

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
SOSTENIBLE EN DOS ASOCIACIONES DE VIVIENDA DEL
DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN, TACNA, 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JOEL TICAHUANCA MAMANI

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL SOSTENIBLE EN DOS ASOCIACIONES DE VIVIENDA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN, TACNA, 2022”

**Tesis sustentada y aprobada el 23 de Julio del 2022; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE : Mtro. JIMMI YURY SILVA CHARAJA

SECRETARIO : Mag. JORGE ENRIQUE ALVAREZ RUFFRÁN

VOCAL : Mag. YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

ASESOR : Msc. ANA GABRIELA GABRIELA CRUZ BALTUANO

DECLARACIÓN JUDARA DE ORIGINALIDAD

Yo Joel Tichuanca Mamani identificado con DNI 75248487, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

Declaro bajo juramento que:

Soy autor (a) de la tesis titulada: *“Diseño de un sistema de drenaje pluvial sostenible en dos asociaciones de vivienda del distrito Gregorio Albarracín, Tacna, 2022”* el cual presento para optar el Título de Ingeniero Civil.

1. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna 01 de Julio del 2022

Firma:  _____

Nombres y apellidos: Joel Tichuanca Mamani

DNI: 75248487

DEDICATORIA

A mi madre Alodia Segunda Ticahuanca Mamani, quien es la motivación para lograr mis metas, para alcanzar los objetivos que me planteo, superándome cada día.

A mis familiares Antonio Panti y María T.M. (padrinos) y amigos, por estar siempre presentes motivándome y brindándome consejos para la mejoría en mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud y por cada día que me brindó para poder realizar esta investigación.

A mi madre por esta siempre apoyándome en las decisiones que tomo cada día e inculcarme valores como la perseverancia, que tuvo un roll importante para el desarrollo de esta investigación.

A mi asesora la Msc. Ing. Ana Gabriela Gabriela Cruz Baltuano por la asistencia con la investigación y la grandiosa ayuda y soporte durante el desarrollo de la tesis, apoyándome con sus consejos para la mejoría de esta presente investigación.

Al Ing. Pedro Maquera, por la asistencia en la forma de la tesis y apoyo en el proceso del desarrollo, para que la investigación sea revisada.

A la Universidad Privada de Tacna, por los excelentes docentes académicos que me pudieron transmitir sus conocimientos en el transcurso de los años de estudio.

A los Ingenieros: Cesar S. Mendoza, Christian Barrantes, Javier Grimaldo C., Diego Rojas, también al Ph.D. Ing. Kelh Rojas L, y al Ing. Ytalo G. Bullón A., Ing. Pheter Montalvan G. y a todo el equipo de supervisión de obra del Consorcio PTAP – TACNA, por la motivación y consejos para el desarrollo de la presente investigación.

Joel Ticahuanca Mamani

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO	ii
DECLARACIÓN JUDARA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del Problema	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. <i>Problema General</i>	3
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	3
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. <i>Hipótesis General</i>	5
1.5.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del Estudio	6
2.1.1. <i>Proyecto LIFE NAdapta</i>	9
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. <i>Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenible</i>	15
2.2.2. <i>Pavimento Permeable Continuo</i>	23
2.2.3. <i>Trinchera de Infiltración</i>	25

2.3. Definición de Términos	25
2.3.1. <i>Escorrentía Superficial</i>	25
2.3.2. <i>Tasa de Infiltración</i>	25
2.3.3. <i>Pendiente</i>	25
2.3.4. <i>Periodo de Retorno</i>	26
2.3.5. <i>Drenaje</i>	26
2.3.6. <i>Caudal Diseño</i>	26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	27
3.1. Tipo y Nivel de la Investigación.....	27
3.1.1. <i>Tipo de Investigación</i>	27
3.1.2. <i>Nivel de Investigación</i>	27
3.2. Población y/o Muestra de Estudio	27
3.3. Operacionalización de Variables	31
3.4. Técnicas e Instrumentación para la Recolección de Datos	31
3.4.1. <i>Área de Estudio</i>	31
3.4.2. <i>Delimitación de Cuenca Urbana</i>	34
3.4.3. <i>Área de Subcuencas</i>	35
3.4.4. <i>Sentido de Flujo</i>	37
3.4.5. <i>Intensidad de Precipitación</i>	39
3.4.6. <i>Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)</i>	39
3.4.7. <i>Longitud de Recorrido Más Largo</i>	41
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	42
3.5.1. <i>Área de Influencia de Estudio</i>	43
3.5.1.1. <i>Área de Influencia Extendida</i>	43
3.5.1.2. <i>Área de Estudio</i>	44
3.5.1.3. <i>Asociaciones de Viviendas Intervenidas</i>	45
3.5.2. <i>Áreas de Subcuencas</i>	47
3.5.3. <i>Sentidos de Flujo</i>	56
3.5.4. <i>Secciones Viales</i>	60

3.5.5. Datos Hidrológicos	72
3.5.5.1. Ancho de Cuenca.....	73
3.5.5.2. Pendiente Porcentual	75
3.5.5.3. Porcentaje de Área Impermeable	75
3.5.5.4. Rugosidad del Área Impermeable	76
3.5.5.5. Rugosidad para Área Permeable	77
3.5.5.6. Depresión de Almacenamiento.....	77
3.5.5.7. Cero Porcentaje Impermeable.....	78
3.5.5.8. Modelo de Infiltración	78
3.5.5.9. Tasa de Infiltración	78
3.5.5.10. Rugosidad del Conducto	84
3.5.5.11. Datos Pluviométricos / Rain Gage.....	84
3.5.6. Drenaje.....	90
3.5.6.1. Trinchera de Drenaje.....	91
3.5.6.2. Concreto Permeable	94
3.5.6.3. Barril de Infiltración.....	101
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	103
4.1. Caudal de Escorrentía Superficial de Diseño	103
4.2. Altura de Precipitación	104
4.3. Tasa de Infiltración de Campo	106
4.4. Sistemas de Drenaje Sostenible o LID's	108
4.5. Áreas Disponibles para Adaptar los SUDS	110
4.6. Volumen de Agua para Riego	111
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	113
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de sistemas convencionales y SUDS.....	17
Tabla 2. Operacionalización de campos	31
Tabla 3. Datos técnicos topográficos del área de influencia	43
Tabla 4. Datos técnicos topográficos del área de estudio.....	44
Tabla 5. Datos técnicos topográficos, Asoc. Viv. Las Begonias.....	45
Tabla 6. Datos técnicos topográficos, Asoc. Viv. Eben Ezer.....	46
Tabla 7. Datos de áreas de Subcuencas	53
Tabla 8. Cotas de tapas de buzones existentes	56
Tabla 9. Datos del sentido de flujo de la escorrentía superficial	58
Tabla 10. Puntos cartesianos de la vial típica N° 01	61
Tabla 11. Puntos cartesianos de la sección vial N° 32.....	65
Tabla 12. Puntos cartesianos de la sección vial N° 33.....	68
Tabla 13. Puntos cartesianos de la sección vial N°49.....	71
Tabla 14. Resumen de datos métricos de subcuencas, cálculo del ancho	74
Tabla 15. Porcentaje impermeable para zonas urbanas.....	75
Tabla 16. Datos de infiltración del ensayo de anillo de infiltración doble.....	83
Tabla 17. Datos hidrológicos para Tr variable	86
Tabla 18. Datos técnicos-hidrológicos para el hietograma de diseño	89
Tabla 19. Característica hidráulica del LID trinchera de infiltración.....	91
Tabla 20. Subcuencas con LID trinchera de infiltración	94
Tabla 21. Característica hidráulica del LID Pavimento Permeable	94
Tabla 22. Subcuencas con LID pavimento o concreto permeable	98
Tabla 23. Resultado de altura de precipitación en los conductos	104
Tabla 24. Calculo de la tasa de infiltración	107
Tabla 25. Datos técnicos métricos de la zona de influencia de estudio	120
Tabla 26. Datos de cotas del nivel de tapa de buzones existentes.	134
Tabla 27. Sentido de flujo, tramos y rugosidad de la superficie.	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inundación de la Avenida Jorge Basadre	7
Figura 2. Inundación por la zona de las oficinas de Migraciones	8
Figura 3. Detalle de drenaje pluvial urbano sostenible para zonas en altas.....	11
Figura 4. Sistema de drenaje pluvial urbano sostenible para vías	11
Figura 5. Interfaz de introducción de datos hidrológicos del EPA SWMM.....	13
Figura 6. Sub Cuencas y conductos del área de estudio en EPA SWMM.....	13
Figura 7. Flujo de la escorrentía superficial en el software EPA SWMM.....	14
Figura 8. Opciones de LID's para el drenaje sostenible.....	14
Figura 9. Canal de infiltración para aguas superficiales.....	16
Figura 10. Pozo de infiltración	16
Figura 11. Situación inicial de la vía del Parque Gomeznarro.....	19
Figura 12. Proyecto SUDS de la empresa Atlantis	20
Figura 13. Secciones de vía de proyecto SUDS de la empresa Atlantis	20
Figura 14. Proceso de construcción, instalación de las celdas de drenaje.....	21
Figura 15. Vista frontal de la instalación de celdas de drenaje	21
Figura 16. Vista en planta de proceso de construcción finalizado.....	22
Figura 17. Vista aérea de la influencia del proyecto con SUDS	22
Figura 18. Expansión del área verde con la aplicación de SUDS	23
Figura 19. Drenaje con adoquinado.....	24
Figura 20. Drenaje con concreto permeable.....	24
Figura 21. Mapa departamental del Perú del Ministerio de Defensa.....	28
Figura 22. Mapa de la Región de Tacna del Ministerio de Energía y Minas.....	29
Figura 23. Mapa de la provincia de Tacna por distritos.....	29
Figura 24. Área de estudio, distritos Las Begonias y Eben Ezer.....	30
Figura 25. Plano de Zonificación aprobado de la provincia de Tacna	32
Figura 26. Plano de Secciones Viales aprobadas de la provincia de Tacna	33
Figura 27. Delimitación de las asociaciones Las begonias y Eben Ezer.....	34

Figura 28. Determinación de los ejes viales	35
Figura 29. Trazado de bisectrices y prolongadas hasta que se intercepten	35
Figura 30. Área de la poligonal cerrada en el software AutoCad 2022	36
Figura 31. Obtención del área en m^2 utilizando auto LISP.	37
Figura 32. Sentido de flujo debido a la escorrentía	38
Figura 33. Dirección de flujo del tramo J-31 a J-32.....	38
Figura 34. Portal SENAMHI de intensidades de precipitación	40
Figura 35. Curvas IDF	41
Figura 36. Entrada y salida del recorrido más largo.....	42
Figura 37. Poligonal cerrada del área de influencia	44
Figura 38. Poligonal cerrada de las Asociación de Vivienda Las Begonias	45
Figura 39. Poligonal cerrada de la Asociación de Vivienda Eben Ezer	46
Figura 40. Código de programación para áreas y perímetros	47
Figura 41. Sub cuencas del área de influencia	53
Figura 42. Interfaz EPA SWMM del modelado del área estudiada.....	54
Figura 43. Base de datos generados por el software EPA SWMM	55
Figura 44. Modelamiento de subcuencas e introducción de datos.....	56
Figura 45. Interfaz para la inserción de datos de nodo, elevaciones.....	57
Figura 46. Sentido de flujo debido a las cotas de tapa de buzón	59
Figura 47. Ingreso de información de campo.....	59
Figura 48. Base de datos de tramos y longitudes	60
Figura 49. Sección vial típica para vías similares	61
Figura 50. Modelado de vía típica	62
Figura 51. Proceso de modelamiento en el software Excel	62
Figura 52. Ingreso de datos de modelamiento de sección vial típica N°01	63
Figura 53. Sección vial de la Av. Bohemia Tacneña	64
Figura 54. Modelado de sección vial N° 32.....	66
Figura 55. Modelamiento previo en Excel de avenida N° 32.....	66
Figura 56. Ingreso de datos al software EPA SWMM	67

Figura 57. Sección vial de la Av. La Cultura	67
Figura 58. Modelado de sección vial N° 33.....	69
Figura 59. Modelamiento previo en Excel de avenida N° 33.....	69
Figura 60. Ingreso de datos de modelamiento de la vía N° 33.....	70
Figura 61. Sección vial de la Calle Los Escritores	70
Figura 62. Sección vial Calle N° 49	71
Figura 63. Modelamiento previo en Excel de la vía N°49.....	72
Figura 64. Ingreso de datos de la vía Calle los Escritores N°49	72
Figura 65. Longitud (L) y perímetro (P) de la cuenca.....	73
Figura 66. Coeficientes de rugosidad de Robert Manning	76
Figura 67. Profundidad de depresión en la parte impermeable.....	77
Figura 68. Ensayo de infiltración, plaza de la junta vecinal Jorge Chávez	79
Figura 69. Plaza de Las Dalia de la asociación de vivienda Las Begonias	79
Figura 70. Punto de ensayo de infiltración.....	80
Figura 71. Acondicionamiento del equipo para el ensayo.....	81
Figura 72. Nivelación y centrado del anillo interior.....	81
Figura 73. Llenado de agua para que se realice el ensayo de infiltración	82
Figura 74. Registro de medidas de descenso del agua infiltrada	82
Figura 75. Marca del nivel de agua inicial del ensayo.....	83
Figura 76. Rugosidad n de Manning para cunetas de calles y calzadas	84
Figura 77. Interfaz web de datos hidrológicos	87
Figura 78. Curvas de Lámina, Duración, Frecuencia para distintos Tr.....	88
Figura 79. Curvas IDF para distintos Tr	88
Figura 80. Gráfica triangular del hietograma de diseño	89
Figura 81. Asignación de datos pluviométricos para la cuenca urbana.....	90
Figura 82. LID de control para la mitigación de inundaciones.....	92
Figura 83. Características de la zona de almacenaje	92
Figura 84. Interface de asignación de LID's a las subcuencas	93
Figura 85. Ingreso de datos para la zona de la superficie.....	96

Figura 86. Ingreso de datos para la zona del pavimento	96
Figura 87. Ingreso de datos para la zona del suelo	97
Figura 88. Ingreso de datos para la zona del almacenamiento.....	97
Figura 89. Adaptación del concreto permeable como sistema de drenaje	99
Figura 90. Interface de asignación de LID's a las subcuencas	100
Figura 91. Encharcamiento por efecto de las lluvias en marzo del 2022	101
Figura 92. Procesamiento de la simulación	102
Figura 93. Caudal máximo que recorre en cada conducto.....	103
Figura 94. Gráfica de infiltración del ensayo realizado en campo	107
Figura 95. Composición de capas del LID concreto permeable	108
Figura 96. Composición del LID trinchera de infiltración	109
Figura 97. Altura de precipitación con la aplicación de LID's.....	110
Figura 98. Identificación de las áreas disponibles.....	111
Figura 99. Reporte de estado del software EPDA SWMM.....	112

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.....	119
Anexo B. Datos de las subcuencas	120
Anexo C. Datos del relieve topográfico.....	134
Anexo D. Datos de los conductos.....	139
Anexo E. Planos.....	148

RESUMEN

Con el cambio el cambio climatológico que suceden dentro de nuestra atmosfera han modificado su comportamiento habitual, generando precipitaciones donde antes usualmente no se evidenciaba, como en la zonas urbanas donde las áreas verdes o áreas de suelo, escasean por la expansión urbana, consiguiendo así los anegamiento o encharcamiento en calles, avenidas o urbanizaciones que no cuentan con drenaje pluvial, siendo así que el desarrollo del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible (SUDS) para las zonas urbanas. Los SUDS son aplicados en zonas donde es necesaria para mitigar las inundaciones por las precipitaciones y reutilizar el agua de escorrentía superficial para satisfacer las áreas verdes, contribuyendo al medio ambiente y su vez infiltrándola para mitigar los anegamientos, encharcamientos o colapso de la red de alcantarilla por demasiado flujo de caudal. Para las asociaciones Las Begonias y Eben Ezer, la investigación pretende plantear Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible con la aplicación de concreto permeable, zanjas de infiltración o barril de infiltración, en las zonas donde la altura de agua inundada se quiere mitigar, para evitar anegamientos y que no afecte a la transito peatonal o vehicular luego que suceda el evento climatológico. Con la presente investigación se busca la reutilización de las aguas de escorrentía superficial a través de la aplicación Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible apoyándose con el software EPA SWMM v5.2 que es utilizada para el cálculo de caudal de escorrentía superficial con la consideración de las cuencas, datos hidrológicos e hidráulicos.

Palabra clave: Drenaje pluvial sostenible, SUDS con EPA SWMM, infiltración, método racional, cuenca urbana, precipitación pluvial, escorrentía superficial.

ABSTRACT

With the change, the climatological change that occurs within our atmosphere has modified its habitual behavior, generating precipitation where it was not usually evident before, such as in urban area where green areas or land areas are scarce due to urban expansion, thus achieving the flooding or flooding in streets, avenues or urbanizations that do not have storm drainage, thus the Sustainable Storm Drainage System (SUDS) for urban areas. The SUDS are applied in areas where it is necessary to mitigate flooding due to rainfall and reuse surface runoff water to satisfy green areas, contributing to the environment and in turn infiltrating it to mitigate flooding, puddles or collapse of the sewer network due to too much flow rate. For the Las Begonias and Eben Ezer associations, the research aims to propose a Sustainable Storm Drainage System with the application of permeable concrete, infiltration ditches or infiltration barrel, in areas where the height of the flooded water is to be mitigated, to avoid flooding and that does not affect pedestrian or vehicular traffic after the weather event occurs. With the present investigation, the reuse of surface runoff water is sought through the application of the Sustainable Storm Drainage System, supported by the EPA SWMM v5.2 software, which is used to calculate the flow of surface runoff with the consideration of the basins, hydrological and hydraulic data.

Keywords: Sustainable stormwater drainage, SUDS with EPA SWMM, infiltration, rational method, urban watershed, rainfall, surface runoff

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional en las distintas ciudades y zonas urbanas de cada región del Perú, ocasiona que haya expansión urbana, con ello se realiza la urbanización y pavimentación de los áreas ocupadas, pero en su mayoría no cuentan con alguna gestión de drenaje pluvial o la reutilización de las escorrentía superficial, ocasionando que se generen inundaciones, anegamiento o encharcamiento donde las depresiones son evidentes, afectando a las viviendas aledañas y complicando el tránsito peatonal y vehicular.

El sistema de Drenaje Pluvial Sostenible (SUDS) se opta como alternativa de solución para mitigar esos problemas, ya que se han estado desarrollando en el continente europeo como en España que desde el año 2015 se ven evidencias de la aplicación de estos sistemas con el objetivo de reutilizar le agua pluvial para riego de las áreas verdes, conducirlos a una planta de tratamiento para que regrese al consumo humano o infiltrarlos en el suelo para evitar los anegamientos.

Esta investigación plantea sistema de drenaje pluvial sostenible, en las Asociaciones de Las begonias y Eben Ezer, donde no se cuenta con algún sistema de drenaje pluvial al igual que en toda la provincia de Tacna, con la aplicación del concreto permeable con capas filtrantes y tuberías que direcciona el fuljo hacia zonas de infiltración y regadío en áreas verdes, apoyándose con la simulación de precipitación con el software EPA SWMM v5.2, considerando los datos hidrológicos proporcionados por el Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y coeficientes hidráulicos.

Con la utilización del plano urbano de las asociaciones mencionadas, secciones viales y plano de la red de alcantarillado, se define la Cuenca urbana y con las manzanas las Sub cuencas, con los resultados obtenidos se realiza la mitigación de la altura de precipitación con la aplicación de los SUDS y así poder fomentar la utilización y aplicación de SUDS para zonas urbanas con estructuras existentes.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad el cambio climático es un problema a solucionar en el mundo. Afecta a la mayor parte del mismo, y esto ha generado que los fenómenos climatológicos que suceden dentro de nuestra atmosfera, hayan modificado su habitual comportamiento. En zonas rurales donde antes precipitaban las lluvias, ahora ya no suele suceder, si no que eventualmente lo hacen en las zonas urbanas costeras donde escasamente sucedía.

En el Perú por efecto del cambio climático, también han variado sus estaciones y temporadas de lluvias. Esto ocasiona que las lluvias anómalas, al precipitarse sobre zonas urbanas o con evidencia de población, que no cuentan con una gestión de aguas pluviales, se empocen o que se generen aniegos. Dichos aniegos se producen debido al colapso de sistema del alcantarillado, porque en el diseño hidráulico no se consideró el caudal generado por las lluvias, al asumir que en la zona no es propensa a precipitaciones, resultando en diseños deficientes para contrarrestar estos colapsos.

La ciudad de Tacna no ha sido ajena a los cambios climatológicos, ello se puede evidenciar en las precipitaciones que se produjeron en el mes de enero del 2019 y febrero del 2020, en donde la ciudad fue afectada, por inundaciones en sus zonas bajas. Las aguas pluviales se introdujeron en las casas inundándolas y generando pérdidas (el Comercio, 2020). Se produjo el colapso de la red de alcantarillado y posteriormente, se generaron los malos olores por el empozamiento del agua. Todo esto ha sido consecuencia de la falta de un sistema drenaje pluvial.

Así mismo, en el Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, específicamente, las Asociaciones de Las Begonias y Eben Ezer, también fueron afectadas por las fuertes precipitaciones que, ocasionaron que las casas tengan daños materiales por las inundaciones.

Por consiguiente, la no implementación de un sistema de drenaje pluvial sostenible, que tenga la capacidad de infiltrar y evacuar la escorrentía superficial producto de las precipitaciones (Lima Apaza & Quispe Chipa, 2018), sigue siendo una brecha en el desarrollo sostenible del distrito, que amerita más interés por parte de las autoridades locales, así como de los profesionales del sector.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera se puede diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las áreas disponibles para el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?
- b. ¿Qué caudal de la escorrentía superficial se podrá infiltrar y evacuar con el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?
- c. ¿Cuál es el volumen de agua de que se dispondría para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

Debido a los problemas que ocasionan las precipitaciones, en zonas donde aún no se ha gestionado algún sistema de drenaje, como ocurre en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, se puede aplicar un diseño de drenaje pluvial sostenible, empleando técnicas de infiltración de las aguas pluviales, para evitar el colapso de la red de alcantarillado, con capacidad de poder evacuar el caudal de escorrentía superficial.

Por ello como justificación teórica, se van a aplicar las técnicas de Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) en las zonas de estudios, para poder cumplir los objetivos que se han planteado.

Como justificación práctica, se considera que se va a prever los diseños, dimensionamientos y especificaciones para que se puedan implementar en la zona.

La sostenibilidad del drenaje, ayudará a los pobladores de la zona a evitar las inundaciones y los daños materiales a sus casas y en la zona en donde habitan y evitar la exposición de enfermedades, siendo la justificación social de la presente investigación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Identificar las áreas disponibles para adaptar el diseño del sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.
- b. Determinar el caudal de escorrentía superficial que se puede infiltrar y evacuar mediante el diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.
- c. Determinar el volumen de agua de que se dispondría para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible se adapta favorablemente en las dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Existen áreas suficientes para la implementación del sistema de drenaje pluvial sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín – Tacna.
- b. El caudal de escorrentía superficial se puede infiltrar mediante la implementación del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna.
- c. Se dispone de volumen de agua suficiente para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Lima y Quispe (2018), en su tesis titulada: “Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de la libertad”, en la actualidad, la urbanización ha ido creciendo cada vez más; ello conlleva a que cuando se generen las precipitaciones, en esas zonas, sean afectadas por falta de un sistema de drenaje. Por ello en diferentes partes del mundo, los Sistemas de Drenaje Sostenible (SUDS) están concebidos como un componente integral dentro de la concepción del manejo de la escorrentía que se genera dentro de los procesos de urbanización.

Arce (2019), en su tesis titulada: “Recuperación de aguas pluviales en la ciudad de Arequipa utilizando concreto permeable en vías públicas”, el tipo de investigación que realizó fue descriptivo, ya que describe eventos que suceden en la ciudad de Arequipa, plantea la utilización del concreto permeable como solución, a fin de reducir la escorrentía superficial en la zona de Villa Médica de la misma ciudad, fomentando así el uso de nuevas tecnologías que son aplicadas en ciudades que cuenten con un sistema de construcción sostenible, tal como se desarrolla el enfoque SUDS. Demostrando que el concreto permeable logra filtrar aproximadamente 12 litros por hora, permitiendo conducir las aguas pluviales a cisternas subterráneas para el almacenamiento de las mismas para su reutilización.

Arce (2019), en su tesis titulada: “Recuperación de aguas pluviales en la ciudad de Arequipa utilizando concreto permeable en vías públicas”, el tipo de investigación que realizó fue descriptivo, en Arequipa, las precipitaciones ocurridas y por los escasos sistemas de drenaje, ha terminado cobrando vidas humanas, ya que los registros históricos del SENAMHI, indican que los últimos 5 años los valores máximos alcanzados en precipitaciones pluviales se ha dado en los meses de Enero y Febrero, logrando alcanzar en el año 2015 un valor de 103,4 mm (103.4 litros/m²) en febrero, y 103,3 mm (103,3 litros/m²) en Enero (SENAMHI 2019).

Ojeda, Álvarez y Orona (2020), en su artículo científica titulado: “Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora” Hermosillo – Universidad de Sonora, México. El estudio realizado consistió en la evaluación del sistema de drenaje pluvial del campus universitario mediante

herramientas y principios hidrológicos, para determinar el caudal que se genera por la escorrentía superficial, dividida en 12 microcuencas, luego se calcularon los elementos hidráulicos necesarios para captar y conducir el agua pluvial, lo cual se realizó mediante una red de tuberías de material PVC enterrada.

Lima y Quispe (2018), en su tesis titulada: “Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de la libertad”, en Alto Libertad del Departamento de Arequipa, el diseño de un sistema de drenaje urbano sostenible utilizando drenajes filtrantes para captar las aguas pluviales para luego almacenarla. Este sistema retrasa el tiempo en el que se presenta el caudal máximo, evitando que las poblaciones sufran de riesgos de inundación por acumulación de los caudales máximo propios de la cuenca

Perales y Andrés (2008), en su artículo científico titulado: “Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia”, el desarrollo urbano conlleva a una serie de impactos que generan a su vez, efectos negativos sobre los medios receptores, como lo que sucedió en el año 2020 en la provincia de Tacna – Perú, las precipitaciones llegaron a afectar a la población con inundaciones que era inusuales como se muestra en la Figura 1, afectando el tránsito fluido tanto de las personas como de los vehículos y el colapso del sistema de alcantarillado como se evidencia en la Figura 2.

Figura 1

Inundación de la Avenida Jorge Basadre



Nota. La pendiente y las zonas con desnivel fueron las que retuvieron las aguas. Fuente: Diario Correo (2019).

Figura 2

Inundación por la zona de las oficinas de Migraciones



Nota. Por falta de un sistema de drenaje, las aguas de las precipitaciones quedaron estancadas en la superficie. Fuente: Diario Los Andes (2019).

Lima y Quispe (2018), en su tesis titulada: “Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de la libertad”, menciona que en países más avanzados, como los países de Europa, han desarrollado e implementado estas técnicas de drenaje sostenible, conservar el ciclo del agua realizando una gestión adecuada del recurso hídrico, como en Francia, el ayuntamiento de Lyon, el proyecto adoptó como solución, cunetas verdes, drenes filtrantes, estanques de retención y depósitos de infiltración, 1995.

Ojeda, Álvarez y Orona (2020), en su artículo científica titulado: “Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora”, indica que la gestión del agua de lluvia es un proceso que busca mejores prácticas de uso del suelo del paisaje construido, lo cual incluye la prevención de escorrentía adecuando áreas para detener la escorrentía de agua y reducir el flujo o bien adecuando el área con vegetación para provocar la infiltración del agua.

2.1.1. Proyecto LIFE NAdapta

Busca adelantarse a los cambios que puedan producirse mediante el desarrollo de medidas de adaptación que limiten los efectos negativos derivados de estos cambios y, en la medida de lo posible aprovechar los impactos positivos. Estas medidas de adaptación tempranas y bien planteadas asegurarán un mejor futuro y ahorro económico.

Por lo que el proyecto aborda, difunde, zonifica y reúne información sobre proyectos de drenaje sostenible, que en su portal web (<https://lifenadapta.navarra.es/es/-/sistema-drenaje-urbano-sostenible-upna-tudela>), en el apartado de noticias da a conocer el portal web SUDS instalado en el campus de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) en Tudela y desarrollada por la sociedad pública Navarra de INFRAESTRUCTURAS Locales S.A (NILSA), junto con el propio centro universitario, ha sido adherido recientemente a RedSUDS.

En la RedSUDS se puede encontrar mapas que muestran los lugares en las cuales se han aplicado sistemas de drenaje sostenible, en su mayoría se encuentran en el país de España con proyectos ejecutados y propuestos para que se puedan aplicar en otros lugares de ser necesario.

Entonces el Sistema de Drenaje Pluvial Urbano Sostenible – SUDS, es un sistema que considera el manejo de las aguas pluviales mediante diferentes elementos que, por sus características constructivas, filtran, acumulan, reciclan, drenan y retardan la llegada directa del caudal de las precipitaciones y aguas grises a la red de desagües de la ciudad, mostrándose así estos sistemas en la Figura 3 y Figura 4 como ejemplo, de las cuales en su mayoría son medidas no estructurales para mitigar inundaciones por anegamiento o saturación del sistema en situaciones de lluvias extraordinarias.

Se emplean la propia situación urbana para adecuarla, los conductos que se consideran para el sistema, son:

- Conectora ambiental: Lo propia orografía de la zona.
- Bordes de autopista: Las vías como canales de conducción, ya que la escorrentía superficial recorrerá.

Como lugares de concentración de las aguas pluviales, en su mayoría se emplean:

- Parques: Para el riego de áreas verdes.
- Plazas: Para concentración temporal de las aguas pluviales que luego serán derivadas al sistema de alcantarillado o de tratamiento.

En la implementación del ello en una zona urbana, se realizan estudio y criterios previos, considerando los factores hidrológicos para el correcto diseño de los sistemas hidráulicos, estos son:

- Estudio de lluvias y de recurrencia de inundaciones
- Red de desagües.
- Proporción de superficie permeable-impermeable.
- Interferencias
- Accesibilidad
- Mantenimiento
- Indicadores

Según en la zona donde se implementará el SUDS, también se analizan variables de dimensiones considerando la superficie disponible en cada caso particular.

- Evaluar la circulación peatonal.
- Evaluar la circulación de tránsito existente.

Las dimensiones del lugar dependerán de si la zona es inundable o no y del valor de las precipitaciones.

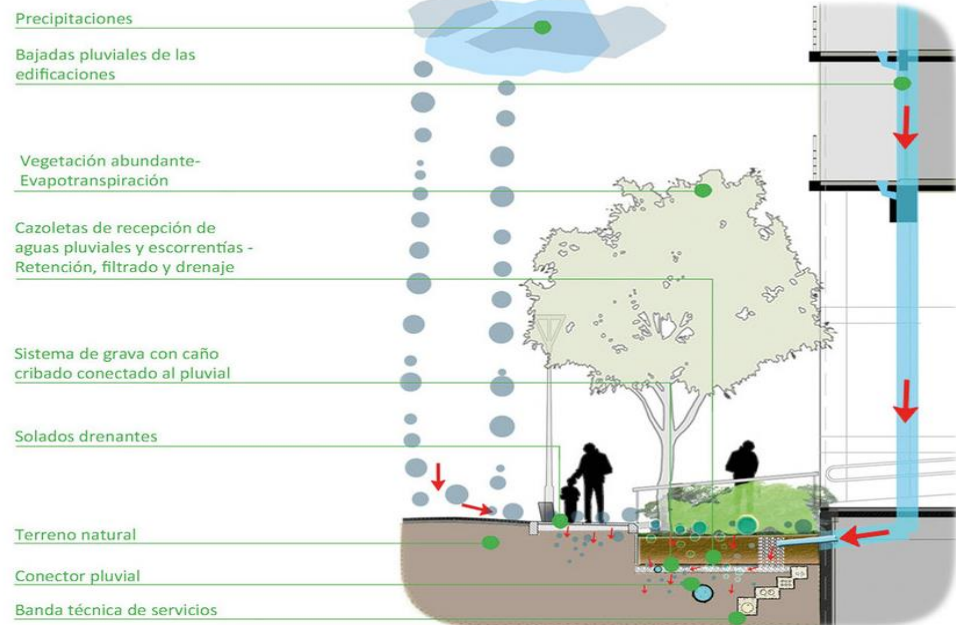
Para la ejecución, los materiales que mayormente se utilizan para el diseño del drenaje pluvial sostenible, son:

- Sustrato mezcla, liviano y poroso.
- Manto drenante.
- Gravas de diferentes granulometrías.
- Solado drenante / hormigón (concreto) poroso o concreto permeable.
- Selección de especies vegetales adaptadas a situaciones adversas (inundación, sequía).

Figura 3

Detalle de drenaje pluvial urbano sostenible para zonas en altas

Detalle SUDS- Anteproyecto Villa Olímpica - Comuna 8

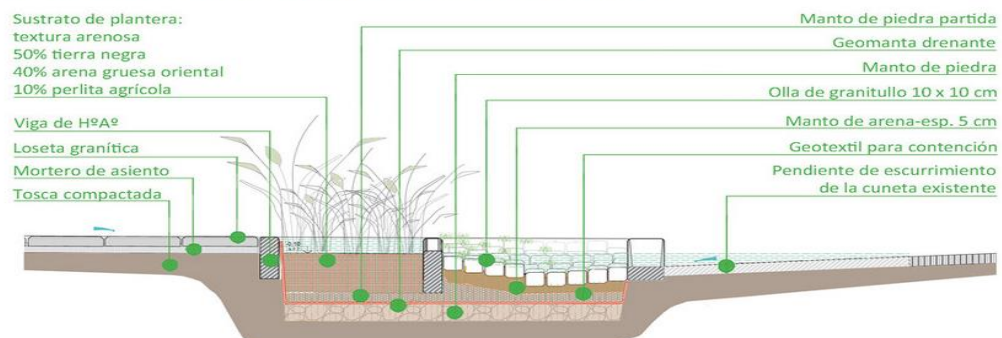


Nota. Aprovecha el agua pluvial que se almacenan sobre los techos de las viviendas. Fuente: Manual de Diseño Urbano – Paisaje Verde, Desarrollo Urbano, Buenos Aires Ciudad (2015).

Figura 4

Sistema de drenaje pluvial urbano sostenible para vías

Detalle SUDS- Anteproyecto Bulevar Roosevelt - Comuna 12



Las medidas son indicativas y deberán adaptarse a cada proyecto en particular.

Nota. Reutiliza el agua de escurrienta superficial para regadío en zonas aledañas a la vía. Fuente: Manual de Diseño Urbano – Paisaje Verde, Desarrollo Urbano, Buenos Aires Ciudad (2015).

Es así que el crecimiento exponencial de las ciudades y terrenos urbanizados ha causado la aparición de superficies impermeables, es decir, zonas superficiales donde el agua no drena correctamente la escorrentía superficial. Antes de la expansión del urbanismo, esas zonas eran capaces de gestionar el ciclo del agua de forma natural, como por ejemplo con la infiltración.

