



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

**REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA
CUENCA FLOR DE BASTIÓN – INMACONSA – LAS
ORQUÍDEAS – RÍO DAULE**

AUTORA:

Gallegos Pinela, Elisabeth Virginia

TRABAJO DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Cabrera Santos, Miguel Octavio

Guayaquil, Ecuador

2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Gallegos Pinela, Elisabeth Virginia**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR

ING. MIGUEL CABRERA SANTOS

DIRECTORA DE LA CARRERA

ING. STEFANY ESTHER ALCIVAR BASTIDAS

Guayaquil, a los 23 días del mes de marzo del año 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Elisabeth Virginia Gallegos Pinela**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Revisión de la estructura matriz de drenaje de la cuenca Flor de Bastión – INMACONSA – Las Orquídeas – río Daule**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 23 días del mes de marzo del año 2016

LA AUTORA

Elisabeth Virginia Gallegos Pinela



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, Elisabeth Virginia Gallegos Pinela

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN – INMACONSA – LAS ORQUÍDEAS – RÍO DAULE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 días del mes de marzo del año 2016

LA AUTORA:

ELISABETH VIRGINIA GALLEGOS PINELA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, porque Él es quien nos da la sabiduría, la inteligencia y salud para cumplir nuestras metas.

A mi familia por inculcarme valores y enseñarme a esforzarme cada día más.

A mis profesores por todas sus enseñanzas; a mis tutores, el Ing. Miguel Cabrera e Ing. Clara Glas, por su paciencia y apoyo en este trabajo de grado.

DEDICATORIA

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por haberme permitido formarme en su seno académico.

A mis profesores por haber sido mis mentores y haber compartido su conocimiento.

A la comunidad universitaria como un minúsculo aporte a su saber.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CALIFICACIÓN

ING. MIGUEL CABRERA SANTOS

PROFESOR TUTOR

ÍNDICE

CAPÍTULO I

1. PRESENTACIÓN DEL TEMA.....	14
1.1.INTRODUCCIÓN	14
1.2.OBJETIVOS	15
1.3.ANTECEDENTES	15

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.CICLO HIDROLÓGICO	17
2.2.ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.....	18
2.3.MEDIDAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES	20
2.3.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	21
2.3.1.1. ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN	21
2.3.1.2. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN	21
2.3.1.3. SISTEMAS DE DRENAJE	22
2.3.1.4. SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLES	23
2.3.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES	26

CAPÍTULO III

3. SITUACIÓN ACTUAL.....	27
3.1.MATRIZ DE DRENAJE PRINCIPAL DE LA CUENCA D.....	27
3.2.MATRIZ DE DRENAJE PRINCIPAL DE LA CUENCA G	28

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA.....	29
4.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA MATRIZ DE DRENAJE	29
4.2. CUENCAS DE DRENAJE	30
4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA D	31

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA G	32
4.3. HIETOGRAMAS.....	33
4.3.1. MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW ..	33
4.3.2. MÉTODO DE HUFF	35
4.4. MODELACIÓN EN SWMM.....	38
CAPÍTULO V	
5. RESULTADOS	40
5.1. SIMULACIONES APLICANDO LOS HIETOGRAMAS POR EL MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW....	40
5.1.1. PERIODO DE RETORNO PARA 5 AÑOS.....	40
5.1.2. PERIODO DE RETORNO PARA 25 AÑOS.....	46
5.1.3. PERIODO DE RETORNO PARA 50 AÑOS.....	49
5.2. SIMULACIONES APLICANDO LOS HIETOGRAMAS DE HUFF ...	56
5.2.1. PERIODO DE RETORNO PARA 5 AÑOS.....	56
5.2.2. PERIODO DE RETORNO PARA 25 AÑOS.....	58
5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	61
CAPÍTULO VI	
6. SOLUCIONES.....	63
6.1. ALTERNATIVA 1	63
6.2. ALTERNATIVA 2.....	65
CAPÍTULO VII	
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Necesidades básicas insatisfechas en asentamientos informales.	16
Tabla 2: Características de la cuenca D.	31
Tabla 3: Características de la cuenca G.	32
Tabla 4: Hietograma por el método de los bloques alternos. Tr=5 años.	34
Tabla 5: Hietograma por el método de Huff. Tr=5 años.	36
Tabla 6: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr= 5 años.	41
Tabla 7: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=5 años.	42
Tabla 8: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr= 25 años.	46
Tabla 9: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=25 años.	47
Tabla 10: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr=50 años.	49
Tabla 11: Volúmenes de inundación en el nodo 14. Tr=50 años.	50
Tabla 12: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=50 años.	51
Tabla 13: Volúmenes de inundación en el nodo 25. Tr=50 años.	51
Tabla 14: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Método de Huff para Tr=5 años.	56
Tabla 15: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Método de Huff para Tr=25 años.	58
Tabla 16: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Método de Huff para Tr=25 años.	59
Tabla 17: Resumen de volúmenes generados en la cuenca D7 y en los tramos 21 y 22.	64
Tabla 18: Volúmenes de inundación en el nodo 22. CN=72.	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Esquema del ciclo hidrológico.	18
Gráfico 2: Relación de la precipitación y el escurrimiento.....	19
Gráfico 3: Efectos de las superficies impermeables y la compactación del suelo en la escorrentía y el agua subterránea.	20
Gráfico 4: Esquema de borde perimetral parcial.....	21
Gráfico 5: Canal en la ciudad de Elche, España; ejemplo de desarrollo ambiental.	23
Gráfico 6: Canales verdes.	24
Gráfico 7: Superficies de infiltración.....	24
Gráfico 8: Vista superficial de un depósito de infiltración.	25
Gráfico 9: Techos verdes implantados en zonas urbanas.	25
Gráfico 10: Esquema de una cuenca de drenaje.	30
Gráfico 11: Hietograma por el método de los bloques alternos. $Tr=5$ años.	34
Gráfico 12: Hietograma por el método de Huff. $Tr=5$ años.	37
Gráfico 13: Ubicación del nodo 22.	42
Gráfico 14: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=5$ años.....	43
Gráfico 15: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. $Tr=5$ años.	44
Gráfico 16: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. $Tr=5$ años.	44
Gráfico 17: Hidrograma en la derivación a la estructura de drenaje de la cuenca G.	45
Gráfico 18: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=5$ años.....	45
Gráfico 19: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=25$ años.....	47
Gráfico 20: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. $Tr=25$ años.	48
Gráfico 21: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. $Tr=25$ años.....	48
Gráfico 22: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=25$ años.....	49
Gráfico 23: Ubicación del nodo 25.	52
Gráfico 24: Ubicación del nodo 14.	53

Gráfico 25: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=50$ años.....	54
Gráfico 26: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. $Tr=50$ años.	54
Gráfico 27: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. $Tr=50$ años.....	55
Gráfico 28: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=50$ años.....	55
Gráfico 29: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. Método de Huff para $Tr=5$ años.	57
Gráfico 30: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. Método de Huff para $Tr=5$ años.	57
Gráfico 31: Caudal que ingresa al sistema de drenaje. Método de Huff para $Tr=25$ años.....	59
Gráfico 32: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. $Tr=25$ años.	60
Gráfico 33: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. $Tr=25$ años.....	60
Gráfico 34: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. $Tr=25$ años.....	61

RESUMEN

Este trabajo contiene el análisis hidrológico e hidráulico de la estructura matriz de drenaje principal de la cuenca Flor de Bastión – INMACONSA – Las Orquídeas – río Daule, ubicada al norte de la ciudad de Guayaquil.

Para la cuenca mencionada se realiza una breve descripción, de la situación actual en los principales tramos que componen el sistema de drenaje existente.

Actualmente los sectores que forma parte de esta cuenca se encuentran completamente urbanizados, lo que ha generado un incremento de los caudales de escurrimiento, al producirse fuertes precipitaciones en épocas invernales. Varios tramos de la red de drenaje no tienen la capacidad suficiente, para la conducción de las aguas lluvias hasta la descarga al río Daule.

En las modelaciones hidrológicas e hidráulicas realizadas se emplean hidrogramas definidos por el método de los bloques alternos de Ven Te Chow y por el método de Huff, para diferentes periodos de retorno. Estos hidrogramas se transportan a lo largo de los conductos, hasta la descarga. Los resultados se comparan con situaciones reportadas por la prensa y en otros estudios.

A partir de las simulaciones se analizan medidas de control, para retener el agua provisionalmente y luego devolverla a los conductos, cuando los niveles en estos hayan disminuido. Se recomienda también la utilización de sistemas de drenaje sostenibles para disminuir el escurrimiento.

Palabras Claves: cuenca, urbanización, inundación, drenaje, precipitaciones, control.

1. PRESENTACIÓN DEL TEMA

1.1.INTRODUCCIÓN

En el año 1999, a través del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se realizó el estudio del sistema de drenaje de la zona norte de Guayaquil. A partir de esos estudios se diseñaron y se han construido de forma parcial las estructuras principales del sistema de aguas lluvias.

El trabajo realizado por la Universidad Católica, consiste en un estudio hidrológico e hidráulico de las cuencas, del sector norte de Guayaquil, que drenan al río Daule. Entre estas se incluye la cuenca denominada, en el estudio, cuenca D, que comprende los sectores de: Flor de Bastión – INMACONSA - Las Orquídeas - río Daule.

En recientes inviernos se han registrado flujos de aguas lluvias superiores a la capacidad de los conductos construidos, lo que ha generado problemas de inundaciones principalmente en el sector aguas abajo de la vía a Daule y en mayor magnitud en Las Orquídeas.

Es por ello que el objetivo de este trabajo es la revisión de la estructura matriz de drenaje frente a la situación actual, considerando el incremento de urbanizaciones, construcción de nuevas redes de aguas lluvias, así como la definición de nuevas ecuaciones pluviométricas.

Es necesario identificar los tramos en donde el sistema no es suficiente para las fuertes precipitaciones que pueden llegar a ocurrir y plantear las soluciones para evitar inundaciones que generen riesgos a las viviendas y en general a la población de estos sectores.

1.2.OBJETIVO GENERAL

- Revisar la capacidad de la estructura matriz de drenaje principal de la cuenca Flor de Bastión - INMACONSA - Las Orquídeas - Río Daule.

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el comportamiento hidrológico e hidráulico del sistema frente a la situación actual, que deberá considerar aspectos urbanos, redes existentes, nuevas ecuaciones pluviométricas y niveles de descarga.
- Estimar los niveles máximos en las estructuras de drenaje y con ello potenciales problemas de inundación.
- Plantear medidas estructurales para reducir problemas en el sistema de drenaje principal de la cuenca.

1.3.ANTECEDENTES

La ciudad de Guayaquil, desde mediados del siglo XX ha presentado un gran crecimiento urbano, en especial en los sectores sur y norte. En estas últimas décadas se han establecido nuevos barrios populares y asentamientos informales por parte de personas de bajos recursos, lo que ha provocado exclusivamente problemas de movilidad y prestación de servicios básicos, debido a la demanda de estos.

En base a un informe realizado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), se han identificado las siguientes características de la población:

- Aproximadamente el 43% de la población total de Guayaquil se encuentra bajo la línea de la pobreza.
- El crecimiento anual de invasiones es de aproximadamente 5.000 familias y ocupan anualmente 150 hectáreas.

- El 25% proviene de distintas provincias del país; el 25% de cantones y zonas aledañas; y, el 50% corresponde al crecimiento vegetativo.
- Las principales necesidades insatisfechas son: esparcimiento, infraestructura básica, seguridad, salud, educación, transporte y trabajo.
- Algunos de los nuevos asentamientos informales se encuentran en los sectores de Flor de Bastión, Paraíso de la Flor, Fortín, Nueva Prosperina y Valerio Estacio concentran una población aproximada de 165.000 habitantes.
- Otros sectores que se encuentran más consolidados como Trinitaria, Bastión Popular, Paquisha y Vergeles, concentran una población de 208.000 habitantes.
- Las zonas de planificación Chongón y Pascuales cuentan con los mayores índices de necesidades básicas insatisfechas.

Esto ha causado impactos en la infraestructura urbana, debido a la falta de planeamiento, gran concentración de la población en pequeñas áreas y aumento del perímetro de la ciudad. El municipio no es capaz de anticipar la urbanización y de prever los servicios adecuados para estos sectores.

Se muestra en la siguiente tabla, algunos de los indicadores de las necesidades más significativas:

Tabla 1: Necesidades básicas insatisfechas en asentamientos informales.

NECESIDADES	CARENCIA
Conexión a red agua potable	96.1%
Conexión a red de alcantarillado	97.7%
Red telefónica	93.5%
Duchas	57.8%
Servicio municipal de recolección de basura	49.6%
Acceso a servicios de Salud	37.8%

Fuente: MIDUVI, Habitat y Vivienda, 2011.

A pesar de que actualmente los problemas se han reducido, aún existen lugares donde es necesario tomar medidas urgentes. Este es el caso del drenaje pluvial, en el que debido al proceso de urbanización se han modificado las características de los cauces naturales y de la cobertura de las cuencas y con ello se ha incrementado el escurrimiento superficial de las aguas lluvias, causando problemas de drenaje y daños a la población.

En recientes inviernos la ciudad ha sido afectada por problemas relacionados con la inundación, ya sea por la insuficiencia del sistema de drenaje pluvial o por la falta de limpieza de las alcantarillas. A lo anterior se suma la coincidencia de la marea alta con las fuertes precipitaciones.

La insuficiencia del drenaje genera acumulación de agua en las calles, congestionamiento de vehículos y accidentes, problemas de salud debido a la acumulación del agua, caída de taludes y daños en las viviendas de los pobladores, principalmente en las zonas más vulnerables.

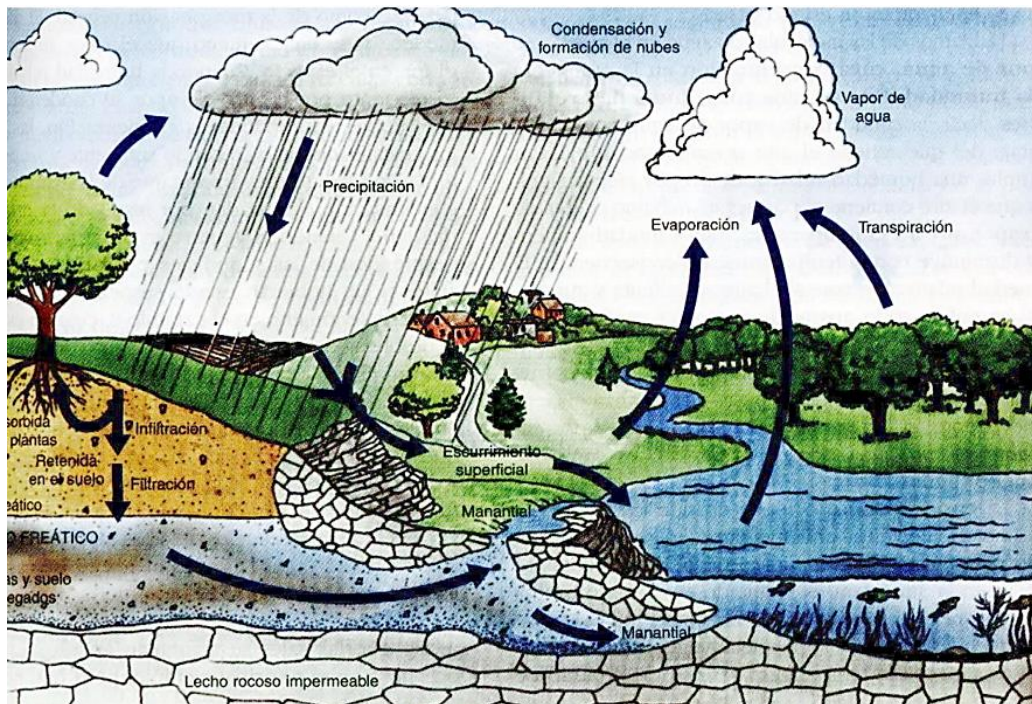
2. MARCO TEÓRICO

2.1. CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico es el proceso de circulación y recirculación del agua, entre la superficie terrestre y la atmósfera.

El sol proporciona la energía para evaporar el agua desde el suelo, mar o aguas continentales; luego esta se condensa en nubes; por la gravedad terrestre esta desciende formando la precipitación; para finalmente ser acumulada, infiltrada y/o transportada por la superficie o estructuras de drenaje y almacenamiento.

Gráfico 1: Esquema del ciclo hidrológico.



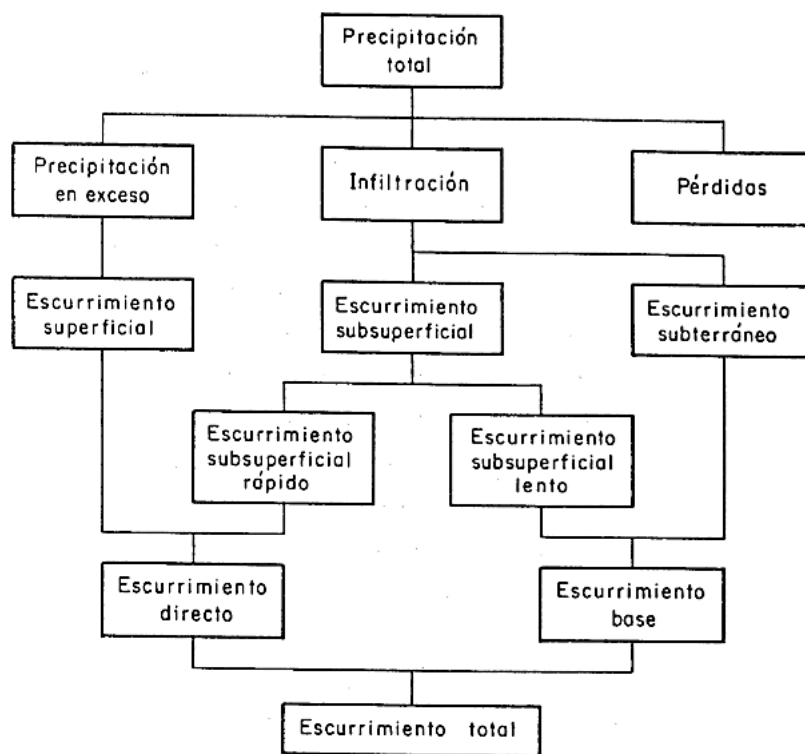
Fuente: Wordpress, 2010.

2.2. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

El escurrimiento superficial es la parte de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje, hasta llegar a la descarga. Este tipo de escurrimiento es directo, ocurre durante una tormenta y después de que esta termine.

Cuando llueve, el agua es primero receptada por la red de drenaje y transportada hasta su descarga, o por los objetos que impiden que el agua llegue a la superficie; como la vegetación, donde esta se infiltra en el suelo. En el gráfico 2 se muestra el ciclo del escurrimiento.

Gráfico 2: Relación de la precipitación y el escurrimiento.



Fuente: Hidrología Aplicada.

El escurrimiento superficial puede producir inundaciones e impactos en áreas urbanas debido a dos procesos, que ocurren separadamente o combinados:

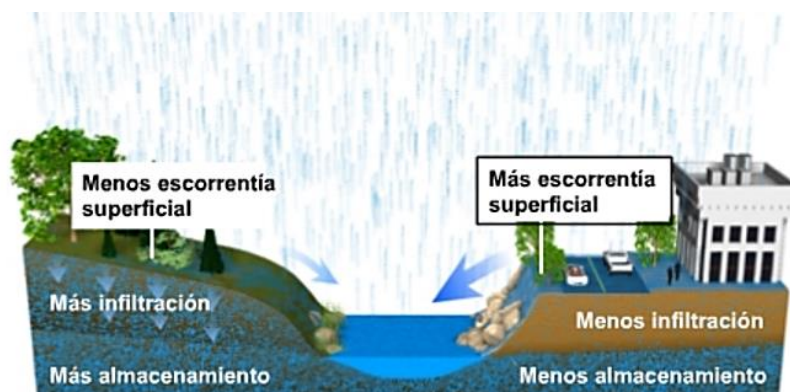
- Inundaciones de áreas ribereñas: son inundaciones naturales que ocurren en el lecho de los ríos debido al cambio temporal y espacial de la precipitación y del escurrimiento en la cuenca hidrográfica (Tucci, 2007).
- Inundaciones debido a la urbanización: son las inundaciones que ocurren en el drenaje urbano debido al efecto de la impermeabilización del suelo, transporte y obstáculos (Tucci, 2007).

La impermeabilización del suelo reduce las tasas de infiltración y percolación, así como la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, lo que genera una mayor producción de escurrimiento.

Por otro lado, el agua que escurría por los cauces naturales lo hará, ahora por conductos artificiales donde el agua se desplaza más rápidamente, lo que ocasiona una mayor concentración del escurrimiento.

En términos generales, la actividad humana reduce la infiltración y el almacenamiento, y aumenta la escorrentía superficial.

Gráfico 3: Efectos de las superficies impermeables y la compactación del suelo en la escorrentía y el agua subterránea.



Fuente: University Corporation of Atmospheric Research, 2011.

2.3. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES

Las medidas de control que ayudan a mitigar los problemas relacionados con las inundaciones, pueden dividirse en estructurales que son las que se asocian con las obras de ingeniería civil, son medidas de control de crecidas o de cuencas; y las no estructurales, son aquellas que tratan de preservar el medio natural, para que en los aspectos relacionados con el escurrimiento de las aguas lluvias, el área desarrollada sea similar a la natural.

2.3.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES

Las medidas estructuras pueden dividirse en tres grupos:

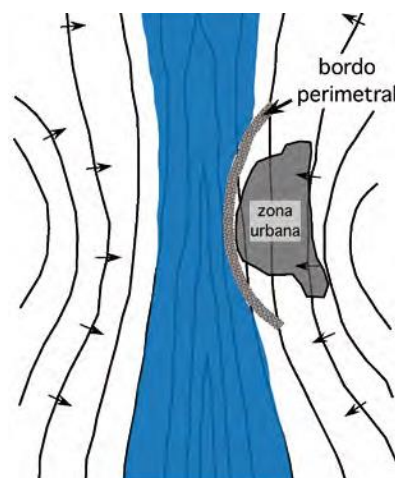
2.3.1.1. ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN

La construcción de una presa o embalse son las más utilizadas, retienen el agua para prevenir las inundaciones relacionadas con grandes caudales. La presa tiene el efecto de reducir el caudal pico alargando el tiempo en el que la avenida pasa por el sitio en estudio.

2.3.1.2. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

Estas protegen de forma directa la zona urbana evitando que el agua ingrese a la ciudad. Las estructuras que son empleadas en este caso son los diques, muros, estaciones de bombeos, entre otras soluciones tradicionales en áreas urbanas que no poseen espacio para amortiguamiento de la inundación. La construcción de bordes, es factible en zonas en las que la población es relativamente pequeña, porque se pueden construir para que rodeen el perímetro de la ciudad.

Gráfico 4: Esquema de borde perimetral parcial.



Fuente: Gestión de inundaciones urbanas, 2007.

2.3.1.3. SISTEMAS DE DRENAJE

Es todo el sistema que capta y drena las aguas lluvias, diseñadas para un evento de precipitación en la zona urbana y sus alrededores.

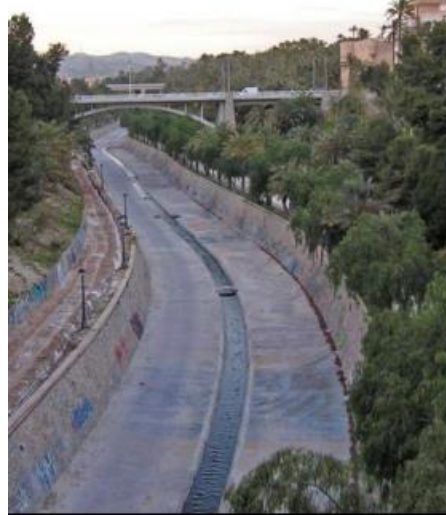
Un sistema de drenaje pluvial, es un conjunto de tuberías, conductos, canales, sumideros, cunetas, cámaras, entre otras obras complementarias que permiten la conducción de las aguas lluvias hasta su descarga, dependiendo de la ubicación del proyecto.

Puede dividirse en dos partes: el sistema de alcantarillado y el sistema principal de drenaje, que son las estructuras que recolectan todas las aguas lluvias de los colectores.

Estas estructuras de drenaje están destinadas a evitar o minimizar, que las aguas lluvias causen daños a las personas o a las viviendas, o sin producir ningún obstáculo en el normal desarrollo de la vida urbana.

El sistema de drenaje urbano debe ser analizado a nivel de las cuencas hidrográficas en que se encuentran las urbanizaciones. Este debe contribuir con el medio ambiente, cuencas hidrográficas adyacentes y al progreso de las condiciones sanitarias de la población.

