.**



**Ilustración 2. Perfil longitudinal (línea roja) y nivel de marea máxima (línea azul)**

#### **1.4 Justificación del Problema**

La presente propuesta de estudio permitirá el planteamiento de una solución técnica que pretende mejorar el funcionamiento del sistema de drenaje existente de un área importante de más de 60 ha dentro de la ciudad de Guayaquil. Esta zona se encuentra identificada como un sitio crítico para el drenaje pluvial, dada la infraestructura antigua que existe y la topografía desfavorable. En resumen, la presente propuesta representa un aporte importante para la mitigación de los riesgos de inundación en la ciudad.

#### **1.5 Evaluación Ambiental e Impactos Ambientales**

Se determinaron los posibles impactos de importancia para el medioambiente al medio físico, biótico y humano, mismos que pueden ser positivos o negativos, es decir, en beneficio o detrimento de la calidad ambiental, y son producto de las actividades de las obras previstas en el proyecto.

#### **Actividades previstas para la ejecución del proyecto y sus impactos.**

##### **Fase Constructiva**

Las principales actividades durante la fase de construcción serán las siguientes, agrupadas de acuerdo al tipo y de manera secuencial:

- Desbroce, desbosque y limpieza

- Instalación y operación de campamentos
- Remoción de estructuras existentes (hormigón, postes y escombros) de hormigón y árboles
- Operación de maquinaria pesada (equipo caminero)
- Transporte de materiales pétreos y áridos
- Excavación y relleno en terreno natural
- Colocación de material de estructura del pavimento, material de mejoramiento, Sub-Base Clase 3, Base Clase 1.
- Transporte de base y mezcla asfáltica
- Colocación de capa de rodadura de hormigón asfáltico
- Colocación de tuberías de diferentes diámetros PVC
- Colocación de tuberías de diferentes diámetros de hormigón armado
- Construcción de obras de arte menor: cunetas, alcantarillas, drenajes, sumideros
- Construcción de obras eléctricas, reubicación y colocación de postes, tendido eléctrico
- Colocación de señalización vertical y horizontal en vías
- Colocación de baterías sanitarias
- Instalación y operación de sitios de acopio, procesamiento y distribución de áridos y mezcla asfáltica.
- Construcción de áreas verdes
- Contratación de mano de obra (personal)

### **Fase de Operación:**

Como resultado de la operación del proyecto del estudio se tendrán las siguientes “actividades” o grupos de actividades.

- Incremento de tráfico vehicular
- Incremento de la velocidad de los vehículos automotores
- Mantenimiento de señalización (horizontal y vertical)
- Mantenimiento y limpieza de sistemas de drenaje
- Mantenimiento de capa de rodadura (hormigón asfáltico, hormigón de cemento Portland)
- Incremento de caudales de descarga y niveles de agua en los cuerpos receptores (Estero Salado)

## **Impactos negativos**

**Olor:** Se prevén impactos negativos medios y bajos, ya en la etapa de operación y mantenimiento, asociadas con el incremento del tráfico y sus potenciales emisiones, así como con el incremento del caudal en el Estero Salado, ubicado dentro del proyecto y de trabajos de mantenimiento en el mismo y demás componentes del sistema de drenaje.

**Relieve:** Se producirán impactos negativos durante la etapa de construcción debido a cortes y rellenos para el diseño geométrico horizontal y vertical de las vías e instalación de tuberías, además de la posible construcción de escombreras.

**Drenajes:** Se producirán impactos principalmente positivos durante la etapa de construcción del proyecto, de magnitud e importancia media, producto de las modificaciones en el terreno e instalación de tuberías parte del alcantarillado pluvial que se ha diseñado. Durante la etapa de operación y mantenimiento, se registra un impacto positivo que es el mantenimiento del sistema de drenaje y negativo el incremento de caudales.

**Residuos Sólidos:** Se producirán impactos negativos durante la etapa de construcción del proyecto, de magnitud baja, debido a actividades que potencialmente generar residuos sólidos, por ejemplo, la instalación de campamentos, y la remoción de estructuras obsoletas.

**Caudales de agua:** Durante la etapa de construcción del proyecto se incrementará el uso de agua, en especial para riego de las capas que forman la estructura del pavimento y en menor medida para la construcción de obras de hormigón. Este impacto es bajo y de carácter negativo al incrementarse el consumo de agua del sector.

**Ruido:** Se estima ocurran impactos negativos durante la etapa de construcción del proyecto, asociados con el uso de maquinaria, transporte de material, excavaciones y rellenos, construcción de obras de arte, construcción de la estructura del pavimento y su capa de rodadura. Los impactos están en el orden de magnitud media.

**Población:** La mayoría de los potenciales impactos negativos a la calidad de vida de la población son de magnitud e importancia baja, por lo que no se los ha considerado en este apartado. Los impactos positivos durante la etapa de construcción del proyecto se deben a la construcción de áreas verdes (medio) y sobre todo a la contratación de mano de obra que se estima será en buena parte población dentro del área de influencia del proyecto.

### **Impactos Positivos**

**Generación de Empleo:** El impacto del proyecto durante las etapas de construcción y posterior operación y mantenimiento es positivo, debido a la potencial generación de empleo asociada a las actividades de construcción, limpieza, operación de maquinaria, transporte de materiales, etc. Para esto, debe incentivarse a los contratistas a la contratación de mano de obra del sector. Esto como medida del Plan de Manejo Ambiental. Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se estiman también impactos de carácter positivo, ya sea por relación directa con estas actividades o por la generación de empleo indirecto, por prestación de servicios, emprendimientos locales, etc.

**Capacidad y Accesibilidad vial:** Durante la etapa de construcción del proyecto, se considera impactos positivos altos para la accesibilidad vial la construcción de las vías de acceso y de circulación interna del sector, esto contribuirá a la fluidez y facilidad de movilización también. Por lo anterior estos impactos son de magnitud alta.

**Salud:** Se considera que durante la etapa de construcción del proyecto la colocación de áreas verdes en el sector mejorará la salud de la población por lo que se considera que el impacto es de carácter positivo. Durante la operación y mantenimiento, se considera que el incremento del tráfico vehicular tendría impacto negativo a la salud y el mantenimiento del sistema de drenaje impacto positivo al prevenir la proliferación de mosquitos, enfermedades asociadas al mal uso del agua, etc.

## **1.6 Marco Teórico**

### **1.6.1 Condiciones del área urbana**

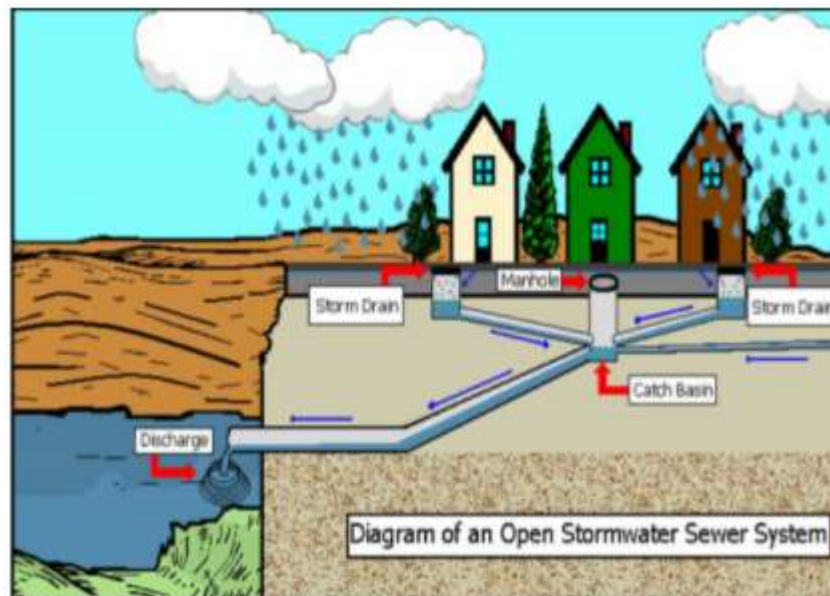
Actualmente Urdesa es una zona residencial y comercial con vías en buen estado, pero con falta de un buen sistema de drenaje.

### ***1.6.2 Normativas aplicables***

Para el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial las normas a usar serán las de Interagua y Senagua, las cuales nos determinan todos los parámetros, formulas y criterios de diseño.

### ***1.6.3 Fundamentación teórica***

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades. Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos. (SIAPA, 2014)



**Ilustración 3. Sistema de Alcantarillado Pluvial.**

Fuente. - (CELINA, 2021)

### 1.6.3.1 Sistemas de Alcantarillado Pluvial

- **Alcantarillado Pluvial Particular:** A este tipo de alcantarillado se le considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio, que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo hasta disponerles en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún canal o tubería dentro de los límites de la propiedad, de acuerdo a las condiciones particulares del proyecto. (SIAPA, 2014)
- **Alcantarillado Pluvial General Particular:** Este alcantarillado es la red que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, industriales, deportivos, de servicios, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún conducto como canal o tubería dentro de los límites de la propiedad y de acuerdo a las condiciones particulares del proyecto. (SIAPA, 2014)
- **Alcantarillado Pluvial Municipal:** Es el sistema o red que recolecta y conduce las aguas pluviales que escurren en su gran mayoría sobre la ciudad y zona metropolitana, disponiéndolas en estructuras de infiltración, filtración, retención, detención y/o conduciéndolas mediante canales o tuberías hasta descargar a los cuerpos de agua naturales existentes. (SIAPA, 2014)

### 1.6.3.2 Componentes de un sistema de Alcantarillado Pluvial

La función de estos componentes es drenar y transportar las aguas lluvias hacia la descarga final, los cuales son:



- **Cunetas:** Es una zanja o canal ubicadas a los costados de las vías o carreteras la cual tiene la función de recolectar las aguas lluvias que caen sobre estas.
- **Sumideros:** Son estructuras que recolectan el agua que fluye por las cunetas, en la superficie posee una rejilla la que evita que se introduzcan materiales que se van arrastrando por las cunetas.
- **Tirantes:** Son tubos que conducen el agua recolectada por los sumideros y las lleva hacia las cámaras de inspección.
- **Cámaras de Inspección:** Estructura que permite conectar las tuberías principales y poder dar su respectivo control.
- **Tuberías de conducción:** Es una red de tuberías principales de PVC o de hormigón la cual transporta el agua hacia su descarga final.

#### **1.6.4 Modelación de los sistemas**

El software SWMM (Storm Water Management Model) es el que se usara para el modelamiento del sistema de aguas pluviales del proyecto, este programa funciona desde los años 70 y se utiliza en todo el mundo para el análisis y diseño a todo lo relacionado con agua pluviales y sanitarias, ayuda a reducir la escorrentía a través de la infiltración y la retención, reduce las descargas que causan el deterioro de los cuerpos de agua. (EPA, 2021)

El programa le pertenece a EPA (Environmental Protection Agency), es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. (EPA, 2004)

**Además, es gratuito y de acceso libre y se lo puede encontrar en el siguiente enlace <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm> , es fácil de instalar y también se puede descargar el manual para facilitar su uso.**

#### **1.5.1. Modelado Hidráulico**

SWMM contiene un conjunto flexible de capacidades de modelado hidráulico que se utilizan para enrutar la escorrentía y las entradas externas a través de la red del sistema de drenaje de tuberías, canales, unidades de almacenamiento / tratamiento y

estructuras de desviación (EPA, 2021). Estos incluyen la capacidad de hacer lo siguiente:

- Manejar redes de drenaje de tamaño ilimitado. (EPA, 2021)
- Utilice una amplia variedad de formas de conductos estándar cerrados y abiertos, así como canales naturales. (EPA, 2021)
- Modele elementos especiales, como unidades de almacenamiento / tratamiento, divisores de flujo, bombas, vertederos y orificios. (EPA, 2021)
- Aplicar flujos externos e insumos de calidad del agua de escorrentía superficial, Inter flujo de agua subterránea, infiltración / afluencia dependiente de la lluvia, flujo sanitario en clima seco y afluencias definidas por el usuario. (EPA, 2021)
- Utilice métodos de enrutamiento de flujo de onda cinemático o dinámico completo. (EPA, 2021)
- Modele varios regímenes de flujo, como remanso, recargo, flujo inverso y estancamiento superficial. aplique reglas de control dinámico definidas por el usuario para simular el funcionamiento de bombas, aberturas de orificios y niveles de cresta de vertedero. (EPA, 2021)
- Percolación de agua infiltrada en capas de agua subterránea. (EPA, 2021)
- Inter flujo entre el agua subterránea y el sistema de drenaje. (EPA, 2021)
- Enrutamiento no lineal del yacimiento del flujo terrestre. Reducción de la escorrentía mediante controles LID (EPA, 2004)

## CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

El presente capítulo, pretende esbozar los criterios con que se va a dar solución a la problemática identificada. Como bien se conoce el sector de Urdesa, de la ciudad de Guayaquil, es vulnerable a inundaciones en épocas de lluvias, por la situación particular de la microcuenca que comprende este sector, que tiene elevaciones en los sectores de Mapasingue y Lomas de Urdesa, y zonas bajas que colindan al estero salado con pendiente relativamente suaves. Por lo cual se plantea la siguiente metodología de desarrollo:

- Para la caracterización de la cuenca de estudio y el sistema existente de AALL, se utilizará principalmente la información proveniente de Interagua, EMPAG o Municipio de Guayaquil.
- Además, como complemento se utilizará la información cartográfica del IGM y el modelo de elevaciones del SIG Tierras (MAGAP) con resolución de 4 m.
- Para la modelación hidráulica del sistema se utilizará el programa de licencia libre SWMM (U.S. EPA), el cual permite modelar un sistema de drenaje para flujo no permanente y considerando condiciones variables en la descarga.
- Las ecuaciones de precipitación se obtendrán de las normas de Interagua o del Estudio de Lluvias Intensas del INAMHI (1999 y 2015).
- Los criterios hidrológicos e hidráulicos escogidos provendrán de normas ampliamente difundidas y aceptadas: Interagua, Senagua, U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Geological Survey, U.S. Department of Agriculture, etc.

### **2.1 Levantamiento de información existente del sistema**

#### ***2.1.1 Cuenca de Drenaje***

El actual sistema de recolección de aguas lluvias de la ciudad de Guayaquil, está dividido en cuencas, subcuencas y microcuencas de drenaje. En la Ilustración 4, se puede observar la distribución geográfica de las diferentes cuencas de drenaje de la ciudad.



**Ilustración 4. Cuencas de drenaje de Aguas Lluvias**

Fuente. - Plan maestro Interagua,2015

La zona de estudio pertenece a la cuenca ramal B, de la cual se dividen en subcuencas, y gracias a la información proporcionado por EMAPAG, se la pudo desglosar. La cuenca Ramal B abarca los sectores de Urdesa, Lomas de Urdesa, Mapasingue, Prosperina, Ceibos, etc.

La microcuenca en estudio cuenta con un área de 63 ha. aproximadamente, cuenta con dos colectores principales de aguas lluvias, los mismo se encuentran a lo largo de las calles Ilanes (Rojo) y Laureles (Amarillo). En la Ilustración 5, se puede observar los dos colectores principales que recolectan el agua lluvia de este sector.



**Ilustración 5. Colectores Principales de la Microcuenca de estudio**

Fuente. - Autor

Toda la escorrentía de la zona descarga hacia un brazo del estero salado, en total para esta microcuenca se cuenta con 6 descargas, 2 de las cuales pertenecen a los colectores principales antes descritos. Para el diagnóstico del presente proyecto se considerará las áreas de aporte que alimentan al colector principal de la calle Ilanes, desde la Av. Enrique Ortega Moreira, hasta su descarga en el estero salado.

### ***2.1.2 Infraestructura Existente***

#### **Sumideros**

Dentro de toda el área de drenaje de la microcuenca se pudo identificar diferentes tipos de sumideros que permiten la recolección de las aguas lluvias, dentro de los cuales se han identificado los siguientes tipos:

- **Sumidero de Reja Simple**

Este tipo de sumidero es el más predominante dentro del área de estudio.



**Ilustración 6. Sumidero de Reja Simple, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella.**

Fuente. - Autor

- **Sumidero de Reja Doble**

Este tipo de sumidero predominan a lo largo de la Av. Víctor Emilio Estrada, debido a su gran capacidad hidráulica.



**Ilustración 7. Sumidero de Reja Doble, Calle Jiguas y Av. Víctor Emilio Estrada.**

Fuente. - Autor

- **Sumidero de Ventana**

Este tipo de sumideros se pudo encontrar cercanos a zonas de áreas verdes o de recreación, ya muy próximos a los puntos de descargas al estero salado.



**Ilustración 8. Sumidero de Ventana, Callejón 1° Pasaje 34.**

Fuente. - Autor

En el levantamiento de campo se pudo constatar que algunos de los sumideros, no contaban con rejillas (Ilustración 7) o se encontraban con residuos (resto de hojas, botellas, fundas, etc.) (Ilustración 7).



**Ilustración 9. Sumidero sin Reja, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella.**

Fuente. - Autor



**Ilustración 10. Sumidero con Residuos, Calle Jiguas y Bálsamos.**

Fuente. - Autor

### **Cajas de Registro**

Este tipo de estructuras permiten redirigir el flujo de agua de la caja hacia la cámara principal o central. Además, permite una correcta limpieza de los desechos que se pueden llegar a acumular.



**Ilustración 11. Caja de Registro, Calle Jiguas y Jorge Maldonado Renella.**

Fuente. - Autor



## **Cámaras Centrales**

Estructura que permite conectar los tirantes de las diferentes cajas de registro o sumideros y mediante un colector (Tubo) transporta el agua lluvia hacia los puntos de descarga.

Según la información proporcionada por Interagua, en este sector existen cámaras de sección transversal cuadrada (1.20 x 1.20 m.) y circular (D= 1.20 m.).



**Ilustración 12. Cámara Central, Calle Jiguas y Bálsamos.**

Fuente. - Autor

## **Tuberías**

Existen diámetros desde los 250 mm milímetros en las zonas altas (inicio) de la microcuenca, hasta los 900 mm en la zona de descarga en el estero salado.