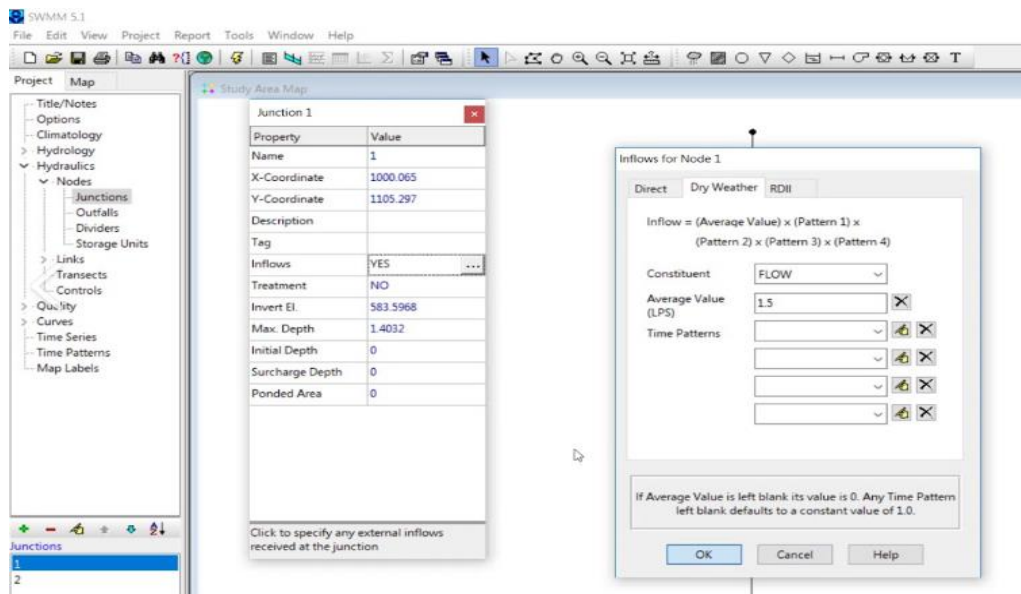
Para poder diseñar algún sistema SUDS, se emplea una simulación con el software EPA SWMM 5.2 (Storm Water Management Model) como se representa en la Figura 5, para comparar la escorrentía generada en una pequeña cuenca como en la Figura 6. Este programa de la Agencia de Protección de Medio Ambiente es de uso libre (es decir, gratis) y se emplea a nivel mundial para el análisis, diseño y planificación relacionados con la escorrentía, la red de drenaje convencional, otros tipos de drenaje, etc.

Algunas capacidades que se tienen que considerar en el cálculo hidrológico se pueden resumir en:

- Permite trabajar con precipitación variable en tiempo y espacio.
- Realiza la simulación de procesos de evaporación, acumulación y derretimiento de la nieve, e interceptación por encharcamiento.
- Simula la infiltración y la entrada de agua de infiltración en acuíferos
- Contabiliza el intercambio de flujo entre los acuíferos y el sistema de transporte.
- Simula la escorrentía superficial mediante modelo de depósito no lineal como se muestra en la Figura 7.
- Computa el soporte de escorrentía superficial entre subcuencas.
- Permite introducir en el estudio las técnicas de drenaje sostenible como se logra observar en la Figura 8, denominadas en el programa SWMM v. 5.2 como técnicas de desarrollo de bajo impacto o que en inglés sería "*Low Impact Development*" (LID's), y contabilizar la influencia que tienen en el caudal de escorrentía.

Figura 5

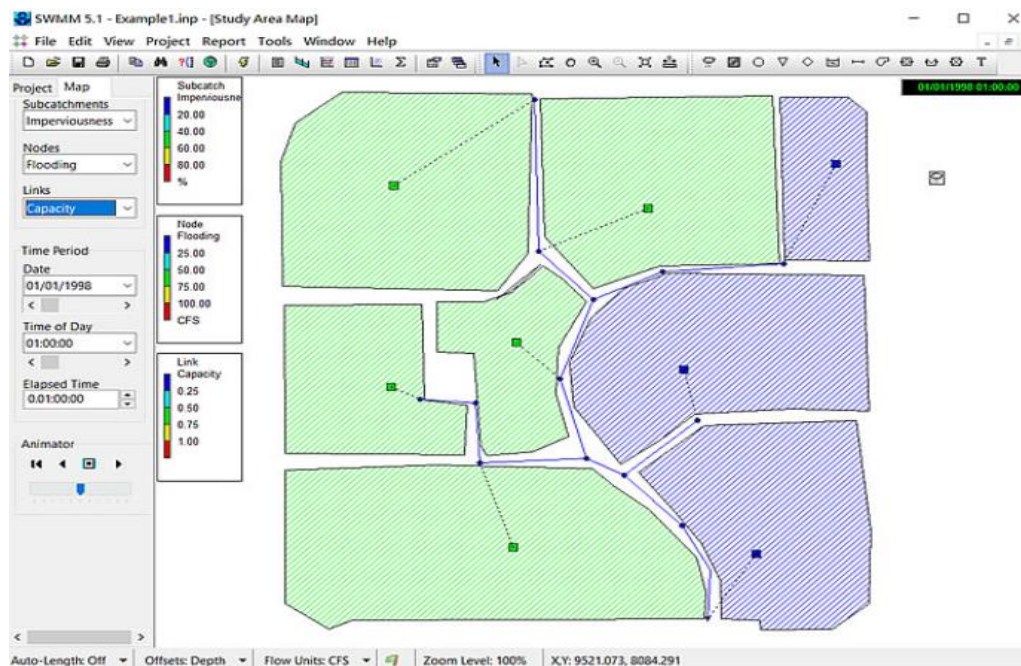
Interfaz de introducción de datos hidrológicos del EPA SWMM



Nota. Se ingresan datos hidrológicos e hidráulicos para el diseño de tormenta para la simulación de precipitación. Fuente: software EPA SWMM.

Figura 6

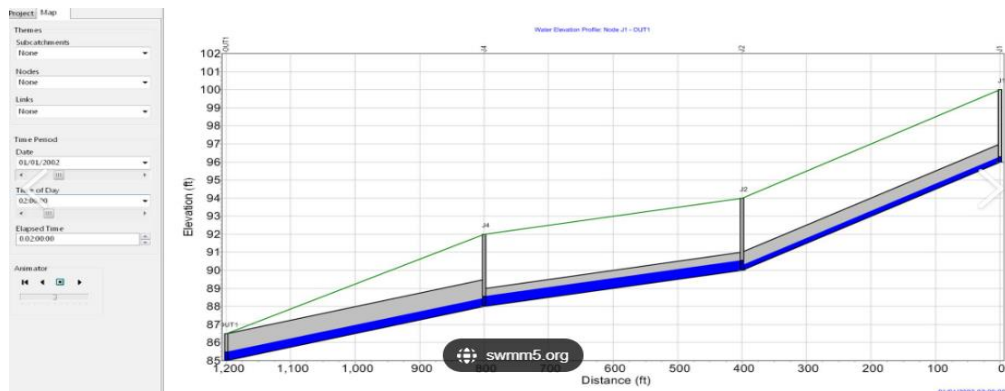
Sub Cuencas y conductos del área de estudio en EPA SWMM



Nota. En zonas urbanas, define las cuencas y subcuencas para el cálculo del caudal de escorrentía superficial de diseño. Fuente: software EPA SWMM.

Figura 7

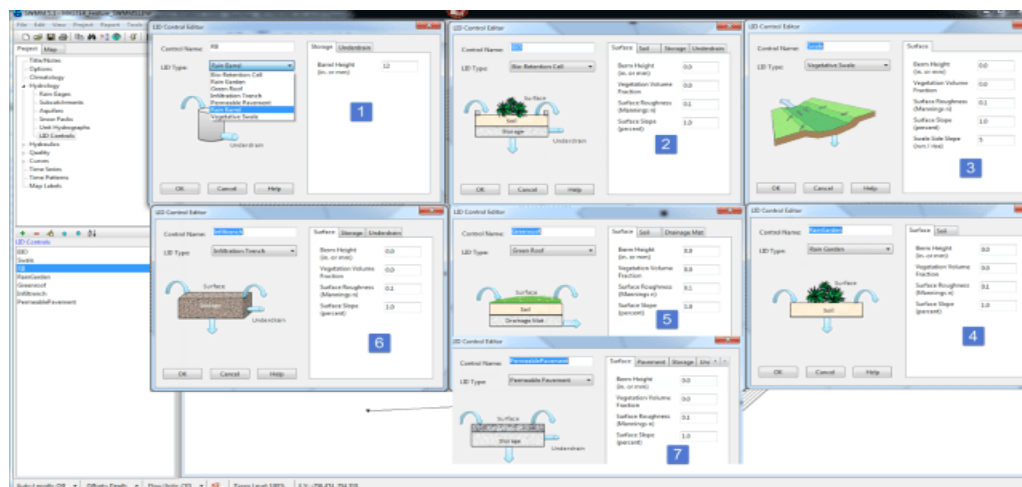
Flujo de la escorrentía superficial en el software EPA SWMM



Nota. La dirección de flujo dependerá del relieve de la superficie en estudio.
Fuente: software EPA SWMM.

Figura 8

Opciones de LID's para el drenaje sostenible



Nota. Para controlar las inundaciones o altura de precipitación, el software proporciona alternativas de solución de control para mitigar los riesgos, inundaciones, llamados LID's. Fuente: software EPA SWMM.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenible

Según Perales y Andrés (2008), al necesitar contrarrestar la gestión de las aguas de lluvia desde ámbito diferente a la convencional, que considere aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, se está desarrollando a nivel mundial el uso del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) o también conocidos como BMP's (Best Management Practice) o WSUD (Water Sensitive Urban Design).

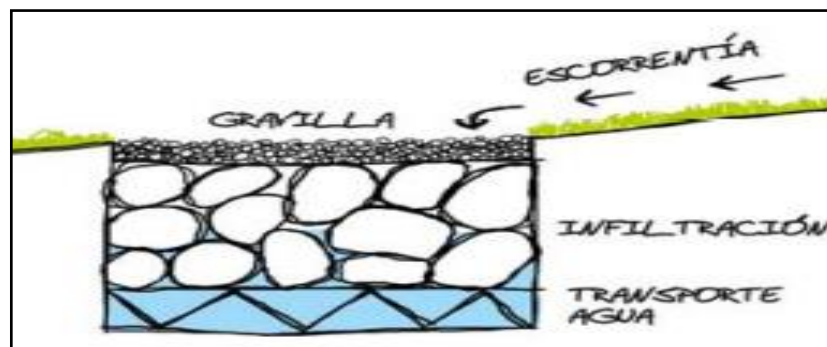
Los SUDS, es la aplicación de técnicas de planeamiento urbano y gestión de aguas pluviales, que pretende emular procesos hidrológicos en expansión urbana, controlando la escorrentía superficial, por ejemplo, el sistema drenante mostrado en la Figura 9.

Según Arce (2019), Las distintas técnicas implementadas en los SUDS tratan de combinarse como se muestra en la Figura 10, para conseguir los objetivos globales de una secuencia de gestión del agua de escorrentía.

- Proteger y mejorar el ciclo del agua en ambientes urbanos.
- Integrar el procesamiento de las aguas pluviales en el paisaje
- Proteger la calidad del agua
- Disminuir volúmenes de escorrentía superficial
- Incrementar el valor añadido minimizando costes
- Prevenir
- Almacenar
- Infiltrar

Figura 9

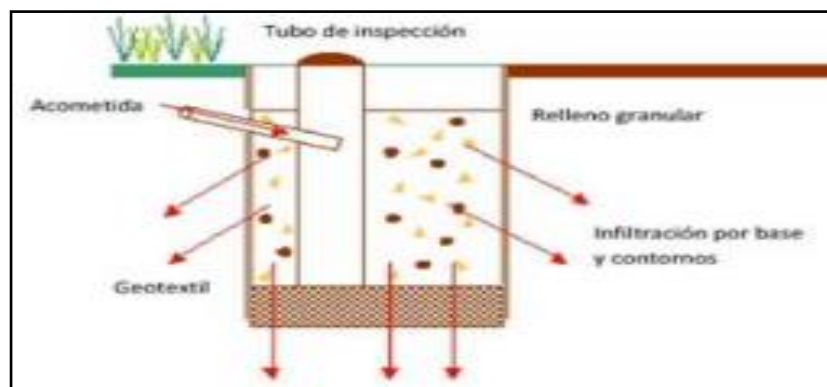
Canal de infiltración para aguas superficiales



Nota. El agua pluvial es direccionada hacia el canal. Fuente: Perales y Andrés (2008).

Figura 10

Pozo de infiltración



Nota. Este sistema es capaz de absorber totalmente la escorrentía generada por la precipitación. Fuente: Perales y Andrés (2008).

Según Valdivielso (2020), indica que en los SUDS se clasifican en dos tipos de medidas:

- Medidas no estructurales: son medidas que previenen parte de la contaminación del agua, disminuyendo fuentes potenciales de contaminación. Por ejemplo: concientización y participación ciudadana, control de químicos en parques y jardines, el cuidado en las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos, entre otros.

- Medidas estructurales: son aquellas medidas que se encargan de administrar la escorrentía contaminada mediante algún componente constructivo como pueden ser las cubiertas ecológicas, superficies permeables y franjas filtrantes, entre otros.

Desde este ámbito, la aplicación de los SUDS no solo mejora la gestión de las aguas pluviales, sino que también la gestión del agua en general, tanto como el abastecimiento, drenaje y posterior tratamiento, en la Tabla 1 se muestra un comparativo con el sistema tradicional, siendo así que los SUDS logra beneficios con respecto a los sistemas convencionales.

Tabla 1

Comparativa de sistemas convencionales y SUDS

	Sistema convencionales Colectores	Sistema alternativo SUDS
Coste de construcción	Pueden ser equivalentes, aunque los usos indirectos de los SUDS reducen su coste real.	
Costes de operación y mantenimiento	Establecido	No establecido: falta experiencia
Control de inundaciones en la propia cuenca	Si	Si
Control de inundaciones aguas abajo	No	Si
Reutilización	No	Si
Recarga / Infiltración	No	Si
Eliminación de contaminantes	Baja	Alta
Beneficios en servicios al ciudadano	No	Si
Beneficios educacionales	No	Si
Vida útil	Establecida	No establecido: falta experiencia.
Requerimientos de espacio	Insignificantes	Dependiendo del sistema, pueden ser importantes.
Criterios de diseño	Establecidos	No establecidos: falta experiencia.

Nota. El objetivo se cumple, pero con más beneficios con el sistema SUDS. Fuente: Perales y Andrés (2008).

Para poder realizar el diseño y aplicar técnicas de drenaje sostenible, es necesario la obtención de información previas para poder adecuar estas técnicas, siendo más importantes:

- La topografía para la identificación de las pendientes de la zona de estudio.
- El periodo de retorno de la lluvia.
- Características del suelo.
- El catastro de la zona.
- Información de sistema de alcantarillado existente.
- Parámetros hidráulicos.
- Sección Vial.

Según Fuentes (2015), el desarrollo de SUDS, fue iniciado en el continente de Europa con la primera aplicación que serían técnicas de drenaje sostenibles en el país de España que desde el año 2003 comenzó a difundirse, en la Figura 11 se muestra el ayuntamiento de Madrid, donde se aplica tecnología y criterios de la empresa Atlantis como se aprecian en la Figura 12 y Figura 13, en las obras de remodelación del Parque Gomeznarro como se aprecia el Figura 11, en la cual reemplazaron las carreteras convencionales y suelos impermeables con pavimentos permeables con el fin de controlar la escorrentía, la Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17 muestran el proceso constructivo desarrollado y que lograron reutilizar el agua para el riego de las áreas verdes evidenciadas en la Figura 18 de las zonas adyacentes.

Según SUDS S.L. (2019) indica que trasciende de una situación convencional de transitabilidad sobre superficie pétreo existente que al parecer no era lo conveniente para que se cumpla la filosofía SUDS, realizando todo el proyecto que la ejecución se encargó la empresa Eulen S.A., tuvo un coste de 55 000 euros.

a) Del cual el objetivo del proyecto era:

- Eliminar escorrentía.
- Erosión.
- Retener.
- Gestionar in situ las pluviales.

b) Siendo así que, para el cumplimiento del objetivo, el sistema SUDS contempló:

- Pavimentos permeables.

- Conducción subterránea.
- 10 depósitos de percolación con un total de 100 m³.

Por ello la obra fue calificada como “Buena Práctica” por el comité HABITAT español y también “Buena Práctica” contra el cambio climático por la Agencia Europea Contra el Cambio Climático.

Figura 11

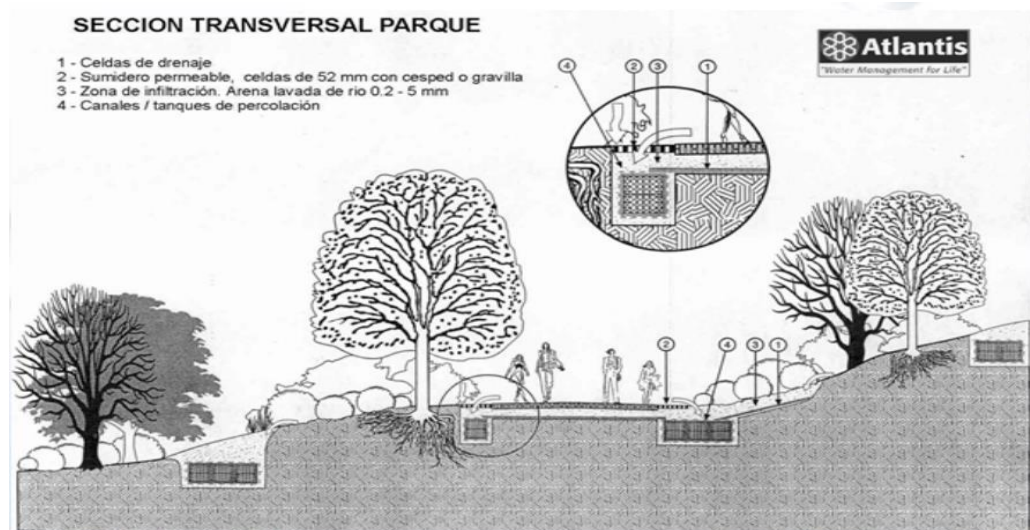
Situación inicial de la vía del Parque Gomeznarro



Nota. La pavimentación para tránsito peatonal era tradicional, con poca vegetación. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 12

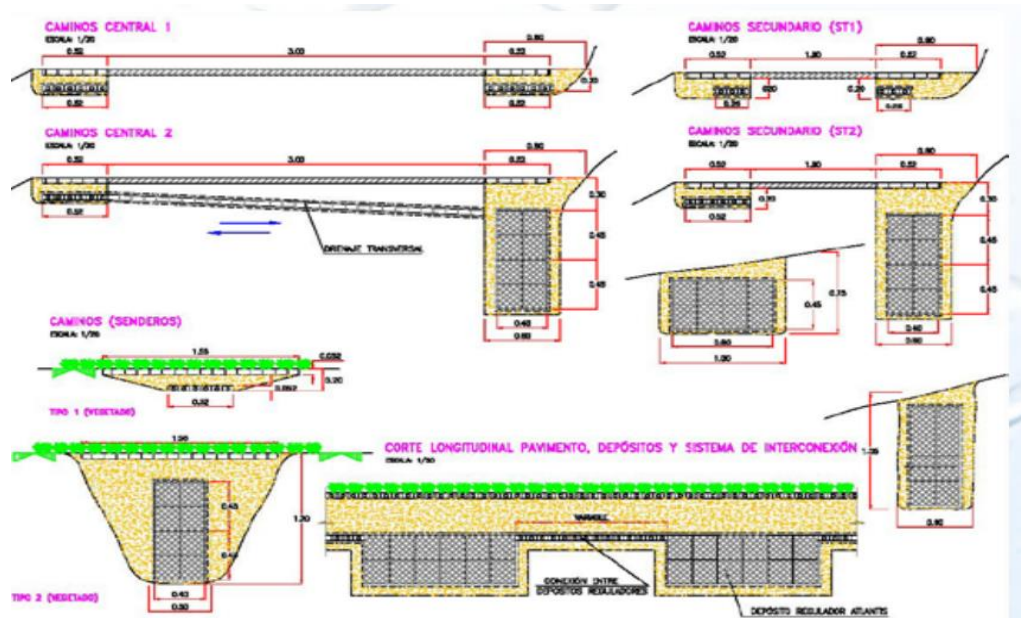
Proyecto SUDS de la empresa Atlantis



Nota. Este sistema obtuvo resultados favorables en el entorno ya que se pudo adaptar a la morfología del lugar. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 13

Secciones de vía de proyecto SUDS de la empresa Atlantis



Nota. En el largo tramo de la vía, lograron aplicar distintos sistemas de drenaje, para aprovechar el agua de escorrentía superficial. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 14

Proceso de construcción, instalación de las celdas de drenaje



Nota. El sistema de drenaje empleado en el Parque Gomeznarro, utiliza celda de infiltración. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 15

Vista frontal de la instalación de celdas de drenaje



Nota. Las celdas de infiltración se han utilizado en la longitudinal de vía. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 16

Vista en planta de proceso de construcción finalizado



Nota. El acabado superficial contiene espacios vacíos para que el agua pluvial pueda infiltrar. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 17

Vista aérea de la influencia del proyecto con SUDS



Nota. El proyecto fue aplicado en toda la vía del parque Gomeznarro. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

Figura 18

Expansión del área verde con la aplicación de SUDS

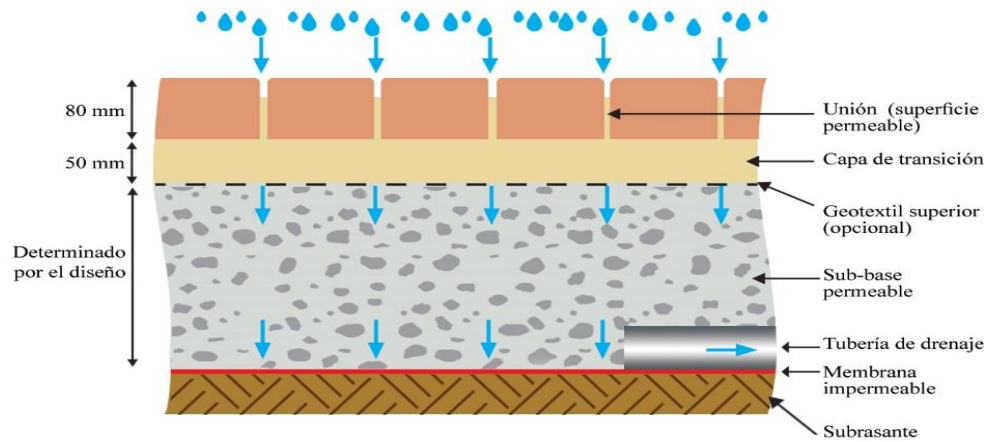


Nota. Se evidencia mayor área verde, por la influencia del sistema de drenaje que reutilizó el agua pluvial para regadío. Fuente: SUDS Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible S.L (2019).

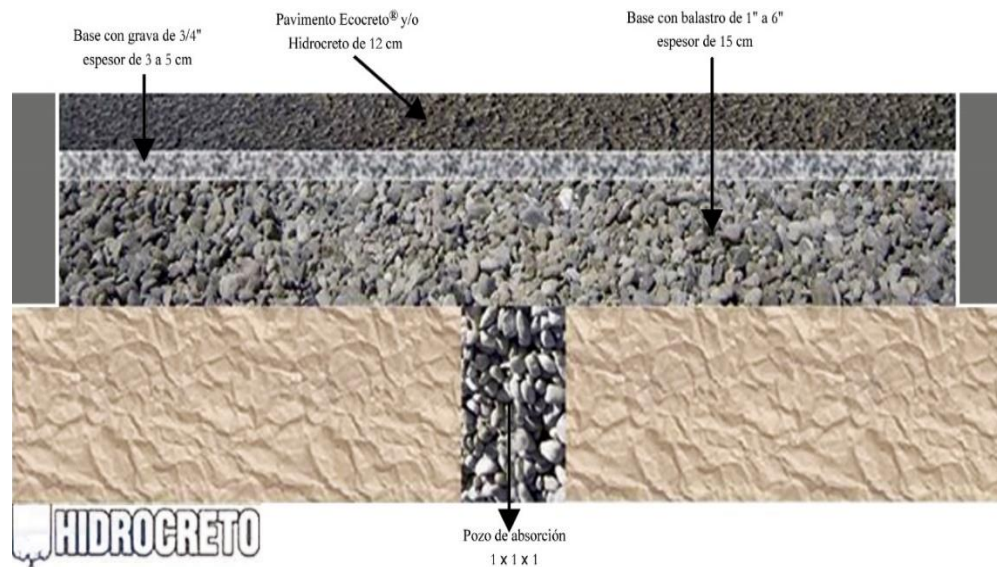
El desarrollo de estos sistemas de drenaje para la reutilización de las aguas pluviales, llevó a que se realice el proyecto LIFE NAdapta.

2.2.2. Pavimento Permeable Continuo

Según la EPA (2022) indica que son sistemas de áreas excavadas rellenas con grava y pavimentada con mezcla asfáltica o concreto permeable y también sistemas de adoquinado permeable colocados sobre un lecho de arena o con una capa de gavilla y una capa de almacenamiento de grava en la zona inferior, como los sistemas mostrados en la Figura 19 y Figura 20.

Figura 19*Drenaje con adoquinado*

Nota. Para zonas de estacionamiento. Fuente: Cárdenas, Albiter y Jaimes (2016).

Figura 20*Drenaje con concreto permeable*

Nota. Para zonas donde se acumulan las aguas superficiales. Fuente: Cárdenas, Albiter y Jaimes (2016).

Según la Iowa State University (2016), menciona que los pavimentos permeables, en la implementación de concreto permeable la infiltración del agua es de 25 % y su permeabilidad es de 0,7 cm/s.

2.2.3. *Trinchera de Infiltración*

Según la EPA (2022), indica que son zanjas angostas que contienen grava intercepta la escorrentía superficial de las áreas impermeables aguas arriba. Tiene la propiedad de proporcionar almacenamiento del volumen del agua pluvial y tiempo adicional para que la escorrentía capturada se infiltre en el suelo aguas abajo.

2.3. Definición de Términos

2.3.1. *Escorrentía Superficial*

Según Portillo (2015), menciona que es la que ocurre en la superficie y que tiene lugar antes de alcanzar un canal como puede ser un río o un lago. Agua procedente de lluvias y fluidos que proveniente de vertidos contaminantes, podemos encontrar en la escorrentía. Cuando se habla de la escorrentía superficial, si tiene lugar antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual.

2.3.2. *Tasa de Infiltración*

Según Cox (2006), indica que la tasa o velocidad de infiltración (mm/h) es la velocidad con la que el agua logra penetrar en el suelo a través de su superficie. Su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado.

2.3.3. *Pendiente*

Según Salazar y Gutierrez (2021), indica que la topografía, es la relación entre el espacio que recorremos verticalmente y el espacio que recorremos horizontalmente. La pendiente es un concepto que permite medir el grado de inclinación del terreno.

2.3.4. *Periodo de Retorno*

Según Bello y Velázquez (2012), refiere que el período de retorno de un evento es la cantidad de tiempo para la cual la probabilidad de ocurrencia se distribuye uniformemente en los periodos que componen dicha cantidad de tiempo.

2.3.5. *Drenaje*

Según Ortega (2000), indica que es la supresión natural o artificial del agua pluvial y del agua subterránea de un área con excedente de agua.

2.3.6. *Caudal Diseño*

Según Guibo (2012), refiere que el caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño. Siendo la suma de los caudales máximo horario, caudal de infiltración y el caudal de conexiones erradas.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Es de tipo Aplicativo – Descriptivo, ya que la propuesta puede ser empleada para poder mitigar los riesgos de anegamientos o encharcamiento, desarrollando el proceso de análisis, describiendo la estructura a emplear.

3.1.2. Nivel de Investigación

Es perceptual, ya que corresponde a una investigación cuyos objetivos corresponden a exploración del área de estudio y describir algún problema de investigación.

3.2. Población y/o Muestra de Estudio

Para el desarrollo de la investigación, la población de estudio son las Asociaciones de Vivienda, Las Begonias y Eben Ezer ubicadas en el sector de Cono Sur, en el Distrito de Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa de la provincia de Tacna de la Región de Tacna como se muestra en la Figura 22 y Figura 23, en la Figura 21 se muestra gráficamente la ubicación de la región de Tacna en el mapa del Perú.

La zona de estudio comprende un área de 375 846,67 m² (sombreado de color amarillo), del cual se realizará una expansión del área de influencia de estudio, ya que la escorrentía superficial, se acumulan debido al caudal que aportan las calles aledañas, quedando como área a considerar para el estudio de 1 217 032,023 m² o 121,70 hectáreas (la expansión comprende hasta lo sombreado de rojo), la Figura 24 muestra gráficamente la envergadura de lo que abarca el estudio.

Figura 21

Mapa departamental del Perú del Ministerio de Defensa



Nota. Se muestra la ubicación de la región de Tacna. Fuente: Ministerio de Defensa.

Figura 22

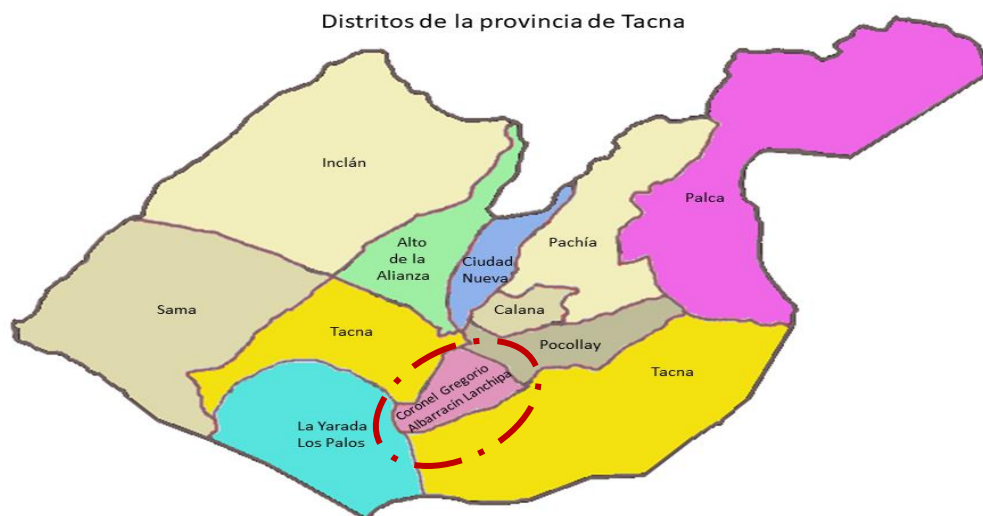
Mapa de la Región de Tacna del Ministerio de Energía y Minas



Nota. Se muestra la provincia de Tacna. Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Figura 23

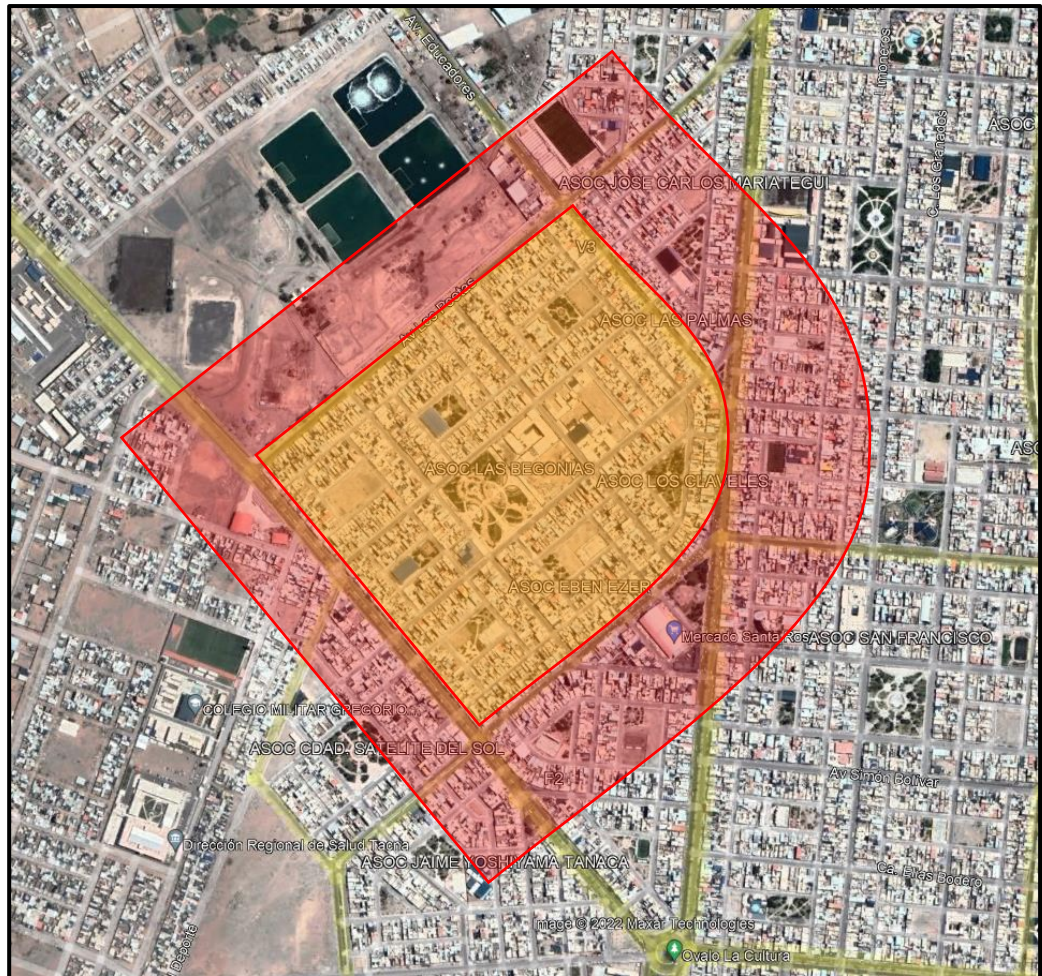
Mapa de la provincia de Tacna por distritos



Nota. Se indica el distrito. Fuente: Municipalidad Distrital de Tacna.

Figura 24

Área de estudio, distritos Las Begonias y Eben Ezer



Nota. Imagen satelital extraída del navegador Google Earth Pro. Fuente: Google Earth Pro.

3.3. Operacionalización de Variables

En la Tabla 2 se realiza la descomposición y se realiza el análisis de las variables, desarrollo comprende desde lo más general hasta lo específico y de menara conceptual se definen, mostrando las dimensiones e indicadores del estudio.

Tabla 2

Operacionalización de campos

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Caudal de diseño	Volumen de agua que convergerá a las obras de drenaje.	m^3/s o l/s	Q_d
Precipitación pluvial	Cantidad de litros de agua pluvial caídos por área de superficie.	L/m^2	mm
Infiltración	Paso gradual del líquido a través de los intersticios de un cuerpo.	mm/h	I
Área de influencia	Área en la cual se interviene.	m^2	A_i

Nota. Se muestran las variables de operación consideradas para esta investigación.