Gráfico 5: Canal en la ciudad de Elche, España; ejemplo de desarrollo ambiental.



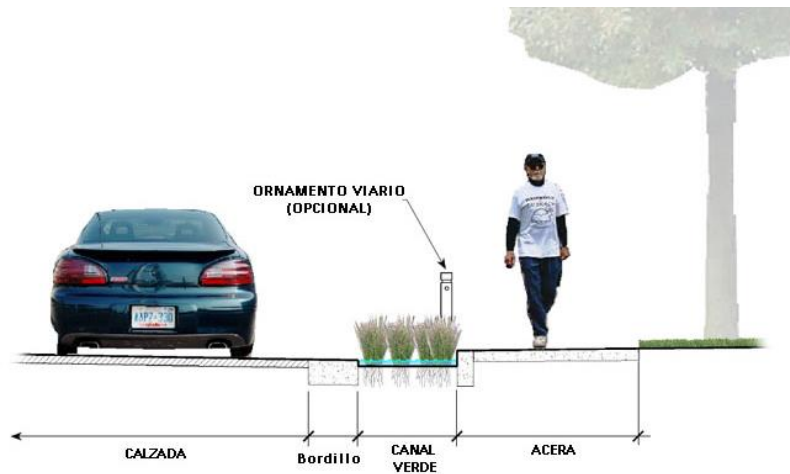
Fuente: Ignacio Escuder Bueno, 2010.

2.3.1.4. SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLES

Actualmente se ha implementado una nueva clasificación que son los sistemas de drenaje sostenibles, en los que se destacan la utilización de áreas donde se obliga al cauce discurrir formando un pequeño encauzamiento y posterior infiltración del agua, los ejemplos más comunes son:

- Canales verdes: pueden sustituir las cunetas de pequeño tamaño existentes por canales verdes. Se encuentran paralelas a las calles, vías o junto a áreas de estacionamiento.

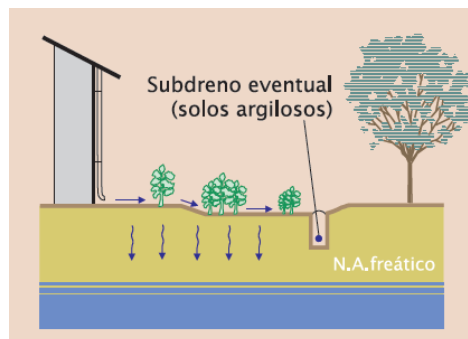
Gráfico 6: Canales verdes.



Fuente: Abellán, 2015.

- Zanjas de infiltración: Recogen y almacenan el agua hasta que esta se infiltra en el terreno natural. También se pueden ubicar junto a las vías.
- Cuencas de percolación: Son zanjas compuestas de material granular que retardan el paso del agua en la superficie.
- Superficies de infiltración: Son superficies permeables que permiten que el escurrimiento superficial sea mucho más lento.

Gráfico 7: Superficies de infiltración.



Fuente: Drenagem urbana e controle de enchentes, 2005.

- Pozos de infiltración: Utilizados cuando no se tienen espacios disponibles dentro de la ciudad para utilizar otros métodos.
- Estanques y depósitos de infiltración: Son depresiones en el terreno o embalses poco profundo.

Gráfico 8: Vista superficial de un depósito de infiltración.



Fuente: Abellán, 2015.

- Techos verdes: Reducen el total de la escorrentía que se genera en las cubiertas y se reduce el caudal pico.

Gráfico 9: Techos verdes implantados en zonas urbanas.



Fuente: Drenagem urbana e controle de enchentes, 2005.

También se puede realizar la modificación de las características de la cuenca, con la reforestación o restitución de la cobertura vegetal de la zona para incrementar la intercepción del agua de lluvia.

2.3.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

- Políticas y planeamiento urbano: Este permite regular el uso de suelo y evitar edificaciones en zonas inundables. También que existan normas que prevean la utilización de materiales de construcción y elementos estructurales resistentes al agua.
- Predicción de inundaciones: Se basa en la predicción de ocurrencia de un evento futuro, que puede ser meteorológica y la predicción mediante modelos hidrológicos.
- Comunicación: Se dividen en comunicación general a la población para concientizar del riesgo existente, y comunicación durante el evento mediante sistemas de alerta, y así evitar pérdidas humanas y económicas.
- Movilización: Son las acciones llevadas a cabo por servicios de seguridad y emergencia, que dependiendo del tiempo disponible para desplazarse, puede ser evacuación preventiva, forzosa o huida.
- Coordinación y procedimientos de operación: Trata de mejorar la relación entre las organizaciones y personas involucradas en la gestión de riesgo contra inundaciones.
- Seguros e indemnizaciones: Medidas para financiar las pérdidas por desastres relacionados con la inundación.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Las cuencas en estudio drenan a través de sectores totalmente desarrollados, por lo que actualmente, la mayor parte de su estructura principal de drenaje ha sido construida. Con el tiempo, se han ido implementando conductos adicionales y revistiendo los canales de tierra existentes, diseñados en el Plan Emergente de Drenaje de la Zona Norte de Guayaquil, en el año 1999.

3.1. MATRIZ DE DRENAJE PRINCIPAL DE LA CUENCA D

La matriz principal de la cuenca Flor de Bastión – INMACONSA - Las Orquídeas - río Daule (cuenca D) tiene una longitud total aproximada de 8 kilómetros. Esta se encuentra compuesta por cuatro tramos, denominados como: Canal 42, Canal 35, Canal 36, Canal 37, cuyas características se presentan a continuación y gráficamente se pueden observar en el anexo 15.

- Canal 69: Descarga en el conducto cajón ubicado bajo la vía Perimetral, forma parte también de la estructura matriz de drenaje de la cuenca D, pero en este trabajo fue considerado como un área de aportación a la estructura principal. Actualmente ciertos tramos de este canal se encuentran en obras de revestimiento.
- Canal 42: Comprende los sectores de INMACONSA y Flor de Bastión. Formada por conductos cajones en el tramo de la vía Daule y Perimetral, es un canal trapecial revestido de hormigón en la calle 24A NO y de canal de tierra en la calle 24 NO.
- Canal 35: Empieza como un canal irregular de tierra luego este es trapecial revestido de hormigón. Este canal empieza con la terminación del canal 42 y descarga en la avenida Isidro Ayora.

- Canal 36: Este canal se encuentra a lo largo de la avenida Isidro Ayora y un tramo de la av. Francisco de Orellana, abarca el sector de Bastión Popular. Es revestido y de forma trapezoidal en su mayoría. Existe una derivación del caudal cuando este se intersecta con el sistema de drenaje de la cuenca G.
- Canal 37: Inicia en la intersección con la avenida Isidro Ayora, hasta la descarga del río Daule. La sección empieza con un canal irregular de tierra, luego este toma la sección de un canal trapezoidal de hormigón. También está compuesta por ductos cajones ubicados bajo las vías de intersección, como en la av. Francisco de Orellana y en la autopista Terminal Terrestre Pascuales. En este tramo se encuentra la estación de bombeo de las Orquídeas. Comprende las poblaciones aledañas al río Daule y Las Orquídeas.
- Estación de bombeo de Las Orquídeas: Fue implementada en el sistema para evitar problemas de inundación en la ciudadela y para mejorar la capacidad del canal 37. Compuesta de 3 bombas en paralelo, las cuales en conjunto tienen un caudal de diseño de 6 m³/s. Tiene un área de aportación de 55 ha, conformada por la subcuenca ubicada al oeste de Las Orquídeas.
- Estructuras de control de mareas: Están conformadas por muros y válvulas Tideflex, que impiden el ingreso de la marea en el canal, aumentando el tiempo de retención del canal. Están ubicadas cerca de la descarga al río Daule. No se obtuvo información disponible de las estructuras por lo que no fueron consideradas en el análisis.

3.2. MATRIZ DE DRENAJE PRINCIPAL DE LA CUENCA G

La cuenca “Avenida Isidro Ayora – Perimetral – Fenacopar – río Daule”, denominada cuenca G, se encuentra adyacente a la cuenca D. Su estructura principal de drenaje tiene una longitud aproximada de 3,50 kilómetros. Se

encuentra conformada por canales trapeziales revestidos de hormigón, canales de tierra y conductos cajones. Esta estructura fue considerada en el presente estudio, porque parte del caudal transportado por el canal 36 se deriva a esta, en la intersección de la avenida Isidro Ayora con la av. 37 NO.

4. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados en el presente trabajo se propone la metodología propuesta a continuación:

- 1) Definición de la estructura matriz de drenaje. Este trabajo se lo realizará a partir de la información sobre los sistemas existentes proporcionados por EMAPAG e INTERAGUA.
- 2) Determinación de las áreas de aportación al sistema de drenaje. Este trabajo se lo realizará apoyado en la información cartográfica.
- 3) Estimación de las características geomorfológicas de la cuenca y su cobertura.
- 4) Definición del modelo de lluvia que será utilizado en la modelación y selección de las ecuaciones pluviométricas. Se analizan los modelos de hietogramas de los bloques alternos de Ven Te Chow y el método de Huff.
- 5) Selección del modelo hidrológico – hidráulico que se utilizará para la generación de hidrogramas y su tránsito a lo largo de los conductos.

4.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA MATRIZ DE DRENAJE

A partir de la información proporcionada por EMAPAG e INTERAGUA se estructuró la red matriz de drenaje. Está integrada por dos sistemas de drenaje, el D y G.

La información de estos sistemas está vinculada principalmente por forma y tamaño de los conductos, características de su revestimiento, cotas,

alcantarillas, estructuras de bifurcación, etc. Una descripción de ese sistema se presenta en el capítulo 3.

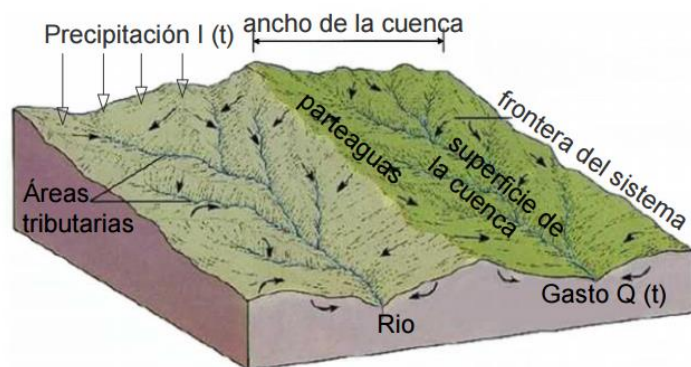
4.2. CUENCAS DE DRENAJE

La cuenca de drenaje de una corriente es el área que contribuye al escurrimiento y que proporciona parte o todo el flujo de la corriente principal y sus tributarios (Springall).

Las cuencas están caracterizadas principalmente por las condiciones topográficas: tamaño, forma, pendiente, elevación, cauce natural o red de drenaje, ubicación, uso de suelo; y condiciones geológicas y de cobertura vegetal: tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas, estratificación, tipo de vegetación, natural o cultivada.

Se delimitan por una línea imaginaria llamada parteaguas, la cual se forma por los puntos de mayor elevación y la separa de las cuencas vecinas.

Gráfico 10: Esquema de una cuenca de drenaje.



Fuente: Normas y Lineamientos Técnicos para las instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro, 2011.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA D

En la zona norte de Guayaquil está ubicada la cuenca de drenaje en estudio, denominada Flor de Bastión – INMACONSA – Las Orquídeas – río Daule (Cuenca D), con un área aproximada de 1800 hectáreas. Se inicia en el asentamiento informal denominado Flor de Bastión y cerros aledaños al Oeste y descarga en el río Daule, por lo que el escurrimiento superficial es en sentido oeste-este.

Para el análisis hidrológico e hidráulico, es necesario determinar las características de la cuenca. Para este caso se la dividió en 12 subcuencas, lo que permitirá hacer un mejor análisis.

Las subcuencas se definieron en base a la información topográfica y redes del sistema de alcantarillado pluvial existente. En el anexo 4 se puede observar la limitación de cuenca y subcuencas.

A continuación se presenta en la tabla 2, las características de las subcuencas, tales como el área y pendiente de la misma.

Tabla 2: Características de la cuenca D.

CUENCA	Área Ha	Desnivel m	Σ Longitud curvas m	S cuenca
D1	616,10	5	113062,07	0,0918
D2	33,91	5	3947,75	0,0582
D3	49,76	5	9326,42	0,0937
D4	172,34	5	11747,75	0,0341
D5	59,06	5	4564,52	0,0386
D6	157,15	5	11636,00	0,0370
D7	143,15	5	5922,64	0,0207
D8	110,77	5	6805,04	0,0307
D9	218,31	5	36401,58	0,0834

D10	17,39	5	503,56	0,0145
D11	52,40	5	11634,47	0,1110
D12	158,28	5	49607,76	0,1567

La pendiente de la cuenca se obtuvo por el método de Alvord, mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{DL}{A}$$

D: Desnivel entre curvas de nivel.

L: Longitud total de curvas de nivel dentro de la cuenca.

A: Área de la cuenca.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA G

La cuenca G, tiene un área aproximada de 280 hectáreas. Esta se subdividió en 5 subcuencas cuyas características se presentan a continuación:

Tabla 3: Características de la cuenca G.

CUENCA	Área Ha	Desnivel m	Σ Longitud curvas m	S cuenca
G1	68,04	5	8961,94	0,0659
G2	74,40	5	7520,96	0,0505
G3	49,90	5	9434,06	0,0945
G4	33,95	5	3558,36	0,0524
G5	54,65	5	6830,27	0,0625

4.3. HIETOGRAMAS

4.3.1. MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW

El hietograma es un gráfico que representa la variación de la lluvia con respecto al tiempo. Este se puede obtener, de forma sintética, a partir de ecuaciones pluviométricas o curvas IDF (intensidad – duración - frecuencia). Se utilizaron las ecuaciones ya establecidas para Guayaquil en el Plan Maestro de Interagua.

Para el análisis hidrológico - hidráulico se ha utilizado un periodo de retorno de 5, 25 y 50 años. Las ecuaciones se muestran a continuación:

$$I = \frac{570,75}{t^{0,50} + 2,35} \rightarrow 5 \text{ años}$$

$$I = \frac{486,47}{t^{0,40} + 0,88} \rightarrow 25 \text{ años}$$

$$I = \frac{471,72}{t^{0,37} + 0,59} \rightarrow 50 \text{ años}$$

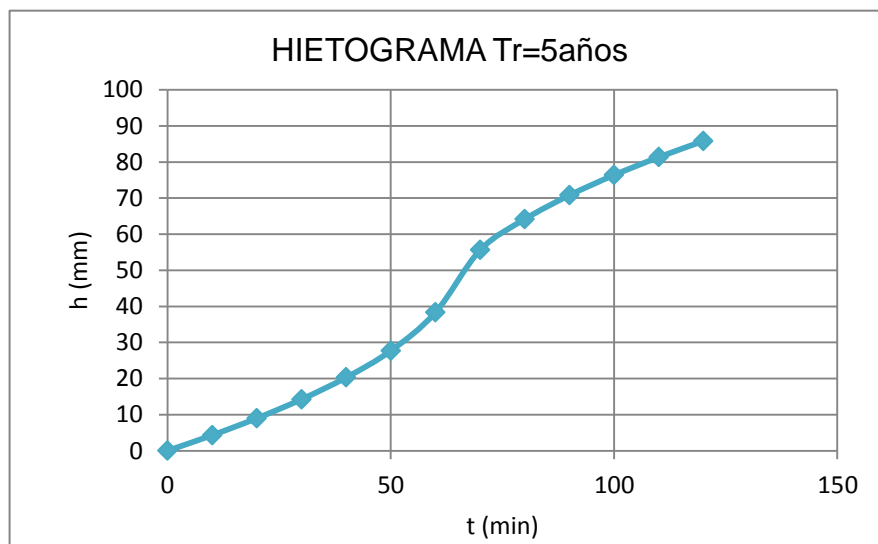
Para la elaboración del hietograma se ha aplicado el método de los bloques alternos de Ven Te Chow. El tiempo de duración de la tormenta es de 2 horas, el cual se ha dividido en intervalos de 10 minutos.

Finalmente, se calcula los incrementos de la lluvia cada 10 minutos y se ordenan estos de tal forma de tener los máximos en la parte central de la tormenta. Los resultados se observa en la siguiente tabla para 5 años y para los demás casos en los anexos.

Tabla 4: Hietograma por el método de los bloques alternos. $T_r=5$ años.

HIETOGRAMA					
Periodo de retorno = 5 años					
t min	i mm/h	h mm	Incremento	Alternado	Acumulado
0	242,87	0,00	0,00	0,00	0,00
10	103,54	17,26	17,26	4,29	4,29
20	83,66	27,89	10,63	4,70	8,99
30	72,92	36,46	8,57	5,24	14,23
40	65,80	43,86	7,40	6,05	20,28
50	60,58	50,49	6,62	7,40	27,69
60	56,53	56,53	6,05	10,63	38,32
70	53,26	62,13	5,60	17,26	55,57
80	50,53	67,38	5,24	8,57	64,15
90	48,22	72,33	4,95	6,62	70,77
100	46,21	77,02	4,70	5,60	76,37
110	44,46	81,51	4,48	4,95	81,32
120	42,90	85,80	4,29	4,48	85,80

Gráfico 11: Hietograma por el método de los bloques alternos. $T_r=5$ años.



4.3.2. MÉTODO DE HUFF

Huff investigó la distribución de la precipitación en el tiempo, por un período de 12 años, entre 1955 y 1966, con una base de datos de 261 tormentas en una red de 400 millas cuadradas, de 49 estaciones pluviométricas en el este central de Illinois, USA.

Más tarde, Huff y Vogel, en el año 1976, utilizaron datos de 6 estaciones pluviométricas en Chicago, que operaron durante 1932-1966 para desarrollar las relaciones de precipitación, para la posterior comparación con los resultados de Illinois.

Un total de 417 tormentas, en las que las precipitaciones totales superaron los 0,50 pulgadas, fueron utilizados para obtener la distribución del tiempo de las curvas.

En el estudio, las relaciones mostraron sólo pequeños cambios en la distribución en el tiempo con el aumento de tamaño de la zona de muestreo. Las distribuciones de lluvia se agruparon en función de las más fuertes precipitaciones, que se produjeron en el primer, segundo, tercer o cuarto cuartil de una tormenta. Para cada cuartil, una familia de curvas se deriva para medir la variabilidad entre la tormenta que se espera que ocurra dentro de ese grupo.

La variabilidad de la tormenta se expresó en términos de probabilidad. Otra característica importante de este estudio es que los resultados se basan estrictamente en datos reales, para el área de Chicago, USA (Huff, 1990).

Este método, permite ajustar la forma del hietograma de diseño a partir de las formas de las curvas de Huff. Las distribuciones del tiempo se expresan como porcentajes acumulativos de la tormenta, precipitaciones y la duración temporal. Este método realiza comparaciones válidas entre las tormentas, permite simplificar análisis y presentación de datos.

Con el propósito de evaluar el impacto en la generación de caudales, para una lluvia de más larga duración, los hietogramas de Huff se elaboraron para un periodo de 3 horas. Debido a que las ecuaciones pluviométricas desarrolladas para Guayaquil tienen un rango de duración de 2 horas para la tormenta, se utilizó para este caso las ecuaciones pluviométricas derivadas por el INAMHI para Guayaquil.

Las ecuaciones se muestran a continuación, para los periodos de retorno correspondientes a 5 y 25 años.

$$I_{TR} = \frac{35,17}{t^{0,3063}} Id_{TR} \quad 5 \text{ min} < I_{TR} < 85 \text{ min}$$

$$I_{TR} = \frac{288,42}{t^{0,7779}} Id_{TR} \quad 85 \text{ min} < I_{TR} < 1440 \text{ min}$$

I_{TR} : Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h.

Id_{TR} : Intensidad diaria para un período de retomo dado en mm/h.

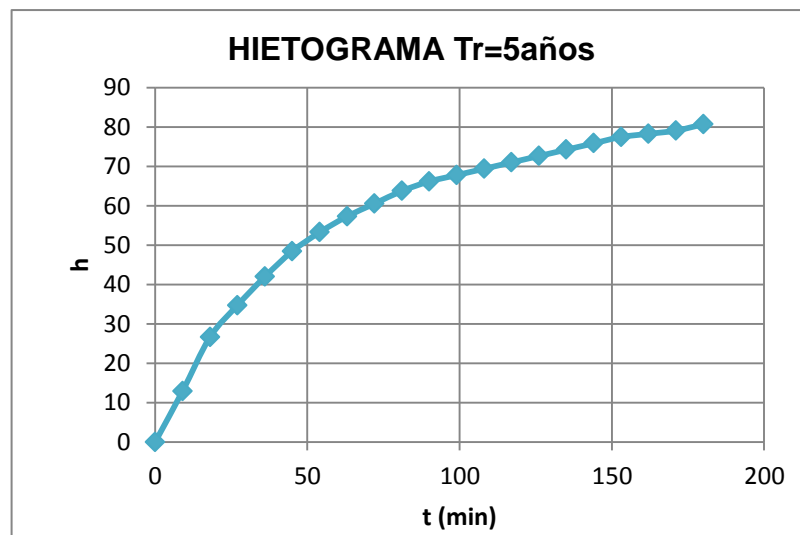
El valor de la intensidad máxima para una lluvia de 24 horas para un periodo de retorno de 5 años es 5,30 mm y para 25 años es 8 mm. Con la intensidad obtenida para un tiempo de duración de 3 horas, con intervalo de tiempo de 9 minutos y mediante los porcentajes especificados en el método de Huff, se obtuvo el hietograma de diseño, cuyos datos se observan en la tabla.

Tabla 5: Hietograma por el método de Huff. $T_r=5$ años.

HIETOGRAMA DE HUFF		
Periodo de retorno = 5 años		
Tiempo min	%	Acumulado
0	0	0
9	16	12,92
18	33	26,64
27	43	34,71

36	52	41,98
45	60	48,44
54	66	53,28
63	71	57,32
72	75	60,55
81	79	63,78
90	82	66,2
99	84	67,81
108	86	69,43
117	88	71,04
126	90	72,66
135	92	74,27
144	94	75,89
153	96	77,5
162	97	78,31
171	98	79,12
180	100	80,73

Gráfico 12: Hietograma por el método de Huff. $T_r=5$ años.



Al revisar los hietogramas generados por las dos metodologías, se puede observar que por el método de los boques alternos, que hasta la mitad de la duración de la tormenta la lluvia caída corresponde al 45%, en tanto que por

el hietograma de Huff, para la misma ubicación del tiempo, la lluvia corresponde al 82%.

Lo anterior significa que debido a la metodología que se aplica para calcular las pérdidas, el hietograma de Huff generará caudales más bajos. Este es un tema que debería investigarse en Guayaquil, para conocer a cuál de las distribuciones de precipitaciones se ajusta más la lluvia en la ciudad.

4.4. MODELACIÓN EN SWMM

Para la modelación hidrológica e hidráulica de la cuenca, se utilizó el software SWMM (Storm Water Management Model), desarrollado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA).

Este programa permite generar mediante, el módulo hidrológico, los hidrogramas del escurrimiento superficial, en cada una de las cuencas que aportan al sistema. El módulo hidráulico simula el tránsito de los hidrogramas a través de conductos o tuberías.

El SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, nivel del agua en los sistemas de conducción, durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

Las características empleadas para el presente estudio son:

- Cuencas: Información obtenida de la cartografía y de la estructura de drenaje del sistema.
- Hietograma que se aplica a los hidrogramas sintéticos unitarios obtenidos para cada uno de las subcuencas en la que se divide la cuenca principal.

De esta forma se representan la variación de la precipitación en el tiempo.

- Se analizó por el método de modelación completa por onda dinámica, que utiliza las ecuaciones de Saint Venant. Estas suponen la aplicación de la ecuación de continuidad, de cantidad de movimiento de las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nodos, lo que permite obtener resultados más precisos, que con las otras opciones de simulación. Este también permite representar los fenómenos de remanso, flujo inverso, flujo a presión y distribuciones no ramificadas del sistema (SWMM, modelo de gestión de aguas pluviales. Manual de usuarios, 2015).
- Se utilizó la geometría de los conductos, canales trapeciales e irregulares abiertos, de acuerdo con la información disponible en EMAPAG e INTERAGUA.
- Para los canales revestidos de hormigón se utilizó el coeficiente de Manning igual a 0,015 y para los canales de tierra igual a 0,028. Según la tabla sugerida en el Manual de usuario del SWMM.
- Para calcular las pérdidas y generar los hidrogramas efectivos, se utilizó el número de curva de SCS (Soil Conservation Service). Se escogió el valor de 85, debido a que el área de la cuenca se encuentra completamente urbanizada.
- Se empleó, como condición de frontera en la descarga, una curva de marea, que fluctúa entre 3 msnm y 1 msnm, a lo largo del día.

