



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de sistema de alcantarillado del Campus Machala de la UTMACH

**PERALTA CALVA JOSTIN RENE
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño de sistema de alcantarillado del Campus Machala de la
UTMACH**

**PERALTA CALVA JOSTIN RENE
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Diseño de sistema de alcantarillado del Campus Machala de la
UTMACH**

**PERALTA CALVA JOSTIN RENE
INGENIERO CIVIL**

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

**MACHALA
2023**

Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del Campus Machala de la UTMACH

por JOSTIN RENE PERALTA CALVA

Fecha de entrega: 29-feb-2024 08:23a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2307857209

Nombre del archivo: PERALTA_CALVA_JOSTIN_RENE-Turnitin.docx (4.2M)

Total de palabras: 13900

Total de caracteres: 72610

Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del Campus Machala de la UTMACH

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

fr.slideshare.net

Fuente de Internet

<1%

2

Submitted to Universidad Internacional SEK

Trabajo del estudiante

<1%

3

catalogo.escuelaing.edu.co

Fuente de Internet

<1%

4

doaj.org

Fuente de Internet

<1%

5

repository.ucc.edu.co

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

dspace.ucacue.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9

revistas.uclave.org

Fuente de Internet

<1 %

10

www.villahermosa.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

11

scielo.sld.cu

Fuente de Internet

<1 %

12

rau.cujae.edu.cu

Fuente de Internet

<1 %

13

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

15

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

16

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

www.yumpu.com

Fuente de Internet

<1 %

18

revistamapa.org

Fuente de Internet

<1 %

19

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

20

repositorio.ana.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

21	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
23	geologiautm.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
25	notioro.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, PERALTA CALVA JOSTIN RENE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Diseño de sistema de alcantarillado del Campus Machala de la UTMACH, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

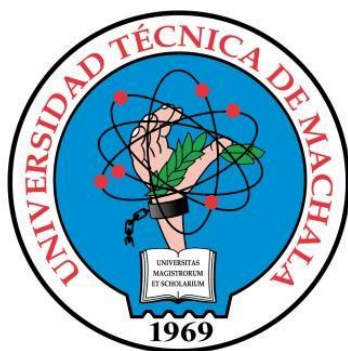
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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



PERALTA CALVA JOSTIN RENE

0707365359



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
PLUVIAL DEL CAMPUS MACHALA DE LA UTMACH**

PERALTA CALVA JOSTIN RENE

MACHALA

2024



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
PLUVIAL DEL CAMPUS MACHALA DE LA UTMACH**

**PERALTA CALVA JOSTIN RENE
INGENIERO CIVIL**

MACHALA

2024



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO TÉCNICO

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
PLUVIAL DEL CAMPUS MACHALA DE LA UTMACH**

**PERALTA CALVA JOSTIN RENE
INGENIERO CIVIL**

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA

2024

III

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios quien me ha guiado durante toda mi vida dando sabiduría y fortaleza para realizarlo, también a mi madre y hermano quienes me han apoyado incondicionalmente en cada momento, tanto en mi vida académica como personal, siendo ellos quienes me han motivado para seguir adelante. También agradecer a toda mi familia y amigos que me supieron dar palabras de aliento en los momento cruciales y decisivos

Agradecimiento

La realización de este trabajo no pudo llevarse a cabo sin el apoyo incondicional de mi madre y hermano, por tal motivo esta es una forma de agradecer todo su apoyo incondicional, al igual que a toda mi familia, tanto a los que están como los que no están presentes en este mundo, pero siempre me apoyaron en cuanto pudieron. También agradezco al Ing. Fredy Aguirre que con su amplio conocimiento y experiencia en dentro de la ingeniería civil supo guiarme y aconsejarme en la realización de este proyecto.

También quiero agradecer a mis fieles compañeros, Loky y Kitra, quienes son mis queridas mascotas que me acompañaron en todo este proceso desde que llegaron a mi vida haciéndome compañía en todos esos días en los que los trabajos demandaron quedarse hasta altas horas de la noche

Resumen

El Campus Machala de la UTMACH no cuenta con un eficiente servicio en la red de alcantarillado sanitario y pluvial, esto se ve reflejado en época invernal cuando se puede apreciar ciertas zonas de la institución cubiertas de agua. El presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de una red de alcantarillado sanitario y pluvial, mediante la aplicación de metodologías de diseño para poder brindar un adecuado servicio de alcantarillado a la comunidad universitaria, previniendo y controlando los problemas que pueden llegar a ocasionar la ausencia de estos elementos, además garantizar un ambiente adecuado para la formación académica de los estudiantes. El trabajo de campo sirvió para identificar el estado del alcantarillado, el cual se encontraba en mal estado, pozos alrededor de la piscina y cancha estaban colmatados, tapas de las cajas muy deterioradas, todas las tuberías eran de pvc liso y con pendientes muy cercanas a cero evitando la correcta circulación del caudal e incluso gran parte de la red las conexiones de la tubería con los pozos no era la adecuada debido a que dejaba un margen entre el fondo del pozo y la batea de la tubería de salida, provocando el estancamiento de las aguas residuales y lluvias dentro de las mismas. En vista de estos inconvenientes se tomó la decisión de realizar un nuevo diseño de la red, separando en redes independientes la recolección de aguas residuales y aguas lluvias, no obstante, una gran limitante en el proyecto es la cota del pozo final donde se conectarán las redes provocando que en ciertos tramos no se llegue a cumplir con la velocidad mínima de la norma, sin embargo, esto se puede solucionar con un mantenimiento periódico esos tramos para evitar la acumulación de sedimentos, garantizando la vida útil del mismo y asegurando su correcto funcionamiento durante el mismo periodo.

Palabras clave: Red de alcantarillado, caudal, población

Abstract

The Machala Campus of UTMACH does not have an efficient sanitary and pluvial sewerage network, this is reflected in the winter season when certain areas of the institution are covered with water. The objective of this project was to develop a proposal for a sanitary and pluvial sewerage network, through the application of design methodologies in order to provide an adequate sewerage service to the university community, preventing and controlling the problems that may be caused by the absence of these elements, as well as guaranteeing an adequate environment for the academic training of the students. The field work served to identify the state of the sewage system, which was in poor condition, wells around the swimming pool and court were clogged, and the covers of the boxes were very deteriorated, All the pipes were made of smooth PVC and had slopes very close to zero, preventing the proper flow of water and even a large part of the network, the pipe connections with the wells were inadequate because they left a margin between the bottom of the well and the outlet pipe, causing stagnation of wastewater and rainwater in the wells. In view of these problems, the decision was made to redesign the network, separating the collection of wastewater and rainwater into separate networks.

Key words: Sewerage network, flow, population.

Índice

Dedicatoria	VIII
Agradecimiento	IX
Resumen	X
Abstract	XI
INTRODUCCIÓN	17
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 Línea base del proyecto.....	19
1.1.1 Ubicación.....	19
1.1.2 Clima	19
1.1.3 Peligro hidrológico	20
1.1.4 Alcantarillado	22
1.1.5 Población	23
1.1.6 Peligro sísmico	24
1.2 Descripción de la situación problemática.....	26
1.3 Formulación del problema: pregunta científica	27
1.4 Alcance del proyecto	27
1.5 Justificación.....	28
1.6 Objetivo general y específico.....	28
1.6.1 Objetivo general	28
1.6.2 Objetivos específicos.....	28
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes contextuales	29
2.2 Antecedentes referenciales o históricos	30
2.3 Antecedente Conceptuales	31
2.3.1 Red de alcantarillado	31
2.3.2 Red de recolección.....	32
2.3.4 Caudal Máximo	32
2.3.5 Caudal máximo de aguas residuales.....	32

2.3.6 Pozo de inspección	32
2.3.7 Aguas residuales	33
2.3.8 Autolimpieza	33
2.3.9 Rugosidad	33
2.3.10 Hidrología.....	33
2.3.11 Intensidad-Duración-Frecuencia	34
2.3.12 Tasa de infiltración	34
2.3.14 Crecimiento poblacional.....	34
2.3.15 Periodo de retorno	35
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	36
3.1 Metodología básica de investigación	36
3.2 Tipo de Investigación	36
3.3 Descripción de la metodología.....	36
3.4 Objeto de estudios	37
3.5 Métodos y materiales utilizados.....	37
3.5.1 Descripción de la población	37
3.5.2 Caracterización de la zona de estudio.....	40
3.5.3 Caudal de diseño para alcantarillado sanitario	41
3.5.4 Calculo de diseño para alcantarillado pluvial.....	44
3.5.5 Evaluación de las redes existentes.....	46
4. Capitulo IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	59
4.1 Redes de alcantarillado existente	59
4.1.1 Alcantarillado del bloque principal	59
4.1.2 Alcantarillado de la biblioteca.....	60
4.1.3 Alcantarillado del bloque 4.....	61
4.1.4 Alcantarillado del bloque 5.....	63
4.1.5 Alcantarillado del edificio administrativo	65

4.2 Rediseño de las redes de alcantarillado.....	67
4.2.1 Alcantarillado sanitario.....	67
4.2.2 Alcantarillado pluvial	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
Conclusiones	79
Recomendaciones.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	86

Índice de tablas

Tabla 1: Clima de Machala.....	20
Tabla 2: Pluviosidad de Machala (2015-2018).....	20
Tabla 3: Cobertura de alcantarillado por tipo de servicio.....	23
Tabla 4: Población Docente	24
Tabla 5: Población estudiantil periodo 2018-2	24
Tabla 6: Población estudiantil periodo 2019-1	24
Tabla 7: Sismos recomendados por el Comité VISION 2000	25
Tabla 8: Aceleraciones (g) para ciudades ubicadas en Zona III del CEC-2000	25
Tabla 9: Espacios del Bloque Principal	38
Tabla 10: Espacios del Bloque 4.....	38
Tabla 11: Espacios del Bloque 5.....	38
Tabla 12: Capacidad de salas de conferencia del Campus Machala.....	39
Tabla 13: Coeficiente de retorno.....	42
Tabla 14: Dotaciones para edificaciones de uso específico.....	42
Tabla 15: Caudal de Infiltración	43
Tabla 16: Intensidad mm/h	45
Tabla 17: Coeficientes de escorrentía.....	46
Tabla 18: Áreas de aporte	46
Tabla 19: Pendientes asumidas	52
Tabla 20: Diámetros escogidos.....	54
Tabla 22: Alcantarillado del bloque principal	59
Tabla 23: Alcantarillado de la biblioteca	60

Tabla 24: Alcantarillado del bloque 4.....	61
Tabla 25: Alcantarillado del bloque 5.....	63
Tabla 26: Alcantarillado del edificio administrativo	65
Tabla 27: Rediseño-Alcantarillado sanitario de biblioteca y edificio administrativo.....	67
Tabla 28: Rediseño-Alcantarillado sanitario bloque 4.....	69
Tabla 29: Rediseño-Alcantarillado bloque 5	71
Tabla 30: Rediseño-Alcantarillado pluvial biblioteca	73
Tabla 31:Rediseño-Alcantarillado Bloque 4.....	75
Tabla 32: Rediseño-Alcantarillado Bloque 5.....	77

Índice de mapas

Mapa 1: Riesgos de Machala	21
Mapa 2: Riesgo de inundaciones	22

Índice de imágenes

Imagen 1: Campus Machala.....	19
Imagen 2: Árbol de problemas.....	27
Imagen 3: Proceso metodológico aplicado	36
Imagen 4: Pozo colmatado del Bloque 4	40
Imagen 5: Evidencia de agua estancada en los pozos	41
Imagen 6: Red actual-Bloque Principal	59
Imagen 7: Red actual-Biblioteca.....	60
Imagen 8: Red actual-Bloque 4.....	62
Imagen 9: Red actual-Bloque 5.....	64
Imagen 10: Pozo en mal estado	65
Imagen 11: Red actual-Edificio Administrativo	66
Imagen 12: Red sanitaria-Biblioteca y Edificio Administrativo.....	68
Imagen 13: Red sanitaria-Bloque 4.....	70
Imagen 14: Red sanitaria-Bloque 5.....	72
Imagen 15: Red pluvial-Biblioteca	74
Imagen 16: Red pluvial-Bloque 4	76
Imagen 17: Red pluvial-Bloque 5	78

INTRODUCCIÓN

Es evidente el caos en el comportamiento, frecuencia e intensidad de los fenómenos naturales ocasionado por el cambio climático, producto del inmensurable descontrol de las actividades humanas que atentan en contra la preservación del ambiente, en consecuencia eventos como las lluvias torrenciales se han convertido en un gran riesgo sin embargo los desastres en las ciudades son un proceso social y dinámico, donde la dimensión del desastre dependerá de las formas en que la sociedad se prepare para las amenazas o peligros (Zúñiga Igarza, 2018), evidenciando que uno de los retos más importantes a la hora de gestionar políticas públicas, es tomar la decisión correcta en función de los intereses y necesidades de la población (Zúñiga Pico & Zambrano Burgos, 2020).

Los desastres naturales no son fenómenos que se pueden evitar, sin embargo, existen maneras de prepararse para reducir los daños que estos puedan ocasionar, con la implementación de planes de riesgo o con la infraestructura adecuada para controlar los efectos de los desastres naturales. Con precipitaciones intensas las redes de alcantarillado son la mejor herramienta para preservar la integridad de la población y sus bienes materiales, por su funcionalidad, que depende del diseño y de los aspectos considerados.

Es innegable el inconmensurable desastre que ocasionan las lluvias intensas en zonas costeras, donde tienen una ineficiente red de alcantarillado, haciendo que el desalojo del caudal sea demasiado lento dando camino a problemas como pérdidas materiales, vulnerar la integridad física de los habitantes. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ecuador al ser un país subdesarrollado, carece de aspectos indispensables para garantizar una vida digna a la población, no todos los habitantes del país cuentan con servicios básicos como agua potable, electricidad, alcantarillado. El problema de la falta de alcantarillado no está únicamente presente en los hogares de los ecuatorianos, si no que existen instituciones públicas que cuentan con un inadecuado servicio en la red de alcantarillado sanitario y pluvial, tomando como ejemplo el campus Machala de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH).

Realizar una inspección de la red de alcantarillado sanitario y pluvial es crucial para la identificación y comprensión de los problemas que se ocasiona el estado en el que se encuentra la red, por lo que este trabajo de campo permite conocer el estado de la red como la existencia de pozos colmatados, tuberías obstruidas, pozos deteriorados, entre otros, los cuales en conjunto afectan drásticamente el comportamiento de la red, provocando el estancamiento de

aguas residuales en los pozos ocasionando la propagación de un mal olor debido a que todo el alcantarillado del Campus Machala es combinado.

La estructura del presente trabajo está comprendida por: Introducción, Capítulo I, Capítulo II, Capítulo III, Capítulo IV y Conclusiones. La introducción siendo la apertura para el proyecto cuenta con la explicación de la problemática y su actualidad. Capítulo I enumera los antecedentes de la zona de estudio abarcando temas como clima, peligro sísmico, población, entre otros, basados en el Plan de Ordenamiento Territorial de Machala, descripción de la situación de la problemática con sus causas y efectos. Además de la formulación del problema, alcance del proyecto, justificación y objetivos tanto general como específicos.

El capítulo II describe el marco teórico de la investigación, haciendo alusión en los antecedentes contextuales con un enfoque macro, meso y micro de la problemática y posibles soluciones, los antecedentes referenciales o históricos y los conceptuales le dan valor científico al contenido del proyecto. El capítulo III describe la metodología, la cual engloba la modalidad básica de la investigación, tipo de investigación, descripción de la población y la muestra, métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados y técnicas para el procedimiento de los datos obtenidos. En la parte final del proyecto se encuentran las conclusiones y recomendaciones seguidas de las referencias bibliográficas.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Línea base del proyecto

1.1.1 Ubicación

Machala, además de ser considerada capital bananera del mundo, es la capital de la provincia de El Oro ubicada en la parte sur-oeste del territorio continental del Ecuador. Al ser tan importante para la provincia, es la ciudad más poblada de la misma, por lo que es necesaria la existencia de una institución de educación superior como lo es la UTMACH, la cual no solo se limita a acoger jóvenes de El Oro si no que a sus aulas llegan personas de todo el país. Para cumplir con la demanda de estudiantes existen varios campus. El campus Machala, mostrado en la imagen 1, está ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto, donde en su mayoría imparten clases relacionadas a la facultad de Ciencias Sociales, tiene como coordenadas 616544 E y 9639032 S.

Imagen 1: Campus Machala



Fuente: OpenStreetMap

1.1.2 Clima

El clima presente en el territorio ecuatoriano se ve influenciado por diversos factores como la ubicación, presencia de vida vegetal, brisas de viento, corrientes marinas, altura del terreno, geomorfología de la zona e incluso las prácticas de las personas que lo habitan.

El cantón Machala, perteneciente a la provincia El Oro, ubicado en la parte sur del territorio ecuatoriano cuenta con dos tipos de clima, el Tropical Mega térmico Seco y el Tropical Mega térmico Semi Árido presente en el 94.30% y 5.70% del área territorial respectivamente (Machala, 2019), según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Machala. En la tabla 1 se presentan las características de cada clima.

Tabla 1: Clima de Machala

Clima	Superficie	Porcentaje de superficie	de Altitud (m.s.n.m)	Temperatura
Tropical Mega térmico Seco	35.150 ha	94.30%	0 - 10	22 – 26 °C
Tropical Mega térmico Semi Árido	2.125 ha	5.70%	< 10	24 – 26 °C

Fuente: GADMM PDOT 2019 (Machala, 2019)

Las temperaturas presentadas en la tabla 1 obedecen a los registros anuales de temperatura hasta el 2019, sin embargo, en los últimos meses del mismo año e inicios del 2020 las temperaturas registradas han superado los 30°C.

De acuerdo con lo expresado en la tabla 1 se puede decir que el campus Machala de la UTMACH está dentro de las zonas con un clima tropical mega térmico seco, contado con una altitud que no llega a superar los 10 m.s.n.m y pendientes poco pronunciadas provocando su gran susceptibilidad a inundaciones.

La temporada de lluvia en el territorio de Machala usualmente inicia a fines diciembre y culmina en abril. Sin embargo, debido a los cambios climáticos han alterado el comportamiento natural de las lluvias viéndose reflejados en la variación de temperatura de las corrientes marinas dando apertura a la llegada del fenómeno de El Niño.

Los desastres naturales como El Niño afectan en gran medida a las ciudades costeras donde la pendiente del terreno natural es poca, considerándolas planas, a esto se le suma una ineficiente red de alcantarillado como la que presenta el campus Machala de la UTMACH, el cual no cumple con las funciones básicas de un alcantarillado pluvial, evacuar las aguas lluvias con el objeto de evitar los daños materiales y afectación a la salud de las personas.

Tabla 2: Pluviosidad de Machala (2015-2018)

Valores característicos de pluviosidad	
Mínimo	113 mm-h
Medio	565 mm-h
Máximo	937 mm-h

Fuente: GADMM PDOT 2019 (Machala, 2019)

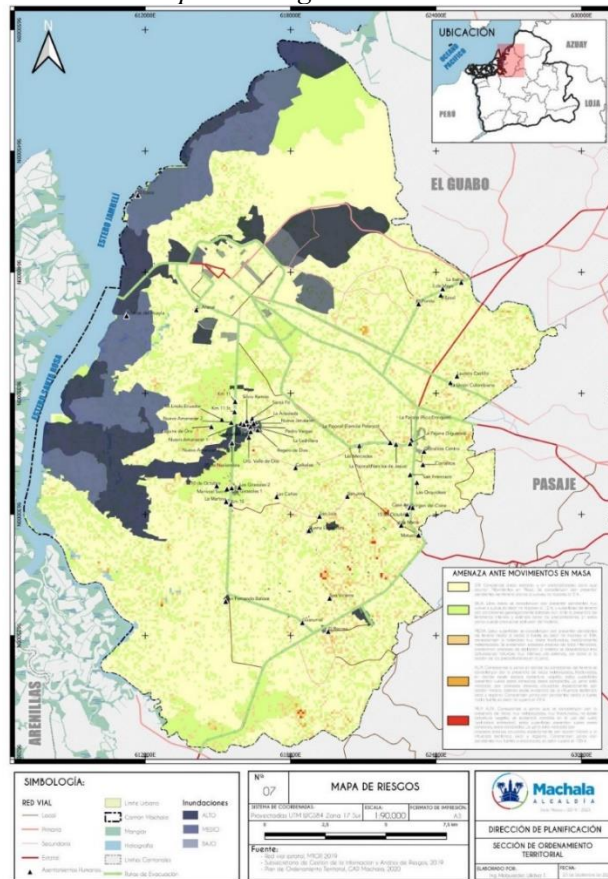
1.1.3 Peligro hidrológico

De acuerdo al mapa de riesgos de Machala extraído del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Machala, el campus Machala de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) se encuentra en una zona con peligro de inundaciones medio. Añadiendo que las

inundaciones pluviales en el territorio de Machala tienen un grado de importancia 4, mientras que la atención en los puntos vulnerables puede ser altos, medios y en algunas zonas bajo.

El riesgo de inundaciones se debe a diversos factores como la construcción de obras civiles por los recorridos naturales del agua, presencia de canales de riego e incluso la poca o nula existencia de redes de alcantarillado pluvial en algunos territorios.

Mapa 1: Riesgos de Machala



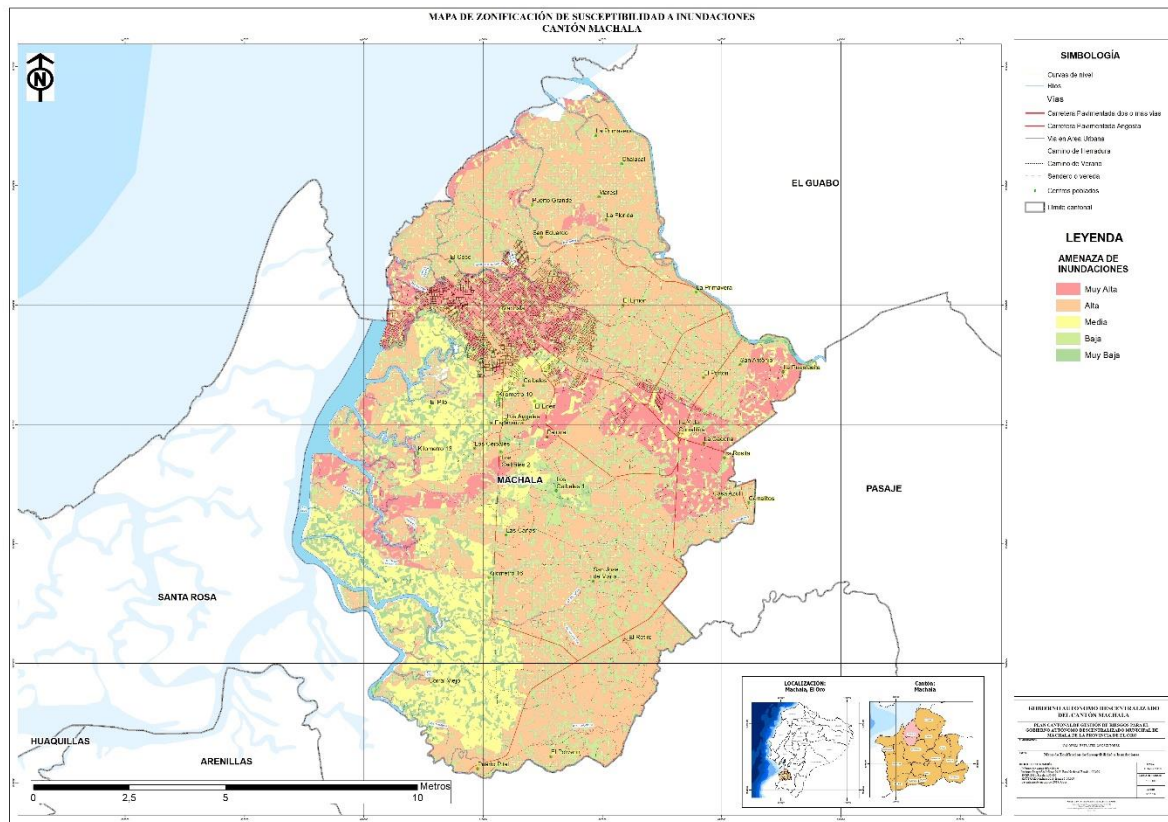
Fuente: GADMM PDOT 2019 (Machala, 2019)

Dentro del mapa 1, riesgos de Machala, puntualmente en la zona donde se encuentran las instalaciones del campus Machala de la UTMACH, no representa un gran problema el movimiento de masa, ya que dicha amenaza se encuentra clasificada como baja producto de la geomorfología del terreno el cual no cuenta con pendientes mayores al 5%, lo que ocasiona otro tipo de riesgos como las inundaciones.

Las inundaciones son muy comunes en ciudades costeras, ya que en su mayoría en la cuenca media o inferior existen de manera lateral llanuras inundables producto de la geomorfología de la zona, a lo cual se le suma el aumento de la marea y crecimiento desordenado de la población, ocupando recorridos naturales de agua ya sea con infraestructuras

habitacionales o alguna construcción hídrica ocasionando que la capacidad de evacuación del volumen del fluido se vea superado por la cantidad del mismo en el afluente. En el mapa 2 se plasma las zonas de alto riesgo a inundaciones.

Mapa 2: Riesgo de inundaciones



Fuente: GADMM PDOT 2019 (Machala, 2019)

De acuerdo con el mapa 2, referente al riesgo de inundaciones, el área donde se encuentran las instalaciones del campus Machala de la UTMACH tiene un nivel de amenaza de media a alta, el cual es difícil de controlar debido al deficiente desempeño de la red de alcantarillado que pretende abarcar esa zona, ocasionando no solo pérdidas materiales si no que se ve vulnerada la integridad de las personas que frecuentan dicho sector.

1.1.4 Alcantarillado

En los últimos años se ha registrado un crecimiento en la población mundial, Machala no es la excepción, por lo que la necesidad de un espacio adecuado para vivir se convierte en una de las principales preocupaciones de los ciudadanos, provocando el aumento de las construcciones clandestinas irrespetando las normas de construcción y haciendo que el crecimiento de Machala sea horizontal y de manera desordenada, donde dificulta la proporción de servicios básicos como agua potable, electricidad y alcantarillado.

Machala, según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se la considera como el séptimo cantón más poblado del territorio ecuatoriano (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2013), según el último censo de Población y Vivienda se determinó que únicamente el 74.49% de la población machaleña cuenta con cobertura en temas relacionados a la red pública de alcantarillado. En la tabla 3 se plasma la cobertura de alcantarillado por tipo de servicio.