### **Tipo de Material**

- Hormigón Simple
- Hormigón Armado
- PVC

## **Puntos de Descarga**

De la información proporcionada por Interagua existen 6 puntos de descarga para esta microcuenca de drenaje, los mismo que se detallan a continuación:

- Punto de descarga 1
  - Calle Llanes
  - Tipo Muro de Ala
  - Diámetro de 840 mm.
- Punto de descarga 2
  - Calle Llanes
  - Tipo Anclaje
  - Diámetro de 300 mm.
- Punto de descarga 3
  - Callejón 1° Pasaje 34
  - Tipo Anclaje
  - Diámetro de 300 mm.
- Punto de descarga 4
  - Calle Laureles
  - Tipo Muro de Ala
  - Diámetro de 750 mm.
- Punto de descarga 5
  - Calle Acacias
  - Tipo Anclaje
  - Diámetro de 600 mm.
- Punto de descarga 6
  - Calle Alfredo Paraje Diezcanseco
  - Tipo Muro de Ala
  - Diámetro de 560 mm.



**Ilustración 13. Punto de Descarga 1 y 2, Calle Ilanes.**

Fuente. - Autor



**Ilustración 14. Punto de Descarga 3, Callejón 1° Pasaje 34.**

Fuente. - Autor

## 2.2 Diseño de sistema de Alcantarillado Pluvial

### 2.2.1 Método Racional

Con el propósito de obtener el caudal de diseño se emplea el método racional en el cual se encuentran inmersas las variables de área, coeficiente de escorrentía y la intensidad de lluvia.

$$Q = C * i * A \text{ (1)}$$

Donde:

Q= caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s

C= coeficiente de escorrentía

A= área de drenaje Ha

### 2.2.2 Coeficiente de Escorrentía

Corresponde a un factor adimensional que caracteriza la capacidad de escurrimiento de agua proveniente de la precipitación en la zona de estudio. Básicamente es la relación entre las láminas de agua precipitada y la escurrida por la superficie de terreno. Depende intrínsecamente de las características del suelo y de las condiciones de la superficie del suelo, sea este natural o alterado por mano del hombre. La siguiente tabla muestra valores convencionales para la escorrentía dependiendo del tipo de superficie, se establece un C promedio entre desarrollos residenciales multifamiliares con zonas duras y unifamiliares con predominio de jardines; de esta manera se obtiene un valor ponderado que representa de mejor manera las condiciones del sitio.

**Tabla 1. Coeficientes de escorrentía típicos**

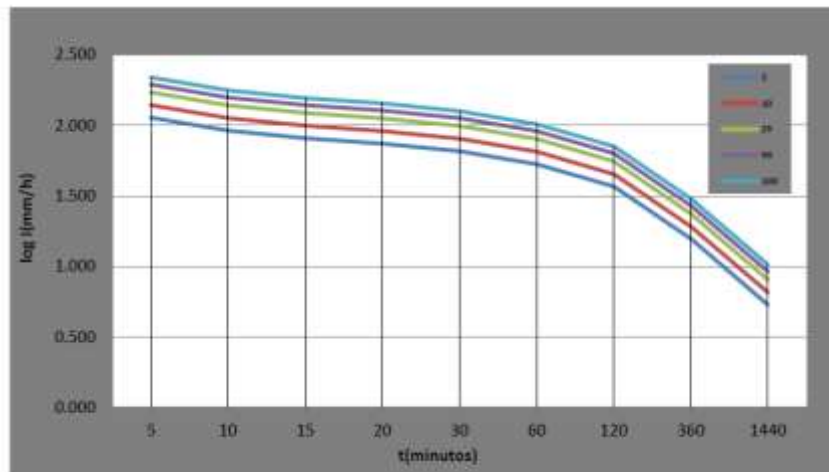
Tipo de superficie	Coeficiente [C]
Zonas comerciales	0.90
Desarrollos residenciales con casas contiguas y predominio de zonas duras	0.75
Desarrollos residenciales multifamiliares con bloques contiguos y zonas duras entre ellos	0.75
Desarrollo residencial unifamiliar con casas contiguas y predominio de jardines	0.55
Desarrollo residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separadas	0.45
Áreas residenciales con predominio de áreas verdes y cementerios tipo jardines	0.30
Laderas desprovistas de vegetación	0.60
Laderas protegidas con vegetación	0.30

### 2.2.3 Intensidad de Lluvia

No cabe duda de que el parámetro más importante para estimar adecuadamente la cantidad de escorrentía por lluvia es la precipitación y que tan intensa puede ser dependiendo del área en estudio. Para determinar la intensidad de lluvia se cuenta con el estudio hidrológico que ofrece el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) en donde se muestran las ecuaciones IDF para cada estación en el territorio ecuatoriano. En la ciudad de Guayaquil, se encuentra la estación del aeropuerto de Guayaquil M0056.

La estación pluviográfica del aeropuerto es la más representativa para poder estimar el caudal generado en la zona de estudio para un periodo de retorno de 5 años. En la figura 15 se encuentran las ecuaciones de regresión para distintos intervalos de tiempo.

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R <sup>2</sup>
CÓDIGO	NOMBRE				
M0056	GUAYAQUIL AEROPUERTO	5<30	$i = 135.7748 * T^{0.2169} * t^{-0.3363}$	0.9840	0.9683
		30<120	$i = 203.0259 * T^{0.2169} * t^{-0.417068}$	0.9944	0.9889
		120<1440	$i = 1113.4537 * T^{0.2169} * t^{-0.7779}$	0.9992	0.9984



**Ilustración 15. Ecuaciones de intensidad de la estación M0056 aeropuerto Guayaquil**

La frecuencia se la determina en función de consideraciones tales como; la importancia de la obra a construir, posibles perjuicios varias ante inundaciones, áreas

e importancia de la zona en cuestión, entre otras dependiendo de las particularidades del diseño. Por lo general para zonas residenciales se escogen frecuencias de 3, 5 hasta 10 años dependiendo de las áreas de drenaje.

**Tabla 2. Frecuencias para tuberías de alcantarillado pluvial**

Áreas de drenaje	Frecuencias de diseño [años]		
	Mínimo	Aceptable	Recomendado
Tuberías iniciales con áreas de drenaje inferior a 2Ha			
- Zona Residencial	2	2	3
- Zona Industrial o Comercial	2	3	5
Tuberías con áreas de drenaje entre 2 y 10 Ha, independientemente del uso	2	3	5
Tuberías con áreas de drenaje mayor de 10 Ha	5	5	10

Fuente. - Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados

Para este diseño se define una frecuencia de 10 años, lo cual es lo recomendado para áreas de más de 10 Ha y también recomendado por las normas de Interagua, rango en el que cae el área total del proyecto. Con base en los parámetros definidos previamente, se puede establecer que la intensidad de lluvia utilizada para el diseño del sistema es:

$$i = 203.0259 * T^{0.2169} * t^{-0.417068} \quad (2)$$

Donde:

**i**= intensidad en (mm/h)

**T**= Tiempo de retorno del proyecto

**t**= tiempo de concentración de la cuenca de drenaje (min)

## 2.3 Relaciones hidráulicas

### 2.3.1 Caudal a tubo lleno

Mediante la velocidad y el diámetro designado para el tramo a diseñar, se calcula el caudal a tubo lleno con la ecuación de Manning. Para el cálculo de este caudal se asume que el radio hidráulico de la tubería comprende toda la circunferencia interna y, en función de esto se obtiene el caudal partiendo de la ecuación de continuidad.

$$Q = V * A = V * \frac{\pi D^2}{4} \quad (3)$$

### 2.3.2 Velocidad de Manning

Partiendo del coeficiente de Manning referente al material del tubo se calcula la velocidad con la ecuación mostrada; relacionando el radio hidráulico, diámetro y pendiente del tubo. La velocidad es un indicador clave para el análisis hidráulico del sistema, debe permanecer en rangos puntuales para evitar cambios de régimen en el flujo.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} * S^{1/2} \quad (4)$$

### 2.3.3 Relación de Calado

Se atribuye como indicador a la relación entre los caudales a tubo lleno y el caudal de diseño, representa la proporción que ocupa el agua en la sección transversal del tubo y es fundamental para decidir si es necesario aumentar el diámetro del tubo. La relación  $q/Q$  debe ser menor a 1.07 lo cual está ligado a una capacidad de aproximadamente 75% de la sección del tubo, garantizando un espacio libre para flujo de aire.

$$\left(\frac{d}{D}\right) \cong -1.6242923127 \left(\frac{q}{Q}\right)^6 + 6.6877204763 \left(\frac{q}{Q}\right)^5 - 10.654379555 \left(\frac{q}{Q}\right)^4 + 8.77598328 \left(\frac{q}{Q}\right)^3 - 4.11491511 \left(\frac{q}{Q}\right)^2 + 1.66939958 \left(\frac{q}{Q}\right) + 7.93166846 \times 10^{-2}$$

$$\frac{q}{Q} \leq 1 \quad (5)$$

### 2.3.4 Velocidad de Autolimpieza

El flujo a través de cualquier tubería debe cumplir una velocidad mínima para garantizar que los sólidos inmensos en el flujo no se estanquen en el tubo. De esta manera se evita que la tubería pierda sección hidráulica y tenga consecuencias en el funcionamiento del sistema. De igual manera existen límites para esta velocidad, debe ser mayor a 0.6 m/s y menor a 4.5 m/s. El cálculo se lo efectúa con el producto entre la relación entre radios hidráulicos y la velocidad a tubo lleno.

$$V_{\text{auto-limpieza}} = V_{\text{tubo lleno}} * \left(\frac{r}{R}\right)^{1/6} (6)$$

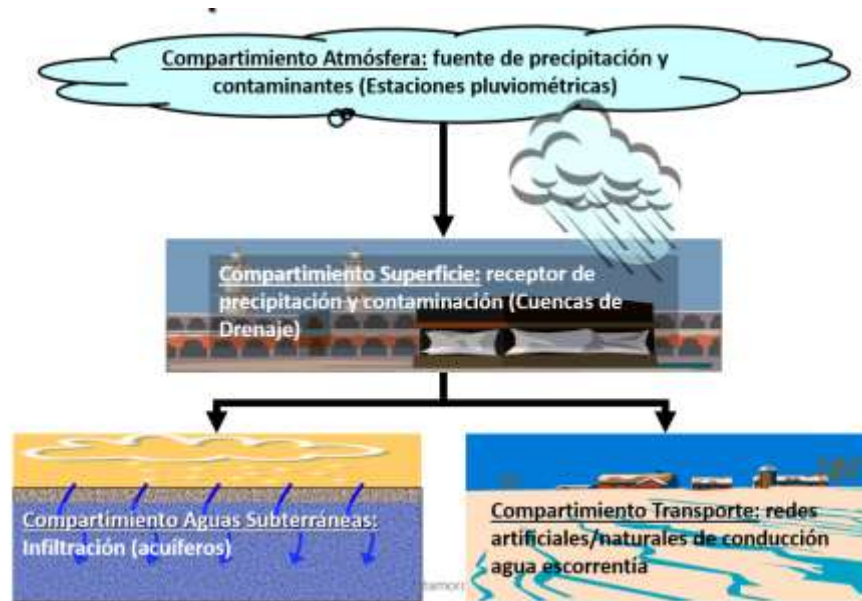
## 2.4 Modelación de los sistemas.

Se va a realizar la modelación hidráulica del sistema a través del software de licencia libre SWMM V5.1 de la EPA de Estados Unidos de América. Modelo de simulación dinámica del proceso de precipitación – escorrentía. Es usado para planificación, análisis y “diseño”. Dentro de las capacidades del programa se detallan las siguientes:

- Puede manejar red de tamaño ilimitado
- Usa amplia variedad de conductos, así como canales naturales
- Elementos especiales como unidades de tratamiento individuales, bombas, vertederos, orificios y divisores de flujo
- Aplicación de flujos externos
- Usa tres métodos de ruteo de caudales: flujo controlado (steady flow), flujo de onda cinemática o flujo de onda dinámica
- Acumulación y lavado de contaminantes provenientes de varios usos de suelo
- Contribución directa por deposición proveniente del agua lluvia
- Modela el efecto de la limpieza de calles sobre la calidad del agua resultante
- Conducción de los contaminantes en el sistema de drenaje

En la Ilustración 16, se puede apreciar el modelo conceptual de funcionamiento del programa.





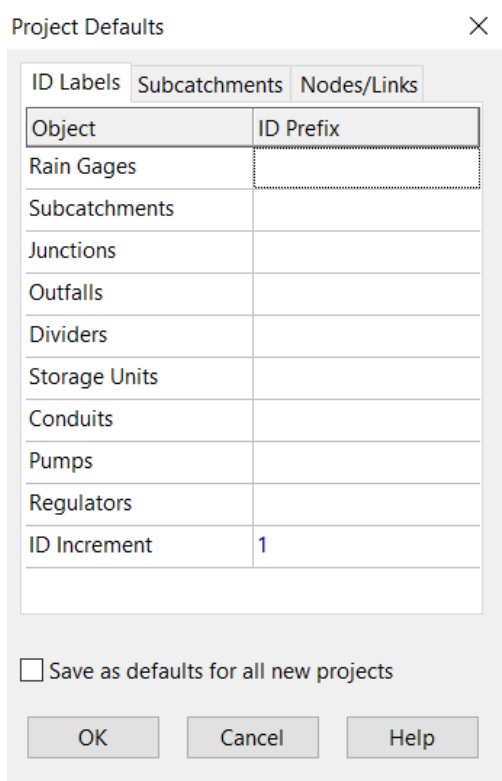
**Ilustración 16. Modelo conceptual de funcionamiento del software SWMM**

Los pasos a seguir para realizar la modelación hidráulica del proyecto son los siguientes:

- Determinar el hietograma de diseño a ser usado en el software y el tiempo de duración de la tormenta de diseño.
- Trazar la red en el programa y especificar el conjunto de opciones y propiedades a ser usadas. En este paso se deben de configurar los nodos, las tuberías y las cuencas de drenaje en el modelo.
- Se debe crear una serie de tiempo que contenga la información calcular en el hietograma de diseño.
- Se debe de crear una estación pluviométrica que está vinculada con la información de la serie de tiempo del paso anterior.
- Una vez realizado todos los procesos anteriores se configuran las opciones de simulación para ajustar fechas y pasos de procesamiento.
- Por última se ejecuta la simulación y se debe de comprobar que los resultados tengan un margen de error menor al 10%.

#### **2.4.1 Configuración general de software**

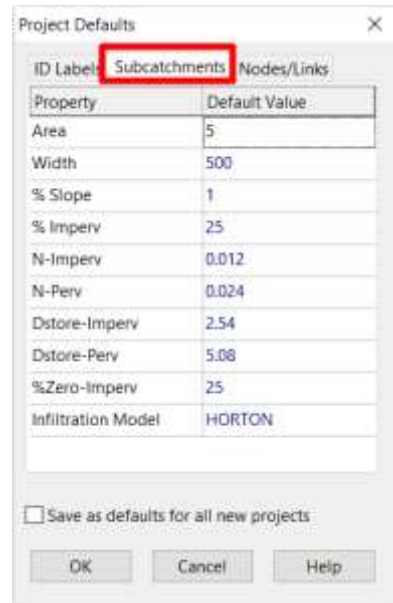
Para iniciar la modelación, se debe en primer lugar, definir los valores por defecto y las unidades con las que se va a trabajar el proyecto. En la Ilustración 17 se muestra los ID labels de los elementos del programa, en esta sección se define nomenclatura y secuencia de incremento.



**Ilustración 17. Configuración de las etiquetas de los elementos del programa**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

Después de haber configurado las etiquetas, se define valores por defecto a las cuencas de drenaje, área, ancho, pendiente, porcentaje del área que es impermeable, coeficiente de Manning para las zonas de escurrimiento permeable e impermeable. Del mismo modo el programa usa tres métodos de cálculo para la infiltración que son ecuación de Horton, curva numerada, Green ampt. En la Ilustración 18, se puede ver los parámetros antes mencionados, el cual el proyectista debe definir previo a la digitalización de los elementos.



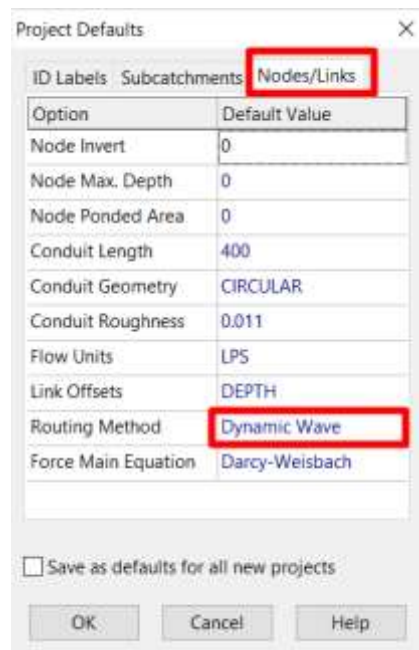
**Ilustración 18. Configuración preliminar de las cuencas de aporte.**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

Por último, se debe de configurar parámetros de los nodos y conductos. Se debe determinar la sección geométrica con la que se va a trabajar, las unidades del flujo y el método de ruteo de las escorrentías. El programa permite realizar tres metodologías de ruteo que se describen a continuación. Del mismo modo en la Ilustración 19, se puede ver las variables descritas.

- **Flujo uniforme y estable (*Steady Flow*)**
  - No hay retraso ni cambio de forma de la hidrógrafa entre la entrada y la salida de los conductos.
- **Ruteo Cinemático de Ondas (*Kinematic Wave Routing*)**
  - Aplicación de ecuaciones de Continuidad y Momentum por conducto
  - Variación espaciotemporal del caudal en cada conducto

- No se consideran efectos de retroceso
- Útil para simulaciones a largo plazo
- **Ruteo Dinámico de Ondas (*Dynamic Wave Routing*)**
  - Aplicación de ecuaciones unidimensionales de Saint-Venant
  - Se puede simular flujos presurizados cuando tubería se llena por completo y retroceso del agua.
  - Se puede aplicar a cualquier red: abierta o cerrada.
  - Se requiere intervalos de tiempo pequeños en el orden de los minutos o menos.
  - Este método ofrece los resultados más precisos teóricamente.