3.4. Técnicas e Instrumentación para la Recolección de Datos

3.4.1. Área de Estudio

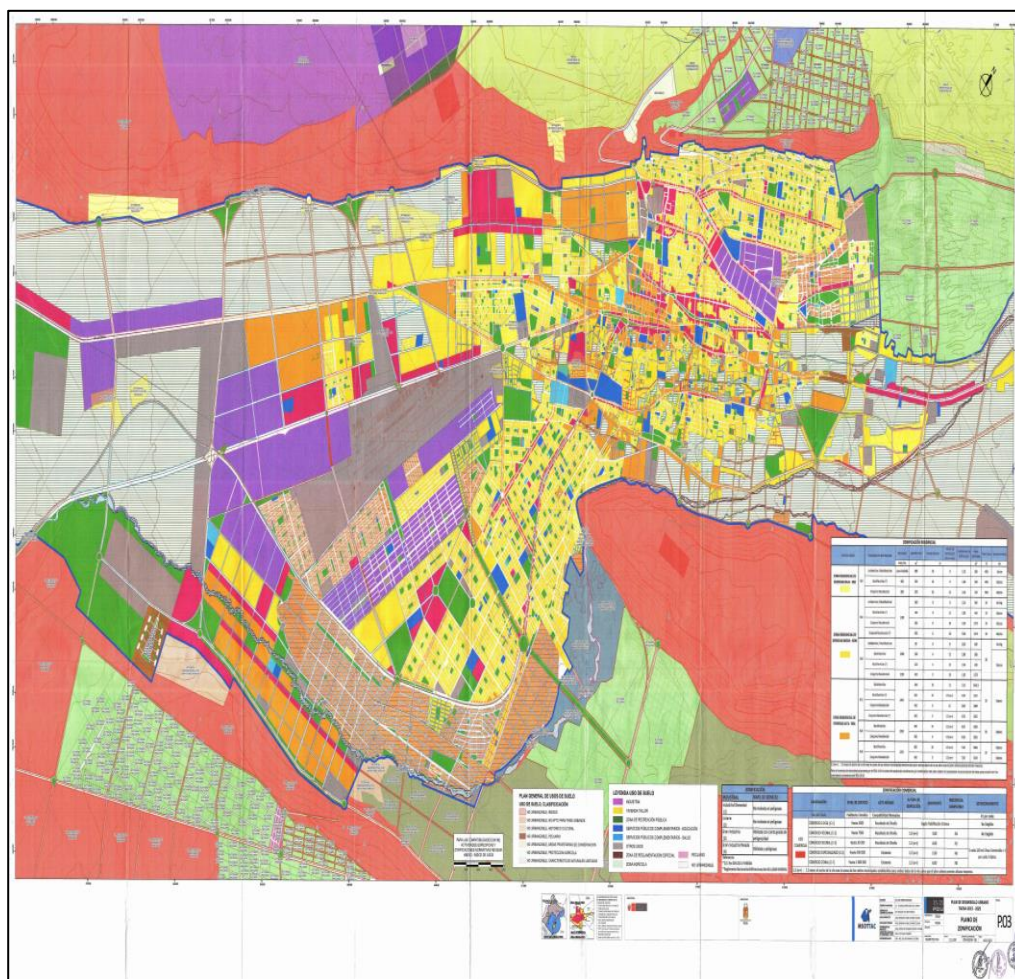
La muestra de estudio se logró obtener de acuerdo a la base catastral del distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, que contiene la siguiente información:

- Catastro del área urbana agrícola.
- Ubicación geográfica en coordenadas WGS-84 Zona 19S.
- Límites de asociación, juntas vecinales, etc.
- De las zonas urbana: manzanas y lotizaciones enumeradas de acuerdo a la información catastral.
- Área verdes, deportivas y zonas comerciales.

Todo ello establecidos y aprobados de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano 2015-2025 de la Municipalidad Provincial de Tacna como se aprecia en la Figura 25, donde indica el tipo de zonas de uso y secciones viales aprobadas mostradas en la Figura 26, según Ordenanza Municipal N°0019-2015.

Figura 25

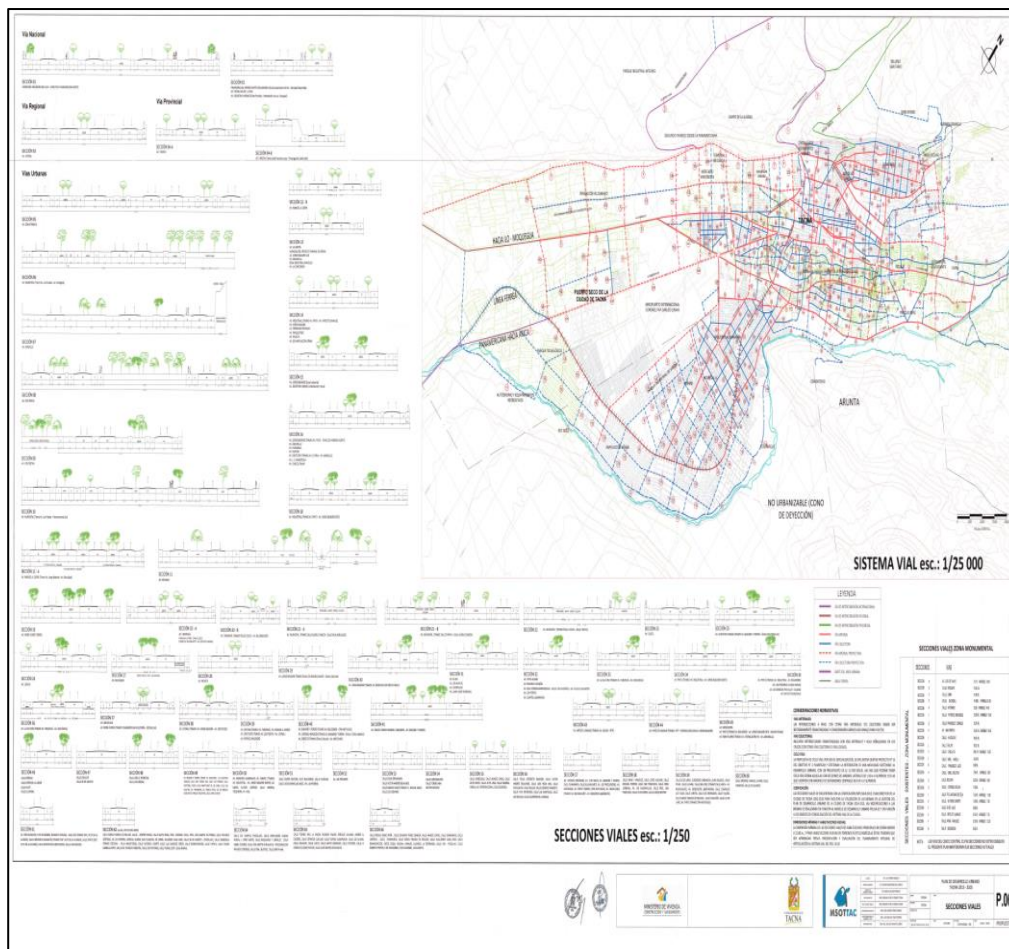
Plano de Zonificación aprobado de la provincia de Tacna



Nota. Zonas de uso de suelo según la zonificación del PDU - PAT - (2015 - 2025) - O.M. 0019 -2015 PDU - MPT. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

Figura 26

Plano de Secciones Viales aprobadas de la provincia de Tacna



Nota. Detalle de secciones viales aprobadas según PDU - PAT - (2015 - 2025) - O.M. 0019 - 2015 PDU – MPT con dimensiones. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

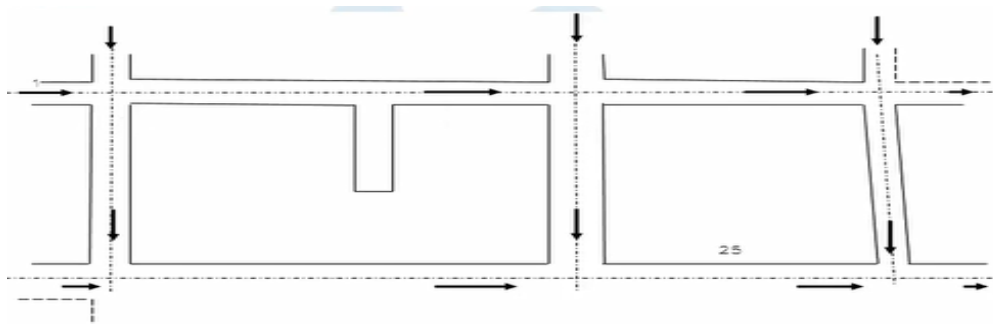
Del cual en la Figura 27 se pudo delimitar las asociaciones de Las Begonias y Eben Ezer, luego se expandió el área para poder considerar la influencia pluvial de las zonas aledañas, ya que aportan caudal al área de estudio, que se considerará parte del Caudal de Escorrentía y el diseño de las estructuras hidráulicas convenientes.

Figura 27*Delimitación de las asociaciones Las begonias y Eben Ezer*

Nota. Información de la Base Catastral del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

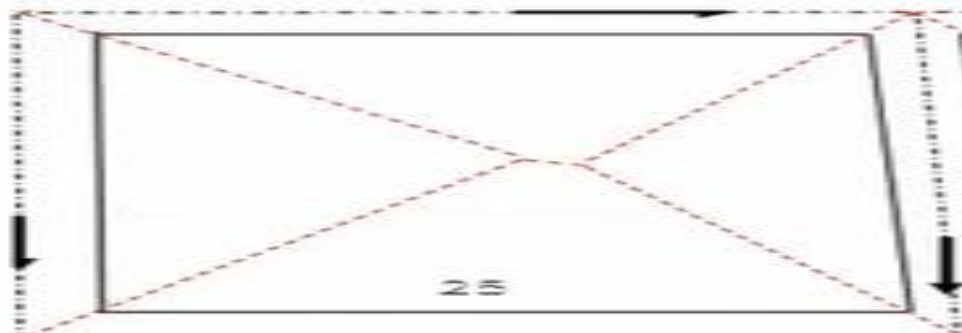
3.4.2. Delimitación de Cuenca Urbana

De los distintos métodos que se aplican para la delimitación de la cuenca, para este estudio se realizó el método de la “Aplicación por vías”, que implica la determinación de las áreas tributarias para cada vía en su zona perimetral, como se muestra en la Figura 28.

Figura 28*Determinación de los ejes viales*

Nota. Los ejes viales son longitudinales.

Que consiste en trazar bisectrices en los vértices o esquinas de las manzanas y prolongarla hasta que se intercepten al interior, por ejemplo, lo que se muestra en la Figura 29, para realizarlo, se utilizó como referencia los ejes de las calles como límites de las sub cuencas.

Figura 29*Trazado de bisectrices y prolongadas hasta que se intercepten*

Nota. Las bisectrices inician desde los vértices hasta que convergen.

3.4.3. Área de Subcuencas

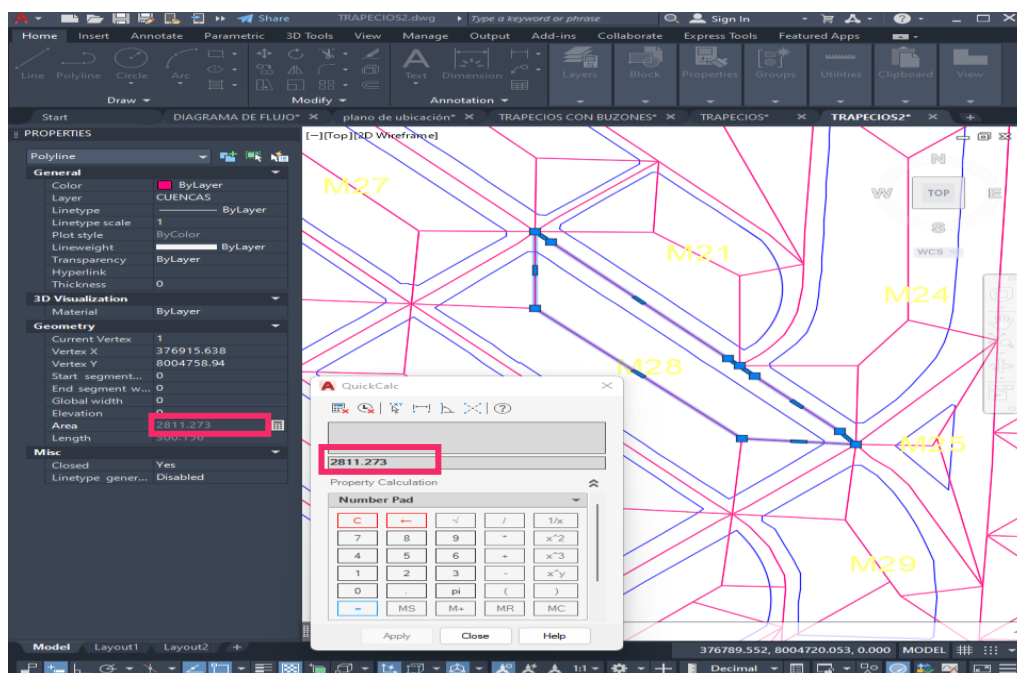
Para el cálculo del área de las subcuencas, que son utilizadas para el análisis y obtención de la escorrentía superficial del área urbana en estudio, se empleó los datos generados por el software AutoCad versión 2022, que a través de una poligonal

cerrada, se logra obtener el área que se visualiza en el apartado de Propiedades, aunque también se puede aplicar los distintos métodos y ecuaciones para la determinación del área con aproximaciones los más precisas posibles.

Se obtiene el área, dibujando con la herramienta Polyline la forma geométrica irregular de la subcuenca, la mayoría de las veces son de forma trapezoidal o triangular. Al cerrar el polígono, se selecciona el objeto dibujado y se hace click en la herramienta Join para unir totalmente el polígono. Luego se seleccionó lo mencionado y activando la herramienta Propiedades, se puede obtener el área en una de sus casillas, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Área de la poligonal cerrada en el software AutoCad 2022



Nota. El área de la subcuenca, está delimitada del eje longitudinal de las vías.

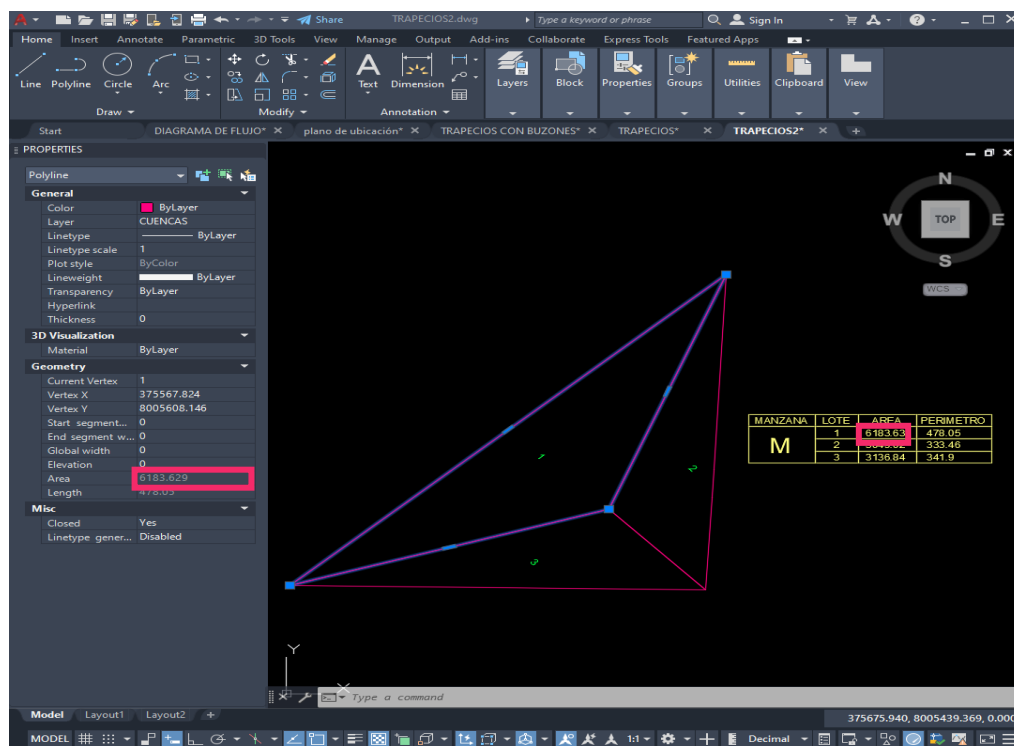
Si bien se puede realizar el mismo procedimiento para cada cuenca, ello implica mayor demanda de tiempo para la obtención de los datos requeridos, entonces, para agilizar el proceso se utilizó la aplicación de un Lisp añadiéndolo al software AutoCad.

Según Nima (2020) indica que el Lisp de denominado “CUADRO DE AREAS LOTE Y MANZANA(WW).LISP” es un archivo programado automático para la obtención de áreas y perímetros de lotes por cada manzana del área urbana, este

Lisp es empleado usualmente para la gestión de planos urbanos, bases catastrales o para el saneamiento físico legal de algún predio, en la Figura 31 se muestra un ejemplo de ello.

Figura 31

Obtención del área en m² utilizando auto LISP.



Nota. El LISP considera el resultado del área redondeado a 2 decimales.

3.4.4. Sentido de Flujo

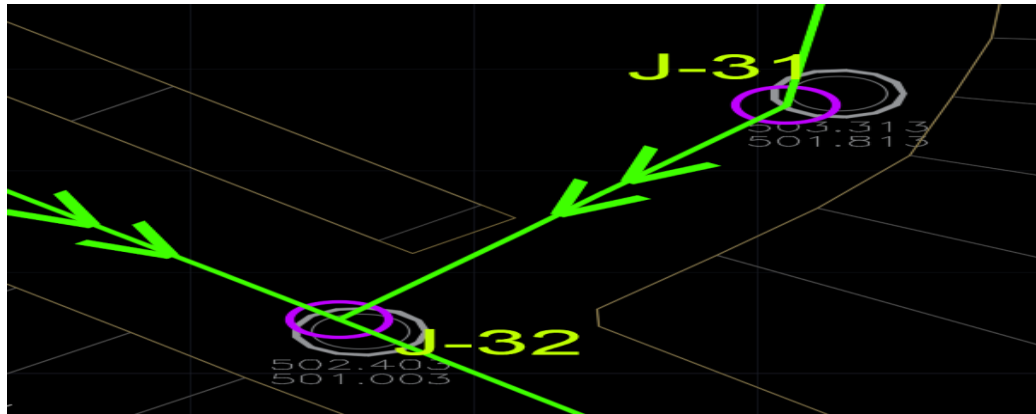
De acuerdo a las pendientes existente de las vías de la zona urbana de estudio, la dirección del recorrido pluvial superficial se adapta, siendo así la inspección visual, identificando las pendientes por las cuales el flujo de agua realizará el recorrido, como se muestra en la Figura 32 y Figura 33, ello para poder aplicar los distinto métodos SUDS.

Los datos para determinar el sentido de flujo se extrajeron del catastro de saneamiento de la Empresa Prestadora de Servicios – EPS, donde contiene la información de cotas de tapa de los buzones existentes de la red de alcantarillado.

Con las diferencias de cotas se puede obtener el grado de inclinación que hay en la superficie vial y así determina el flujo de la escorrentía.

Figura 32

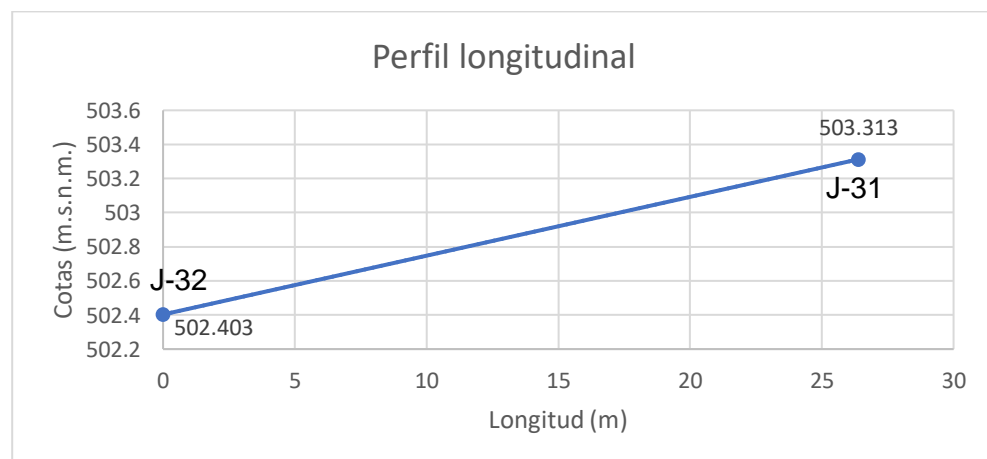
Sentido de flujo debido a la escorrentía



Nota. La escorrentía es direccionada de acuerdo a las vías del catastro urbano y la pendiente.

Figura 33

Dirección de flujo del tramo J-31 a J-32



Nota. Se muestra la pendiente del tramo J-31 a J-32.

Como se pudo apreciar en la Figura 33, la pendiente que resulta de la diferencia de cotas, dio a entender o determinar que el sentido de flujo de la escorrentía superficial es desde el “nodo” J-31 hacia J-32.

El procedimiento mencionado se aplicó para todos los demás tramos, siendo así que el cambio de dirección de flujo está determinado por los “nodo” con etiqueta de prefijo “J-“ enumeradas desde el 1 al 242.

Los conductos o links que enlazan los nudos están denominados con etiqueta de prefijo “Condu-” y enumeradas desde el 1 al 389, del cual se mostrará la base de datos posteriormente.

3.4.5. Intensidad de Precipitación

Los datos de hidrológicos se extrajeron de base de datos pluviométricos del Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, siendo así que, en la Figura 34 se muestra que SENAMHI registra datos de los eventos climáticos que suceden en el Perú, con el ayuda de las estaciones hidrológicas ubicadas estratégicamente, como lo es la Estación Jorge Basadre Grhoman en la Provincia de Tacna.

3.4.6. Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

El Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, también proporciona la generación de visualizaciones numéricas y gráficas de las curvas IDF, como se muestra en la Figura 35, proporcionando intensidades de precipitación para una diversidad de periodos de retorno (2, 5, 10, 10, 30, 50, 100, 200, 500 y 100 años) y duraciones (1 a 24 horas), estos datos están basados en datos históricos, así como condiciones climáticas futuras que permiten aportar indicadores efectivos y eficientes para el diseño hidrológico.

Los datos son resultado de la siguiente expresión deducida:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} \cdot \left(\frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1}, \text{ para: } t \leq t_g \quad (1)$$

Donde:

$P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de periodo de retorno, estimado para el sitio

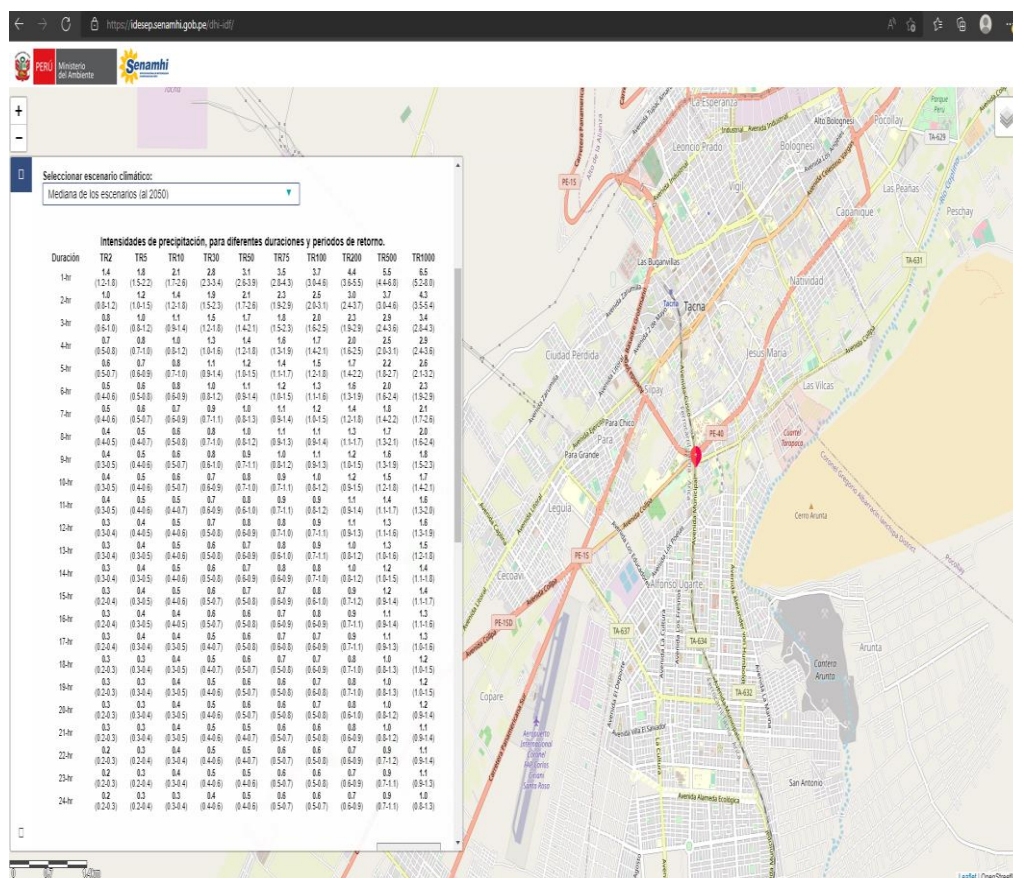
t : Duración en horas.

t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú.

b y n : Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente

Figura 34

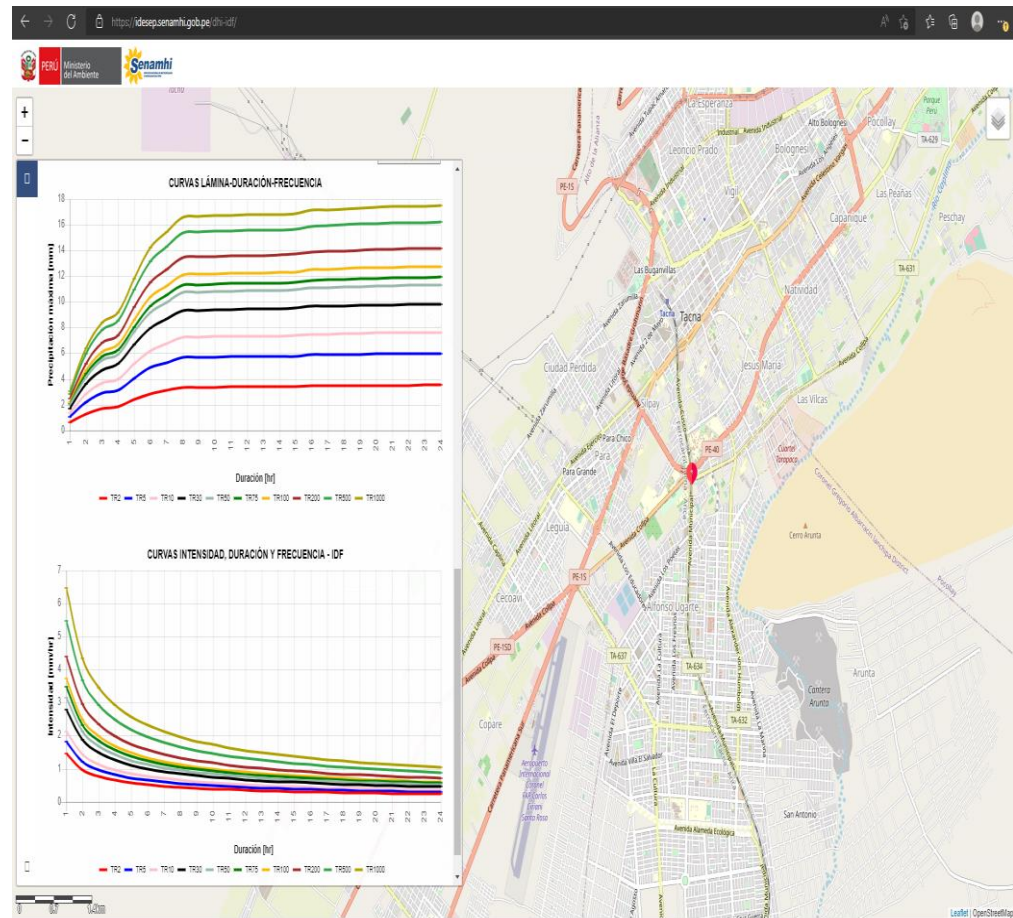
Portal SENAMHI de intensidades de precipitación



Nota. Los datos hidrológicos son proporcionados por las estaciones meteorológicas. Fuente: SENAMHI.

Figura 35

Curvas IDF



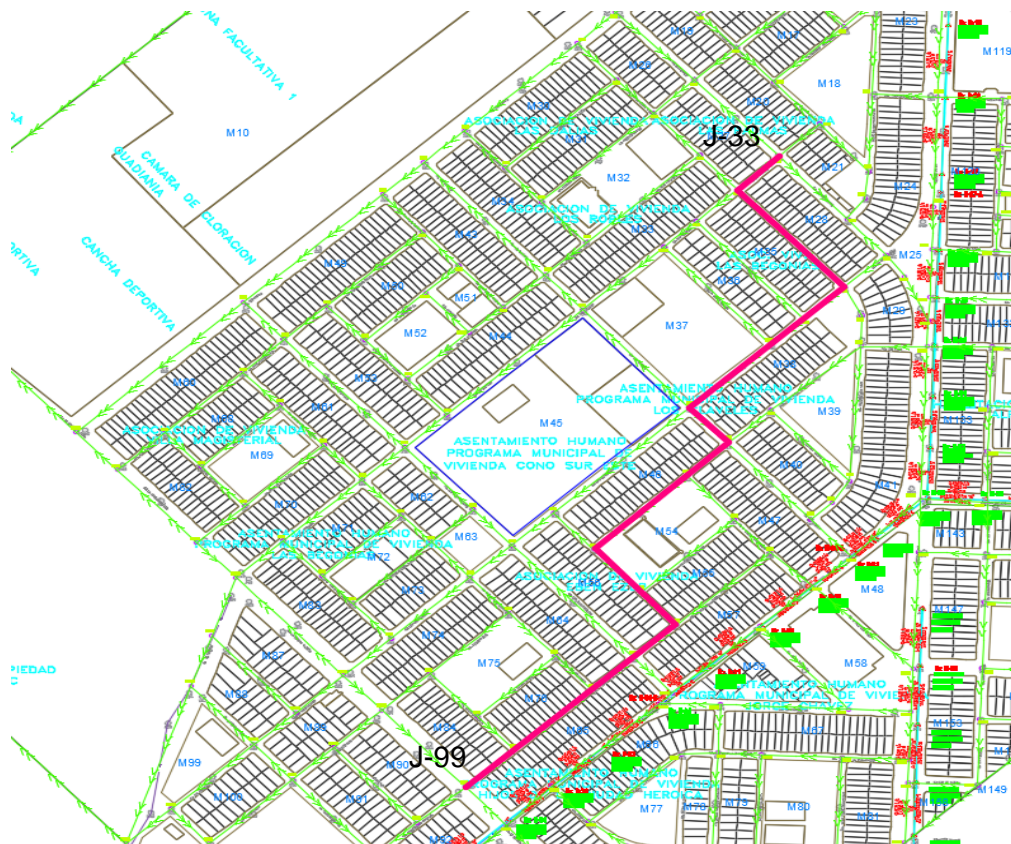
Nota. De las intensidades de precipitación se genera las curvas IDF para cada periodo de retorno T_r . Fuente: SENAMHI.

3.4.7. Longitud de Recorrido Más Largo

La longitud más larga que recorrerá la escorrentía superficial mostrada en la Figura 36, se obtuvo de acuerdo al sentido y dirección de flujo y la zona más alejada de entrada y salida de la cuenca urbana del área de estudio.

Figura 36

Entrada y salida del recorrido más largo



Nota. Se muestra el trayecto más largo que recorrerá la escorrentía superficial.

Entonces de acuerdo a la Figura 36, el recorrido inicia en el nodo J-33 y termina en el nodo J-99, siendo el flujo más largo de entrada y salida respectivamente que atraviesa la cuenca urbana del área de estudio.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

Para poder procesar los datos, se tuvo que emplear las herramientas como es los softwares:

- AutoCad
- Excel
- Lisp
- EpaSiwmm v5.2

También ensayos de campo para obtener resultados más precisos y que son aplicados para el desarrollo del cálculo.

- Ensayo de Infiltración con el Anillo doble.

3.5.1. Área de Influencia de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, según la georreferenciación topográfica se obtuvo los siguientes datos:

3.5.1.1. Área de Influencia Extendida.

Comprende el área de estudio ampliada por aporte pluvial de las zonas aledañas al área de estudio, la Tabla 3 muestra los datos georreferenciados y la Figura 37 (en su versión más completa, ver Anexo E) muestra gráficamente su forma geométrica.

Tabla 3

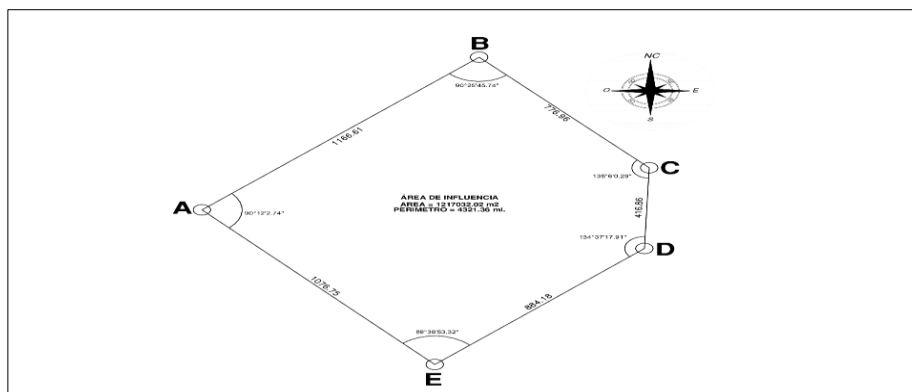
Datos técnicos topográficos del área de influencia

Vértice	Lado	Distancia (m)	Ángulo Interior	Coordenadas (WGS-84 - 19S)	
				Este (X) m	Norte (Y) m
A	A—B	1166,61	90°12'2,74"	365919,1673	8004548,7748
B	B—C	776,96	90°25'45,74"	366780,4081	8005335,6925
C	C—D	416,86	135°06'0,29"	367308,7797	8004766,0489
D	D—E	884,18	134°37'17,91"	367293,8497	8004349,4602
E	E—A	1076,75	89°38'53,32"	366642,6839	8003751,3300
Perímetro		4321,36	540°00'00"		
Área		1217032,02 m ²			

Nota. Los datos están georreferenciados en coordenadas UTM WGS-84 – Zona 19S.

Figura 37

Poligonal cerrada del área de influencia



Nota. Con esta poligonal se delimita el área de la investigación.

3.5.1.2. Área de Estudio.

Comprende el área en la cual se consideran el diseño de los sistemas de drenaje pluvias sostenibles. La Tabla 4 muestra los datos técnicos de georreferenciación.