Tabla 3: Cobertura de alcantarillado por tipo de servicio.

Tipo de servicio higiénico	Casos (%)
Red pública de alcantarillado	74.96
Pozo séptico	12.98
Pozo ciego	3.62
Descarga directa a cuerpos de agua.	4.58
Letrina	0.62
No tiene	3.24
Total	100

Fuente: INEC / SNI 2010

Es indiscutible que la red de alcantarillado del cantón cruza por la zona de estudio, sin embargo, una inadecuada organización interna de la institución puede ser la causante del deficiente servicio de alcantarillado que recibe el campus Machala de la UTMACH, la cual es una universidad con calificación B, ocasionando que ciertas áreas sean susceptibles a inundaciones, ejemplo, el área cercana a la cancha, a una cabaña y a un bloque de la carrera de artes plásticas.

1.1.5 Población

El campus Machala, de la Universidad Técnica de Machala, ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto, es un espacio dedicado al proceso de formación profesional que contempla carreras de la Facultad de Ciencias Sociales, contando con un número de 1476 estudiantes de esa rama de estudio.

En respuesta a la cantidad de estudiantes en cuestión, se asignó un conjunto de docentes encargados de impartir clases en las distintas áreas disciplinarias especificadas en la Tabla 4. Asimismo, se cuenta con un equipo de personal administrativo compuesto por 6 individuos, además de 4 personas dedicadas a labores de seguridad y 7 destinadas a tareas de limpieza y mantenimiento. Es importante mencionar que dentro de las mismas instalaciones también se encuentran operativas las oficinas del CEC (Centro de educación continua), las cuales cuentan con una plantilla de 7 trabajadores.

Tabla 4: Población Docente

Carreras	Número de Docentes
Artes Plásticas	8
Educación Básica	14
Educación inicial	9
Pedagogía de las ciencias experimentales	16
Comunicación	11
Derecho	16
Total	74

Fuente: Decanato de la Facultad de Ciencias Sociales

Tabla 5: Población estudiantil periodo 2018-2

Dependencia	Total
Artes Plásticas	197
Comunicación	242
Derecho	353
Educación Básica	289
Educación Inicial	235
Pedagogía de las ciencias experimentales	369
Total	1685

Fuente: UMMOG de la Facultad de Ciencias Sociales

Tabla 6: Población estudiantil periodo 2019-1

Dependencia	Total
Artes Plásticas	186
Comunicación	215
Derecho	410
Educación Básica	298
Educación Inicial	225
Pedagogía de las ciencias experimentales	391
Total	1725

Fuente: UMMOG de la Facultad de Ciencias Sociales

En las tablas 5 y 6 se encuentra la información sobre la cantidad de estudiantes que hacían uso de las instalaciones en el periodo 2018-2 y 2019-1 respectivamente, los cuales servirán para la obtención de la población futura y poder realizar un correcto diseño de la red de alcantarillado ya que se debe tener en cuenta el crecimiento de la población que en este caso son los estudiantes, los cuales serán los principales beneficiarios del proyecto, asegurando unas condiciones óptimas en su periodo de formación académica.

1.1.6 Peligro sísmico

Ubicado donde se unen las placas de Nazca y Sudamericana, Ecuador es un país en una zona sísmicamente activa. Esta interacción tectónica ha generado una importante sismicidad

en la región, convirtiéndola en uno de los países más propensos a terremotos de América del Sur.

Los peligros de terremotos en Ecuador son severos y el país ha experimentado muchos terremotos devastadores en su historia. Uno de los más devastadores fue el sismo de magnitud 7,8 que sacudió la costa norte de Ecuador el 16 de abril de 2016, matando a más de 600 personas e hiriendo a miles más. El terremoto causó daños generalizados a la infraestructura y las comunidades, lo que subraya la importancia de la concientización y la preparación para terremotos en la región.

Dada la vulnerabilidad de Ecuador a la actividad sísmica se han implementado medidas de preparación y respuesta ante terremotos. El país impone estrictas normas sísmicas en la construcción de edificios e infraestructura para reducir el riesgo de terremotos. También se realizaron actividades de sensibilización y capacitación para educar a las personas sobre qué hacer antes, durante y después del terremoto.

Respecto al territorio que contempla el cantón Machala se realizaron análisis y modelado tomando como referencia los datos de la tabla 7, para obtener estimaciones de las aceleraciones sísmicas mostrado en la tabla 8.

Tabla 7: Sismos recomendados por el Comité VISION 2000

Sismo	Vida Útil T	Probabilidad de Excedencia P*	Período medio de Retorno, t_r	Tasa Anual de excedencia, p_1
Frecuente	30 años	50%	43 años	0.02310
Ocasional	50 años	50%	72 años	0.01386
Raro	50 años	10%	475 años	0.00211
Muy raro	100 años	10%	970 años	0.00105

Fuente: Espectros sísmicos de riesgo uniforme para verificar desempeño estructural en países sudamericanos (Falconí, 2004)

Tabla 8: Aceleraciones (g) para ciudades ubicadas en Zona III del CEC-2000

Sismo	Machala
Frecuencia	0.077
Ocasional	0.098
Raro	0.229
Muy Raro	0.313
Ocasional/Frecuente	1.272
Muy raro/Raro	1.367

Fuente: espectros sísmicos de riesgo uniforme para verificar desempeño estructural en países sudamericanos (Falconí, 2004)

En un sismo es evidente que los elementos que se ven mayormente afectados con las infraestructuras grandes como edificios, puentes y vías, sin embargo, en un estudio realizado en la ciudad de Trujillo, La libertad, se determinó que un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli, llegó a afectar la estructura del alcantarillado teniendo un impacto total es alto de 2,67 en escala del 0 al 3 (Rubio & Guerrero, 2018). Para tratar de mitigar los efectos de este fenómeno conviene tener presente que es mucho mejor conservar y mejorar el sistema mediante pequeños programas y construcción anuales que dejar que las deficiencias se acumulen y que las necesidades adquieran carácter agudo (Wagner et al., 1961), lo cual se debe hacer con una buena planeación para cumplir con las metas y objetivos.

Con lo anterior mencionado se denota que los movimientos telúricos afectan a las redes de alcantarillado, el campus Machala de la UTMACH está ubicado en una zona donde la actividad sísmica es considerada normal, por lo que este puede ser uno de los causantes de la avería de estos elementos, sin embargo, se puede mitigar estos daños con un adecuado y programado mantenimiento.

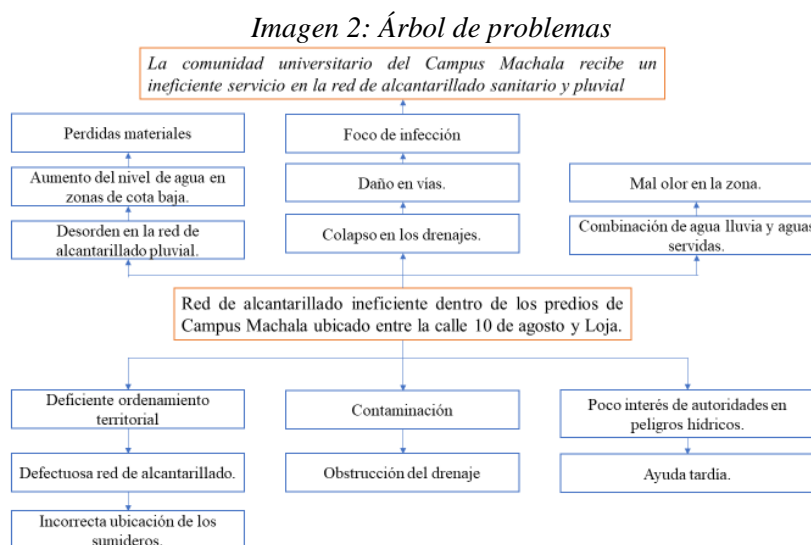
1.2 Descripción de la situación problemática

Aunque Machala es considerada una de las ciudades más importantes del Ecuador, no está exenta de experimentar estragos año a año producto del temporal invernal, acompañado de intensas precipitaciones que sobrepasan la capacidad de descarga de las redes de drenaje e incluso hay lugares sin alcantarillado, como ejemplo el campus Machala de la UTMACH, ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto. A continuación, se presentan algunas causas y efectos del problema en esa zona:

- Se debe tener en cuenta que la Universidad Técnica de Machala es considerada de tipo B, sin embargo, dentro de sus instalaciones, puntualmente en el campus Machala, existe un mal ordenamiento territorial dentro del predio que viene acompañado de un desorden en la red de alcantarillado sanitario y pluvial, el cual es poco eficiente en el temporal invernal.
- La falta de conciencia y entendimiento de las personas sobre los efectos negativos que pueden provocar el arrojar los desechos en cualquier lugar representa un gran problema por la posible obstrucción del drenaje en momentos de riesgo, ocasionando el colapso del mismo que genera focos de infección por agua estancada y daño en vías o infraestructuras aledañas.
- La escases de recursos o la falta de interés por parte de las autoridades responsables de la institución es otro factor que contribuye al prolongamiento de la problemática, ya

que al existir una respuesta tardía le da tiempo a los desastres naturales hacer estragos en el sector, por ejemplo la gran cantidad de agua de las lluvias se puede mezclar con las aguas residuales debido a que el alcantarillado existente es combinado por lo que un colapso y desbordamiento del mismo generaría muchos problemas como el mal olor de la zona o focos de infección.

Las casusas y efectos de la problemática se plasman en la ilustración 1:



Fuente: Elaboración propia.

1.3 Formulación del problema: pregunta científica

¿La comunidad universitaria recibe un eficiente servicio en la red de alcantarillado sanitario y pluvial en el Campus Machala de la UTMACH ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto?

1.4 Alcance del proyecto

En el presente trabajo se tiene como objeto de estudio el diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial el campus Machala de la UTMACH ubicado en la calle Loja y 10 de agosto, debido a que la institución cuenta con una ineficiente red de alcantarillado, la cual no es suficiente para abarcar toda la extensión de la zona. La recopilación de datos para el diseño de la red se llevará a cabo en los predios de la institución, la cual cuenta con una extensión territorial de 1.62 ha.

1.5 Justificación

En Ecuador la temporada de invierno, es el periodo donde se ponen a prueba los sistemas de drenaje de las ciudades, en especial las que se encuentran en territorio costero como lo es el Machala, la cual alberga el campus Machala de la UTMACH, siendo una institución que cuenta con una deficiente red de alcantarillado sanitario y pluvial. Por tal motivo se planea determinar un óptimo trazado en la red de alcantarillado para tratar de controlar los estragos de las inundaciones producto de las intensas lluvias. El campus Machala al ser una institución de educación superior se ve en la obligación de por lo menos preservar la integridad de toda la comunidad universitaria y sus instalaciones lo cual puede cubrirse en temporal invernal con un adecuado sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

El trabajo, además de proponer una red de alcantarillado solucionando los problemas de la comunidad universitaria, también sirve para titular la carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, a la que pertenece el autor.

1.6 Objetivo general y específico

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de una red de alcantarillado sanitario y pluvial, mediante la aplicación de metodologías de diseño asegurando un adecuado servicio de alcantarillado en el campus Machala de la UTMACH ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar los métodos para el diseño de redes de alcantarillado mediante una investigación bibliográfica asegurando un adecuado servicio en la red de alcantarillado sanitario y pluvial en el campus Machala ubicado entre la calle Loja y 10 de agosto.
- Recopilar información de campo mediante procedimientos topográficos y evaluación de las redes de alcantarillado existentes para la caracterización de la zona de estudio y así determinar la mejor distribución de la red de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Diseñar una eficiente red de alcantarillado sanitario y pluvial mediante el análisis de una adecuada configuración para abarcar con la demanda de la institución.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes contextuales

El contar con una red de alcantarillado no asegura la solución de todos los problemas ocasionados por la falta de esta. En el Cabo, Sudáfrica, el objetivo de los sistemas de alcantarillado es ayudar a eliminar eficazmente la escorrentía superficial contaminada, evitando que los contaminantes ingresen a las vías fluviales urbanas y protegiendo los ecosistemas circundantes, sin embargo, la condición de las vías fluviales urbanas está influenciada por las interacciones entre las personas, los sistemas de drenaje y los sistemas ecológicos, lo que destaca la importancia de comprender los vínculos entre el comportamiento humano y la calidad del agua. (Ward & Wintwe, 2016).

A pesar de que la mayoría de las redes de alcantarillado cumplen la misma funciones, existen varios aspectos que se deben tomar en cuenta para su diseño, según Montejo, Montejo, Arroyo, Honorato y Zamora en su investigación “Comparativa de metodologías para el diseño de redes de alcantarillado sanitario” muestran las variables básicas de diseño de la red de alcantarillado, destacando esquemáticamente los nomogramas, tablas y planos de diseño, los cuales pueden servir como guía importante para los estudiantes y complementos para los diseñadores de redes de alcantarillado.

Existen múltiples criterios para el diseño de sistemas de alcantarillado, y la mejor solución hasta el momento se basa en los resultados obtenidos en base a la experiencia del diseñador, por esta razón es importante considerar unificar los criterios para obtener la mejor solución. El diseño del sistema de alcantarillado se refiere a las recomendaciones las normas que regulan el diseño del alcantarillado, las cuales se basan en la determinación de datos básicos, costos de diseño, variables hidráulicas, profundidad de zanjas, obras auxiliares, conexiones y diseños, tener en cuenta el criterio del diseñador. Permitiendo unificar criterios para el diseño de una red de alcantarillado, lo cual no sólo contribuirá con la propuesta de un diseño más un informe, sino a su vez permitirá que los procesos de revisión para los organismos operadores de los sistemas municipales se ejecuten de manera más rápida y expedita (Montejo et al., 2018).

A pesar de contar con una red de alcantarillado la Universidad de Guayaquil realizó una investigación motivada por los continuos olores existentes en baños de la facultad de ciencias matemáticas y físicas y la falta de unidades de baños ante la creciente población de estudiantes y docentes (Saltos Sánchez et al., 2018), demostrando que si no se evalúa el

crecimiento de la población ni se toman medida de mantenimiento se generaran averías en el sistema. De acuerdo a lo anteriormente mencionado es evidente los problemas que ocasionan no solo la ausencia de una red de alcantarillado, sino que un mal diseño y falta de mantenimiento de la misma también provoca malestares que afectan inevitablemente a la población.

La situación del Campus Machala de la UTMACH respecto al alcantarillado se debe solucionar con un diseño que contemple todos los aspectos que involucran la eficacia de una red de alcantarillado sanitario y pluvial, sin embargo se debe tener en cuenta que el sistema de alcantarillado de la ciudad está obsoleto, a eso sumarle que la cota de la ciudad en varios lugares es de 1 a 3 m.s.n.m., lo que hace que Machala tenga un altísimo problema de inundaciones cada año en la época lluviosa (Machala, 2019).

Según el Plan de Desarrollo de Ordenamiento territorial se contempla la construcción de 4 plantas de tratamiento de aguas residuales para el 2030, para lo cual se cuenta con un presupuesto referencial de \$43 000 000, con el objeto de reducir la contaminación de las fuentes hídricas del cantón ocasionada por la evacuación de aguas residuales provenientes de los domicilios, las industrias e instituciones, además se pretende realizar una ampliación y mejoramiento del alcantarillado sanitario y pluvial para aumentar su cobertura hasta un 95% para el mismo periodo costando con un presupuesto referencial de \$88 000 000 (Machala, 2019).

2.2 Antecedentes referenciales o históricos

Los futuros desafíos climáticos, demográficos, tecnológicos, urbanos y socioeconómicos requieren sistemas de infraestructura de aguas residuales más flexibles y sostenibles. Los modelos exploratorios pueden ayudar a estudiar el impacto de estos desarrollos en la infraestructura. Para explorar una gran cantidad de estrategias de adaptación, se necesita reequilibrar el realismo de la red de alcantarillado y su capacidad para reflejar características clave de rendimiento con la parsimonia y la eficiencia computacional del modelo. Se propuso un algoritmo espacialmente explícito para crear redes de alcantarillado que representen fielmente las características clave de los sistemas reales (Duque et al., 2022).

Las características topográficas, demográficas y urbanas básicas se resumen en una cuadrícula de "barrios", que es la base para la división topológica de la red de alcantarillado. Comparamos tres métodos diferentes de dimensionamiento de tuberías y encontramos un buen equilibrio entre detalle y eficiencia computacional, con una evaluación básica del desempeño

hidráulico, demostrando que se puede lograr una red de alcantarillado de aguas residuales computacionalmente eficiente y de alta fidelidad con un desempeño hidráulico adecuado (Duque et al., 2022).

En países donde no se planifica de manera adecuada el ordenamiento territorial, se ven afectados las cuencas hidrográficas. La urbanización altera los procesos hidrológicos naturales en una cuenca, a través del reemplazo de la red de drenaje natural compuesta por esteros, quebradas por otra de calles y colectores de aguas lluvia (Camaño & Arumí, 2018). Por lo que se debe incorporar medidas para evitar que la escorrentía de las cuencas afectadas ocasione daños severos, por lo que se precisa de la implementación de redes de alcantarillado sostenible.

El campus Machala al estar ubicado en un terreno prácticamente plano, el diseño de una red de alcantarillado pluvial es imprescindible, ya que por culpa de la contaminación producto del ser humano se han intensificado varios fenómenos naturales como las lluvias, por lo que dichos sistemas ayudan a la evacuación del agua, evitando los daños de la propiedad de la institución e incluso evitar que se vean afectadas las infraestructuras que colindan con el campus.

La ausencia de una red de alcantarillado no solo afecta a las personas en el momento que ocurre un desastre natural si no que existen problemas que no suelen ser tan agresivos en un principio si no que mientras más avanza el tiempo se va intensificando, como la afectación a la salud de las personas por la falta de infraestructura destinada al saneamiento.

En el Chimborazo se realizó un análisis de los factores que llevaban a la malnutrición infantil de su población donde uno de los aspectos que contribuye al desarrollo de esa problemática es la falta de redes de alcantarillado, por lo que urgen con mayor provisión servicios como el alcantarillado (Rivera Vásquez & Olarte Benavides, 2020), por lo que se precisa que en el campus Machala de la UTMACH se implemente lo antes posible una red de alcantarillado con el objeto de evitar este tipo de problemas a largo plazo.

2.3 Antecedente Conceptuales

Para un correcto diseño de la red de alcantarillado se debe tener en cuenta conceptos que ayudaran a la comprensión del proyecto.

2.3.1 Red de alcantarillado

Ciertos autores como Iulian Vasiliev , Laurentiu Luca y otros, establecen que una red de alcantarillado puede consistir en tanques y tuberías que conectan los tanques entre sí y con

la planta de tratamiento (Vasiliev et al., 2022), sin embargo se debe tener una comprensión más extensa de lo que en realidad representan ya que son un conjunto de obras cuyo objetivo es recolectar las aguas residuales que genera la población, así como las aguas de escorrentía, transportarlas y centralizarlas para su tratamiento, antes de descargarlas en un cuerpo hídrico receptor (Castro Carrera et al., 2022), se debe tener en cuenta algunos componentes básicos que las conforman como tuberías, colectores, conexiones (domiciliarias, industriales, institucionales, etc.), pozo de revisión emisario, planta de tratamiento, entre otros.

2.3.2 Red de recolección

Una red de recolección en el campo del alcantarillado juega un papel crucial en la gestión del drenaje urbano y en garantizar el funcionamiento eficiente de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Pedersen et al., 2017). Dependiendo del su trazado esta tendrá mayor o menor influencia en el desalojo de aguas residuales producto de las actividades humanas o de fenómenos meteorológicos como las lluvias intensas.

2.3.4 Caudal Máximo

Los caudales máximos, son caudales extraordinarios de gran magnitud que se manifiestan en largos ciclos de periodos de retorno (Herencia Félix & Carrera Saavedra, 2019), refiriéndose al flujo máximo de agua en un punto determinado de una cuenca durante un período de tiempo específico, generalmente asociado con fuertes lluvias o inundaciones repentinas. Estimar los caudales máximos es importante para comprender y predecir el comportamiento hidrológico de una cuenca, especialmente en el diseño de infraestructura hídrica y la gestión de riesgos.

2.3.5 Caudal máximo de aguas residuales

Es el volumen de aguas residuales que genera el ser humano en diferentes actividades como en los hogares en su uso cotidiano e incluso las desechos por prácticas industriales. La identificación de este parámetro es importante para diseñar y operar plantas de tratamiento de aguas residuales de manera eficiente. Ayuda a determinar la capacidad y el tamaño de las bombas y otros equipos necesarios para el transporte y tratamiento de aguas residuales (Mamat et al., 2017).

2.3.6 Pozo de inspección

Es un tipo de inspección que se usa comúnmente en la construcción y mantenimiento de sistemas de alcantarillado. Es un eje vertical que proporciona acceso a la línea de alcantarillado para fines de inspección, limpieza y mantenimiento (Rodríguez & Orjuela,

2004). Estos registros suelen ser ubicados estratégicamente a lo largo de las redes de alcantarillado y equipadas con escaleras, sistemas de iluminación y ventilación para garantizar un acceso seguro y eficiente a los trabajadores.

2.3.7 Aguas residuales

Las aguas servidas, también llamadas aguas residuales, son aquellas que tienen origen en las actividades de la rutina diaria del ser humano, las descargas son a través de sistemas de alcantarillado o de vertimientos directos sobre el ambiente (Osorio Rivera et al., 2021).

Los flujos de aguas residuales vertidos por los sistemas de drenaje comunes se caracterizan por un alto desnivel y son de aleatorios, causados por la naturaleza aleatoria de las precipitaciones (Sergeyevich Ignatchik et al., 2019), teniendo en cuenta que los sistemas de drenaje urbano convencionales están diseñados para reforzar el dominio humano sobre el entorno biofísico, lo que da como resultado que la escorrentía superficial contaminada se descargue en las vías fluviales urbanas (Ward & Wintwe, 2016).

2.3.8 Autolimpieza

La autolimpieza se refiere al proceso esencial para mantener las tuberías de alcantarillado sanitario libres de sedimentos y obstrucciones. Este aspecto funcional es fundamental para garantizar un flujo adecuado del agua y prevenir problemas de acumulación en el sistema. Para prevenir la sedimentación en alcantarillado sanitario comúnmente se prefieren determinar la pendiente de autolimpieza utilizando el concepto de no deposición de sedimentos, por velocidad mínima o por esfuerzo cortante mínimo (Castro Carrera & La Motta, 2020), además de considerar el diámetro de la tubería, la profundidad relativa y el caudal máximo para un resultado esperado.

2.3.9 Rugosidad

La rugosidad puede ser considerada como las irregularidades de una superficie, representada con un valor numérico, el cual es inherente en cada material debido a sus propiedades físicas. En cuanto a la conducción de fluidos sus valores son válidos para la zona del flujo y materiales de tubería para los cuales se estableció experimentalmente su respectivo coeficiente de rugosidad (Alegret Breña & Martínez Valdés, 2019).

2.3.10 Hidrología

La hidrología se refiere al estudio de los procesos que afectan la distribución y el movimiento del agua en el planeta, incluyendo la precipitación, la evaporación, la infiltración, el flujo de agua subterránea y la escorrentía superficial (Shahvi et al., 2012), haciendo

referencia al ciclo hidrológica que básicamente hace alusión a la circulación general del agua, convirtiéndolo en un concepto muy importante hasta el punto de considerarlo como el principio de la hidrología (Legarda Burbano & Viveros Zarama, 1996).

2.3.11 Intensidad-Duración-Frecuencia

La curva de intensidad, duración y frecuencia representa la intensidad o el tamaño de una lluvia intensa, expresada en milímetros por hora, con una probabilidad o frecuencia estimada de ocurrencia. Para la obtención de los datos de las curvas IDF(Intensidad-Duración-Frecuencia), comúnmente se toman datos de una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno de diseño (Angulo & Saavedra, 2018).

2.3.12 Tasa de infiltración

La infiltración se refiere al proceso por el cual el agua entra y penetra en el suelo u otros materiales porosos. Es un aspecto importante en el contexto de la gestión de aguas pluviales (Prattakorn et al., 2022), teniendo en cuenta que, si las tasas de infiltración son bajas, el suelo puede saturarse rápidamente durante las fuertes lluvias, provocando inundaciones. Comprender las tasas de infiltración ayuda a planificar y diseñar sistemas de drenaje y control de inundaciones.

2.3.14 Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional es un fenómeno ampliamente estudiado en el campo de la demografía y se refiere al aumento en el número de individuos que habitan en un área geográfica específica durante un período de tiempo determinado. Este incremento puede ser cuantificado mediante una fórmula aritmética, que considera factores como el número de nacimientos, defunciones y migraciones, también debe tenerse en cuenta que el crecimiento poblacional puede estar limitado por condiciones ambientales desfavorables, por la competencia (Parra et al., 2019).

El término "crecimiento poblacional" se usa indistintamente con el concepto de crecimiento poblacional para referirse a cambios en la población de una especie dentro de un área geográfica determinada. Aunque el crecimiento demográfico se puede aplicar a cualquier especie animal, se utiliza comúnmente para estudiar y analizar el crecimiento de la población humana. Una tasa de crecimiento poblacional puede ser estimada suponiendo que este crecimiento sigue cierto patrón preestablecido (Zulaica & Celemin, 2014).

2.3.15 Periodo de retorno

El período de retorno es un criterio probabilístico utilizado para medir y comunicar la ocurrencia aleatoria de eventos geofísicos como inundaciones en estudios de evaluación de riesgos (Bateni et al., 2022), además ayuda a determinar el caudal máximo esperado durante fuertes lluvias. Comprender estos caudales es fundamental para dimensionar correctamente los conductos, tuberías y sistemas de almacenamiento de su red de alcantarillado. Si no se consideran los períodos de retorno, existe el riesgo de subdimensionar el sistema, lo que podría provocar derrames, inundaciones y daños a la infraestructura.

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología básica de investigación

En la presente investigación se optará el método documental, de campo y experimental como metodología para la obtención y procesamiento de datos, aplicando métodos deductivos, inductivos y analíticos, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos planteados en el Capítulo I.