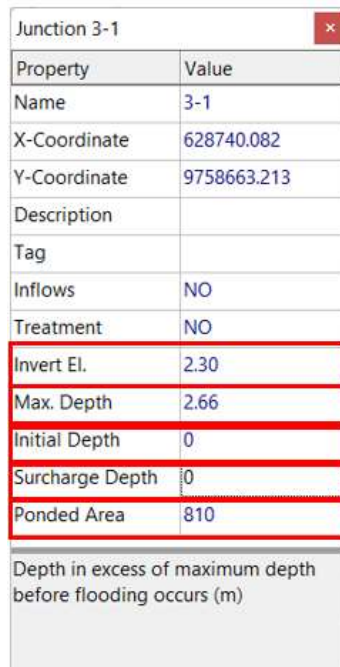


**Ilustración 19. Configuración preliminar de nodos y conductos.**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

### 2.4.2 Configuración de los nodos

Para la configuración de los nodos, se debe de tener los valores del invert del elemento y la cota del terreno principalmente. La configuración del nodo también permite agregar flujos de agua directo al nodo el cual sirve para modelar alguna descarga ilícita que sea ajena a la lluvia como tal. Del mismo modo se ingresa como opcional el área inundada la cual se obtiene a partir de mapa topográfico (altimetría y planimetría), GIS, o DEM de alta resolución (orden de cm). En la Ilustración 20, se puede ver un ejemplo de configuración de nodo en el programa. Del mismo modo para entender de mejor forma los parámetros de ingreso, la Ilustración 21 muestra un esquema gráfico de las variables que se deben de ingresar en el programa.

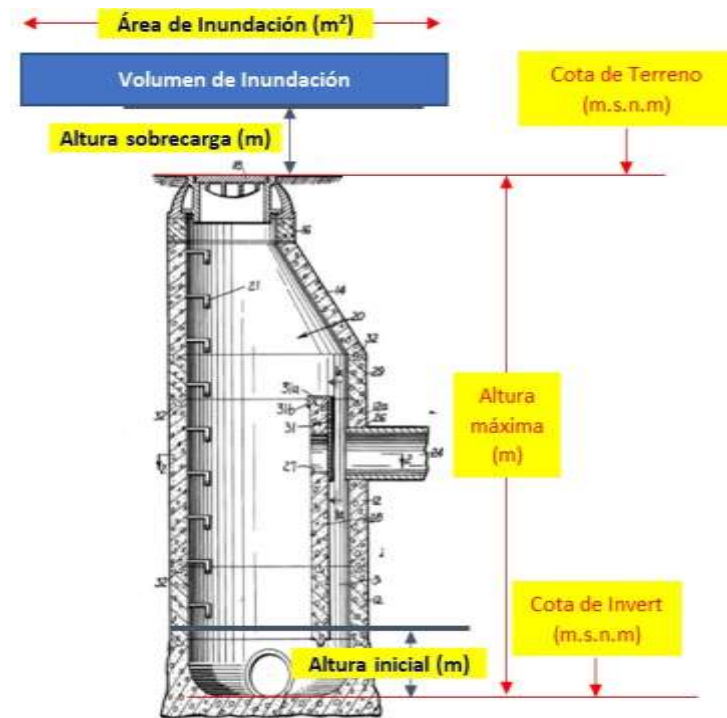


Property	Value
Name	3-1
X-Coordinate	628740.082
Y-Coordinate	9758663.213
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	2.30
Max. Depth	2.66
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	810

Depth in excess of maximum depth before flooding occurs (m)

**Ilustración 20. Configuración esquemática de nodo**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1



**Ilustración 21. Esquema de variables a ser ingresadas en el programa.**

### 2.4.3 Configuración de las descargas outfall

En la Ilustración 22, se muestra los valores de configurar en la descarga de los sistemas. Se debe definir si tiene algún aporte diferente de la escorrentía de agua lluvias. Del mismo si la descarga está condicionada con alguna frontera, como una compuerta de marea y lo principal es determinar el tipo de descarga. Condiciones de altura de agua en la descarga se determinan por:

- **FREE:** la altura mínima entre altura flujo crítico y altura flujo normal.
- **NORMAL:** altura de flujo normal en tubería de descarga.
- **FIXED:** altura fija de descarga.
- **TIDAL:** altura de marea definida por tabla de marea.
- **TIMESERIES:** altura variable definida por una serie de tiempo de alturas.

Outfall 1	
Property	Value
Name	1
X-Coordinate	628636.657
Y-Coordinate	9758250.968
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	0
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
<b>Fixed Outfall</b>	
Fixed Stage	0
<b>Tidal Outfall</b>	
Curve Name	*
<b>Time Series Outfall</b>	
Series Name	*
Elevation of outfall's invert (m)	

**Ilustración 22. Configuración de las descargas en el programa**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

#### **2.4.4 Configuración de las tuberías**

En la Ilustración 23, se muestra la ventana del programa para la configuración de los conductos que se ingresan en el modelo. Se debe determinar la geometría del conducto, el diámetro y el promedio de los coeficientes de pérdidas. También se debe de ingresar el coeficiente de Manning del material que conforma la tubería. Es recomendable al momento de digitalizar el modelo, tener armado una tabla con estos valores para agilizar la modelación.

Property	Value
Name	3_1-2
Inlet Node	3-1
Outlet Node	3-2
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	0.406
Length	38
Roughness	0.011
Inlet Offset	*
Outlet Offset	2.26
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0.55
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
Elevation of conduit invert at outlet end (can enter * if same as node invert) (m)	

**Ilustración 23. Configuración de conductos en el programa**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

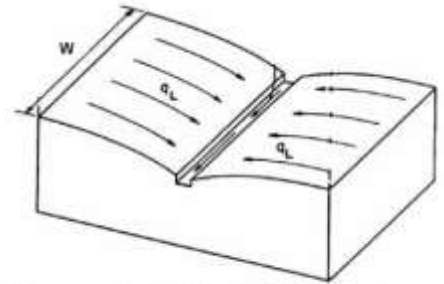
#### **2.4.5 Configuración de las cuencas de drenaje**

Las cuencas de drenaje son un elemento fundamental para la modelación de los sistemas. En la Ilustración 24, se resalta el concepto de ancho de una subcuenca. Por definición consiste en el área de la subcuenca de drenaje dividido para la longitud de escorrentía más larga. Del mismo modo en la Ilustración 25, están las propiedades que se deben de configurar en cada elemento de subcuenca que se ingrese en el sistema. Se debe de seleccionar a que estación pluviométrica se la referencia, se ingresa el área en hectáreas y el ancho respectivo. Además, se configura la pendiente promedio y el porcentaje de superficie impermeable que ocupa la cuenca. También observamos parámetros para configurar las rugosidades tanto del área permeable como impermeable. Por último, se define el método de ruteo de la escorrentía y el modelo de infiltración.



$$Width = \frac{\text{Área Subcuenca Drenaje}}{\text{Longitud de Escorrentía Más larga}}$$

Longitud de escorrentía más larga corresponde a la distancia de recorrido desde el punto de drenaje más alejado en la cuenca hasta la desembocadura de la misma.



Representación idealizada de la subcuenca

Ilustración 24. Definición de ancho de cuenca

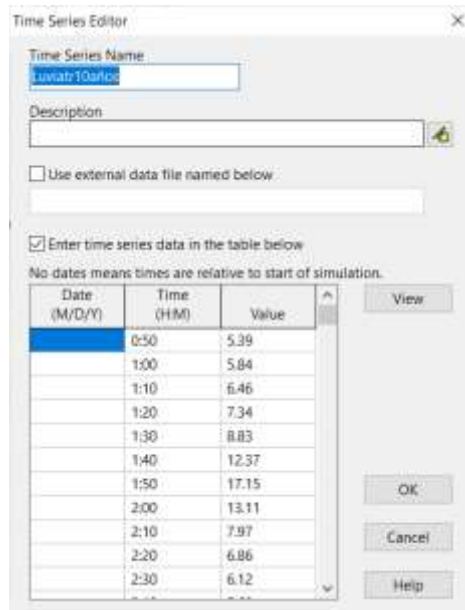
Property	Value
Name	3_1
X-Coordinate	628774.271
Y-Coordinate	9758661.662
Description	
Tag	
Rain Gage	EstaciónDuran
Outlet	3-1
Area	0.4548
Width	36
% Slope	0.27
% Imperv	0
N-Imperv	0.011
N-Perv	0.024
Dstore-Imperv	2.54
Dstore-Perv	5.08
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	IMPERVIOUS
Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	
Percent of impervious area (%)	

Ilustración 25. Configuración de las propiedades de la cuenca en el programa

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

#### 2.4.6 Ingreso de la serie de tiempo y creación de estación pluviométrica

Una de las etapas fundamentales dentro de la modelación es ingresar la lluvia que va a generar la escorrentía para la modelación hidráulica del sistema. En este caso se va a ingresar la información proporcionada por el Plan Maestro Interagua que corresponde a una lluvia de dos horas con un tiempo de retorno de 10 años. En la Ilustración 26 se ve el ingreso de la serie de tiempo antes mencionada.



**Ilustración 26. Ingreso de la serie de tiempo**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1



**Ilustración 27. Hietograma de diseño lluvia de 2 horas tiempo de retorno 10 años**

Property	Value
Name	Estación1
X-Coordinate	5783.848
Y-Coordinate	8444.181
Description	
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	8:05
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
<b>TIME SERIES:</b>	
- Series Name	Luvia11Daños
<b>DATA FILE:</b>	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	MM
Name of rainfall time series (double-click to edit time series)	

**Ilustración 28. Creación de la estación pluviométrica y relación con la serie de tiempo**

Fuente. - Imagen extraída del programa EPA SWMM V5.1

## **2.5 Presupuesto y Análisis de Precios Unitarios.**

El costo de ejecución de obra es un presupuesto referencial, basado en los rubros fundamentales y más importantes en la construcción de los sistemas de alcantarillado. Los costos más elevados están ligados al movimiento de tierra, actividades de excavación y relleno para adecuar el terreno existente y definir las pendientes de diseño. Adicionalmente los suministros para las estructuras de obra civil son los componentes con gran participación porcentual en el costo total de la obra. Los análisis de precios unitarios se los presenta considerando costos del mercado local, no obstante, es sujeto a variar dependiendo de los proveedores y de la inflación económica.

## **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se esbozan los resultados del proyecto de rediseño del colector de aguas lluvias en la calle Jiguas. El capítulo se basa en todos los conceptos enunciados en el capítulo 2 del presente trabajo. En primer lugar, se presenta los resultados del rediseño del colector de la calle jiguas que incluye como principales hitos la discretización de las áreas de aporte, la evaluación del sistema de drenaje existente y el pre-dimensionamiento hidráulico del nuevo sistema propuesto de acuerdo. Posteriormente se presentan los resultados de la modelación hidráulica con el programa EPA SWMM versión 5.1

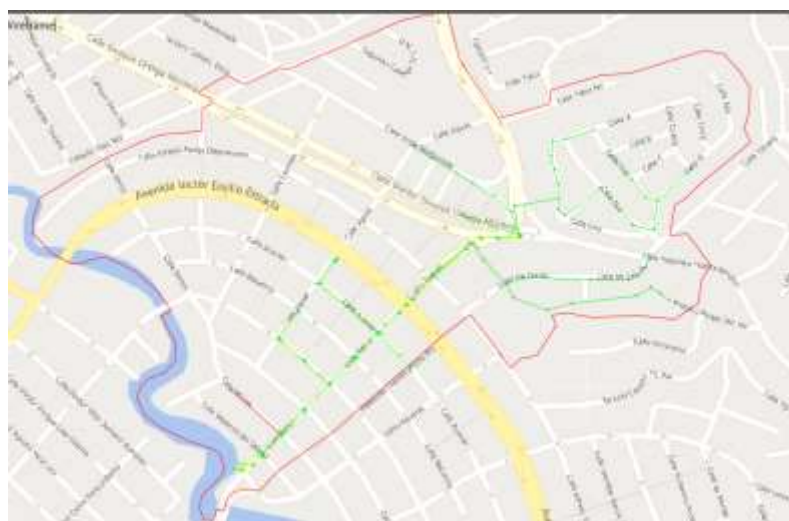
### **3.1 Rediseño del Colector de la Calle Jiguas**

Para poder realizar un nuevo rediseño de los sistemas de alcantarillado pluvial, es fundamental conocer el funcionamiento actual del sistema existente. Para ello se van a seguir los siguientes pasos:

- En primera instancia se debe discretizar las áreas de aporte de cada tubería.
- Posteriormente se debe realizar una evaluación hidráulica del sistema existente.
- En base a estos resultados se va a aislar las áreas de aporte que relacionan solo a la calle Jiguas, para poder realizar un nuevo trazado.
- Se va a realizar un pre-dimensionamiento de la nueva red usando hojas de cálculo de Excel.
- Finalmente se va a realizar la modelación hidráulica del nuevo trazado para realizar los ajustes respectivos del pre-dimensionamiento realizado anteriormente.

#### ***3.1.1 Discretización de áreas de aporte***

Con la información proporcionada por EMAPAG, sumado a las múltiples visitas en campo que se realizaron a la zona de estudio se pudieron discretizar las áreas de aporte de las calles Ilanes y Jiguas. Actualmente todos los aportes de la calle Jiguas se recogen con dos redes secundarias ubicados entre las calles Acacias, Bálsamos y circunvalación Sur. En la Ilustración 29, se puede observar la configuración actual de sistema de drenaje de aguas lluvias.



**Ilustración 29. Configuración actual del sistema de aguas lluvias de las calles Ilanes y Jiguas**

Fuente. - Autor

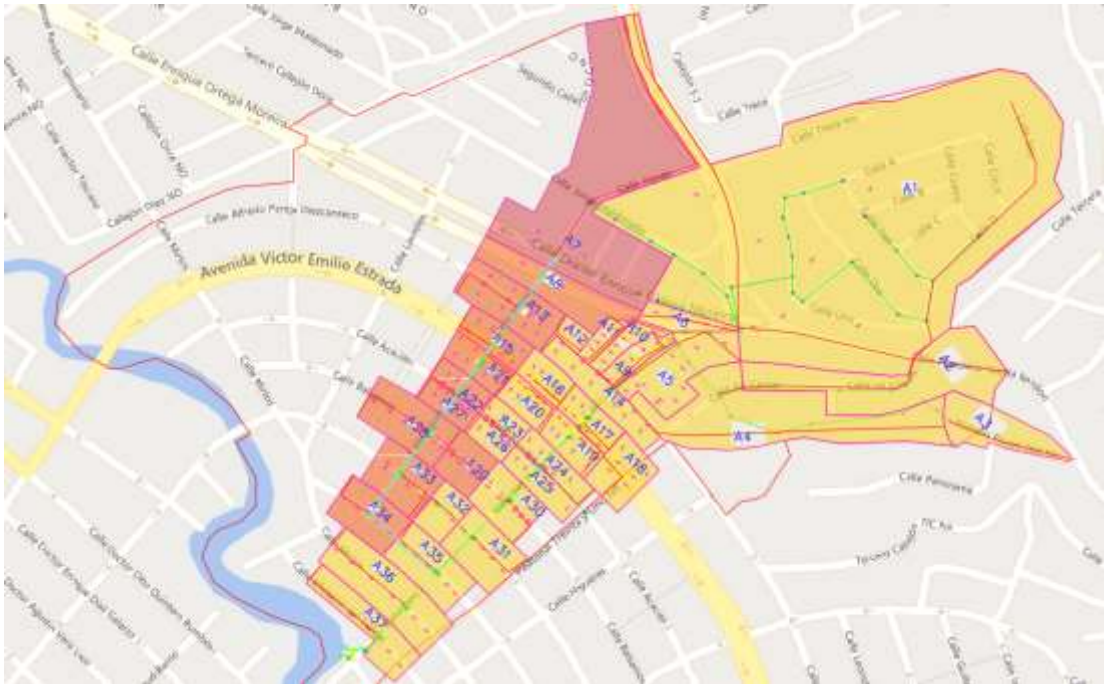
De los planos topográficos suministrados por EMAPAG y del trabajo en campo realizado se estimó el área total de aporte a este sistema. Es importante resaltar que toda esta microcuenca, como se mencionó en el capítulo 2, tiene 63 hectáreas y está conformada por dos colectores principales uno en la Ilanes y el otro en la calle Laureles. En la Ilustración 30, se puede observar el área de aporte al colector de la calle Ilanes que dan un total de 38.8 hectáreas que representarían el 61.2% del área de la microcuenca total.



**Ilustración 30. Área de aporte al colector principal de la calle Ilanes.**

Fuente. - Autor

Por último, se discretizó en pequeñas áreas de aporte la Ilustración 31 para poder diferenciar cuales pertenecen a Jiguas y cuales a Ilanes. Con esta información se va a poder realizar el nuevo rediseño y a su vez evaluar las condiciones actuales del sistema existente. En la Ilustración 31 se puede observar la subdivisión de áreas de aporte tanto para Ilanes como para Jiguas.

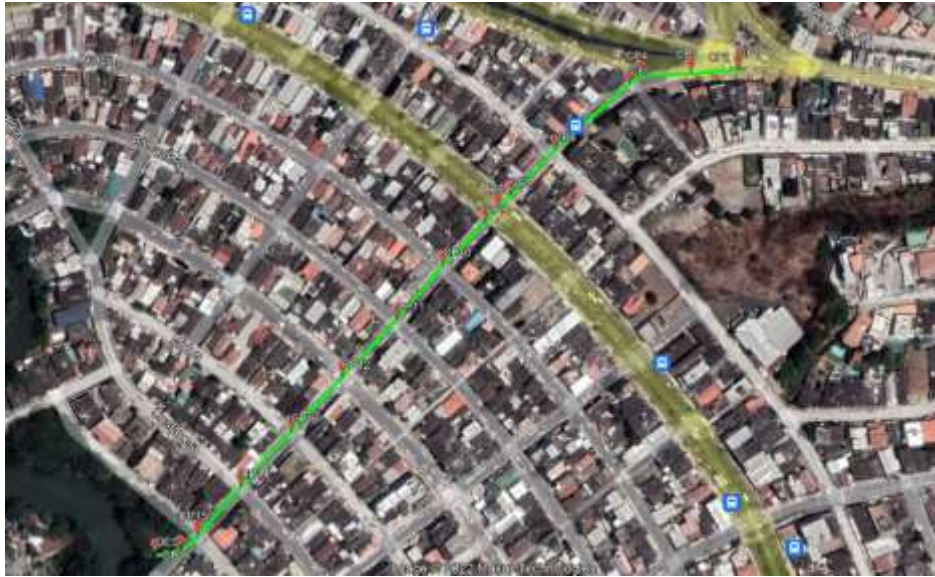


**Ilustración 31. Subdivisión de áreas de aporte de las calles Jiguas e Ilanes**

Fuente. - Autor

### ***3.1.2 Evaluación hidráulica de las condiciones actuales del sistema***

Con la información proporcionada en la sección anterior se realizó la evaluación hidráulica del sistema actual (Colector calle Ilanes), se utilizó la información proporcionada por EMAPAG, que cita a la empresa municipal de agua potable de Guayaquil. Además, se delimitó como punto de inicio del colector, la cámara que se encuentra en la intersección de las calles Av. Las Aguas y Dr. Enrique Ortega Moreira y como punto final la descarga en el estero salado en la calle Ilanes. En la Ilustración 32, se detalla la configuración del sistema actual y en la tabla 3 las etiquetas de las cámaras, el diámetro y material existentes de las tuberías y la pendiente de estas.