Tabla 4

Datos técnicos topográficos del área de estudio

Vértice	Lado	Distancia (m)	Ángulo Interior	Coordenadas (WGS-84 - 19S)	
				Este (X) m	Norte (Y) m
A	A—B	187,52	153°34'30,00"	367041,6282	8004648,2509
B	B—C	503,82	134°49'56,25"	367034,5438	8004460,8604
C	C—D	211,02	89°47'52,53"	366664,0818	8004119,4002
D	D—E	358,60	181°42'39,06"	366521,6101	8004275,0707
E	E—F	662,74	88°14'31,29"	366271,7162	8004532,2578
F	F—G	357,34	90°23'12,07"	366760,9781	8004979,2975
G	G—H	25,31	175°37'28,26"	367003,7941	8004717,1233
H	H—A	53,80	165°49'50,54"	367019,5238	8004697,2982
Perímetro		2360,15	1080°00'00"		
Área		361343,07 m ²			

Nota. Estos datos están georreferenciados en coordenadas UTM WGS-84 – Zona 19S.

3.5.1.3. Asociaciones de Viviendas Intervenidas

Comprende las Asociaciones de Vivienda, Las Begonias y Eben Ezer donde se realiza el estudio, a las cuales el diseño de drenaje pluvial les beneficia. La Tabla 5 y Tabla 6 muestran los datos georreferenciados y la Figura 38 (en su versión más completa, ver Anexo E) y Figura 39 muestran gráficamente su forma poligonal, respectivamente.

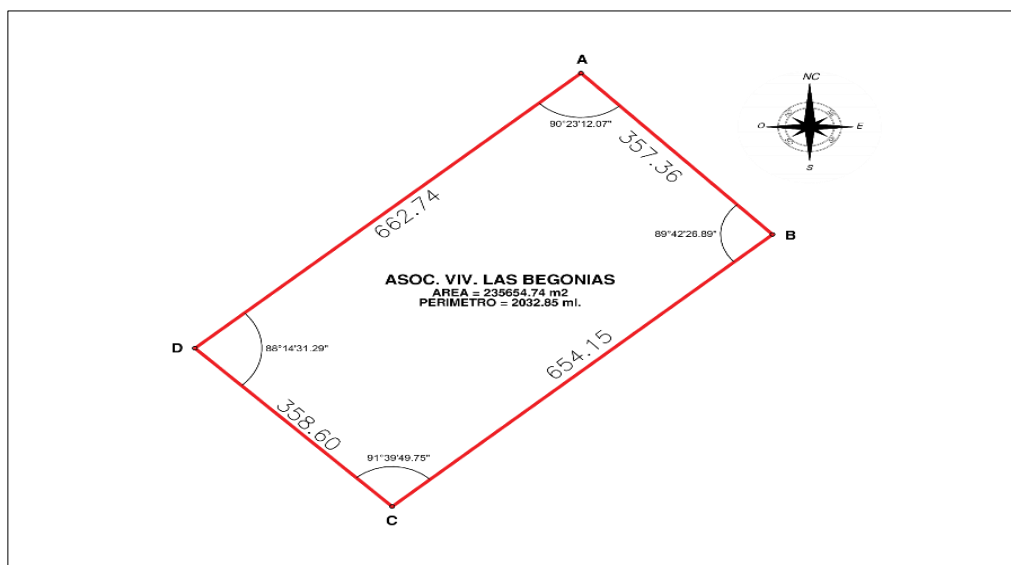
Tabla 5

Datos técnicos topográficos, Asoc. Viv. Las Begonias

Vértice	Lado	Distancia (m)	Ángulo Interior	Coordenadas (WGS-84 - 19S)	
				Este (X) m	Norte (Y) m
A	A—B	357,36	90°23'12,07"	366760,9781	8004979,2975
B	B—C	654,15	89°42'26,89"	367003,8061	8004717,1104
C	C—D	358,60	91°39'49,75"	366521,6101	8004275,0707
D	D—A	662,74	88°14'31,29"	366271,7162	8004532,2578
Perímetro		2032,85	360°00'00"		
Área		235654,74 m ²			

Figura 38

Poligonal cerrada de las Asociación de Vivienda Las Begonias



Nota. Polígono resultante del levantamiento catastral.

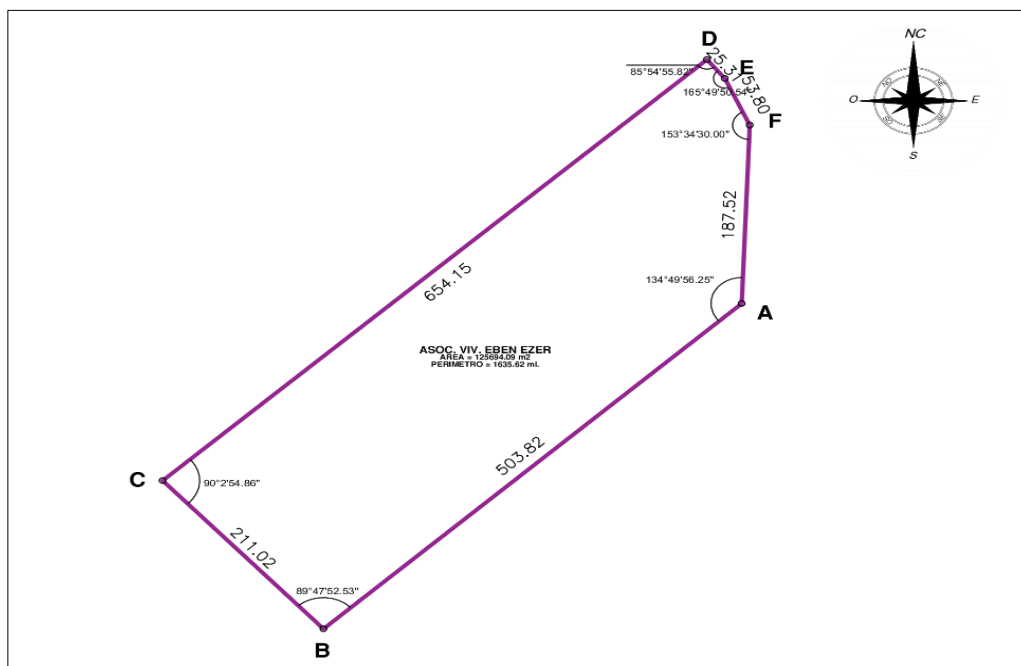
Tabla 6

Datos técnicos topográficos, Asoc. Viv. Eben Ezer

Vértice	Lado	Distancia (m)	Ángulo Interior	Coordenadas (WGS-84 - 19S)	
				Este (X) m	Norte (Y) m
A	A—B	503,82	134°49'56.25"	367034,5438	8004460,8604
B	B—C	211,02	89°47'52.53"	366664,0818	8004119,4002
C	C—D	654,15	90°02'54.86"	366521,6101	8004275,0707
D	D—E	25,31	85°54'55.82"	367003,7941	8004717,1233
E	E—F	53,80	165°49'50.54"	367019,5238	8004697,2982
F	F—A	187,52	153°34'30.00"	367041,6282	8004648,2509
Perímetro		1635,62	720°00'01 "		
Área		125694,09 m ²			

Figura 39

Poligonal cerrada de la Asociación de Vivienda Eben Ezer



Nota. Polígono resultado del levantamiento catastral.

3.5.2. Áreas de Subcuencas

Las Sub cuencas son determinados a partir del método mencionado en el ítem 3.4.3, por lo que se generó una base de datos sobre las áreas de las subcuencas, que luego son añadidas al software EpaSwimm v5.2 para el posterior análisis.

El procesamiento para la obtención de los datos fue a través del código de programación de la aplicación Lisp mencionada anteriormente, este código de programación se muestra en la Figura 40.

Figura 40

Código de programación para áreas y perímetros

```
(defun c:WW () (terpri)

  (command "units" "" "3" "1" "3" "0" "y")

  (command "layer" "n" "Cuadro_de_Areas" "m" "Cuadro_de_Areas" "Color" "51" "" "")

  (initget 7)(setq ht (getreal "Introduzca la altura de texto: "))

  (command "style" "" "" ht "" "" "N" "N" "N")

  (initget 7)(setq m (getint "Iniciar Numeración de Lotes en: "))(terpri)

  (initget 1)(setq mz (getstring "Denominacion de la Manzana [Numero o Letra: "))(terpri)

  (if (= mz "")

    (setq mz "a"))

  (setvar "osmode" 1)
```

```

(initget 1)(setq po1 (getpoint "Especifique Primer Punto Inferior para la Orientación: "))(terpri)

(initget 33)(setq po2 (getpoint po1 "Especifique Segundo Punto Superior para la Orientación: "))(terpri)

(setvar "osmode" 0)

(setq ori (- 90 (/ (* (angle po1 po2) 180) pi)))

(setq mnz (strcase mz nil))

(setq pu (getpoint "Insertar Cuadro de Areas: "))(terpri)

(setq alto (* 2 ht))

;;;Titulo del Cuadro de Areas

(setq pmib (list (car pu) (- (cadr pu) alto)))

(setq pmda (list (+ (car pu) (* 8.5 ht)) (cadr pu)))

(setq pmdb (list (+ (car pu) (* 8.5 ht)) (- (cadr pu) alto)))

(command "pline" pu pmda pmdb pmib "c")

(setq pum (inters pu pmdb pmda pmib))

(command "text" "J" "M" pum "0" "MANZANA")

(setq plia pmda)

(setq plib (list (car plia) (- (cadr plia) alto)))

(setq plda (list (+ (car plia) (* 5.5 ht)) (cadr plia)))

(setq pldb (list (+ (car plia) (* 5.5 ht)) (- (cadr plia) alto)))

(command "pline" plia plda pldb plib "c")

(setq pul (inters plia pldb plda plib))

(command "text" "J" "M" pul "0" "LOTE")

(setq paia plda)

(setq paib (list (car paia) (- (cadr paia) alto)))

(setq pada (list (+ (car paia) (* 7.5 ht)) (cadr paia)))

(setq padb (list (+ (car paia) (* 7.5 ht)) (- (cadr paia) alto)))

(command "pline" paia pada padb paib "c")

(setq pua (inters paia padb pada paib))

(command "text" "J" "M" pua "0" "AREA")

```



```

(setq ppia pada)

(setq ppib (list (car ppia) (- (cadr ppia) alto)))

(setq ppda (list (+ (car ppia) (* 9.5 ht)) (cadr ppia)))

(setq ppdb (list (+ (car ppia) (* 9.5 ht)) (- (cadr ppia) alto)))

(command "pline" ppia ppda ppdb ppib "c")

(setq pup (inters ppia ppdb ppda ppib))

(command "text" "J" "M" pup "0" "PERIMETRO")

(setq n m)

(setq nom1 0)

(setq ch1 0)

(setq ch2 1000)

(command "layer" "n" "N°_Lote" "m" "N°_Lote" "Color" "100" "" "")

(setq pliar plib)

(while

(setq obj1 (entsel "Seleccionar Parcelas: ")) (terpri)

(if (= obj1 nil)

(setq obj1 (entsel "Seleccionar Parcelas: ")) )

(command "area" "o" obj1)

(setq ar (rtos (getvar "area") 2 2))

(setq pr (rtos (getvar "perimeter") 2 2))

(setvar "clayer" "N°_Lote")

(setq obj2 (car obj1))

(setq nt (cadr obj1))

(setq nom0 (entget obj2)) ;; Es la lista general

(setq p1 (assoc 10 nom0)) ;; Primer vertice

```

```
(setq xp1 (list (cadr p1)))  
  
  (setq yp1 (list (caddr p1)))  
  
  (setq l2 (cdr (member p1 nom0)))  
  
;; Procedimiento para calcular el C.G de un poligono  
  
(while  
  
  (setq p2 (assoc 10 l2)) ;; Segundo vertice  
  
  (setq xp2 (list (cadr p2)))  
  
  (setq yp2 (list (caddr p2)))  
  
  
  (setq xp1 (append xp1 xp2))  
  
  (setq yp1 (append yp1 yp2))  
  
  
  
  (setq l3 (cdr (member p2 l2)))  
  
  (setq l2 l3)  
  
  )  
  
  (setq n1xp (reverse xp1))  
  
  (setq n1yp (reverse yp1))  
  
  (setq numx (length n1xp))  
  
  (setq numy (length n1yp))  
  
  (setq sumx (apply (quote +) n1xp))  
  
  (setq sumy (apply (quote +) n1yp))  
  
  (setq corx (/ sumx numx))  
  
  (setq cory (/ sumy numy))  
  
  (setq cg (list corx cory))  
  
  (command "text" "J" "M" cg ori n)
```

```

    (setvar "clayer" "Cuadro_de_Areas")

    (setq plibr (list (car pliar) (- (cadr pliar) alto)))

    (setq pldar (list (+ (car pliar) (* 5.5 ht)) (cadr pliar)))

    (setq pldbr (list (+ (car pliar) (* 5.5 ht)) (- (cadr pliar) alto)))

    (command "pline" pliar pldar pldbr plibr "c")

    (setq pulr (inters pliar pldbr pldar plibr))

    (command "text" "J" "M" pulr "0" n)

    (setq paiar pldar)

    (setq paibr (list (car paiar) (- (cadr paiar) alto)))

    (setq padar (list (+ (car paiar) (* 7.5 ht)) (cadr paiar)))

    (setq padbr (list (+ (car paiar) (* 7.5 ht)) (- (cadr paiar) alto)))

    (command "pline" paiar padar padbr paibr "c")

    (setq puar (list (+ (car paiar) ht) (- (cadr paiar) (/ alto 2))))

    (command "text" "J" "ML" puar "0" ar)

    (setq ppiar padar)

    (setq ppibr (list (car ppiar) (- (cadr ppiar) alto)))

    (setq ppdar (list (+ (car ppiar) (* 9.5 ht)) (cadr ppiar)))

    (setq ppdbr (list (+ (car ppiar) (* 9.5 ht)) (- (cadr ppiar) alto)))

    (command "pline" ppiar ppdar ppdbr ppibr "c")

    (setq pupr (list (+ (car ppiar) (+ ht 1)) (- (cadr ppiar) (/ alto 2))))

    (command "text" "J" "ML" pupr "0" pr)

    (setq pliar plibr)

    (setq n (1+ n))

    )

    (setvar "clayer" "Cuadro_de_Areas")

```

```
(setvar "clayer" "Cuadro_de_Areas")

  (setq p1 pmib)

  (setq p2 pmdb)

  (setq p3 pliar)

  (setq p4 (list (car p1) (cadr p3)))

  (command "pline" p1 p2 p3 p4 "c")

  (setq pfm (inters p1 p3 p2 p4))

  (setq alt (* ht 2.5))

  (command "style" "" "" alt "1" "0" "N" "N" "N")

  (command "text" "J" "M" pfm "0" mnz)

(princ )
```

Nota. El lenguaje realiza el cálculo automatizado de áreas y perímetros para el software AutoCad. Fuente: COFOPRI.

Del cual se obtuvo los siguientes datos mostrados en la Tabla 7, ya que la información es extensa, se muestra la versión reducida.

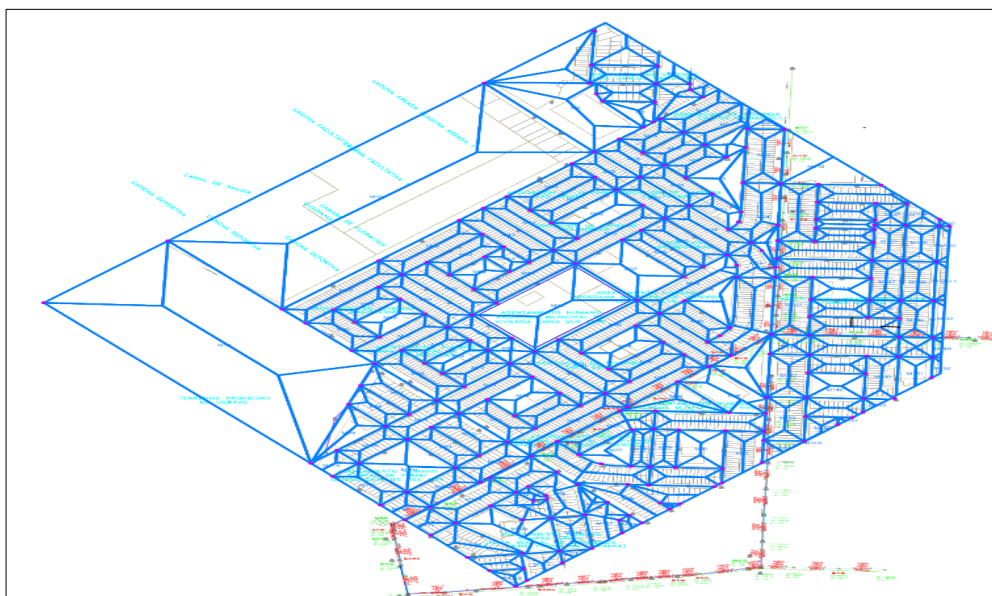
Las subcuencas están agrupadas de acuerdo a la nomenclatura de las manzanas de la zona urbana.

Tabla 7*Datos de áreas de Subcuencas*

Manzana	Sub cuenca N°	Área (m²)	Perímetro (m)
M1	1	6183,63	478,05
	2	3049,02	333,46
	3	3136,84	341,90
	4	4001,71	280,56
M2	5	1676,86	210,59
	6	2576,91	245,01
⋮	⋮	⋮	⋮
M157	597	114,08	51,59
	598	113,70	51,48
	599	998,47	152,15
M158	600	975,62	150,58
	601	32,56	89,76

Nota. Se muestra el resumen de los datos obtenidos.

Debido a que la información de la cuenca de la Figura 41, la base de datos que se generó es amplia, la información completa de la Tabla 7 está completa en el apartado de Anexo (ver Anexo B).

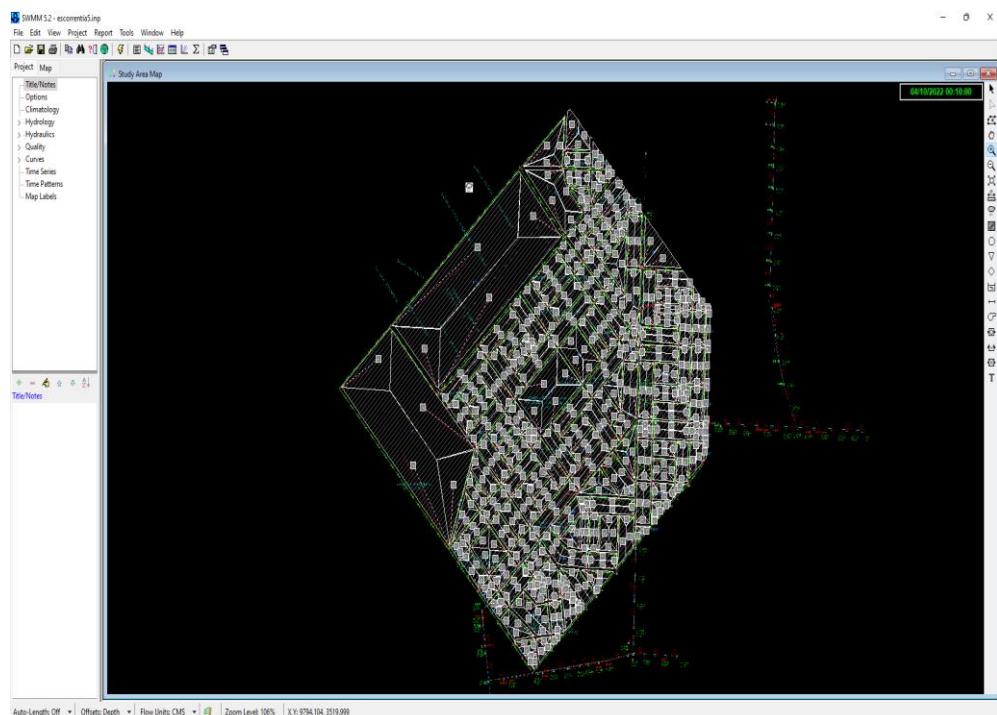
Figura 41*Sub cuencas del área de influencia*

Nota. La figura muestra las formas geométricas de las subcuencas, delimitadas por el eje vial.

Una vez definidos las áreas de las subcuencas del área de influencia de estudio, esos datos son modelados e ingresados al software EPA SWMM a través de su interfaz, recurriendo en principio a la generación de un nuevo proyecto o archivo para guardar los datos ingresados y luego realizar el modelamiento de las formas geométricas de las Sub Cuencas, como se muestra en la Figura 42 enumerándolas en un correlativo como se muestra en la Tabla 7.

Figura 42

Interfaz EPA SWMM del modelado del área estudiada



Nota. Subcuencas modeladas en el software.

Para un ingresar los datos de áreas de las subcuencas, se empleó el archivo generado al guardar el proyecto del EPA SWMM abriéndolo en el ordenador como archivo en bloc de notas, en la cual muestra los datos generados del software mencionado, como se muestra en la Figura 43, como una base de datos, en la cual tiene un apartado de las Subcuencas generadas, que llevándolas a un archivo Excel y ordenando las nuestras necesidades, se pueden ingresar los datos de áreas para cada Sub Cuenca de manera más rápida y luego regresarlas al bloc de notas del proyecto del EPA SWMM.

Figura 43

Base de datos generados por el software EPA SWMM

The image shows a Windows desktop environment. On the left, a Notepad window titled 'escorrentia5.inp: Bloc de notas' displays a data table. The table has columns: 'Name', 'Rain Gage', 'Outlet', 'Area', '%Imperv', 'Width', '%Slope', 'Curblen', and 'Snc'. The data rows represent subcatchments from Cuenc-1 to Cuenc-44. On the right, a File Explorer window shows the directory structure: 'SWMM152' > 'TESS' > 'CALCULO' > 'EPA SWMM - SUDS' > 'SUDS'. The files listed are 'escorrentia5.ini', 'escorrentia5.inp', 'escorrentia5.out', and 'escorrentia5.opt'.

Subcatchment	Rain Gage	Outlet	Area	%Imperv	Width	%Slope	Curblen	Snc
Cuenc-1	EST-38G	J-16	0.618363	100	113.274	0.5	0	
Cuenc-2	EST-38G	J-2	0.304892	100	77.504	0.5	0	
Cuenc-3	EST-38G	J-4	0.201804	100	79.737	0.5	0	
Cuenc-4	EST-38G	J-2	0.408171	100	80.243	0.5	0	
Cuenc-5	EST-38G	J-3	0.167686	100	33.625	0.5	0	
Cuenc-6	EST-38G	J-2	0.257691	100	50.887	0.5	0	
Cuenc-7	EST-38G	J-4	0.061752	100	23.254	0.5	0	
Cuenc-8	EST-38G	J-2	0.195379	100	73.575	0.5	0	
Cuenc-9	EST-38G	J-5	0.066667	100	24.879	0.5	0	
Cuenc-10	EST-38G	J-4	0.195463	100	73.607	0.5	0	
Cuenc-11	EST-38G	J-5	0.146563	100	55.192	0.5	0	
Cuenc-12	EST-38G	J-9	0.002998	100	31.255	0.5	0	
Cuenc-13	EST-38G	J-9	0.066783	100	25.149	0.5	0	
Cuenc-14	EST-38G	J-13	0.174342	100	53.776	0.5	0	
Cuenc-15	EST-38G	J-9	0.096695	100	29.833	0.5	0	
Cuenc-16	EST-38G	J-10	0.090726	100	16.786	0.5	0	
Cuenc-17	EST-38G	J-12	0.156655	100	51.907	0.5	0	
Cuenc-18	EST-38G	J-6	0.036722	100	13.829	0.5	0	
Cuenc-19	EST-38G	J-5	0.166567	100	62.725	0.5	0	
Cuenc-20	EST-38G	J-8	0.063978	100	24.093	0.5	0	
Cuenc-21	EST-38G	J-7	0.150757	100	56.772	0.5	0	
Cuenc-22	EST-38G	J-7	0.02838	100	10.687	0.5	0	
Cuenc-23	EST-38G	J-8	0.090832	100	40.238	0.5	0	
Cuenc-24	EST-38G	J-13	0.084871	100	34.684	0.5	0	
Cuenc-25	EST-38G	J-14	0.016084	100	10.78	0.5	0	
Cuenc-26	EST-38G	J-14	0.131344	100	52.833	0.5	0	
Cuenc-27	EST-38G	J-4	0.39996	100	86.553	0.5	0	
Cuenc-28	EST-38G	J-14	0.582372	100	119.51	0.5	0	
Cuenc-29	EST-38G	J-15	0.273985	100	50.743	0.5	0	
Cuenc-30	EST-38G	J-17	1.001134	100	154.258	0.5	0	
Cuenc-31	EST-38G	J-240	6.939364	100	520.973	0.5	0	
Cuenc-32	EST-38G	J-17	1.742095	100	128.306	0.5	0	
Cuenc-33	EST-38G	J-105	6.566356	100	523.257	0.5	0	
Cuenc-34	EST-38G	J-105	1.685201	100	129.911	0.5	0	
Cuenc-35	EST-38G	J-239	1.665363	100	128.958	0.5	0	
Cuenc-36	EST-38G	J-102	4.743872	100	366.662	0.5	0	
Cuenc-37	EST-38G	J-119	1.91367	100	148.393	0.5	0	
Cuenc-38	EST-38G	J-119	5.630021	100	436.605	0.5	0	
Cuenc-39	EST-38G	J-10	0.074585	100	29.93	0.5	0	
Cuenc-40	EST-38G	J-11	0.046847	100	22.064	0.5	0	
Cuenc-41	EST-38G	J-11	0.029629	100	14.197	0.5	0	
Cuenc-42	EST-38G	J-12	0.220704	100	94.409	0.5	0	
Cuenc-43	EST-38G	J-11	0.083776	100	25.099	0.5	0	
Cuenc-44	EST-38G	J-19	0.249965	100	94.131	0.5	0	

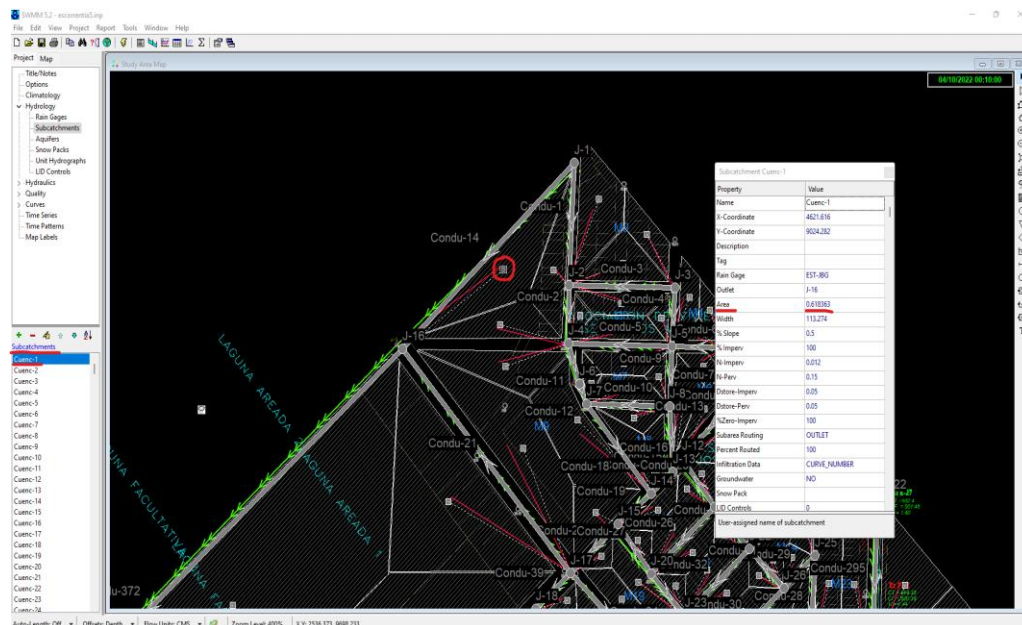
Nota. Información de la base de datos que se genera del modelamiento, considera los datos asignados. Fuente: EPA SWMM v5.2.

Los datos de áreas, si bien son en unidades de metros cuadrados, para poder ingresarlo al EPA SWMM, estos tienen que ser convertidos a hectáreas, por ello se le hace la conversión de unidades, ya que el software realiza los cálculos con esa conversión, entonces la Figura 44 muestra un ejemplo de ello.

Además, se realizó la inserción de las características hidrológicas para cada subcuenca, como los porcentajes de las áreas impermeables y permeable.

Figura 44

Modelamiento de subcuencas e introducción de datos



Nota. Asignación de datos hidrológicos en el software EPA SWMM.

3.5.3. Sentidos de Flujo

De acuerdo a las cotas de tapas de los buzones existentes, la información es amplia, el flujo de la escorrentía superficial es direccionada de acuerdo a esas pendientes, resultando el registro de la manera como se muestra en la Tabla 8 y la inserción de datos como se muestra en la Figura 45:

Tabla 8

Cotas de tapas de buzones existentes

Nodo / Name	Elevación (m) / Elevation
J-1	505,868
J-2	504,490
J-3	506,924
⋮	⋮
J-240	484,560
J-241	493,350
J-242	493,924

Nota. Se muestras el resumen.

Figura 45

Interfaz para la inserción de datos de nodo, elevaciones

The screenshot shows the SWMM 5.2 software interface. The main window displays a network diagram with numerous nodes (J-1 to J-50) and conduits (Condu-1 to Condu-50). A properties window for Junction J-27 is open, showing the following data:

Property	Value
Name	J-27
X-Coordinate	6306.273
Y-Coordinate	7075.866
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert EL	505.051
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0

Below the table, there is a field for "User-assigned name of junction". The software interface also shows a menu bar, a toolbar, and a status bar at the bottom with coordinates X,Y: 5064.372, 9004.283.

Nota. Los nodos (junctions) determinarán la dirección de flujo y la pendiente del tramo por la cual el agua pluvial recorre.

Debido a que la información de la base de datos que se generó es amplia, la información completa de la Tabla 8 está en el apartado de Anexo (ver Anexo C).

Tabla 9*Datos del sentido de flujo de la escorrentía superficial*

N° Conducto /Name	Inicio / From Node	Fin / To Node	Longitud (m) / Length	Rugosidad / Roughness
Condu-1	J-1	J-2	95,778	0,010
Condu-2	J-2	J-4	51,047	0,010
Condu-3	J-3	J-2	101,552	0,010
Condu-4	J-3	J-5	51,204	0,010
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Condu-386	J-75	J-74	156,143	0,015
Condu-387	J-92	J-93	40,245	0,015
Condu-388	J-53	J-62	49,701	0,015
Condu-389	J-62	J-67	113,626	0,015

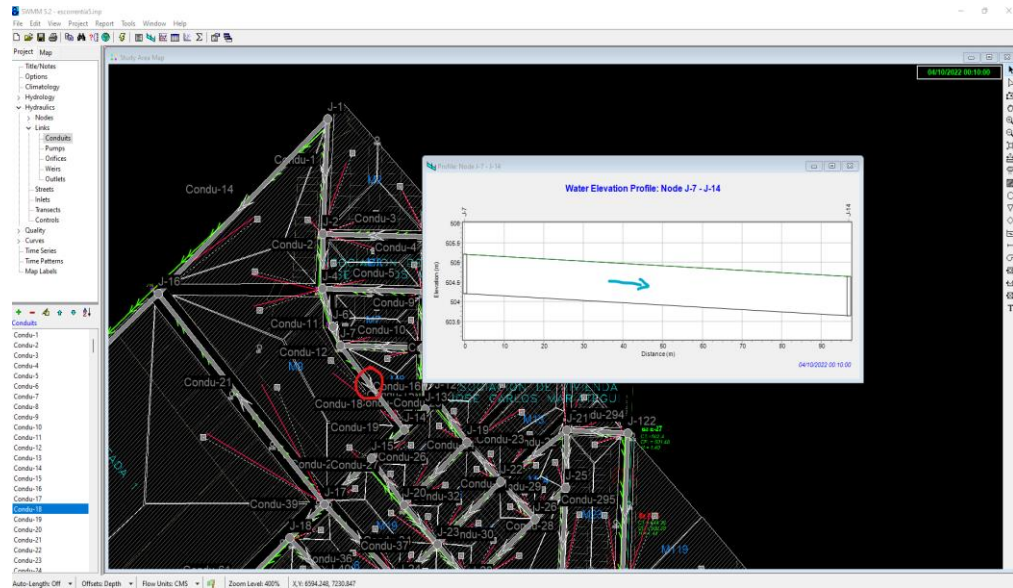
Nota. Se muestras el resumen.

Debido a que la información de la base de datos que se generó es amplia, la información completa de la Tabla 9 se encuentra en el apartado de Anexo (ver Anexo D).

Como la información a introducir al software EPA SWMM es considerable, se realiza procedimiento similar explicado en el punto 3.5.2, contemplando la longitud de cada tramo como también las características hidráulicas de los conductos, como se muestra en la Figura 46, Figura 47 y Figura 48.

Figura 46

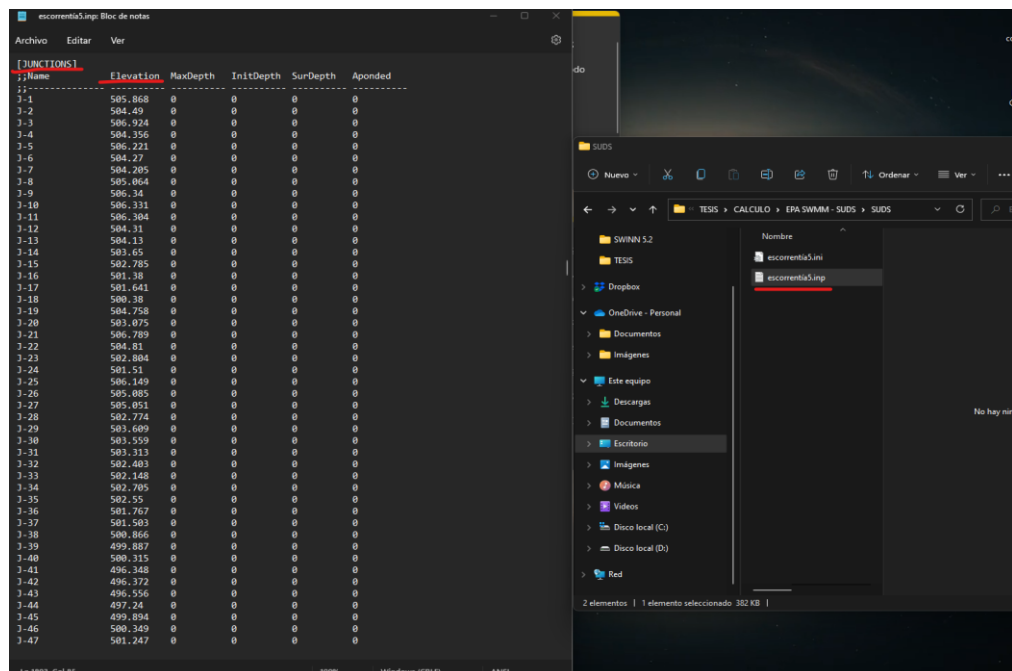
Sentido de flujo debido a las cotas de tapa de buzón



Nota. La verificación de la pendiente luego de introducir los datos de cota, se pueden verificar a través de las herramientas del EPA SWMM.

Figura 47

Ingreso de información de campo



Nota. En el archivo de generado por EPA SWMM, también se pueden introducir datos de campo. Fuente: EPA SWMM.