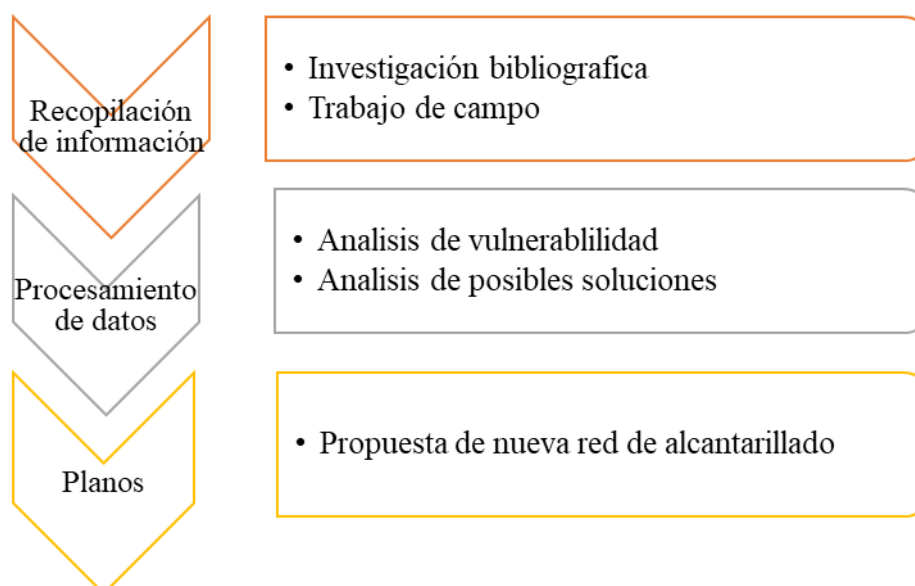
3.2 Tipo de Investigación

Este proyecto depende en gran medida de la información recopilada en in situ, así como el análisis documental de normativas enfocadas a este tipo de proyectos y artículos científicos que respaldan la importancia de solucionar el tipo de problema que afecta a la zona de estudio, con esto se debe realizar un correcto análisis de variables como: población futura, caudal de diseño, intensidad de lluvia y geomorfología de la zona estableciendo los puntos vulnerables que atentan con la integridad física de la población.

3.3 Descripción de la metodología

La metodología a emplear en la presente investigación consta de tres etapas fundamentales necesarias para generar una propuesta que cumpla con los requerimientos normativos para controlar los problemas sociales que acarrea la problemática en la población, para ello es necesario realizar una recolección de información, procesamiento de información y generación de planos.

Imagen 3: Proceso metodológico aplicado



Fuente: Elaboración Propia

3.4 Objeto de estudios

El objeto de estudio es la red de alcantarillado sanitario y pluvial del Campus Machala de la Universidad Técnica de Machala ubicado en el cantón con el mismo nombre como se muestra en la en la Imagen 1, este predio institucional presenta problemas a causa de una ineficiente red de alcantarillado que no abastece con la demanda de escurrimiento pluvial si no que es combinado, dando apertura a la propagación de malos olores en épocas secas del año.

3.5 Métodos y materiales utilizados.

3.5.1 Descripción de la población

De acuerdo con la Unidad de Matricula, Movilidad y Graduación (UMMOG) de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Técnica de Machala la población estudiantil que se beneficiara con este proyecto es de 1725 estudiantes evidenciado en la Tabla 6, según el Decanato de la Facultad de Ciencias sociales el número de docentes involucrados es de 74 mientras que 24 es todo el personal que involucra limpieza, seguridad, administrativos y los del Centro de Educación Continua, en el periodo 2019-1.

Para la obtención de la población futura con la que se pretende realizar el diseño de la nueva red se no se consideró el usar los métodos Aritmético, Geométrico y Exponencial, ya que estos no representarían una proyección sujeta a la realidad ya que al ser una institución educativa el crecimiento de la población se ve limitado por el espacio, por lo que se decidió aplicar el método de saturación expresado a continuación:

$$Pf = Pm * E$$

Donde

Pf= Población Futura

Pm= Promedio de población por espacio (aulas)

E= Número de espacios a ocupar (número de aulas)

El número de espacios ocupados durante el periodo de estudiantes que representa la Tabla 6 se recopilo mediante un conteo directo en campo y corroborado con los planos arquitectónicos de cada bloque, los cuales fueron solicitados al departamento de Obras Universitarias de la UTMACH, determinando los siguientes datos:

Tabla 9: Espacios del Bloque Principal

Bloque Principal	
Número de Planta	Número de aulas
Planta Baja	0
1 planta alta	5
2 planta alta	5
3 planta alta	6
4 planta alta	5
5 planta alta	6
Total	27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Espacios del Bloque 4

Bloque 4	
Número de Planta	Número de aulas
PB	0
1PA	0
2PA	4
3PA	4
4PA	8
5PA	4
Total	20

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11: Espacios del Bloque 5

Bloque 3	
Número de Planta	Número de aulas
Planta Baja	3
1 planta alta	4
2 planta alta	4
3 planta alta	4
Total	15

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo del Pm se procedió a sumar la cantidad de aulas de cada bloque, para obtener el cociente entre la población actual y el número de espacios que esta ocupa:

$$Pm = \frac{(1725 + 74 + 24)hab}{(27 + 15 + 20)aulas}$$

$$Pm = \frac{1823hab}{62aulas}$$

$$Pm = 29.4 \frac{hab}{aula} \approx 30 \frac{hab}{aula}$$

Una vez obtenido el promedio de habitantes por aula se tiene que conocer el número de aulas que serán ocupadas en los próximos años. Es de conocimiento público que el sismo de 6.5 en la escala de Richter registrado el 18 de marzo de 2023 ocasiono varios daños en la provincia de El Oro incluidos dos bloques de aulas del campus Machala de la UTMACH, sin embargo, se planea realizar reparaciones para rehabilitar esos bloques de aulas de acuerdo a la resolución administrativa No. 291-GR-2023 que tiene como objeto “*ESTUDIOS PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS EDIFICIOS: BLOQUE 4, CAMPUS MACHALA; BLOQUE 5, CAMPUS MACHALA; BLOQUE ADMINISTRATIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES, CAMPUS PRINCIPAL Y EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA*” (Universidad Técnica de Machala, 2023). Además, de acuerdo al departamento de Obras Universitarias se planea construir 6 aulas dentro del campus, las cuales también se deben considerar en el análisis de la población futura.

De acuerdo con lo anteriormente estipulado el número de espacios a ocupar se obtendría de la siguiente manera:

$$E = 27 + 15 + 20 + 6$$

$$E = 68 \text{ aulas}$$

Con la obtención de todos los parámetros necesarios para la aplicación de la formula la población futura obtiene el siguiente valor:

$$Pf = Pm * E$$

$$Pf = 30 \frac{\text{hab}}{\text{aula}} * 68 \text{ aulas}$$

$$Pf = 2040 \text{ hab}$$

La población futura es de 2040 sin embargo se debe tener en cuenta que ciertos bloques cuentan con espacios que una capacidad máxima establecida como salas de conferencia y biblioteca, evidenciados en la tabla 12:

Tabla 12: Capacidad de salas de conferencia del Campus Machala

Espacios con capacidad máxima establecida		
Bloque	Número de salas	Capacidad
Bloque principal	1	50 personas
Bloque 5	2	60 personas

Biblioteca	2	57 personas
Administrativo	1	200 personas

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en consideración los datos de la tabla 12 la población futura aumenta a 2467 habitantes los cuales serán considerados para la evaluación de la red de alcantarillado sanitario existente y el posible rediseño de la misma.

3.5.2 Caracterización de la zona de estudio

El Campus Machala de la UTMACH cuenta con área aproximada de 1.6 hectáreas, con elevaciones poco pronunciadas, en las cuales existen varias redes de alcantarillado combinado que tratan de cubrir con la demanda de la institución como se muestra en el mapa 5, dicha información fue obtenida mediante trabajo de campo, donde se procedió hacer un levantamiento topográfico e inspección de las redes como se observa en los anexos 4-5.

La inspección consistió en determinar las ubicaciones, mediante un levantamiento topográfico obteniendo los datos expuestos en el anexo 1, dimensiones y estado de los elementos que conforman la red de alcantarillado donde se obtuvo que en ciertas zonas como en la red de la biblioteca el caudal de aguas residuales no fluía o lo hacía con una velocidad muy lenta ocasionando el estancamiento del agua promoviendo la propagación de plagas dentro de la red, así como la colmatación en ciertas cajas como se observa en la imagen 4, sin embargo, ese no es el único en esas condiciones ya que a lo largo de la inspección se encontraron pozos en ese estado.

Imagen 4: Pozo colmatado del Bloque 4



Fuente: Elaboración propia

Durante la incursión de campo se realizó la inspección de los pozos que comprenden toda la red de alcantarillado del Campus Machala, donde se corroboró la información acerca de la finalidad del alcantarillado, el cual es evacuar el caudal pluvial y de aguas residuales, fungiendo como un alcantarillado combinado. El alcantarillado combinado acarrea diversos problemas como la propagación de malos olores.

La configuración de la red es tal que la conexión de las tuberías de salida con los pozos es inadecuada debido a que la cota batea no empata con el fondo de las cajas, provocando el estancamiento del caudal dentro de la red como se observa en la imagen 5, acarreado problemas como la propagación de plagas.

Imagen 5: Evidencia de agua estancada en los pozos



Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Caudal de diseño para alcantarillado sanitario

3.5.3.1 Aguas residuales institucionales

El caudal de aguas residuales que genera el Campus Machala entra en la categoría del caudal institucional ya que esta representa el consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2009).

Al contar con más de una red de alcantarillado el cálculo del caudal para el diseño se lo debe contemplar para cada área de aportación de la red, siendo estas las del bloque principal,

bloque 4, bloque 3, biblioteca y edificio administrativo, el cálculo del caudal y población de cada red se lo expresa a continuación:

Para el diseño se tiene que conocer Nivel de complejidad, Población de diseño, Área de drenaje, Dotación neta y coeficiente de retorno. De acuerdo con la configuración de la red se determina una complejidad baja, dando un coeficiente de retorno de 0.8 según la tabla 13, mientras que la dotación usada fue de 56 l/hab/día, la cual está dentro de lo establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción Nec-11 evidenciado en la tabla 14.

Tabla 13: Coeficiente de retorno

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0.7-0.8
Medio alto y alto	0.8-0.85

Fuente: Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable-Quito

Tabla 14: Dotaciones para edificaciones de uso específico

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil /día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5
Centro comercial	L/m ² área útil /día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	350 a 800
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil /día	15 a 30
Prisiones	L/persona/día	350 a 600
Salas de fiesta y casinos	L/m ² área útil /día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas*	L/s/Ha	1 a 2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Nec-11

3.5.3.2 Caudal de infiltración

En zonas con alto niveles freáticos, como lo es Machala, es común la infiltración de agua a la red de alcantarillado ya sea a través de grietas en los pozos de inspección, una ineficiente unión de las tuberías con los pozos, fisuras en las tuberías, entre otros, dicho caudal tiene que ser considerado en el diseño de la red tanto de alcantarillado pluvial como sanitario. Se tomo el valor de 0.2l/s-ha como caudal de infiltración debido a que el nivel de complejidad de la red es bajo, este valor está dentro de los rangos de la tabla 16.

Tabla 15: Caudal de Infiltración

Caudal de infiltración			
Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Baja y medio	0.1-0.3	0.1-0.3	0.005-0.2
Medio alto y alto	0.15-0.4	0.1-0.3	0.005-0.2

Fuente: Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable-Quito

3.5.3.3 Área de aporte

El área de aporte de la red de alcantarillado se la toma directamente de la información obtenida el levantamiento topográfico y de la ubicación de las redes existentes, por lo que el análisis y diseño de cada red es independiente para cada una, sin embargo, estas tienen restricciones por la cota del pozo de la vía.

3.5.3.4 Factor de mayoración

El factor de mayoración Harmon es comúnmente cuando se analiza zonas donde la población a censar es mayor a 1000 habitantes, el cual cumple la función de disminuir la magnitud de la población cuanto más grande es la misma (Lazcano Castr & Soto Rodríguez, 2015), el cual se expresa con la siguiente ecuación.

$$H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

H: Coeficiente de mayoración Harmon

P: Población en miles

3.5.3.5 Caudal máximo horario

Es el consumo o generación de caudal máximo que se ha registrado durante una hora en un periodo establecido, para lo cual se aplica la siguiente formula:

$$Q_{mh} = H \cdot Q_{md}$$

Donde:

Q_{mh} : Caudal máximo horario

H: Coeficiente Harmon

Q_{md} : Caudal medio de aguas residuales

3.5.3.6 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se debe considerar que existen diferentes aportaciones a la red las cuales deben considerarse dentro del cálculo:

$$Q_D = Q_{mh} + Q_{ce} + Q_{in}$$

Donde:

Q_D : Caudal de diseño

Q_{mh} : Caudal máximo horario

Q_{ce} : Caudal de conexiones erradas

Q_{in} : Caudal de infiltración

3.5.4 Calculo de diseño para alcantarillado pluvial

Una red de alcantarillado pluvial es la que se encarga de conducir la escorrentía superficial producto de las precipitaciones hasta un cuerpo receptor, con el objetivo de salvaguardar la integridad de la población. Para la estimación del caudal se puede aplicar el método racional, según el INEN se puede usar este método para áreas con unas superficies menores a 5 km². (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1992)

3.5.4.1 Método racional

El método de la Fórmula Racional está basado en la suposición de que ocurre un evento de lluvia de intensidad constante sobre toda el área de drenaje (Pérez López, 2015), para lo cual se expresa la siguiente expresión:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal

C: Coeficiente de escorrentía

I: intensidad de precipitación

A: área de estudio

3.5.4.2 Intensidad

La ubicación del presente proyecto tiene como estación meteorológica más cercana la estación Machala-UTM con código M0185, de la cual se extrajeron datos pluviométricos hasta el año 2013 contenidos en los anuarios del INAMHI, resumidos en el anexo 2, de los cuales se determinó la intensidad en mm/h para diferentes periodos de retorno como se observa en la tabla 17.

Tabla 16: Intensidad mm/h

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	294.40	191.71	149.17	124.84	108.74	97.14	88.30	81.30	75.58	70.81	66.75	63.25
5	406.21	264.52	205.82	172.25	150.04	134.03	121.83	112.17	104.29	97.70	92.11	87.28
10	518.22	337.46	262.57	219.75	191.41	170.99	155.43	143.10	133.04	124.64	117.50	111.34
25	715.03	465.62	362.29	303.21	264.10	235.92	214.46	197.45	183.57	171.98	162.13	153.63
50	912.20	594.02	462.19	386.82	336.92	300.98	273.59	251.89	234.18	219.40	206.84	195.99
100	1163.73	757.81	589.64	493.48	429.83	383.97	349.03	321.35	298.76	279.90	263.87	250.04
500	2048.45	1333.93	1037.91	868.64	756.60	675.88	614.38	565.65	525.89	492.69	464.47	440.12

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4.3 Coeficiente de escorrentía

Los coeficientes de escorrentía son inherentes de cada tipo de superficie, ya que es la relación que existe entre el caudal infiltrado y el que escurre en una superficie. En el presente proyecto se encuentra una variedad de superficies por lo que los valores del coeficiente escorrentía (c) se lo toma de la tabla 18.

Tabla 17: Coeficientes de escorrentía

Tipo de superficie	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.9
Pavimento asfáltico en buenas condiciones	0.85 a 0.9
Pavimento de hormigón	0.8 a 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 a 0.8
Empedrados (juntas ordinarias)	0.4 a 0.5
Pavimentos de macadam	0.25 a 0.6
Superficies no pavimentadas	0.1 a 0.3
Parques y jardines	0.05 a 0.25

Fuente: INEN 5 Parte 9-1

Debido a la extensión que cubre la red las superficies son variables por lo que se tiene que calcular un coeficiente de escorrentía ponderado:

$$C_p = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Donde:

C_p : Coeficiente de escorrentía ponderado

A_i : Área parcial

C_i : Coeficiente de escorrentía parcial

3.5.5 Evaluación de las redes existentes.

Las redes de alcantarillado del Campus Machala son combinadas y trazadas de tal manera que son 5 redes independientes entre sí abarcando con la demanda de los diferentes bloques que se encuentran dentro de la institución como se observa en el mapa 3

El área de aportación de las redes existente se la considero de acuerdo su trazado y configuración obteniendo los valores mostrados en la tabla 19.

Tabla 18: Áreas de aporte

Red	Tipo	Ubicación	Área (ha)
Red 1	Combinado	Bloque principal	0.08

Red 2	Combinado	Biblioteca	0.33
Red 3	Combinado	Edificio administrativo	0.18
Red 4	Combinado	Bloque 4, cabaña, cancha	0.66
Red 5	Combinado	Bloque 5	0.47
		Total	1.63

Fuente: Elaboración Propia

Al estar definidas el área de aportación de cada red, se la divide en función al número de tramos obteniendo el área parcial de cada tramo la cual se va acumulando mediante avanza el recorrido del fluido, de tal manera que en el último tramo se considere toda el área de aporte.

$$A = \sum A_p$$

Donde

A: Área de aporte a la red en hectáreas (ha)

A_p : Área parcial en hectáreas (ha)

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$A_p = 0.0098$ ha

$$A = 0.0098 \text{ ha}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$A_p = 0$ ha

$$A = 0.0098 \text{ ha} + 0 \text{ ha} = 0.0098 \text{ ha}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$A_p = 0.0098$ ha

$$A = 0.0098 \text{ ha} + 0.0098 \text{ ha} = 0.0196 \text{ ha}$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$A_p = 0$ ha

$$A = 0.0196 \text{ ha} + 0 \text{ ha} = 0.0196 \text{ ha}$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0 \text{ ha}$$

$$A = 0 \text{ ha}$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0 \text{ ha}$$

$$A = 0 \text{ ha}$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0.1650 \text{ ha}$$

$$A = 0 \text{ ha} + 0.1650 \text{ ha} = 0.1650 \text{ ha}$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0 \text{ ha}$$

$$A = 0.1650 \text{ ha} + 0 \text{ ha} = 0.1650 \text{ ha}$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0.1650 \text{ ha}$$

$$A = 0.1650 \text{ ha} + 0.1650 \text{ ha} = 0.3300 \text{ ha}$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$A_p = 0 \text{ ha}$$

$$A = 0.3300 \text{ ha} + 0 \text{ ha} = 0.3300 \text{ ha}$$

El caudal se lo obtiene mediante el producto del caudal de diseño (Q_D) y el área de aporte:

$$Q = Q_D \cdot A$$

Donde

Q: Caudal del tramo (l/s)

Q_D : Caudal de diseño (l/s-ha)

A: Área de aporte (ha)

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$$A = 0.0098 \text{ ha}$$

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$Q = \frac{0.9 \cdot 91.3 \text{ mm/h/m}^2 \cdot 0.0098 \text{ ha}}{3600} = 1.99 \text{ l/s}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$$A = 0.0098 \text{ ha}$$

$$Q = \frac{0.9 \cdot 91.3 \text{ mm/h/m}^2 \cdot 0.0098 \text{ ha}}{3600} = 1.99 \text{ l/s}$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$$A = 0.0196 \text{ ha}$$

$$Q = \frac{0.9 \cdot 91.3 \text{ mm/h/m}^2 \cdot 0.0196 \text{ ha}}{3600} = 3.98 \text{ l/s}$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0 \text{ ha} = 0.00 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.00 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0 \text{ ha} = 0.00 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.00 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0.1650 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0.1650 \text{ ha} = 0.3036 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.3036 \frac{l}{s} + 3.98 \frac{l}{s} = 4.28 \frac{l}{s}$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0.1650 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0.1650 \text{ ha} = 0.3036 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.3036 \frac{l}{s} + 3.98 \frac{l}{s} = 4.28 \frac{l}{s}$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0.3300 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0.33 \text{ ha} = 0.6072 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.6072 \frac{l}{s} + 3.98 \frac{l}{s} = 4.59 \frac{l}{s}$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$A = 0.3300 \text{ ha}$$

$$Q = 1.84 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0.33 \text{ ha} = 0.6072 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.6072 \frac{l}{s} + 3.98 \frac{l}{s} = 4.59 \frac{l}{s}$$

Con el valor del caudal que se procede a la determinación de la pendiente mínima para que el fluido pueda recorrer la distancia entre los pozos:

$$S_{min} = 0.0055 \cdot Q^{-0.47}$$

Donde:

S_{min} : Pendiente mínima necesaria

Q: Caudal del tramo (l/s)

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$$Q = 1.99 \text{ l/s}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 1.99^{-0.47} = 0.004$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$$Q = 1.99 \text{ l/s}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 1.99^{-0.47} = 0.004$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$$Q = 3.98 \text{ l/s}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 3.98^{-0.47} = 0.0029$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 3.98^{-0.47} = 0.0029$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 3.98 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 3.98^{-0.47} = 0.0029$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 4.28 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 4.28^{-0.47} = 0.0028$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 4.28 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 4.28^{-0.47} = 0.0028$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 4.59 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 4.59^{-0.47} = 0.0027$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$Q = 4.59 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$S_{min} = 0.0055 \cdot 4.59^{-0.47} = 0.0027$$

Pendientes asumidas

Tabla 19: Pendientes asumidas

Tramo			S
No	De	A	
1	B1	B2	0.0183
2	B2	B3	0.0530
3	B3	B4	0.0030
4	B4	B5	0.0091
8	B5	B6	0.0034
9	B6	B7	0.0053
10	B7	B8	0.0045
11	B8	B9	0.0299
12	B9	B10	0.0145

Fuente: Elaboración Propia

Con el valor de pendiente mínima se asume un valor mayor o igual al calculado para poder cumplir con las condiciones necesarias que dicta la norma INEN: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, como las velocidades mínimas siendo 0.45m/s y 0.9 m/s para alcantarillado sanitario y pluvial respectivamente.

La pendiente, rugosidad y caudal también condicionan el diámetro interno de la tubería, mediante la siguiente expresión:

$$D = \left(\frac{n * Q}{S^{0.5}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D: Diámetro interior en mm

n: Coeficiente de rugosidad de la tubería

S: Pendiente

Q: Caudal en m³/s

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00199}{0.0183^{0.5}} \right)^{3/8} = 58.62 \text{ mm}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00199}{0.0053^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 73.96 \text{ mm}$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00398}{0.003^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 106.71 \text{ mm}$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal pluvial):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00398}{0.0091^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 86.67 \text{ mm}$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00398}{0.0034^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 104.24 \text{ mm}$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00428}{0.0053^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 98.59 \text{ mm}$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00428}{0.0045^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 101.66 \text{ mm}$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00459}{0.0299^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 73.13 \text{ mm}$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$D = 1000 \left(\frac{0.011 \cdot 0.00459}{0.0145^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 83.76 \text{ mm}$$

Al contar con ese valor se debe seleccionar diámetros que se encuentren en el mercado local, los cuales se encuentran en la tabla 20, y proceder a determinar el caudal máximo que

puede transportar dicha sección y la velocidad a tubo lleno para poder e identificar las relaciones hidráulicas en ese escenario, las cuales se presentan en el anexo 4.

Tabla 20: Diámetros escogidos

Tramo			Diámetro interno - mm	
No	De	A	Calculado	Comercial
1	B1	B2	58.62	110.00
2	B2	B3	73.96	110.00
3	B3	B4	106.71	160.00
4	B4	B5	86.67	160.00
8	B5	B6	104.24	160.00
9	B6	B7	98.59	160.00
10	B7	B8	101.66	160.00
11	B8	B9	73.13	200.00
12	B9	B10	83.76	200.00

Fuente: Elaboración Propia

Al obtener la relación entre caudal real y caudal a tubo lleno, esta no debe ser superior a 0.6 en alcantarillado sanitario debido a que debe existir un margen de espacio por la acumulación de gases dentro de la red.

$$\frac{Q}{Q_o} < 0.6$$

Donde

Q: Caudal real m³/s

Q_o: Caudal a tubo lleno m³/s

Para el cálculo de caudal a tubo lleno se sigue la siguiente expresión:

$$Q_o = \frac{312}{n} \cdot D_c^{3/8} \cdot S^{0.5}$$

Donde:

Q_o: Caudal a tubo lleno en m³/s

n: Rugosidad de la tubería

D_c: Diámetro comercial en m

S: Pendiente

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{110}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0183^{0.5} = 10.66 \frac{l}{s}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{110}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0053^{0.5} = 5.74 \frac{l}{s}$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.003^{0.5} = 11.72 \frac{l}{s}$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal pluvial):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0091^{0.5} = 20.41 \frac{l}{s}$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0034^{0.5} = 12.48 \frac{l}{s}$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0053^{0.5} = 15.58 \frac{l}{s}$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0045^{0.5} = 14.36 \frac{l}{s}$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{200}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0299^{0.5} = 67.09 \frac{l}{s}$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$Q_o = \frac{312}{0.011} \cdot \left(\frac{200}{1000}\right)^{\frac{3}{8}} \cdot 0.0145^{0.5} = 46.72 \frac{l}{s}$$

Mientras que el valor de la velocidad a tubo lleno se usa la siguiente expresión:

$$V_o = \frac{4 \cdot Q_o}{\pi \cdot D_c^2}$$

Donde:

V_o : Velocidad a tubo lleno en m/s

Q_o : Caudal a tubo lleno en m³/s

D_c : Diámetro comercial en m

Tramo B1-B2 (aporta caudal pluvial):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{10.66}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{110}{1000}\right)^2} = 1.12 \frac{m}{s}$$

Tramo B2-B3 (aporta caudal pluvial):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{5.74}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{110}{1000}\right)^2} = 0.6 \frac{m}{s}$$

Tramo B3-B4 (aporta caudal pluvial):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{11.72}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^2} = 0.58 \frac{m}{s}$$

Tramo B4-B5 (aporta caudal pluvial):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{20.41}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^2} = 1.02 \frac{m}{s}$$

Tramo B5-B6 (aporta caudal sanitario):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{12.48}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^2} = 0.62 \frac{m}{s}$$

Tramo B6-B7 (aporta caudal sanitario):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{15.58}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^2} = 0.77 \frac{m}{s}$$

Tramo B7-B8 (aporta caudal sanitario):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{14.35}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{160}{1000}\right)^2} = 0.71 \frac{m}{s}$$

Tramo B8-B9 (aporta caudal sanitario):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{67.09}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{200}{1000}\right)^2} = 2.14 \frac{m}{s}$$

Tramo B9-B10 (aporta caudal sanitario):

$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{46.72}{1000}}{\pi \cdot \left(\frac{200}{1000}\right)^2} = 1.49 \frac{m}{s}$$

Identificando la posición de la relación entre caudales se pueden asociar los valores de velocidad, tirante y profundidad hidráulica, para poder calcular el valor real de la velocidad en la tubería parcialmente llena, así como el tirante y profundidad siguiendo el siguiente procedimiento:

Velocidad

$$\frac{V}{V_o} \cdot V_o = V_{real}$$

Donde:

V/V_o : Valor de las relaciones hidráulicas

V_o : Velocidad a tubo lleno (m/s)

V_{real} : Velocidad real (m/s)

Dependiendo del tipo de alcantarillado la velocidad real debe ser mayor a 0.45m/s en alcantarillado sanitario y 0.9m/s en alcantarillado sanitario.