Los componentes físicos empleados en el análisis son:

- Vertedero, empleado para la división del flujo en el canal 36 de la cuenca D, a la estructural principal de la cuenca G.

- Nodos de descargas, existen una para la cuenca G y otra para la cuenca D, las cuales reciben la totalidad del caudal transportado por las estructuras principales de cada una, hasta su salida en el río Daule. En ambos casos fue considerado una curva de marea.
- Conductos, pueden ser cerrados, canales trapeciales e irregulares abiertos, según los tramos correspondientes.
- Nudos de conexión, fueron seleccionados dependiendo de la topografía del terreno y de acuerdo a los tramos de secciones de los canales y conductos de la estructura matriz de drenaje. En ciertos nudos se generó el aporte externo de los caudales que ingresan por medio de las subcuencas.

5. RESULTADOS

Luego de la revisión de la información disponible y de la construcción del modelo en el programa SWMM, el cual se muestra en el Anexo 4, con la información de los conductos y subcuencas, se realizó las simulaciones para identificar los principales sectores con problemas en la cuenca D.

Se efectuaron simulaciones aplicando los hietogramas generados por el método de los bloques alternos de Ven Te Chow y mediante las curvas de Huff.

Se reportan a continuación los resultados.

5.1.SIMULACIONES APLICANDO LOS HIETOGRAMAS POR EL MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW

5.1.1. PERIODO DE RETORNO PARA 5 AÑOS.

Se realizó una simulación con las ecuaciones pluviométricas correspondientes a un periodo de retorno de 5 años, se muestra los valores

generados por el programa, para los valores de escorrentía, infiltración y precipitación, para cada subcuenca.

Tabla 6: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr= 5 años.

Subcuenca	Precipitación mm	Infiltración mm	Escorrentía mm
D1	85,8	20,76	64,36
D2	85,8	17,67	67,81
D3	85,8	16,87	68,76
D4	85,8	19,42	65,92
D5	85,8	18,48	66,90
D6	85,8	19,95	65,32
D7	85,8	20,89	64,22
D9	85,8	19,02	66,34
D8	85,8	19,02	66,29
D10	85,8	18,21	67,19
D11	85,8	17,40	68,15
D12	85,8	17,94	67,51
G1	85,8	42,39	43,24
G2	85,8	42,39	43,14
G3	85,8	42,39	43,45
G4	85,8	17,54	67,96
G5	85,8	42,39	43,26

En esta modelación, ya se encuentran problemas en el sistema de drenaje, en el nodo 22, perteneciente al tramo del canal 36, a la altura del Centro Municipal Polifuncional, la ubicación se muestra a continuación.

Gráfico 13: Ubicación del nodo 22.



Fuente: Google Earth.

En el anexo 5 se puede observar el perfil hidráulico, donde se aprecia el nivel máximo de agua en el canal. En los perfiles y plantas se resalta con un círculo rojo el nodo mencionado. En el anexo 6, se observa en planta el valor de inundación, representado por una escala. En la presente tabla se encuentra detallado los caudales máximos que salen del sistema en cada intervalo de tiempo y el volumen total de inundación.

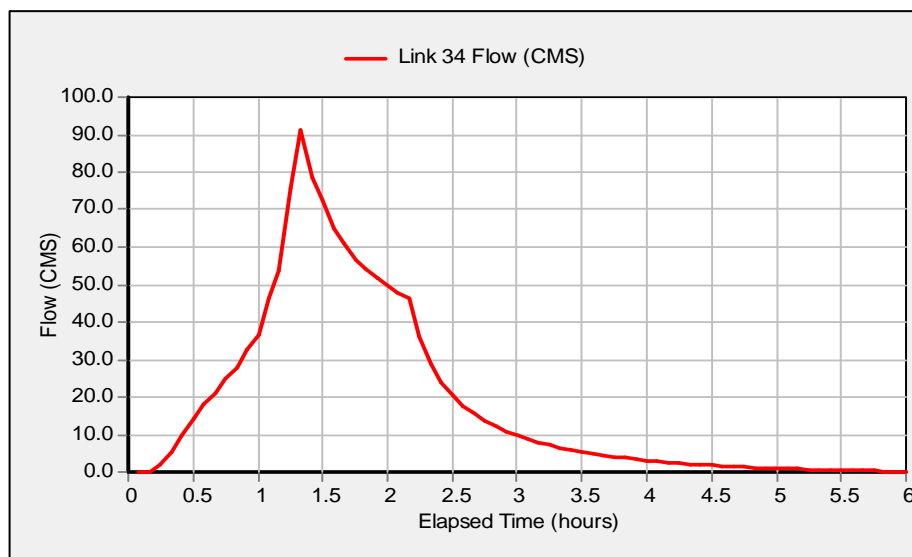
Tabla 7: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=5 años.

Nodo 22	
Hora	Inundación
1:20:00	0,00
1:25:00	41,25
1:30:00	47,35
1:35:00	24,58

1:40:00	13,15	
1:45:00	4,45	
1:50:00	5,48	
Total	136,26	m ³ /s
Volumen	40.878	m ³

En el siguiente gráfico se muestra el hidrograma en el primer tramo, del sistema. Este recibe los caudales del área de aportación D1, correspondiente al sector Flor de Bastión.

Gráfico 14: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=5 años.



En los gráficos a continuación, se puede comparar que en el tramo que se encuentra antes y después del nodo 22, los niveles de los caudales pico en el hidrograma disminuyen, porque se presenta un desbordamiento de agua en este nodo.

Gráfico 15: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. Tr=5 años.

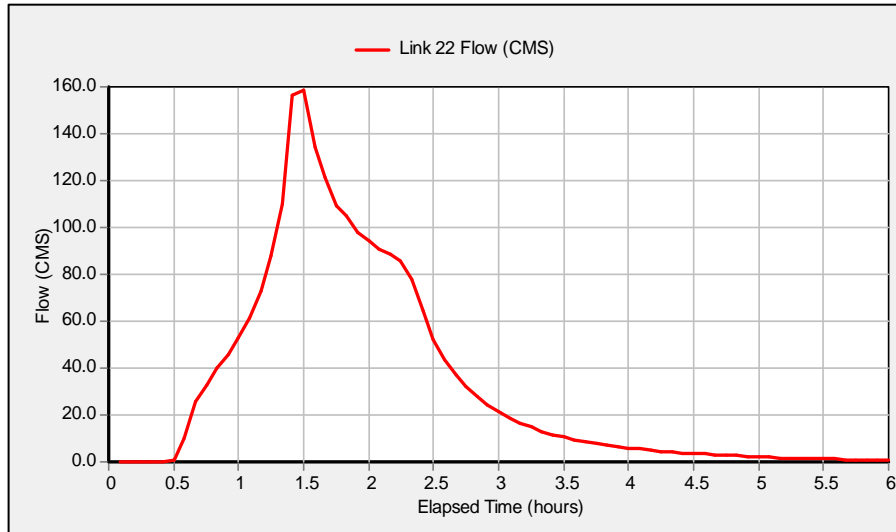
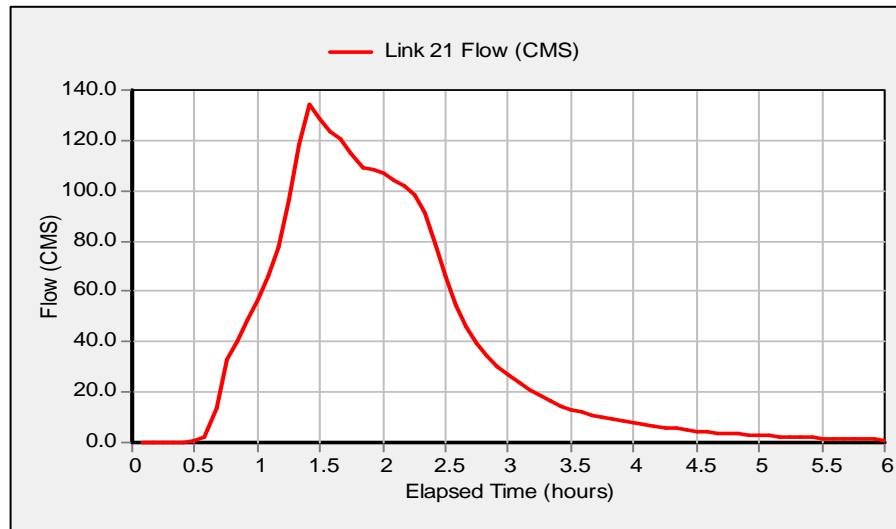
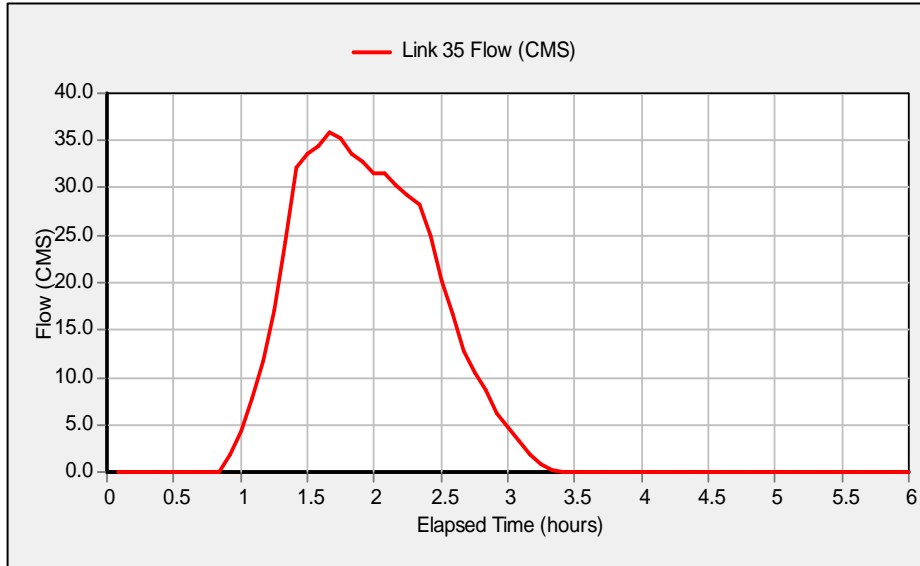


Gráfico 16: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. Tr=5 años.



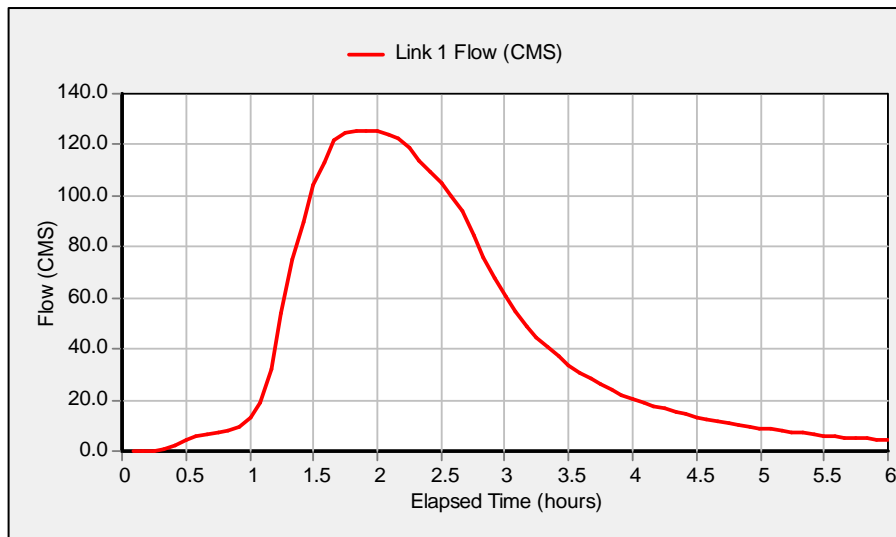
A continuación se observa el hidrograma derivado hacia el sistema de drenaje de la cuenca G, el cual presenta poca variación para periodos de retornos mayores. Los caudales pico en los hidrogramas varían entre 35 – 40 m³/s y lo restante continúa su conducción en la estructura principal de la cuenca D.

Gráfico 17: Hidrograma en la derivación a la estructura de drenaje de la cuenca G.



Finalmente en el tramo de salida al río Daule, del sistema de drenaje de la cuenca D, el hidrograma resultante se muestra a continuación.

Gráfico 18: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. $T_r=5$ años



5.1.2. PERIODO DE RETORNO PARA 25 AÑOS.

Para este periodo de retorno, los datos de escorrentía, infiltración y precipitación aumentan, como es obvio debido a que es un evento de mayor ocurrencia.

Tabla 8: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr= 25 años.

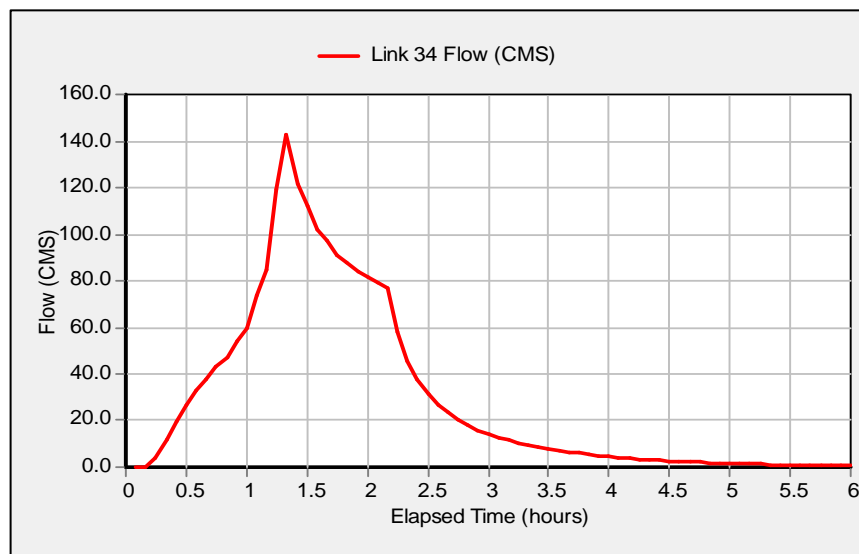
Subcuenca	Precipitación mm	Infiltración mm	Escorrentía mm
D1	126,9	22,32	103,25
D2	126,9	19,69	107,00
D3	126,9	18,81	108,02
D4	126,9	21,44	105,00
D5	126,9	20,56	106,03
D6	126,9	22,07	104,33
D7	126,9	22,32	103,08
D9	126,9	21,06	105,45
D8	126,9	21,06	105,39
D10	126,9	20,19	106,36
D11	126,9	19,31	107,41
D12	126,9	19,94	106,69
G1	126,9	62,66	64,34
G2	126,9	62,83	64,12
G3	126,9	61,73	65,18
G4	126,9	19,56	107,15
G5	126,9	62,60	64,42

En esta simulación se observa el mismo problema de inundación en el nodo 22, pero existe un mayor desbordamiento de agua, lo cual ya representa un daño significativo para las áreas vecinas. En los anexos 7 y 8 se observan los reportes del programa SWMM y el detalle en la siguiente tabla.

Tabla 9: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=25 años.

Nodo 22		
Hora	Inundación	
1:10:00	0,00	
1:15:00	53,35	
1:20:00	109,37	
1:25:00	144,78	
1:30:00	160,22	
1:35:00	134,06	
1:40:00	117,81	
1:45:00	101,90	
1:50:00	89,58	
1:55:00	81,04	
2:00:00	74,08	
2:05:00	66,85	
2:10:00	61,08	
2:15:00	48,09	
2:20:00	18,02	
Total	1260,23	m ³ /s
Volumen	378.069	m ³

Gráfico 19: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=25 años.



En los gráficos mostrados a continuación, se puede comparar que en el tramo que se encuentra antes y después del nodo 22, la disminución de los caudales picos en el hidrograma es muy notable.

Gráfico 20: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. $T_r=25$ años.

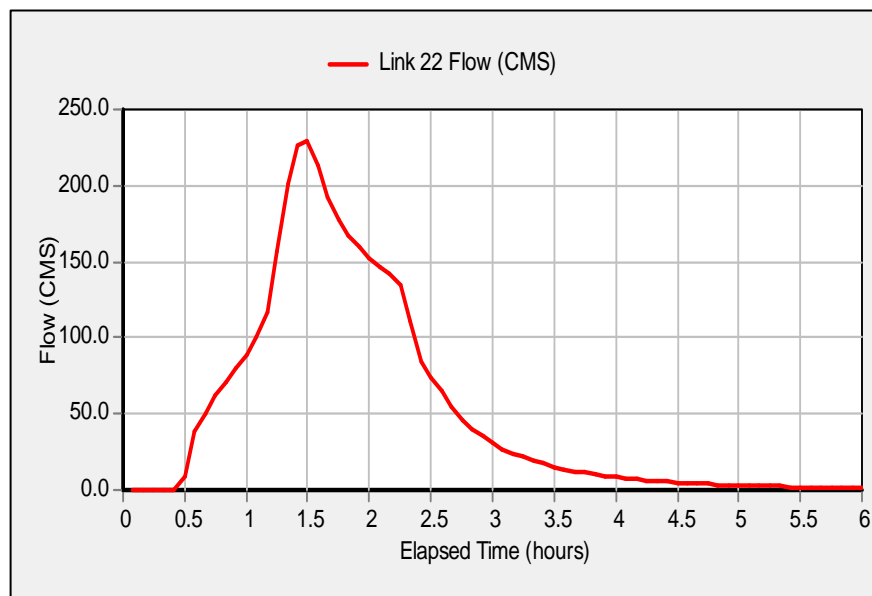
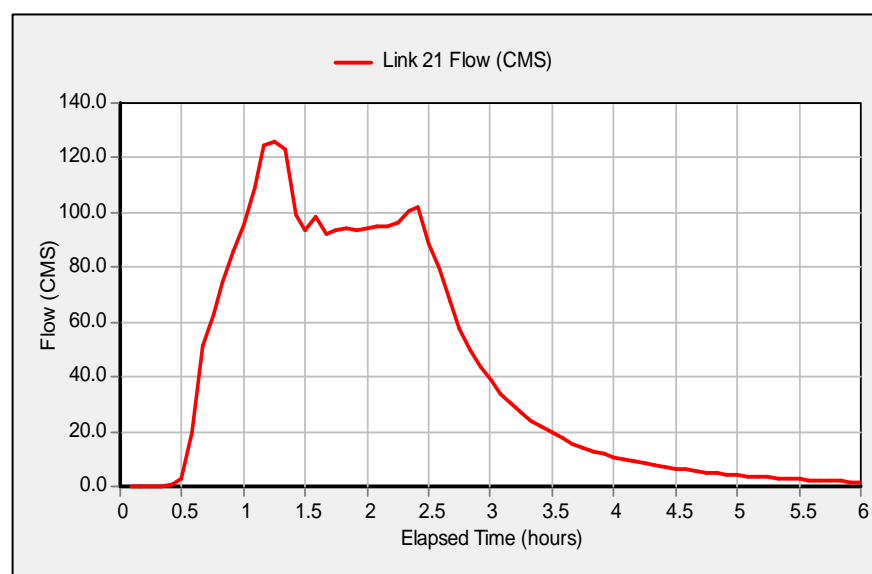
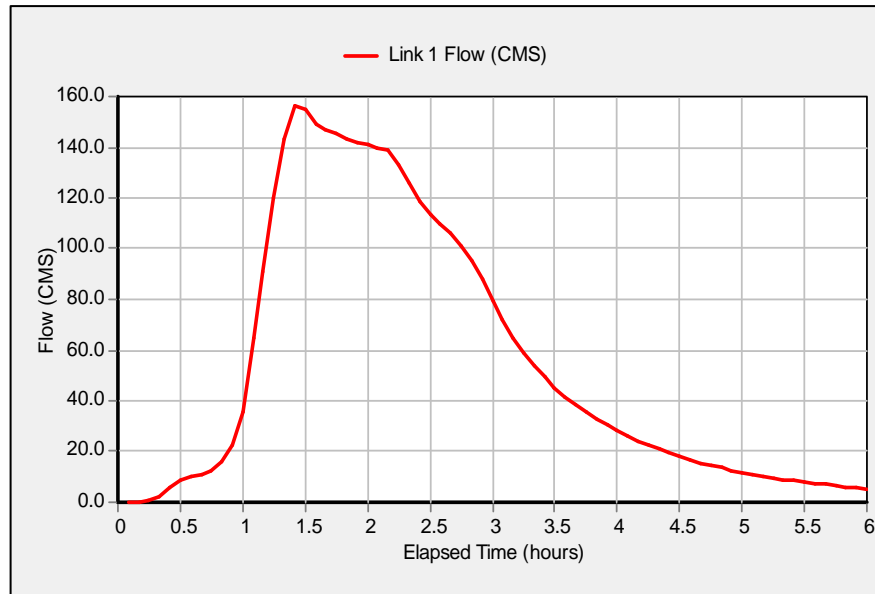


Gráfico 21: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. $T_r=25$ años.



Finalmente, se puede observar en el gráfico 22, el hidrograma en el tramo de salida del sistema de drenaje de la cuenca D.

Gráfico 22: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=25 años



5.1.3. PERIODO DE RETORNO PARA 50 AÑOS.

Se empleó las ecuaciones pluviométricas correspondientes para un periodo de retorno de 50 años, los datos de escorrentía, infiltración y precipitación para cada subcuenca han aumentado significativamente, con respecto al periodo de retorno de 5 años, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Tr=50 años.

Subcuenca	Precipitación mm	Infiltración mm	Escorrentía mm
D1	145,84	22,41	122,66
D2	145,84	20,46	127,93
D3	145,84	19,53	129,66
D4	145,84	22,31	124,92

D5	145,84	21,38	126,42
D6	145,84	22,41	124,05
D7	145,84	22,41	122,44
D9	145,84	21,91	125,57
D8	145,84	21,91	125,47
D10	145,84	21,12	126,87
D11	145,84	20,06	128,6
D12	145,84	20,72	127,42
G1	145,84	71,83	76,22
G2	145,84	72,06	75,6
G3	145,84	70,63	78,21
G4	145,84	20,32	128,18
G5	145,84	71,75	76,42

Debido a que el periodo de retorno es mucho más grande, aumenta la probabilidad de daños en la estructura principal de drenaje, se presenta inundación en los nodos 14, 22 y 25. Los volúmenes de inundación se muestran seguidamente, en las tablas correspondientes.

Tabla 11: Volúmenes de inundación en el nodo 14. $T_r=50$ años.

Nodo 14	
Hora	Inundación
1:10:00	0,00
1:15:00	6,75
1:20:00	30,63
1:25:00	21,00
1:30:00	18,94
1:35:00	13,55
1:40:00	11,65
Total	102,52
Volumen	30.756

m^3/s
 m^3

Tabla 12: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Tr=50 años.

Nodo 22		
Hora	Inundación	
1:05:00	11,92	
1:10:00	45,96	
1:15:00	93,98	
1:20:00	149,21	
1:25:00	166,48	
1:30:00	156,29	
1:35:00	159,84	
1:40:00	156,64	
1:45:00	136,74	
1:50:00	126,09	
1:55:00	114,25	
2:00:00	105,65	
2:05:00	98,39	
2:10:00	91,70	
2:15:00	77,25	
2:20:00	43,79	
Total	1734,18	m ³ /s
Volumen	520.254	m ³

Tabla 13: Volúmenes de inundación en el nodo 25. Tr=50 años.

Nodo 25		
Hora	Inundación	
1:20:00	44,79	
1:25:00	31,52	
1:30:00	26,86	
1:35:00	12,99	
1:40:00	0,00	
Total	116,16	m ³ /s
Volumen	34.848	m ³

El nodo 25 forma parte del canal 35, que está construido en tierra. En este nodo ingresa los caudales correspondientes a las áreas de INMACONSA y otros sectores.

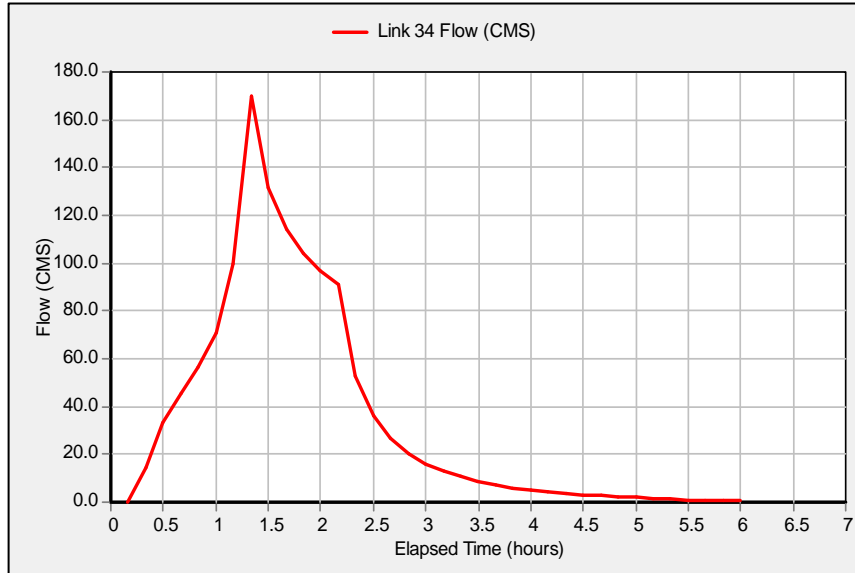
Gráfico 23: Ubicación del nodo 25.