Figura 48

Base de datos de tramos y longitudes

The image shows a Notepad window titled 'escorrentia5.inp: Bloc de notas' containing a table of conduit data. The table has columns: Name, From Node, To Node, Length, Roughness, InOffset, OutOffset, and Init. The data lists 47 conduits with their respective node numbers and values. To the right, a File Explorer window shows the file 'escorrentia5.inp' selected in the path 'TESIS > CALCULO > EPA SWMM - SUDS > SUDS'.

Name	From Node	To Node	Length	Roughness	InOffset	OutOffset	Init
Condu-1	1-1	1-2	95.7782	0.01	0	0	0
Condu-2	1-2	1-4	51.0474	0.01	0	0	0
Condu-3	1-3	1-2	101.5515	0.01	0	0	0
Condu-4	1-3	1-5	51.2039	0.01	0	0	0
Condu-5	1-5	1-4	101.5515	0.01	0	0	0
Condu-6	1-9	1-5	52.4753	0.01	0	0	0
Condu-7	1-9	1-10	16.1734	0.01	0	0	0
Condu-8	1-10	1-11	28.4003	0.01	0	0	0
Condu-9	1-5	1-8	51.0586	0.01	0	0	0
Condu-10	1-8	1-7	80.5297	0.01	0	0	0
Condu-11	1-4	1-6	32.0544	0.01	0	0	0
Condu-12	1-6	1-7	21.8036	0.01	0	0	0
Condu-13	1-11	1-12	89.1742	0.015	0	0	0
Condu-14	1-1	1-16	223.4944	0.01	0	0	0
Condu-15	1-8	1-13	56.2436	0.015	0	0	0
Condu-16	1-12	1-13	14.0443	0.015	0	0	0
Condu-17	1-13	1-14	21.6447	0.015	0	0	0
Condu-18	1-7	1-14	96.9324	0.015	0	0	0
Condu-19	1-14	1-15	49.2407	0.015	0	0	0
Condu-20	1-15	1-17	53.1876	0.015	0	0	0
Condu-21	1-17	1-16	256.7386	0.015	0	0	0
Condu-22	1-21	1-25	52.4174	0.015	0	0	0
Condu-23	1-21	1-22	79.2531	0.01	0	0	0
Condu-24	1-22	1-19	48.0095	0.015	0	0	0
Condu-25	1-19	1-12	52.3842	0.01	0	0	0
Condu-26	1-19	1-20	84.5348	0.01	0	0	0
Condu-27	1-20	1-15	53.3691	0.01	0	0	0
Condu-28	1-25	1-27	99.0707	0.015	0	0	0
Condu-29	1-25	1-26	40.3981	0.01	0	0	0
Condu-30	1-26	1-28	85.3434	0.01	0	0	0
Condu-31	1-26	1-22	47.5682	0.01	0	0	0
Condu-32	1-22	1-23	84.507	0.01	0	0	0
Condu-33	1-23	1-28	48.1204	0.01	0	0	0
Condu-34	1-20	1-23	47.8025	0.01	0	0	0
Condu-35	1-29	1-28	60.8936	0.01	0	0	0
Condu-36	1-17	1-24	100.0817	0.01	0	0	0
Condu-37	1-23	1-24	50.264	0.01	0	0	0
Condu-38	1-24	1-39	50.482	0.01	0	0	0
Condu-39	1-17	1-18	47.0267	0.015	0	0	0
Condu-40	1-18	1-40	52.0036	0.01	0	0	0
Condu-41	1-40	1-39	47.6593	0.01	0	0	0
Condu-42	1-27	1-30	81.591	0.015	0	0	0
Condu-43	1-30	1-31	28.4883	0.015	0	0	0
Condu-44	1-31	1-32	26.3922	0.01	0	0	0
Condu-45	1-29	1-30	66.3378	0.01	0	0	0
Condu-46	1-29	1-33	50.0403	0.01	0	0	0
Condu-47	1-33	1-24	110.1529	0.01	0	0	0

Nota. Los tramos de inicio y fin de cada conducto, determinan el sentido de flujo del agua pluvial, lo cual se puede modificar en archivo generado por el software. Fuente: EPA SWMM.

3.5.4. Secciones Viales

Considerando que el análisis es para una zona urbanizada, ello comprende contemplar también las dimensiones de las secciones viales, ya que la distribución de los espacios existentes es necesaria para el diseño de sistemas de infiltración y redireccionamiento de agua pluvial, mitigando los aniegos.

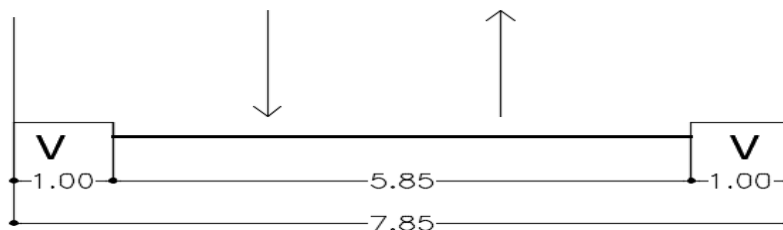
Para ello se consideraron 4 tipos de secciones viales:

- Sección típica

Este tipo de sección vial de la Figura 49, se estable para todas las calles semejantes, ya que en la realidad varía, pero por razón de simplificar el cálculo y manteniendo el contraste con la realidad, se considera la sección.

Figura 49

Sección vial típica para vías similares



SECCIÓN 01

Sección típica

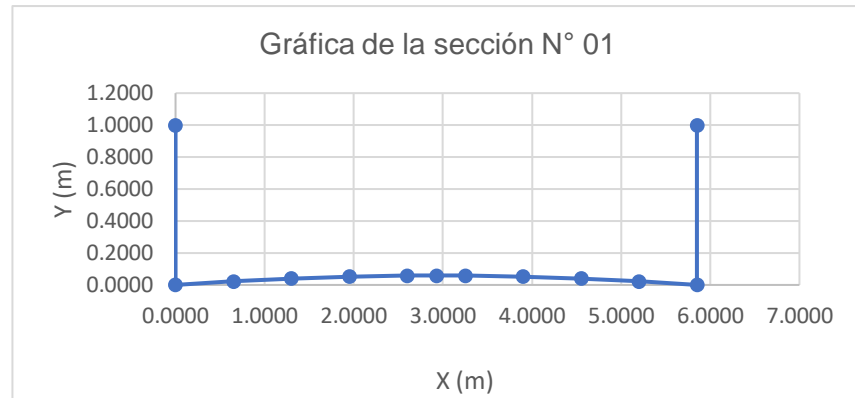
Nota. Se ha considerado esta sección vial para las calles de similar dimensión, medido en campo.

Ingresando los datos de sección vial, ello implica un modelamiento basado en coordenadas en un plano cartesiano como se muestra en la Tabla 10, de esta forma en la Figura 50, se emplea la herramienta de dispersión con líneas y rectas con marcadores que se encuentra en el apartado de Gráficos del software Excel como se muestra en la Figura 51, para obtener un modelado previo a la inserción en el software EPA SWMM, entonces el modelado resulta de la siguiente manera:

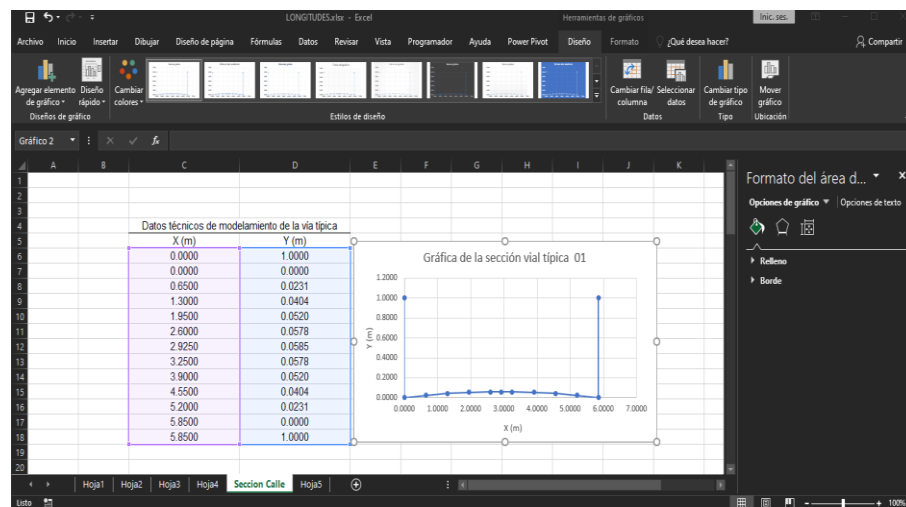
Tabla 10

Puntos cartesianos de la vial típica N° 01

X (m)	Y (m)
0,0000	1,0000
0,0000	0,0000
0,6500	0,0231
1,3000	0,0404
1,9500	0,0520
2,6000	0,0578
2,9250	0,0585
3,2500	0,0578
3,9000	0,0520
4,5500	0,0404
5,2000	0,0231
5,8500	0,0000
5,8500	1,0000

Figura 50*Modelado de vía típica*

Nota. Se realiza el modelamiento previo en el software Excel para la verificación de la forma de la sección vial.

Figura 51*Proceso de modelamiento en el software Excel*

Nota. Se corrobora la información generada.

Luego de haber realizado el modelamiento previo de la sección vial se ingresan los datos ya corroborados al software EPA SWMM, como se muestra en la Figura 52, para que los conductos adopten la forma de las vías y así considerándolos como “canaletas”.

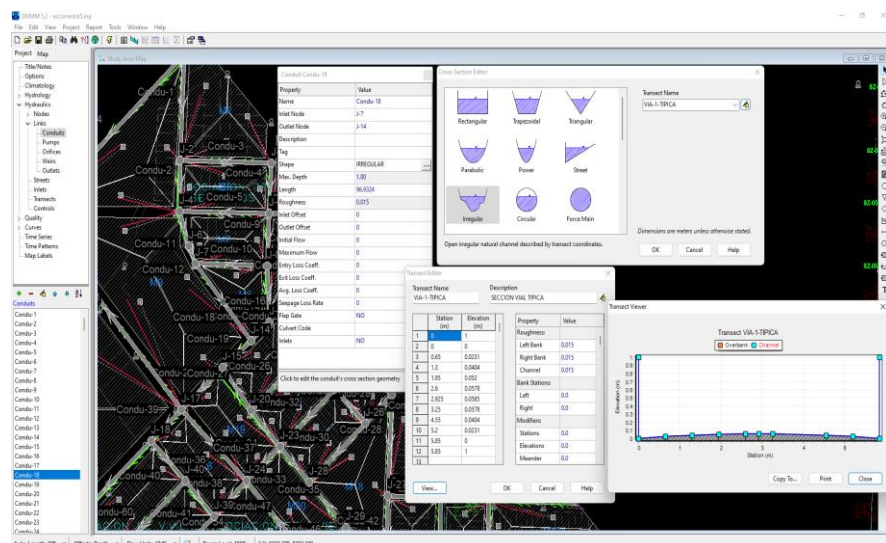
Para ello se selecciona un tramo de conducto, como por ejemplo el tramo que inicia con el nodo J-7 y finaliza con el nodo J-14, luego se realiza lo siguiente:

- Doble click en el conducto
- Ir al apartado de SHAPE y en editar
- Buscar sección transversal IRREGULAR y en editar
- Ingresar los datos del modelado previo, en este caso datos de la Tabla 10.
- Click en vista previa para corroborar el modelado.
- Ingresar datos sobre la característica hidráulica de la superficie de la vía, considerando los datos como se menciona en el punto 3.5.5.9.
- Por último, hacer click en aceptar.

El mismo procedimiento se realizará para todos los conductos o tramos de vía de la zona de influencia de estudio, en donde corresponda.

Figura 52

Ingreso de datos de modelamiento de sección vial típica N°01



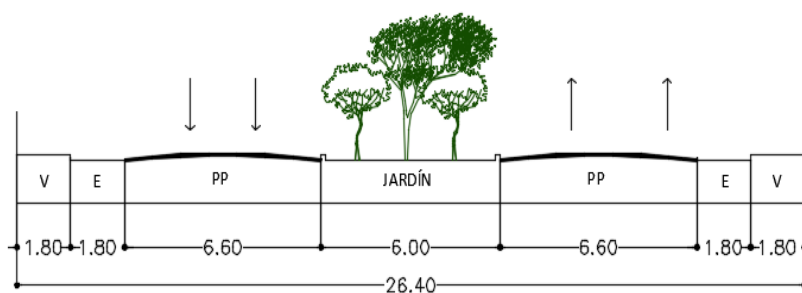
Nota. Para las calles correspondientes se asigna los datos, para establecer la forma del conducto por donde el agua pluvial realiza su recorrido.

- Sección 32

La sección vial de la Figura 53 está aprobada según Plan de desarrollo Urbano - (PDU) 2015-2025 Tacna, del cual cuenta con las siguientes dimensiones ya pre establecidas.

Figura 53

Sección vial de la Av. Bohemia Tacneña



SECCIÓN 32

AV. VISTA ALEGRE

AV. BOHEMIA TACNEÑA

AV. RAUL PORRAS BARRENECHEA - CALLE LUIS VALCÁRCEL - AV. VILLA EL SALVADOR

AV. LOS POETAS

AV. CUARTEL ALBARRACÍN

Nota. La avenida es doble vía. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

De la misma manera como se explicó para la sección vial 01, el modelamiento y luego la inserción de los datos al software EPA SWMM, también se realiza para esta sección vial como se muestra en la Tabla 11, Figura 54, Figura 55 y Figura 56, considerando que se asigna dicha sección a los tramos donde indica el Plan de Desarrollo Urbano 2015-2025, en todo su recorrido.

Tabla 11*Puntos cartesianos de la sección vial N° 32*

X (m)	Y (m)
0,0000	1,0000
0,0000	0,0000
1,8000	0,0000
2,9000	0,0367
4,0000	0,0587
5,1000	0,0660
6,2000	0,0587
7,3000	0,0367
8,4000	0,0000
8,4000	0,2000
8,5500	0,2000
8,5500	0,0000
14,2500	0,0000
14,2500	0,2000
14,4000	0,2000
14,4000	0,0000
15,5000	0,0367
16,6000	0,0587
17,7000	0,0660
18,8000	0,0587
19,9000	0,0367
21,0000	0,0000
22,8000	0,0000
22,8000	1,0000

Figura 54

Modelado de sección vial N° 32

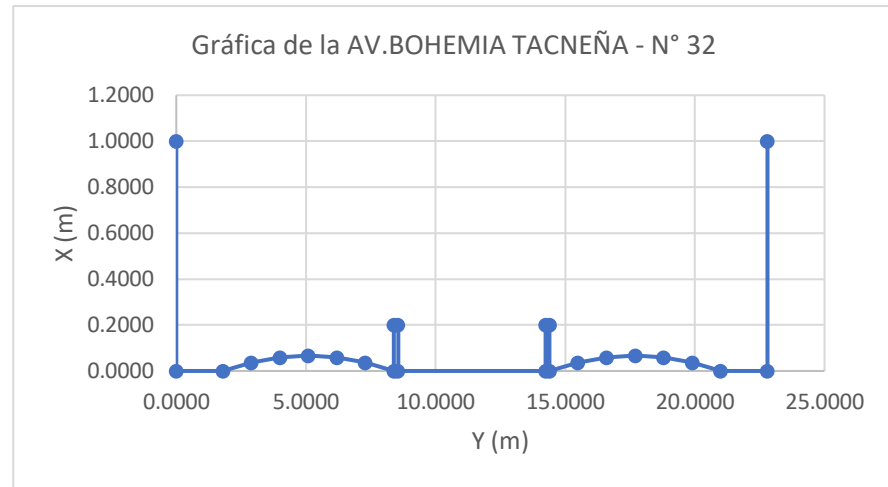


Figura 55

Modelamiento previo en Excel de avenida N° 32

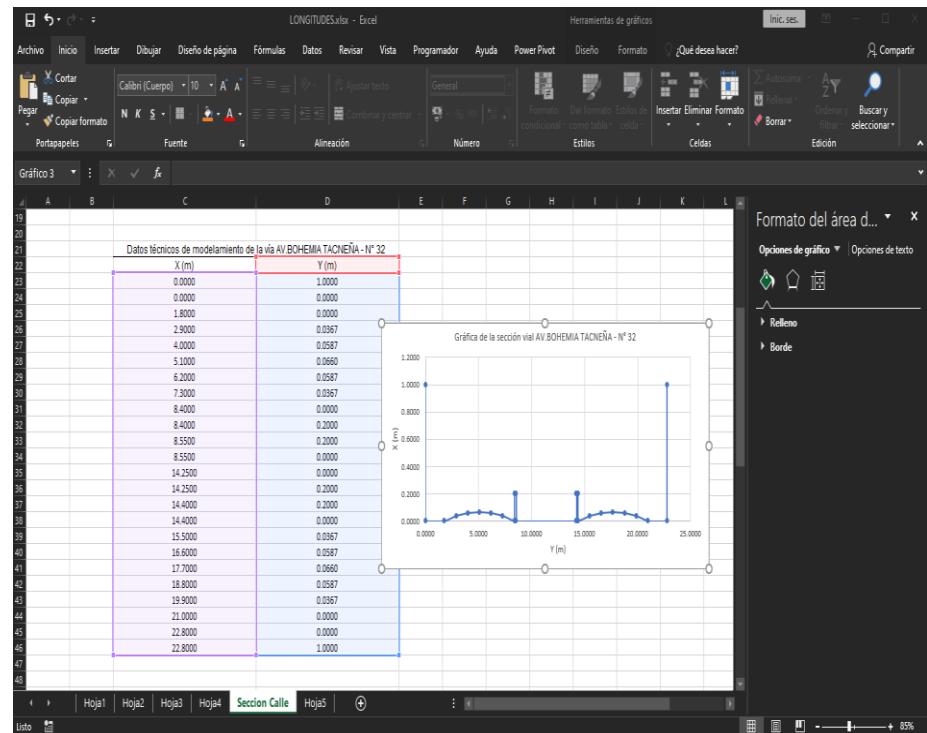
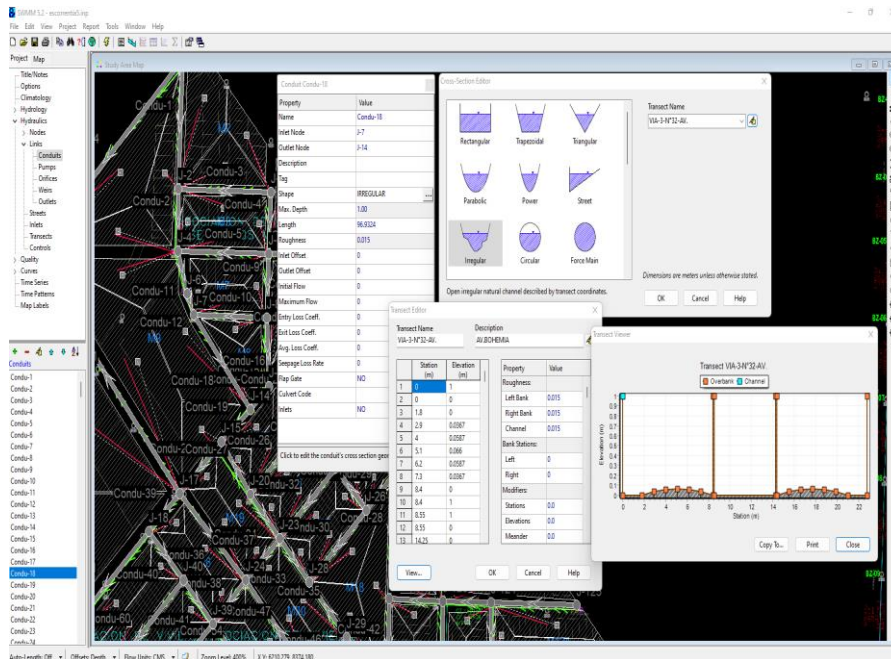


Figura 56

Ingreso de datos al software EPA SWMM



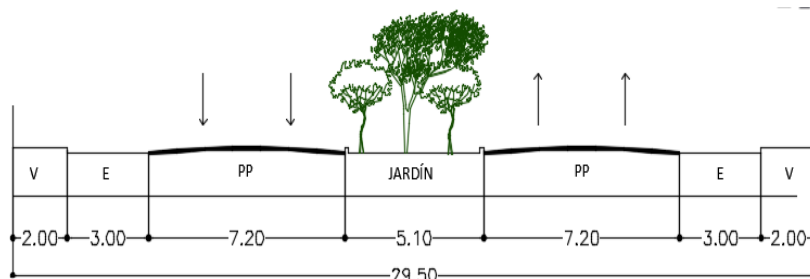
Nota. Se asigna los datos de modelamiento para establecer la forma del conducto por donde el agua pluvial realiza su recorrido.

- Sección 33:

La sección vial de la Figura 57 está aprobada según Plan de desarrollo Urbano 2015-2025, del cual cuenta con las siguientes dimensiones.

Figura 57

Sección vial de la Av. La Cultura



SECCIÓN 33

AV. LA CULTURA (TRAMO AV. TARAPACÁ - AV. ECOLÓGICA)

Nota. La avenida es doble vía. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

De la misma manera como se explicó para la sección vial 01, el modelamiento y luego la inserción de los datos al software EPA SWMM, también se realiza para esta sección vial como se muestra en la Tabla 12, Figura 58, Figura 59 y Figura 60, considerando que se asigna dicha sección a los tramos donde indica el Plan de Desarrollo Urbano 2015-2025, en todo su recorrido.

Tabla 12

Puntos cartesianos de la sección vial N° 33

X (m)	Y (m)
0,0000	1,0000
0,0000	0,0000
3,0000	0,0000
4,2000	0,0400
5,4000	0,0640
6,6000	0,0720
7,8000	0,0640
9,0000	0,0400
10,2000	0,0000
10,2000	0,2000
10,3500	0,2000
10,3500	0,0000
15,1500	0,0000
15,1500	0,2000
15,3000	0,2000
15,3000	0,0000
16,5000	0,0400
17,7000	0,0640
18,9000	0,0720
20,1000	0,0640
21,3000	0,0400
22,5000	0,0000
25,5000	0,0000
25,5000	1,0000

Figura 58

Modelado de sección vial N° 33

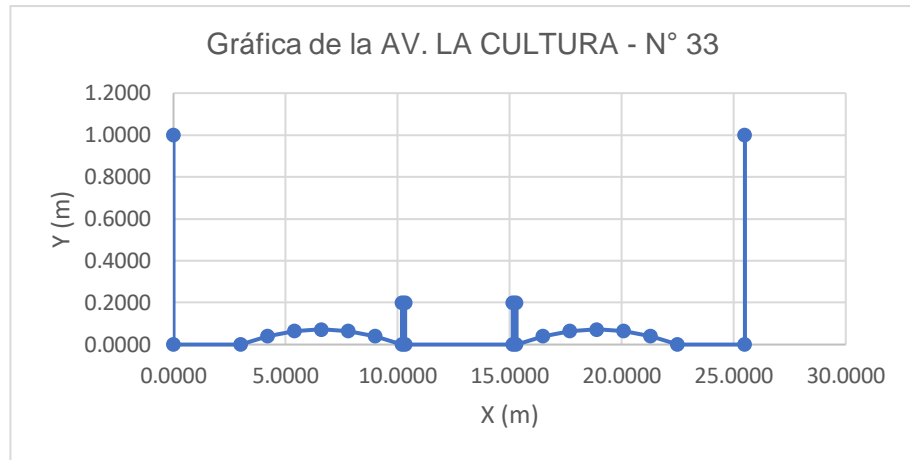


Figura 59

Modelamiento previo en Excel de avenida N° 33

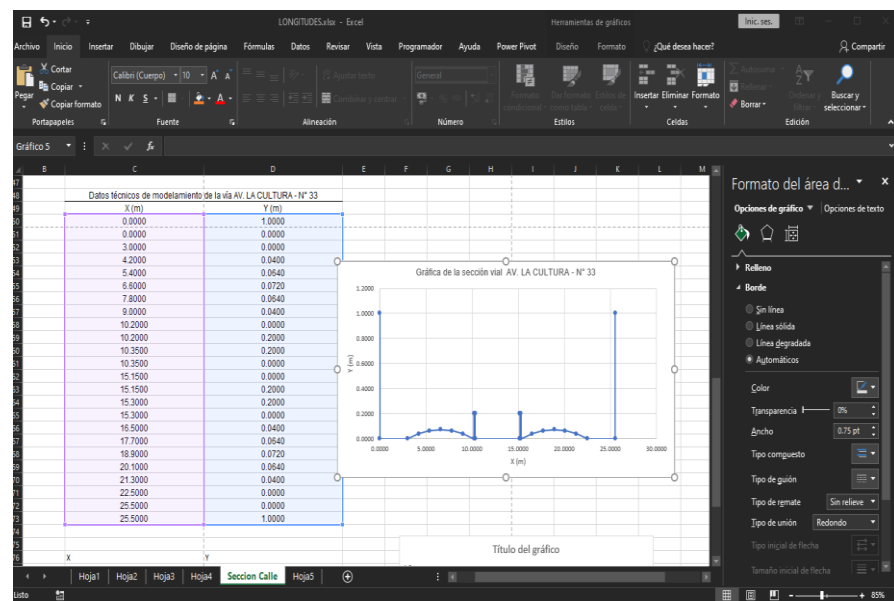
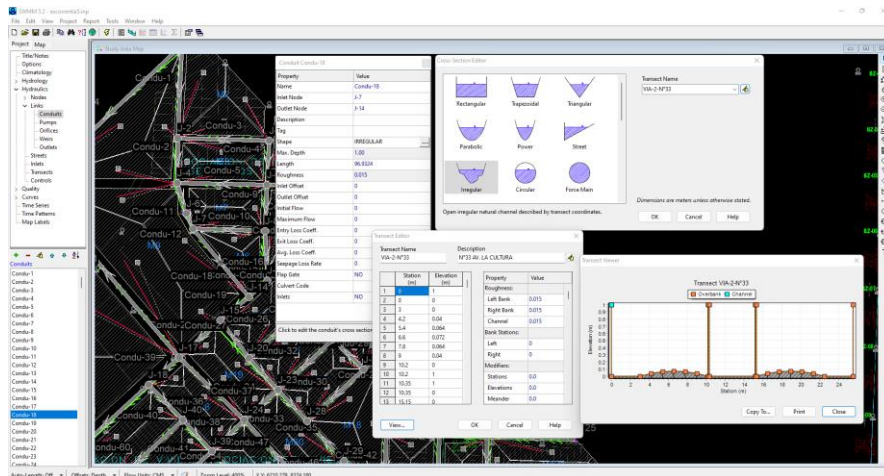


Figura 60

Ingreso de datos de modelamiento de la vía N° 33

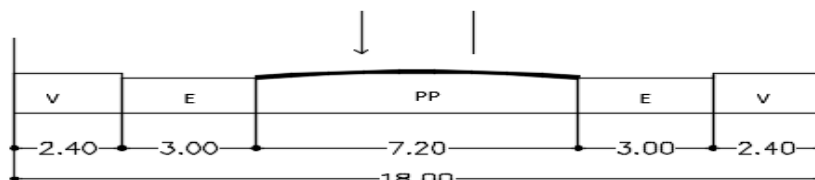


- Sección 49:

La sección vial de la Figura 62 también está aprobada según Plan de desarrollo Urbano 2015-2025, del cual cuenta con las siguientes dimensiones.

Figura 61

Sección vial de la Calle Los Escritores



SECCIÓN 49

AV. BASADRE Y FORERO (TRAMO: AV. INDUSTRIAL - AV. CELESTINO VARGAS), CALLE JOSE TORIBIO ARA, CALLE LOS FRESNOS, CALLE CRISTOBAL COLÓN, CALLE BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, CALLE LAS VIOLETAS, AV. PRIMAVERA, AV. PARQUE PERÚ, VIA DE SERVICIO AUXILIAR DEL PARQUE INDUSTRIAL, CALLE JORGE CHAVEZ

Nota. Vía de un solo carril en doble sentido. Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna.

De la misma manera como se explicó para la sección vial 01, el modelamiento y luego la inserción de los datos al software EPA SWMM, también se realiza para esta sección vial como se muestra en la Tabla 13, Figura 62, Figura 63 y Figura 64, considerando que se asigna dicha sección a los tramos donde indica el Plan de Desarrollo Urbano 2015-2025, en todo su recorrido.

Tabla 13*Puntos cartesianos de la sección vial N°49*

X (m)	Y (m)
0,0000	1,0000
0,0000	0,0000
3,0000	0,0000
4,2000	0,0400
5,4000	0,0640
6,6000	0,0720
7,8000	0,0640
9,0000	0,0400
10,2000	0,0000
13,2000	0,0000
13,2000	1,0000

Figura 62*Sección vial Calle N° 49*

Figura 63

Modelamiento previo en Excel de la vía N°49

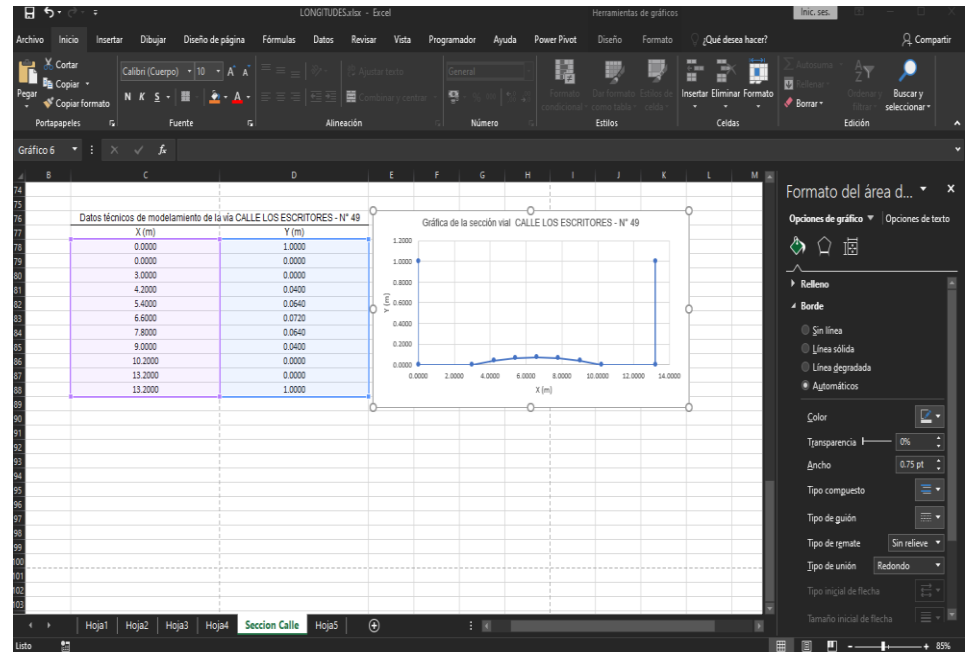
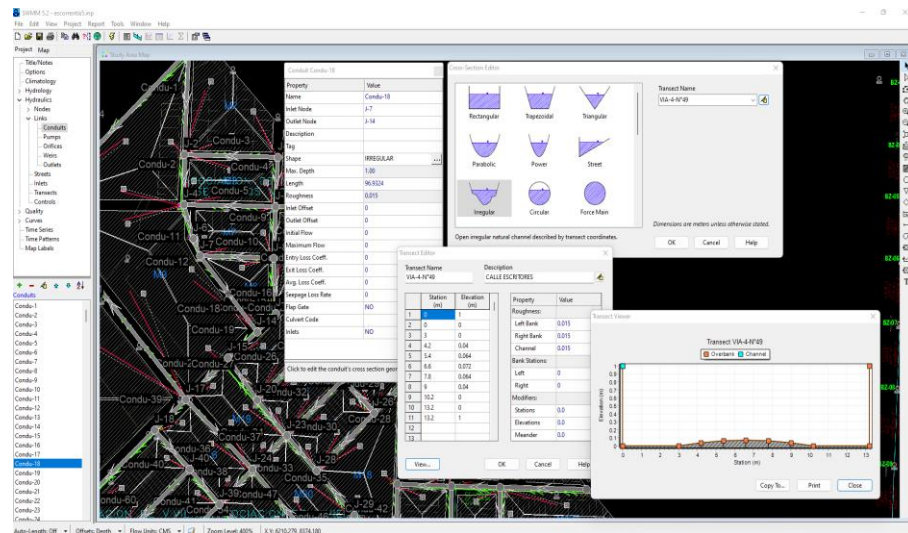


Figura 64

Ingreso de datos de la vía Calle los Escritores N°49



3.5.5. Datos Hidrológicos

El Ministerio de Vivienda (2021), emite información necesaria para el análisis, se consideraron datos ya establecidos por el SENAMHI y coeficientes, porcentajes

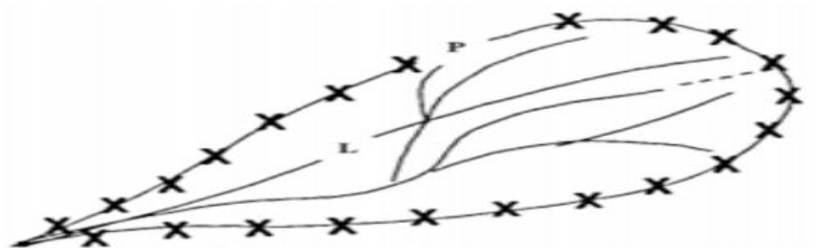
que se indican en la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada con Resolución Ministerial N°126-2021-Vivienda.

3.5.5.1. Ancho de Cuenca

Según Lux (2016), indica que, para obtener el ancho de la cuenca, mostrado como ejemplo la Figura 65, se aplica la fórmula del cual divide el área de la cuenca (en este caso subcuenca) y la longitud del cauce principal (para este caso se considera la longitud medida desde la zona más alejada de la subcuenca hasta el flujo de la escorrentía).

Figura 65

Longitud (L) y perímetro (P) de la cuenca



Nota. Se interpreta la forma de una cuenca y datos a considerar. Fuente: Metodología de las Cuencas Hidrográficas.

$$W = \frac{A}{L} \quad (2)$$

Donde:

W : Ancho de cuenca (m)

A : Superficie de la cuenca (m^2 o km^2)

L : Longitud del cauce principal (m o km)

Aplicando dicha fórmula, los anchos para cada subcuenca son como se muestran en la Tabla 14 siguiente:

Tabla 14*Resumen de datos métricos de subcuencas, cálculo del ancho*

Manzana	N°	Área m²	Longitud de cuenca (m)	Ancho de cuenca / Width (m)
	1	6183,63	54,59	113,274
M1	2	3049,02	39,34	77,504
	3	3136,84	39,3	79,737
	4	4001,71	49,87	80,243
M2	5	1676,86	49,87	33,625
	6	2576,91	50,64	50,887
	7	617,52	26,56	23,254
M3	8	1953,79	26,56	73,575
	9	660,67	26,56	24,879
	10	1954,63	26,56	73,607
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
M156	595	532,75	26,56	20,062
	596	43,83	26,56	1,651
M157	597	114,08	26,56	4,296
	598	113,70	26,56	4,282
M158	599	998,47	26,56	37,600
	600	975,62	26,56	36,740
	601	32,56	26,56	1,226

Nota. La información completa se encuentra en el Anexo B.