Tirante

$$\frac{y}{D_c} \cdot D_c = y_{real}$$

Donde:

y/D_c : Valor de las relaciones hidráulicas

D_c : Diámetro comercial en m

y_{real} : Tirante real en m

Profundidad hidráulica

$$\frac{H}{D_c} \cdot D_c = y_{real}$$

Donde:

H/D_c : Valor de las relaciones hidráulicas

D_c : Diámetro comercial en m

H_{real} : Profundidad hidráulica real en m

4. Capítulo IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Redes de alcantarillado existente

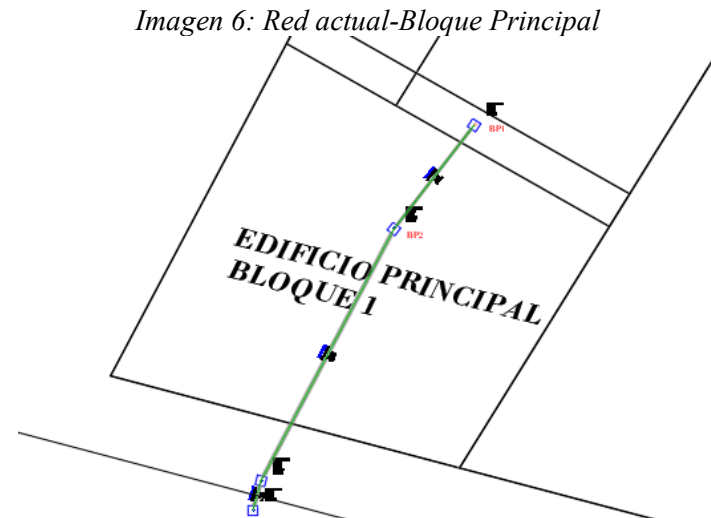
4.1.1 Alcantarillado del bloque principal

Tabla 21: Alcantarillado del bloque principal

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Q AALL	Qdis l/s	S min.	S tubería $\geq S_{min}$	Diametro interno - mm		Qo l/s	Vo m/s	Qdis/Qoa	Vparc./Vo	y/D	V m/s	y m	H m
No	De	A	Parcial	Σ						Calculado	Comercial								
1	1	2	0.0146	0.0146	6.08	7.96	8.09	0.0021	0.0146	103.51	160.00	25.86	1.29	0.31	0.732	0.431	0.94	0.069	0.052
2	2	3	0.0700	0.0846	14.04	9.99	10.77	0.0018	0.0041	146.17	200.00	24.84	0.79	0.43	0.810	0.516	0.64	0.103	0.082

Fuente: Elaboración Propia

Las características de esta red no cumplen con lo mínimo por la norma ya que al ser un alcantarillado combinado las velocidades reales tienen que ser como mínimo de 0.9 m /s, sin embargo, en el último tramo la velocidad no llega a ese valor.



Fuente: Elaboración Propia

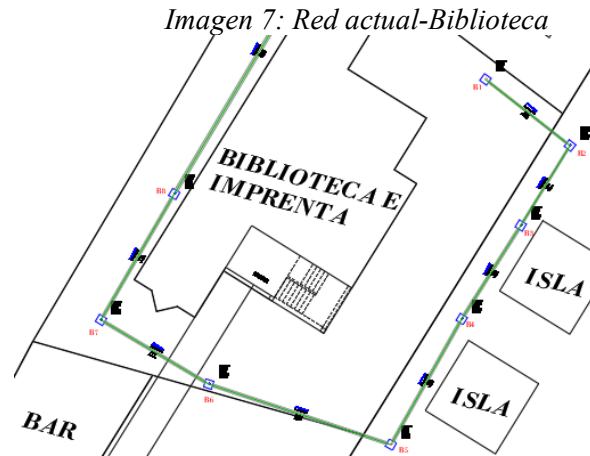
4.1.2 Alcantarillado de la biblioteca

Tabla 22: Alcantarillado de la biblioteca

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Q	Qdis	S	S tubería $\geq S_{min}$	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		AALL				l/s	min.								
1	B1	B2	0.0000	0.0000	5.76	1.99	1.99	0.0040	0.0183	58.62	110.00	10.66	1.12	0.19	0.645	0.334	0.72	0.037	0.027
2	B2	B3	0.0000	0.0000	4.94	1.99	1.99	0.0040	0.0053	73.96	110.00	5.74	0.60	0.35	0.760	0.460	0.46	0.051	0.039
3	B3	B4	0.0000	0.0000	5.95	3.98	3.98	0.0029	0.0030	106.71	160.00	11.72	0.58	0.34	0.755	0.452	0.44	0.072	0.056
4	B4	B5	0.0000	0.0000	8.00	3.98	3.98	0.0029	0.0091	86.67	160.00	20.41	1.02	0.19	0.645	0.334	0.65	0.053	0.039
8	B5	B6	0.0000	0.0000	10.89	3.98	3.98	0.0029	0.0034	104.24	160.00	12.48	0.62	0.32	0.740	0.439	0.46	0.070	0.053
9	B6	B7	0.1650	0.1650	6.85	3.98	4.28	0.0028	0.0053	98.59	160.00	15.58	0.77	0.27	0.706	0.400	0.55	0.064	0.048
10	B7	B8	0.0000	0.1650	8.09	3.98	4.28	0.0028	0.0045	101.66	160.00	14.36	0.71	0.30	0.729	0.424	0.52	0.068	0.051
11	B8	B9	0.1650	0.3300	19.29	3.98	4.59	0.0027	0.0299	73.13	200.00	67.09	2.14	0.07	0.492	0.210	1.05	0.042	0.028
12	B9	B10	0.0000	0.3300	5.35	3.98	4.59	0.0027	0.0145	83.76	200.00	46.72	1.49	0.10	0.540	0.248	0.80	0.050	0.034

Fuente: Elaboración Propia

Es un escenario similar al anterior los valores que representan la velocidad real de la red no cumplen con lo mínimo establecido por la norma.



Fuente: Elaboración Propia

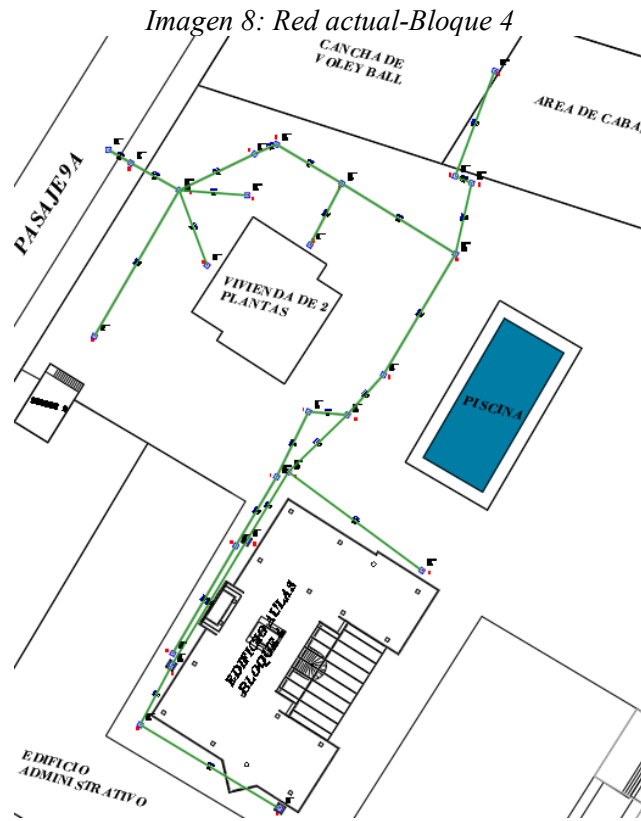
4.1.3 Alcantarillado del bloque 4

Tabla 23: Alcantarillado del bloque 4

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Q	Qdis	S	S	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		AALL	l/s	min.	tubería ≥Smin	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	1	2	0.0000	0.0000	16.87	4.23	4.23	0.0028	0.0510	64.18	110.00	17.79	1.87	0.24	0.687	0.379	1.29	0.042	0.031
2	2	3	0.0000	0.0000	6.55	4.23	4.23	0.0028	0.0900	57.70	110.00	23.64	2.49	0.18	0.634	0.323	1.58	0.036	0.026
3	3	4	0.0000	0.0000	15.00	8.46	8.46	0.0020	0.0700	78.44	110.00	20.85	2.19	0.41	0.802	0.504	1.76	0.055	0.043
4	4	5	0.0000	0.0000	7.81	12.69	12.69	0.0017	0.0207	114.75	110.00	11.34	1.19	1.12	1.042	0.931	1.24	0.102	0.174
5	6	5	0.0000	0.0000	17.07	4.23	4.23	0.0028	0.0500	64.42	110.00	17.62	1.85	0.24	0.687	0.379	1.27	0.042	0.031
6	5	11	0.0000	0.0000	7.94	16.92	16.92	0.0015	0.0192	129.64	110.00	10.92	1.15	1.55	1.042	0.931	1.20	0.102	0.174
7	11	12	0.0000	0.0000	5.09	16.92	16.92	0.0015	0.0188	130.15	160.00	29.34	1.46	0.58	0.890	0.615	1.30	0.098	0.083
8	12	13	0.0000	0.0000	14.50	19.62	19.62	0.0014	0.0020	209.43	160.00	9.57	0.48	2.05	1.042	0.931	0.50	0.149	0.253
9	29	30	0.0000	0.0000	19.01	16.66	16.66	0.0015	0.0126	139.48	160.00	24.02	1.19	0.69	0.941	0.686	1.12	0.110	0.098
10	30	31	0.0000	0.0000	8.62	29.82	29.82	0.0011	0.0107	178.91	160.00	22.14	1.10	1.35	1.042	0.931	1.15	0.149	0.253
11	31	13	0.0000	0.0000	21.12	29.82	29.82	0.0011	0.0192	160.34	160.00	29.65	1.47	1.01	1.042	0.920	1.54	0.147	0.231
12	28	32	0.0872	0.0872	19.00	0.00	1.50	0.0045	0.0086	60.75	110.00	7.31	0.77	0.21	0.664	0.353	0.51	0.039	0.028
13	32	14	0.0689	0.1560	23.06	0.00	1.50	0.0045	0.0141	55.37	110.00	9.36	0.98	0.16	0.613	0.308	0.60	0.034	0.024
14	16	15	0.0866	0.0866	11.42	0.00	1.50	0.0045	0.0041	69.80	110.00	5.05	0.53	0.30	0.729	0.424	0.39	0.047	0.035
15	15	14	0.0000	0.0866	1.16	0.00	1.50	0.0045	0.0192	52.26	110.00	10.92	1.15	0.14	0.590	0.289	0.68	0.032	0.023
16	14	13	0.0000	0.2426	7.07	0.00	1.50	0.0045	0.0171	53.40	110.00	10.30	1.08	0.15	0.600	0.298	0.65	0.033	0.023
17	13	17	0.0000	0.2426	13.70	0.00	1.50	0.0045	0.0192	52.26	160.00	29.65	1.47	0.05	0.453	0.182	0.67	0.029	0.019
18	21	17	0.0000	0.0000	6.76	2.46	2.46	0.0036	0.0067	76.63	160.00	17.52	0.87	0.14	0.590	0.289	0.51	0.046	0.033
19	17	18	0.0000	0.2426	7.51	48.94	49.56	0.0009	0.0048	251.57	160.00	14.83	0.74	3.34	1.042	0.931	0.77	0.149	0.253
20	18	19	0.0000	0.2426	1.68	48.94	49.56	0.0009	0.0077	230.24	160.00	18.78	0.93	2.64	1.042	0.931	0.97	0.149	0.253
21	27	19	0.0000	0.0000	5.34	26.90	26.90	0.0012	0.0225	149.74	110.00	11.82	1.24	2.28	1.042	0.931	1.30	0.102	0.174
22	19	20	0.0000	0.2426	8.17	75.84	76.46	0.0007	0.0029	325.32	160.00	11.52	0.57	6.63	1.042	0.931	0.60	0.149	0.253
23	22	20	0.0978	0.0978	6.58	0.00	1.50	0.0045	0.0284	48.56	110.00	13.28	1.40	0.11	0.553	0.258	0.77	0.028	0.020
24	23	20	0.0000	0.0000	7.71	2.46	2.46	0.0036	0.0255	59.65	110.00	12.58	1.32	0.20	0.656	0.346	0.87	0.038	0.028
25	7	8	0.1282	0.1282	12.73	0.00	1.50	0.0045	0.0022	78.44	160.00	10.04	0.50	0.15	0.600	0.298	0.30	0.048	0.034
26	8	7	0.1282	0.2564	7.94	0.00	1.50	0.0045	0.0104	58.62	160.00	21.82	1.09	0.07	0.492	0.210	0.53	0.034	0.022
27	9	24	0.0000	0.2564	24.15	0.00	1.50	0.0045	0.0100	59.05	160.00	21.40	1.06	0.07	0.492	0.210	0.52	0.034	0.022
28	24	20	0.0680	0.3244	17.52	0.00	1.50	0.0045	0.0044	68.88	160.00	14.20	0.71	0.11	0.553	0.258	0.39	0.041	0.029
29	20	25	0.0000	0.6648	5.20	78.30	80.00	0.0007	0.0158	240.78	160.00	26.90	1.34	2.97	1.042	0.931	1.39	0.149	0.253

Fuente: Elaboración Propia

Varios tramos de la red no cumplen con las velocidades mínimas e incluso la relación entre el caudal a tubo lleno y parcialmente lleno es mayor a 1 por lo que se puede deducir que en época lluviosa el reboce de las alcantarillas es un problema común en esa red.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Alcantarillado del bloque 5

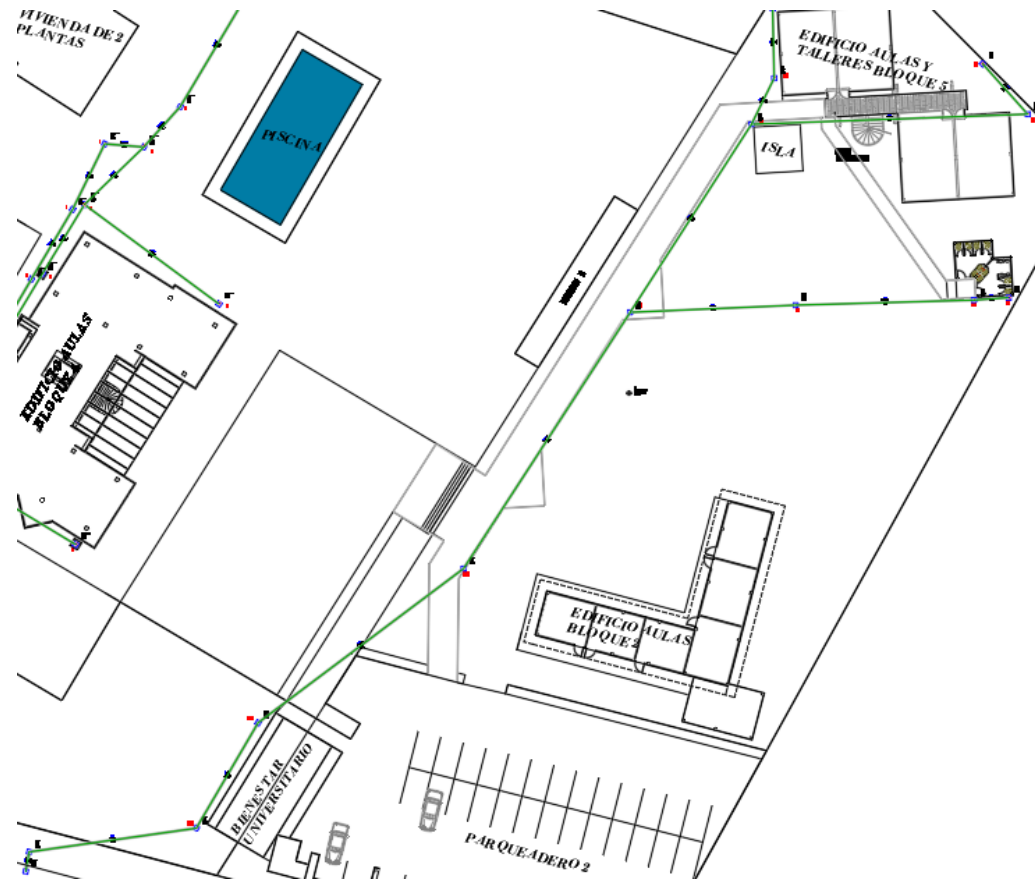
Tabla 24: Alcantarillado del bloque 5

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Q AALL	Qdis	S	S tubería	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ			l/s	min.	≥Smin	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	1	2	0.0000	0.0000	6.34	1.33	1.50	0.0045	0.0138	59.19	110.00	7.83	0.82	0.19	0.645	0.334	0.53	0.037	0.027
2	2	3	0.0000	0.0000	28.89	1.33	1.50	0.0045	0.0037	75.76	110.00	4.06	0.43	0.37	0.776	0.476	0.33	0.052	0.040
3	4	5	0.0353	0.0353	6.74	0.00	1.50	0.0045	0.0080	65.56	110.00	5.96	0.63	0.25	0.695	0.386	0.44	0.042	0.032
4	5	3	0.0000	0.0353	14.64	0.00	1.50	0.0045	0.0180	56.31	110.00	8.94	0.94	0.17	0.624	0.315	0.59	0.035	0.025
5	3	6	0.0000	0.0353	23.05	1.33	1.50	0.0045	0.0210	54.71	110.00	9.66	1.02	0.16	0.613	0.308	0.62	0.034	0.024
6	9	8	0.0944	0.0944	2.95	0.00	1.50	0.0045	0.0540	45.83	110.00	15.49	1.63	0.10	0.540	0.248	0.88	0.027	0.019
7	8	7	0.0914	0.1857	18.40	0.00	1.50	0.0045	0.0570	45.37	110.00	15.92	1.67	0.09	0.520	0.232	0.87	0.026	0.018
8	17	7	0.1213	0.1213	17.74	0.00	1.50	0.0045	0.0114	61.35	110.00	7.12	0.75	0.21	0.664	0.353	0.50	0.039	0.028
9	7	6	0.0000	0.3070	17.03	1.33	2.01	0.0040	0.0023	92.35	110.00	3.20	0.34	0.63	0.913	0.645	0.31	0.071	0.061
10	6	10	0.0000	0.3070	31.85	1.33	2.01	0.0040	0.0015	100.05	160.00	7.01	0.35	0.29	0.720	0.417	0.25	0.067	0.050
11	10	11	0.0000	0.3070	26.64	1.33	2.01	0.0040	0.0022	93.12	160.00	8.49	0.42	0.24	0.687	0.379	0.29	0.061	0.045
12	11	12	0.1631	0.4701	12.35	1.33	2.36	0.0037	0.0198	65.60	160.00	25.48	1.27	0.09	0.520	0.232	0.66	0.037	0.026
13	12	13	0.0000	0.4701	17.18	1.33	2.36	0.0037	0.0215	64.60	160.00	26.55	1.32	0.09	0.520	0.232	0.69	0.037	0.026
14	13	14	0.0000	0.4701	1.38	1.33	2.36	0.0037	0.0140	70.01	160.00	21.43	1.07	0.11	0.553	0.258	0.59	0.041	0.029

Fuente: Elaboración Propia

Se sigue manteniendo el mismo patrón que el de las otras redes, existe un incumplimiento en las velocidades mínimas para una red de alcantarillado combinado.

Imagen 9: Red actual-Bloque 5



Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Alcantarillado del edificio administrativo

Tabla 25: Alcantarillado del edificio administrativo

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Q	Qdis	S	S tubería $\geq S_{min}$	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		AALL				l/s	min.	Calculado	Comercial			l/s	m/s		m/s
1	A1	A2	0.0900	0.0900	10.65	0.00	1.50	0.0045	0.0079	61.72	110.00	7.00	0.74	0.21	0.664	0.353	0.49	0.039	0.028
2	A2	A3	0.0900	0.1800	2.29	0.00	1.50	0.0045	0.0181	52.84	160.00	28.79	1.43	0.05	0.453	0.182	0.65	0.029	0.019

Fuente: Elaboración Propia

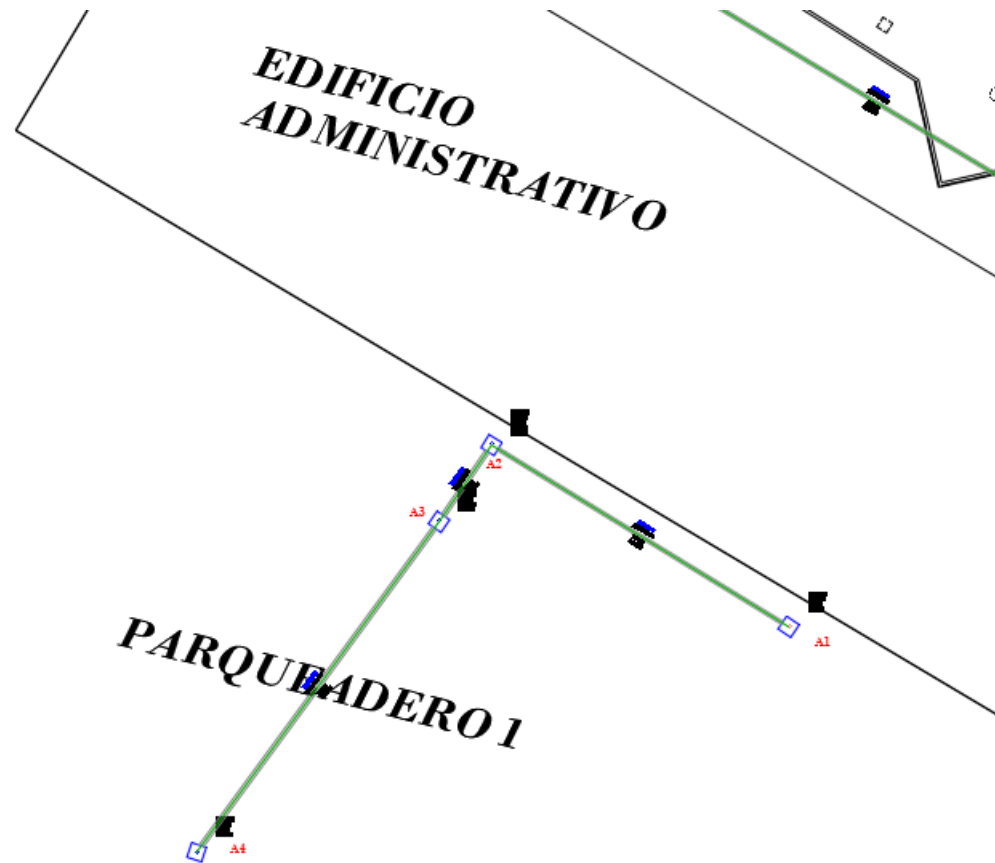
La red del edificio administrativo es la única que cumple con los parámetros de velocidades ya que al ser únicamente de alcantarillado sanitario cumple con el mínimo de 0.45 m/s sin embargo se encuentra en muy malas condiciones ya que existen pozos donde se evidencia la ausencia de mantenimiento como el que se muestra en la imagen 10.

Imagen 10: Pozo en mal estado



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 11: Red actual-Edificio Administrativo



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Rediseño de las redes de alcantarillado

4.2.1 Alcantarillado sanitario

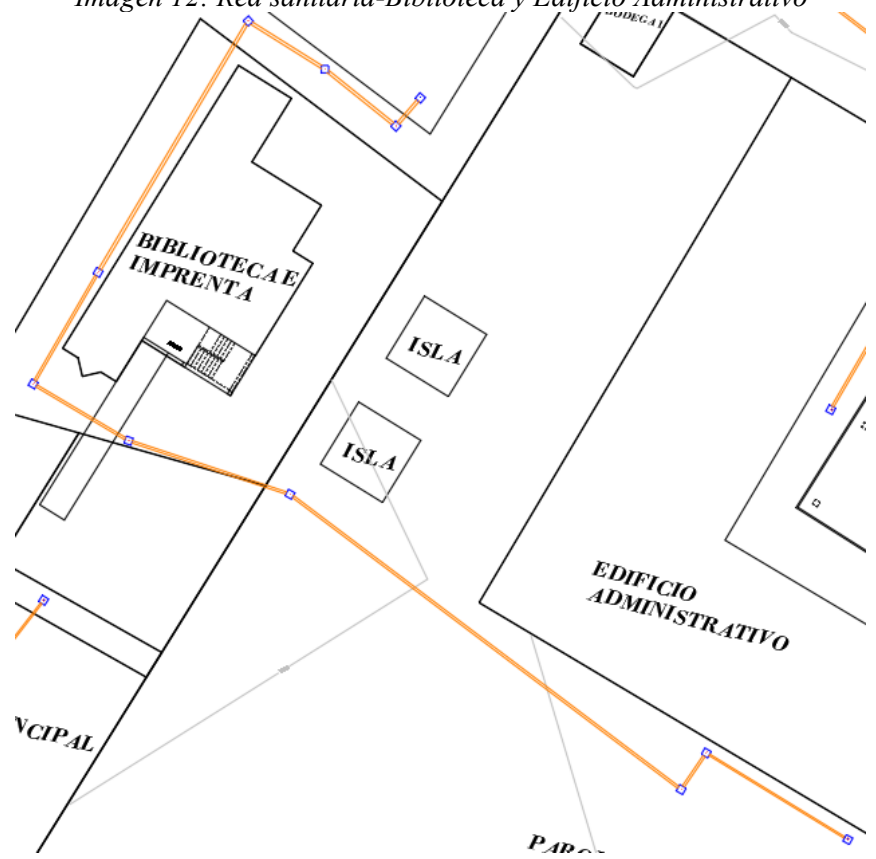
Tabla 26: Rediseño-Alcantarillado sanitario de biblioteca y edificio administrativo

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Q	Qdis	S	S	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		AALL	l/s	min.	$\geq S_{min}$	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
5	A1	A2	0.1159	0.1159	10.65	0.00	1.50	0.0045	0.0079	61.72	110.00	7.00	0.74	0.21	0.664	0.353	0.49	0.039	0.028
6	A2	A3	0.1357	0.2516	2.29	0.00	1.50	0.0045	0.0181	52.84	160.00	28.79	1.43	0.05	0.453	0.182	0.65	0.029	0.019
7	A3	B5	0.0000	0.2516	33.34	6.10	6.53	0.0023	0.0096	103.32	160.00	20.97	1.04	0.31	0.732	0.431	0.76	0.069	0.052
8	B5	B6	0.0000	0.2516	10.89	6.10	6.53	0.0023	0.0034	125.52	160.00	12.48	0.62	0.52	0.860	0.576	0.53	0.092	0.076
9	B6	B7	0.0519	0.3035	6.85	6.10	6.62	0.0023	0.0053	116.09	160.00	15.58	0.77	0.43	0.810	0.516	0.63	0.083	0.065
10	B7	B8	0.0000	0.3035	8.09	6.10	6.62	0.0023	0.0045	119.70	160.00	14.36	0.71	0.46	0.830	0.536	0.59	0.086	0.069
11	B8	B9	0.0519	0.3554	19.29	6.10	6.71	0.0022	0.0299	84.35	200.00	67.09	2.14	0.10	0.540	0.248	1.15	0.050	0.034

Fuente: Elaboración Propia

Al encontrarse ciertos pozos de la red del edificio administrativo se tomó la decisión de unificar esa red con la correspondiente a la biblioteca y que ambas únicamente se encarguen de evacuar las aguas residuales, se lo hizo de tal manera que se pudieran cumplir con las velocidades mínimas para asegurar la autolimpieza de la red.