**Ilustración 32. Configuración del colector principal de AALL en la calle Ilanes.**

Fuente: Google Earth Pro, 2022

**Tabla 3. Configuración del colector principal de AALL en la calle Ilanes.**

TRAMO	LONGITUD	PENDIENTE	DIÁMETRO TUBERÍA (mm)	MATERIAL
CP1 - CP2	4.60	-9.33%	750	HA
CP2 - CP3	41.07	0.20%	750	HA
CP3 - CP4	30.78	0.41%	700	HA
CP4 - CP5	19.60	-0.05%	750	HS
CP5 - CP6	94.47	0.24%	750	HS
CP5 - CP6	94.47	0.24%	500	HS
CP6 - CP7	57.74	0.98%	850	HA
CP7 - CP8	14.95	0.20%	825	HA
CP8 - CP9	20.00	0.20%	825	HA
CP9 - CP10	52.10	0.20%	900	HA
CP10 - CP11	62.77	0.73%	900	HA
CP11 - CP12	67.36	0.07%	825	HA
CP12 - CP13	67.00	0.14%	800	HA
CP13 - CP14	60.66	0.18%	875	HA
CP14 - CP15	52.51	0.36%	900	HA
CP15 - CP16	24.00	-0.12%	840	HA
CP16 - DESCARGA	25.00		840	HA

Fuente: Emapag, 2022

En función de la información proporcionada sobre la configuración actual del colector y con la discretización de áreas de aporte, se pudo calcular el caudal de diseño con el método racional y posteriormente el análisis hidráulico, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4 y 5.

**Tabla 4. Cálculo de caudales de diseño del sistema actual**

RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Área Acum (Ha)	Coefficiente Escorrentía	Longitud tramo (m)	v acum (m/s)	T int (min)	T calac (min)	T acum (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal Diseño q (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Diseño q (L/s)
SITUACIÓN ACTUAL COLECTOR CALLE ILANES	CP1 - CP2	CP1	CP2	17.26	0.7	4.60	0.94	10.00	0.08	10.08	109.80	3.69	3,686.02
	CP2 - CP3	CP2	CP3	17.26	0.7	41.07	1.02	10.08	0.67	10.75	106.89	3.59	3,588.27
	CP3 - CP4	CP3	CP4	17.26	0.7	30.78	1.07	10.75	0.48	11.23	104.97	3.52	3,523.58
	CP4 - CP5	CP4	CP5	17.54	0.7	19.60	1.08	11.23	0.30	11.53	103.81	3.54	3,539.86
	CP5 - CP6 (500mm)	CP5	CP6	11.50	0.7	94.47	1.1	11.53	1.43	12.97	98.87	2.21	2,211.02
	CP5 - CP6 (750mm)	CP5	CP6	11.50	0.7	94.47	1.1	12.97	1.43	14.40	94.64	2.12	2,116.54
	CP6 - CP7	CP6	CP7	24.81	0.7	57.74	1.29	12.97	0.75	13.71	96.59	4.66	4,658.63
	CP7 - CP8	CP7	CP8	25.44	0.7	14.95	1.3	13.71	0.19	13.90	95.03	4.75	4,750.64
	CP8 - CP9	CP8	CP9	25.44	0.7	20.00	1.31	13.90	0.25	14.16	95.30	4.71	4,714.84
	CP9 - CP10	CP9	CP10	26.09	0.7	52.10	4.17	14.16	0.21	14.37	94.73	4.81	4,805.21
	CP10 - CP11	CP10	CP11	28.06	0.7	62.77	4.17	14.37	0.25	14.62	94.04	5.13	5,131.15
	CP11 - CP12	CP11	CP12	29.01	0.7	67.36	4.01	14.62	0.28	14.90	93.30	5.26	5,263.04
	CP12 - CP13	CP12	CP13	31.39	0.7	67.00	4.01	14.90	0.28	15.18	92.58	5.65	5,650.94
	CP13 - CP14	CP13	CP14	32.64	0.7	60.66	4.01	15.18	0.25	15.43	91.95	5.84	5,836.28
	CP14 - CP15	CP14	CP15	33.75	0.7	52.51	4.01	15.43	0.22	15.65	91.41	6.00	5,998.25
	CP15 - CP16	CP15	CP16	34.42	0.7	24.00	4.01	15.65	0.10	15.75	91.17	6.10	6,101.74
CP16 - Descarga	CP16	Descarga	34.42	0.7	25.00	4.01	14.90	0.10	15.00	93.03	6.23	6,226.29	

Fuente. – Autor.

**Tabla 5. Resultados del análisis hidráulico realizado para el colector de AALL de la calle Ilanes.**

Tramo	Cámara Inicial	Cámara Final	Caudal Diseño q (m <sup>3</sup> /s)	Diámetro (mm)	S (%)	Análisis a Tubo Lleno			Análisis a Tubo Parcialmente Lleno		Condición q/Q <= 1.07
						Rh (m)	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	q/Q		
CP1 - CP2	CP1	CP2	3.69	750	9.33%	0.19	-	-	-	-	CAMBIEN D o S
CP2 - CP3	CP2	CP3	3.59	750	0.20%	0.19	1.33	0.59	6.72	-	CAMBIEN D o S
CP3 - CP4	CP3	CP4	3.52	700	0.41%	0.18	1.82	0.70	5.55	-	CAMBIEN D o S
CP4 - CP5	CP4	CP5	3.54	750	-	0.05%	0.19	-	-	-	CAMBIEN D o S
CP5 - CP6 (500mm)	CP5	CP6	2.21	500	0.24%	0.13	1.11	0.22	10.11	-	CAMBIEN D o S
CP5 - CP6 (750mm)	CP5	CP6	2.12	750	0.24%	0.19	1.46	0.64	3.28	-	CAMBIEN D o S
CP6 - CP7	CP6	CP7	4.66	850	0.98%	0.21	3.20	1.82	2.56	-	CAMBIEN D o S
CP7 - CP8	CP7	CP8	4.75	825	0.20%	0.21	1.42	0.76	6.26	-	CAMBIEN D o S
CP8 - CP9	CP8	CP9	4.71	825	0.20%	0.21	1.42	0.76	6.21	-	CAMBIEN D o S
CP9 - CP10	CP9	CP10	4.81	900	0.20%	0.23	1.50	0.96	5.02	-	CAMBIEN D o S
CP10 - CP11	CP10	CP11	5.13	900	0.73%	0.23	2.87	1.83	2.81	-	CAMBIEN D o S



CP11 - CP12	CP11	CP12	5.26	825	0.07%	0.21	0.84	0.45	11.73	CAMBIEN D o S
CP12 - CP13	CP12	CP13	5.65	800	0.14%	0.20	1.16	0.58	9.66	CAMBIEN D o S
CP13 - CP14	CP13	CP14	5.84	875	0.18%	0.22	1.40	0.84	6.93	CAMBIEN D o S
CP14 - CP15	CP14	CP15	6.00	900	0.36%	0.23	2.02	1.28	4.67	CAMBIEN D o S
CP15 - CP16	CP15	CP16	6.10	840	-	0.12%	0.21	-	-	CAMBIEN D o S
CP16 - Descarga	CP16	Descarga	6.23	840	0.20%	0.21	1.44	0.80	7.82	CAMBIEN D o S

Fuente: Autor.

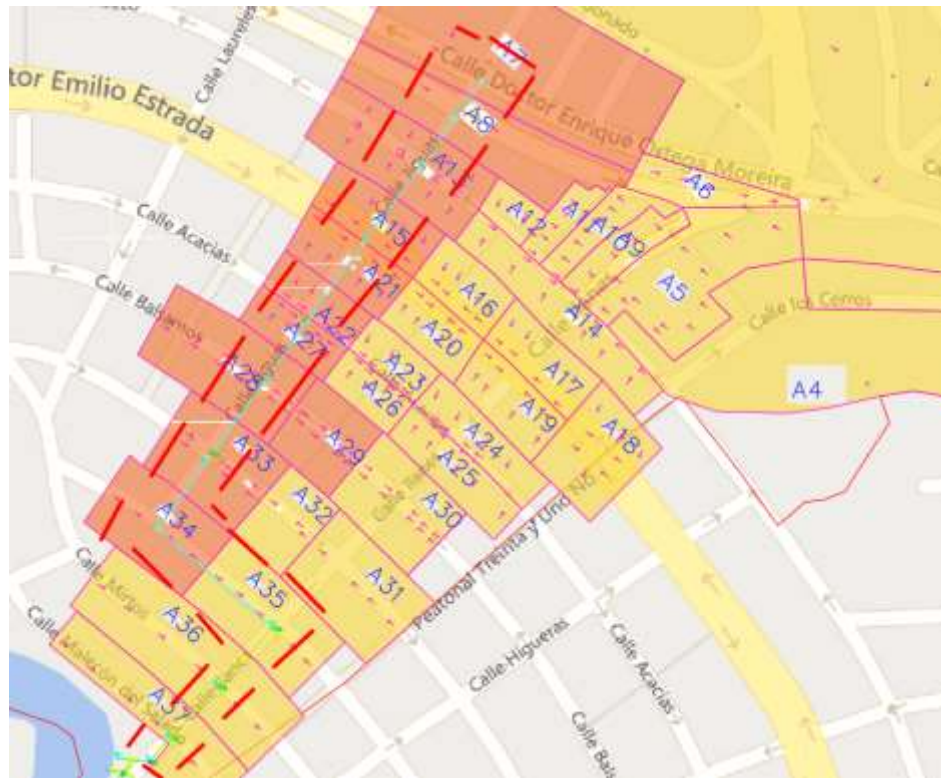
Del análisis realizado se puede resaltar las siguientes observaciones:

- Las pendientes de los tramos CP1 - CP2, CP4 - CP5 y CP15 - CP16 son negativas, por lo que la tubería estaría trabajando por rebose. Para efectos del análisis se consideró una pendiente positiva de acuerdo con el diseño actual.
- En todos los tramos del colector, no se cumple con la relación de caudales y por ende tampoco cumplirá con las condiciones de velocidad ( $q/Q \leq 1.07$  y  $v/V \leq 1.14$ ). Se evidencia que el sistema actual este sub dimensionado, que una lluvia con un tiempo de retorno de 5 años sobrepasa considerablemente la capacidad del sistema. Sin embargo, el análisis a profundidad de la calle Ilanes no es objeto de estudio del presente trabajo de titulación. Sin embargo, se va a realizar recomendaciones de mejora al respecto.

### ***3.1.3 Definición de trazado de la nueva red***

Ya conociendo la situación actual de la red, se pudo observar que en la intersección de la calle Doctor Enrique Ortega y Jiguas, carecen de elementos de captación de aguas lluvias tales como sumideros. En el funcionamiento actual, toda la escorrentía generada desde la calle Maldonado y Jiguas tiene que escurrir hasta la calle Víctor Emilio Estrada para poder ser captada. Son alrededor de 2 cuadras donde las pendientes de estas son relativamente bajas e irregulares, lo que provoca que el agua en vez de que escurra quede retenida y provoque inundaciones en lluvias torrenciales. Por tales motivos, el rediseño comprende la construcción de 8 cámaras en la calle Jiguas, desde la calle Doctor Enrique Ortega hasta la calle Mirtos. En la calle Enrique Ortega va a tener dos cámaras para captar la escorrentía proveniente de cada dirección del tráfico. Luego en cada intersección con Jiguas se va a construir

una cámara con sus respectivos sumideros y tirantes para el direccionamiento apropiados de las aguas lluvias. Este colector se va a unir a la calle Ilanes en Mirtos, por tales motivos el alcance del rediseño comprende el nuevo dimensionamiento de diámetros y pendientes del tramo de Ilanes hasta la descarga en el estero salado. En la Ilustración 33, se puede observar el trazado de la configuración antes descrita.



**Ilustración 33. Definición del nuevo trazado del colector de soporte en la calle Jiguas**

Fuente: Autor.

#### **3.1.4 Pre-dimensionamiento y análisis hidráulico**

Antes de realizar la modelación hidráulica se realizó un prediseño, utilizando la información de la estación pluviométrica del apartado 2.2.3, en la cual se detalle la ecuación de intensidad para distintos intervalos de tiempo. Se utilizó el método racional para estimar el caudal pico de diseño y se realizaron todas las relaciones hidráulicas descritas en la sección 2.3 para seleccionar la pendiente y el diámetro óptimo que permitan generar auto limpieza y que no superen las velocidades máximas permitidas. En el anexo B, memorias de cálculo, se encuentran las hojas de respaldo del pre-dimensionamiento realizado. En resumen, la tabla 6, muestra los

principales resultados en relación con el diámetro y pendiente seleccionada para el rediseño.

**Tabla 6. Resultados del pre-dimensionamiento del sistema**

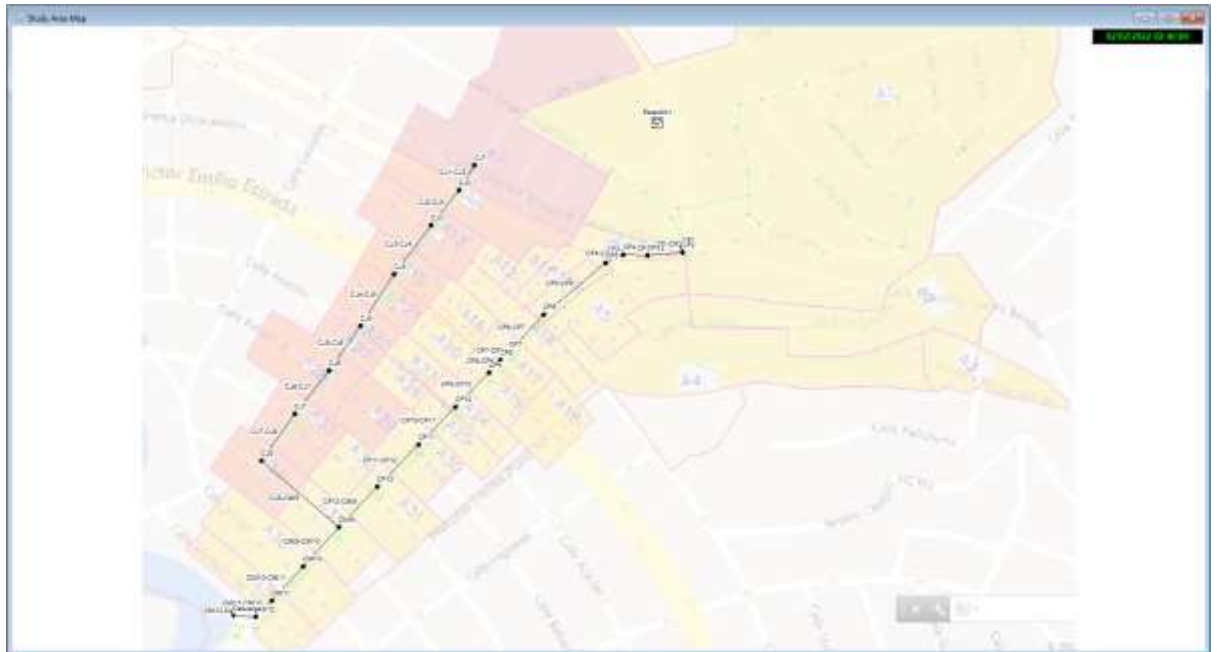
RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Caudal Diseño q(m <sup>3</sup> /s)	Diámetro (mm)	S (%)	Longitud (m)
COLECTOR JIGUAS-CONEXIÓN CON ILANES	CJ1-CJ2	CJ1	CJ2	1.106	1000	0.0025	36
	CJ2-CJ3	CJ2	CJ3	1.312	1000	0.003	44
	CJ3-CJ4	CJ3	CJ4	1.484	1000	0.003	72
	CJ4-CJ5	CJ4	CJ5	1.643	1200	0.0025	74
	CJ5-CJ6	CJ5	CJ6	1.743	1200	0.0025	58
	CJ6-CJ7	CJ6	CJ7	1.996	1200	0.0025	69
	CJ7-CJ8	CJ7	CJ8	2.099	1500	0.001	66
	CJ8-CMI9	CJ8	CMI9	2.148	1700	0.0006	114
	CMI9-CMI10	CMI9	CMI10	8.385	2000	0.003	61
	CMI10-CMI11	CMI10	CMI11	8.569	2000	0.003	53
	CMI11-CMI12	CMI11	CMI12	8.688	2000	0.003	24
	CMI12- Descarga	CMI12	Descar	8.652	2000	0.0025	25

Fuente. – Autor

En el anexo B, se encuentra con mayor detalle el análisis hidráulico realizado, con relación al cumplimiento de las condiciones de fuerza tractiva para generar auto limpieza y la comprobación de las otras relaciones hidráulicas.

### 3.2 Modelación del sistema

Con la información proporcionada del pre-dimensionamiento se va a realizar la modelación del sistema en el programa EPA SWMM v5.1, para comprobar el funcionamiento hidráulico del mismo. En la Ilustración 34 se muestra la digitalización del nuevo colector de la calle Jiguas que se conecta con Ilanes en Mirtos. En las secciones a continuación se detalla los parámetros que se ingresaron al programa en los nodos, conductos, áreas de aporte y las condiciones de frontera adoptadas, tales como la restricción en las descargas por las condiciones de marea en el estero salado. Finalmente se hace coincidir la lluvia máxima con el momento de pleamar del estero salado, para representar la condición crítica del nuevo modelo y ver los resultados obtenidos.