Debido a que las longitudes de las subcuencas (L) son variables, se ha considerado, para subcuencas considerablemente diferentes en forma y dimensión, se calcule su longitud de subcuenca como se aprecia en la Tabla 14, pero las subcuencas que tiene similitud, se ha establecido una misma longitud de 26,56 m con referencia a un promedio de muestras escogidas al azar.

3.5.5.2. Pendiente Porcentual

La pendiente porcentual se ha considerado de acuerdo a la Tabla 15 que considera en zonas planas y considerando que cuando no se disponga de un Modelo Elevación Digital – MDE (por sus siglas en inglés) puede usarse como estimación inicial, por lo que para toda la cuenca se considera el porcentaje del área impermeable (% slope) de 2 % para áreas urbanas mixtas.

Tabla 15

Porcentaje impermeable para zonas urbanas

Tipo	p (%)
Áreas urbanas mixtas	0,2 a 0,6
Techos a 2 aguas y con inclinación directa a la calle	1,5
Estacionamientos y áreas pavimentadas	0,5 a 1,5

Nota. De acuerdo a la zona urbana, se establecen pendientes superficiales.

Fuente: Modelo de Elevación Digital - MED.

3.5.5.3. Porcentaje de Área Impermeable

El porcentaje impermeable del área terrestre se ha considerado para toda la cuenca como 100 % impermeable (% imperv), ya que como en el área de estudio es casi en su totalidad pavimentada y con veredas.

3.5.5.4. Rugosidad del Área Impermeable

Debido a que el flujo de la escorrentía superficial tiene contacto con superficies de asfalto y pavimento, el coeficiente de rugosidad (n) se obtiene de los valores propuestos por Robert Manning, como se muestra en la Figura 66.

Figura 66

Coefficientes de rugosidad de Robert Manning

Surface	n
Smooth asphalt	0.011
Smooth concrete	0.012
Ordinary concrete lining	0.013
Good wood	0.014
Brick with cement mortar	0.014
Vitrified clay	0.015
Cast iron	0.015
Corrugated metal pipes	0.024
Cement rubble surface	0.024
Fallow soils (no residue)	0.05
Cultivated soils	
Residue cover < 20%	0.06
Residue cover > 20%	0.17
Range (natural)	0.13
Grass	
Short, prairie	0.15
Dense	0.24
Bermuda grass	0.41
Woods	
Light underbrush	0.40
Dense underbrush	0.80

Source: McCuen, R. et al. (1996), *Hydrology*, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

Nota. La rugosidad de la superficie debido al material del mismo, influye en el flujo de la escorrentía superficial, afectando su velocidad de recorrido. Fuente: Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2 (2022).

Se ha considerado que para el área urbana de estudio el coeficiente de rugosidad para la zona impermeable es concreto con un n de 0,012 para toda la cuenca.

3.5.5.5. Rugosidad para Área Permeable

Para la parte permeable como es las áreas verdes de la cuenca urbana, se ha considerado un coeficiente de rugosidad n de 0,15, de acuerdo a la Figura 66.

3.5.5.6. Depresión de Almacenamiento

La profundidad de la depresión de almacenamiento en la parte impermeable de la subcuenca se consideró 0,05 pulgadas, de acuerdo a la Figura 67.

Figura 67

Profundidad de depresión en la parte impermeable

Impervious surfaces	0.05 - 0.10 inches
Lawns	0.10 - 0.20 inches
Pasture	0.20 inches
Forest litter	0.30 inches

Source: ASCE, (1992). *Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems*, New York, NY.

Nota. Las depresiones son las imperfecciones de la superficie, ocasionan que el flujo del agua de escorrentía superficial se estanque o genere encharcamiento o aniegos. Fuente. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2 (2022).

3.5.5.7. Cero Porcentaje Impermeable

Se consideró el porcentaje del área impermeable sin almacenamiento en depresión con un valor del 100 %.

3.5.5.8. Modelo de Infiltración

Evaluando la zona de estudio, ya que es una cuenca urbana, lo cual no habrá mucha infiltración, se consideró el modelo de Horton para el cálculo de la infiltración, que establece que la curva que representa la capacidad de infiltración se manifiesta de esa manera, solo si la intensidad de precipitación es mayor que la capacidad de infiltración del suelo analizado.

$$f_{(t)} = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt} \quad (3)$$

Donde:

- $f_{(t)}$: Capacidad de infiltración en un tiempo en mm/h
- f_o : Capacidad de infiltración inicial en mm/h
- f_c : Capacidad de infiltración de equilibrio o capacidad de infiltración del suelo
- t : tiempo en horas
- k : Constante que representa la tasa de decrecimiento de esa capacidad, conductividad.

3.5.5.9. Tasa de Infiltración

Se realizaron ensayos de infiltración con el método del anillo de infiltración doble, en la zona del parque ubicado en la asociación Eben Ezer, a una cuadra del mercado Santa Rosa indicado en la Figura 68 y en la Asociación Las Begonias en la Plaza Las Dalias indicado en la Figura 69.

Figura 68

Ensayo de infiltración, plaza de la junta vecinal Jorge Chávez



Nota. El ensayo se realiza lugares donde se tenga la posibilidad de que se genere infiltración.

Figura 69

Plaza de Las Dalia de la asociación de vivienda Las Begonias



Nota. La infiltración del agua puede generar que el suelo se humedezca y que, por capilaridad llegue a las raíces de las plantas.

Se identifica el lugar como se aprecia en la Figura 70, donde se puede aplicar el sistema SUSD considerando la capacidad de infiltración del mismo suelo. El ensayo contempló lo siguiente:

- **Materiales:**

- Anillos de infiltración
- Nivel de mano
- Martillo
- Agua
- Wincha

Figura 70

Punto de ensayo de infiltración



Nota. Para el ensayo de infiltración, se tiene que contar con un lugar amplio.

- **Procedimiento:**

- Se identifica el lugar del ensayo.
- Instalación del equipo de para el ensayo como se observa en la Figura 71.
- Acondicionamiento del equipo, mostrado en la Figura 72.

- Llenado de agua en la zona exterior y luego en la interior, como se realiza en la Figura 73.
- Registro la infiltración con el metro como se aprecia en la Figura 74.
- Registro de evidencias, apreciable en la Figura 75.

Figura 71

Acondicionamiento del equipo para el ensayo



Nota. Los equipos para el ensayo deben asegurarse para que no genere datos erróneos.

Figura 72

Nivelación y centrado del anillo interior



Nota. Se miden las dimensiones, y se centra el anillo interior, para una mejor instalación del equipo.

Figura 73

Llenado de agua para que se realice el ensayo de infiltración



Nota. El ensayo requiere generar inundación para poder medir la infiltración, para ello se llena con agua la zona exterior de anillo y luego la interior.

Figura 74

Registro de medidas de descenso del agua infiltrada



Nota. Se establecen lapsos de tiempo para el registro del descenso del nivel de agua, midiéndola con una regla o wincha, desde un nivel referencial definido hasta el nivel de agua.

Figura 75

Marca del nivel de agua inicial del ensayo



Nota. El ensayo refleja la infiltración que hubo, ya que deja marca humedecida desde el inicio del ensayo.

El registro de los datos para realizar la curva de infiltración y calcular la tasa de infiltración, se realizó en intervalos de 5 minutos como se muestra en la Tabla 16, en la cual se obtuvo los siguientes datos de infiltración.

Tabla 16

Datos de infiltración del ensayo de anillo de infiltración doble

Lectura	Tiempo (min)	Nivel de agua (cm)
1		4,9
2	5	5,2
3	10	5,3
4	15	5,35
5	20	5,4
6	25	5,4

Nota. La tabla muestra el descenso del nivel de agua debido a la infiltración producida por el suelo.

3.5.5.10. Rugosidad del Conducto

Para establecer la rugosidad de los conductos, considerando que son las propias secciones viales cumplirán el rol de canal por donde la escorrentía realizará su recorrido, se obtiene la rugosidad de la Norma CE.040 del Anexo II, como lo indica la Figura 76, para el cálculo se estableció una rugosidad de 0,015.

Figura 76

Rugosidad n de Manning para cunetas de calles y calzadas

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto-calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015
Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n , en:	0,002
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3 ⁽³⁶⁾	

Fuente (traducción propia):
Brown, S.A., Schall, J.D., Morris, J.L., Doherty, C.L., Stein, S.M. and J.C. Warner (2013): **Urban Drainage Design Manual**, Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, National Highway Institute, USA, Publication No. FHWA-NHI-10-009, September 2009, Revised August 2013, p. 99.

Nota. Se muestra valores para la rugosidad superficial de conductos para zonas urbanas, según el RNE CE.040 Drenaje Pluvial.

3.5.5.11. Datos Pluviométricos / Rain Gage

Estos datos se definieron en base a los registros hidrológicos que SENAMHI, según la Tabla 17, que recolecta de los acontecimientos climatológicos que ocurren, en este caso se consideró un periodo de retorno Tr de 10 años ya que, en la ciudad de Tacna, las lluvias de larga duración no suelen ser recurrentes.

Entonces para la obtención de los datos de Precipitación de Diseño, de los métodos que se contemplan de la CE.040 del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, se aplicó el siguiente método:

- Hietograma de Diseño: Está definida por la siguiente formula.

$$h = \frac{2 \cdot P}{t_d} \quad (4)$$

Donde:

- h : Hietograma de diseño, altura del triangulo
- P : Precipitación de diseño
- t_d : Tiempo de duración, igual a tiempo de concentración t_c , base del triángulo.

- Tiempo de concentración: Se obtiene de la siguiente formula de Kirpich (1940).

$$t_c = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (5)$$

Donde:

- t_c : Tiempo de concentración (min)
- L : Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)
- S : Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

Considerando los datos obtenidos en la Figura 36, los valores de L y S son:

$$L = 951,6767 \text{ m}$$

$$S = \frac{502,148 \text{ m} - 487,137 \text{ m}}{951,6767 \text{ m}} = 0,015773$$

$$t_c = 0,01947 \cdot (951,6767 \text{ m})^{-0,77} \cdot (1,5773)^{-0,385} = 18,9062 \text{ min}$$

Según las observaciones de Kirpich, para el flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, se debe multiplica 0,4 al t_c , entonces:

$$t_c = (18,9062 \text{ min}) \cdot 0,4 = 7,5625 \text{ min}$$

$$t_c = \frac{7,5625 \text{ min}}{60} = 0,1260 \text{ h}$$

Para hallar hietograma de diseño y habiendo calculando el tiempo de concentración, la precipitación de diseño P es obtenida de los datos hidrológicos reportados por la Estación de Jorge Basadre Grohoman en Tacna en el SENAMHI, del cual la Figura 77, Figura 78 y Figura 79 muestras lo datos hidrológicos de la estación.

Tabla 17

Datos hidrológicos para Tr variable

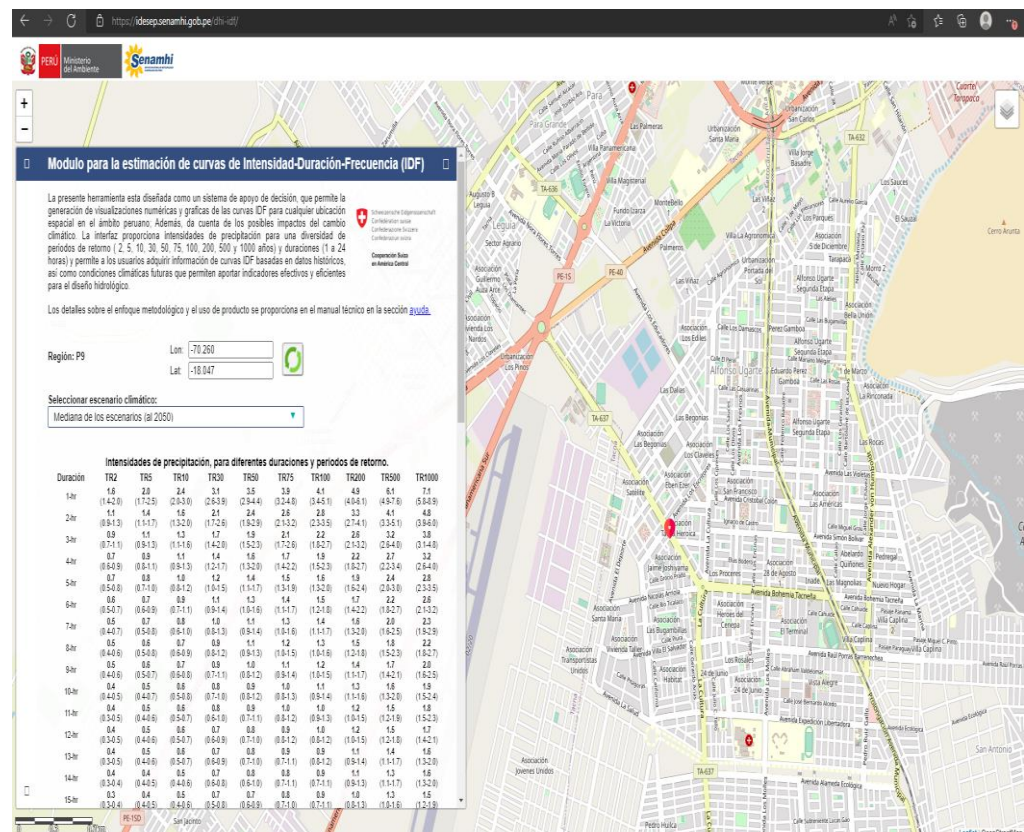
Duración	TR2	TR5	TR10
1-hr	1,6(1,4-2,0)	2,0(1,7-2,5)	2,4(2,0-3,0)
2-hr	1,1(0,9-1,3)	1,4(1,1-1,7)	1,6(1,3-2,0)
3-hr	0,9(0,7-1,1)	1,1(0,9-1,3)	1,3(1,1-1,6)
4-hr	0,7(0,6-0,9)	0,9(0,8-1,1)	1,1(0,9-1,3)
5-hr	0,7(0,5-0,8)	0,8(0,7-1,0)	1,0(0,8-1,2)
6-hr	0,6(0,5-0,7)	0,7(0,6-0,9)	0,9(0,7-1,1)
7-hr	0,5(0,4-0,7)	0,7(0,5-0,8)	0,8(0,6-1,0)
8-hr	0,5(0,4-0,6)	0,6(0,5-0,8)	0,7(0,6-0,9)
9-hr	0,5(0,4-0,6)	0,6(0,5-0,7)	0,7(0,6-0,8)
10-hr	0,4(0,4-0,5)	0,5(0,4-0,7)	0,6(0,5-0,8)
11-hr	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)	0,6(0,5-0,7)
12-hr	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)	0,6(0,5-0,7)
13-hr	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)	0,6(0,5-0,7)
14-hr	0,4(0,3-0,4)	0,4(0,4-0,5)	0,5(0,4-0,6)
15-hr	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,4-0,5)	0,5(0,4-0,6)
16-hr	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)
17-hr	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)
18-hr	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)	0,5(0,4-0,6)
19-hr	0,3(0,2-0,4)	0,4(0,3-0,5)	0,4(0,4-0,5)
20-hr	0,3(0,2-0,4)	0,4(0,3-0,4)	0,4(0,4-0,5)
21-hr	0,3(0,2-0,3)	0,4(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)
22-hr	0,3(0,2-0,3)	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)

23-hr	0,3(0,2-0,3)	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)
24-hr	0,3(0,2-0,3)	0,3(0,3-0,4)	0,4(0,3-0,5)

Nota. En este caso se considera con el periodo de retorno 10 y 3,0 de intensidad de precipitación. Fuente: SENAMHI.

Figura 77

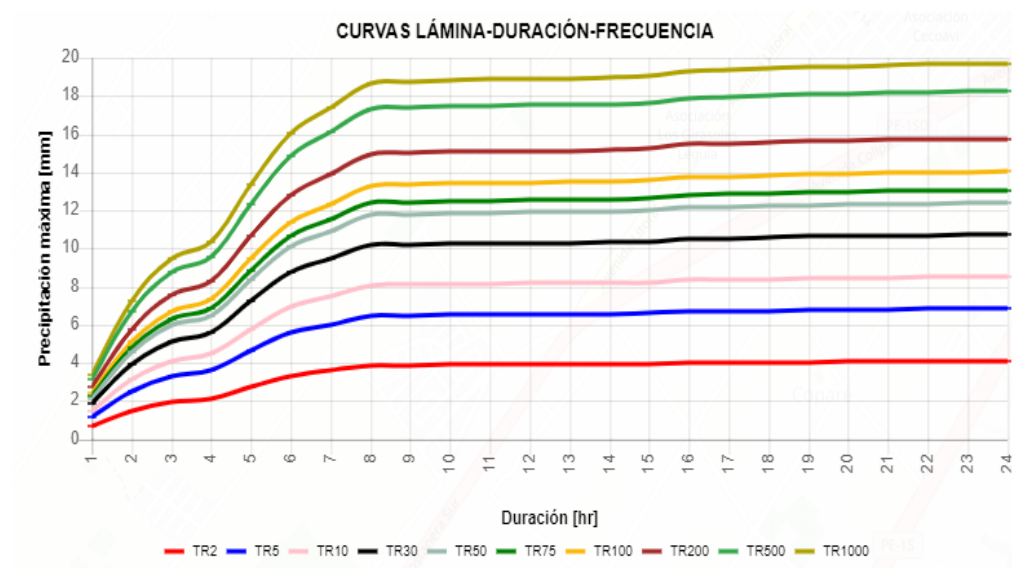
Interfaz web de datos hidrológicos



Nota. Fuente: SENAMHI.

Figura 78

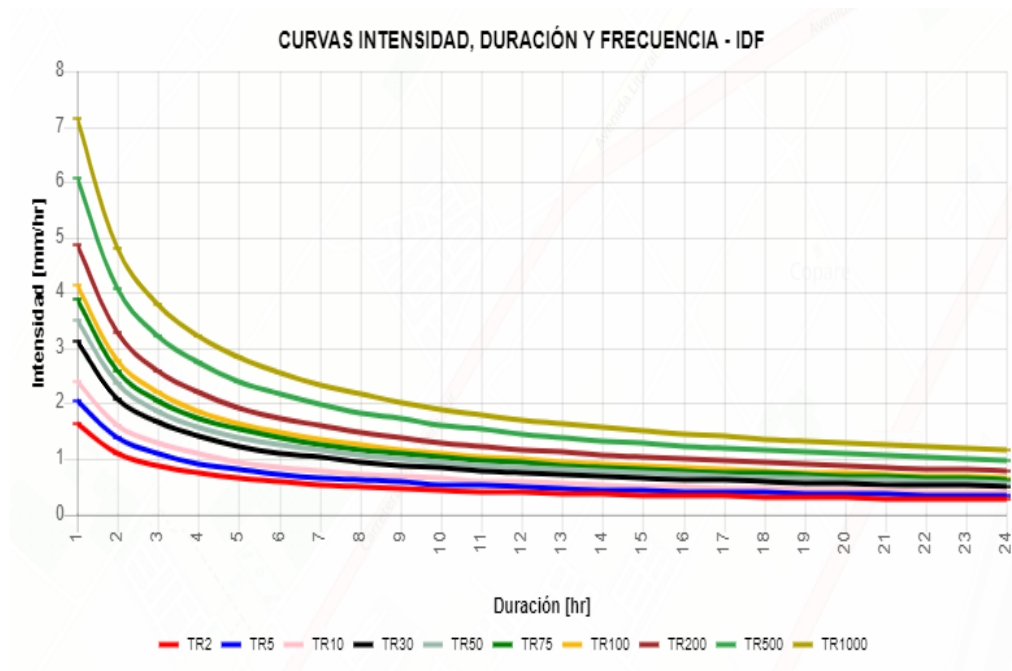
Curvas de Lámina, Duración, Frecuencia para distintos Tr



Nota. La figura muestra la altura de precipitación en función del tiempo. Fuente: SENAMHI.

Figura 79

Curvas IDF para distintos Tr



Nota. La figura muestra la intensidad de precipitación en función del tiempo, las curvas IDF son consideradas para el diseño de tormenta. Fuente: SENAMHI.

Como el tiempo de retorno es de 10 años, se consideró el valor P de 3.0 como precipitación de diseño, reemplazando en la ecuación 4, se obtiene lo siguiente:

$$h = \frac{2 \cdot P}{t_d} = \frac{2 \cdot (3,0)}{0,1260 \text{ hr}} = 47,6035$$

Luego se realiza dispersión porcentual del resultado del hietograma de diseño, para poder aproximarse a la realidad como se muestra en la Tabla 18 y Figura 80.

Tabla 18

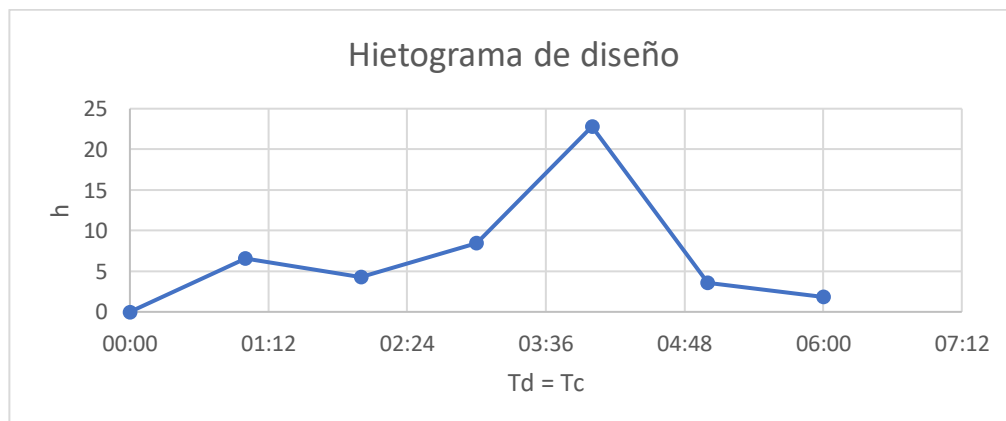
Datos técnicos-hidrológicos para el hietograma de diseño

$t_d=t_c$ (h)	h
0:00	0,0000
1:00	6,6000
2:00	4,3000
3:00	8,4600
4:00	22,8000
5:00	3,5800
6:00	1,8600

Nota. La tabla muestra la variable altura de precipitación en un lapso de tiempo de 6 horas.

Figura 80

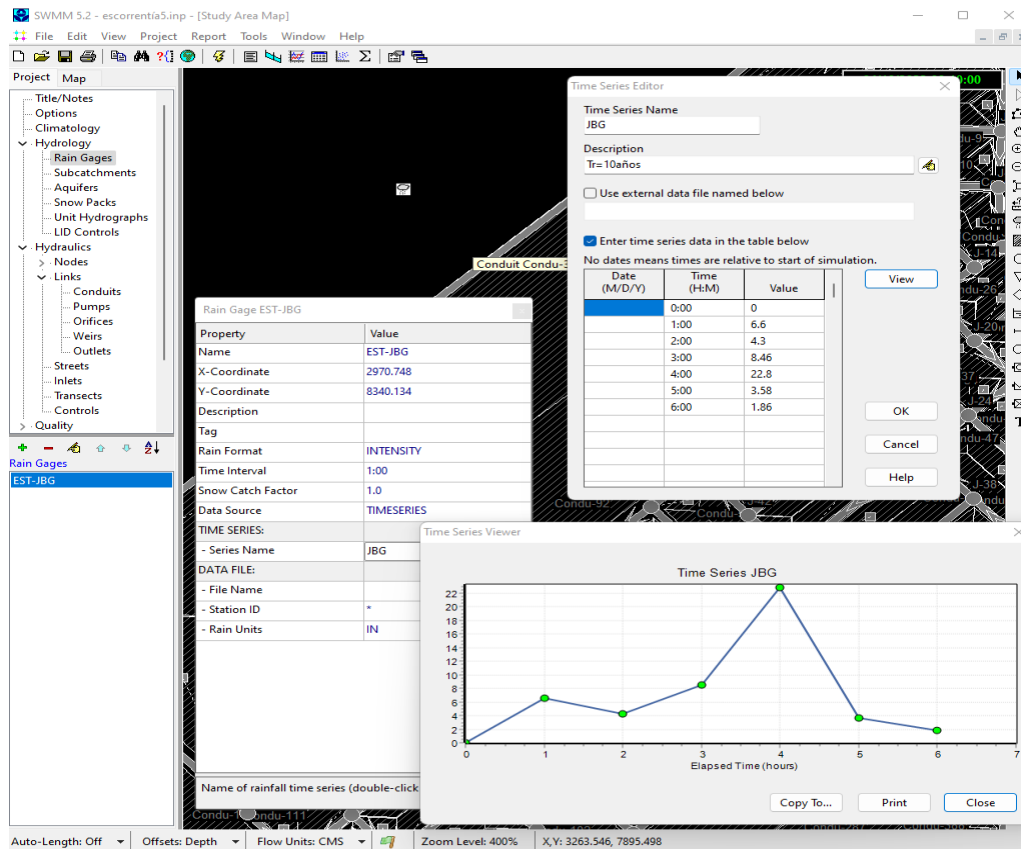
Gráfica triangular del hietograma de diseño



Luego los estos datos son ingresados al software EPA SWMM para poder simular la Raing Gage, precipitación o lluvia como se muestra en la Figura 81.

Figura 81

Asignación de datos pluviométricos para la cuenca urbana



Nota. La figura muestra los datos de precipitación para el diseño de tormenta.

3.5.6. Drenaje

Del procesamiento de datos y los resultados que se relatarán en el siguiente capítulo, se desarrolla para este punto el procesamiento de los datos para los drenajes sostenible o drenajes de control - LID's, e ingresarlos en el software EPA SWMM para y lograr el objetivo planteado para esta presente investigación.

3.5.6.1. Trinchera de Drenaje

Para este sistema de drenaje se ingresan los siguientes datos mostrados en la Tabla 19 y Figura 82, Figura 83 y Figura 84, sobre la característica hidráulica del material empleado.

Tabla 19

Característica hidráulica del LID trinchera de infiltración

Descripción	Superficie / Surface	Almacenamiento / Storage
Altura de berma / Berm Height (in o mm)	150	
Fracción de volumen de vegetación / Vegetation Volume Fraction	0	
Rugosidad de la superficie / Surface Roughness (Mannings n)	0,013	
Pendiente de la superficie / Surface Slope (porcentual)	5	
Espesor / Thickness (in o mm)		750
Relación de vacíos / Void Ratio (Voids/Solids)		0,4
Tasa de filtración / Seepage Rate (in/h o mm/h)		210
Factor de obstrucción / Clogging Factor		0

Nota. Se considera la dimensión, coeficientes que afectaran al flujo del agua pluvial como la tasa de infiltración.

Figura 82

LID de control para la mitigación de inundaciones

LID Control Editor

Control Name:

LID Type:

Surface Storage Drain

Berm Height (in. or mm)

Vegetation Volume Fraction

Surface Roughness (Mannings n)

Surface Slope (percent)

*Optional

OK Cancel Help

Nota. La figura muestra la introducción de datos al LID trinchera de infiltración para las sub cuencas con espacios suficientes para su aplicación y disminuir la altura de precipitación.

Figura 83

Características de la zona de almacenaje

LID Control Editor

Control Name:

LID Type:

Surface Storage Drain

Thickness (in. or mm)

Void Ratio (Voids / Solids)

Seepage Rate (in/hr or mm/hr)

Clogging Factor

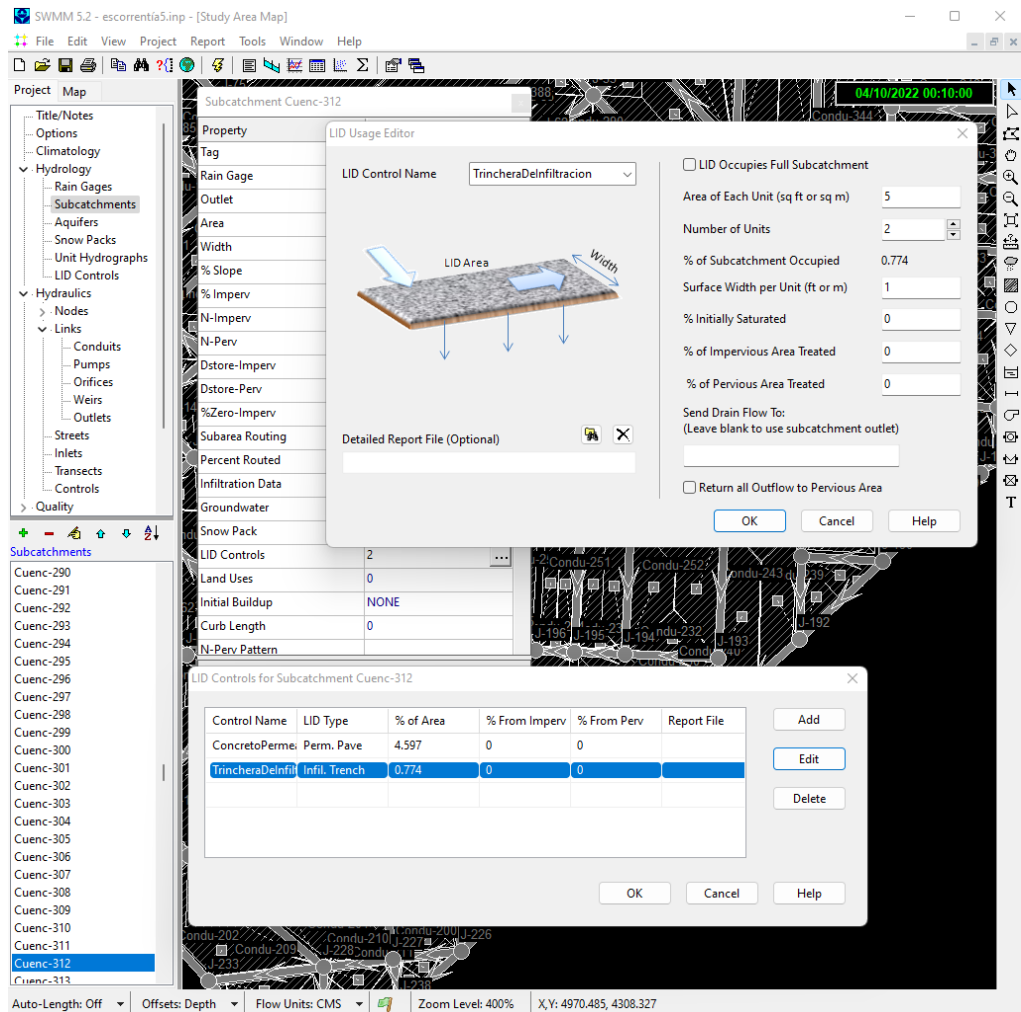
*Optional

OK Cancel Help

Nota. La figura muestra las condiciones hidráulicas que se le asigna a la zona de almacenaje de la trinchera de infiltración.

Figura 84

Interface de asignación de LID's a las subcuencas



Nota. Luego de crear los LID's de control, estos son asignado a las subcuencas donde se requiere su aplicación.

Las trincheras de infiltración se asignaron en las áreas donde es posible implementarlas como se aprecia en la Tabla 20 y a su vez, para poder disminuir la altura de precipitación.

Tabla 20*Subcuencas con LID trinchera de infiltración*

N°	Sub cuencas / Subcatchment	Proceso LID / LID Process	Numero / Number	Area (m ²)	Ancho / Width (m)
1	Cuenc-122	Trinchera de Infiltración	2	5	1
2	Cuenc-206	Trinchera de Infiltración	2	5	1
3	Cuenc-268	Trinchera de Infiltración	2	5	1
4	Cuenc-269	Trinchera de Infiltración	2	5	1
5	Cuenc-270	Trinchera de Infiltración	2	5	1
6	Cuenc-271	Trinchera de Infiltración	2	5	1
7	Cuenc-292	Trinchera de Infiltración	2	5	1
8	Cuenc-312	Trinchera de Infiltración	2	5	1
9	Cuenc-313	Trinchera de Infiltración	2	5	1

Nota. Situadas en zonas donde aún no se han ejecutado obras civiles.

3.5.6.2. Concreto Permeable

Este sistema de drenaje ya se viene utilizando para poder mitigar los anegamientos o encharcamientos de las zonas urbanas, por lo que, para este estudio se aplicará considerando los siguientes datos mostrados en la Tabla 21 y Figura 85, Figura 86, Figura 87, Figura 88 que le dan la capacidad de drenaje.

Tabla 21*Característica hidráulica del LID Pavimento Permeable*

Descripción	Superficie / Surface	Pavimento / Paviment	Suelo / Soil	Almacenamiento / Storage
Altura de Berma / Berm Height (in o mm)	150,000			
Fracción de Volumen de Vegetación / Vegetation Volume Fraction	0,000			
Rugosidad de la Superficie / Surface Roughness (Mannings n)	0,015			
Pendiente de la Superficie / Surface Slope (porcentual)	2,000			

Espesor / Thickness (in o mm)	150,000	100,000	150,000
Relación de vacíos / Void Ratio (Voids / Solids)	0,250		0,400
Fracción de superficie impermeable / Impervious Surface Fraction	0,000		
Permeabilidad / Permeability (in/h o mm/h)	7200,000		
Factor de obstrucción / Clogging Factor	0,000		
Intervalo de regeneración / Regeneration Interval (days)	0,000		
Fracción de regeneración / Regeneration Fraction	0,000		
Porosidad / Porosity (colume fraction)		0,500	
Capacidad de campo / Field Capacity (volume fraction)		0,200	
Punto de marchitamiento / Wilting Point (volume fraction)		0,100	
Conductividad / Coductivity (in/h o mm/h)		5,000	
Pendiente de conductividad / Conductivity Slope		10,000	
Cabeza de succión / Suction Head (ino mm)		3,500	
Tasa de filtración / Seepage Rate (in/h o mm/h)			1,500
Factor de obstrucción / Clogging Factor			0,000

Nota. Se considera la dimensión y coeficientes que afectarán al flujo del agua pluvial como la tasa de infiltración, porosidad, rugosidad, relación de vacíos, etc.

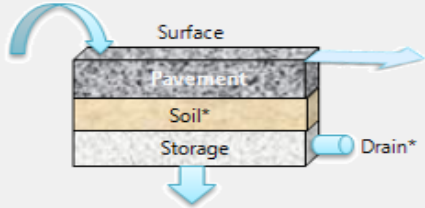
Figura 85

Ingreso de datos para la zona de la superficie

LID Control Editor ✕

Control Name:

LID Type:



*Optional

Soil	Storage	Drain
Surface		Pavement
Berm Height (in. or mm)	<input type="text" value="150"/>	
Vegetation Volume Fraction	<input type="text" value="0.0"/>	
Surface Roughness (Mannings n)	<input type="text" value="0.015"/>	
Surface Slope (percent)	<input type="text" value="2"/>	

Nota. De acuerdo a la situación en la que se encuentra, puede tener obstrucciones que frenen el flujo de la escorrentía superficial como la vegetación y la rugosidad.