Imagen 12: Red sanitaria-Biblioteca y Edificio Administrativo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Rediseño-Alcantarillado sanitario bloque 4

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.	$\geq S_{min}$	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	7	8	0.1278	0.1278	16.87	1.50	0.0045	0.0119	60.85	160.00	19.75	0.98	0.08	0.505	0.220	0.50	0.035	0.024
2	8	9	0.1278	0.2556	6.55	1.50	0.0045	0.0098	63.11	160.00	17.93	0.89	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
3	9	24	0.0858	0.3414	15.00	1.50	0.0045	0.0098	63.11	160.00	17.93	0.89	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
4	24	20	0.0000	0.3414	7.81	1.50	0.0045	0.0096	63.35	160.00	17.74	0.88	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
5	22	20	0.0843	0.0843	17.07	1.50	0.0045	0.0284	51.70	160.00	30.52	1.52	0.05	0.453	0.182	0.69	0.029	0.019
6	28	32	0.1502	0.1502	7.94	1.50	0.0045	0.0096	63.35	160.00	17.74	0.88	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
7	32	14	0.0000	0.1502	5.09	1.50	0.0045	0.0097	63.23	160.00	17.83	0.89	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
8	16	15	0.0880	0.0880	14.50	1.50	0.0045	0.0049	71.87	160.00	12.68	0.63	0.12	0.570	0.270	0.36	0.043	0.030
9	15	14	0.0000	0.0880	19.01	1.50	0.0045	0.0141	58.95	160.00	21.50	1.07	0.07	0.492	0.210	0.53	0.034	0.022
10	14	13	0.0000	0.2382	8.62	1.50	0.0045	0.0102	62.64	160.00	18.29	0.91	0.08	0.505	0.220	0.46	0.035	0.024
11	13	17	0.0000	0.2382	21.12	1.50	0.0045	0.0097	63.23	160.00	17.83	0.89	0.08	0.505	0.220	0.45	0.035	0.024
12	17	19	0.0000	0.2382	19.00	1.50	0.0045	0.0060	69.19	160.00	14.03	0.70	0.11	0.553	0.258	0.39	0.041	0.029
13	19	20	0.0000	0.2382	23.06	1.50	0.0045	0.0089	64.26	160.00	17.08	0.85	0.09	0.520	0.232	0.44	0.037	0.026
14	20	25	0.0000	0.6639	11.42	1.91	0.0041	0.0085	70.99	250.00	54.88	1.12	0.03	0.400	0.148	0.45	0.037	0.022
16	25	26	0.0000	0.6639	12.42	1.91	0.0041	0.0096	69.39	250.00	58.32	1.19	0.03	0.400	0.148	0.48	0.037	0.022

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en la red anterior se decidió separar el alcantarillado sanitario del pluvial para evitar la propagación de malos olores dentro del campus universitario, sin embargo debido a que el diseño se ve restringido por la cota de los pozos ubicados en las calles existen dos tramos que no cumplen con la velocidad mínima por lo que se recomienda realizar limpiezas periódicas en los tramos 16-15 y 17-19, donde la velocidad no alcanzo a llegar a la necesaria para que el sistema sea auto-limpiante.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Rediseño-Alcantarillado bloque 5

Tramo			Área tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.	$\geq S_{min}$	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
3	4	5	0.0343	0.0343	6.74	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
4	5	3	0.0000	0.0343	14.64	1.50	0.0045	0.0180	52.89	160.00	28.71	1.43	0.05	0.453	0.182	0.65	0.029	0.019
5	3	6	0.0000	0.0343	23.05	1.50	0.0045	0.0210	51.38	160.00	31.01	1.54	0.05	0.453	0.182	0.70	0.029	0.019
6	9	8	0.0914	0.0914	2.95	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
7	8	7	0.0914	0.1827	18.40	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
8	17	7	0.1313	0.1313	17.74	1.50	0.0045	0.0114	57.62	160.00	22.85	1.14	0.07	0.492	0.210	0.56	0.034	0.022
9	7	6	0.0000	0.3140	17.03	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
10	6	10	0.0000	0.3483	31.85	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
11	10	11	0.0000	0.3483	26.64	1.50	0.0045	0.0091	60.11	160.00	20.41	1.02	0.07	0.492	0.210	0.50	0.034	0.022
12	11	12	0.1331	0.4814	12.35	1.50	0.0045	0.0198	51.95	160.00	30.11	1.50	0.05	0.453	0.182	0.68	0.029	0.019
13	12	13	0.0000	0.4814	17.18	1.50	0.0045	0.0215	51.16	160.00	31.38	1.56	0.05	0.453	0.182	0.71	0.029	0.019
14	13	14	0.0000	0.4814	1.38	1.50	0.0045	0.0140	55.44	250.00	83.24	1.70	0.02	0.362	0.124	0.61	0.031	0.017

Fuente: Elaboración Propia

Debido a la nueva configuración de la red, esta puede cumplir con las velocidades mínimas en los tramos y tener una relación de caudal a tubo lleno y parcialmente lleno adecuado para evitar inconvenientes en la dentro de la red.

Imagen 14: Red sanitaria-Bloque 5



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Alcantarillado pluvial

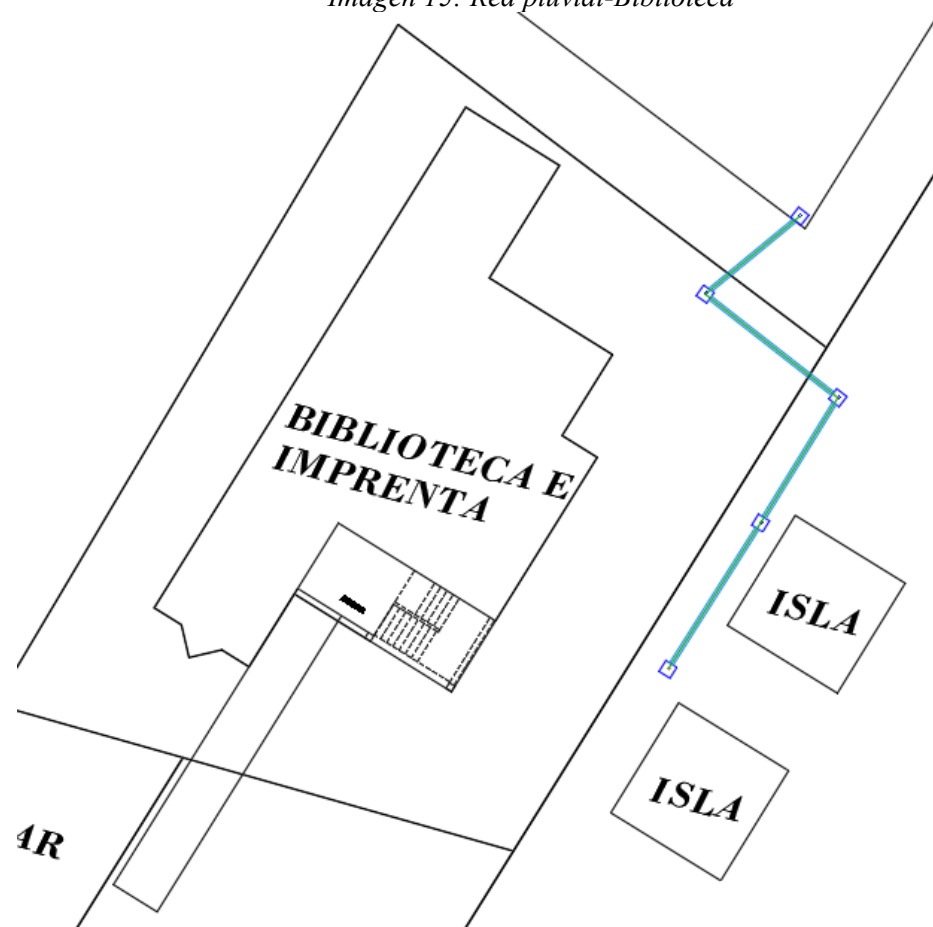
Tabla 29: Rediseño-Alcantarillado pluvial biblioteca

Tramo			Área tributaria - m ²		C compuesto	Longitud - m	Qdis	S	S tubería	Diámetro interno - mm		Q _{LI}	V _{LI}	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ			l/s	min.	≥Smin	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	B4	B3	65.5200	65.5200	0.8500	5.96	1.50	0.0045	0.0313	47.68	110.00	13.94	1.47	0.11	0.553	0.258	0.81	0.028	0.020
2	B3	B2	65.5200	131.0400	0.8500	4.49	2.52	0.0036	0.0316	57.78	110.00	14.01	1.47	0.18	0.634	0.323	0.93	0.036	0.026
3	B2	B1	65.5200	196.5600	0.8500	5.76	3.77	0.0029	0.0307	67.63	160.00	37.50	1.86	0.10	0.540	0.248	1.01	0.040	0.027
4	B1	BF	0.0000	196.5600	0.8500	3.96	3.77	0.0029	0.0396	64.48	160.00	42.59	2.12	0.09	0.520	0.232	1.10	0.037	0.026

Fuente: Elaboración Propia

Actualmente el alcantarillado de la biblioteca es combinado por lo que, si se pretende hacer redes individuales para la recolección de aguas residuales y aguas lluvias, se optó por invertir el flujo en los tramos que únicamente recolectaban aguas lluvias los cuales son los 3 primeros tramos en la configuración anterior, la nueva disposición de la red se la puede observar en la imagen

Imagen 15: Red pluvial-Biblioteca



Fuente: Elaboración Propia

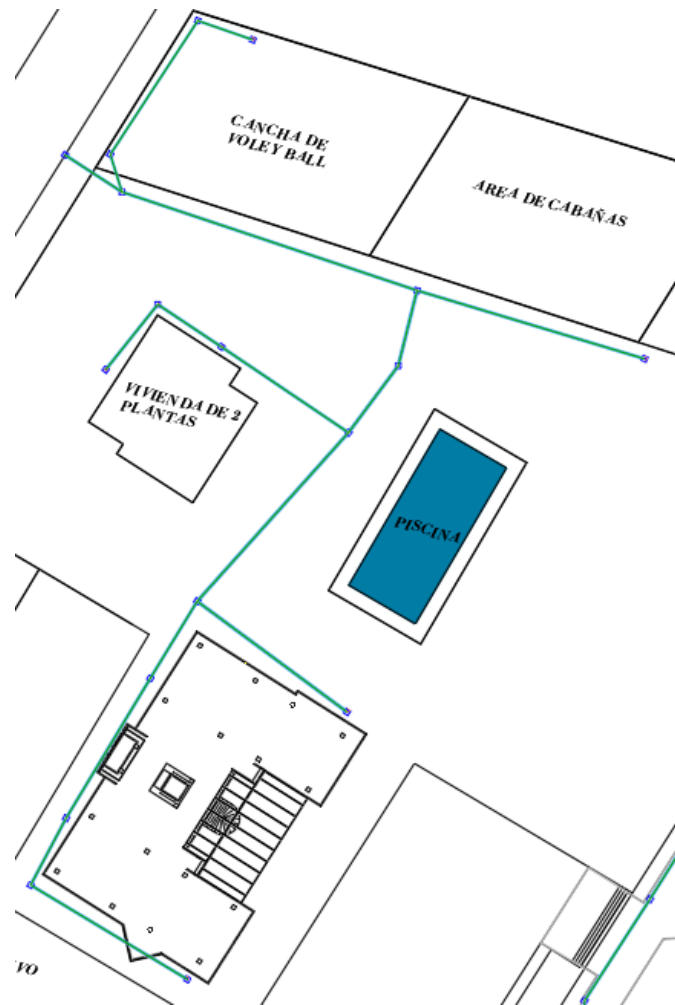
Tabla 30: Rediseño-Alcantarillado Bloque 4

Tramo			Área tributaria - m2		C compuesto	Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ						l/s	min.								
1	1	2	110.6200	110.6200	0.8000	16.87	2.00	0.0040	0.0051	74.61	160.00	15.28	0.76	0.13	0.580	0.280	0.44	0.045	0.032
2	2	3	0.0000	110.6200	0.8000	6.55	2.00	0.0040	0.0090	67.08	160.00	20.30	1.01	0.10	0.540	0.248	0.55	0.040	0.027
3	3	4	110.6200	221.2400	0.8000	15.00	4.00	0.0029	0.0032	105.60	160.00	12.11	0.60	0.33	0.750	0.447	0.45	0.072	0.055
4	4	5	110.6200	331.8600	0.8000	7.81	6.00	0.0024	0.0161	90.81	160.00	27.15	1.35	0.22	0.672	0.362	0.91	0.058	0.043
5	6	5	2167.9600	2167.9600	0.3838	17.07	18.79	0.0014	0.0050	173.53	200.00	27.44	0.87	0.68	0.936	0.678	0.82	0.136	0.121
6	5	17	0.0000	2499.8200	0.4390	7.94	24.78	0.0012	0.0192	149.59	200.00	53.76	1.71	0.46	0.830	0.536	1.42	0.107	0.086
7	23	16	624.8900	624.8900	0.3325	7.69	4.69	0.0027	0.0075	95.59	160.00	18.53	0.92	0.25	0.695	0.386	0.64	0.062	0.046
8	16	21	0.0000	624.8900	0.3325	7.02	4.69	0.0027	0.0095	91.45	160.00	20.86	1.04	0.22	0.672	0.362	0.70	0.058	0.043
9	21	17	979.6200	1604.5100	0.3143	27.58	11.39	0.0018	0.0074	133.63	160.00	18.41	0.92	0.62	0.908	0.639	0.83	0.102	0.088
10	17	18	0.0000	1604.5100	0.3143	7.65	11.39	0.0018	0.0087	129.64	200.00	36.19	1.15	0.31	0.732	0.431	0.84	0.086	0.066
11	18	14	0.0000	1604.5100	0.3143	6.73	11.39	0.0018	0.0080	131.69	200.00	34.70	1.10	0.33	0.750	0.447	0.83	0.089	0.068
12	30	14	1308.3400	1308.3400	0.5246	22.50	15.50	0.0015	0.0118	137.44	200.00	42.15	1.34	0.37	0.776	0.476	1.04	0.095	0.074
13	14	27	0.0000	2912.8500	0.4087	29.19	26.89	0.0012	0.0067	187.89	200.00	31.76	1.01	0.85	1.001	0.791	1.01	0.158	0.163
14	C11	C12	361.6700	361.6700	0.8000	5.60	6.53	0.0023	0.0125	98.34	200.00	43.38	1.38	0.15	0.600	0.298	0.83	0.060	0.043
15	C12	C13	265.3000	626.9700	0.8000	15.41	11.33	0.0018	0.0097	126.76	200.00	38.21	1.22	0.30	0.729	0.424	0.89	0.085	0.064
16	C13	27	191.3700	818.3400	0.8000	3.39	14.78	0.0016	0.0132	132.22	200.00	44.58	1.42	0.33	0.750	0.447	1.06	0.089	0.068
17	27	15	0.0000	3731.1900	0.4946	3.90	41.67	0.0010	0.0051	233.07	250.00	50.24	1.02	0.83	0.993	0.778	1.02	0.195	0.196

Fuente: Elaboración Propia

La nueva configuración del alcantarillado pluvial que abarca el bloque 4 y zonas aledañas, al igual que en los otros tramos se ve limitada por la cota a la cual se tiene que empatar la red por lo que en ciertos tramos se complico llegar a la velocidad mínima establecida por la norma para este tipo de alcantarillado, sin embargo, esto no ocasionara inconvenientes siempre y cuando se realice un mantenimiento periódico en dichos tramos.

Imagen 16: Red pluvial-Bloque 4



Fuente: Elaboración Propia

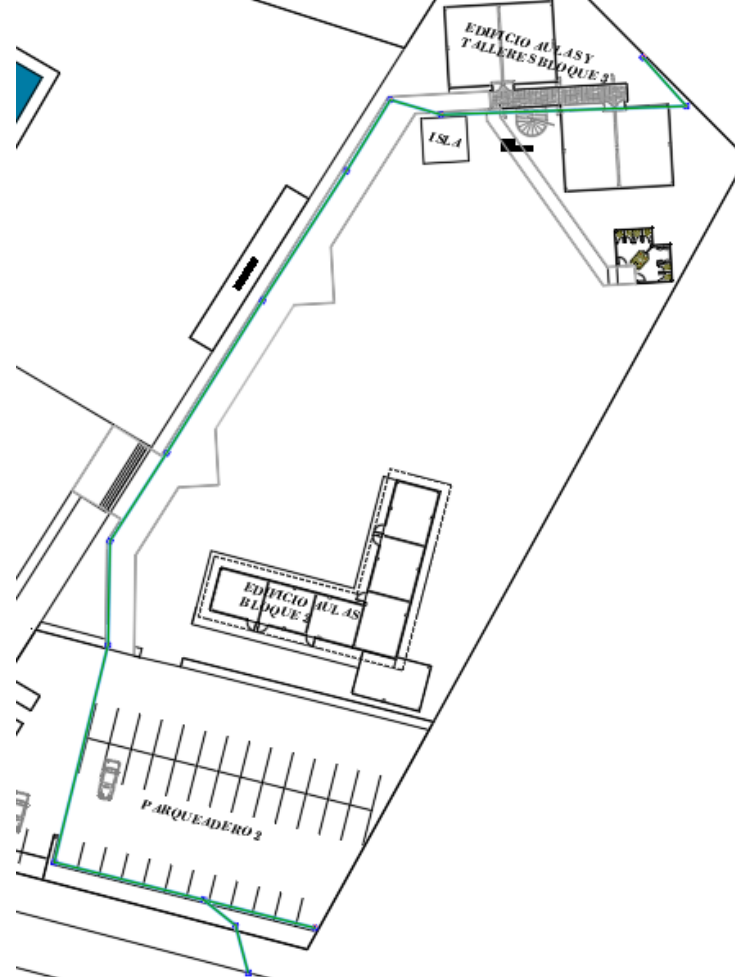
Tabla 31: Rediseño-Alcantarillado Bloque 5

Tramo			Área tributaria - m ²		C compuesto	Longitud - m	Qdis	S	S tubería ≥Smin	Diámetro interno - mm		Qo	Vo	Qdis/Qo	Vparc./Vo	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ			l/s	min.	Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m	
1	P1	P2	172.5500	172.5500	0.9500	6.34	3.70	0.0030	0.0183	73.99	110.00	10.66	1.12	0.35	0.760	0.460	0.85	0.051	0.039
2	P2	P3	0.0000	172.5500	0.9500	26.44	3.70	0.0030	0.0180	74.22	110.00	10.57	1.11	0.35	0.760	0.460	0.85	0.051	0.039
3	P3	C1	0.0000	172.5500	0.9500	5.06	3.70	0.0030	0.0180	74.22	110.00	10.57	1.11	0.35	0.760	0.460	0.85	0.051	0.039
4	C1	C2	659.6000	832.1500	0.5706	8.42	10.72	0.0018	0.0140	115.92	160.00	25.32	1.26	0.42	0.806	0.510	1.02	0.082	0.064
5	C2	C3	352.5700	1184.7200	0.4854	16.36	12.99	0.0016	0.0130	126.30	160.00	24.40	1.21	0.53	0.865	0.582	1.05	0.093	0.077
6	C3	C4	579.3200	1764.0400	0.4234	19.18	16.87	0.0015	0.0100	146.33	160.00	21.40	1.06	0.79	0.980	0.750	1.04	0.120	0.116
7	C4	C5	585.9900	2350.0300	0.3925	10.89	20.83	0.0013	0.0096	159.61	200.00	38.02	1.21	0.55	0.875	0.594	1.06	0.119	0.099
8	C5	C6	129.5800	2479.6100	0.3873	10.69	21.69	0.0013	0.0090	164.02	200.00	36.81	1.17	0.59	0.895	0.620	1.05	0.124	0.105
9	C6	C7	111.0700	2590.6800	0.3881	24.04	22.71	0.0013	0.0090	166.87	200.00	36.81	1.17	0.62	0.908	0.639	1.06	0.128	0.110
10	C7	C8	462.6000	3053.2800	0.4217	16.29	29.08	0.0011	0.0080	187.17	200.00	34.70	1.10	0.84	0.997	0.785	1.10	0.157	0.160
11	C9	C8	592.4100	592.4100	0.5933	11.95	7.94	0.0021	0.0180	98.79	160.00	28.71	1.43	0.28	0.713	0.409	1.02	0.065	0.049
12	C8	P4	438.7800	3645.6900	0.5249	3.70	43.22	0.0009	0.0055	232.95	250.00	52.17	1.06	0.83	0.993	0.778	1.06	0.195	0.196
13	P4	P5	0.0000	3645.6900	0.5249	3.80	43.22	0.0009	0.0055	232.95	250.00	52.17	1.06	0.83	0.993	0.778	1.06	0.195	0.196

Fuente: Elaboración Propia

Al tener la limitación de la cota final no se pudo cumplir con las velocidades mínimas en ciertos tramos, en especial los iniciales, por lo que es necesario realizar mantenimiento periódico a la red con el objetivo de evitar obstrucciones que ocasionen un mal desempeño del drenaje pluvial.

Imagen 17: Red pluvial-Bloque 5



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La investigación bibliográfica fue fundamental para determinar el mejor camino y tomar las decisiones adecuadas respecto al diseño del alcantarillado sanitario y pluvial del Campus Machala, ya que dicha actividad contribuyó a la identificación de un método adecuado para el cálculo de la proyección futura, así como determinar la intensidad de lluvia y el proceso para el diseño del alcantarillado tanto sanitario como pluvial.

El trabajo de campo fue crucial para este proyecto, debido a la naturaleza del mismo donde se pretende dar soluciones a problemas que son producto de una ineficiente red de alcantarillado existente en la zona de estudio, ya que esta no cubre con toda el área del Campus Machala, además la configuración de la misma presente inconvenientes en el comportamiento de la red, estos problemas se pudieron descubrir gracias al trabajo de campo y la evaluación de la red.

El propósito de este proyecto es dar solución a los problemas que atraviesa el Campus Machala en cuanto al alcantarillado se refiere, por tal motivo al identificar que las redes eran combinadas, se tomó la decisión de separarlas, para mitigar los problemas de malos olores en épocas de poca intensidad de lluvia, como también se contemplaron proyectos futuros por lo que se vio alterada la configuración de la red. Sin embargo, esta propuesta se ve limitada por la cota final a la cual se debe conectar el alcantarillado de la institución, por otro lado, la red se ensamble de tal manera que se cumplan con los requerimientos mínimos de la norma y evitar los problemas de estancamiento y colmatación de los pozos como los que se encuentran alrededor de la biblioteca.

Recomendaciones

Producto de las limitaciones del proyecto en cuanto a las cotas y por lo tanto pendientes que puede tener la red, ciertos tramos de las diferentes redes no llegaron a cumplir con los valores mínimos de velocidades, incumpliendo una característica importantes que debe tener este tipo de obras la cual es que se genere una autolimpieza, por lo que se recomienda un mantenimiento y limpieza periódica en esos tramos para evitar inconvenientes en tiempos cruciales donde se necesita que la red funcione a toda su capacidad.

Con el mantenimiento periódico se el desborde de la red, ya que si ese escenario se presenta existirá una propagación de enfermedades debido a la composición de las aguas residuales, como lo que puede ocurrir en la red de la biblioteca si se mantiene en las condiciones

actuales. A pesar de que en el nuevo diseño se contempla dividir en redes independientes el alcantarillado sanitario y pluvial, no se debe dejar en segundo plano el mantenimiento de la red pluvial ya que en esta se introducen sedimentos que por falta de velocidad en ciertos tramos ocasionan obstrucción en las tuberías y así tener un deficiente desempeño en época invernal.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegret Breña, E., & Martínez Valdés, Y. (2019). Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XL(3), 41-55. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000300041&script=sci_arttext&tlng=en
- Angulo, M. A., & Saavedra, O. C. (2018, Junio 18). MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA MAYLANCO UTILIZANDO HEC-HMS. *Investigación & Desarrollo*, 18(1), 53-67. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312018000100005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Bateni, M. M., Martina, M. L., & Arosio, M. (2022, Junio 12). Multivariate return period for different types of flooding in city of Monza, Italy. *Nat Hazards*, 114(1), 811-823. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05413-9>
- Camaño, J., & Arumí, J. L. (2018). Desafíos y evolución del drenaje urbano en Chile. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 9(96), 132-152. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-06-06>
- Castro Carrera, F. F., Castro Merino, E. P., Osorio López, J. C., & Merizalde Aguirre, J. E. (2022, Julii 26). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3-19. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>
- Castro Carrera, F., & La Motta, E. J. (2020, Enero 1). Herramientas gráficas de diseño para determinar la pendiente mínima de autolimpieza en tuberías de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro. *Ingeniería del Agua*, IV(1), 49-63. <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12260>
- Duque, N., Bach, P., Scholtenc, L., Fappianoc, F., & Maurer, M. (2022, Febrero 1). A Simplified Sanitary Sewer System Generator for Exploratory Modelling at City-Scale. *Water Research*, 209, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117903>
- EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. V&M Gráficas.
- Falconí, R. A. (2004). ESPECTROS SÍSMICOS DE RIESGO UNIFORME PARA VERIFICAR DESEMPEÑO ESTRUCTURAL EN PAISES SUDAMERICANOS.