**Ilustración 34. Digitalización del sistema**

Fuente. - Autor

### 3.2.1 Nodos

**Tabla 7. Parámetros a ingresar en los nodos del modelo**

Junction	Invert El. (m)	Max depth (m)	Initial		
			depth	Surcharge depth	
CJ1	1.72	3.44	0	0	0
CJ2	1.65	3.35	0	0	0
CJ3	1.52	3.22	0	0	0
CJ4	1.30	3.20	0	0	0
CJ5	1.15	3.02	0	0	0
CJ6	1.10	2.87	0	0	0
CJ7	0.83	3.00	0	0	0
CJ8	0.73	3.13	0	0	0
CMI9	0.37	3.37	0	0	0
CMI10	0.27	3.27	0	0	0
CMI11	0.19	3.19	0	0	0
CMI12	0.16	3.16	0	0	0
Descarga	0.15	0.00			

Fuente. – Autor

### 3.2.2 Tuberías

**Tabla 8. Parámetros a ingresar en los conductos del modelo**

Conduit	Inlet node	Outlet Node	Shape	Max depth	Lenght	Roughness	Inlet offset	Outlet offset
CJ1-CJ2	CJ1	CJ2	Circular	1	36	0.013	0	0
CJ2-CJ3	CJ2	CJ3	Circular	1	44	0.013	0	0
CJ3-CJ4	CJ3	CJ4	Circular	1	72	0.013	0	0
CJ4-CJ5	CJ4	CJ5	Circular	1.2	74	0.013	0	0
CJ5-CJ6	CJ5	CJ6	Circular	1.2	58	0.013	0	0
CJ6-CJ7	CJ6	CJ7	Circular	1.2	69	0.013	0	0
CJ7-CJ8	CJ7	CJ8	Circular	1.5	66	0.013	0	0
CJ8-CMI9	CJ8	CMI9	Circular	1.7	114	0.013	0	0
CMI9-CMI10	CMI9	CMI10	Circular	2	61	0.013	0	0
CMI10-CMI11	CMI10	CMI11	Circular	2	53	0.013	0	0
CMI11-CMI12	CMI11	CMI12	Circular	2	24	0.013	0	0
CMI12- Descarga	CMI12	Descar	Circular	2	25	0.013	0	0

Fuente. - Autor

### 3.2.3 Cuencas de aporte

**Tabla 9. Parámetros a ingresar en los conductos del modelo**

Subcatchment	Rain Gage	Outlet	Area (Ha)	Width(m)	%Slope	%Imperv	N-Imperv	N-perv	Dstore-Imperv	Dsrotr-Perv	%Zero Imperv	Subarea routing	Percent routed	Infiltration Data	Curve Number	Drying Time
1-AC	Estación 1	CMI9	29.27	314	1.5	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
2-A7	Estación 1	CJ1	1.93	144	1.6	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
3-A8	Estación 1	CJ2	0.84	85	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
4-A13	Estación 1	CJ3	0.78	93	1.2	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
5-A15	Estación 1	CJ4	0.39	93	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
6-A21	Estación 1	CJ4	0.36	91	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
7-A22	Estación 1	CJ5	0.25	57	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
8-A27	Estación 1	CJ5	0.28	58	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
9-A28	Estación 1	CJ6	0.77	83	0.5	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
10-A29	Estación 1	CJ6	0.4	124	0.5	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
11-A33	Estación 1	CJ7	0.61	119	0.66	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
14-A34	Estación 1	CJ8	0.58	117	0.4	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
15-A36	Estación 1	CMI10	1.10	88	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7
16-A37	Estación 1	CMI11	0.67	58	1	90	0.025	0.03	2.54	5.08	25	outlet	100	CURVE_NUMBER	80	7

Fuente. - Autor

### 3.2.4 Condiciones de frontera del modelo

Las condiciones de frontera del modelo hacen referencia a las restricciones de las descargas. Esto se da debido al efecto de la marea en el estero salado. En la tabla 10, se muestra los niveles de la marea del estero salado en un intervalo de 12 horas y media. Para efectos de simular la condición más crítica en el diseño se hizo coincidir la pleamar con la precipitación máxima del hietograma de diseño correspondiente a lluvia de dos horas con un tiempo de retorno de 10 años.

**Tabla 10. Condiciones de marea del estero salado**

H:M	hora	Intervalo de tiempo	cota (msnm)
0:00	0.000		1.92
0:10	0.167	10.00	1.97
0:20	0.333	20.00	2.01
0:30	0.500	30.00	2.05
0:40	0.667	40.00	2.10
0:50	0.833	50.00	2.14
1:00	1.000	60.00	2.19
1:10	1.167	70.00	2.24
1:20	1.333	80.00	2.29
1:30	1.500	90.00	2.33
1:40	1.667	100.00	2.36
1:50	1.833	110.00	2.38
2:00	2.000	120.00	2.30
2:10	2.167	130.00	2.29
2:20	2.333	140.00	2.25
2:30	2.500	150.00	2.17
2:40	2.667	160.00	2.06
2:50	2.833	170.00	1.92
3:00	3.000	180.00	1.74
3:10	3.167	190.00	1.52
3:20	3.333	200.00	1.28
3:30	3.500	210.00	1.02
3:40	3.667	220.00	0.74
3:50	3.833	230.00	0.45
4:00	4.000	240.00	0.16
4:10	4.167	250.00	-0.12
4:20	4.333	260.00	-0.39
4:30	4.500	270.00	-0.63
4:40	4.667	280.00	-0.85
4:50	4.833	290.00	-1.04
5:00	5.000	300.00	-1.20
5:10	5.167	310.00	-1.32

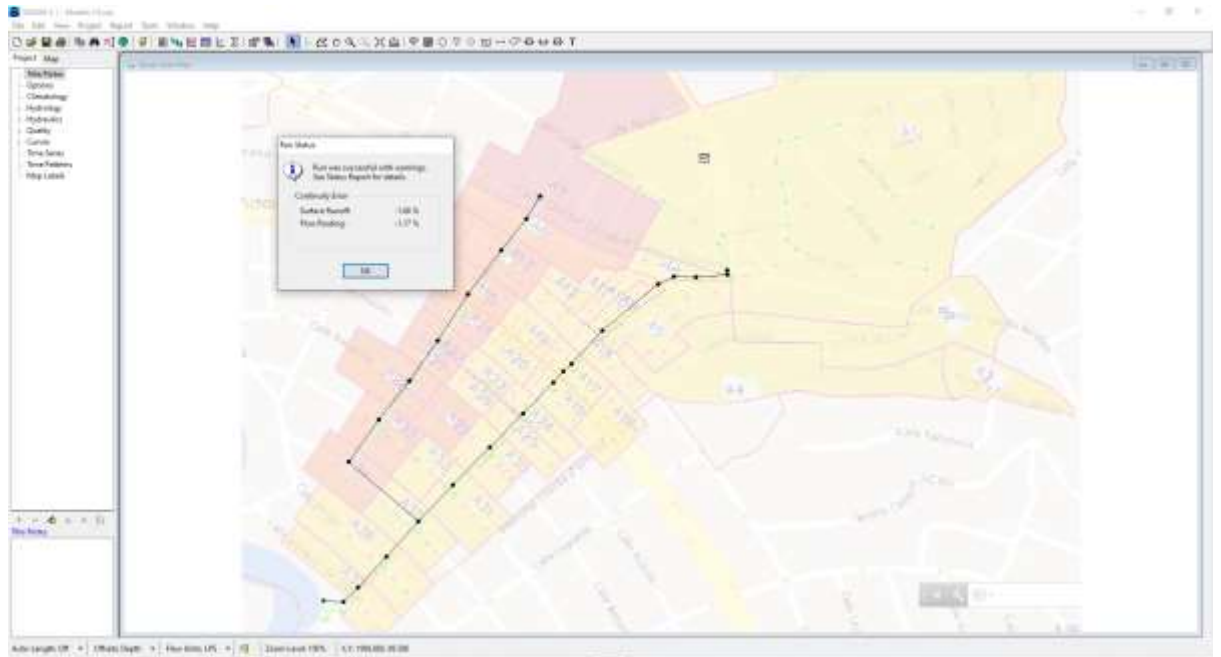
5:20	5.333	320.00	-1.42
5:30	5.500	330.00	-1.50
5:40	5.667	340.00	-1.56
5:50	5.833	350.00	-1.61
6:00	6.000	360.00	-1.66
6:10	6.167	370.00	-1.71
6:20	6.333	380.00	-1.78
6:30	6.500	390.00	-1.86
6:40	6.667	400.00	-1.95
6:50	6.833	410.00	-2.06
7:00	7.000	420.00	-2.16
7:10	7.167	430.00	-2.26
7:20	7.333	440.00	-2.33
7:30	7.500	450.00	-2.38
7:40	7.667	460.00	-2.39
7:50	7.833	470.00	-2.36
8:00	8.000	480.00	-2.28
8:10	8.167	490.00	-2.16
8:20	8.333	500.00	-1.99
8:30	8.500	510.00	-1.79
8:40	8.667	520.00	-1.57
8:50	8.833	530.00	-1.33
9:00	9.000	540.00	-1.09
9:10	9.167	550.00	-0.85
9:20	9.333	560.00	-0.62
9:30	9.500	570.00	-0.40
9:40	9.667	580.00	-0.20
9:50	9.833	590.00	0.00
10:00	10.000	600.00	0.18
10:10	10.167	610.00	0.35
10:20	10.333	620.00	0.51
10:30	10.500	630.00	0.67
10:40	10.667	640.00	0.82
10:50	10.833	650.00	0.96
11:00	11.000	660.00	1.09
11:10	11.167	670.00	1.21
11:20	11.333	680.00	1.32
11:30	11.500	690.00	1.42
11:40	11.667	700.00	1.51
11:50	11.833	710.00	1.60
12:00	12.000	720.00	1.68
12:10	12.167	730.00	1.74
12:20	12.333	740.00	1.81
12:30	12.500	750.00	1.86

Fuente. – Plan Maestro Interagua.



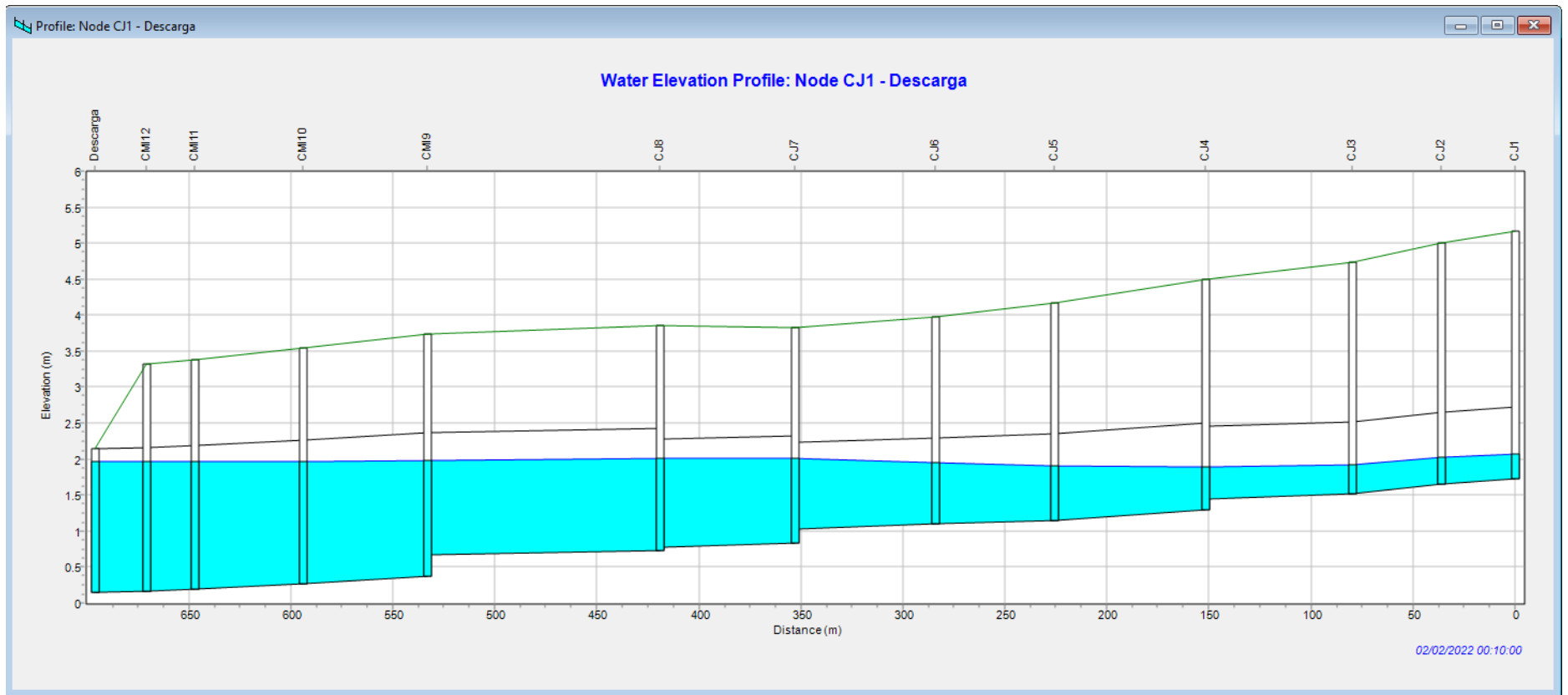
### 3.2.5 Resultados de la modelación

Al realizar la simulación, el programa muestra el porcentaje de error para la escorrentía superficial y el ruteo del flujo. En el primer parámetro da un error del -1.88% y en el segundo -1.17%, lo cual se considera valores adecuados, ya que no superan el 10% de margen de error. En la Ilustración 35, se evidencia lo antes mencionado.