Fuente: Google Earth.

El nodo 14 está en el canal 37, representa la salida del agua de los ductos cajones ubicados bajo la intersección de la avenida 33 NO y 24 NE, hacia un canal revestido abierto.

Gráfico 25: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=50 años.



Como en los anteriores casos, se puede observar la disminución de los caudales picos, en los tramos que se encuentra antes y después del nodo 22.

Gráfico 26: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. Tr=50 años.

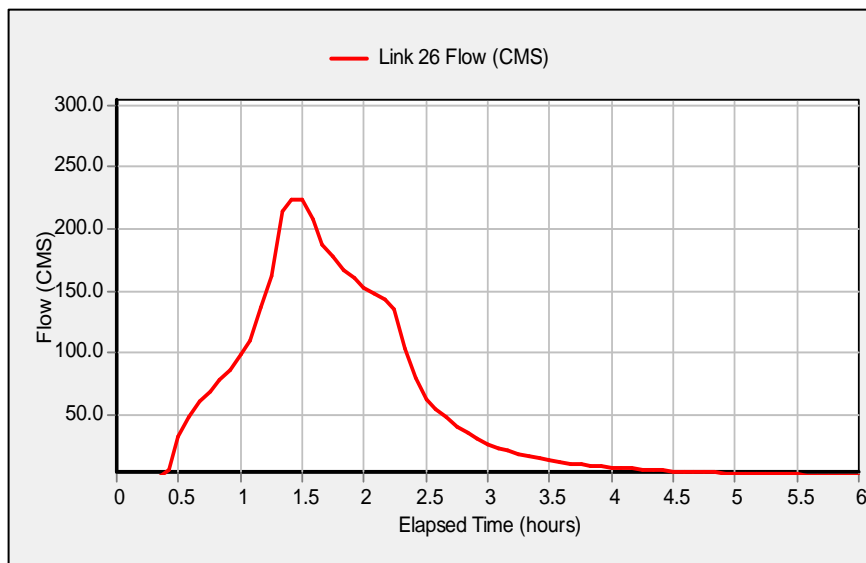
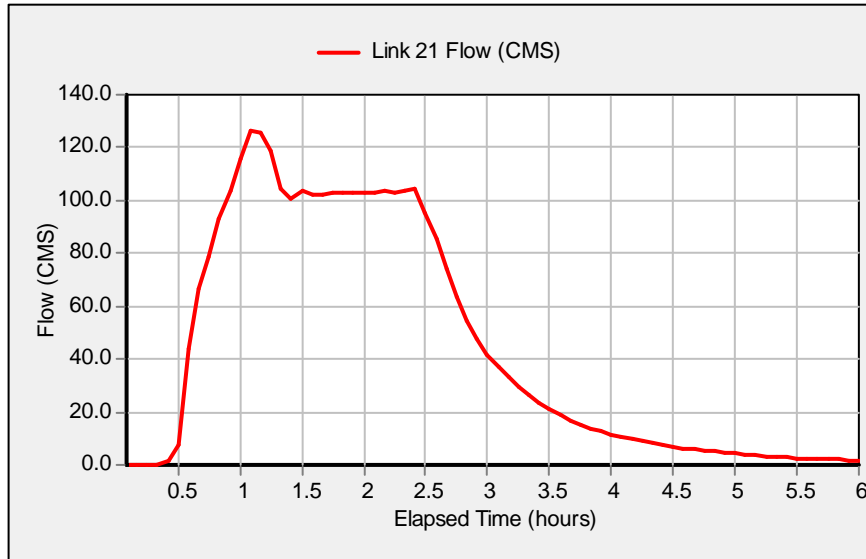
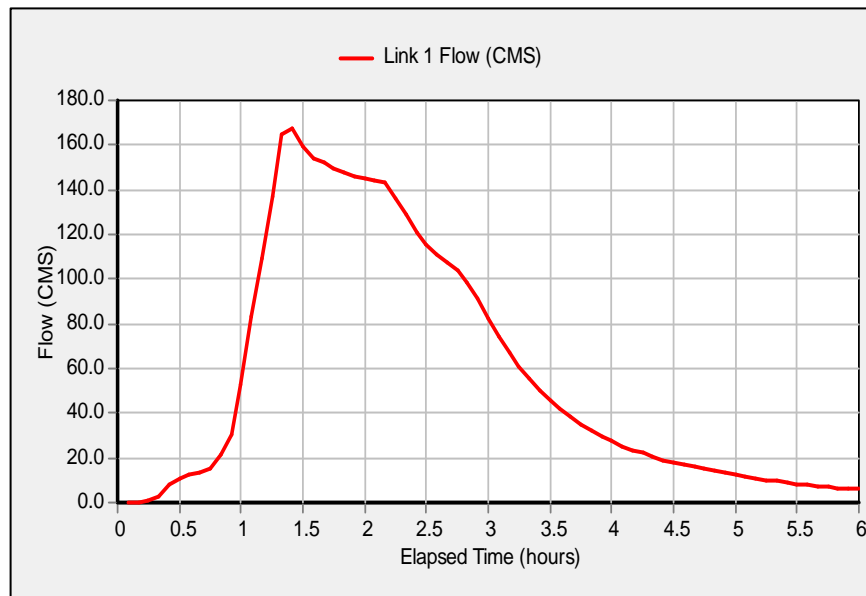


Gráfico 27: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. Tr=50 años.



El hidrograma en el tramo final, para un periodo de retorno de 50 años se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 28: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=50 años



5.2. SIMULACIONES APLICANDO LOS HIETOGRAMAS DE HUFF

5.2.1. PERIODO DE RETORNO PARA 5 AÑOS.

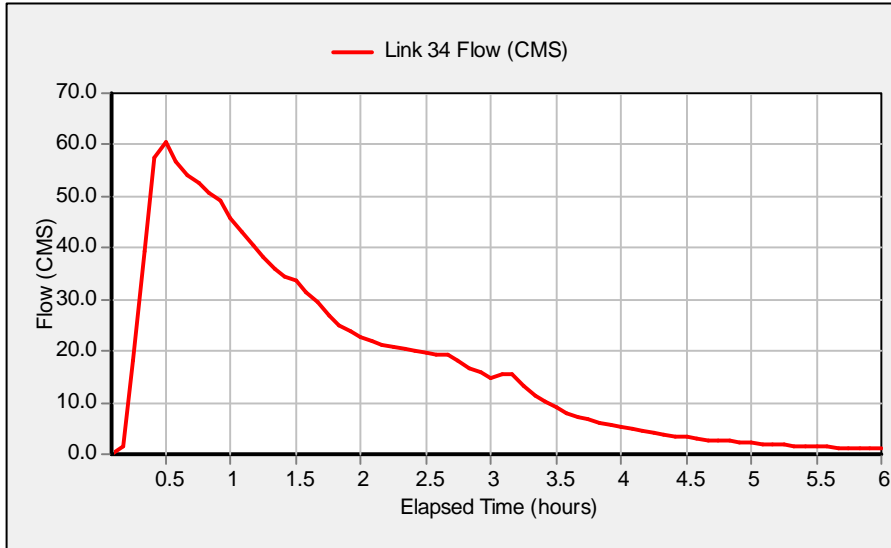
Para la modelación por el método de Huff, se utilizó el hietograma mencionado en la metodología. Para este caso los valores de precipitación, infiltración y escorrentía disminuyen muy poco en comparación con el método de los bloques alternos, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 14: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Método de Huff para $Tr=5$ años.

Subcuenca	Precipitación mm	Infiltración mm	Escorrentía mm
D1	80,73	16,42	61,85
D2	80,73	15,84	64,53
D3	80,73	15,39	65,19
D4	80,73	16,42	63,20
D5	80,73	16,30	63,90
D6	80,73	16,42	62,71
D7	80,73	16,42	61,71
D9	80,73	16,42	63,52
D8	80,73	16,42	63,47
D10	80,73	16,19	64,09
D11	80,73	15,67	64,78
D12	80,73	16,02	64,31
G1	80,73	39,41	41,03
G2	80,73	39,41	40,87
G3	80,73	39,41	41,39
G4	80,73	15,79	64,62
G5	80,73	39,41	41,08

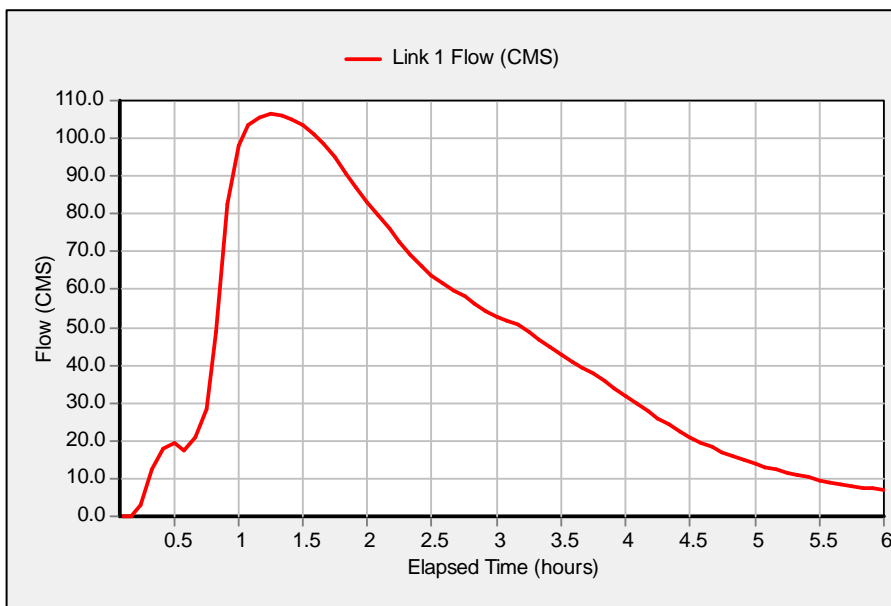
El caudal en el primer tramo, de la estructura de drenaje principal es mucho menor, que con la simulación por el método de los bloques alternos, como se puede observar en el gráfico, y los niveles de agua en el conducto disminuyen y ya no se presenta inundación. Ver anexos 11 y 12.

Gráfico 29: Hidrograma en el primer tramo del sistema de drenaje de la cuenca D. Método de Huff para $T_r=5$ años.



El caudal pico resultante en el tramo antes de la descarga al río Daule, se muestra en el gráfico 27, el cual alcanza alrededor de $105 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 30: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. Método de Huff para $T_r=5$ años.



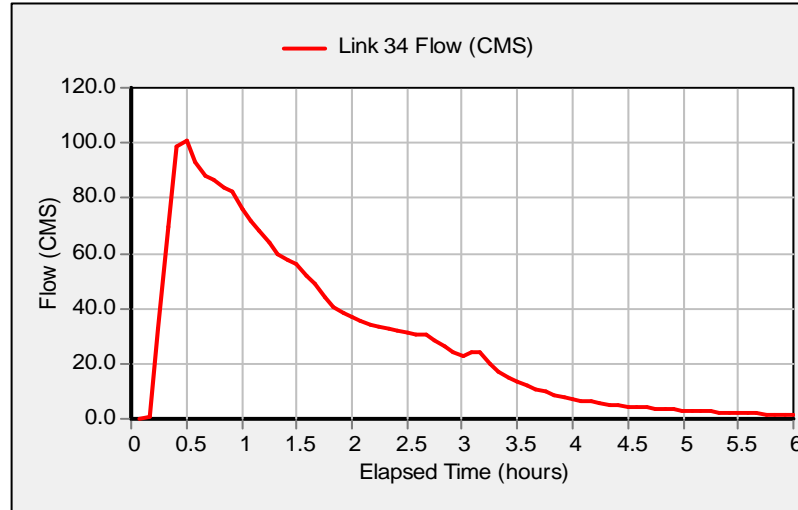
5.2.2. PERIODO DE RETORNO PARA 25 AÑOS.

Los datos generados en el SWMM, por el método de los bloques alternos son similares a los del método de Huff en cuanto a las subcuencas empleadas, los niveles de precipitación disminuyen muy poco, ya que lo que cambia significativamente son los hidrogramas. Esto indica que la forma del hietograma tiene una gran influencia en la generación de los hidrogramas.

Tabla 15: Reporte de niveles de precipitación, escorrentía e infiltración en las subcuencas. Método de Huff para $Tr=25$ años.

Subcuenca	Precipitación mm	Infiltración mm	Escorrentía mm
D1	121,86	18,11	100,65
D2	121,86	17,86	103,80
D3	121,86	17,42	104,49
D4	121,86	18,11	102,30
D5	121,86	18,11	103,13
D6	121,86	18,11	101,71
D7	121,86	18,11	100,48
D9	121,86	18,11	102,68
D8	121,86	18,11	102,62
D10	121,86	18,11	103,34
D11	121,86	17,67	104,07
D12	121,86	18,01	103,57
G1	121,86	59,07	62,66
G2	121,86	59,68	62,19
G3	121,86	58,46	63,58
G4	121,86	17,77	103,91
G5	121,86	59,07	62,74

Gráfico 31: Caudal que ingresa al sistema de drenaje. Método de Huff para Tr=25 años.



En el nodo 22, para esta simulación se generan problemas, como se puede observar en la tabla a continuación el volumen total de inundación.

Tabla 16: Volúmenes de inundación en el nodo 22. Método de Huff para Tr=25 años.

Nodo 22	
Hora	Inundación
0:30:00	18,44
0:35:00	82,28
0:40:00	69,47
0:45:00	60,06
0:50:00	55,60
0:55:00	55,50
1:00:00	64,45
1:05:00	54,88
1:10:00	42,53
1:15:00	35,45
1:20:00	26,56
1:25:00	17,28
1:30:00	12,29
1:35:00	7,34
1:40:00	0,39
Total	602,52
Volumen	180.756

m³/s
m³

En los gráficos mostrados a continuación, se puede observar que los caudales picos en los hidrogramas se reducen, esto es debido al desbordamiento que se produce en la cámara del nodo 22.

Gráfico 32: Hidrograma en el tramo antes del nodo 22. Tr=25 años.

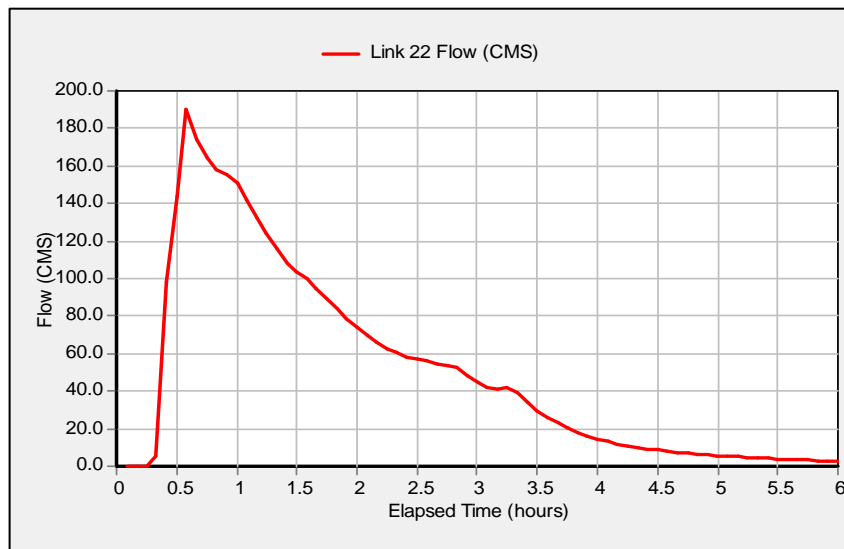
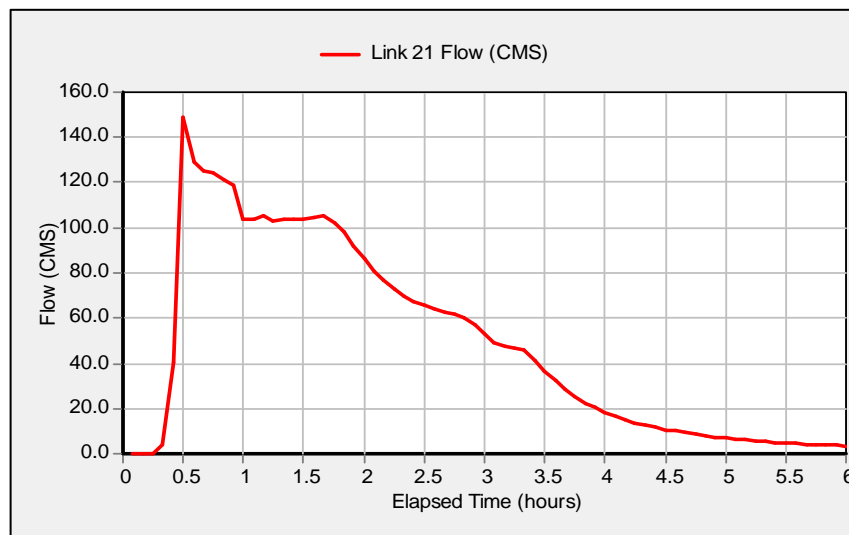
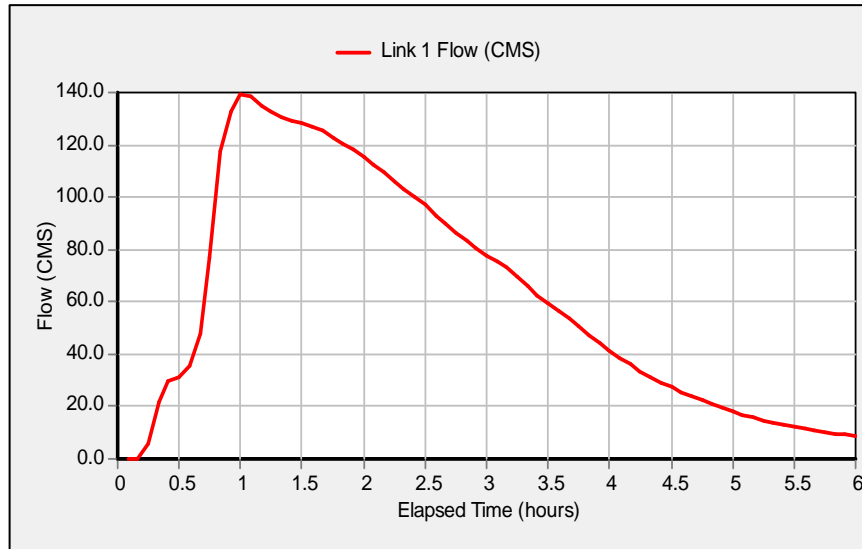


Gráfico 33: Hidrograma en el tramo después del nodo 22. Tr=25 años.



En el tramo final del sistema de drenaje de la cuenca, alcanza un caudal pico de $140 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 34: Hidrograma en el tramo de descarga del sistema de drenaje de la cuenca D. Tr=25 años



5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las simulaciones realizadas, ya sea utilizando los hidrogramas de Huff o por el método de los bloques alternos de Ven Te Chow, determinaron flujos superiores a la capacidad de los conductos.

El sector de Flor del Bastión tiene una topografía irregular con muchas colinas y fuertes pendientes, por lo que en épocas lluviosas se producen pequeños conductos de drenaje natural, que transportan rápidamente agua y suelos, lo que causa problemas de drenaje en vías.

Está como las demás áreas consideradas en la cuenca D, se encuentra completamente urbanizadas, lo que genera que el escurrimiento superficial sea mucho más rápido y muy poca agua se infiltra en el suelo, por lo que se genera caudales importantes.

A estas circunstancias se suma la falta de mantenimiento y al descuido de los pobladores, al arrojar basuras en las alcantarillas, originando un taponamiento de estas.

El canal 35, no ha sido revestido aún y presenta irregularidades en cuanto a su sección, debido a esto, el nivel de cotas de soleras y del terreno del canal es variable e irregular en todo el tramo considerado, como también sucede en parte del canal 42.

De acuerdo con las simulaciones, se produce inundaciones hasta para la frecuencia de 5 años. Para el periodo de retorno de 25 años la situación es bastante más crítica presentándose fuertes inundaciones.

En la simulación se produce el desbordamiento en las cámaras, con un volumen total de 180.756 m^3 . Al no tener una topografía detallada del área no es posible determinar la superficie inundada, pero si se considera un promedio de 50 cm, el área inundada resultaría igual a 361.512 m^2 .

El volumen de inundación del que se hace referencia, es de la simulación con el hietograma de Huff. Si se analiza la situación para 50 años la situación es mucho más crítica.

Es importante destacar que en el presenta trabajo el análisis hidrológico e hidráulico no considera la presencia de las válvulas Tideflex, las que desde el punto de vista de drenaje, afectan a la capacidad de descarga del canal, ya que introduce una fuerte pérdida de carga.

Las válvulas fueron instaladas por EMAPAG e INTERAGUA, con el propósito de tener el canal vacío, es decir, ese volumen no ocupado sirva como un depósito de regulación, cuando se presente una creciente.

Sin embargo, los altos niveles freáticos de la zona por donde cruza el canal, van a introducir agua del subsuelo, ya que los canales no están revestidos o a través de los mechinales que se instalan para evitar la subpresión.

Por otro lado el volumen de regulación que ofrece el canal debe estar alrededor de 100.000 m³, los que comparados con el volumen de 1'300.000 m³ del hidrograma para una frecuencia de 50 años, en el tramo de descarga al río Daule, tiene o presenta muy poca capacidad de regulación.

6. SOLUCIONES

Frente a los problemas que generaría la ampliación de los canales construidos con carácter definitivos en muchos de los tramos del sistema y como para proporcionar la capacidad que se requiere para 25 o 50 años deben proporcionarse soluciones alternas.

Se plantea en el siguiente trabajo dos soluciones:

- La primera consiste en la construcción de depósitos o de ciertas áreas para almacenar provisionalmente el agua que excede la capacidad de los conductos, para luego introducirlos en la red.
- La segunda alternativa es plantear medidas acorde con los sistemas de drenaje sostenibles, esto es construcción de canales verdes, zanjas de infiltración, cuencas de percolación, techos verdes, superficies, pozos y estanques de infiltración, entre otros; para reducir el coeficiente de escurrimiento.

6.1. ALTERNATIVA 1

Comparando los resultados obtenidos con la simulación en la que se emplea el hietograma de Huff, con los obtenidos de trabajos realizados por EMAPAG e INTERAGUA, con relación a lo referente a la magnitud de la inundación, se

acercan mucho más a la realidad. Por esto para el planteamiento de las soluciones se utiliza el método de Huff.

En la simulación con el programa SWMM, se consideró un comando que permite la acumulación del agua que excede la capacidad de drenaje del sistema, en un depósito imaginario. Las aguas almacenadas en este depósito son incorporadas nuevamente en la red, al reducirse los caudales en los conductos, hasta que esta tenga la capacidad para incorporar los volúmenes almacenados.

De acuerdo con la simulación para 25 años utilizando el hietograma de Huff, el volumen que salen de la red, en el nodo 22, por falta de la capacidad de esta, son alrededor de 180.000 m³, durante la tormenta. Este volumen debe ser regulado mediante alguna estructura, que lo almacene y luego lo descargue en el nodo siguiente, cuando el sistema ya tenga capacidad.

El resultado de la simulación muestra que esto es posible, ya que en el tramo siguiente al nodo 22 (conducto 21), el caudal máximo es menor, y el volumen total del hidrograma es igual al del tramo anterior (conducto 22) más el aporte de la cuenca D7 y restando el volumen de inundación generado en el nodo. Los reportes del programa SWMM, se pueden observar en los anexos 15, 16, 17 y el resumen en la tabla a continuación.

Tabla 17: Resumen de volúmenes generados en la cuenca D7 y en los tramos 21 y 22.

Descripción	Volumen m ³
Cuenca D7	143.820
Conducto 21	1.057.086
Conducto 22	1.100.286

Para esta alternativa se deberá encontrar el o los sitios donde puedan colocarse las estructuras para la regulación de los caudales. Parques o

canchas pueden acondicionarse, para que en los momentos picos de la lluvia puedan cumplir con la función de reservorio.