IMME, 24(1). Retrieved from https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2004000100002

Herencia Félix, B. G., & Carrera Saavedra, C. E. (2019). Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 22(44), 15-24. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17282>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). *INEC presenta sus proyecciones poblacionales cantonales*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantonales/>

Lazcano Castr, V. A., & Soto Rodríguez, H. F. (2015). *Estudio de las variaciones del sobrecaudal de llegada a plantas de tratamiento de aguas servidas en VI-VII-VIII Regiones*. Universidad del Bío-Bío. Retrieved from <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2380>

Legarda Burbano, L., & Viveros Zarama, M. (1996, Enero-Diciembre). La importancia de la hidrología en el manejo de cuencas hidrográficas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 14(1-2), 33-51. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6191602>

López Cualla, R. A. (2000). *Elementos de diseño para acueductos yalcantarillados*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://doi.org/958-95720-0-3>

Machala, G. A. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Machala*. Machala.

Mamat, Sintawardani, N., Astuti, J. T., Nilawati, D., Wulan, D. R., Muchlis, . . . Jern, N. W. (2017). Flow rate analysis of wastewater inside reactor tanks on tofu wastewater treatment plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, VI(1), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/60/1/012023>

Montejo, A., Montejo A, D. I., Arroyo, M., Honorato, A., & Zamora, S. A. (2018, Diciembre). Comparativa de metodologías para el diseño de redes de alcantarillado sanitario.

- Rinderesu*, III(1-2), 23-40. Retrieved Septiembre 02, 2023, from <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/31/37>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *NEC-11*. Gobierno Nacional de la República de Ecuador.
- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (2021, Marzo 1). La calidad del las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, VI(3), 228-248. Retrieved Septiembre 03, 2023, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>
- Parra, E., Gordillo, W., & Pinzón, W. J. (2019). Modelos de Crecimiento Poblacional: Enseñanza-Aprendizaje desde las Ecuaciones Recursivas. *Formación universitaria*, 12(1), 25-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000100025>
- Pedersen, E. B., Herbertsson, H. R., Niemann, H., Poulsen, N. K., & Falk, A. K. (2017). Model Predictive Control of Sewer Networks. *Journal of Physics: Conference Series*, 783(13), 1-12. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/783/1/012026>
- Pérez López, J. A. (2015). Cálculo del caudal de creciente por el método racional en el Caño Pavas en la Vereda de Velásquez en el Municipio de Puerto Boyacá. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 45. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4956>
- Prattakorn, S., Rapee, T., Sikarint, M., Wongkot, W., Sitthikorn, S., & Damrongsak, R. (2022, Diciembre 30). The Determination of Soil Infiltration Rate of Urban Bioretention Design Process in Chiang Mai, Thailand. *Journal of Environmental Design and Planning*, XXI(3), 1-11. <https://doi.org/10.54028/NJ202221228>
- Rivera Vásquez, J. I., & Olarte Benavides, S. C. (2020). La evolución de la malnutrición infantil en Chimborazo: Entre progresos y desafíos. *La Ciencia Al Servicio De La Salud Y La Nutrición*, 11(1), 33-43. <https://doi.org/10.47244/cssn.Vol11.Iss1.467>
- Rodríguez, E., & Orjuela, J. (2004). FEASIBILITY TO APPLY THE STEAM ASSISTED GRAVITY DRAINAGE (SAGD) TECHNIQUE IN THE COUNTRY'S HEAVY CRUDE-OIL FIELDS. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, II(5), 7-22. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832004000100001&lang=es

- Rubio, S., & Guerrero, A. (2018). Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario ante el cambio climático sismos tsunamis e inundaciones de la ciudad de Trujillo, La Libertad. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, XIII(1), 43-54. Retrieved from <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1845>
- Saltos Sánchez, A., Rojas Álvarez, J., Villa, P., & Tobar Barreno, G. (2018). Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de La Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil. *Revista de Ciencia e Investigación*, III, 16-27. Retrieved Agosto 22, 2023, from <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/586>
- Sergeyevich Ignatchik, V., Yurievna Ignatchik, S., Victorovna Kuznetsova, N., Aleksandrovich Spivakov, M., & Ltd., Aw, W., St., P. (2019, Marzo 2019). Probabilistic and statistical method for estimating the volume of waste water discharges through storm water outlets of combined sewerage systems. *Вода и экология: проблемы и решения*, 24(1), 23-29. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2019.24.1.23-29>
- Shahvi, S., Malm, A., & Pettersson, T. (2012, Abril 24). Hydraulic and hydrological simulations of the sewer system in the Majorna area, Gothenburg. *WIT Transactions on the Built Environment*, 12, 73-83. <https://doi.org/10.2495/UW120071>
- Universidad Técnica de Machala. (27 de Septiembre de 2023). *El Servicio Nacional de Contratación Pública*. Obtenido de El Servicio Nacional de Contratación Pública: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=jv5oX8qZ2Jw5scJkIHnYATURFrSv6qYoAol3kaFMJ8k>,
- Vasiliev, I., Luca, L., Barbu, M., Vilanova, R., & Caramán, S. (2022, Marzo 28). Optimal Control Strategy of a Sewer Network. *Water*, 14(7), 1062. <https://doi.org/10.3390/w14071062>
- Wagner, E. G., Lanoix, J. N., & World Health Organization. (1961). *Abastecimiento de agua en las zonas rurales y en las pequeñas comunidades*. Perú: Organización Mundial de la Salud. Retrieved from <https://iris.who.int/handle/10665/41391>
- Ward, E., & Wintwe, K. (2016). Missing the link: urban stormwater quality and resident behaviour. *Water SA*, 42(4), 571-576. <https://doi.org/10.4314/wsa.v42i4.07>

- Zulaica, M. L., & Celemin, J. P. (2014). Condiciones de habitabilidad y crecimiento poblacional en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Espaço & Geografia*, 17(1), 281-312. Retrieved from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/32630>
- Zúñiga Igarza, L. M. (2018, Enero 5). Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIX(1), 39-50. Retrieved Agosto 29, 2023, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376858935004>
- Zúñiga Pico, C. X., & Zambrano Burgos, R. (2020, Enero). Alcantarillado sanitario y pluvial y su incidencia en la salud de la población de la ciudad de Milagro. *Revista Mapa*, IV(18), 11-25. Retrieved Agosto 29, 2023, from <https://revistamapa.org/index.php/es/article/view/178>

ANEXOS

Anexo 1: Datos de levantamiento topográfico

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
1	9639077.316	616657.433	10.1447	CAJA
2	9639067.365	616616.926	10.1035	A-1
3	9639075.962	616617.053	9.7347	FONDO
4	9639075.957	616617.228	9.7571	4
5	9639076.218	616617.007	9.7403	4
6	9639096.564	616630.091	10.1699	CAJA
7	9639095.584	616630.279	10.1728	CAJA
8	9639096.043	616629.618	10.1806	CAJA
9	9639095.880	616630.255	10.1099	CAJA
10	9639096.046	616630.209	9.7285	FONDO
11	9639096.158	616630.352	9.7163	4
12	9639096.374	616630.133	9.6915	4
13	9639096.057	616629.927	9.6977	4
14	9639100.820	616632.834	10.1822	CAJA
15	9639101.477	616632.859	10.1752	CAJA
16	9639101.467	616632.172	10.1883	CAJA
17	9639101.382	616632.360	10.1205	CAJA
18	9639101.111	616632.577	9.7116	FONDO
19	9639100.928	616632.428	9.7057	4
20	9639101.155	616632.803	9.6944	4
21	9639101.300	616632.549	9.694	4
22	9639108.360	616632.726	10.2347	CAJA
23	9639108.247	616631.945	10.2337	CAJA
24	9639109.022	616631.981	10.2261	CAJA
25	9639108.948	616632.043	10.1593	CAJA
26	9639108.765	616632.161	9.7469	FONDO
27	9639108.855	616632.355	9.7416	4
28	9639108.440	616632.173	9.7518	4
29	9639097.068	616629.528	10.152	FM
30	9639097.557	616629.892	10.1635	FM
31	9639096.925	616629.766	10.1326	FM
32	9639097.219	616629.723	9.9412	FONDO
33	9639099.400	616628.522	10.1465	FM
34	9639099.681	616628.552	10.1194	FM
35	9639099.665	616627.932	10.1281	FM
36	9639099.425	616627.931	10.1246	FM
37	9639099.479	616628.312	9.9825	FONDO
38	9639099.535	616628.190	9.9761	3
39	9639086.611	616619.141	9.9414	FONDO
40	9639067.365	616616.926	10.0988	A-1

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
41	9639084.840	616621.785	9.9449	FONDO
42	9639084.968	616621.827	9.9425	3
43	9639074.968	616615.374	9.9106	FONDO
44	9639075.143	616615.445	9.9067	3
45	9639062.644	616607.730	9.8358	FONDO
46	9639062.718	616607.685	9.8351	3
47	9639064.944	616605.084	9.8607	FONDO
48	9639064.868	616605.153	9.863	3
49	9639049.732	616598.874	9.7764	FONDO
50	9639049.592	616598.751	9.7755	3
51	9639038.595	616594.687	9.7406	FONDO
52	9639038.810	616594.598	9.743	3
53	9639038.820	616594.751	9.7441	3
54	9639038.002	616597.779	9.7591	FONDO
55	9639038.080	616597.706	9.7515	3
56	9639017.443	616590.652	9.7013	FONDO
57	9639017.499	616590.246	9.6892	3
58	9639013.892	616589.814	9.6752	FONDO
59	9639013.589	616589.618	9.6717	3
60	9639091.802	616665.253	9.9324	A-3
61	9639096.916	616660.031	10.1089	CAJA
62	9639096.924	616659.354	10.1076	CAJA
63	9639097.562	616659.300	10.1075	CAJA
64	9639097.629	616659.962	10.124	CAJA
65	9639097.532	616659.915	10.1243	CAJA
66	9639097.223	616659.659	9.7554	FONDO
67	9639097.320	616659.461	9.9746	4
68	9639097.351	616659.789	9.977	4
69	9639102.282	616654.875	10.2343	CAJA
70	9639102.656	616655.294	10.2311	CAJA
71	9639103.091	616654.843	10.2354	CAJA
72	9639102.708	616654.424	10.2408	CAJA
73	9639102.955	616654.808	10.2363	CAJA
74	9639102.672	616654.886	9.9352	FONDO
75	9639102.710	616655.082	9.9341	4
76	9639102.893	616654.872	9.9587	4
77	9639055.612	616597.255	10.0155	A-2
78	9639102.466	616587.517	10.2003	A-4
79	9639048.941	616598.868	9.9801	CAJA
80	9639048.233	616598.819	10.0034	CAJA
81	9639048.174	616599.511	9.996	CAJA
82	9639048.330	616598.947	9.9262	CAJA

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
83	9639048.535	616599.190	9.4766	FONDO
84	9639048.749	616599.139	9.4869	6
85	9639048.373	616599.059	9.4778	6
86	9639006.843	616615.991	9.6788	FONDO
87	9639006.617	616616.106	9.6681	4
88	9639009.307	616606.173	9.6808	FONDO
89	9639009.203	616605.958	9.6777	4
90	9639011.244	616596.422	9.8471	CAJA
91	9639010.666	616596.228	9.842	CAJA
92	9639010.524	616596.882	9.8479	CAJA
93	9639011.183	616596.346	9.8136	CAJA
94	9639010.862	616596.577	9.2521	FONDO
95	9639010.899	616596.541	9.4589	4
96	9639010.853	616596.703	9.3733	4
97	9639017.516	616590.468	9.6904	FONDO
98	9639017.471	616590.266	9.7037	3
99	9639003.686	616612.210	9.8039	CAJA
100	9639003.967	616611.273	9.818	CAJA
101	9639003.004	616610.989	9.8052	CAJA
102	9639003.585	616611.978	9.7119	CAJA
103	9639003.392	616611.611	8.9215	FONDO
104	9639003.373	616611.753	9.2709	4
105	9639003.408	616611.413	9.1231	6
106	9639001.125	616611.096	9.733	CAJA
107	9639001.529	616610.664	9.7194	CAJA
108	9639001.395	616610.948	8.472	FONDO
109	9639018.349	616553.015	9.7416	CAJA
110	9639018.503	616552.428	9.7331	CAJA
111	9639017.900	616552.234	9.73	CAJA
112	9639016.314	616552.139	9.6226	CAJA
113	9639015.789	616552.322	9.6343	CAJA
114	9639016.028	616552.265	7.6404	FONDO
115	9639032.424	616577.042	9.9399	CAJA
116	9639031.884	616576.725	9.9367	CAJA
117	9639032.344	616577.062	9.8564	CAJA
118	9639032.126	616577.597	9.9614	CAJA
119	9639032.053	616577.180	9.5351	FONDO
120	9639032.200	616577.323	9.5761	4
121	9639031.782	616577.119	9.5382	4
122	9639055.612	616597.255	10.0148	A-2
123	9639102.467	616587.524	10.1965	A-4N
124	9639102.467	616587.524	10.195	A-4N

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
125	9639111.119	616576.200	9.1769	CAJA
126	9639111.265	616577.076	9.1846	CAJA
127	9639110.787	616576.786	9.2526	CAJA
128	9639111.357	616576.687	8.6013	FONDO
129	9639111.448	616576.730	8.8853	4
130	9639111.327	616576.658	8.5827	6
131	9639111.170	616576.704	8.6005	6
132	9639111.224	616576.858	8.5917	6
133	9639098.461	616568.699	9.03	CAJA
134	9639098.178	616569.254	9.0388	CAJA
135	9639097.989	616568.363	9.0467	CAJA
136	9639098.028	616568.461	9.0541	CAJA
137	9639098.007	616568.815	8.6265	FONDO
138	9639098.141	616568.864	8.6047	6
139	9639097.906	616568.712	8.5966	6
140	9639097.980	616568.626	8.6186	6
141	9639093.772	616565.343	9.0188	CAJA
142	9639093.265	616565.004	9.0286	CAJA
143	9639094.177	616564.808	9.0237	CAJA
144	9639094.090	616564.815	9.0258	CAJA
145	9639093.859	616564.943	8.7333	4
146	9639093.764	616564.843	8.6632	6
147	9639093.745	616564.864	8.5221	FONDO
148	9639094.448	616560.616	9.0239	CAJA
149	9639094.169	616561.195	9.0211	CAJA
150	9639094.143	616561.091	9.0266	CAJA
151	9639093.918	616560.272	9.0141	CAJA
152	9639093.987	616560.706	8.3915	FONDO
153	9639094.144	616560.634	8.6691	4
154	9639093.935	616560.766	8.5464	6
155	9639118.699	616563.920	9.1642	CAJA
156	9639118.755	616564.036	9.1547	CAJA
157	9639119.280	616564.232	9.1543	CAJA
158	9639118.350	616564.463	9.1633	CAJA
159	9639118.915	616564.393	8.5448	FONDO
160	9639118.965	616564.275	8.5494	6
161	9639118.829	616564.494	8.5427	6
162	9639118.720	616564.317	8.5387	6
163	9639112.383	616560.772	9.2885	CAJA
164	9639112.147	616561.224	9.2854	CAJA
165	9639111.865	616560.949	9.2705	CAJA
166	9639112.098	616560.606	9.2829	CAJA

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
167	9639112.062	616560.967	8.5952	FONDO
168	9639112.179	616561.047	8.5963	6
169	9639120.337	616601.134	26.7831	6
170	9639122.959	616556.857	9.1952	CAJA
171	9639122.614	616557.380	9.1665	CAJA
172	9639123.129	616557.645	9.1955	CAJA
173	9639123.153	616557.567	9.2006	CAJA
174	9639123.001	616557.292	8.5252	FONDO
175	9639123.172	616557.225	8.4996	6
176	9639123.008	616557.342	8.4938	6
177	9639122.885	616557.248	8.8554	6
178	9639122.915	616557.428	8.686	6
179	9639122.883	616557.357	8.8832	6
180	9639121.540	616554.991	9.2288	CAJA
181	9639122.140	616555.419	9.2312	CAJA
182	9639121.923	616554.369	9.229	CAJA
183	9639121.862	616554.496	9.2287	CAJA
184	9639121.954	616554.926	8.4706	FONDO
185	9639121.901	616554.914	8.5673	6
186	9639121.851	616554.876	8.7461	6
187	9639122.032	616554.988	8.5502	6
188	9639122.184	616555.039	8.7275	6
189	9639117.419	616553.797	9.1667	CAJA
190	9639117.806	616553.899	9.1697	CAJA
191	9639117.585	616554.425	9.1478	CAJA
192	9639117.588	616554.187	8.8776	FONDO
193	9639117.539	616554.229	8.9013	6
194	9639117.621	616554.108	8.8881	6
195	9639119.344	616576.213	9.2897	CAJA
196	9639119.818	616576.424	9.2952	CAJA
197	9639119.290	616576.752	9.3127	CAJA
198	9639119.371	616576.254	9.2926	CAJA
199	9639119.470	616576.535	9.0322	FONDO
200	9639119.710	616576.644	9.0317	4
201	9639119.470	616576.786	9.0481	4
202	9639119.509	616576.306	9.1249	4
203	9639119.244	616578.155	9.3379	CAJA
204	9639118.998	616578.695	9.3439	CAJA
205	9639118.447	616578.528	9.338	CAJA
206	9639118.843	616578.380	9.0055	FONDO
207	9639118.889	616578.342	9.0132	4
208	9639118.786	616578.308	9.0144	4

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
209	9639118.889	616578.392	9.0158	4
210	9639130.811	616580.518	9.3626	CAJA
211	9639131.303	616580.685	9.3593	CAJA
212	9639131.122	616581.216	9.3696	CAJA
213	9639130.949	616580.842	9.0997	FONDO
214	9639130.834	616580.668	9.0921	4
215	9639130.902	616581.094	9.1384	4
216	9639131.190	616580.959	9.1085	4
217	9639087.259	616557.844	9.4796	CAJA
218	9639086.514	616557.481	9.4293	CAJA
219	9639086.832	616556.644	9.4455	CAJA
220	9639087.203	616557.395	8.9448	FONDO
221	9639086.664	616557.365	9.0198	6
222	9639088.187	616558.277	9.4668	CAJA
223	9639087.690	616559.107	9.4823	CAJA
224	9639087.618	616558.970	9.4775	CAJA
225	9639087.444	616557.866	9.4589	CAJA
226	9639087.660	616558.433	8.9855	FONDO
227	9639087.381	616558.215	8.9769	4
228	9639087.495	616558.487	8.99	4
229	9639076.319	616573.060	9.5547	CAJA
230	9639077.607	616572.860	9.561	CAJA
231	9639076.787	616572.257	9.5182	CAJA
232	9639076.852	616572.341	9.521	CAJA
233	9639077.027	616572.842	9.0668	FONDO
234	9639076.775	616572.727	9.1875	4
235	9639077.346	616572.821	9.0702	4
236	9639085.224	616555.563	9.6285	A-5
237	9639085.206	616555.570	9.6315	A-6
238	9639085.206	616555.570	9.6363	A-6
239	9639080.938	616553.736	9.6441	CAJA
240	9639080.090	616553.274	9.6233	CAJA
241	9639079.535	616554.075	9.6267	CAJA
242	9639080.121	616553.365	9.6337	CAJA
243	9639080.185	616553.736	9.0583	FONDO
244	9639079.917	616554.067	9.1727	4
245	9639080.028	616553.767	9.0478	4
246	9639080.615	616553.977	9.0549	4
247	9639078.876	616553.061	9.641	CAJA
248	9639079.695	616553.530	9.6321	CAJA
249	9639080.232	616552.704	9.6476	CAJA
250	9639080.155	616552.726	9.6455	CAJA

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
251	9639079.510	616552.968	9.1164	FONDO
252	9639079.499	616553.145	9.1427	4
253	9639079.933	616552.874	9.1449	6
254	9639079.943	616552.872	9.3137	6
255	9639079.322	616552.929	9.1301	6
256	9639079.283	616552.925	9.2939	6
257	9639068.035	616546.742	9.6173	CAJA
258	9639068.546	616545.860	9.6299	CAJA
259	9639067.694	616545.383	9.6278	CAJA
260	9639068.395	616545.841	9.6415	CAJA
261	9639067.818	616546.091	9.1812	FONDO
262	9639067.642	616546.156	9.2304	4
263	9639068.067	616546.331	9.1643	6
264	9639068.113	616546.332	9.35	6
265	9639066.028	616545.978	9.6382	CAJA
266	9639066.806	616546.514	9.6218	CAJA
267	9639066.461	616545.215	9.644	CAJA
268	9639066.529	616545.294	9.6426	CAJA
269	9639066.475	616545.922	9.132	FONDO
270	9639066.292	616545.891	9.14	4
271	9639066.456	616545.692	9.1736	4
272	9639066.833	616546.172	9.1258	4
273	9639066.744	616546.156	9.2256	4
274	9639060.710	616542.450	9.6371	CAJA
275	9639060.197	616542.102	9.643	CAJA
276	9639106.619	616547.183	9.2559	A-7
277	9639106.619	616547.183	9.2583	A-7
278	9639109.987	616550.059	9.173	CAJA
279	9639110.245	616549.564	9.1863	CAJA
280	9639109.909	616549.331	9.1959	CAJA
281	9639109.591	616549.748	9.1969	CAJA
282	9639109.703	616549.751	9.2021	CAJA
283	9639109.911	616549.696	8.8921	FONDO
284	9639109.786	616549.750	8.897	4
285	9639109.986	616549.704	8.8889	4
286	9639104.975	616548.575	9.0642	CASA
287	9639115.380	616555.109	9.1426	CASA
288	9639118.047	616547.297	9.1149	CAJA
289	9639117.227	616546.671	9.2047	CAJA
290	9639117.962	616547.152	9.2087	CAJA
291	9639117.954	616546.616	8.5435	FONDO
292	9639118.064	616546.394	8.5683	6

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
293	9639117.734	616546.622	8.5386	6
294	9639118.169	616546.620	8.5704	6
295	9639117.740	616546.903	8.6641	4
296	9639102.181	616536.991	9.2286	CAJA
297	9639101.860	616537.678	9.2146	CAJA
298	9639102.336	616537.959	9.2028	CAJA
299	9639102.308	616537.817	8.6278	FONDO
300	9639102.225	616537.657	8.702	6
301	9639102.203	616537.688	8.8627	6
302	9639102.304	616537.795	8.6193	6
303	9639091.149	616510.814	9.3111	CAJA
304	9639090.836	616511.331	9.3041	CAJA
305	9639091.433	616511.860	9.2907	CAJA
306	9639091.921	616511.202	9.2987	CAJA
307	9639091.928	616511.197	9.2856	CAJA
308	9639091.276	616511.402	8.4838	FONDO
309	9639091.183	616511.431	8.9603	4
310	9639091.456	616511.132	8.6498	4
311	9639091.355	616511.253	8.6903	6
312	9639120.457	616541.610	9.3577	CAJA
313	9639120.845	616540.976	9.3398	CAJA
314	9639121.527	616541.334	9.3563	CAJA
315	9639121.081	616541.959	9.3472	CAJA
316	9639121.148	616541.863	9.3383	CAJA
317	9639120.836	616541.416	8.4718	FONDO
318	9639120.827	616541.815	8.4751	6
319	9639076.544	616528.100	9.7496	A-9
320	9639076.544	616528.100	9.7584	A-9
321	9639053.331	616515.495	10.0899	A-10
322	9639084.710	616514.508	10.4736	CAJA
323	9639084.256	616514.228	10.4768	CAJA
324	9639084.428	616515.049	10.4634	CAJA
325	9639083.879	616514.782	10.4669	CAJA
326	9639084.360	616514.616	9.7454	FONDO
327	9639084.116	616514.491	9.8964	4
328	9639084.071	616514.659	9.9325	4
329	9639084.180	616514.290	10.0701	4
330	9639079.886	616519.882	10.1405	CAJA
331	9639080.211	616519.400	10.1352	CAJA
332	9639080.311	616520.248	10.127	CAJA
333	9639080.355	616519.792	9.6889	FONDO
334	9639080.225	616519.640	9.8822	4

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
335	9639080.438	616519.739	9.8417	4
336	9639080.144	616519.792	9.8015	6
337	9639080.078	616519.735	9.9678	6
338	9639080.376	616519.883	9.8406	6
339	9639080.367	616519.902	10.0072	6
340	9639075.544	616517.228	10.1534	CAJA
341	9639075.905	616516.665	10.1632	CAJA
342	9639075.366	616516.362	10.1649	CAJA
343	9639075.494	616516.888	9.5257	FONDO
344	9639075.567	616516.712	9.8485	4
345	9639075.505	616516.953	9.7435	6
346	9639075.266	616516.815	9.7294	6
347	9639070.205	616513.133	10.132	CAJA
348	9639053.331	616515.495	10.0894	A-10
349	9639039.858	616510.188	9.9634	A-10
350	9639069.639	616491.515	10.063	A-11
351	9639044.825	616537.306	10.7034	CAJA
352	9639044.548	616537.832	10.7021	CAJA
353	9639044.329	616537.110	10.6919	CAJA
354	9639044.291	616537.416	9.8385	FONDO
355	9639044.424	616537.533	9.8743	6
356	9639044.491	616537.262	9.8307	6
357	9639044.245	616537.411	9.8245	4
358	9639038.104	616547.279	10.6243	CAJA
359	9639038.896	616547.148	10.6755	CAJA
360	9639038.408	616546.762	10.6347	CAJA
361	9639038.358	616547.393	10.5343	4
362	9639038.519	616547.186	9.9342	FONDO
363	9639038.596	616547.269	9.9191	4
364	9639038.553	616547.133	10.1367	3
365	9639041.495	616535.913	10.1904	CAJA
366	9639041.797	616535.347	10.1971	CAJA
367	9639042.427	616535.671	10.2037	CAJA
368	9639041.915	616536.447	10.1901	CAJA
369	9639042.038	616535.839	9.7518	FONDO
370	9639042.062	616535.885	9.7746	6
371	9639041.674	616535.631	9.7463	6
372	9639042.164	616535.715	9.8721	6
373	9639031.286	616528.250	9.9739	CAJA
374	9639030.781	616528.026	9.923	CAJA
375	9639030.883	616527.472	9.927	CAJA
376	9639031.514	616527.655	9.9504	CAJA