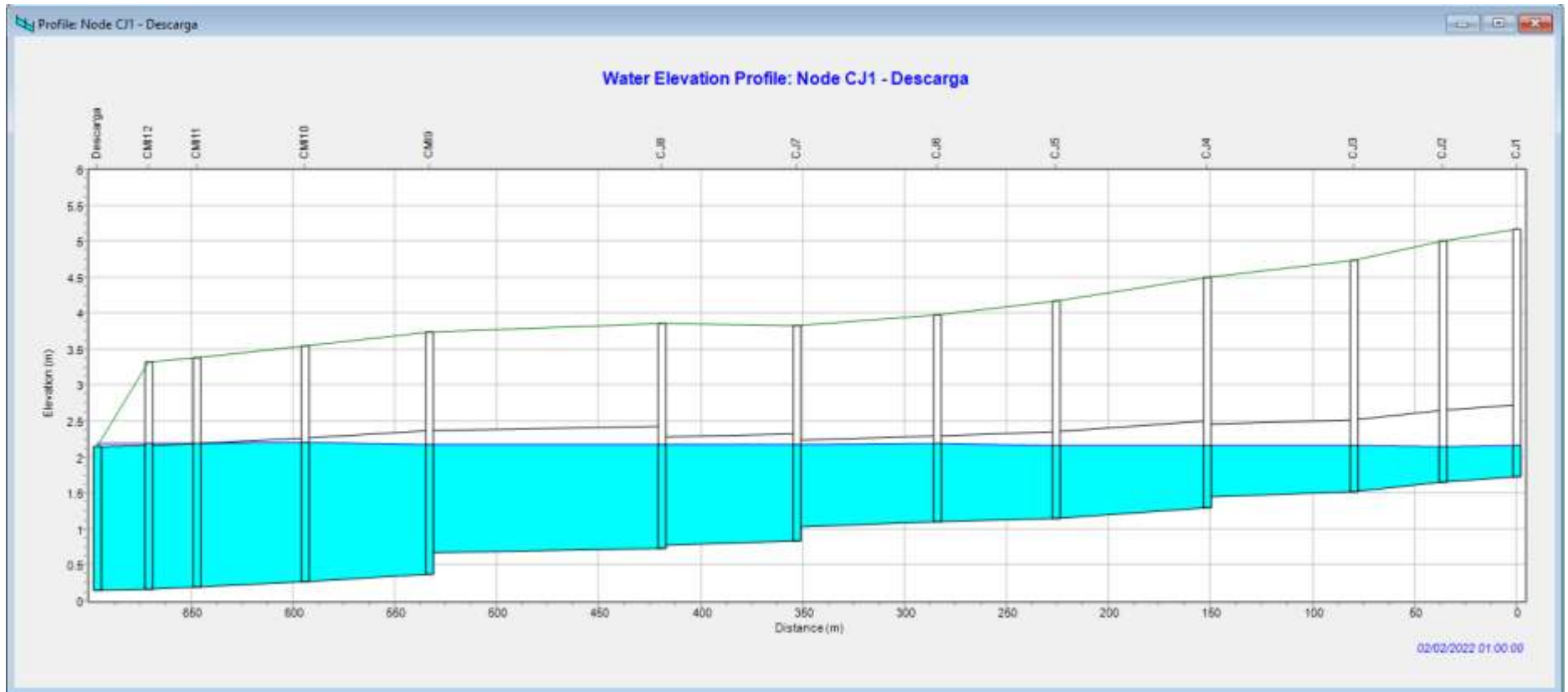


**Ilustración 35. Márgenes de error en la simulación del modelo.**

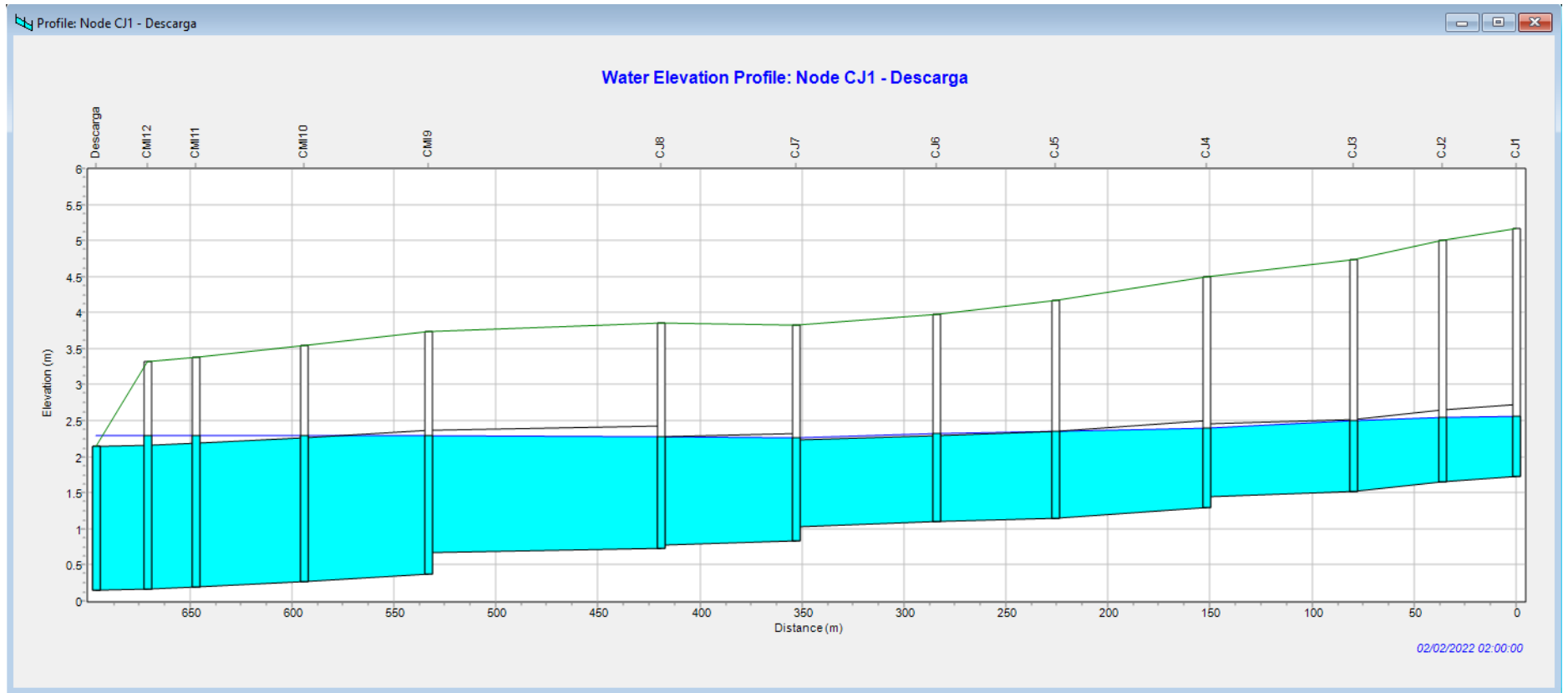
Fuente. – Autor



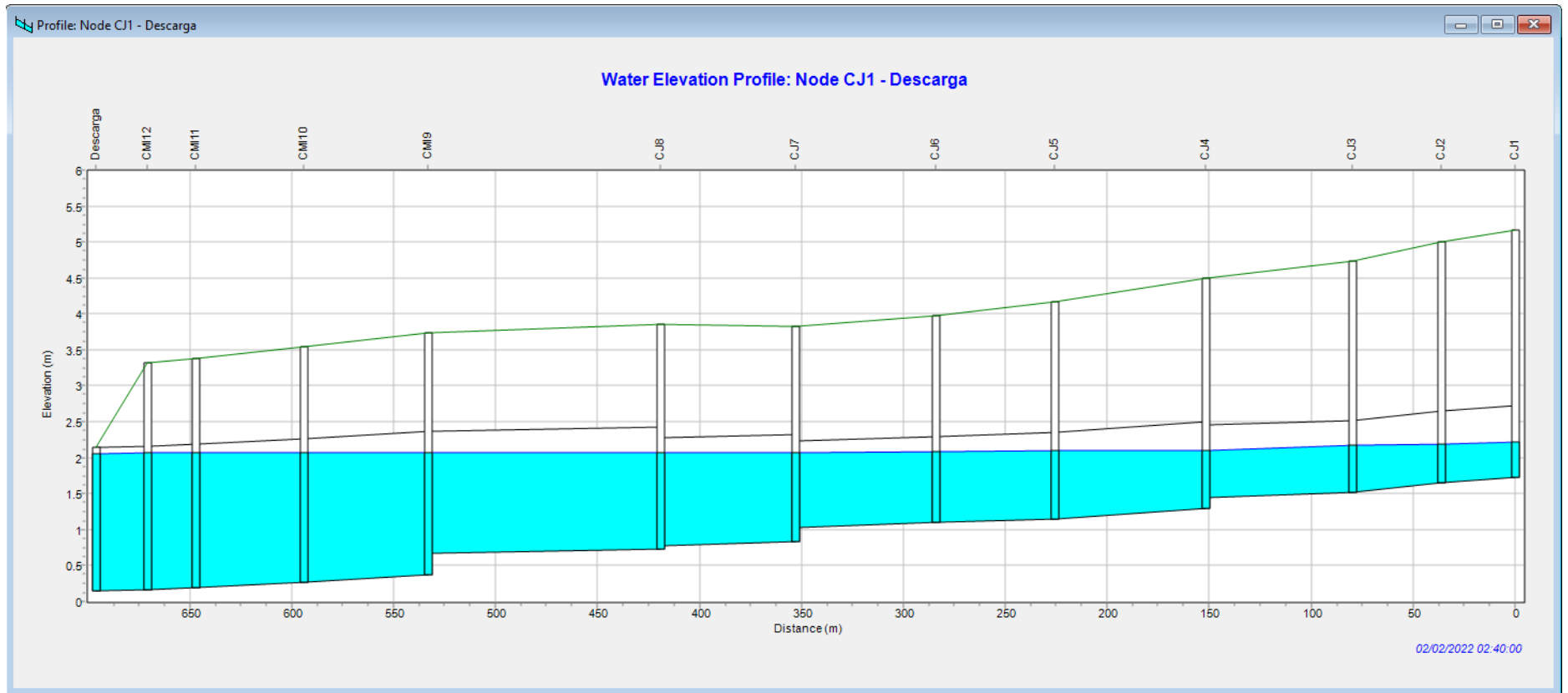
**Ilustración 36. Inicio de la simulación con efecto de marea**



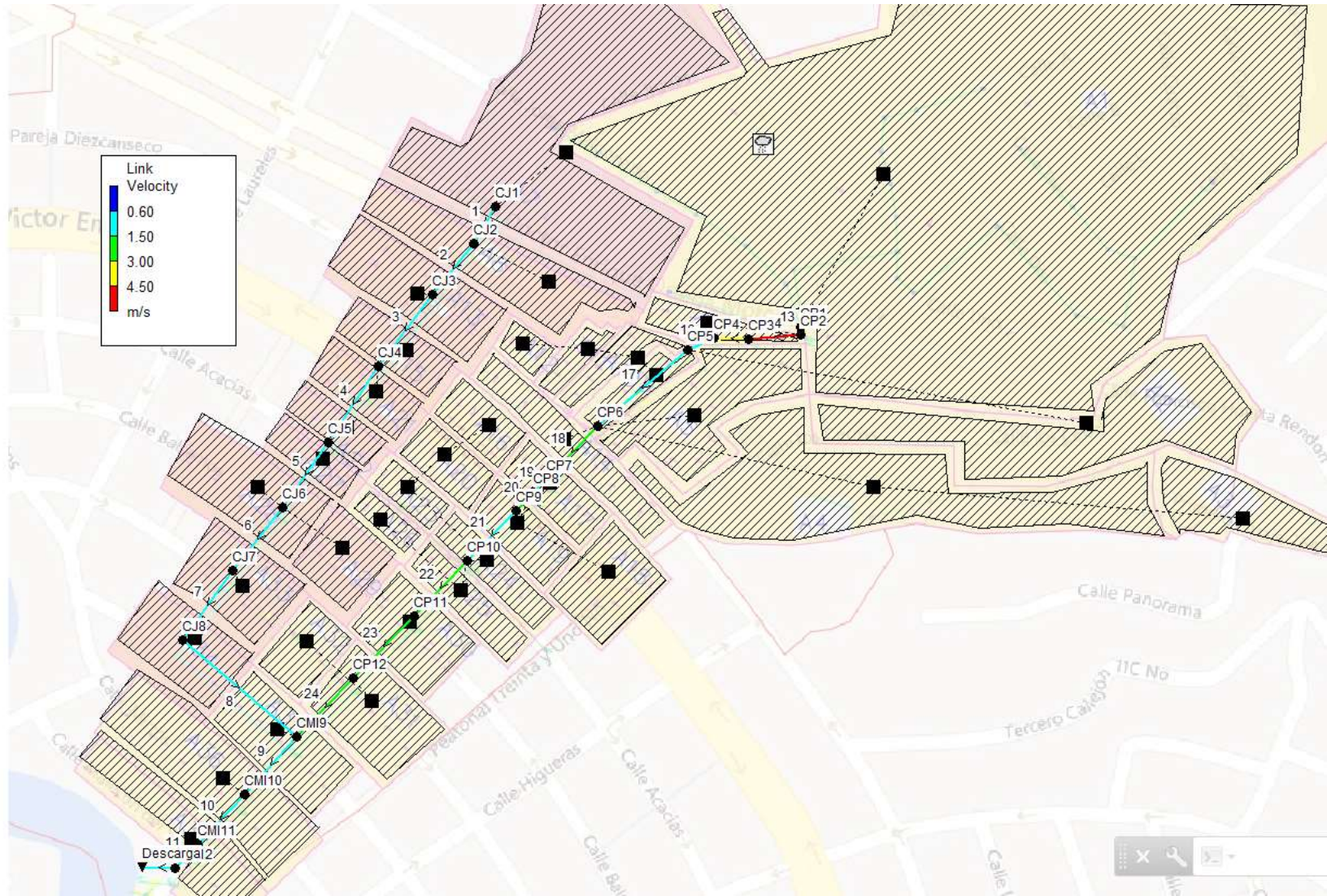
**Ilustración 37. Inicio de la lluvia en la simulación**



**Ilustración 38. Condición crítica precipitación máxima y pleamar**



**Ilustración 39. Final de lluvia en la modelación**



**Ilustración 40. Mapa de velocidades en condiciones de pleamar y precipitación máxima**

### 3.2.6 Comparación de caudales máximos.

Como podemos observar en la tabla 11, esos son los caudales máximos del colector actual que atraviesa la calle Ilanes y la tabla 12 los caudales máximos de Ilanes, pero con el nuevo colector que atraviesa la calle Jiguas y claramente se puede notar como estos caudales mencionados al último disminuyen, esto ocurre ya que al diseñar el nuevo colector las áreas de aporte disminuyen en Ilanes y pasan a formar parte de Jiguas lo que genera una disminución del 42% del caudal máximo de Ilanes.

**Tabla 11. Resumen de caudales máximos de la modelación actualmente en Ilanes.**

Summary Results			
Topic: Node Inflow		Click a column header to sort	
Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS
CP1	JUNCTION	4310.70	10162.33
CP2	JUNCTION	109.97	10168.84
CP3	JUNCTION	0.00	2543.74
CP4	JUNCTION	0.00	2043.83
CP5	JUNCTION	590.36	1480.23
CP6	JUNCTION	1738.75	2421.77
CP7	JUNCTION	0.00	1917.69
CP8	JUNCTION	346.64	1269.61
CP9	JUNCTION	0.00	1410.45
CP10	JUNCTION	1840.30	1840.30
CP11	JUNCTION	249.22	1813.76
CP12	JUNCTION	734.30	1555.25

**Tabla 12. Resumen de caudales máximos de la modelación en Ilanes, pero con el nuevo colector que pasa por Jiguas.**

Summary Results			
Topic: Node Inflow		Click a column header to so	
Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS
CP1	JUNCTION	4310.70	4310.70
CP2	JUNCTION	109.97	2710.66
CP3	JUNCTION	0.00	2152.39
CP4	JUNCTION	0.00	1741.55
CP5	JUNCTION	590.36	989.99
CP6	JUNCTION	1738.75	2319.80
CP7	JUNCTION	0.00	1622.66
CP8	JUNCTION	346.64	1247.63
CP9	JUNCTION	0.00	1248.69
CP10	JUNCTION	475.32	1375.79
CP11	JUNCTION	249.22	1437.09
CP12	JUNCTION	334.43	1494.34



### 3.3 Gestión de Obra Civil

Nro.	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	<b>OBRAS CIVILES</b>				<b>67,306.60</b>
	<b>PAVIMENTO</b>				<b>67,306.60</b>
1	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLADO EN PLANTA (INC. IMPRIMACIÓN)	M3	222.56	192.38	42,816.09
2	BASE CLASE I (INC. TRANSPORTE)	M3	667.68	36.68	24,490.50
	<b>OBRAS SANITARIAS</b>				<b>925,892.63</b>
	<b>CAMARAS DE INSPECCION</b>				<b>17,773.88</b>
3	REPLANTILLO E=0,05. F'C=140KG/CM2.	M2	208.04	7.03	1,462.52
4	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C= 350KG/CM2 INC. ENCOFRADO E INHIBIDOR DE CORROSIÓN	M3	33.00	253.00	8,349.00
5	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG	2,280.00	2.32	5,289.60
6	SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36	KG	24.48	5.84	142.96
7	JUNTAS DE DILATACION PVC 180 CM	M	130.00	19.46	2,529.80
	<b>COLECTOR JIGUAS</b>				<b>908118.75</b>
8	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	M3	6,190.21	3.50	21,665.74
9	CAMA DE ARENA	M3	2,421.31	19.73	47,772.45
10	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO AL 95% DE PM (INC. TRANSPORTE)	M3	1,816.19	11.59	21,049.64
11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBOS DE PVC-NF=315 MM.	M	288.32	56.93	16,414.06
12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. Ø=40". (INC. SELLADO DE JUNTAS Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD)	M	152.50	549.72	83,832.30
13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. Ø=48". (INC. SELLADO DE JUNTAS Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD)	M	202.50	801.46	162,295.65
14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. Ø=60". (INC. SELLADO DE JUNTAS Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD)	M	67.50	1,101.76	74,368.80
15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. Ø=72". (INC. SELLADO DE JUNTAS Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD)	M	114.00	1,341.21	152,897.94
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. Ø=80". (1000mm) (INC. SELLADO DE JUNTAS Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD)	M	163.00	1,708.17	278,431.71
17	ENTIBADO (TABLESTACADO METALICO)	M2	1,956.01	17.90	35,012.58
18	SUMIDERO DOBLE DE HORMIGÓN SIMPLE (INC. REJILLA DE HO. Y EXCAVACIÓN)	U	45.00	245.89	11,065.05
19	SUMINISTRO E INSTALACION DE TAPA HIERRO DUCTIL D=600MM 400KN	U	12.00	276.07	3,312.84
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 993,199.23</b>

PRECIO TOTAL DE LA OFERTA:

993,199.23 , sin IVA.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones.**

- Proyectar un colector en la calle Jiguas paralelo a la calle Ilanes alivia hidráulicamente al sistema anterior ya que evita un tránsito de caudal importante. Alrededor de 12 hectáreas de drenaje, que representan un 30.5% de reducción de escorrentía.
- La intersección de la calle Doctor Enrique Ortega y Jiguas, carecen de elementos de captación de aguas lluvias tales como sumideros.
- Es evidente que la infraestructura actual del sistema de agua lluvias de la calle Ilanes se encuentra subdimensionada en relación con las condiciones actuales del entorno. Probablemente cuando se diseñaron estos sistemas el crecimiento demográfico en las zonas altas de Mapasingue y lomas de Urdesa no se encontraba desarrollado. Es decir, esas áreas estaban conformadas por vegetación y árboles que ayudaban a la infiltración del agua lluvia.
- El colector tiene un costo aproximado de \$ 993,199.23 USD.

### **4.2 Recomendaciones.**

- Se recomienda mantener limpios los sumideros haciendo una concienciación a los habitantes y visitantes del sector ya que es una zona comercial y residencial.
- Repotenciar el colector de Ilanes ya que es un sistema con más de 50 años y por lo tanto ya cumplió su vida útil.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Bajaña, A. (2021). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/lo-importante-aqui-es-como-responde-la-ciudad-cuando-se-inunda-dice-la-alcaldesa-cynthia-viteri-nota/>
- CELINA. (2021). Obtenido de <https://www.celina-tx.gov/1090/Storm-water>
- EMMAP. (2009). *ECP*. Obtenido de [https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf)
- EPA. (2004). Obtenido de <https://www.epa.gov/>
- EPA. (2021). Obtenido de <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
- Fabre, J. (2017). Obtenido de <https://twitter.com/xfabre>
- Manual de Usuario SWMM 5.1. (2015). *EPA*. Obtenido de [https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)
- Méllice y Reason. (2007). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112011000300003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112011000300003)
- Normas de diseño Alcantarrillado Pluvial. (2022). *INTERAGUA*. Obtenido de [https://www.interagua.com.ec/?utm\\_source=google&utm\\_medium=traffic&utm\\_campaign=marca&utm\\_term=google-interagua&utm\\_content=lettera&utm\\_term=empresa%20interagua&utm\\_campaign=Julio+2021+-+Search+-+Always+On&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=4391638](https://www.interagua.com.ec/?utm_source=google&utm_medium=traffic&utm_campaign=marca&utm_term=google-interagua&utm_content=lettera&utm_term=empresa%20interagua&utm_campaign=Julio+2021+-+Search+-+Always+On&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4391638)
- PLAN MAESTRO DE INTERAGUA. (2022). Obtenido de [https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/planes-programas/tomo\\_i.pdf](https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/planes-programas/tomo_i.pdf)
- SIAPA. (2014). Obtenido de [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_3.\\_alcantarillado\\_pluvial.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO A: Fotográfico



**Imagen 1. Víctor Emilio Estrada y Jiguas Inundadas**



**Imagen 2. Calle Alfredo Pareja y Jiguas.**

## ANEXO B: Memorias De Cálculo

Áreas de Drenaje	m2	Ha	Tipo de Drenaje
Area 1	150710.64	15.07	Cuneta a Sumideros
Area 2	18682.908	1.87	Cuneta a Sumideros
Area 3	7229.907	0.72	Cuneta a Sumideros
Area 4	23914.41	2.39	Cuneta a Sumideros
Area 5	9242.446	0.92	Cuneta a Sumideros
Area 6	2730.65	0.27	Cuneta a Sumideros
Area 7	41984.068	4.20	Cuneta a Sumideros
Area 8	8448.718	0.84	Cuneta a Sumideros
Area 9	2541.39	0.25	Cuneta a Sumideros
Area 10	2287.657	0.23	Cuneta a Sumideros
Area 11	1586.278	0.16	Cuneta a Sumideros
Area 12	1354.107	0.14	Cuneta a Sumideros
Area 13	7807.175	0.78	Cuneta a Sumideros
Area 14	5846.7	0.58	Cuneta a Sumideros
Area 15	3909.824	0.39	Cuneta a Sumideros
Area 16	2937.734	0.29	Cuneta a Sumideros
Area 17	3430.24	0.34	Cuneta a Sumideros
Area 18	5205.331	0.52	Cuneta a Sumideros
Area 19	3551.079	0.36	Cuneta a Sumideros
Area 20	2909.041	0.29	Cuneta a Sumideros
Area 21	3633.775	0.36	Cuneta a Sumideros
Area 22	2497.9	0.25	Cuneta a Sumideros
Area 23	2042.177	0.20	Cuneta a Sumideros
Area 24	3400.434	0.34	Cuneta a Sumideros
Area 25	3599.912	0.36	Cuneta a Sumideros
Area 26	2008.689	0.20	Cuneta a Sumideros
Area 27	2532.006	0.25	Cuneta a Sumideros
Area 28	7719.745	0.77	Cuneta a Sumideros
Area 29	3954.145	0.40	Cuneta a Sumideros
Area 30	5544.757	0.55	Cuneta a Sumideros
Area 31	6608.638	0.66	Cuneta a Sumideros
Area 32	3393.654	0.34	Cuneta a Sumideros
Area 33	6074.377	0.61	Cuneta a Sumideros
Area 34	5832.877	0.58	Cuneta a Sumideros
Area 35	6697.607	0.67	Cuneta a Sumideros
Area 36	11030.346	1.10	Cuneta a Sumideros
Area 37	6733.372	0.67	Cuneta a Sumideros