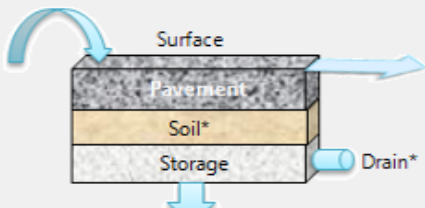
Figura 86

Ingreso de datos para la zona del pavimento

LID Control Editor ✕

Control Name:

LID Type:



*Optional

Soil	Storage	Drain
Surface		Pavement
Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="150"/>	
Void Ratio (Voids / Solids)	<input type="text" value="0.25"/>	
Impervious Surface Fraction	<input type="text" value="0"/>	
Permeability (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="7200"/>	
Clogging Factor	<input type="text" value="0"/>	
Regeneration Interval (days)	<input type="text" value="0"/>	
Regeneration Fraction	<input type="text" value="0"/>	

Nota. La estructura hidráulica propuesta para poder infiltrar el agua pluvial, tiene que tener ciertas capacidades para tener permeabilidad.

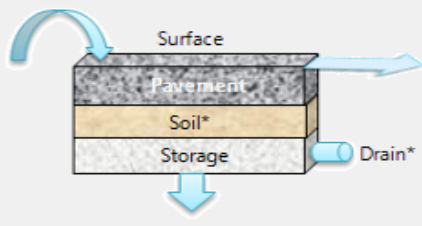
Figura 87

Ingreso de datos para la zona del suelo

LID Control Editor

Control Name:

LID Type:



Surface	Pavement
Soil	Storage
Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="100"/>
Porosity (volume fraction)	<input type="text" value="0.5"/>
Field Capacity (volume fraction)	<input type="text" value="0.2"/>
Wilting Point (volume fraction)	<input type="text" value="0.1"/>
Conductivity (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="5"/>
Conductivity Slope	<input type="text" value="10.0"/>
Suction Head (in. or mm)	<input type="text" value="3.5"/>

OK Cancel Help

Nota. El sistema compone varias capas, el suelo a emplear también debe cumplir cierta capacidad permeables, por lo que el diámetro de la grava influye, reduciendo la arena fina, para que haya mayor relación de vacíos.

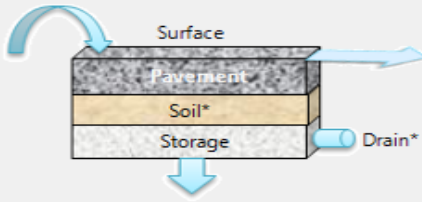
Figura 88

Ingreso de datos para la zona del almacenamiento

LID Control Editor

Control Name:

LID Type:



Surface	Pavement
Soil	Storage
Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="150"/>
Void Ratio (Voids / Solids)	<input type="text" value="0.4"/>
Seepage Rate (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="1.5"/>
Clogging Factor	<input type="text" value="0"/>

OK Cancel Help

Nota. El agua pluvial finalizará en el fondo del SUDS, por lo que el ensayo de infiltración aporta datos necesarios para considerar que el agua de escorrentía superficial pueda infiltrar.

El pavimento de concreto permeable se asignó en las áreas donde es posible implementarlas como se aprecian en la Tabla 22 y Figura 89, Figura 90, Figura 91, como parte de la zona del estacionamiento a lo largo de las calles consideradas, adaptándose a la sección vial y a su vez, para poder disminuir la altura de precipitación.

Tabla 22

Subcuencas con LID pavimento o concreto permeable

N°	Sub cuencas / Subcatchment	Proceso LID / LID Process	Numero / Number	Area (m²)	Ancho / Width (m)
1	Cuenc-121	Concreto permeable	1	79,1598	79,1598
2	Cuenc-122	Concreto permeable	1	48,7443	48,7443
3	Cuenc-123	Concreto permeable	1	79,1598	79,1598
4	Cuenc-127	Concreto permeable	1	171,2055	171,2055
5	Cuenc-140	Concreto permeable	1	125,8346	125,8346
6	Cuenc-143	Concreto permeable	1	86,9507	86,9507
7	Cuenc-145	Concreto permeable	1	133,4330	143,4330
8	Cuenc-150	Concreto permeable	1	89,8475	89,8475
9	Cuenc-151	Concreto permeable	1	86,2228	86,2228
10	Cuenc-158	Concreto permeable	1	117,4857	117,4857
11	Cuenc-169	Concreto permeable	1	152,5277	152,5277
12	Cuenc-171	Concreto permeable	1	199,2018	199,2018
13	Cuenc-173	Concreto permeable	1	199,2018	199,2018
14	Cuenc-175	Concreto permeable	1	150,0707	150,0707
15	Cuenc-183	Concreto permeable	1	83,9514	83,9514
16	Cuenc-184	Concreto permeable	1	93,7856	93,7856
17	Cuenc-198	Concreto permeable	1	33,4850	33,4850
18	Cuenc-200	Concreto permeable	1	33,4850	33,4850
19	Cuenc-206	Concreto permeable	1	103,6748	103,6748
20	Cuenc-208	Concreto permeable	1	103,6748	103,6748
21	Cuenc-252	Concreto permeable	1	174,2230	174,2230
22	Cuenc-254	Concreto permeable	1	91,4545	91,4545
23	Cuenc-256	Concreto permeable	1	63,7000	63,7000
24	Cuenc-268	Concreto permeable	1	83,3453	83,3453
25	Cuenc-269	Concreto permeable	1	49,4666	49,4666
26	Cuenc-270	Concreto permeable	1	83,3453	83,3453
27	Cuenc-274	Concreto permeable	1	129,9080	129,9080
28	Cuenc-286	Concreto permeable	1	82,0194	82,0194
29	Cuenc-288	Concreto permeable	1	128,6925	128,6925
30	Cuenc-292	Concreto permeable	1	83,3453	83,3453

31	Cuenc-300	Concreto permeable	1	93,7856	93,7856
32	Cuenc-301	Concreto permeable	1	63,7000	63,7000
33	Cuenc-305	Concreto permeable	1	93,7856	93,7856
34	Cuenc-312	Concreto permeable	1	59,4028	59,4028
35	Cuenc-313	Concreto permeable	1	93,7856	93,7856
36	Cuenc-330	Concreto permeable	1	32,6901	32,6901

Nota. Situadas en zonas donde aún se han ejecutado obras civiles, formarán parte de la sección vial.

Este LID de control tiene las dimensiones siguientes:

Figura 89

Adaptación del concreto permeable como sistema de drenaje



Nota. El LID es asignado a las calles donde es posible construirlo.

$$A_{LID\ control} = ancho \times longitud\ de\ la\ calle \quad (5)$$

Donde:

$A_{LID\ control}$: Área del LID de control, concreto permeable.

Figura 90

Interface de asignación de LID's a las subcuencas

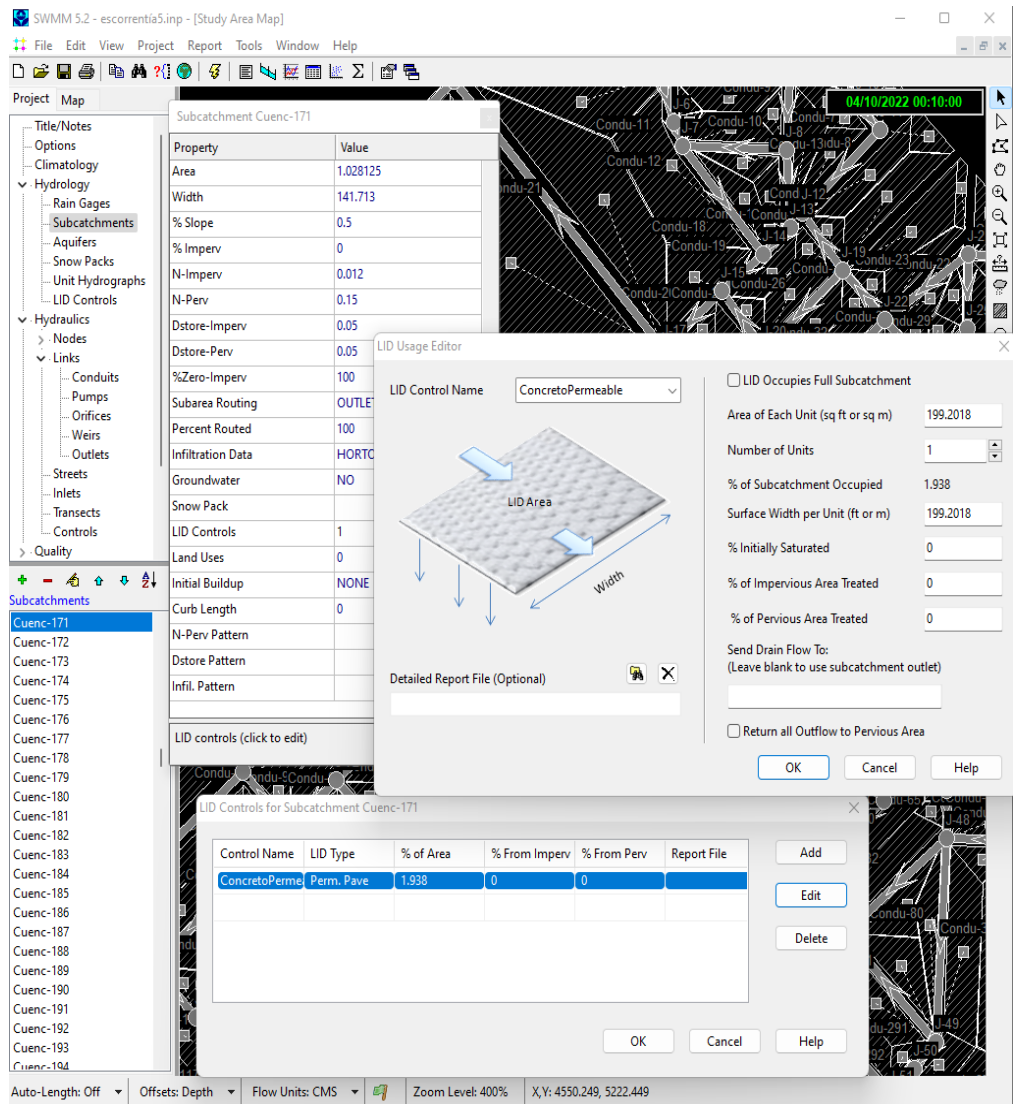


Figura 91

Encharcamiento por efecto de las lluvias en marzo del 2022



Nota. La figura muestra evidencias del encharcamiento en la Asoc. Las Begonias, producto de las precipitaciones y como alternativa de solución reemplazar parte del área del adoquinado con concreto permeable para infiltrar las aguas estancadas.

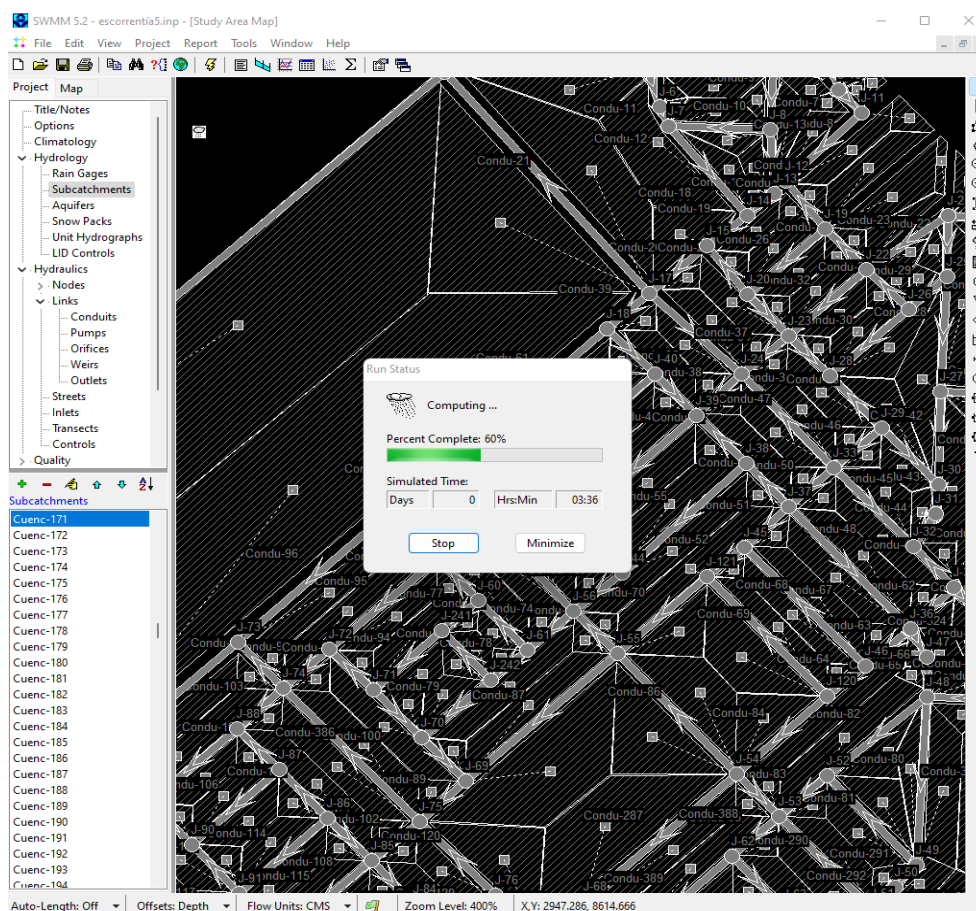
3.5.6.3. Barril de Infiltración

El sistema de barril de infiltración se utiliza para zonas donde se requiere reutilizar el agua pluvial en las zonas aledañas o simplemente como sistema de almacenaje para luego ser direccionadas a la red de alcantarillado actuando como un retenedor, también se podría aplicar como celdas de infiltración, por lo que para este estudio se aplicarían en zonas puntuales donde haya depresiones.

Una vez introducido al software EPA SWMM todos los datos para realizar la simulación de precipitación de diseño, estableciendo las sub cuencas y el flujo de la escorrentía superficial, se inicia el procesamiento de la simulación mostrado en la Figura 92, obteniendo los resultados que se relatarán en el siguiente capítulo.

Figura 92

Procesamiento de la simulación



Nota. El software simula un evento de precipitación de acuerdo a la tormenta de diseño considerada y el comportamiento del agua pluvial sobre el área urbana de estudio.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los resultados serán extraídos del software EPA SWMM, que simula un evento climatológico, como una precipitación sobre una cuenca, en este caso cuenca urbana.

4.1. Caudal de Escorrentía Superficial de Diseño

De acuerdo a los datos hidrológicos e hidráulicos ingresados en el software EPA SWMM, con la creación de subcuencas y parámetros ya mencionados anteriormente y la aplicación del método racional para cuencas urbanas, el caudal de escorrentía superficial de diseño para los sistemas de drenaje, se considera el mayor caudal de los conductos indicado en la Figura 93, ya que son las que realizan la función de canal en una zona urbana sin drenaje.

Figura 93

Caudal máximo que recorre en cada conducto

Link	Type	Maximum [Flow] CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Condu-166	CHANNEL	3.568	0	04:57	1.03	0.10	0.68
Condu-369	CHANNEL	2.932	0	05:00	0.82	0.13	0.65
Condu-370	CHANNEL	2.831	0	05:00	1.73	0.15	0.32
Condu-373	CHANNEL	2.454	0	05:00	2.51	0.06	0.21
Condu-371	CHANNEL	2.318	0	05:00	0.51	0.03	0.23
Condu-165	CHANNEL	1.904	0	05:28	0.34	1.00	1.00
Condu-208	CHANNEL	1.744	0	05:00	1.47	0.13	0.24
Condu-207	CHANNEL	1.735	0	05:00	1.32	0.09	0.26
Condu-172	CHANNEL	1.238	0	05:00	1.78	0.01	0.08
Condu-206	CHANNEL	1.194	0	05:00	1.17	0.05	0.21
Condu-92	CHANNEL	1.059	0	05:00	1.89	0.03	0.13
Condu-109	CHANNEL	1.014	0	05:00	1.96	0.02	0.13
Condu-91	CHANNEL	0.982	0	05:00	1.77	0.02	0.13
Condu-136	CHANNEL	0.896	0	05:00	1.76	0.02	0.13
Condu-135	CHANNEL	0.878	0	05:00	1.81	0.02	0.12
Condu-256	CHANNEL	0.877	0	05:00	1.07	0.01	0.09
Condu-149	CHANNEL	0.846	0	05:00	0.28	0.02	0.56
Condu-96	CHANNEL	0.806	0	05:00	1.65	0.02	0.12
Condu-193	CHANNEL	0.753	0	05:00	1.96	0.01	0.10
Condu-110	CHANNEL	0.753	0	05:00	0.45	0.01	0.10
Condu-272	CHANNEL	0.749	0	05:00	0.94	0.02	0.09
Condu-169	CHANNEL	0.715	0	05:00	1.64	0.02	0.11
Condu-205	CHANNEL	0.706	0	05:00	1.02	0.01	0.16
Condu-161	CHANNEL	0.703	0	05:00	1.88	0.01	0.10
Condu-190	CHANNEL	0.672	0	05:00	0.80	0.05	0.18
Condu-116	CHANNEL	0.655	0	05:00	1.56	0.02	0.11

Nota. El software considera el método racional para el cálculo del caudal, considerando el área de la subcuenca, la intensidad de precipitación.

Fuente: EPA SWMM.

El caudal calculado de 1,238 m³/s es el máximo que fluye a través del conducto N° 172 (Condu-172) que se encuentra en el área de estudio y se encuentra situada en la Asociación de Vivienda Eben Ezer.

4.2. Altura de Precipitación

De la simulación desarrollada debido al modelamiento generado en el software EPA SWMM y la influencia de los datos hidrológicos e hidráulicos propios del material que tiene contacto con el agua pluvial, ello influye en el comportamiento de la escorrentía, resultando las alturas de inundación debido a la precipitación pluvial, las cuales se muestran en la siguiente Tabla 23.

Tabla 23

Resultado de altura de precipitación en los conductos

Enlace / Link	Tipo / Type	Máximo [Caudal/ Maximum Flow CMS	Hora de máximo Caudal / Hour of Maximum Flow	Máxima [Velocidad] / Maximum Velocity m/sec	Máximo / Flujo completo / Max / Full Flow	Máxima / Profundidad total / Max / Full Depth	Dentro del área de estudio
Condu - 165	CHANNEL	1,904	05:27	0,340	1,000	1,000	no
Condu - 166	CHANNEL	3,556	04:49	1,020	0,100	0,680	no
Condu - 369	CHANNEL	2,919	05:00	0,810	0,130	0,650	no
Condu - 149	CHANNEL	0,833	05:00	0,270	0,020	0,560	no
Condu - 194	CHANNEL	0,465	05:00	0,270	0,010	0,550	no
Condu - 195	CHANNEL	0,445	05:00	0,270	0,010	0,540	no
Condu - 167	CHANNEL	0,067	05:00	0,300	0,000	0,530	no
Condu - 151	CHANNEL	0,124	05:00	0,250	0,000	0,530	no
Condu-125	CHANNEL	0,342	05:00	0,180	0,050	0,370	si
Condu - 370	CHANNEL	2,818	05:00	1,730	0,150	0,320	no
Condu - 236	CHANNEL	0,245	05:00	0,210	0,010	0,320	no
Condu - 207	CHANNEL	1,723	05:00	1,320	0,090	0,260	no
Condu-208	CHANNEL	1,732	05:00	1,470	0,130	0,240	no

Condu-237	CHANNEL	0,312	05:00	0,260	0,010	0,240	no
Condu-387	CHANNEL	0,495	05:00	0,410	0,020	0,240	si
Condu-168	CHANNEL	0,399	05:00	0,640	0,020	0,240	no
Condu-371	CHANNEL	2,304	05:00	0,510	0,030	0,230	no
Condu-124	CHANNEL	0,182	05:00	0,320	0,000	0,220	si
Condu-128	CHANNEL	0,130	05:00	0,160	0,000	0,220	si
Condu-155	CHANNEL	0,147	05:00	0,410	0,000	0,210	no
Condu-249	CHANNEL	0,027	05:00	0,250	0,000	0,210	no
Condu-131	CHANNEL	0,137	05:00	0,190	0,000	0,210	si
Condu-156	CHANNEL	0,083	05:00	0,230	0,000	0,210	no
Condu-206	CHANNEL	1,185	05:00	1,170	0,050	0,210	no
Condu-373	CHANNEL	2,439	05:00	2,510	0,060	0,200	no
Condu-209	CHANNEL	0,515	05:00	0,600	0,020	0,190	no
Condu-372	CHANNEL	0,082	05:00	0,110	0,000	0,190	no
Condu-190	CHANNEL	0,667	05:00	0,800	0,050	0,180	no
Condu-235	CHANNEL	0,223	05:00	0,380	0,010	0,170	no
Condu-57	CHANNEL	0,485	05:00	0,620	0,030	0,170	si
Condu-58	CHANNEL	0,556	05:00	0,770	0,090	0,160	si
Condu-205	CHANNEL	0,703	05:00	1,020	0,010	0,160	no
Condu-192	CHANNEL	0,503	05:00	0,860	0,010	0,140	no
Condu-92	CHANNEL	1,058	05:00	1,890	0,030	0,130	si
Condu-109	CHANNEL	1,011	05:00	1,960	0,020	0,130	si
Condu-91	CHANNEL	0,981	05:00	1,770	0,020	0,130	si
Condu-92	CHANNEL	1,058	05:00	1,890	0,030	0,130	si
Condu-135	CHANNEL	0,863	05:00	1,800	0,020	0,120	no
Condu-96	CHANNEL	0,805	05:00	1,650	0,020	0,120	si
Condu-136	CHANNEL	0,881	05:00	1,740	0,020	0,120	no
Condu-179	CHANNEL	0,087	05:00	0,450	0,000	0,120	no
Condu-60	CHANNEL	0,031	04:43	0,340	0,000	0,120	si
Condu-178	CHANNEL	0,566	05:00	0,440	0,010	0,120	no

Condu - 290	CHANNEL	0,159	05:00	0,400	0,020	0,110	si
Condu - 116	CHANNEL	0,636	05:00	1,540	0,010	0,110	si
Condu - 59	CHANNEL	0,388	04:52	0,910	0,010	0,110	si
Condu - 98	CHANNEL	0,182	05:00	0,430	0,010	0,110	si
Condu - 72	CHANNEL	0,073	05:00	0,500	0,000	0,110	si
Condu - 202	CHANNEL	0,321	05:00	0,750	0,010	0,110	no
Condu - 169	CHANNEL	0,710	05:00	1,630	0,020	0,110	no
Condu - 240	CHANNEL	0,482	05:00	1,190	0,010	0,110	no
Condu - 61	CHANNEL	0,408	04:37	1,100	0,010	0,100	si
Condu - 158	CHANNEL	0,090	05:00	0,430	0,000	0,100	si

Nota. Se muestra los tirantes del caudal que recorre en cada conducto, las celdas de color amarillo indican las alturas más críticas y las celdas de color anaranjado indican los resultados que se encuentran dentro del área que se está estudiando.

La mayor altura de precipitación, se encuentra situada en el conducto N° 125 (Condu-125) correspondiente a la calle Luis Santa Ana Taillaco, por la plaza principal de la Asociación de Vivienda Las Begonias, donde la altura de precipitación es de 0,37 m que sería el tirante del conducto debido al flujo del caudal.

Pero también se consideran zonas donde se dispone de áreas para aplicar los SUDS y reducir la altura de precipitación, revisar Tablas 20 y 22, para que no se generen anegamientos aguas abajo.

4.3. Tasa de Infiltración de Campo

Del ensayo de infiltración realizada, se procesa los datos obtenidos en campo y se obtiene la tasa de infiltración en mm/h, revisar Tabla 24 y gráficamente la curva de infiltración como se aprecia en la Figura 94.

Tabla 24

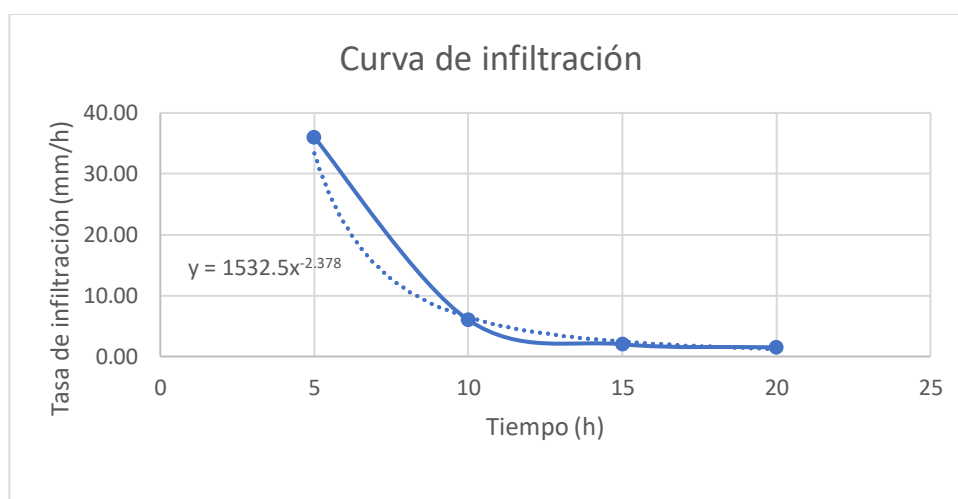
Calculo de la tasa de infiltración

Lectura	Tiempo (min)	Tiempo (h)	Nivel de agua (cm)	Infiltrado (mm)	Tasa de infiltración (mm/h)
1			4,90		
2	5	0,083	5,20	3,00	36,00
3	10	0,167	5,30	1,00	6,00
4	15	0,250	5,35	0,50	2,00
5	20	0,333	5,40	0,50	1,50

Nota. Datos recolectados del ensayo de infiltración de campo y calculados en gabinete.

Figura 94

Gráfica de infiltración del ensayo realizado en campo



Nota. La figura muestra la gráfica y tendencia de la curva, cuando la infiltración disminuye cuando pasa el tiempo.

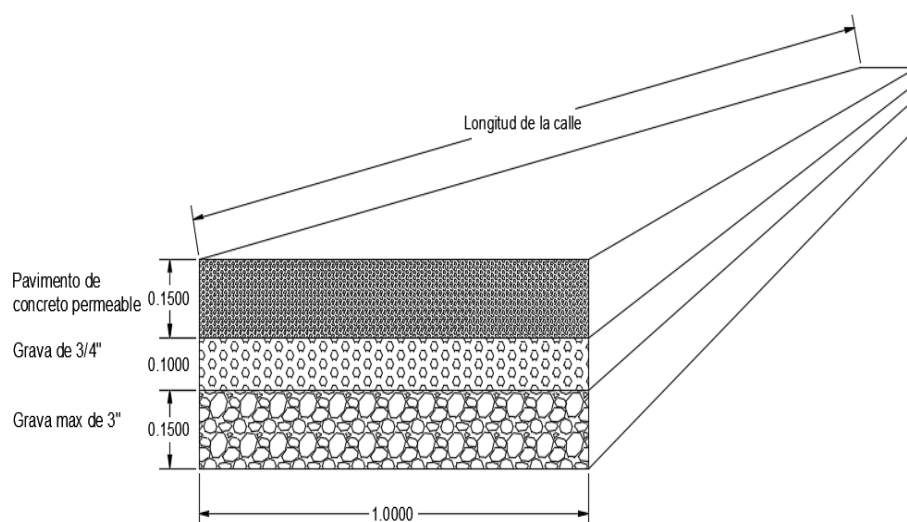
Teniendo la curva de infiltración, se aplica la fórmula del modelo de infiltración de Horton, mencionado en el apartado 3.5.5.8, para encontrar la conductividad “*k*” del suelo, ya que el dato es necesario para introducirlo en el EPA SWMM, en las zonas donde se aplicarán los LID’s. El coeficiente de conductividad del suelo ensayado es de 10,3.

4.4. Sistemas de Drenaje Sostenible o LID's

El sistema de drenaje aplicado para disminuir la altura de precipitación, será con la implementación de concreto permeable aplicadas en las zonas que menciona la Tabla 22, las dimensiones de la estructura de concreto permeable se plantean como se menciona en el apartado 3.5.6.2. Este sistema estará compuesto por las siguientes capas mostradas en la Figura 95.

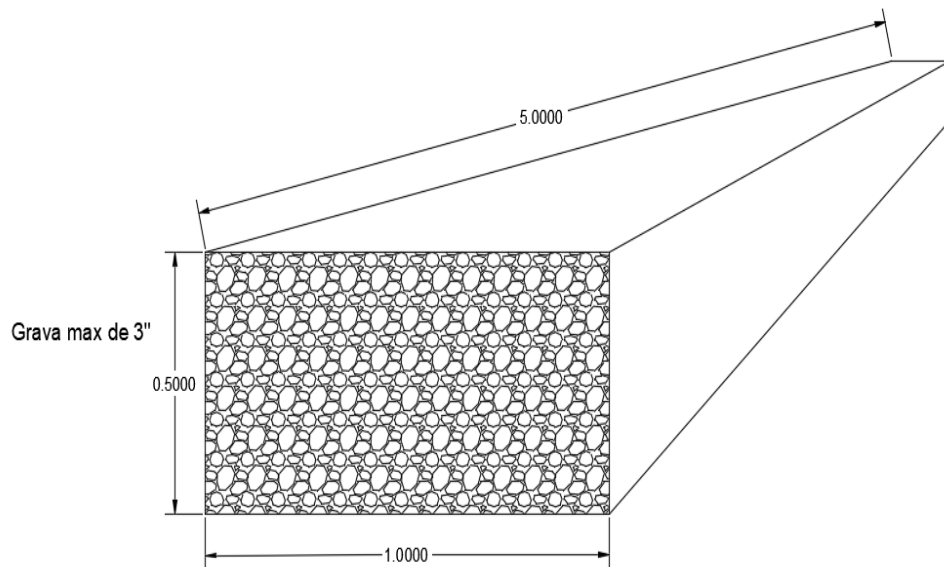
Figura 95

Composición de capas del LID concreto permeable



Nota. La distribución debe tener la capacidad de poder filtrar agua de escorrentía superficial.

También se implementa trincheras de infiltración para que las aguas de escorrentía superficial, en el caso que no se llegue direccionar otra zona, se infiltren en el suelo, ello se aplica en las zonas que se indican en la Tabla 20 y de la forma como se muestra en la Figura 96.

Figura 96*Composición del LID trinchera de infiltración*

Nota. Reúne las aguas de escorrentía superficial para poder infiltrarlas al suelo.

Las dimensiones de la trinchera de infiltración son de:

- Ancho: 1 m
- Largo: 5 m
- Altura: 0,50 m

Estas dimensiones son estimadas para que no ocupen mucho espacio en las zonas donde el espacio es escaso.

Luego de aplicar las LID's de control en las zonas donde se requieren, los resultados de la altura de precipitación resultan de la siguiente manera mostrada en la Figura 97.

Figura 97

Altura de precipitación con la aplicación de LID's

Link	Type	Maximum [Flow] CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Condu-165	CHANNEL	1.904	0	05:28	0.34	1.00	1.00
Condu-166	CHANNEL	3.558	0	04:57	1.02	0.10	0.68
Condu-369	CHANNEL	2.927	0	05:00	0.82	0.13	0.65
Condu-149	CHANNEL	0.841	0	05:00	0.28	0.02	0.56
Condu-194	CHANNEL	0.467	0	05:00	0.27	0.01	0.55
Condu-195	CHANNEL	0.447	0	05:00	0.27	0.01	0.54
Condu-167	CHANNEL	0.067	0	05:00	0.30	0.00	0.53
Condu-151	CHANNEL	0.125	0	05:00	0.25	0.00	0.53
Condu-125	CHANNEL	0.342	0	05:00	0.17	0.05	0.37
Condu-236	CHANNEL	0.247	0	05:00	0.21	0.01	0.32
Condu-370	CHANNEL	2.826	0	05:00	1.73	0.15	0.32
Condu-207	CHANNEL	1.732	0	05:00	1.32	0.09	0.26
Condu-237	CHANNEL	0.315	0	05:00	0.26	0.01	0.25
Condu-387	CHANNEL	0.501	0	05:00	0.41	0.02	0.25
Condu-168	CHANNEL	0.400	0	05:00	0.64	0.02	0.24
Condu-208	CHANNEL	1.741	0	05:00	1.47	0.13	0.24
Condu-371	CHANNEL	2.312	0	05:00	0.51	0.03	0.23
Condu-124	CHANNEL	0.182	0	05:00	0.32	0.00	0.22
Condu-128	CHANNEL	0.135	0	05:00	0.16	0.00	0.22
Condu-373	CHANNEL	2.450	0	05:00	2.51	0.06	0.21
Condu-206	CHANNEL	1.192	0	05:00	1.17	0.05	0.21
Condu-156	CHANNEL	0.083	0	05:00	0.23	0.00	0.21
Condu-155	CHANNEL	0.147	0	05:00	0.41	0.00	0.21
Condu-131	CHANNEL	0.138	0	05:00	0.19	0.00	0.21
Condu-249	CHANNEL	0.028	0	05:00	0.25	0.00	0.21
Condu-209	CHANNEL	0.517	0	05:00	0.60	0.02	0.19
Condu-372	CHANNEL	0.082	0	05:00	0.11	0.00	0.19
Condu-190	CHANNEL	0.670	0	05:00	0.80	0.05	0.18
Condu-57	CHANNEL	0.485	0	05:00	0.62	0.03	0.17

4.5. Áreas Disponibles para Adaptar los SUDS

Para la adaptación del sistema de drenaje sostenible, en el área de estudio que son las asociaciones Las Begonias y Eben Ezer, se realizó la inspección visual en la cual se identificaron las zonas en la cual desarrollar los sistemas, contemplando las condiciones en la que se encuentra y que, si realmente se puede modificar las estructuras existentes sin generar mayores gastos o interferencias con el desarrollo del tránsito, estas zonas se ubican lo que se indica en las Tablas 20 y 22.

Estos LID's formaran parte de la sección vial, en cambio la trinchera de infiltración estará como lugar de almacenaje de las aguas pluviales.

En total son 7 zonas donde se puede aplicar SUDS, dentro del área de estudio como se indican en la Figura 98.