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
377	9639031.015	616527.849	8.7206	FONDO
378	9639070.183	616513.196	9.2644	CAJA
379	9639070.168	616513.142	10.1214	CAJA
380	9639069.626	616512.864	10.1152	CAJA
381	9639069.319	616513.329	10.1135	CAJA
382	9639069.769	616513.195	9.5092	FONDO
383	9639069.615	616513.251	9.7152	6
384	9639069.917	616513.390	9.7172	6
385	9639069.906	616513.177	9.9024	4
386	9639069.763	616513.145	9.7949	4
387	9639069.581	616513.337	9.7302	4
388	9639062.044	616508.514	9.8688	CAJA
389	9639062.601	616508.821	9.8755	CAJA
390	9639062.231	616509.356	9.8716	CAJA
391	9639062.173	616509.052	9.4136	FONDO
392	9639062.104	616508.836	9.6207	6
393	9639065.703	616497.392	10.1021	CAJA
394	9639066.245	616497.799	10.098	CAJA
395	9639065.347	616498.009	10.0962	CAJA
396	9639065.797	616497.990	9.5905	FONDO
397	9639065.763	616497.836	9.6619	6
398	9639065.813	616498.093	9.8456	4
399	9639069.670	616491.032	10.139	CAJA
400	9639070.152	616491.356	10.1391	CAJA
401	9639069.974	616490.546	10.1213	CAJA
402	9639069.450	616491.084	10.1395	CAJA
403	9639069.930	616490.990	9.5039	FONDO
404	9639070.079	616491.043	9.6211	6
405	9639070.034	616491.074	9.7885	4
406	9639070.118	616491.155	9.7538	4
407	9639070.089	616491.147	9.7591	4
408	9639070.158	616491.226	9.6227	6
409	9639070.190	616491.095	9.4973	FONDO
410	9639055.295	616491.896	9.5697	CAJA
411	9639054.974	616492.369	9.5628	CAJA
412	9639054.487	616492.149	9.5446	CAJA
413	9639054.928	616492.138	9.1371	FONDO
414	9639054.972	616491.851	9.2566	4
415	9639055.000	616492.030	9.2891	4
416	9639054.728	616491.948	9.2455	4
417	9639054.856	616492.279	9.2424	4
418	9639053.331	616515.495	10.0899	A-10

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
419	9639039.853	616510.185	9.9644	A-
420	9639069.640	616491.513	10.0611	A-
421	9639069.640	616491.513	10.0614	A-16
422	9639077.048	616495.871	10.194	CAJA
423	9639077.586	616496.212	10.1993	CAJA
424	9639076.938	616495.995	10.1986	CAJA
425	9639077.197	616495.731	9.5881	6
426	9639077.632	616495.926	9.5624	6
427	9639077.576	616495.939	9.6989	4
428	9639077.261	616495.886	9.8117	4
429	9639077.004	616495.777	9.5097	FONDO
430	9639039.853	616510.185	9.9624	A-15
431	9639035.964	616480.440	9.6002	CAJA
432	9639035.812	616481.212	9.5991	CAJA
433	9639036.644	616481.484	9.6121	CAJA
434	9639036.036	616481.223	8.6779	FONDO
435	9639036.448	616481.030	9.0457	6
436	9639036.573	616480.932	9.0734	4
437	9639036.265	616481.156	9.1001	4
438	9639036.401	616480.812	8.64	6
439	9639036.091	616480.854	8.8311	6
440	9639036.068	616480.809	8.6171	6
441	9639036.208	616481.154	8.6441	6
442	9639036.242	616481.233	8.8374	6
443	9639055.612	616597.255	10.0159	A-2
444	9639043.506	616568.370	10.0721	A-20
445	9639084.874	616579.691	10.1885	PIS
446	9639082.891	616580.249	10.1242	PIS
447	9639088.625	616573.253	10.1825	PIS
448	9639088.012	616571.298	10.1236	PIS
449	9639100.550	616588.511	10.2734	PIS
450	9639100.961	616590.274	10.1538	PIS
451	9639043.506	616568.370	10.0646	A-20
452	9639051.017	616556.974	9.8886	CAJA
453	9639051.127	616557.039	9.9314	CAJA
454	9639051.836	616557.418	9.9124	CAJA
455	9639050.495	616557.754	10.1361	CAJA
456	9639051.185	616557.514	9.1726	FONDO
457	9639051.337	616557.471	9.3142	4
458	9639051.418	616557.603	9.2354	4
459	9639060.333	616543.011	9.6286	CAJA
460	9639060.340	616542.974	9.6289	CAJA

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
461	9639060.694	616542.547	9.6334	CAJA
462	9639060.101	616542.076	9.6343	CAJA
463	9639060.100	616542.612	9.2359	FONDO
464	9639060.157	616542.536	9.2397	4
465	9639060.054	616542.707	9.2198	4
466	9639021.030	616570.400	9.8907	CAJA
467	9639020.695	616570.113	9.8674	CAJA
468	9639020.354	616570.618	9.8496	CAJA
469	9639020.660	616570.162	9.8357	CAJA
470	9639020.721	616570.567	9.2535	FONDO
471	9639020.703	616570.641	9.2737	4
472	9639020.627	616570.546	9.2379	4
473	9639020.619	616570.618	9.4419	3
474	9639055.613	616597.256	10.0172	A-2
475	9639077.818	616657.378	10.1458	CAJA
476	9639077.843	616657.898	10.1884	CAJA
477	9639077.769	616657.882	10.1115	CAJA
478	9639077.547	616657.666	9.9141	FONDO
479	9639077.763	616657.800	9.9003	6
480	9639077.678	616657.541	9.8964	6
481	9639077.723	616657.762	10.0262	6
482	9639077.017	616654.254	10.1792	CAJA
483	9639077.618	616654.271	10.1931	CAJA
484	9639077.011	616653.628	10.1632	CAJA
485	9639077.631	616653.616	10.1348	CAJA
486	9639077.403	616653.660	10.1537	CAJA
487	9639077.334	616653.889	9.8675	FONDO
488	9639077.372	616654.045	9.8776	6
489	9639077.394	616654.077	9.9895	6
490	9639077.301	616653.755	9.8706	6
491	9639077.418	616653.808	9.9175	6
492	9639077.389	616654.095	9.885	4
493	9639077.335	616653.777	9.8734	4
494	9639077.475	616653.796	9.9084	4
495	9639077.548	616653.851	9.9657	2
496	9639077.524	616653.743	9.9309	3
497	9639076.434	616634.483	10.005	CAJA
498	9639076.504	616635.195	10.0053	CAJA
499	9639077.176	616635.141	10.0214	CAJA
500	9639076.562	616635.042	9.9646	CAJA
501	9639076.783	616634.891	9.6789	FONDO
502	9639076.868	616635.024	9.7936	4

ID Punto	Norte	Este	Z	Descripción
503	9639076.730	616634.736	9.7963	4
504	9639076.180	616617.425	10.2399	CAJA
505	9639075.629	616617.115	10.239	CAJA
506	9639075.958	616616.676	10.2314	CAJA
507	9639075.942	616616.672	10.2315	CAJA
508	9639075.701	616617.061	10.1663	CAJA
509	9639091.805	616665.254	9.9355	A-31

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Datos mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	
1980	86.40	116.40	120.90	268.30	70.00	51.30	27.70	38.90	45.10	79.30	56.80	57.70	268.30	Abril
1981	22.50	22.70	23.50	23.10	22.00	21.20	20.60	20.10	21.50	20.50	21.30	22.40	23.50	Marzo
1982	95.40	38.40	12.10	30.30	66.60	45.90	36.80	25.20	34.50	80.30	255.80	587.10	587.10	Diciembre
1984	29.10	423.60	311.00	466.30	15.70	108.70	42.00	46.60	66.30	67.40	30.00	29.40	466.30	Abril
1985	46.60	33.50	268.70	181.50	324.50	268.50	209.50	464.20	348.70	69.70	76.30	88.20	464.20	Agosto
1986	182.20	229.00	67.90	119.20	31.30	41.50	39.90	25.00	23.50	71.80	57.40	36.20	229.00	Febrero
1987	304.40	598.80	249.40	381.60	217.00	37.90	42.70	58.20	69.50	63.40	21.90	14.60	598.80	Febrero
1988	313.00	233.50	18.20	212.60	24.20	32.00	55.90	27.40	43.30	94.50	77.00	52.00	313.00	Enero
1989	377.60	406.10	441.10	50.70	31.50	64.00	44.10	40.00	56.90	59.20	30.70	24.40	441.10	Marzo
1990	28.30	114.10	55.70	110.30	24.40	45.60	33.70	39.50	35.50	75.50	57.00	13.60	114.10	Febrero
1991	35.30	610.20	113.60	38.40	38.10	38.20	36.60	49.50	52.20	73.30	32.00	44.00	610.20	Febrero
1992	116.20	392.50	505.00	466.80	238.40	37.40	41.20	68.80	70.00	59.60	82.80	11.20	505.00	Marzo
1993	177.90	221.60	174.20	200.40	245.60	36.10	55.50	32.60	33.70	46.70	78.60	81.60	245.60	Mayo
1994	177.90	221.60	174.20	200.40	245.60	36.10	55.50	32.60	33.70	46.70	78.60	81.60	245.60	Mayo
1995	192.60	170.20	306.70	45.60	36.50	20.30	68.70	24.70	42.40	76.50	123.30	66.20	306.70	Marzo
1996	189.40	439.10	162.20	29.50	24.30	45.80	34.80	35.10	29.00	49.40	41.70	29.90	439.10	Febrero
1997	100.90	217.00	584.20	254.10	137.40	75.80	95.10	100.00	150.80	182.10	497.40	613.90	613.90	Diciembre
1998	906.50	739.30	463.10	384.40	351.00	255.50	143.40	69.60	67.50	64.50	30.70	16.20	906.50	Enero
1999	33.50	311.70	338.20	73.00	112.00	46.80	64.00	32.50	50.40	86.80	49.60	142.40	338.20	Marzo
2000	148.00	168.00	194.00	129.80	130.90	54.80	57.00	40.80	59.84	69.70	76.30	88.20	194.00	Marzo
2004	75.20	75.70	173.40	131.70	32.80	42.30	40.50	63.00	20.40	69.30	35.40	2.10	173.40	Marzo
2008	315.00	722.70	437.90	219.10	55.50	57.80	53.40	47.00	65.40	81.30	50.60	10.20	722.70	Febrero
2009	208.10	305.50	194.80	29.00	28.20	7.90	4.90	50.40	55.20	70.90	33.10	105.50	305.50	Febrero
2010	262.40	412.10	481.30	268.50	101.80	55.80	40.00	40.10	58.50	70.10	56.60	100.20	481.30	Marzo
2011	122.00	247.30	54.20	426.80	103.50	34.00	70.20	58.00	36.30	34.50	35.20	20.60	426.80	Abril
2012	182.20	291.36	237.52	183.54	104.82	28.00	42.20	47.40	19.10	48.10	35.90	38.40	291.36	Febrero
2013	190.70	104.80	250.10	30.60	16.40	63.40	43.50	67.00	26.40	70.90	38.10	3.50	250.10	Marzo
MAX	906.50	739.30	584.20	466.80	351.00	268.50	209.50	464.20	348.70	182.10	497.40	613.90	906.50	Enero

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Relaciones hidráulicas

Caudal	Velocidad	Tirante	Radio hidráulico	Profundidad hidráulica	Tensión tractiva
Q/Qo	V/Vo	y/D	R/Ro	H/D	T/T_L
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.01	0.292	0.092	0.239	0.041	0.195
0.02	0.362	0.124	0.315	0.067	0.273
0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	0.328
0.04	0.427	0.165	0.410	0.102	0.375
0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.415
0.06	0.473	0.196	0.481	0.128	0.452
0.07	0.492	0.210	0.510	0.140	0.485
0.08	0.505	0.220	0.530	0.151	0.515
0.09	0.520	0.232	0.554	0.161	0.542
0.10	0.540	0.248	0.586	0.170	0.568
0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	0.592
0.12	0.570	0.270	0.630	0.188	0.615
0.13	0.580	0.280	0.650	0.197	0.637
0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.658
0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.678
0.16	0.613	0.308	0.704	0.221	0.697
0.17	0.624	0.315	0.716	0.229	0.715
0.18	0.634	0.323	0.729	0.236	0.732
0.19	0.645	0.334	0.748	0.244	0.748
0.20	0.656	0.346	0.768	0.251	0.764
0.21	0.664	0.353	0.780	0.258	0.779
0.22	0.672	0.362	0.795	0.266	0.794
0.23	0.680	0.370	0.809	0.273	0.809
0.24	0.687	0.379	0.824	0.280	0.822
0.25	0.695	0.386	0.836	0.287	0.836
0.26	0.700	0.393	0.848	0.294	0.849
0.27	0.706	0.400	0.860	0.300	0.862
0.28	0.713	0.409	0.874	0.307	0.874
0.29	0.720	0.417	0.886	0.314	0.885
0.30	0.729	0.424	0.896	0.321	0.897
0.31	0.732	0.431	0.907	0.328	0.908
0.32	0.740	0.439	0.919	0.334	0.918
0.33	0.750	0.447	0.931	0.341	0.929
0.34	0.755	0.452	0.938	0.348	0.939
0.35	0.760	0.460	0.950	0.354	0.949
0.36	0.768	0.468	0.962	0.361	0.959
0.37	0.776	0.476	0.974	0.368	0.968
0.38	0.781	0.482	0.983	0.374	0.978
0.39	0.787	0.488	0.992	0.381	0.987
0.40	0.796	0.498	1.007	0.388	0.996

Caudal	Velocidad	Tirante	Radio hidráulico	Profundidad hidráulica	Tensión tractiva
Q/Qo	V/Vo	y/D	R/Ro	H/D	T/T_{L1}
0.41	0.802	0.504	1.014	0.395	1.004
0.42	0.806	0.510	1.021	0.402	1.013
0.43	0.810	0.516	1.028	0.408	1.021
0.44	0.816	0.523	1.035	0.415	1.029
0.45	0.822	0.530	1.043	0.422	1.037
0.46	0.830	0.536	1.050	0.429	1.045
0.47	0.834	0.542	1.056	0.436	1.052
0.48	0.840	0.550	1.065	0.443	1.059
0.49	0.845	0.557	1.073	0.450	1.067
0.50	0.850	0.563	1.079	0.458	1.074
0.51	0.855	0.570	1.087	0.465	1.080
0.52	0.860	0.576	1.094	0.472	1.087
0.53	0.865	0.582	1.100	0.479	1.083
0.54	0.870	0.588	1.107	0.487	1.100
0.55	0.875	0.594	1.113	0.494	1.106
0.56	0.880	0.601	1.121	0.502	1.112
0.57	0.885	0.608	1.125	0.510	1.118
0.58	0.890	0.615	1.129	0.518	1.124
0.59	0.895	0.620	1.132	0.526	1.129
0.60	0.900	0.626	1.136	0.534	1.135
0.61	0.903	0.632	1.139	0.542	1.140
0.62	0.908	0.639	1.143	0.550	1.145
0.63	0.913	0.645	1.147	0.559	1.500
0.64	0.918	0.651	1.151	0.568	1.155
0.65	0.922	0.658	1.155	0.576	1.159
0.66	0.927	0.666	1.160	0.585	1.164
0.67	0.931	0.672	1.163	0.595	1.168
0.68	0.936	0.678	1.167	0.604	1.173
0.69	0.941	0.686	1.172	0.614	1.177
0.70	0.945	0.692	1.175	0.623	1.181
0.71	0.951	0.699	1.179	0.633	1.184
0.72	0.955	0.705	1.182	0.644	1.188
0.73	0.958	0.710	1.184	0.654	1.191
0.74	0.961	0.719	1.188	0.665	1.194
0.75	0.965	0.724	1.190	0.677	1.197
0.76	0.969	0.732	1.193	0.688	1.200
0.77	0.972	0.738	1.195	0.700	1.202
0.78	0.975	0.743	1.197	0.713	1.205
0.79	0.980	0.750	1.200	0.725	1.207
0.80	0.984	0.756	1.202	0.739	1.209

Caudal	Velocidad	Tirante	Radio hidráulico	Profundidad hidráulica	Tensión tractiva
Q/Qo	V/Vo	y/D	R/Ro	H/D	T/T_L
0.81	0.987	0.763	1.205	0.753	1.211
0.82	0.990	0.770	1.208	0.767	1.213
0.83	0.993	0.778	1.211	0.783	1.214
0.84	0.997	0.785	1.214	0.798	1.215
0.85	1.001	0.791	1.216	0.815	1.216
0.86	1.005	0.798	1.219	0.833	1.217
0.87	1.007	0.804	1.219	0.852	1.217
0.88	1.011	0.813	1.215	0.871	1.217
0.89	1.015	0.820	1.214	0.892	1.217
0.90	1.018	0.826	1.212	0.915	1.217
0.91	1.021	0.835	1.210	0.940	1.216
0.92	1.024	0.843	1.207	0.966	1.215
0.93	1.027	0.852	1.204	0.995	1.214
0.94	1.030	0.860	1.202	1.027	1.213
0.95	1.033	0.868	1.200	1.063	1.211
0.96	1.036	0.876	1.197	1.103	1.209
0.97	1.038	0.884	1.195	1.149	1.206
0.98	1.039	0.892	1.192	1.202	1.202
0.99	1.040	0.900	1.190	1.265	1.198
1.00	1.041	0.914	1.172	1.344	1.193
1.01	1.042	0.920	1.164	1.445	1.187
1.02	1.042	0.931	1.150	1.584	1.179

Fuente: López Cualla, Ricardo

Anexo 4: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Recolección de información de campo



Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO:

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

UBICACIÓN:

CONTENIDO:

Vista en planta del Alcantarillado existente del Campus Machala

RESPONSABLE:

Jostin René Peralta Calva
 C.I.: 0707365359

REVISOR:

Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:

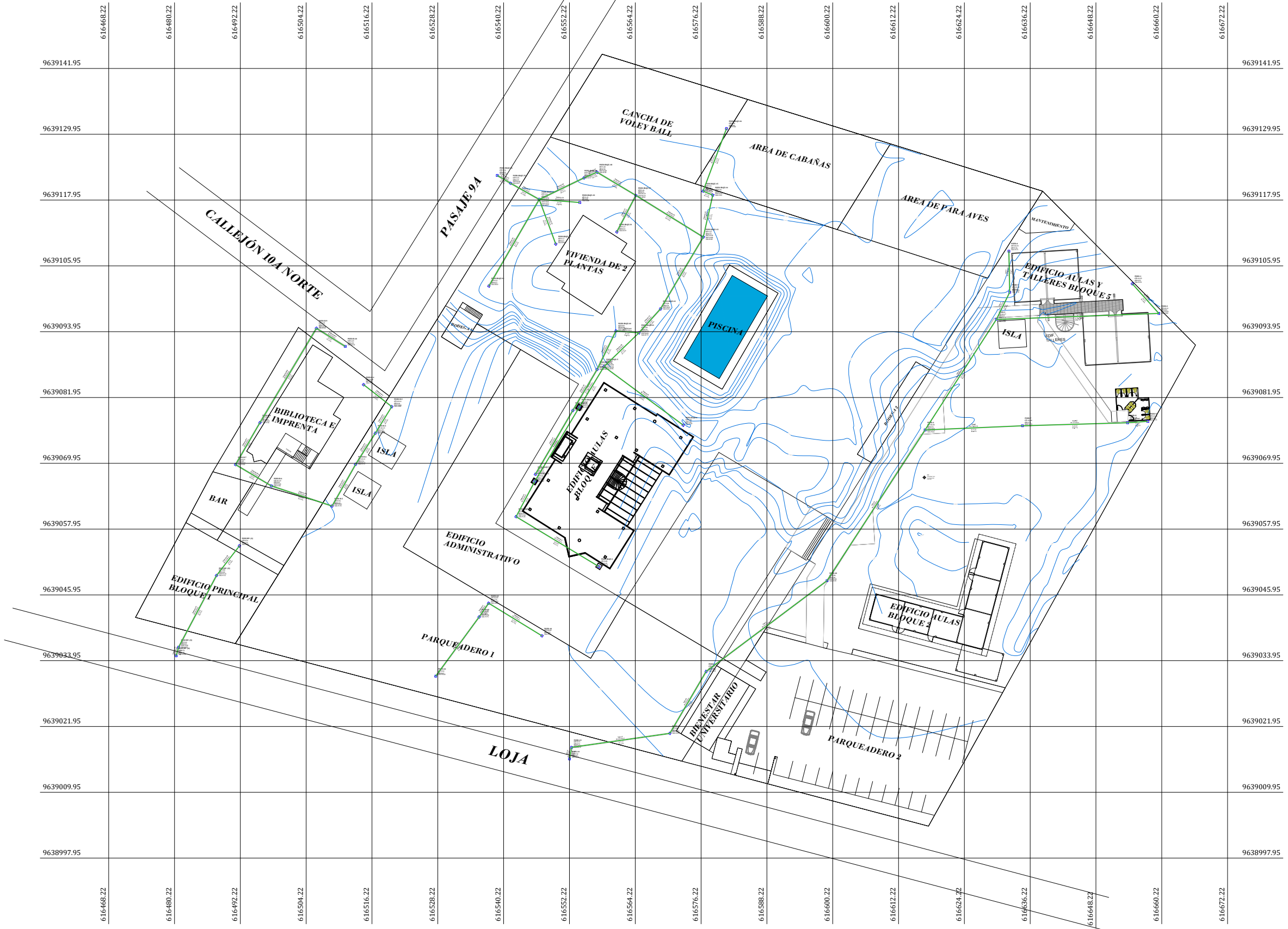
Febrero 2024

ESCALA:

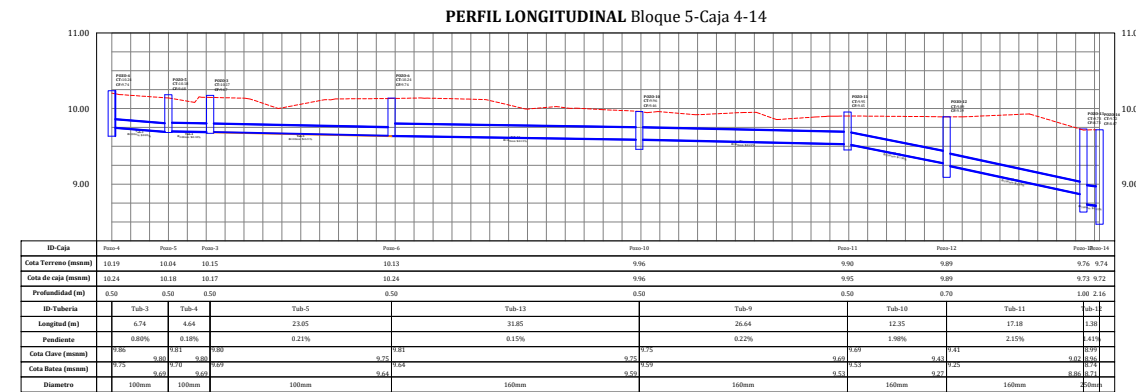
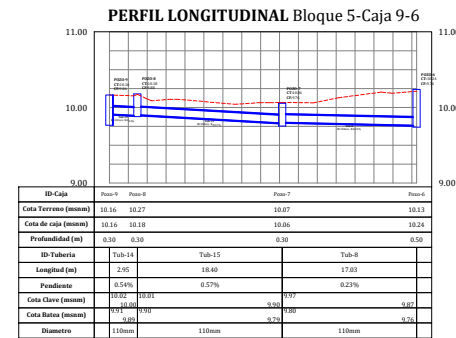
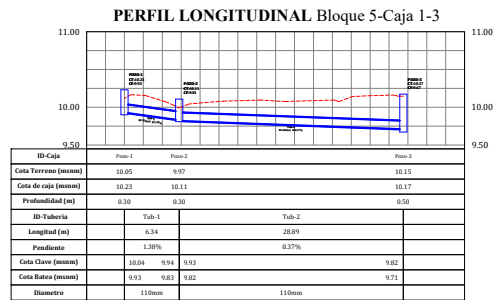
1:1000

LAMINA:

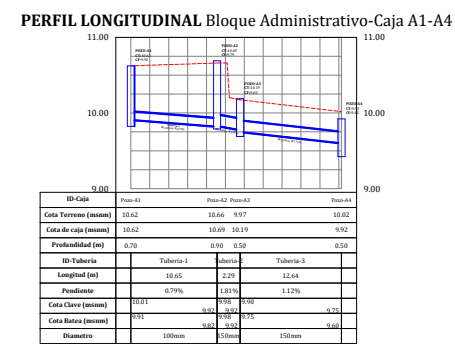
A-1



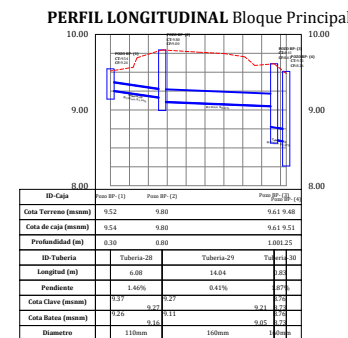
Red combinado del Bloque 5



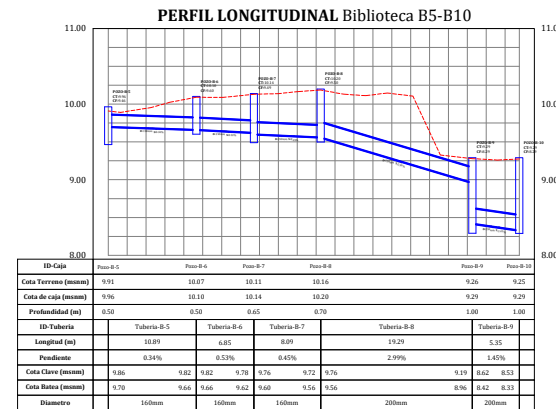
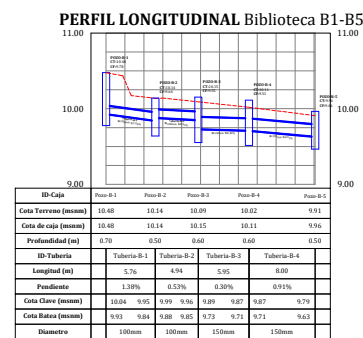
Red del Bloque Administrativo



Red combinado del Bloque Principal



Red combinado de la Biblioteca



UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO:

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

CONTENIDO:

Perfiles longitudinales de las redes de alcantarillado existentes.