**Tabla 1. Áreas de aporte.**

RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	AREAS DE APORTE	Area Acum (Ha)	Coefficiente Escorrentia	Longitud tramo (m)	v asum (m/s)	v analisis hidraulico (m/s)	T ini (min)	T colec (min)	T acum (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal Diseño q(m3/s)	Caudal Diseño q(L/s)
COLECTOR JIGUAS- CONEXIÓN CON ILANEZ	CJ1-CJ2	CJ1	CJ2	A7	4.20	0.75	36	2.02	1.73	10.00	0.30	10.30	126.50	1.106432616	1106.43
	CJ2-CJ3	CJ2	CJ3	A7+A8	5.04	0.75	44	2.24	1.91	10.30	0.33	10.62	124.86	1.311850232	1311.85
	CJ3-CJ4	CJ3	CJ4	A7+A8+A13	5.82	0.75	72	2.26	1.93	10.62	0.53	11.16	122.34	1.484427547	1484.43
	CJ4-CJ5	CJ4	CJ5	A7+A8+A13+A15+A21	6.58	0.75	74	2.24	1.93	11.16	0.55	11.71	119.91	1.643345555	1643.35
	CJ5-CJ6	CJ5	CJ6	A7+A8+A13+A15+A21+A22+A27	7.08	0.75	58	2.27	1.95	11.71	0.43	12.13	118.14	1.742830582	1742.83
	CJ6-CJ7	CJ6	CJ7	A28+A29	8.25	0.75	69	2.31	1.97	12.13	0.50	12.63	116.17	1.996376207	1996.38
	CJ7-CJ8	CJ7	CJ8	A28+A29+A33	8.86	0.75	66	1.68	1.44	12.63	0.65	13.28	113.75	2.09867915	2098.68
	CJ8-CMI9	CJ8	CMI9	A28+A29+A33+A34	9.44	0.75	114	1.4	1.20	13.28	1.36	14.64	109.23	2.14796979	2147.97
	CMI9-CMI10	CMI9	CMI10	A28+A29+A33+A34+A35+AC	37.19	0.75	61	3.14	3.03	14.64	0.32	14.97	108.23	8.38471104	8384.71
	CMI10-CMI11	CMI10	CMI11	A28+A29+A33+A34+A35+A36+AC	38.29	0.75	53	3.27	3.03	14.97	0.27	15.24	107.43	8.56925393	8569.25
	CMI11-CMI12	CMI11	CMI12	A28+A29+A33+A34+A35+A36+A3	38.96	0.75	24	2.94	3.04	15.24	0.14	15.37	107.03	8.687680187	8687.68
	CMI12-Descarga	CMI12	Descar		38.96	0.75	25	2.7	2.81	15.37	0.15	15.53	106.59	8.651560561	8651.56

**Tabla 2. Predimensionamiento - Estimación de Caudal de Diseño.**

RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Caudal Diseño	Diámetro (mm)	S(%)	Análisis a Tubo Lleno			Análisis a Tubo Parcialmente Lleno												
							Rh (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	q/Q	d/D	Teta	a/A	v/V	v(m/s)	r/R	r(m)	a(m)	p(m)	T(m)	Fuerza	Auto
COLECTOR JIGUAS- CONEXIÓN CON ILANEZ	CJ1-CJ2	CJ1	CJ2	1.106433	1000	0.2500%	0.25	1.53	1.20	0.923	0.76	4.23	0.814	1.13	1.73	1.209	0.302	0.6391	2.114	0.856	7.41	si
	CJ2-CJ3	CJ2	CJ3	1.311850	1000	0.3000%	0.25	1.67	1.31	0.999	0.82	4.52	0.876	1.14	1.91	1.217	0.304	0.6877	2.260	0.772	8.95	si
	CJ3-CJ4	CJ3	CJ4	1.484428	1000	0.3000%	0.25	1.67	1.31	1.13	0.94	5.32	0.977	1.16	1.93	1.154	0.289	0.7676	2.659	0.464	8.49	si
	CJ4-CJ5	CJ4	CJ5	1.643346	1200	0.2500%	0.30	1.72	1.95	0.843	0.70	3.98	0.752	1.12	1.93	1.187	0.356	0.8501	2.388	1.096	8.72	si
	CJ5-CJ6	CJ5	CJ6	1.742831	1200	0.2500%	0.30	1.72	1.95	0.894	0.74	4.13	0.791	1.13	1.95	1.202	0.361	0.8944	2.479	1.056	8.84	si
	CJ6-CJ7	CJ6	CJ7	1.996376	1200	0.2500%	0.30	1.72	1.95	1.024	0.84	4.64	0.896	1.14	1.97	1.215	0.365	1.0138	2.781	0.881	8.93	si
	CJ7-CJ8	CJ7	CJ8	2.098679	1500	0.1000%	0.38	1.26	2.24	0.939	0.77	4.28	0.826	1.14	1.44	1.212	0.455	1.4604	3.212	1.262	4.46	si
	CJ8-CMI9	CJ8	CMI9	2.147970	1700	0.0600%	0.43	1.07	2.42	0.888	0.73	4.11	0.786	1.13	1.20	1.201	0.510	1.7852	3.498	1.503	3.00	si
	CMI9-CMI10	CMI9	CMI10	8.384711	2000	0.3000%	0.50	2.65	8.34	1.006	0.82	4.55	0.881	1.14	3.03	1.217	0.608	2.7680	4.549	1.525	17.89	si
	CMI10-CMI11	CMI10	CMI11	8.569254	2000	0.3000%	0.50	2.65	8.34	1.028	0.84	4.65	0.899	1.14	3.03	1.215	0.607	2.8254	4.653	1.456	17.85	si
	CMI11-CMI12	CMI11	CMI12	8.687680	2000	0.3000%	0.50	2.65	8.34	1.042	0.86	4.72	0.911	1.14	3.04	1.212	0.606	2.8620	4.724	1.406	17.81	si
	CMI12-Descarga	CMI12	Descar	8.651561	2000	0.2500%	0.50	2.42	7.61	1.137	0.95	5.38	0.981	1.16	2.81	1.146	0.573	3.0822	5.378	0.875	14.04	si

**Tabla 3. Predimensionamiento – Análisis Hidráulico.**

## ANEXO C: Perfiles Longitudinales

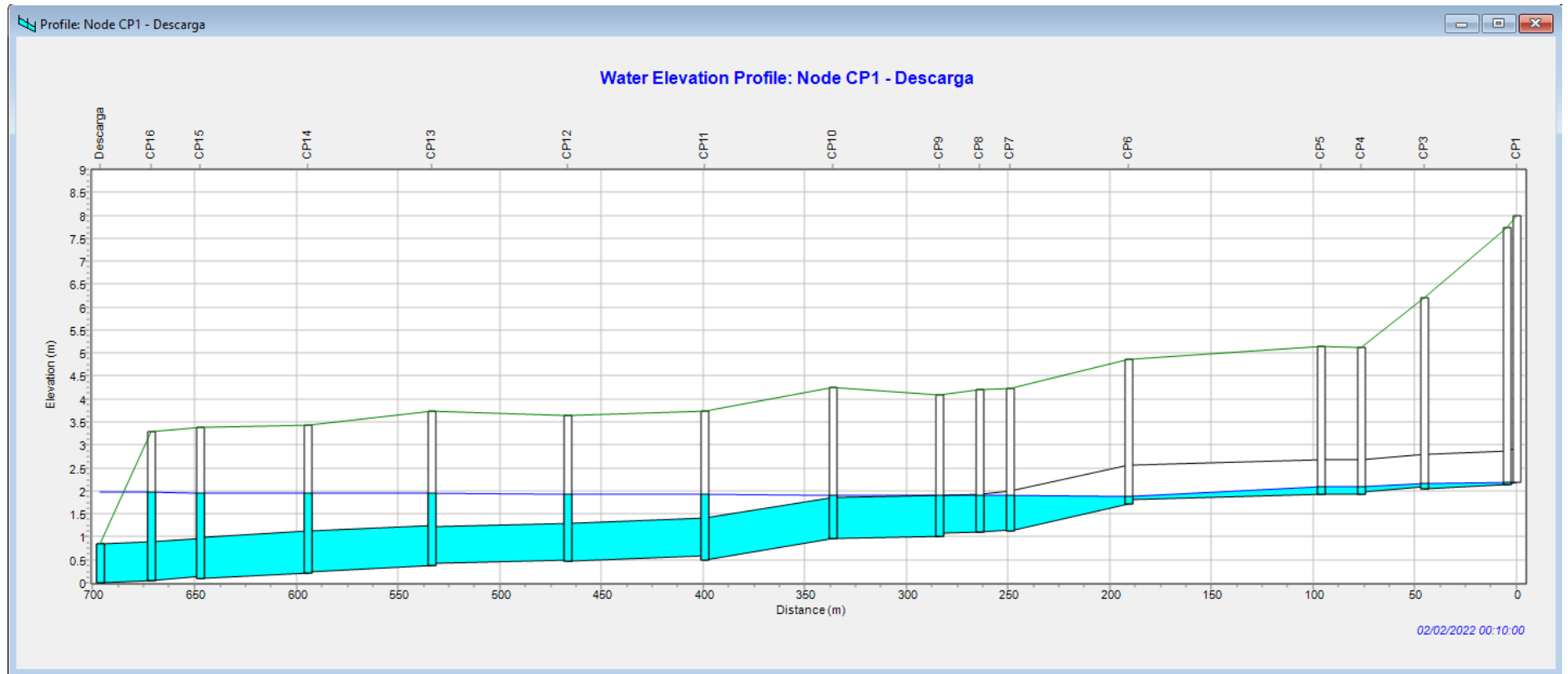
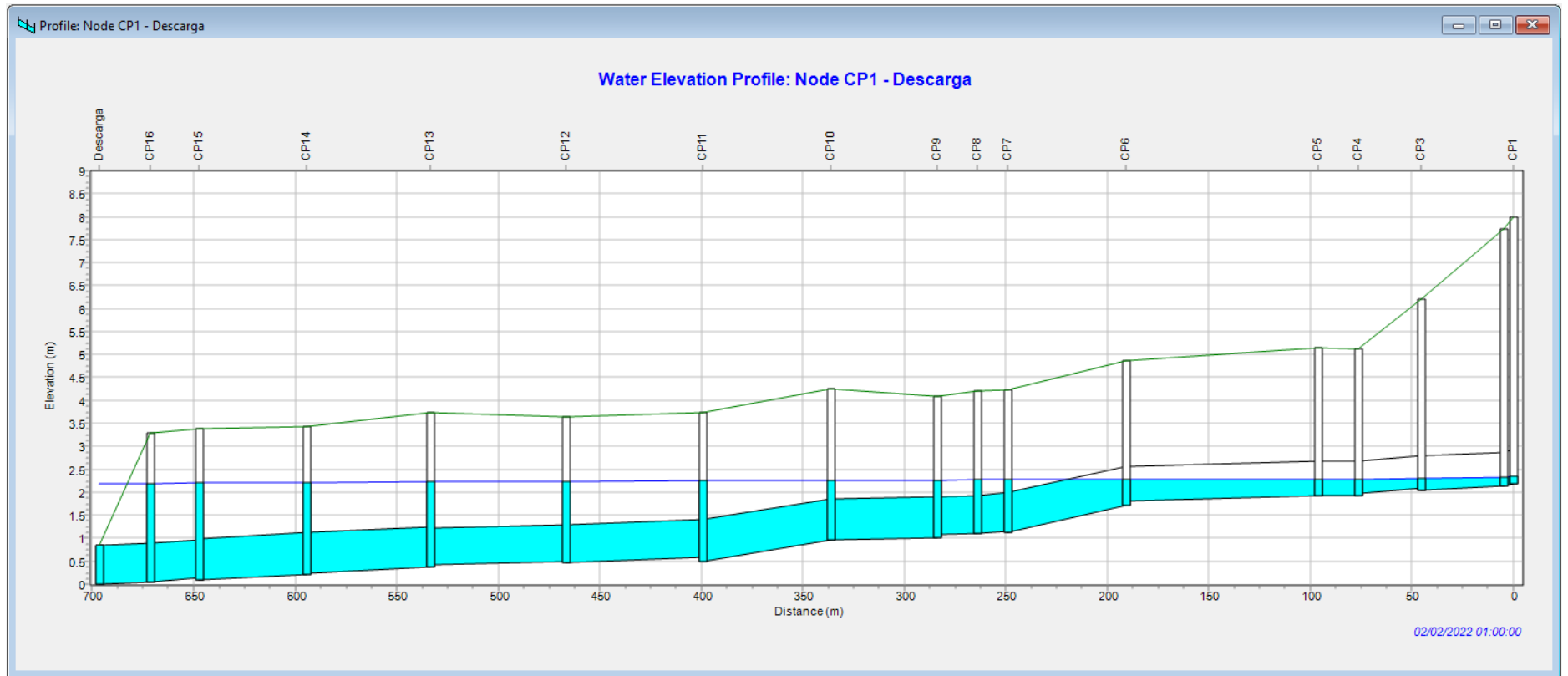
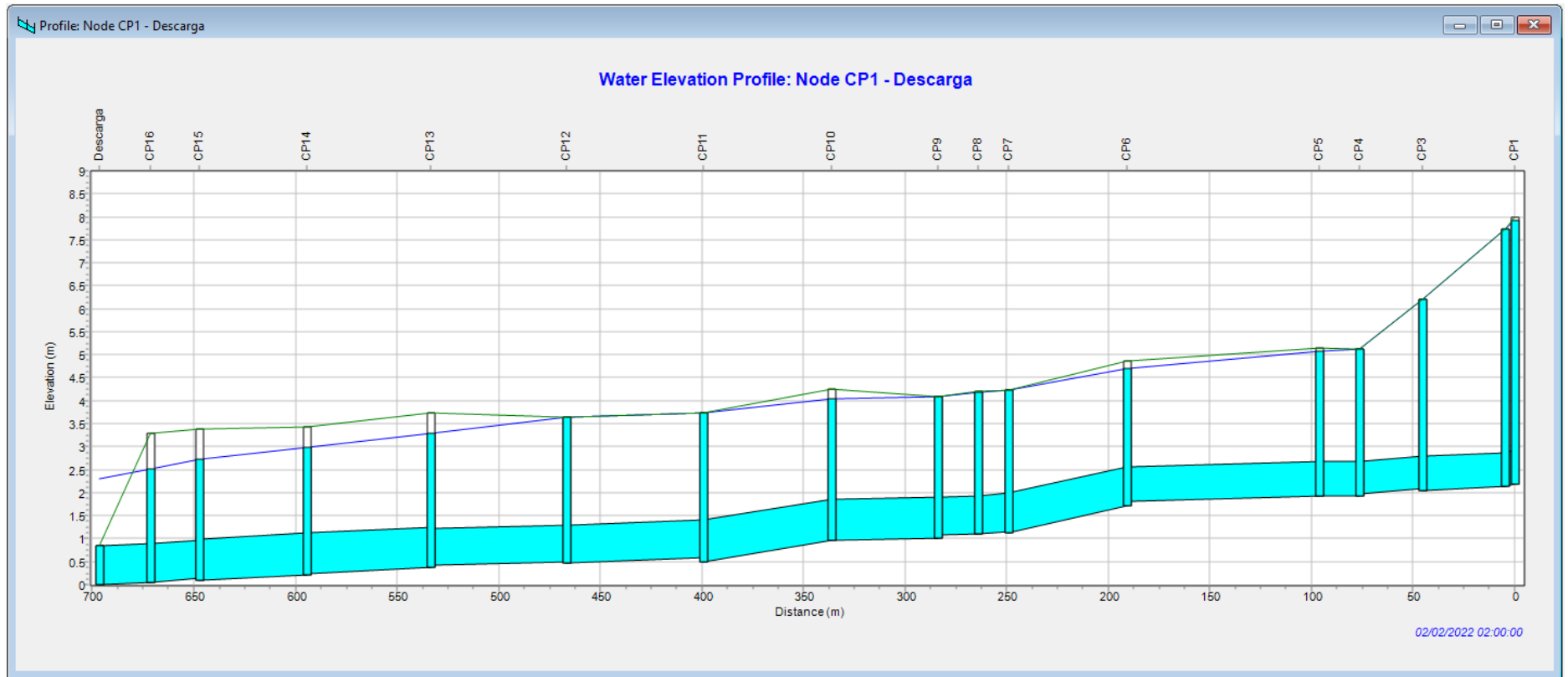


Imagen 1. Inicio simulación con efecto de marea en el colector de Ilanes.