6.2. ALTERNATIVA 2

La otra alternativa como se mencionó, consiste en reducir el coeficiente de escurrimiento, se estima que es posible disminuir a valores de CN que fluctúen entre 72 y 78, usando las técnicas de sistemas de drenaje sostenibles, como se explicó en la sección 4.3; de esta forma se previene los daños que puedan llegar a producirse en las viviendas aledañas.

En el presente trabajo se ha efectuado la simulación para el mismo esquema de la alternativa 1, cambiando el CN con un valor de 72.

A pesar de la reducción en el coeficiente de CN, se mantiene la inundación en el nodo 22, pero el volumen que sale del sistema se reduce a aproximadamente 100.000 m³, lo recomendable será entonces combinar ambas alternativas para encontrar las soluciones más económicas.

Tabla 18: Volúmenes de inundación en el nodo 22. CN=72.

Nodo 22		
Hora	Inundación	
0:30:00	14,28	
0:35:00	69,04	
0:40:00	53,29	
0:45:00	41,39	
0:50:00	35,09	
0:55:00	31,93	
1:00:00	38,57	
1:05:00	35,27	
1:10:00	21,52	
1:15:00	15,92	
1:20:00	9,17	
1:25:00	0,34	
1:30:00	0	
Total	365,81	m ³ /s
Volumen	109.743	m ³

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el modelo que representa la estructura matriz de drenaje se trabajó con los datos disponibles, pero debido a las razones que se indican a continuación, la confiabilidad de los resultados a la fecha, puede estar afectada parcialmente por:

- Información faltante en algunos sectores, que impiden una buena representación de la realidad, en cuanto a cotas invert, terreno, solera y márgenes de los canales. También algunos datos pudieron haberse modificado debido a nuevas construcciones.
- Secciones irregulares de canales en ciertos tramos de la red, donde existe contra pendiente.

Para un mejor resultado, en cuanto a las alturas de inundación es necesario actualizar los levantamientos topográficos, para conocer con precisión la geometría de los canales que conforman la estructura matriz de drenaje de la cuenca.

No obstante a lo anterior mencionado, las simulaciones realizadas determinan que es notable que gran parte del tramo del canal 36, no tiene la capacidad suficiente para los caudales esperados, por lo tanto es necesario efectuar medidas de control para evitar problemas en el sector de Bastión Popular, como muestra el análisis de los resultados.

Debería mejorarse las normas existentes, regular y modificar el uso de suelo en estos sectores, ya que debido a la urbanización, no existen suficientes áreas verdes, lugares disponibles en el que se pueda retardar el escurrimiento superficial hasta la estructura matriz de drenaje o infiltrarse el agua en el suelo.

Se debería educar a las personas sobre el respeto al medio ambiente y cuidado de las obras de alcantarillado, debido a que se deposita desechos en estas, principalmente en los canales abiertos. Algunas de las estructuras se encuentran cubiertas de basura e impiden la conducción de las aguas lluvias.

Es necesario realizar un estudio más específico en las zonas de inundación y realizar medidas de protección inmediatas, para preservar el bienestar tanto de la ciudad, como de la población, promoviendo el desarrollo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. (2015). *Drenaje urbano sostenible*. Recuperado el 9 de enero de 2016, de <http://drenajeurbanosostenible.org/category/urbanismo-sostenible/page/2/>
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.
- Comisión Estatal de Aguas. Gobierno del Estado de Querétaro. (2011). *Normas y Lineamientos Técnicos para las instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro*. Santiago de Querétaro, México.
- EPA, U. S. Environmental Protection Agency. (2005). *SWMM, modelo de gestión de aguas pluviales. Manual de usuarios*. Washington, USA.
- Gálvez, J. J. (2011). *Global Water Partnership South America*. Recuperado el 2 de enero de 2016, de http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Balance_Hidrico.pdf
- González, E. (2010). *Wordpress*. Recuperado el 19 de diciembre de 2015, de <https://ccnifdcanelones.wordpress.com/2010/07/21/ciclos-biogeoquimicos-de-la-naturaleza-en-el-planeta-tierra/>
- Huff, F. A. (1990). *Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois*. Illinois: Illinois State Water Survey Champaign.
- Ignacio Escuder Bueno, A. M. (2010). *Universitat Politècnica de Valencia (UPV)*. Recuperado el 7 de febrero de 2016, de http://www.ipresas.upv.es/docs/2010_12_15_Memoria_SUFRI_WP3_borrador.pdf
- INTERAGUA. (2015). *EMAPAG, Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil*. Recuperado el 9 de febrero de 2016, de

<http://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2015/06/C-I-VIII-D.pdf>

- MIDUVI, S. d. (2011). *Habitat y Vivienda*. Recuperado el 16 de diciembre de 2015, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/6.-Intervenci%C3%B3n-Urbana-Intergral-NO-Guayaquil.pdf>
- Pardo Canholi, A. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Sao Paulo, Brasil: Oficina de Textos.
- Springall, R. (s.f.). *Hidrología*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Tucci, C. E. (2007). *Gestión de inundaciones urbanas*. Porto Alegre, Brasil: Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial.
- University Corporation of Atmospheric Research. (2011). *The COMET Program*. Recuperado el 11 de enero de 2016, de http://www.meted.ucar.edu/hydro/basic_int/runoff_es/navmenu.php?tab=1&page=4.4.0

ANEXOS

- Anexo 1: Hietograma por el método de los bloques alternos para $Tr=5$ años.
- Anexo 2: Hietograma por el método de los bloques alternos para $Tr=25$ años.
- Anexo 3: Hietograma por el método de Huff para $Tr=25$ años.
- Anexo 4: Modelo de la estructura principal de drenaje de la cuenca D y G.
- Anexo 5: Perfil hidráulico. $Tr=5$ años.
- Anexo 6: Puntos de inundación. $Tr=5$ años.
- Anexo 7: Perfil hidráulico. $Tr=25$ años.
- Anexo 8: Puntos de inundación. $Tr=25$ años.
- Anexo 9: Perfil hidráulico. $Tr=50$ años.
- Anexo 10: Puntos de inundación. $Tr=50$ años.
- Anexo 11: Perfil hidráulico. Método de Huff para $Tr=5$ años.
- Anexo 12: Puntos de inundación. Método de Huff para $Tr=5$ años.
- Anexo 13: Perfil hidráulico. Método de Huff para $Tr=25$ años.
- Anexo 14: Puntos de inundación. Método de Huff para $Tr=25$ años.
- Anexo 15: Volumen generado en la cuenca D7.
- Anexo 16: Volumen generado en el tramo 21.
- Anexo 17: Volumen generado en el tramo 22.
- Anexo 18: Perfil hidráulico. Para $CN=72$.
- Anexo 19: Puntos de inundación. Para $CN=72$.
- Anexo 20: Planos
 - Plano 1: Cuencas de drenaje
 - Plano 2: Sistema de aguas lluvias existente
 - Plano 3: Canal 37
 - Plano 4: Canal 37
 - Plano 5: Canal 36
 - Plano 6: Canal 35
 - Plano 7: Canal 42

Anexo 1: Hietograma por el método de los bloques alternos para $T_r=5$ años.

HIETOGRAMA					
Periodo de retorno = 25 años					
t min	i mm/h	h mm	Incremento	Alternado	Acumulado
0	552,81	0,00	0,00	0,00	0,00
10	143,42	23,90	23,90	6,94	6,94
20	115,98	38,66	14,76	7,46	14,41
30	101,81	50,91	12,25	8,16	22,56
40	92,60	61,73	10,83	9,16	31,72
50	85,92	71,60	9,87	10,83	42,55
60	80,76	80,76	9,16	14,76	57,31
70	76,60	89,37	8,61	23,90	81,21
80	73,14	97,53	8,16	12,25	93,46
90	70,21	105,31	7,78	9,87	103,33
100	67,66	112,77	7,46	8,61	111,93
110	65,43	119,96	7,19	7,78	119,71
120	63,45	126,90	6,94	7,19	126,90

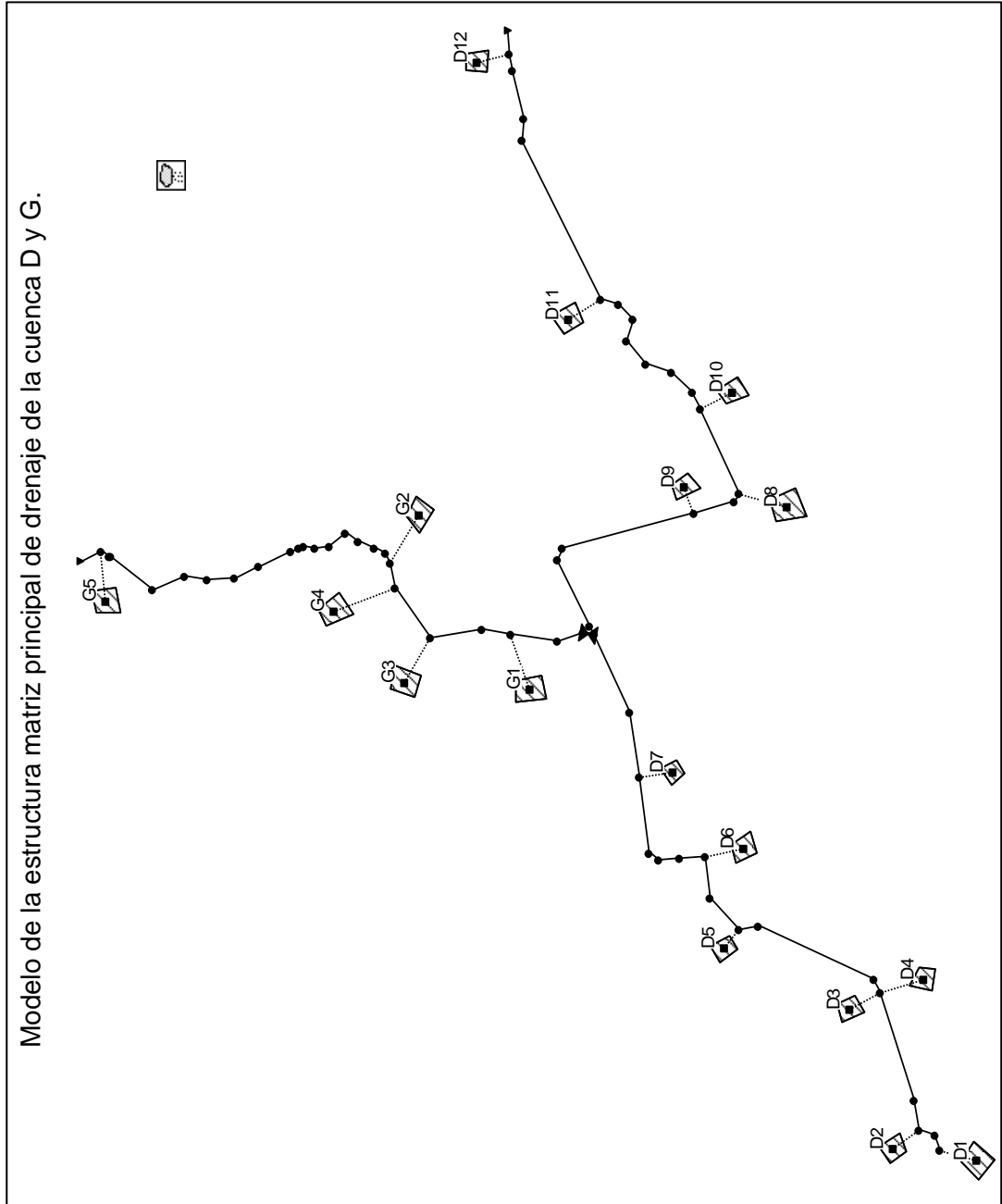
Anexo 2: Hietograma por el método de los bloques alternos para $T_r=25$ años.

HIETOGRAMA					
Periodo de retorno = 50 años					
t min	i mm/h	h mm	Incremento	Alternado	Acumulado
0	799,53	0,00	0,00	0,00	0,00
10	160,76	26,79	26,79	8,19	8,19
20	130,32	43,44	16,65	8,76	16,95
30	114,78	57,39	13,95	9,52	26,47
40	104,70	69,80	12,41	10,61	37,08
50	97,42	81,18	11,38	12,41	49,50
60	91,79	91,79	10,61	16,65	66,15
70	87,26	101,80	10,01	26,79	92,94
80	83,49	111,32	9,52	13,95	106,89
90	80,29	120,43	9,11	11,38	118,26
100	77,52	129,19	8,76	10,01	128,27
110	75,08	137,65	8,46	9,11	137,38
120	72,92	145,84	8,19	8,46	145,84

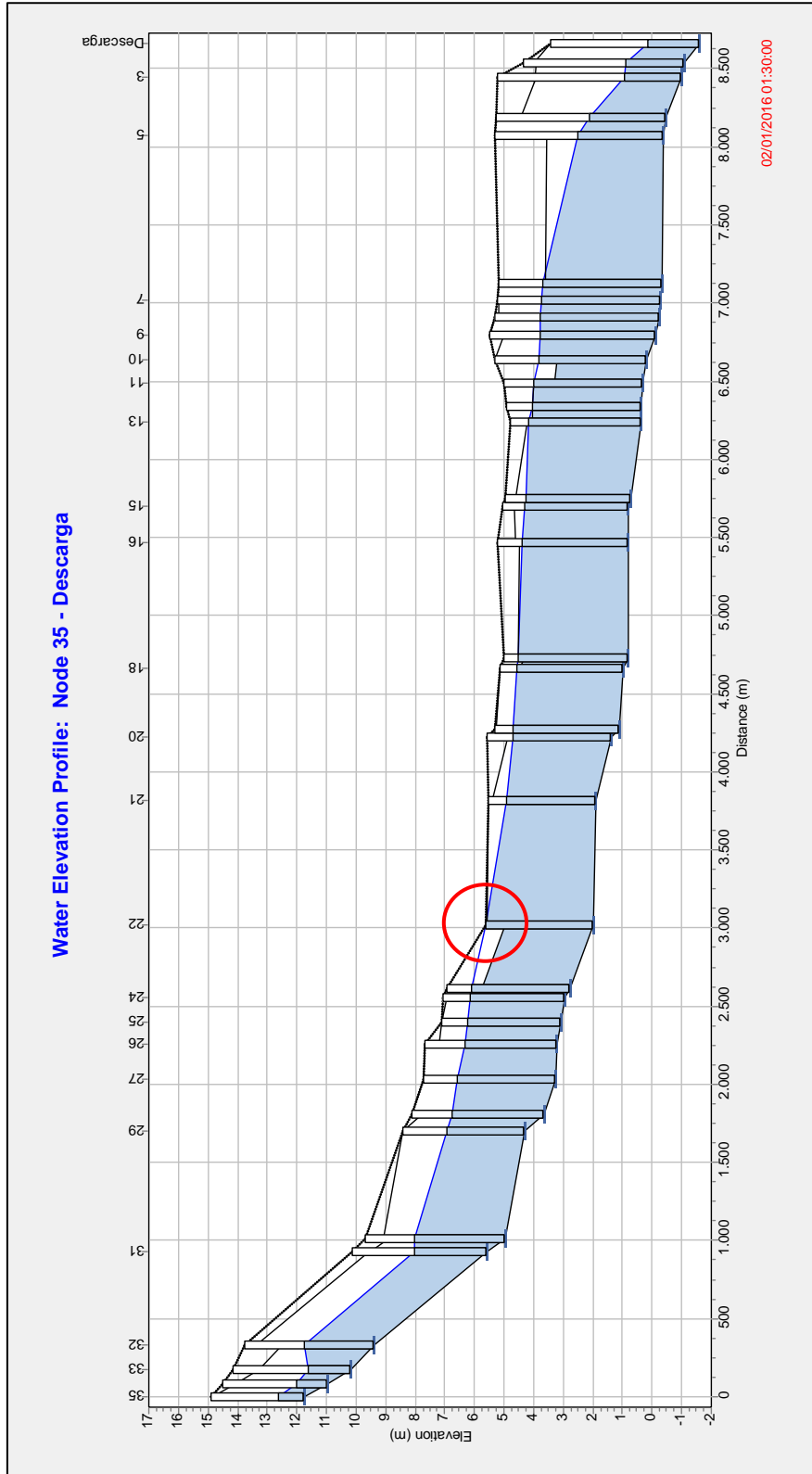
Anexo 3: Hietograma por el método de Huff para $T_r=25$ años.

HIETOGRAMA		
Periodo de retorno = 25 años		
Tiempo min	%	Acumulado
0	0	0,00
9	16	19,50
18	33	40,21
27	43	52,40
36	52	63,37
45	60	73,12
54	66	80,43
63	71	86,52
72	75	91,39
81	79	96,27
90	82	99,92
99	84	102,36
108	86	104,80
117	88	107,24
126	90	109,67
135	92	112,11
144	94	114,55
153	96	116,99
162	97	118,20
171	98	119,42
180	100	121,86

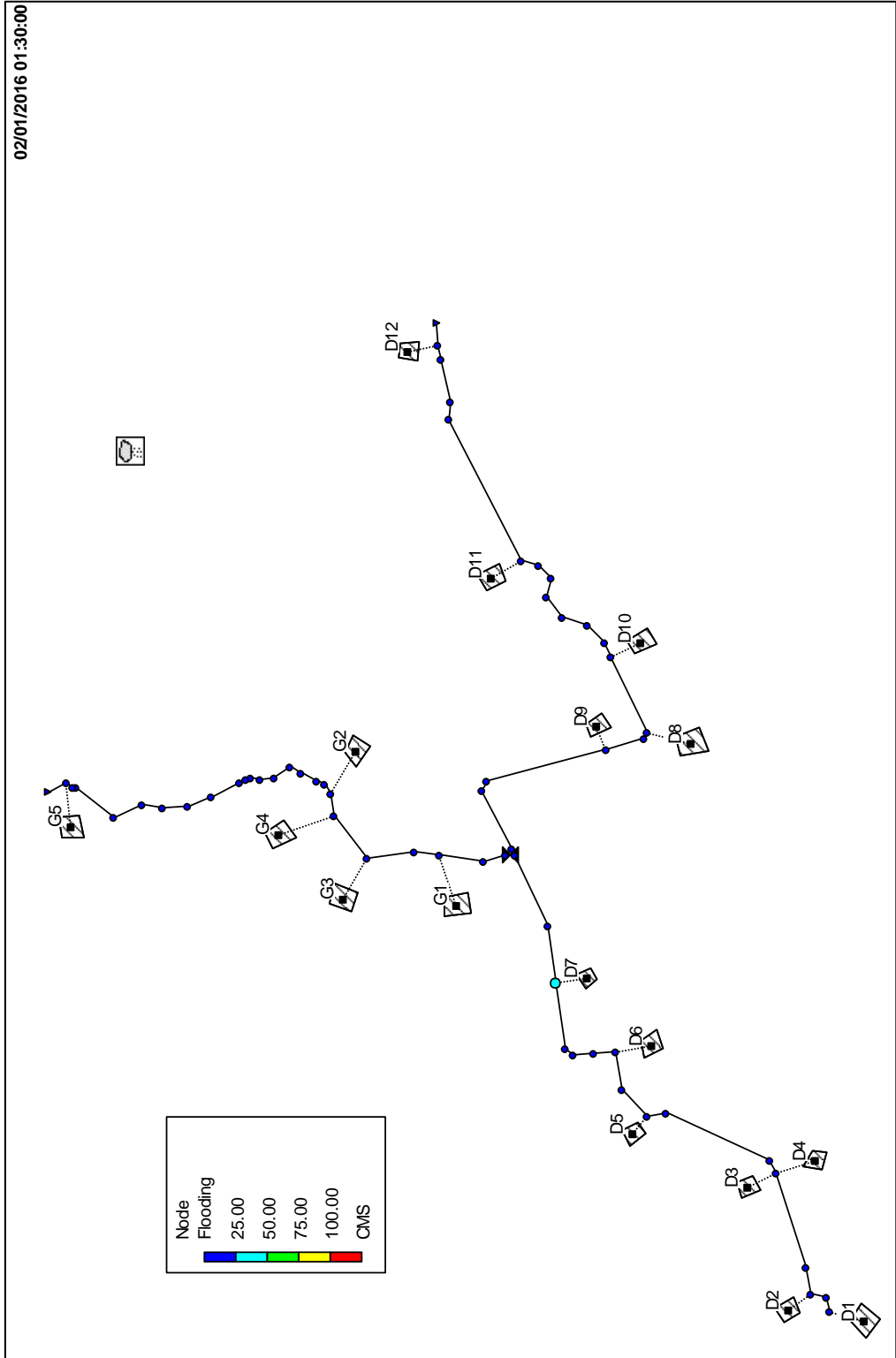
Anexo 4: Modelo de la estructura principal de drenaje de la cuenca D y G.



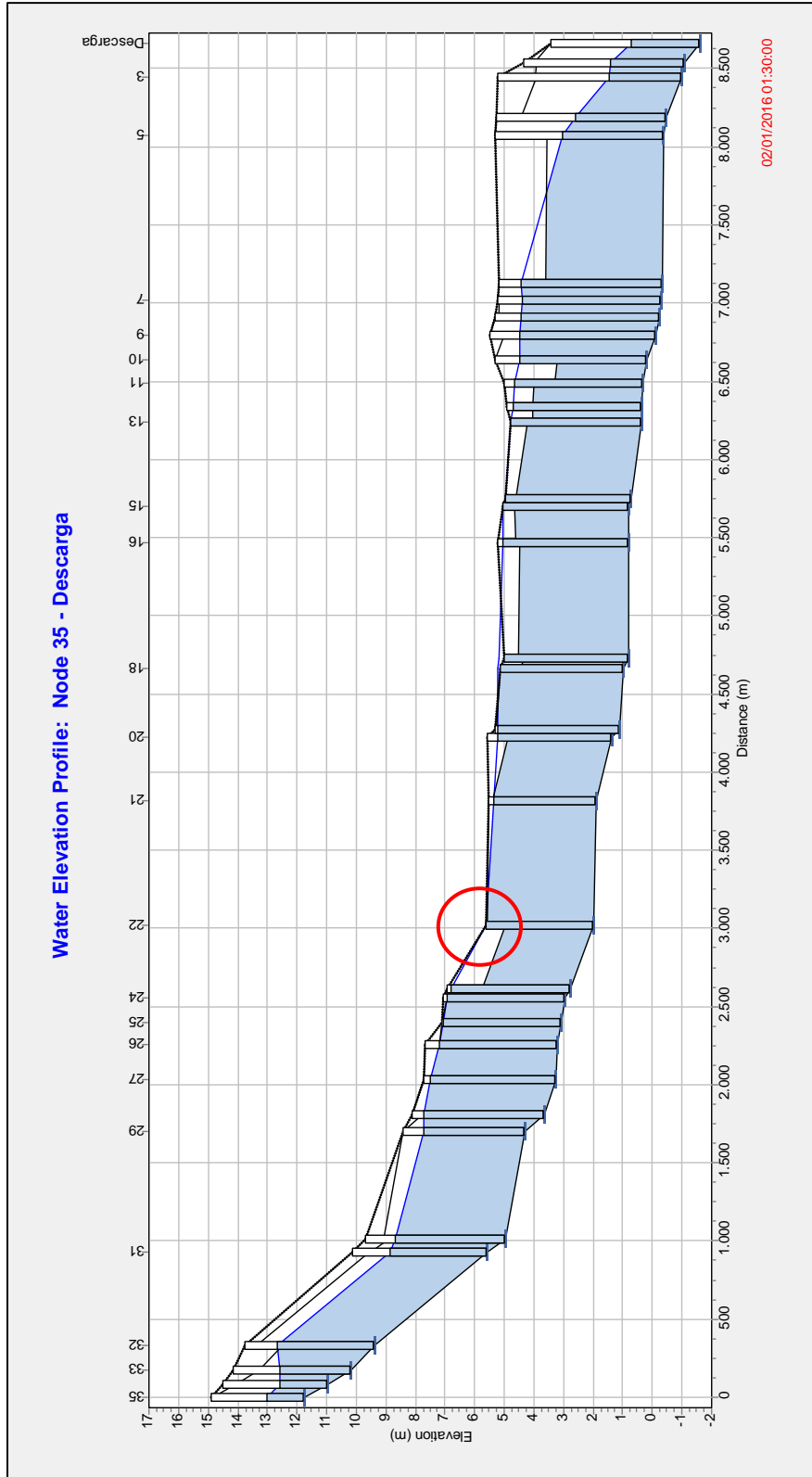
Anexo 5: Perfil hidráulico. Tr=5 años.