RESPONSABLE:

Jostin René Peralta Calva
C.I.: 0707365359

REVISOR:

Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:

Febrero 2024

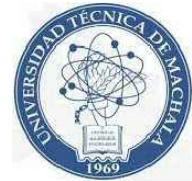
ESCALA:

Vertical: 10000
Horizontal: 1000

LAMINA:

A-2

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO:

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

UBICACIÓN:

CONTENIDO:

Vista en planta de las Redes de Alcantarillado sanitario

RESPONSABLE:

Jostin René Peralta Calva
 C.I.: 0707365359

REVISOR:

Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:

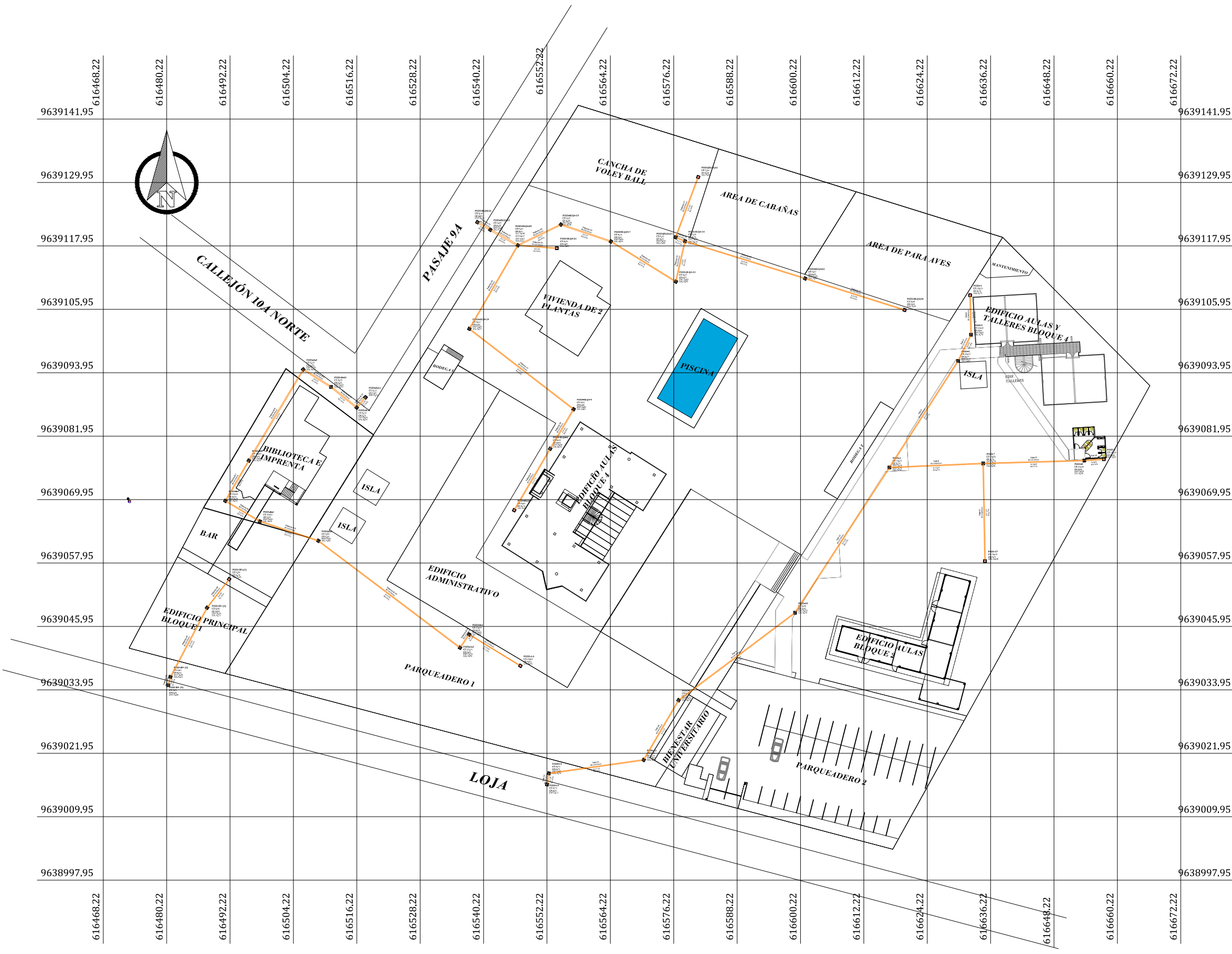
Febrero 2024

ESCALA:

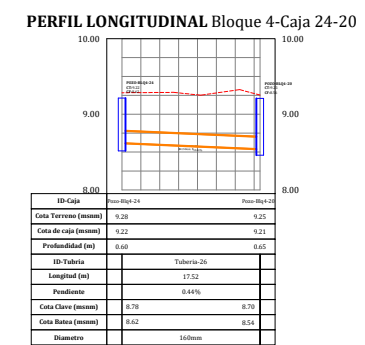
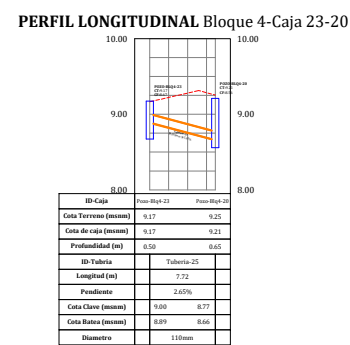
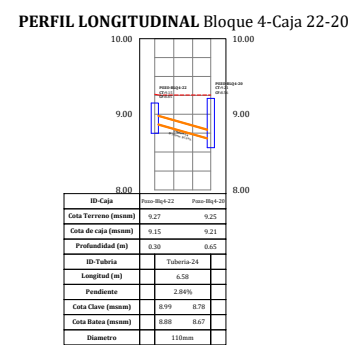
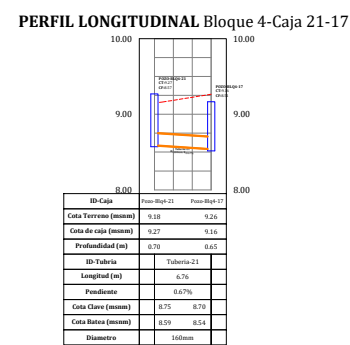
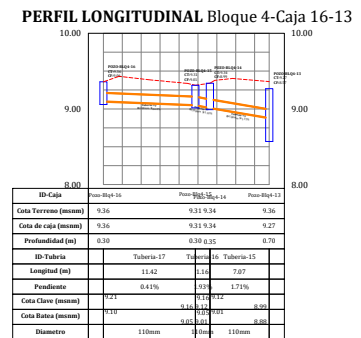
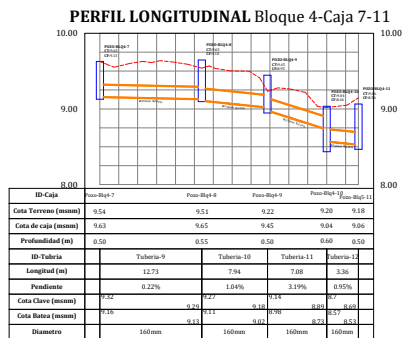
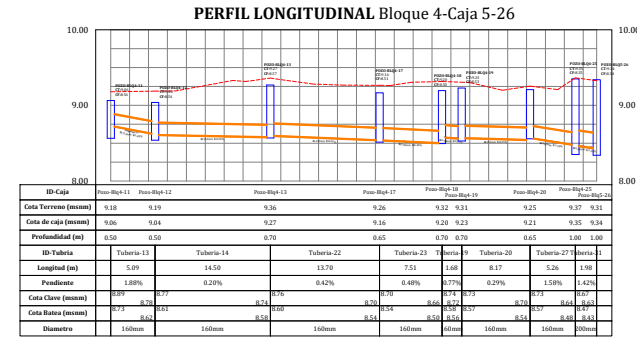
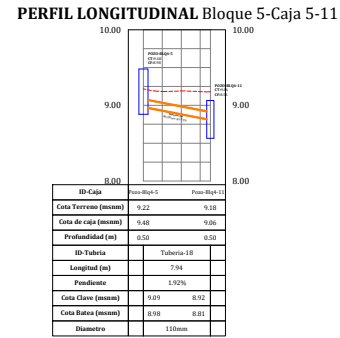
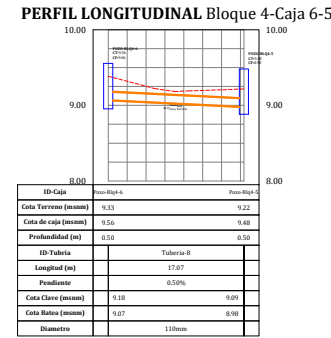
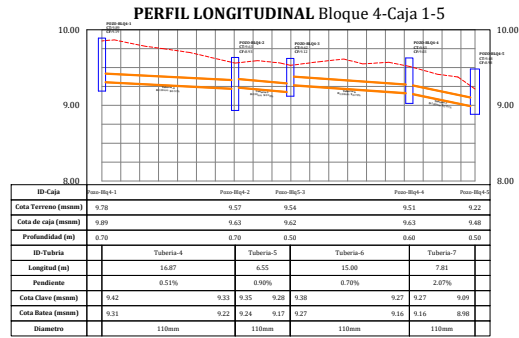
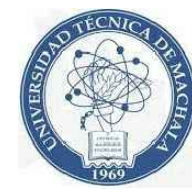
1:1000

LAMINA:

A-4



Red combinado del Bloque 4



PROYECTO:
 Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

UBICACIÓN:

CONTENIDO:
 Perfiles longitudinales de las redes de alcantarillado existentes.

RESPONSABLE:
 Jostin René Peralta Calva
 C.I.: 0707365359

REVISOR:
 Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

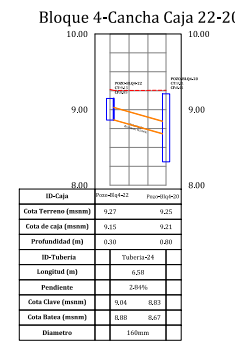
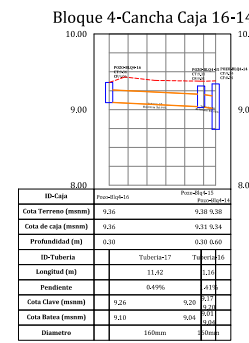
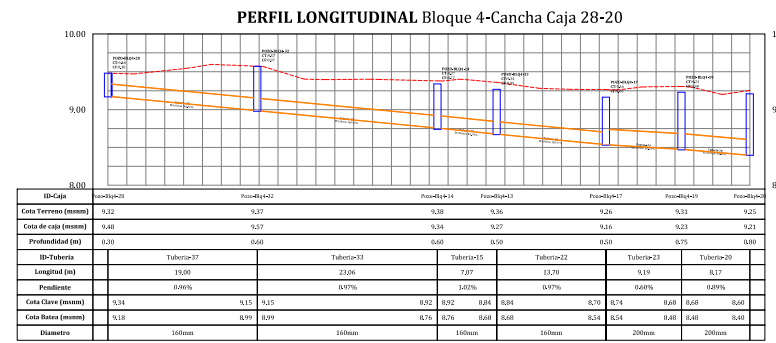
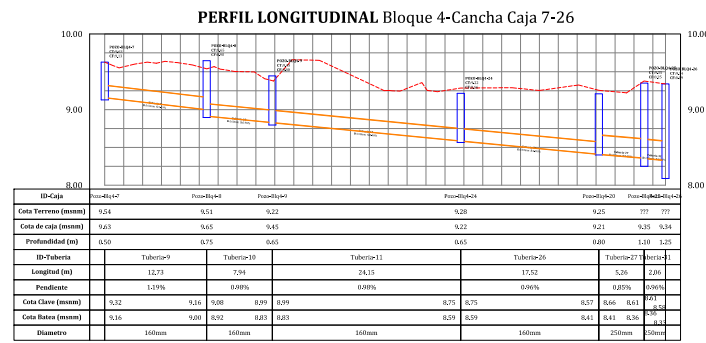
FECHA:
 Febrero 2024

ESCALA:
 Vertical: 10000
 Horizontal: 1000

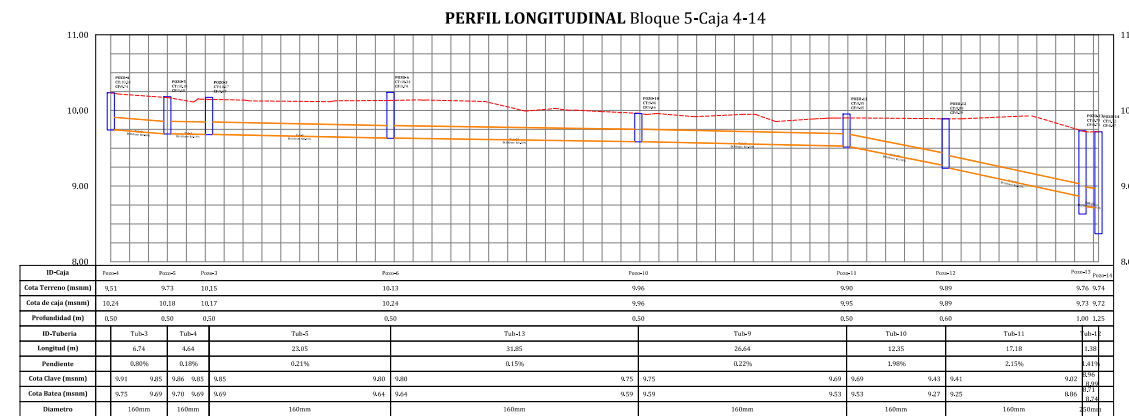
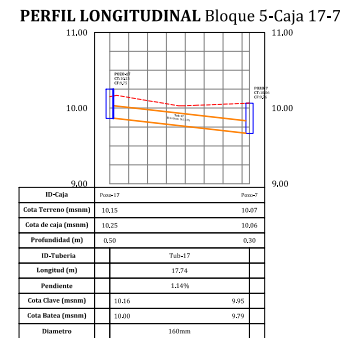
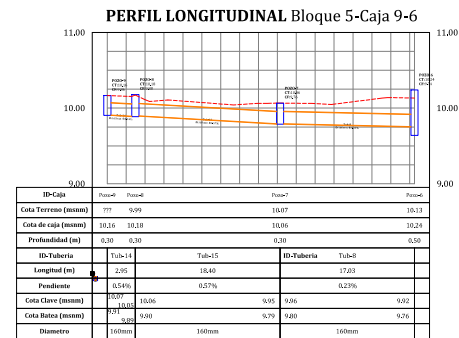
LAMINA:
A-3



Red aguas residuales del Bloque 4

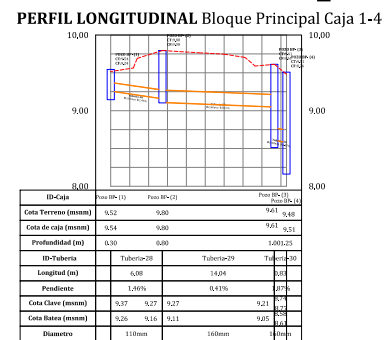


Red aguas residuales del Bloque 5

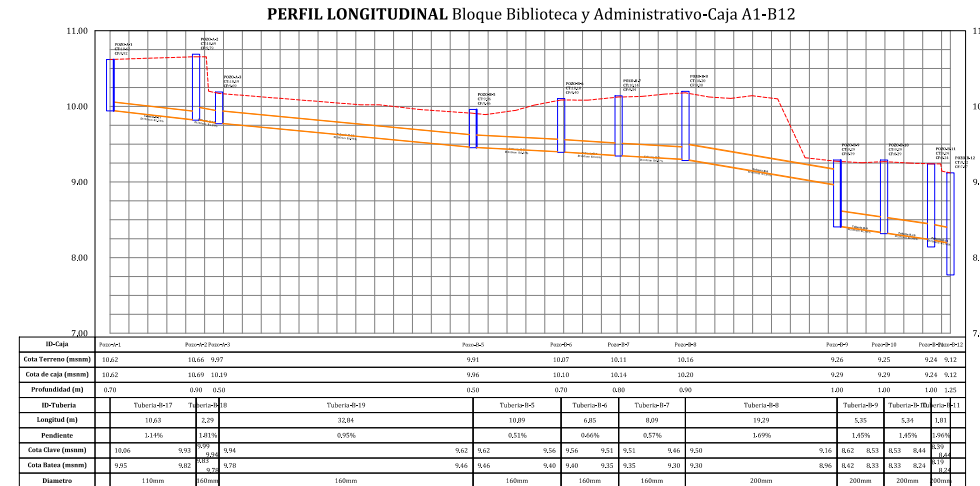


PROYECTO:
 Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

Red aguas residuales del Bloque Principal



Red aguas residuales de Biblioteca y edificio Administrativo



CONTENIDO:
 Perfiles longitudinales de las Redes de Alcantarillado sanitario

RESPONSABLE:
 Jostin René Peralta Calva
 C.I.: 0707365359

REVISOR:
 Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:
 Febrero 2024

ESCALA:
 Vertical: 10000
 Horizontal: 1000

LAMINA:
A-5



PROYECTO:

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

UBICACIÓN:

CONTENIDO:

Vista en planta de las Redes de Alcantarillado Pluvial

RESPONSABLE:

Jostin René Peralta Calva
 C.I.: 0707365359

REVISOR:

Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:

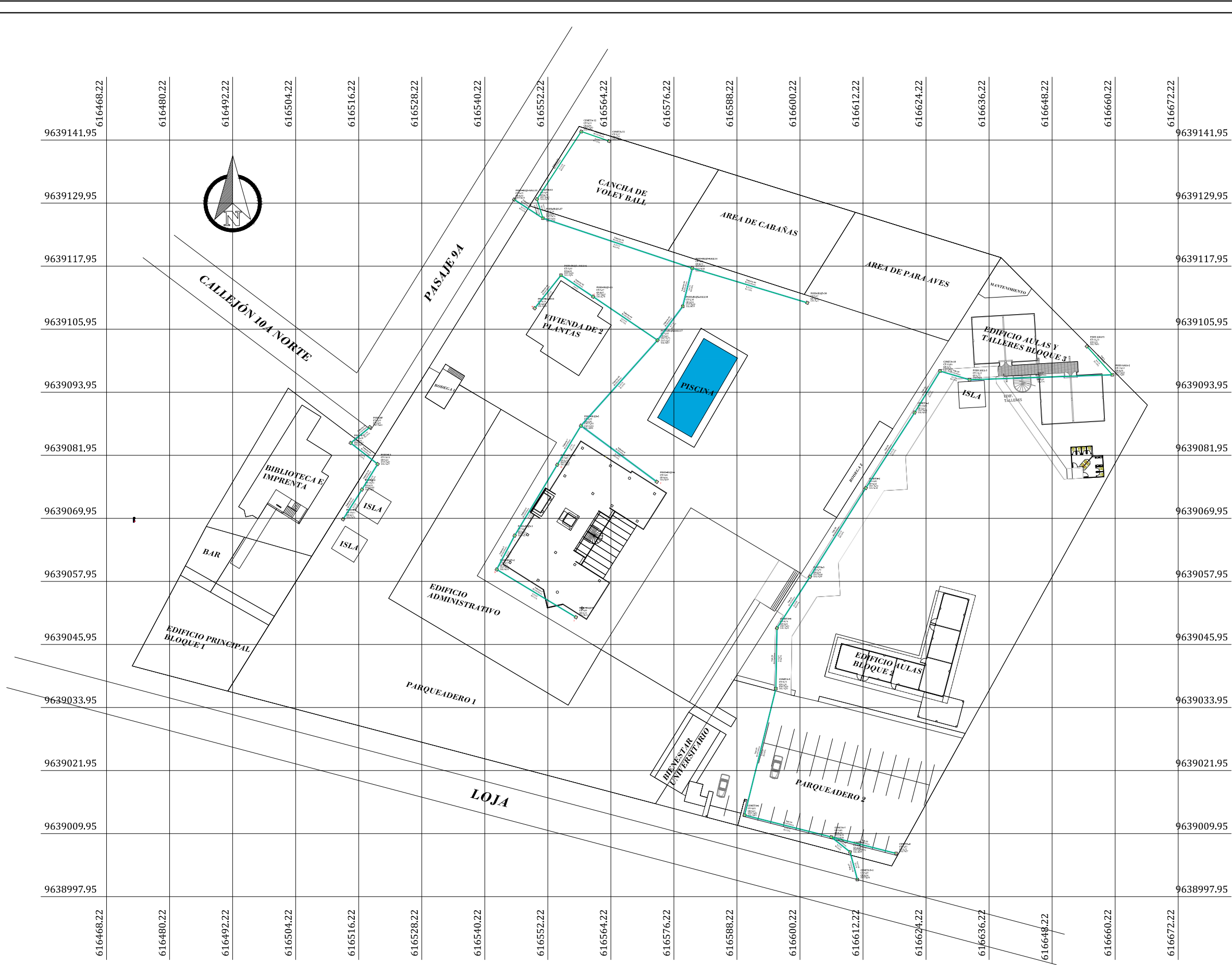
Febrero 2024

ESCALA:

1:1000

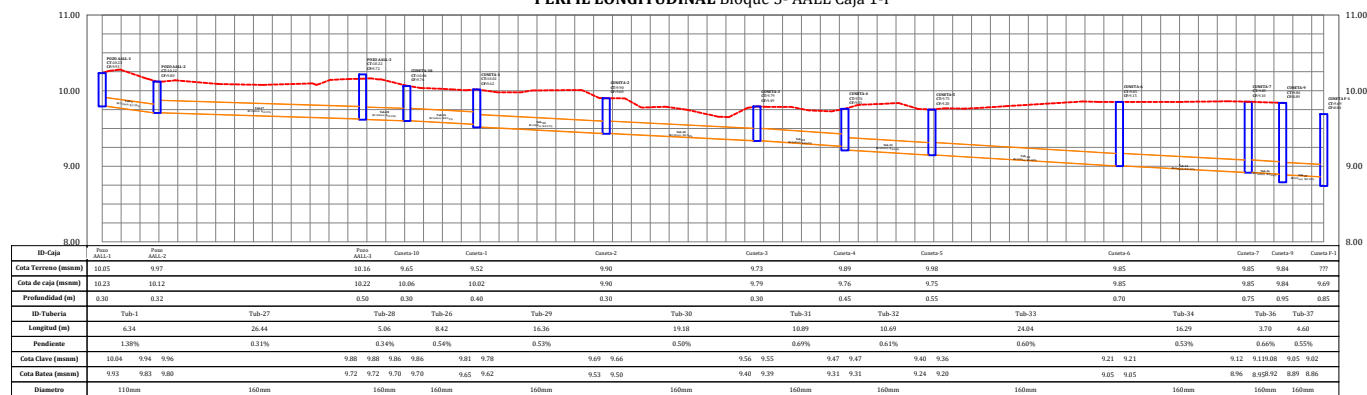
LAMINA:

A-6

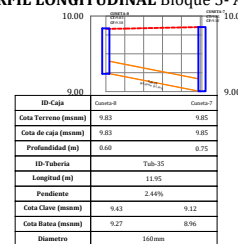


Red aguas lluvias del Bloque 4

PERFIL LONGITUDINAL Bloque 5- AALL Caja 1-F

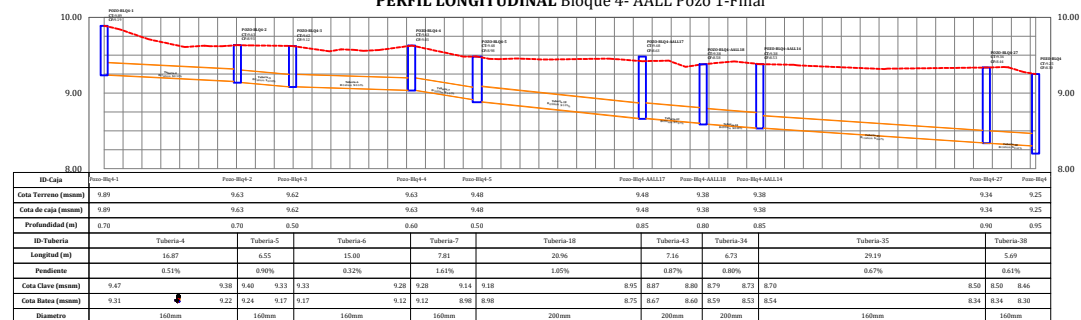


PERFIL LONGITUDINAL Bloque 5- AALL Caja 8-7

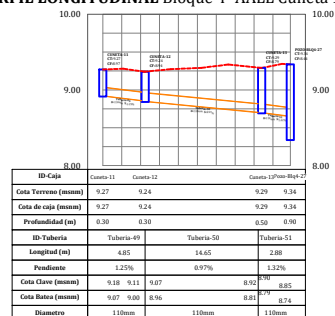


Red aguas lluvias del Bloque 5

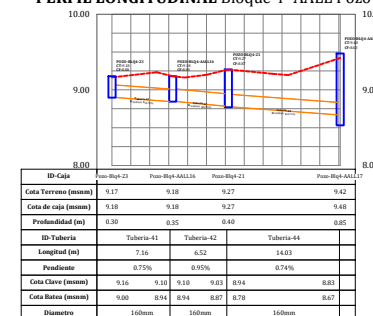
PERFIL LONGITUDINAL Bloque 4- AALL Pozo 1-Final



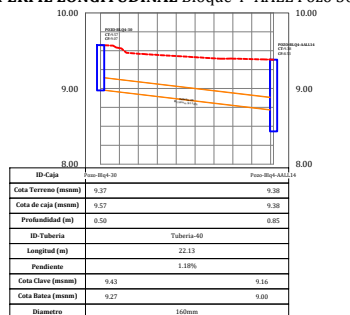
PERFIL LONGITUDINAL Bloque 4- AALL Cuneta 11- Pozo 27



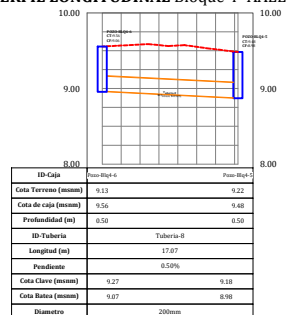
PERFIL LONGITUDINAL Bloque 4- AALL Pozo 23-17



PERFIL LONGITUDINAL Bloque 4- AALL Pozo 30-14

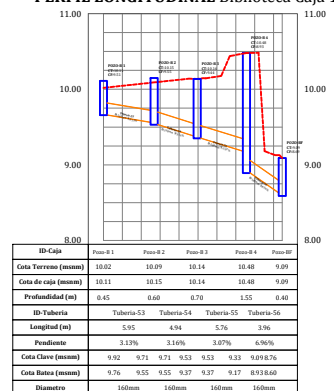


PERFIL LONGITUDINAL Bloque 4- AALL Pozo 6-5



Red aguas lluvias de Biblioteca

PERFIL LONGITUDINAL Biblioteca Caja 1-F



UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO:

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y pluvial del Campus Machala

CONTENIDO:

Perfiles longitudinales de las Redes de Alcantarillado pluvial

RESPONSABLE:

Jostin René Peralta Calva
C.I.: 0707365359

REVISOR:

Ing. Aguirre Morales Fredy Alejandro, Mg.Sc

FECHA:

Febrero 2024

ESCALA:

Vertical: 10000
Horizontal: 1000

LAMINA:

A-7