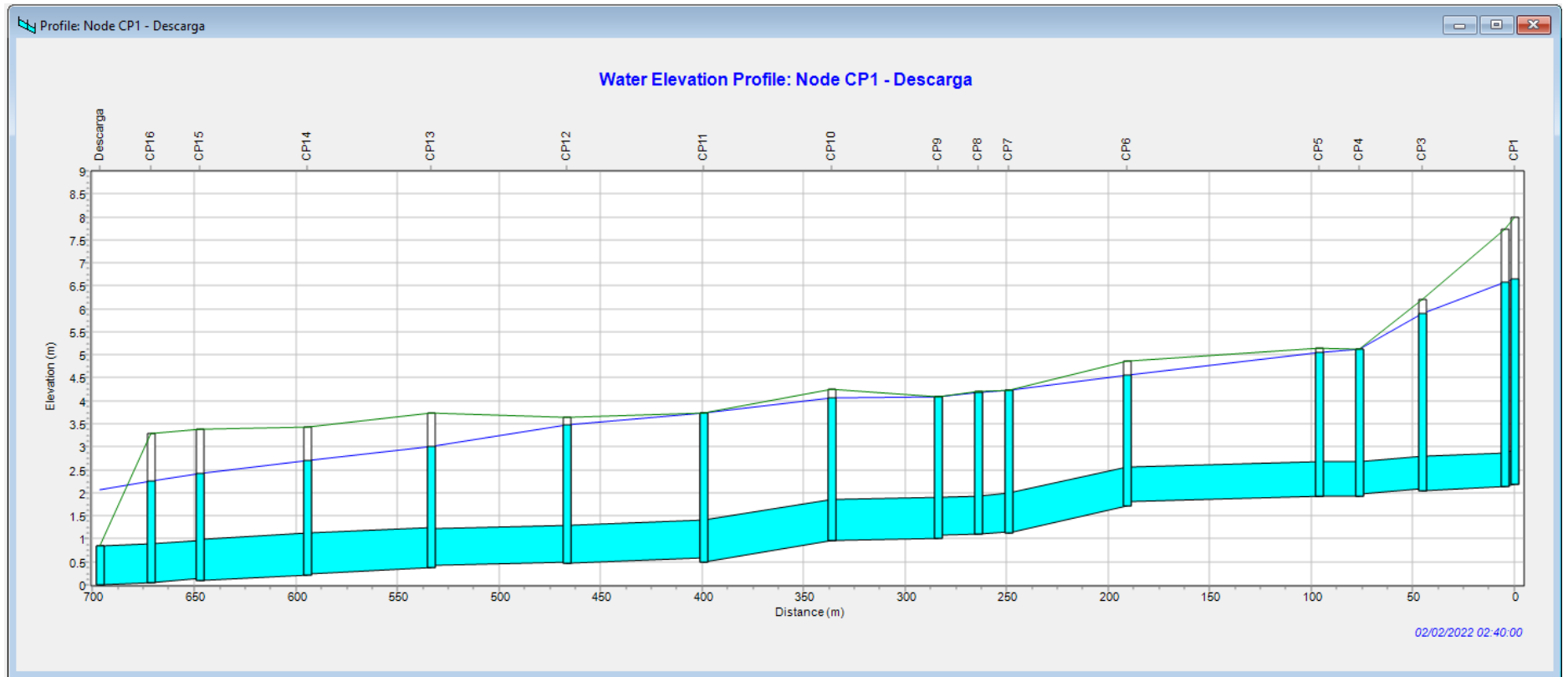


**Imagen 2. Inicio de la lluvia en la simulación en el colector de Ilanes.**

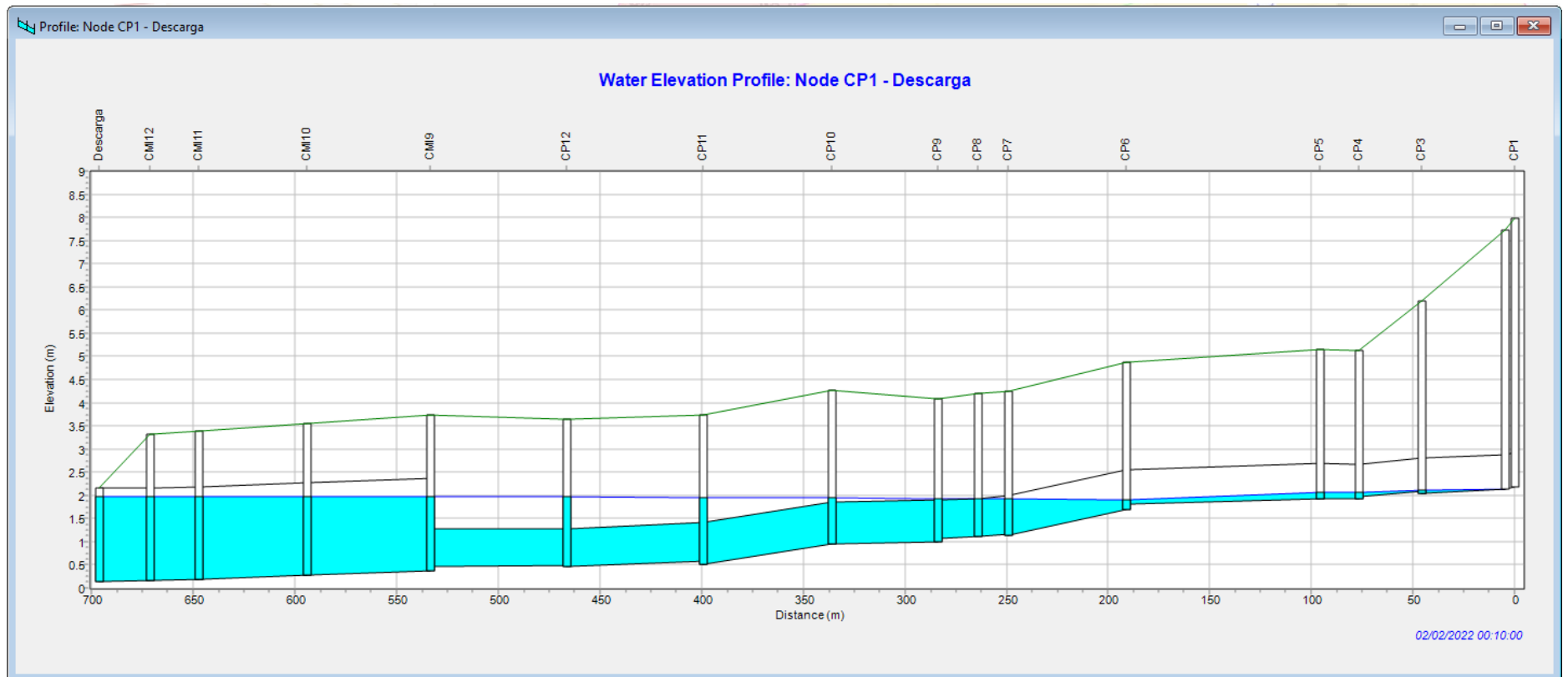




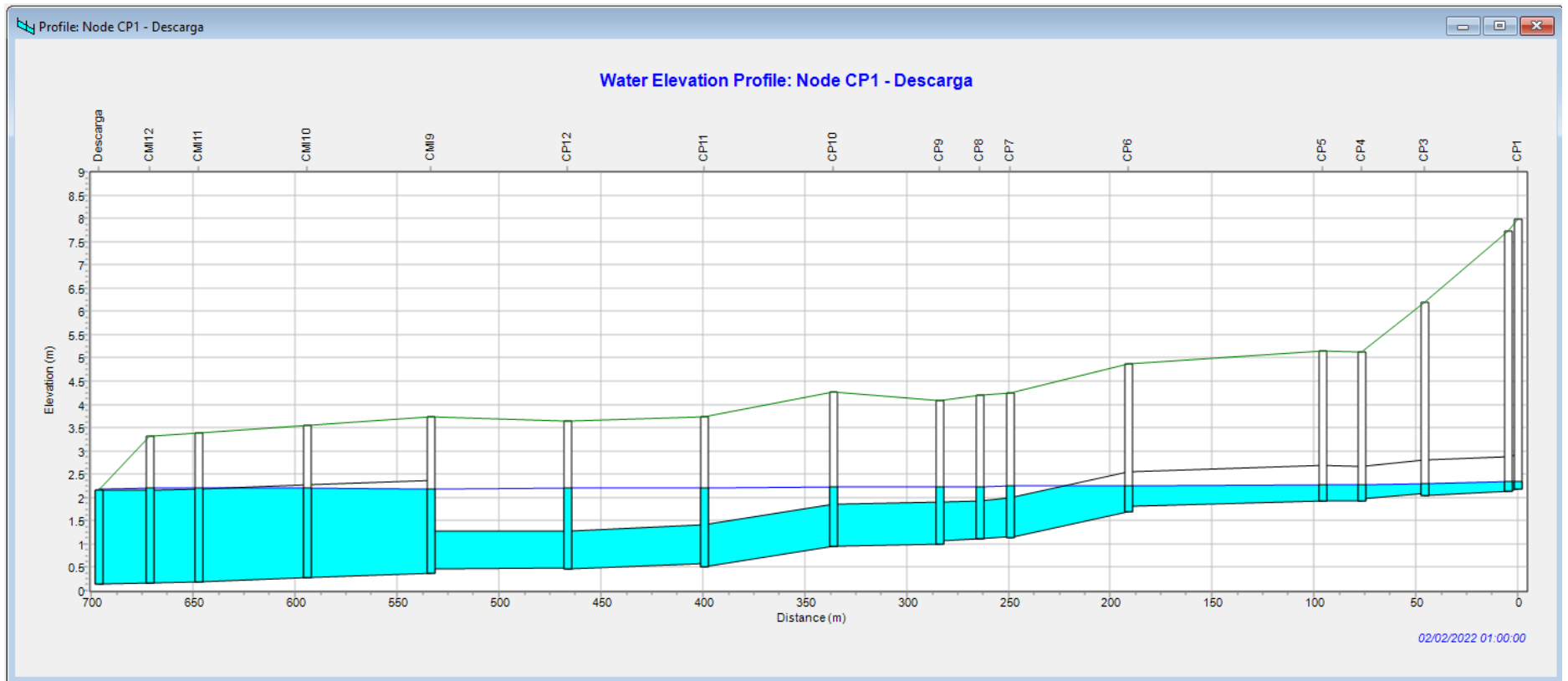
**Imagen 3. Condición crítica precipitación máxima y pleamar en colector de Ilanes.**



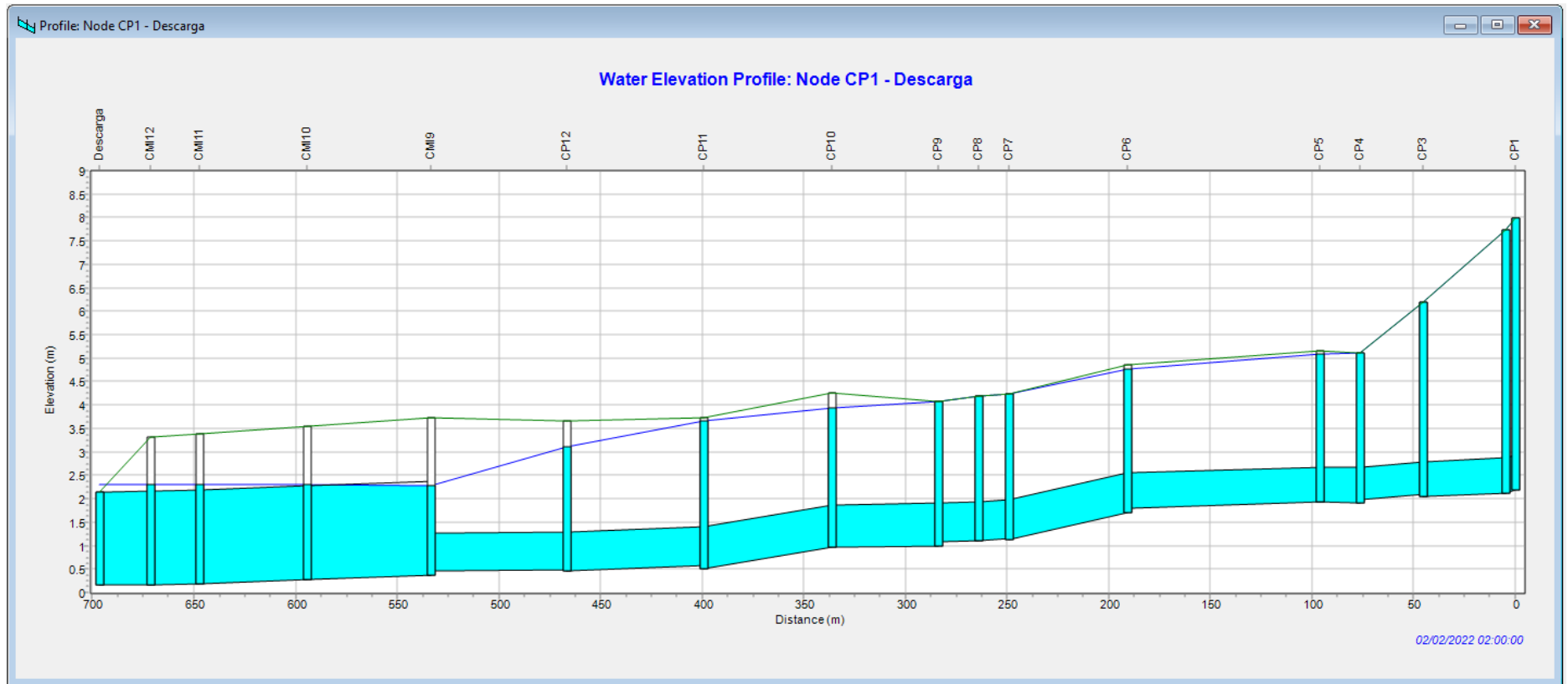
**Imagen 4. Fin de la lluvia en la modelación.**



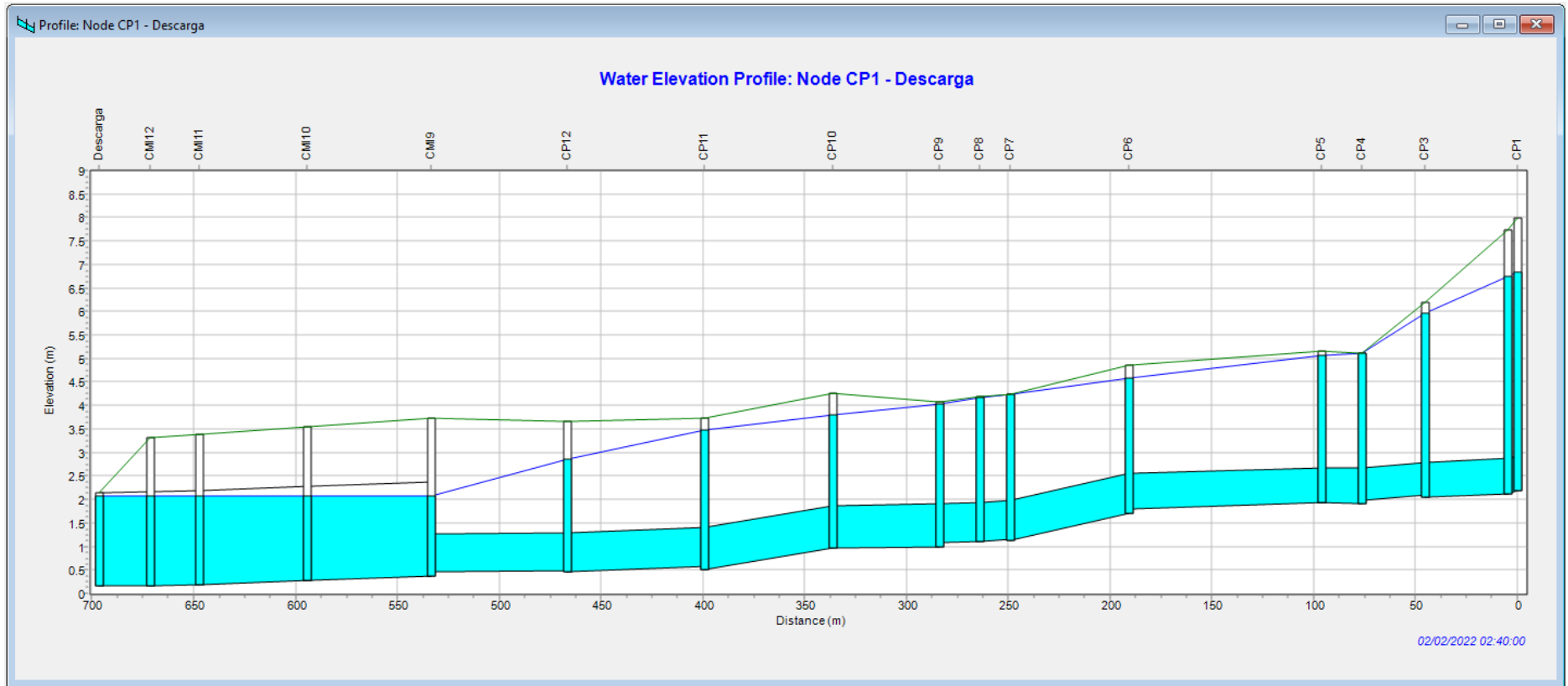
**Imagen 5. Inicio simulación con efecto de marea en el colector de Ilanes con los tramos finales rediseñados.**



**Imagen 6. Inicio de la lluvia en la simulación en el colector de Ilanes con los tramos finales rediseñados.**



**Imagen 7. Condición crítica precipitación máxima y pleamar en colector de Ilanes con los tramos finales rediseñados.**



**Imagen 8. Fin de la lluvia en la modelación en colector de llanes con los tramos finales rediseñados.**

## **ANEXOS C: Planos**

Listado de Planos:

Plano de Áreas de Aporte

Plano de Perfil Longitudinal

Plano Topográfico



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**, con C.C: # **0930372503** autor/a del trabajo de titulación: **Rediseño del colector matriz de aall de la calle Jiguas, desde la Av. Jorge Maldonado hasta la descarga en el ramal B del estero salado, sector Urdesa – Urbanor, en la ciudad de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

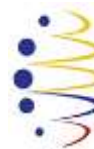
Guayaquil, 11 de marzo de 2022

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Elizalde Ochoa, Julio Gabriel**

C.C: **0930372503**





## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Rediseño del colector matriz de aall de la calle Jiguas, desde la Av. Jorge Maldonado hasta la descarga en el ramal B del estero salado, sector Urdesa – Urbanor, en la ciudad de Guayaquil		
<b>AUTOR(ES)</b>	Elizalde Ochoa Julio Gabriel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Plaza Vera Fernando Javier		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	11 de marzo del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	72
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Hidráulica, Vías y Transporte, Construcción.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Alcantarillado, Pluvial, Diseño, Rediseño, Urdesa, Habitantes, SWMM.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El sector de Urdesa es una zona sensible y crítica en relación con sus sistemas de alcantarillado pluvial. Los sistemas fueron construidos entre los años 70 y 80, con otras condiciones de escurrimiento y de descarga. Uno de los principales problemas del drenaje en este sector es que existen dos áreas o subcuencas con características fisiográficas claramente diferenciadas. Las precipitaciones con periodos de retorno mayores a 5 años, sumados al efecto de la marea por el estero salado, provocan inundaciones continuas que afectan a la población residencial de esa zona. El presente trabajo de titulación propone un rediseño de un colector a lo largo de la calle Jiguas, paralelo a Ilanes, con el objetivo de aliviar el caudal que pasa a través del colector principal y de esta forma poder mitigar el efecto de inundaciones. Dentro de las consideraciones de diseño, se encuentra el efecto de la marea con una tormenta de periodo de retorno de 10 años.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-2825129	<b>E-mail:</b> julioelizalde8a@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			