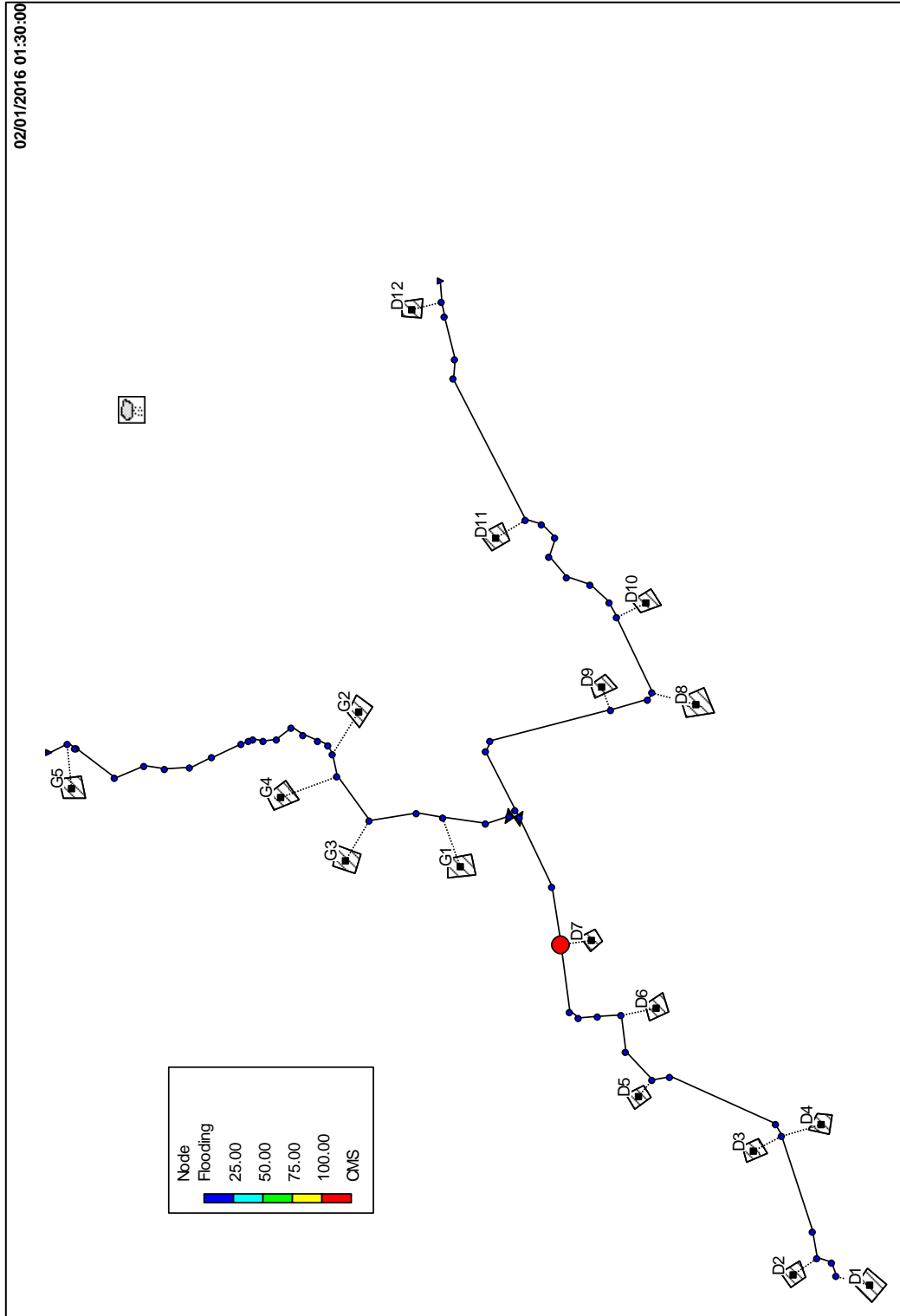
Anexo 6: Puntos de inundación. Tr=5 años.



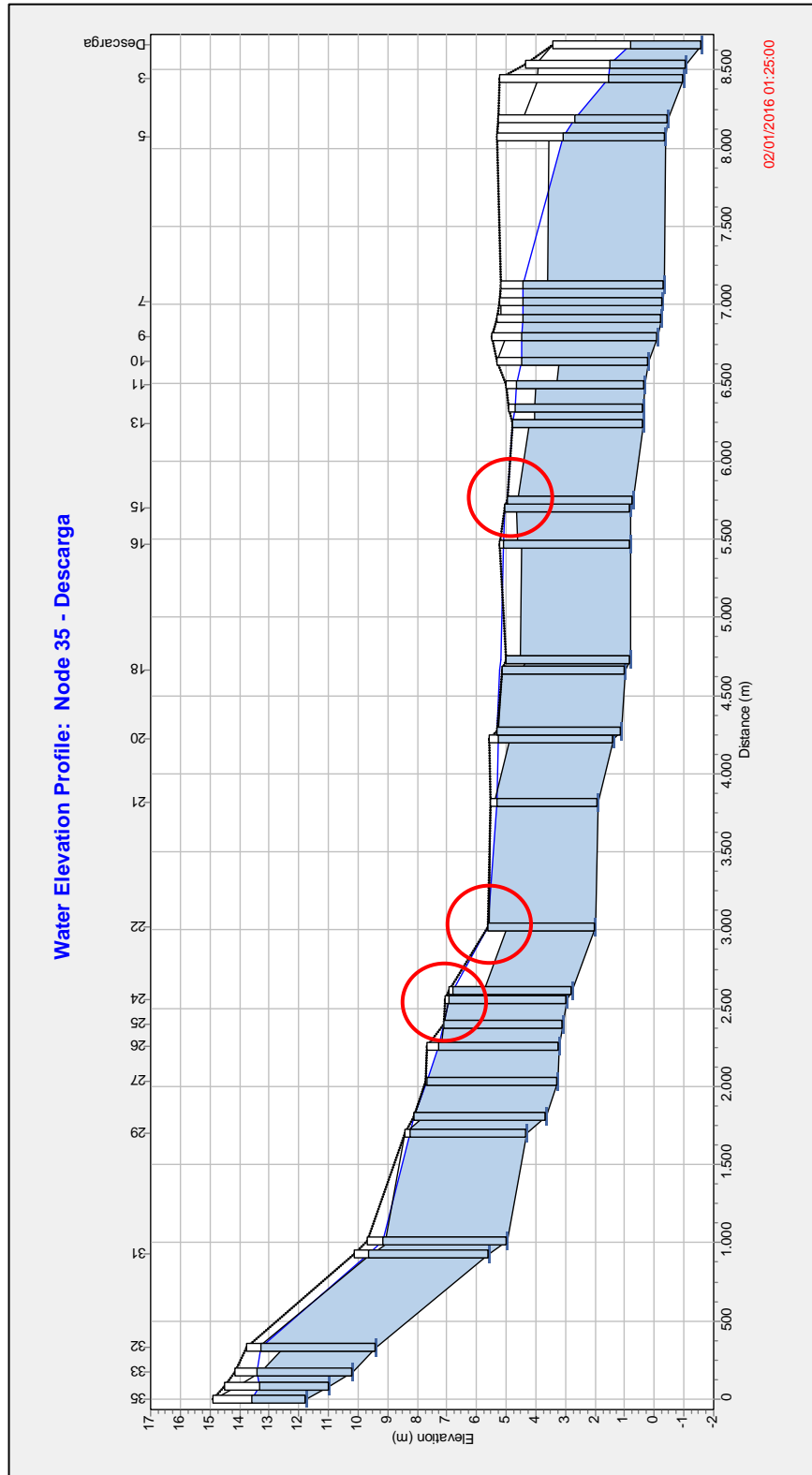
Anexo 7: Perfil hidráulico. Tr=25 años.



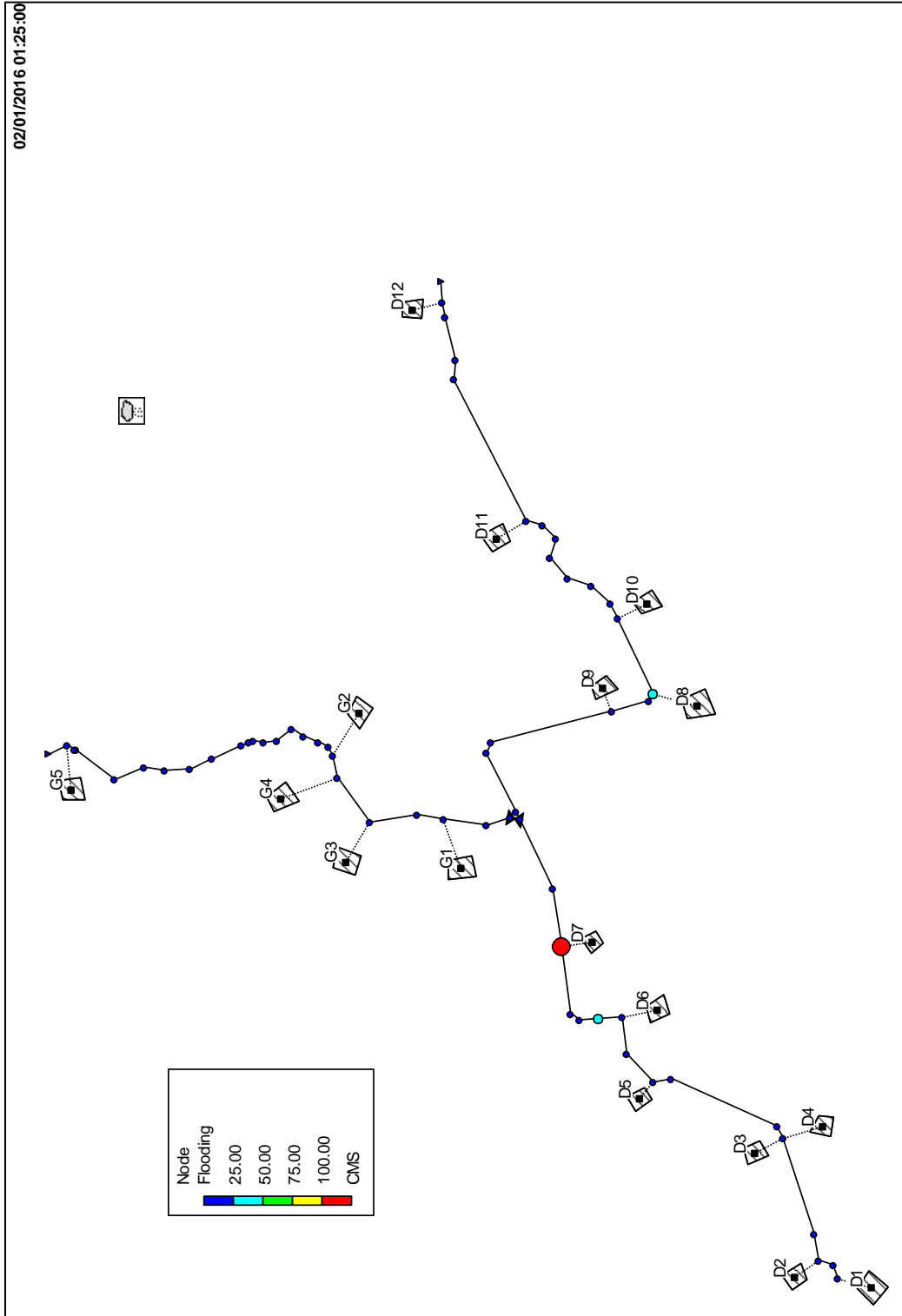
Anexo 8: Puntos de inundación. Tr=25 años.



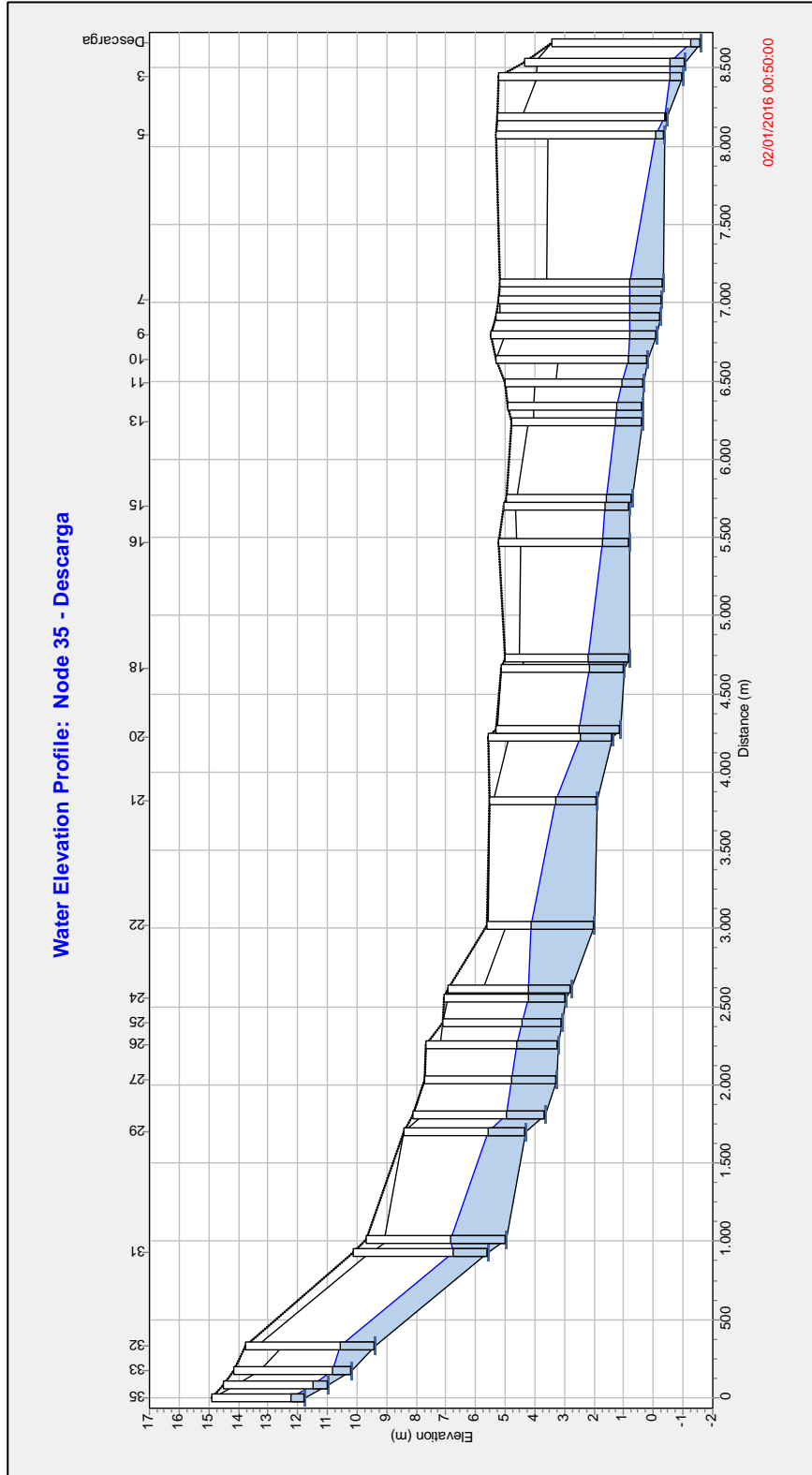
Anexo 9: Perfil hidráulico. Tr=50 años.



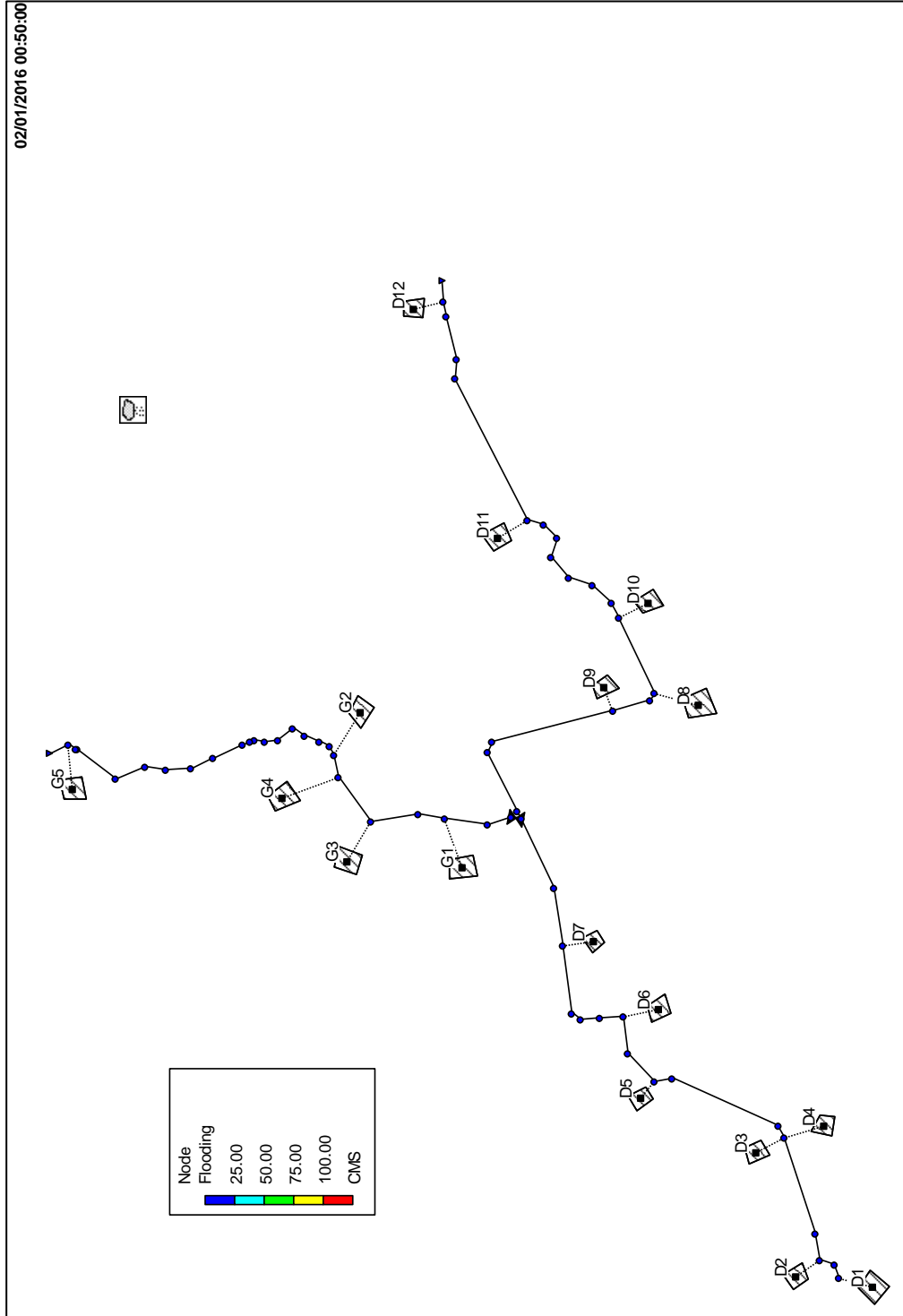
Anexo 10: Puntos de inundación. Tr=50 años.



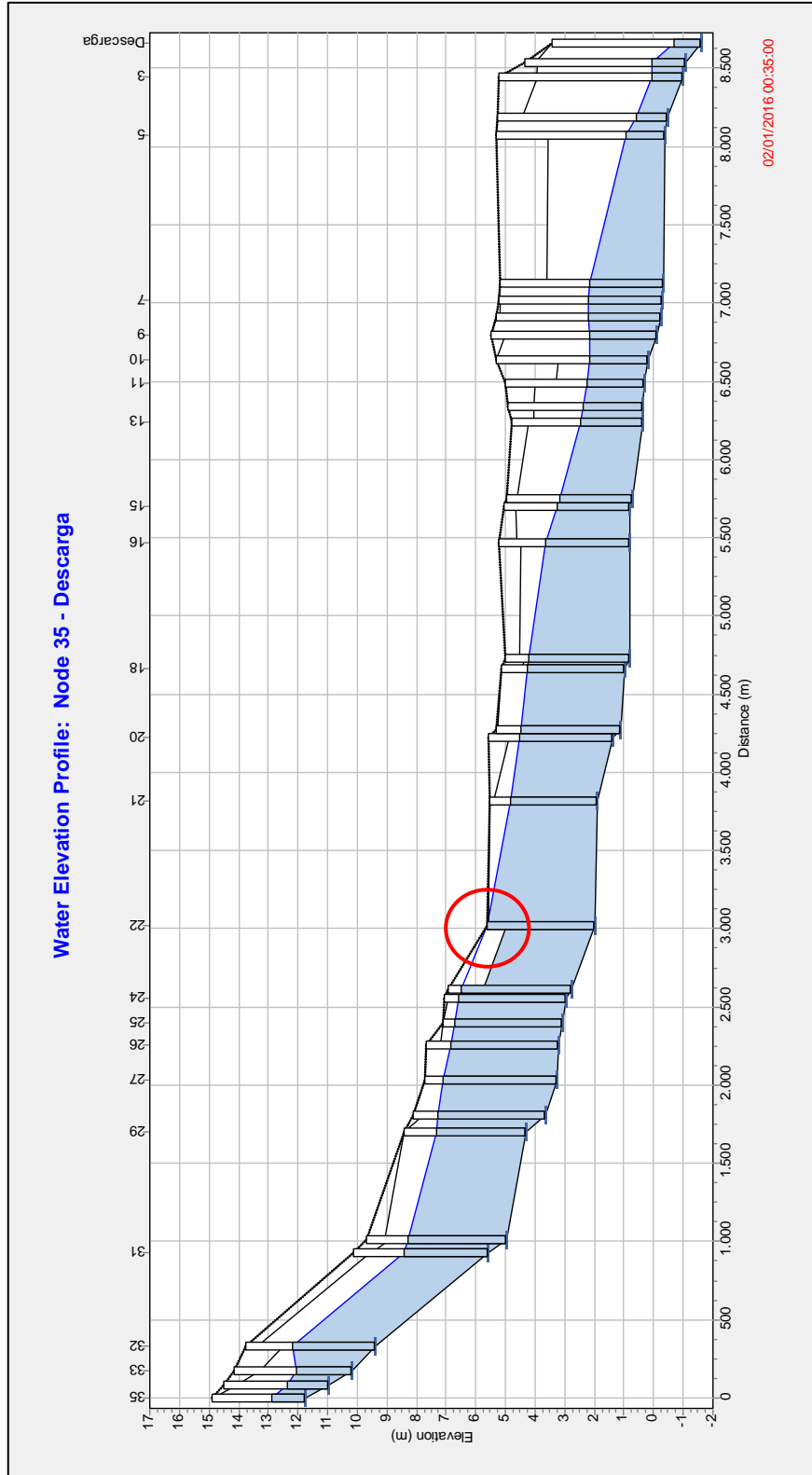
Anexo 11: Perfil hidráulico. Método de Huff para $T_r=5$ años.



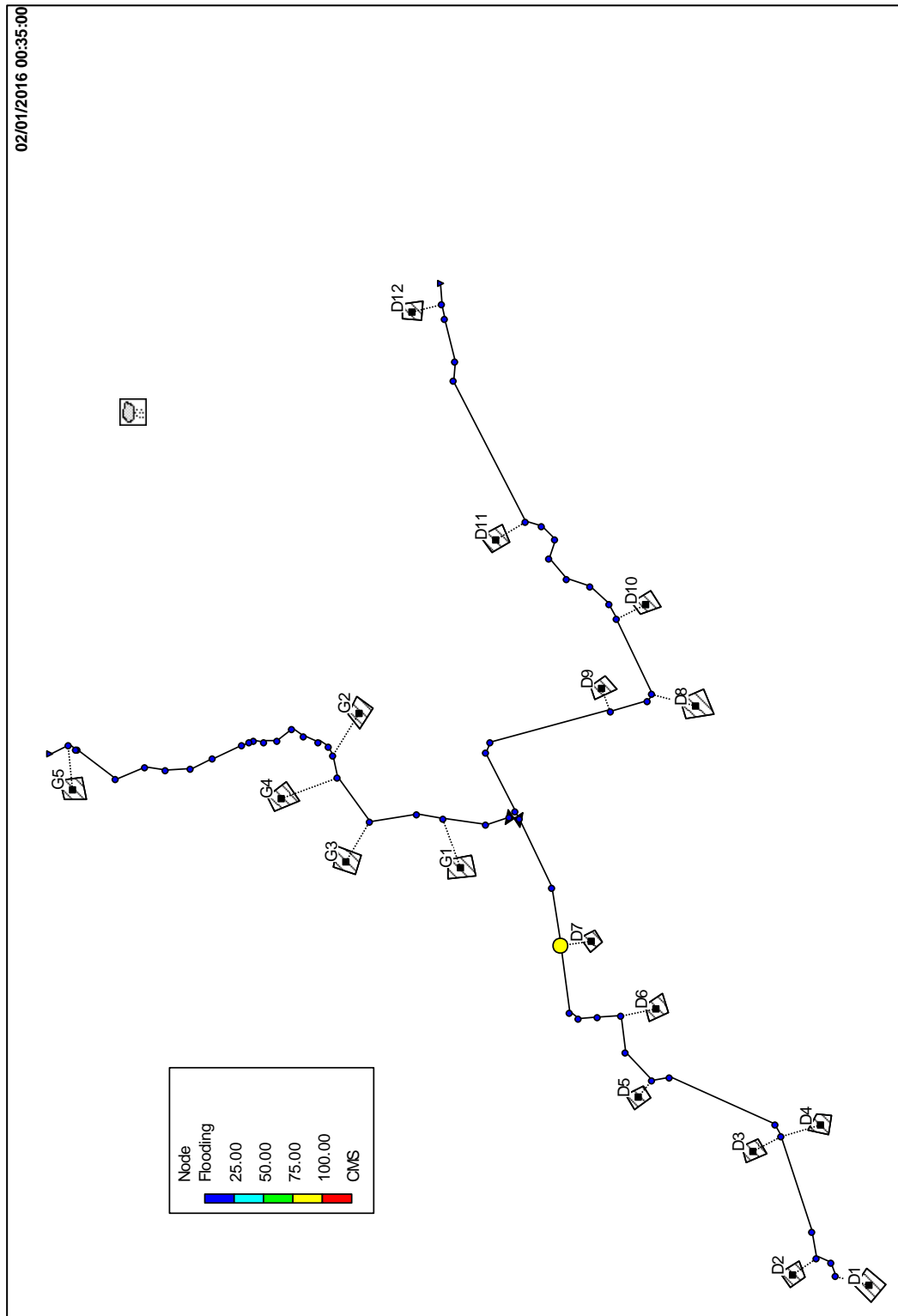
Anexo 12: Puntos de inundación. Método de Huff para $T_r=5$ años.



Anexo 13: Perfil hidráulico. Método de Huff para $T_r=25$ años.



Anexo 14: Puntos de inundación. Método de Huff para $Tr = 25$ años.



Anexo 15: Caudal y volumen total en la cuenca D7. Método de Huff para
Tr=25 años.

CUENCA D7	
Hora	Caudal
0:05:00	0,00
0:10:00	1,23
0:15:00	7,89
0:20:00	16,15
0:25:00	22,83
0:30:00	23,19
0:35:00	21,41
0:40:00	20,38
0:45:00	20,02
0:50:00	19,35
0:55:00	18,95
1:00:00	17,56
1:05:00	16,64
1:10:00	15,68
1:15:00	14,73
1:20:00	13,84
1:25:00	13,32
1:30:00	12,99
1:35:00	12,06
1:40:00	11,31
1:45:00	10,22
1:50:00	9,47
1:55:00	8,92
2:00:00	8,51
2:05:00	8,18
2:10:00	7,92
2:15:00	7,70
2:20:00	7,53
2:25:00	7,39
2:30:00	7,27
2:35:00	7,16
2:40:00	7,06
2:45:00	6,64
2:50:00	6,07
2:55:00	5,65
3:00:00	5,31
3:05:00	5,58
3:10:00	5,56

3:15:00	4,68	
3:20:00	4,02	
3:25:00	3,51	
3:30:00	3,11	
3:35:00	2,78	
3:40:00	2,50	
3:45:00	2,26	
3:50:00	2,06	
3:55:00	1,89	
4:00:00	1,73	
4:05:00	1,59	
4:10:00	1,47	
4:15:00	1,36	
4:20:00	1,26	
4:25:00	1,17	
4:30:00	1,09	
4:35:00	1,02	
4:40:00	0,95	
4:45:00	0,89	
4:50:00	0,83	
4:55:00	0,78	
5:00:00	0,73	
5:05:00	0,69	
5:10:00	0,65	
5:15:00	0,61	
5:20:00	0,57	
5:25:00	0,54	
5:30:00	0,51	
5:35:00	0,48	
5:40:00	0,45	
5:45:00	0,42	
5:50:00	0,40	
5:55:00	0,38	
6:00:00	0,35	
TOTAL	479,40	m ³ /s
VOLUMEN	143.820	m ³

Anexo 16: Caudal y volumen total en el tramo 22. Método de Huff para Tr=25 años.

CONDUCTO 22	
Hora	Caudal
0:05:00	0,00
0:10:00	0,00
0:15:00	0,00
0:20:00	5,18
0:25:00	97,78
0:30:00	143,91
0:35:00	190,19
0:40:00	173,90
0:45:00	164,46
0:50:00	157,82
0:55:00	155,35
1:00:00	150,85
1:05:00	142,18
1:10:00	132,26
1:15:00	123,88
1:20:00	116,52
1:25:00	108,02
1:30:00	103,14
1:35:00	99,92
1:40:00	94,68
1:45:00	89,24
1:50:00	84,26
1:55:00	78,65
2:00:00	74,13
2:05:00	69,63
2:10:00	66,00
2:15:00	62,77
2:20:00	60,33
2:25:00	58,39
2:30:00	57,09
2:35:00	55,82
2:40:00	54,85
2:45:00	53,93
2:50:00	52,35
2:55:00	48,41
3:00:00	44,81
3:05:00	41,99
3:10:00	40,79

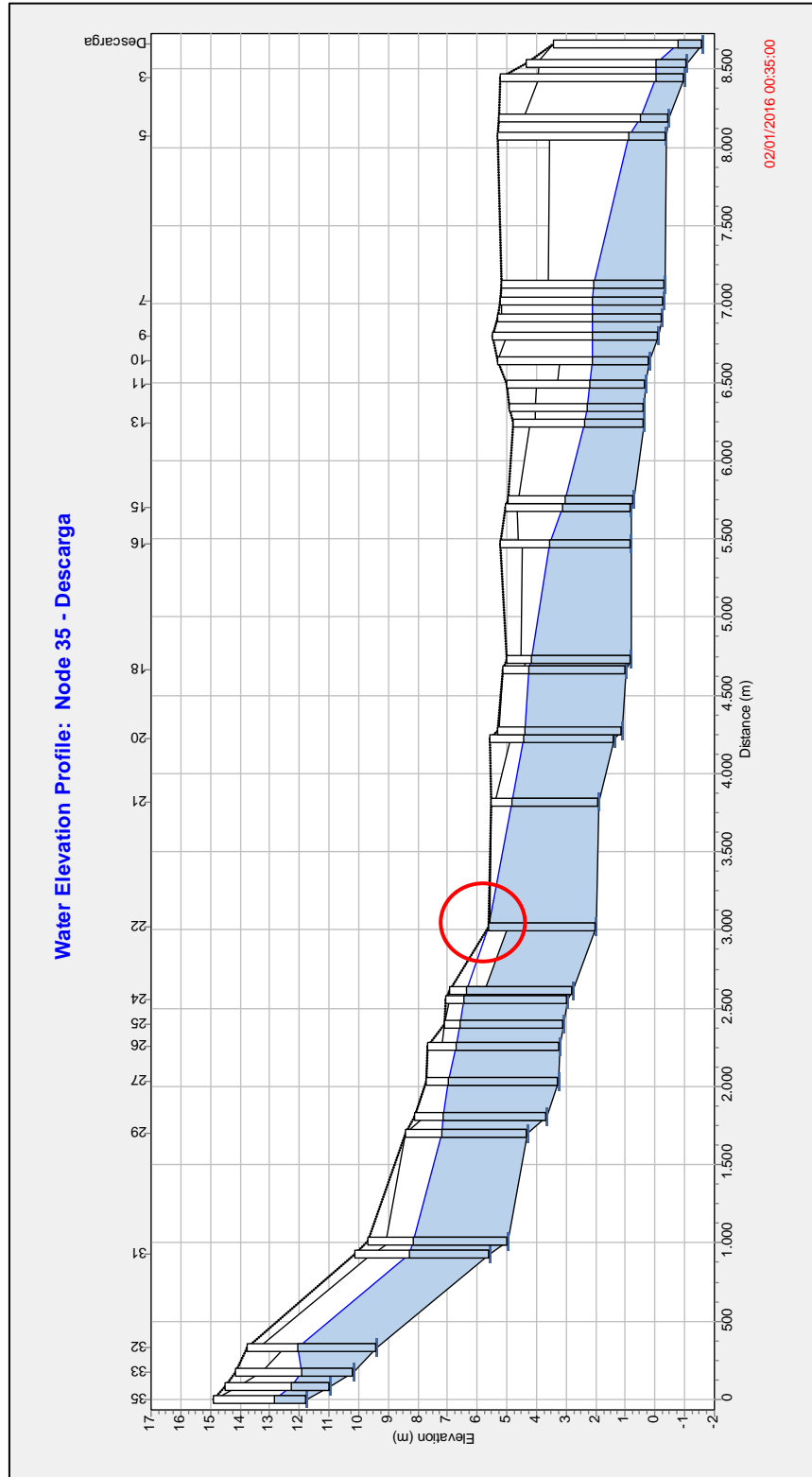
3:15:00	41,70	
3:20:00	39,33	
3:25:00	33,92	
3:30:00	29,71	
3:35:00	26,07	
3:40:00	22,97	
3:45:00	20,42	
3:50:00	18,22	
3:55:00	16,38	
4:00:00	14,54	
4:05:00	13,15	
4:10:00	12,00	
4:15:00	10,98	
4:20:00	10,10	
4:25:00	9,33	
4:30:00	8,64	
4:35:00	8,02	
4:40:00	7,46	
4:45:00	6,94	
4:50:00	6,48	
4:55:00	6,05	
5:00:00	5,65	
5:05:00	5,29	
5:10:00	4,96	
5:15:00	4,65	
5:20:00	4,37	
5:25:00	4,11	
5:30:00	3,86	
5:35:00	3,62	
5:40:00	3,41	
5:45:00	3,22	
5:50:00	3,03	
5:55:00	2,86	
6:00:00	2,70	
TOTAL	3.667,62	m ³ /s
VOLUMEN	1.100.286	m ³

Anexo 17: Caudal y volumen total en el tramo 21. Método de Huff para Tr=25 años.

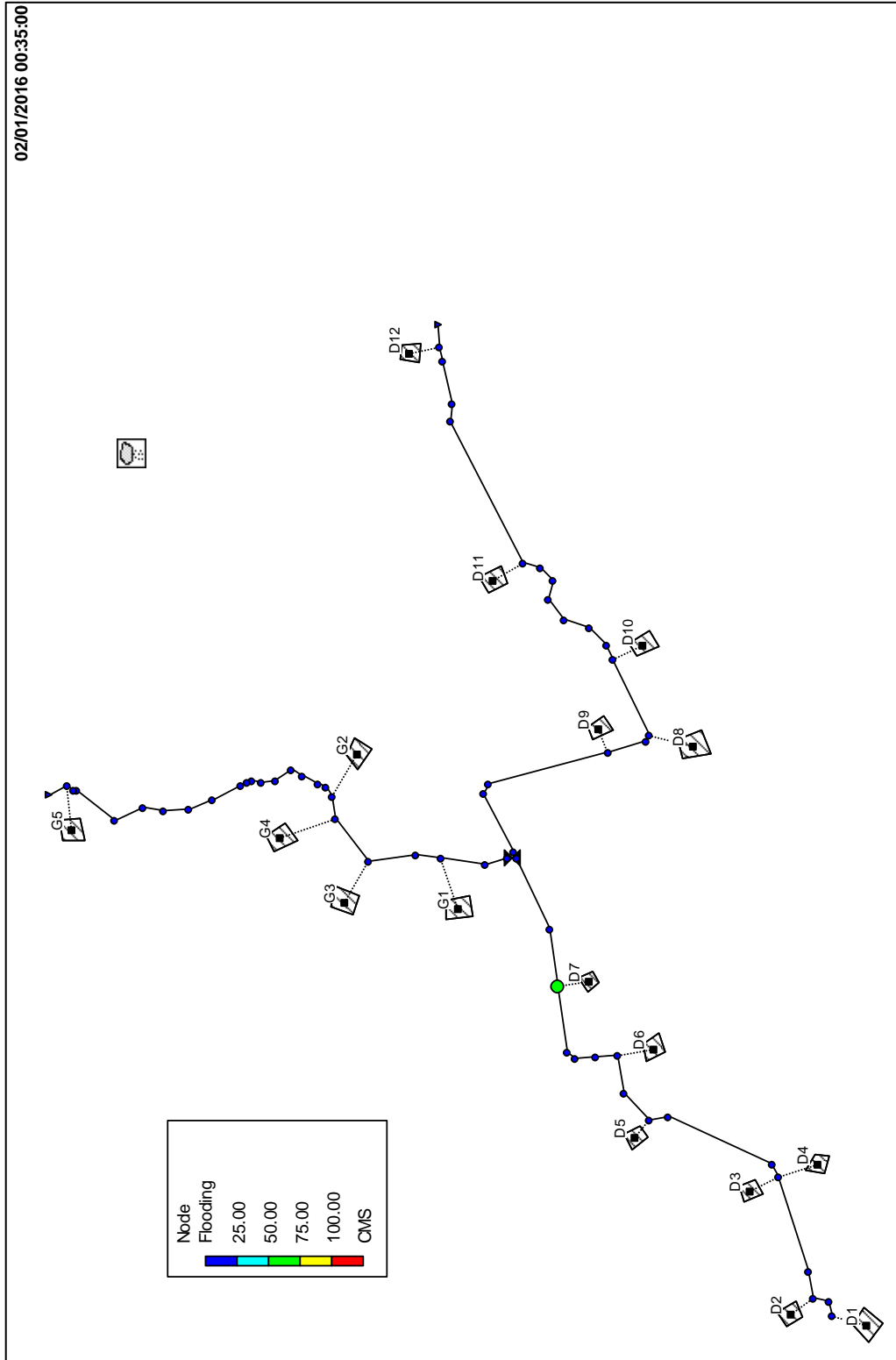
CONDUCTO 21	
Hora	Caudal
0:05:00	0,00
0:10:00	0,00
0:15:00	0,23
0:20:00	3,75
0:25:00	40,09
0:30:00	149,17
0:35:00	129,41
0:40:00	124,85
0:45:00	124,44
0:50:00	121,58
0:55:00	118,80
1:00:00	103,96
1:05:00	103,96
1:10:00	105,43
1:15:00	103,15
1:20:00	103,78
1:25:00	104,08
1:30:00	103,86
1:35:00	104,65
1:40:00	105,63
1:45:00	102,51
1:50:00	97,94
1:55:00	92,16
2:00:00	86,21
2:05:00	81,07
2:10:00	76,70
2:15:00	73,15
2:20:00	69,91
2:25:00	67,62
2:30:00	65,74
2:35:00	64,26
2:40:00	62,94
2:45:00	61,76
2:50:00	60,07
2:55:00	57,03
3:00:00	52,75
3:05:00	49,47
3:10:00	47,39

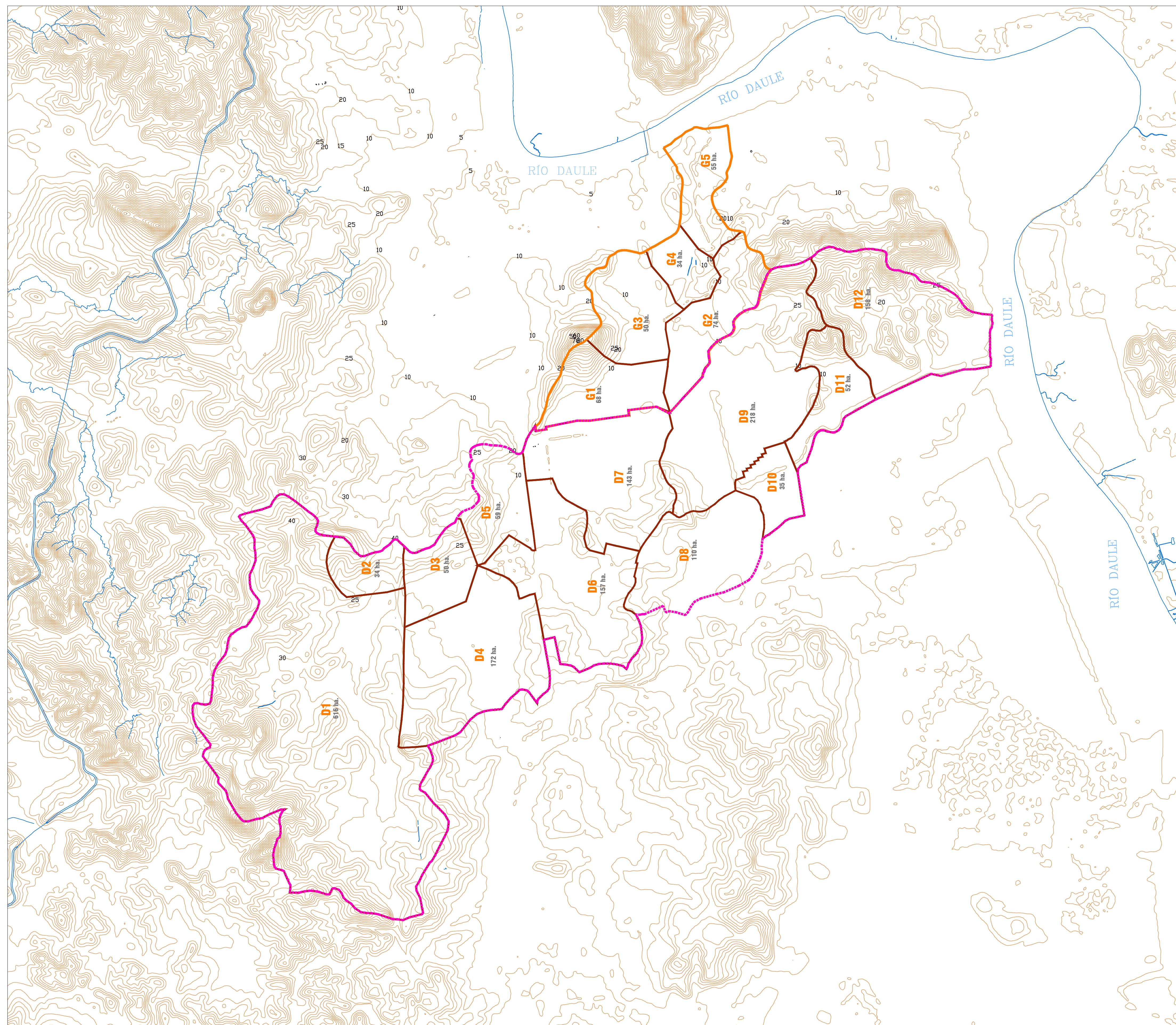
3:15:00	46,67	
3:20:00	45,72	
3:25:00	41,32	
3:30:00	36,38	
3:35:00	32,09	
3:40:00	28,36	
3:45:00	25,22	
3:50:00	22,56	
3:55:00	20,25	
4:00:00	18,23	
4:05:00	16,40	
4:10:00	14,90	
4:15:00	13,63	
4:20:00	12,51	
4:25:00	11,53	
4:30:00	10,68	
4:35:00	9,91	
4:40:00	9,21	
4:45:00	8,58	
4:50:00	8,01	
4:55:00	7,49	
5:00:00	7,00	
5:05:00	6,56	
5:10:00	6,16	
5:15:00	5,77	
5:20:00	5,43	
5:25:00	5,11	
5:30:00	4,82	
5:35:00	4,53	
5:40:00	4,27	
5:45:00	4,03	
5:50:00	3,80	
5:55:00	3,60	
6:00:00	3,39	
TOTAL	3523,62	m ³ /s
VOLUMEN	1.057.086,00	m ³

Anexo 18: Perfil hidráulico para CN=72.

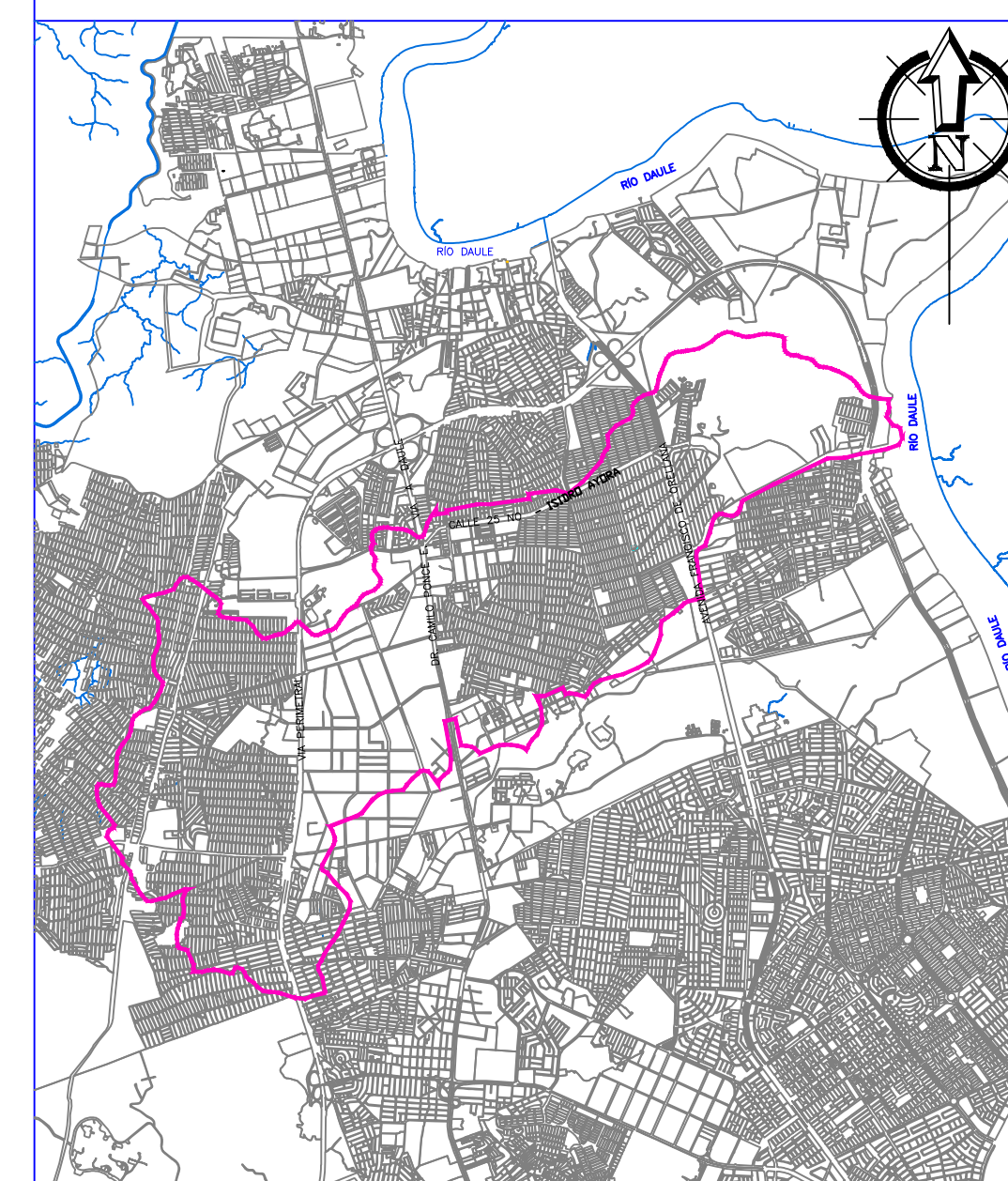


Anexo 19: Puntos de inundación en la estructura principal. CN=72.





UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA

- CUENCA DE DRENAJE D
- CUENCA DE DRENAJE G
- SUBCUENCAS
- 100 CURVAS DE NIVEL
- CAUCE PRINCIPAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TEMA DE TESIS:
REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACULADA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE

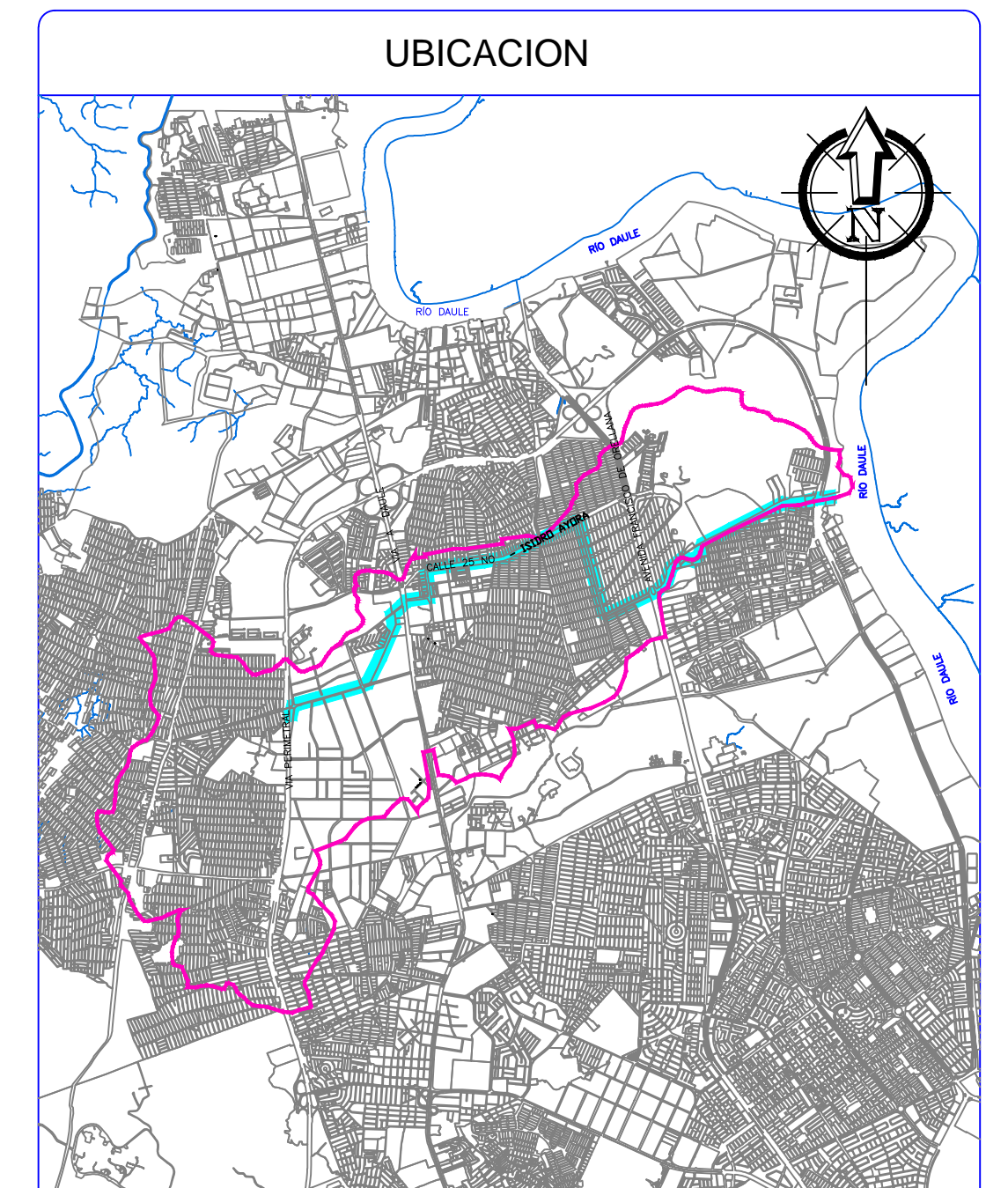
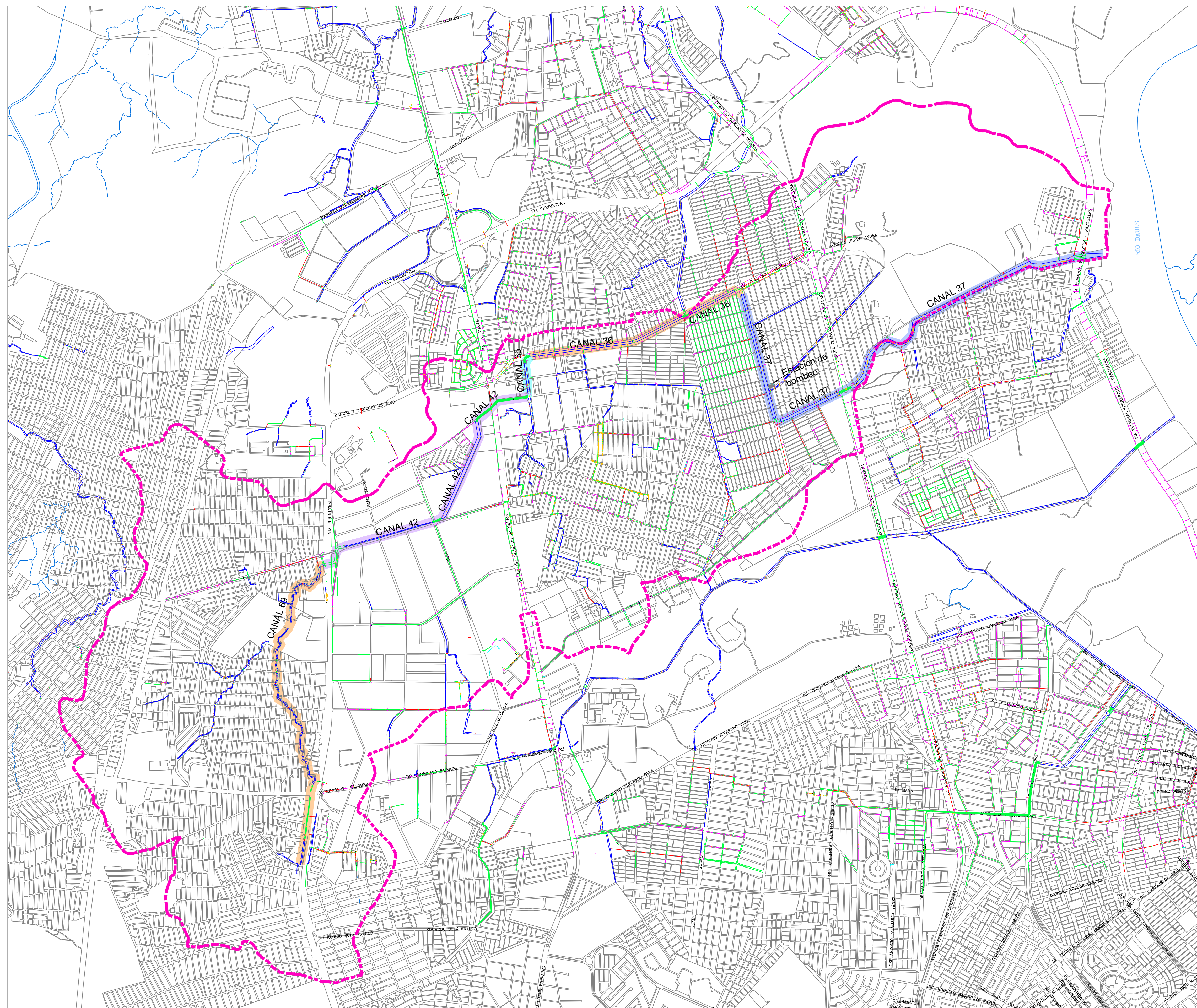
CONTIENE:
CUENCAS DE DRENAJE

DIBUJADO POR:
ELISABETH GALLEGOS PINELA

LÁMINA:

FECHA:
MARZO - 2016

ESCALA:
1:20000

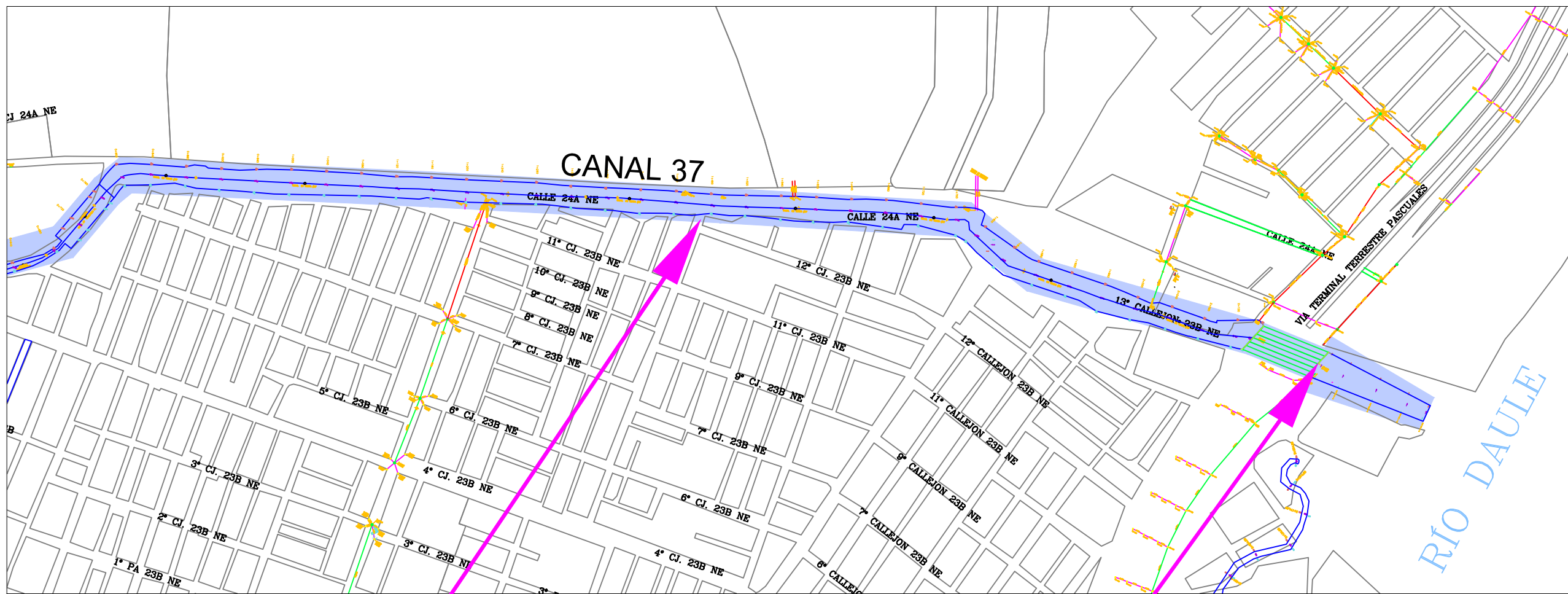



SIMBOLOGIA

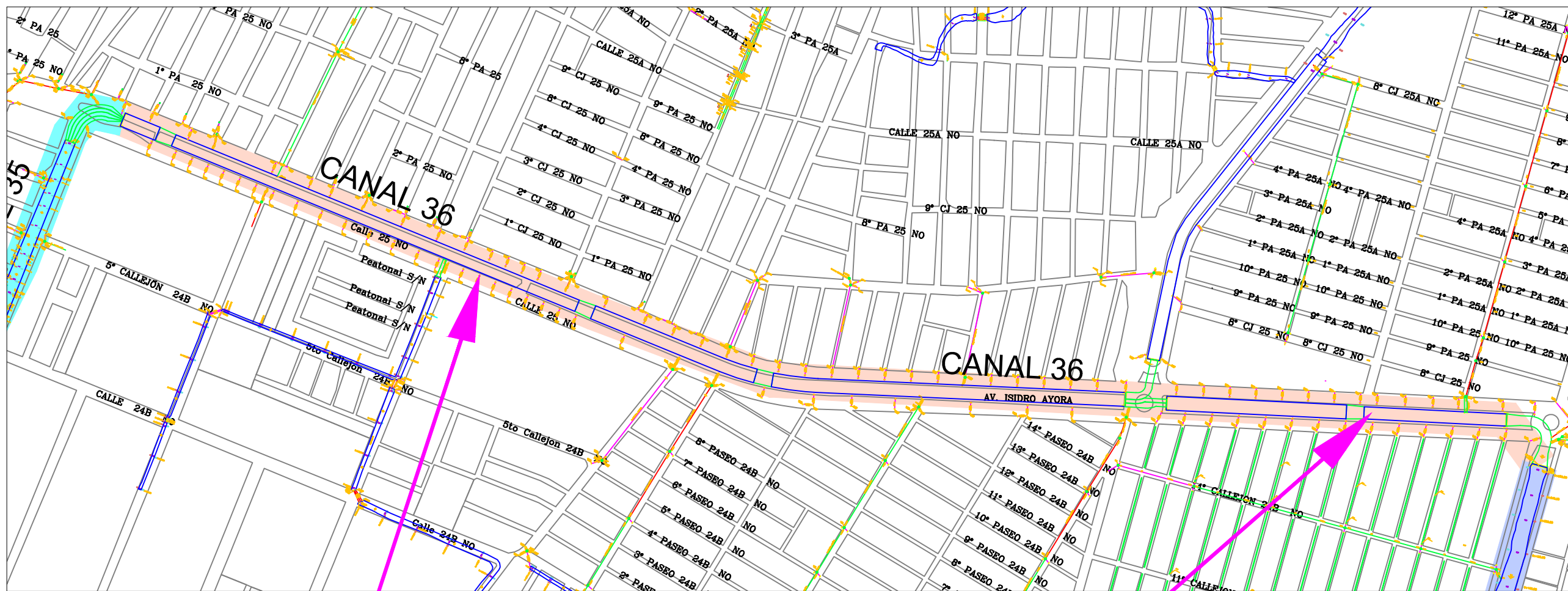
	CUENCA DE DRENAJE
	CANAL 37
	CANAL 36
	CANAL 35
	CANAL 42
	TRAMA URBANA
	CANAL EXISTENTE
	SISTEMA AALL EXISTENTE


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

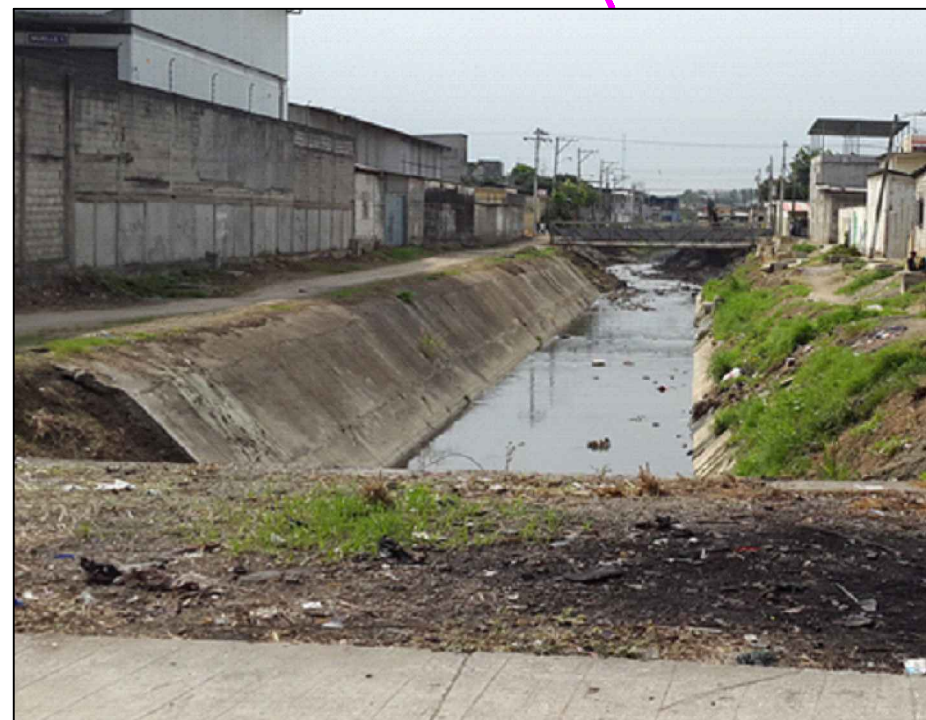
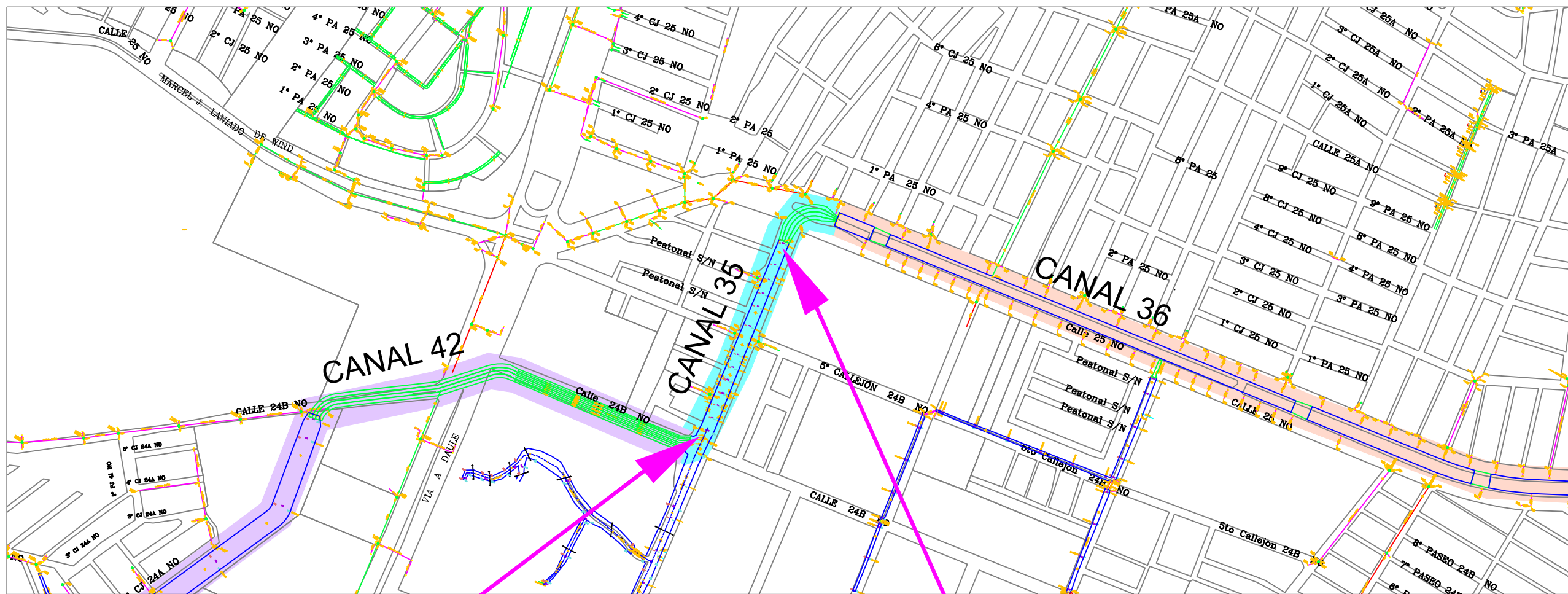
TEMA DE TESIS: REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACULADA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE	CONTIENE: ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA D
DIBUJADO POR: ELISABETH GALLEGOS PINELA	LÁMINA: 2
FECHA: MARZO - 2016	ESCALA: 1:15000




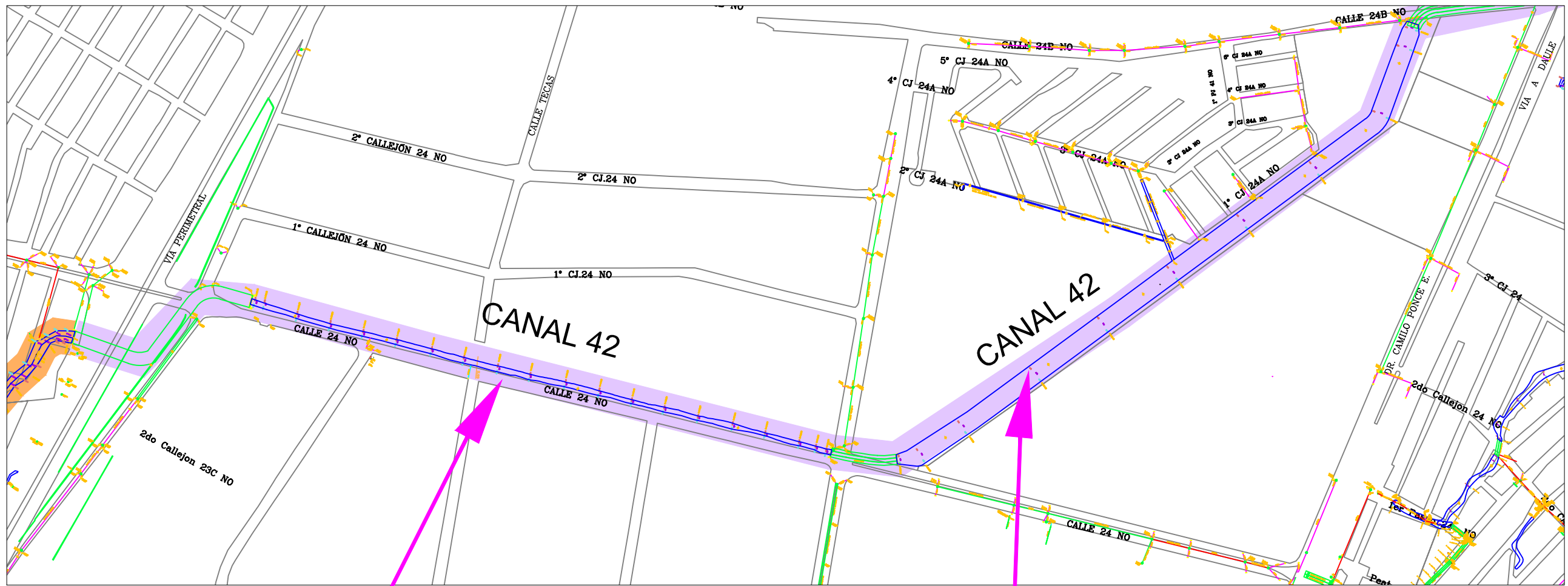
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
TEMA DE TESIS: REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACONSA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE	CONTIENE: CANAL 37
DIBUJADO POR: ELISABETH GALLEGOS PINELA	LÁMINA: 3
FECHA: MARZO - 2016	ESCALA: 1:5000




 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
TEMA DE TESIS: REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACONSA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE	CONTIENE: CANAL 36
DIBUJADO POR: ELISABETH GALLEGOS PINELA	LÁMINA: 5
FECHA: MARZO - 2016	ESCALA: 1:5000



 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
TEMA DE TESIS: REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACONSA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE	CONTIENE: CANAL 35
DIBUJADO POR: ELISABETH GALLEGOS PINELA	LÁMINA: 6
FECHA: MARZO - 2016	ESCALA: 1:5000



 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
TEMA DE TESIS: REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN - INMACONSA - LAS ORQUÍDEAS - RÍO DAULE	CONTIENE: CANAL 42
DIBUJADO POR: ELISABETH GALLEGOS PINELA	LÁMINA: 7
FECHA: MARZO - 2016	ESCALA: 1:5000



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Gallegos Pinela Elisabeth Virginia, con C.C: # 0930528203 autor del trabajo de titulación: **Revisión de la estructura matriz de drenaje de la cuenca Flor de Bastión Inmacomsa – Las Orquídeas – Río Daule**, 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, 23 de marzo de 2016

f. _____

Nombre: Gallegos Pinela Elisabeth Virginia

C.C: 0930528203



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA MATRIZ DE DRENAJE DE LA CUENCA FLOR DE BASTIÓN – INMACONSA – LAS ORQUÍDEAS – RÍO DAULE		
AUTOR(ES)	ELISABETH VIRGINIA GALLEGOS PINELA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MIGUEL CABRERA SANTOS		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA		
CARRERA:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO OBTENIDO:	INGENIERO CIVIL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 DE MARZO DEL 2016	NO. DE PÁGINAS:	101
ÁREAS TEMÁTICAS:	HIDRAULICA		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	CUENCA, URBANIZACIÓN, INUNDACIÓN, DRENAJE, PRECIPITACIONES, CONTROL.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Este trabajo contiene el análisis hidrológico e hidráulico de la estructura matriz de drenaje principal de la cuenca Flor de Bastión – INMACONSA – Las Orquídeas – río Daule, ubicada al norte de la ciudad de Guayaquil. Para la cuenca mencionada se realiza una breve descripción, de la situación actual en los principales tramos que componen el sistema de drenaje existente. Actualmente los sectores que forma parte de esta cuenca se encuentran completamente urbanizados, lo que ha generado un incremento de los caudales de escurrimiento, al producirse fuertes precipitaciones en épocas invernales. Varios tramos de la red de drenaje no tienen la capacidad suficiente, para la conducción de las aguas lluvias hasta la descarga al río Daule. En las modelaciones hidrológicas e hidráulicas realizadas se emplean hidrogramas definidos por el método de los bloques alternos de Ven Te Chow y por el método de Huff, para diferentes periodos de retorno. Estos hidrogramas se transportan a lo largo de los conductos, hasta la descarga. Los resultados se comparan con situaciones reportadas por la prensa y en otros estudios. A partir de las simulaciones se analizan medidas de control, para retener el agua provisionalmente y luego devolverla a los conductos, cuando los niveles en estos hayan disminuido. Se recomienda también la utilización de sistemas de drenaje sostenibles para disminuir el escurrimiento.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989536050	E-mail: eligallegosp@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: MIGUEL CABRERA SANTOS		
	Teléfono: +593-4-206951		
	E-mail: miguel.cabrera@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	