Figura 98

Identificación de las áreas disponibles



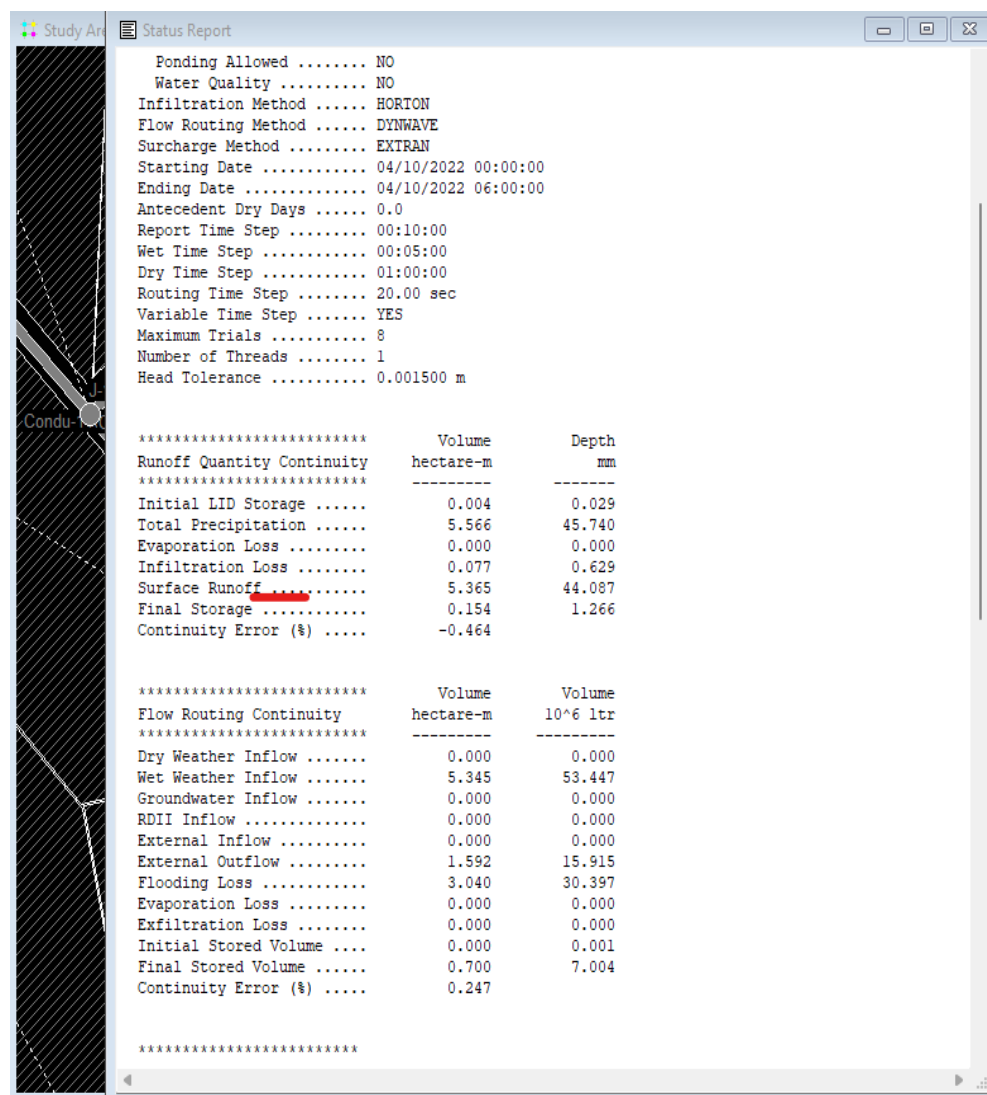
Nota. En su mayoría las áreas disponibles son parque o plaza que aún no se han ejecutado por completo o no se realizó algún trabajo de obra civil.

4.6. Volumen de Agua para Riego

La investigación se centra en reducir la altura de precipitación, por lo que pretende infiltrar las aguas de escorrentía superficial, con la posibilidad de proporcionar datos sobre, cuanto caudal se podría utilizar para riego de áreas verdes, recolectándolas a través de una red de tuberías que recolecten las aguas que se infiltran a través del concreto permeable y la trinchera de infiltración. Entonces debido al cálculo realizado se dispone de un volumen de 5,365 hectáreas-metros, ello mostrado en la Figura 99.

Figura 99

Reporte de estado del software EPDA SWMM



Nota. El reporte de estado de la simulación realizada, muestra el volumen de escorrentía superficial.

Considerando que el área de estudio es 3 61343,07 m², quiere decir que 5,365 se multiplicará por área para obtener el volumen como unidad en m³.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El ensayo de infiltración realizado en campo para calcular la tasa de infiltración del suelo existente en la zona, muestra que el suelo, por su composición granulométrica y grado de compacidad, tiene una infiltración lenta con una tasa de infiltración de equilibrio de 1,5 mm/h como se indica en la Tabla 24, lo cual se consideran mayores áreas con el sistema SUDS aplicando los LID's de control en las calles donde se pueden adaptar estos sistemas.

Los LID's de control proporcionan atributos al relieve de la superficie como capacidad de poder infiltrar más cantidad de caudal de escorrentía superficial, estos LID son empleados en zonas abiertas o formar parte de la sección vial.

La simulación realizada sobre la precipitación en la cuenca urbana, refleja que las calles llegan a inundarse como sucedió en la fecha de 21 de febrero del 2020, elevándose el tirante 0,370 m (Tabla 23), lo suficiente como para que se desborde por las veredas ya que la altura considerada para contener el flujo es de +0.10 m (Nivel de vereda) y entre a las casas aledañas, afectándolas causando daños materiales y la velocidad de flujo de 1,89 m/s, siendo la velocidad más alta que resulta producto de la pendiente y las dirección de flujo, esta velocidad puede ocasionar arrastre de sedimento u objetos pesados que interrumpen el flujo libre del agua pluvial.

Este proceso digitalizado de análisis de cuentas utilizando el software EPA SWMM, permite identificar las calles en las cuales se inunda más debido a la precipitación, así poder anticipar soluciones para eventos futuros, considerando los parámetros mínimos que indica el Reglamento Nacional de Edificación CE.040 Drenaje pluvial que ya forma parte como componente para zonas urbanas, lo cual quiere decir que para solicitar la licencia de Habilitación Urbana, en los requisitos como parte del expediente se deberá considerar Sistemas de Drenaje Pluvial o justificar porque no se requiere el sistema, sustentándola con análisis similares a este estudio que se presenta.

El Reglamento Nacional de Edificación CE. 040 Drenaje Pluvial, considera drenajes, con la implementación de estructuras de obras de arte (concreto, sumideros, rejillas metálicas, etc.), pero los SUDS propone la aplicación de materiales de bajo costo utilizando el propio suelo como drenaje para mitigar los anegamientos.

Las áreas disponibles para la aplicación del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible – SUDS en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer son escasas, ya que la mayor parte del área de estudio está pavimentada, por lo que la infiltración con la estructura existente es mínima o no infiltra, ocasionando que la escorrentía superficial afecte a las casas que se encuentran aguas abajo.

CONCLUSIONES

Se logra el diseño del sistema de drenaje pluvial sostenible con la aplica de concreto permeable Figura 95 como un componente de infiltración que ayudará a la mitigación de la escorrentía superficial en las Subcuencas que se indican en la Tabla 20 y 22, así también la trinchera de infiltración Figura 96 que se asignó como LID de control en el EPA SWMM, en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer.

En las asociaciones Las Begonias y Eben Ezer, se logró identificar las áreas para poder adaptar el diseño de drenaje pluvial sostenible, estos zonas se ubican las Subcuencas que se indican en la Tabla 20 y 22, considerando 7 zonas abiertas donde se pueden mejorar el sistema de drenaje, del cual se puede reemplazar 1 m de ancho por la longitudinal de calle, con concreto permeable y las trincheras de infiltración con áreas de 1m de ancho por 5m de longitud, con profundidades de 0,40 m y 0,50 m respectivamente..

Considerando los datos hidrológicos proporcionados de la base de datos de SENAMHI, con una intensidad de precipitación de diseño de 3,0 mm/h, la aplicación del método racional y con la ayuda del software EPA SWMM, el caudal máximo de escorrentía superficial es de 1,904 m³/s, la altura máxima de inundación es de 0,37 m en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer.

El volumen de agua que se dispondrá para reutilizarla en el regadío de las áreas verdes es de 5,365 hectáreas-metros por 3 61343,07 m² del área de estudio, por lo que, para la recolección de esta agua para ser reutilizada, se tendrá que implementar tuberías que recolecten las aguas pluviales, este volumen no será para un regadío constante si no que sucederán cuando ocurran precipitaciones y se logre almacenar lo suficiente y direccionar el agua pluvial a su propósito.

RECOMENDACIONES

En la variación de clima que está ocurriendo en la región de Tacna y efectos de climatológicos, las precipitaciones pluviales pueden generar inundaciones en zonas urbanas con escasa o ninguna gestión de drenajes, por lo que la implementación de sistemas de drenajes pluviales sostenibles como pavimentos o concreto permeables, zanjas de infiltración, etc., pueden lograr la mitigación de estas inundaciones y poder reutilizar el agua para riego y sostener las áreas verdes, como plazas, parque o avenidas, las entidades públicas deben generar o reservar espacios para la aplicación de los SUDS.

La urbanización de la ciudad de Tacna, sin un plan de desarrollo urbano contemplado más áreas para la adaptación de sistemas de drenaje pluvial sostenible como los que se realizan en el país de España y otras ciudades de Europa, puede llegar a ser complicado la mitigación de inundaciones, por lo que se debería considerar espacios donde se apliquen estos sistemas de drenaje pluvial sostenible, como por ejemplo en las siguientes: Plaza Carlos Vidal, Parque las Begonias, Plaza principal de las Begonias, Plaza los Claveles, Parque los Claveles, Plaza Eben Ezer.

Para realizar el análisis de cuencas y el requerimiento de datos hidrológicos, se cuenta con soportes de información como lo es el SENAMHI que recolectada datos de los distintos efectos climatológicos que ocurren en el Perú, y que para algún análisis hidrológico, se puede referir los datos y resultados ello, por lo que se recomiendo también realizar ensayo pluviométricos, ensayos de suelo, para poder obtener resultados aproximados precisos aplicando el método racional para el cálculo de escorrentía superficial.

Implementación de sistema de almacenaje para poder recolectar las aguas de escorrentía superficial, para que sean utilizadas como regadío, así disminuyendo el consumo de agua potable que escasea del recurso en la ciudad de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce Quintana, M. A. M. (2019). *Recuperación de afuas pluviales en la ciudad de Arequipa utilizando concreto permeable en vías públicas*. Universidad Privada de Tacna.
- Bello Mendoza, L., & Velázquez Juárez, S. J. (2012). *Cálculo de periodo de retorno*.
- Cox, C. (2006). *Determinación de la Conductividad Hidráulica en la Zona No Saturada con el Infiltrómetro de Anillo*.
- el Comercio. (2020). *Tacna: fuertes lluvias provocan huaicos que inundan calles y afectan viviendas*. <https://Elcomercio.Pe/Peru/Tacna/Tacna-Fuertes-Lluvias-Provocan-Huaicos-Que-Inundan-Calles-y-Afectan-Viviendas-Video-Nndc-Noticia/>.
- Fuentes Roldán, A. J. (2015). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles. Una Alternativa de Futuro*.
- Guibo, J. (2012). *Curso formulación y evaluación en PIP del sector saneamiento*.
- INDECI. (2021). *Peligro inminente de aniegos por colapso del sistema de alcantarillado - Chiclayo*.
- Iowa State University. (2016). *Pervious Concrete Physical Characteristics and Effectiveness in Stormwater Pollution Reduction*.
- Lima Apaza, M., & Quispe Chipa, Q. C. (2018). *Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de la libertad*.
- Lux Cardona, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021). *Norma Técnica CE040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Momparler, S. P., & Doménech, I. A. (2008). *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*.
- Nima Puse, C. A. (2020). *AUTO LISP CUADRO DE LOTE Y MANZANA (WW)*.
- Ojeda de la Cruz, A., Álvarez Chávez, C. R., & Orona Llano, D. C. (2020). *Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora*.

Ortega Corrales, L. J. (n.d.). *Diseño drenaje superficial*.

Portillo, G. (n.d.). *Qué es la escorrentía*.
https://www.meteorologiaenred.com/escorrentia.html#Que_es_la_escorrentia_superficial.

Salazar Calderon, R. A., & Gutierrez Laura, B. (2021). *Análisis de red y tuberías existentes para mejorar el sistema de alcantarillado de la junta vecinal - ATMAT - Pampas de Viñani Sector VI, distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna - 2020*.

Sistemas Urbanos Drenaje Sostenible S.L. (SUDS). (2019). *Parque Gomeznarro*.

United States Environmental Protection Agency - EPA, A. Rossman, L., & A. Simon, M. (2022). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*.

Valdivielso, A. (2020). *¿Qué son los SUDS?* <https://www.lagua.es/Respuestas/Que-Es-Sistema-Urbano-Drenaje-Sostenible-Suds>.

Woitrin Bibot, E. (2015). *Alternativas productivas de los campesinos de temporal en la cuenca del río Sílao, estado de Guanajuato, México*.

ANEXOS

Anexo A *Matriz de consistencia*

Interrogante del Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicadores	Métodos	Prueba estadística o estrategia
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente			
¿De qué manera se puede diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, 2022?	Diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, 2022.	El Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible se adapta favorablemente en las dos Asociaciones de Vivienda del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa.	Diseño de un sistema de drenaje pluvial sostenible.	Relieve, velocidad, volumen.	Tipo de estudio: Aplicativo – descriptivo. Nivel de Investigación: Perceptual.	Aplicación de las técnicas de Sistema Urbano de Drenaje Sostenible – SUDS.
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específico	Variable Independiente			
¿Qué caudal de la escorrentía superficial se podrá infiltrar y evacuar con el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?	Identificar las áreas disponibles para adaptar el diseño del sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna	Existen áreas suficientes para la implementación del sistema de drenaje pluvial sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín – Tacna.		- Intensidad de precipitación. - Caudal de diseño.		
¿Qué caudal de la escorrentía superficial se podrá infiltrar y evacuar con el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?	Determinar el caudal de escorrentía superficial que se puede infiltrar y evacuar mediante el diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.	El caudal de escorrentía superficial se puede infiltrar mediante la implementación del Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.	Parámetros de diseño (Hidrológicos, hidráulicos, topografía, suelo, catastro, etc.)	- Tasa de infiltración. - Área de estudio. - Pendientes. - Sección vial - Características del suelo		
¿Cuál es el volumen de agua de que se dispondría para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna?	Determinar el volumen de agua de que se dispondría para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.	Se dispone de volumen de agua suficiente para regar áreas verdes mediante el diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible en las Asociaciones Las Begonias y Eben Ezer del Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna.				

Anexo B Datos de las subcuencas

Tabla 25

Datos técnicos métricos de la zona de influencia de estudio

Manzana	Zona	Sub cuenca N°	Área (m ²)	Área (Ha)	Perímetro (m)	Longitud de cuenca (m)	Ancho de cuenca / Width (m)
M1	1	1	6183,63	0,618363	478,05	54,59	113,274
	2	2	3049,02	0,304902	333,46	39,34	77,504
	3	3	3136,84	0,313684	341,9	39,3	79,737
M2	1	4	4001,71	0,400171	280,56	49,87	80,243
	2	5	1676,86	0,167686	210,59	49,87	33,625
	3	6	2576,91	0,257691	245,01	50,64	50,887
M3	1	7	617,52	0,061752	121,45	26,56	23,254
	2	8	1953,79	0,195379	224,7	26,56	73,575
	3	9	660,67	0,066067	123,41	26,56	24,879
M4	4	10	1954,63	0,195463	224,47	26,56	73,607
	1	11	1465,63	0,146563	188,79	26,56	55,192
	2	12	829,98	0,082998	137,17	26,56	31,255
M5	3	13	667,83	0,066783	125,5	26,56	25,149
	1	14	745,85	0,174342	122,92	32,42	53,776
	2	15	460,47	0,096695	94,79	32,39	29,853
M6	3	16	296,29	0,050726	80,05	30,22	16,786
	1	17	1743,42	0,156655	234,94	30,18	51,907
	2	18	966,95	0,036722	142,72	26,56	13,829
M7	3	19	507,26	0,166567	102,82	26,56	62,725
	4	20	1566,55	0,063978	224,95	26,56	24,093
	1	21	367,22	0,150757	89,89	26,56	56,772
M8	2	22	1665,67	0,028380	203,55	26,56	10,687
	3	23	639,78	0,098632	123,05	24,50	40,258
	4	24	1507,57	0,084871	185,37	24,47	34,684
M9	5	25	283,80	0,016084	76,87	14,92	10,780
	1	26	986,32	0,131344	176,39	24,86	52,833
	2	27	848,71	0,399960	134,16	46,21	86,553
M10	3	28	160,84	0,582372	59,32	48,73	119,510
	4	29	1313,44	0,273505	207,06	53,90	50,743
	1	30	3999,60	1,001134	368,77	64,90	154,258
M10	2	31	5823,72	6,939364	374,88	133,2	520,973
	3	32	2735,05	1,742005	252,19	135,77	128,306
	4	33	10011,34	6,566356	550,62	125,49	523,257
M10	1	34	69393,64	1,685201	1423,8	129,72	129,911
	2	35	17420,05	1,665363	631,15	129,14	128,958
	3	36	65663,56	4,743872	1403,98	129,38	366,662
	4	37	16852,01	1,913670	627,00	128,96	148,393

	1	38	16653,63	5,630021	622,92	128,95	436,605
M11	2	39	47438,72	0,074585	1066,72	24,92	29,930
	3	40	19136,70	0,046047	700,86	20,87	22,064
	4	41	56300,21	0,029629	1307,88	20,87	14,197
	1	42	2507,04	0,250704	264,69	26,56	94,409
M12	2	43	687,76	0,068776	126,51	26,56	25,899
	3	44	2499,65	0,249965	264,98	26,56	94,131
	4	45	684,57	0,068457	126,45	26,56	25,779
	1	46	2770,41	0,277041	269,29	36,14	76,658
M13	2	47	534,80	0,053480	123,56	11,24	47,580
	3	48	1430,73	0,143073	199,98	24,72	57,877
	4	49	555,74	0,055574	114,4	29,49	18,845
	1	50	1142,72	0,114272	193,77	23,87	47,873
M14	2	51	820,82	0,082082	157,88	24,00	34,201
	3	52	569,30	0,056930	107,19	24,57	23,171
	4	53	582,96	0,058296	116,06	24,57	23,726
	1	54	1558,02	0,155802	192,05	26,56	58,671
M15	2	55	689,73	0,068973	126,61	26,56	25,974
	3	56	1533,88	0,153388	190,91	26,56	57,762
	4	57	698,26	0,069826	128,11	26,56	26,295
	1	58	1466,57	0,146657	189,26	26,56	55,228
M16	2	59	597,74	0,059774	117,71	26,56	22,510
	3	60	1417,00	0,141700	187,97	26,56	53,361
	4	61	573,58	0,057358	115,66	26,56	21,600
	1	62	1476,94	0,147694	189,69	26,56	55,618
M17	2	63	552,62	0,055262	113,89	26,56	20,810
	3	64	1451,70	0,145170	190,11	26,56	54,668
	4	65	577,31	0,057731	116,11	26,56	21,740
	1	66	2302,05	0,230205	273,9	36,62	62,863
M18	2	67	3297,24	0,329724	375,75	36,65	89,966
	3	68	2243,45	0,224345	277,71	36,63	61,246
	1	69	612,83	0,061283	119,08	26,56	23,078
M19	2	70	1889,56	0,188956	222,98	26,56	71,156
	3	71	633,11	0,063311	121,38	26,56	23,841
	4	72	1960,10	0,196010	223,49	26,56	73,813
	1	73	629,21	0,062921	121,26	26,56	23,695
M20	2	74	2122,16	0,212216	239,15	26,56	79,916
	3	75	632,36	0,063236	122,04	26,56	23,813
	4	76	2084,20	0,208420	239,77	26,56	78,486
	1	77	620,20	0,062020	119,68	26,56	23,355
M21	2	78	1116,75	0,111675	154,14	26,56	42,054
	3	79	659,11	0,065911	119,22	26,56	24,821
	4	80	1698,73	0,169873	201,01	26,56	63,970
	1	81	913,72	0,091372	144,93	26,56	34,409
M22	2	82	810,43	0,081043	137,62	26,56	30,519
	3	83	95,11	0,009511	87,18	26,56	3,582

M23	1	84	819,13	0,081913	138,05	26,56	30,847
	2	85	3546,87	0,354687	328,71	26,56	133,567
	3	86	845,12	0,084512	140,84	26,56	31,825
	4	87	3535,98	0,353598	326,18	26,56	133,157
M24	1	88	848,69	0,084869	140,2	26,56	31,960
	2	89	2726,60	0,272660	263,5	26,56	102,677
	3	90	1150,15	0,115015	159,01	26,56	43,312
	4	91	659,89	0,065989	125,22	26,56	24,850
M25	5	92	3601,85	0,360185	319,4	26,56	135,637
	1	93	589,72	0,058972	143,33	26,56	22,207
	2	94	1009,13	0,100913	243,7	26,56	38,002
	3	95	675,71	0,067571	178,68	26,56	25,446
M26	1	96	636,48	0,063648	122,99	26,56	23,968
	2	97	1843,63	0,184363	220,13	26,56	69,427
	3	98	640,98	0,064098	122,32	26,56	24,138
	4	99	1860,01	0,186001	219,66	26,56	70,044
M27	1	100	629,97	0,062997	121,12	26,56	23,723
	2	101	2153,17	0,215317	241,95	26,56	81,083
	3	102	627,75	0,062775	120,62	26,56	23,640
	4	103	2190,87	0,219087	242,61	26,56	82,503
M28	1	104	664,43	0,066443	124,89	26,56	25,021
	2	105	2811,27	0,281127	300,16	26,56	105,866
	3	106	635,26	0,063526	120,74	26,56	23,922
	4	107	2989,01	0,298901	301,52	26,56	112,559
M29	1	108	613,31	0,061331	120,89	26,56	23,096
	2	109	1461,51	0,146151	181,31	26,56	55,037
	3	110	364,40	0,036440	89,3	26,56	13,722
	4	111	862,95	0,086295	144,01	26,56	32,497
M30	5	112	1389,23	0,138923	177,47	26,56	52,315
	1	113	2874,31	0,287431	293,55	26,56	108,240
	2	114	676,66	0,067666	125,55	26,56	25,481
	3	115	2868,55	0,286855	293,79	26,56	108,023
M31	4	116	690,76	0,069076	126,96	26,56	26,012
	1	117	2711,02	0,271102	292,35	26,56	102,091
	2	118	581,61	0,058161	115,86	26,56	21,902
	3	119	2663,98	0,266398	292,08	26,56	100,319
M32	4	120	573,55	0,057355	115,65	26,56	21,599
	1	121	3218,19	0,321819	298,48	30,25	106,386
	2	122	887,90	0,088790	144,98	29,24	30,366
	3	123	3174,63	0,317463	297,92	29,64	107,106
M33	4	124	876,54	0,087654	142,73	29,70	29,513
	1	125	3979,39	0,397939	393,4	26,56	149,855
	2	126	601,82	0,060182	118,99	26,56	22,663
	3	127	4078,79	0,407879	394,42	26,56	153,598
M34	4	128	619,78	0,061978	120,15	26,56	23,339
	1	129	605,67	0,060567	118,79	26,56	22,808

	2	130	3320,48	0,332048	339,59	26,56	125,042
	3	131	618,88	0,061888	120,27	26,56	23,306
	4	132	3338,94	0,333894	339,65	26,56	125,737
	1	133	584,09	0,058409	116,76	26,56	21,995
M35	2	134	2782,91	0,278291	299,29	26,56	104,798
	3	135	626,40	0,062640	120,63	26,56	23,589
	4	136	2853,25	0,285325	300,22	26,56	107,447
	1	137	396,98	0,039698	96,37	26,56	14,949
M36	2	138	2388,64	0,238864	296,15	26,56	89,951
	3	139	397,93	0,039793	96,31	26,56	14,985
	4	140	2394,37	0,239437	296,47	26,56	90,166
	1	141	2381,12	0,238112	235,94	26,56	89,667
M37	2	142	4490,22	0,449022	321,16	26,56	169,091
	3	143	2471,65	0,247165	238,93	26,56	93,077
	4	144	4412,22	0,441222	319,77	26,56	166,154
	1	145	3908,44	0,390844	394,13	26,56	147,183
	2	146	417,88	0,041788	93,25	26,56	15,736
M38	3	147	344,67	0,034467	79,4	26,56	12,979
	4	148	3805,27	0,380527	351,58	26,56	143,298
	5	149	651,13	0,065113	123,67	26,56	24,520
	1	150	1837,62	0,183762	248,75	41,04	44,776
M39	2	151	1944,10	0,194410	306,67	23,60	82,377
	3	152	2074,84	0,207484	233,68	40,51	51,218
	1	153	691,06	0,069106	127,01	26,56	26,024
M40	2	154	2181,36	0,218136	231,09	26,56	82,145
	3	155	671,88	0,067188	122,09	26,56	25,301
	4	156	2119,19	0,211919	238,48	26,56	79,804
	1	157	862,06	0,086206	141,62	26,56	32,463
	2	158	4064,77	0,406477	348,49	26,56	153,070
M41	3	159	1894,21	0,189421	203,88	26,56	71,332
	4	160	716,27	0,071627	129,32	26,56	26,973
	5	161	1488,42	0,148842	177,99	26,56	56,050
	6	162	3669,99	0,366999	326,00	26,56	138,203
	1	163	621,79	0,062179	120,33	26,56	23,415
M43	2	164	3362,84	0,336284	339,49	26,56	126,637
	3	165	632,80	0,063280	121,45	26,56	23,830
	4	166	3367,43	0,336743	339,41	26,56	126,810
	1	167	3574,01	0,357401	349,38	26,56	134,589
M44	2	168	624,93	0,062493	120,97	26,56	23,533
	3	169	3473,30	0,347330	348,44	26,56	130,796
	4	170	651,66	0,065166	123,16	26,56	24,540
	1	171	10281,25	1,028125	489,08	72,55	141,713
M45	2	172	5146,73	0,514673	343,46	73,62	69,909
	3	173	9603,50	0,960350	480,91	67,88	141,478
	4	174	5016,62	0,501662	341,32	75,55	66,401
M46	1	175	3575,32	0,357532	350,00	26,56	134,638

	2	176	624,18	0,062418	120,88	26,56	23,505
	3	177	3524,60	0,352460	348,24	26,56	132,728
	4	178	646,49	0,064649	123,15	26,56	24,345
	1	179	609,64	0,060964	119,25	26,56	22,958
M47	2	180	3434,38	0,343438	345,42	26,56	129,331
	3	181	652,43	0,065243	121,49	26,56	24,569
	4	182	3424,95	0,342495	342,14	26,56	128,976
	1	183	2434,97	0,243497	284,03	39,40	61,801
M48	2	184	3298,00	0,329800	379,27	36,54	90,257
	3	185	2236,61	0,223661	273,95	35,22	63,504
	1	186	3744,35	0,374435	357,23	26,56	141,004
M49	2	187	697,66	0,069766	127,51	26,56	26,272
	3	188	3715,69	0,371569	355,63	26,56	139,924
	4	189	708,43	0,070843	128,36	26,56	26,678
	1	190	2201,10	0,220110	251,03	26,56	82,888
M50	2	191	585,52	0,058552	116,81	26,56	22,049
	3	192	2276,08	0,227608	249,43	26,56	85,712
	4	193	594,79	0,059479	117,32	26,56	22,398
	1	194	393,85	0,039385	95,81	26,56	14,831
M51	2	195	744,92	0,074492	132,17	26,56	28,052
	3	196	390,47	0,039047	95,43	26,56	14,704
	4	197	818,64	0,081864	132,64	26,56	30,828
	1	198	1262,65	0,126265	170,78	26,56	47,548
M52	2	199	674,80	0,067480	130,34	26,56	25,411
	3	200	1269,58	0,126958	170,17	26,56	47,809
	4	201	804,77	0,080477	137,08	26,56	30,306
	1	202	664,93	0,066493	124,45	26,56	25,040
M53	2	203	3405,25	0,340525	333,44	26,56	128,234
	3	204	646,36	0,064636	122,76	26,56	24,340
	4	205	3330,04	0,333004	333,32	26,56	125,402
	1	206	2530,81	0,253081	252,67	30,67	82,517
M54	2	207	903,49	0,090349	147,1	28,80	31,371
	3	208	2581,41	0,258141	252,43	31,45	82,080
	4	209	999,43	0,099943	152,02	32,62	30,639
	1	210	2100,82	0,210082	245,38	26,56	79,112
M55	2	211	573,44	0,057344	115,8	26,56	21,594
	3	212	2112,54	0,211254	245,41	26,56	79,553
	4	213	545,95	0,054595	112,81	26,56	20,559
	1	214	632,01	0,063201	120,92	26,56	23,800
M56	2	215	3456,58	0,345658	341,66	26,56	130,167
	3	216	634,31	0,063431	121,74	26,56	23,887
	4	217	3375,12	0,337512	340,53	26,56	127,099
	1	218	3497,51	0,349751	347,83	26,56	131,708
M57	2	219	643,35	0,064335	122,4	26,56	24,227
	3	220	3512,27	0,351227	349,16	26,56	132,264
	4	221	648,18	0,064818	122,79	26,56	24,409

	1	222	1099,88	0,109988	162,11	26,56	41,419
	2	223	3539,23	0,353923	291,25	26,56	133,279
M58	3	224	620,92	0,062092	115,94	26,56	23,382
	4	225	1089,45	0,108945	152,44	26,56	41,026
	5	226	3246,86	0,324686	274,05	26,56	122,269
	1	227	2055,97	0,205597	260,93	34,25	60,028
M59	2	228	2007,60	0,200760	256,02	34,16	58,770
	3	229	2914,32	0,291432	350,83	35,42	82,279
	1	230	4633,16	0,463316	425,9	26,56	174,474
M60	2	231	699,86	0,069986	127,9	26,56	26,355
	3	232	4806,46	0,480646	427,19	26,56	181,000
	4	233	704,97	0,070497	129,02	26,56	26,548
	1	234	617,18	0,061718	120,44	26,56	23,242
M61	2	235	3307,85	0,330785	333,31	26,56	124,566
	3	236	641,52	0,064152	122,61	26,56	24,158
	4	237	3278,79	0,327879	332,5	26,56	123,472
	1	238	657,05	0,065705	123,47	26,56	24,743
M62	2	239	1638,16	0,163816	200,44	26,56	61,689
	3	240	644,37	0,064437	122,49	26,56	24,265
	4	241	1625,74	0,162574	199,94	26,56	61,222
	1	242	640,21	0,064021	122,06	26,56	24,109
M63	2	243	626,83	0,062683	121,37	26,56	23,605
	3	244	667,63	0,066763	123,44	26,56	25,141
	4	245	642,38	0,064238	122,13	26,56	24,191
	1	246	627,39	0,062739	121,56	26,56	23,626
M64	2	247	3399,26	0,339926	341,21	26,56	128,008
	3	248	636,82	0,063682	121,8	26,56	23,981
	4	249	3385,89	0,338589	341,00	26,56	127,505
	1	250	4516,47	0,451647	426,06	26,56	170,080
M65	2	251	641,04	0,064104	122,39	26,56	24,140
	3	252	4457,72	0,445772	426,33	26,56	167,867
	4	253	631,76	0,063176	121,33	26,56	23,791
	1	254	2854,92	0,285492	286,87	26,56	107,510
	2	255	921,30	0,092130	136,33	26,56	34,694
M66	3	256	649,90	0,064990	123,1	26,56	24,474
	4	257	704,82	0,070482	116,67	26,56	26,542
	5	258	2431,21	0,243121	265,13	26,56	91,554
	6	259	612,36	0,061236	119,45	26,56	23,060
	1	260	663,79	0,066379	124,41	26,56	24,997
M67	2	261	3709,34	0,370934	360,49	26,56	139,685
	3	262	646,46	0,064646	122,73	26,56	24,344
	4	263	3668,79	0,366879	360,31	26,56	138,158
	1	264	1696,47	0,169647	208,91	26,56	63,885
M68	2	265	584,88	0,058488	116,85	26,56	22,025
	3	266	1706,79	0,170679	209,69	26,56	64,274
	4	267	576,81	0,057681	115,91	26,56	21,721

M69	1	268	1896,68	0,189668	213,43	26,56	71,425
	2	269	804,97	0,080497	136,92	26,56	30,313
	3	270	1883,05	0,188305	213,83	26,56	70,911
	4	271	820,09	0,082009	137,8	26,56	30,883
M70	1	272	3199,37	0,319937	326,43	26,56	120,481
	2	273	633,19	0,063319	121,44	26,56	23,844
	3	274	3190,37	0,319037	324,9	26,56	120,142
	4	275	642,68	0,064268	122,37	26,56	24,202
M71	1	276	1743,55	0,174355	210,41	26,56	65,658
	2	277	639,32	0,063932	122,26	26,56	24,075
	3	278	1756,27	0,175627	210,29	26,56	66,137
	4	279	638,40	0,063840	121,98	26,56	24,041
M72	1	280	1487,01	0,148701	205,78	26,56	55,997
	2	281	389,40	0,038940	95,19	26,56	14,664
	3	282	1489,29	0,148929	205,8	26,56	56,083
	4	283	402,36	0,040236	96,98	26,56	15,152
M73	1	284	1741,45	0,174145	210,00	26,56	65,579
	2	285	627,37	0,062737	121,25	26,56	23,625
	3	286	1736,92	0,173692	210,00	26,56	65,408
	4	287	620,47	0,062047	120,25	26,56	23,365
M74	1	288	3123,46	0,312346	325,16	26,56	117,622
	2	289	645,06	0,064506	122,45	26,56	24,291
	3	290	3371,48	0,337148	327,24	26,56	126,962
	4	291	585,69	0,058569	118,61	26,56	22,056
M75	1	292	1948,03	0,194803	213,62	30,92	63,002
	2	293	949,72	0,094972	148,66	30,81	30,825
	3	294	1958,54	0,195854	214,15	30,93	63,322
	4	295	958,82	0,095882	149,54	30,99	30,940
M76	1	296	1673,89	0,167389	208,19	26,56	63,035
	2	297	565,38	0,056538	114,98	26,56	21,291
	3	298	1679,98	0,167998	208,27	26,56	63,264
	4	299	566,57	0,056657	114,92	26,56	21,336
M77	1	300	1538,77	0,153877	257,68	37,55	40,979
	2	301	2159,55	0,215955	237,29	41,64	51,862
	3	302	1377,40	0,137740	183,45	27,95	49,281
M78	1	303	1336,06	0,133606	220,34	26,56	50,313
	2	304	225,77	0,022577	71,75	26,56	8,502
	3	305	1354,53	0,135453	223,71	26,56	51,008
	4	306	220,18	0,022018	71,78	26,56	8,291
M79	1	307	1680,30	0,168030	227,19	26,56	63,276
	2	308	372,91	0,037291	93,06	26,56	14,043
	3	309	1658,37	0,165837	226,72	26,56	62,450
	4	310	379,78	0,037978	93,98	26,56	14,302
M80	1	311	2518,75	0,251875	241,02	36,31	69,368
	2	312	1292,11	0,129211	173,53	35,96	35,932
	3	313	2506,22	0,250622	241,17	35,88	69,850

	4	314	1296,31	0,129631	174,1	35,79	36,220
	1	315	3533,70	0,353370	318,64	26,56	133,071
M81	2	316	884,44	0,088444	143,56	26,56	33,306
	3	317	2560,82	0,256082	256,61	26,56	96,435
	1	318	813,80	0,081380	138,25	26,56	30,646
M82	2	319	2154,93	0,215493	232,61	26,56	81,150
	3	320	835,88	0,083588	139,25	26,56	31,477
	4	321	2184,69	0,218469	232,56	26,56	82,270
	1	322	819,24	0,081924	138,00	26,56	30,851
M83	2	323	3245,21	0,324521	304,73	26,56	122,207
	3	324	838,45	0,083845	139,46	26,56	31,574
	4	325	3188,21	0,318821	303,31	26,56	120,061
	1	326	820,86	0,082086	139,03	26,56	30,912
M84	2	327	2308,51	0,230851	242,44	26,56	86,933
	3	328	828,19	0,082819	139,24	26,56	31,188
	4	329	2380,21	0,238021	244,57	26,56	89,633
	1	330	841,16	0,084116	140,1	26,56	31,676
	2	331	1990,73	0,199073	211,99	26,56	74,966
M85	3	332	2137,73	0,213773	237,61	26,56	80,502
	4	333	667,76	0,066776	124,56	26,56	25,146
	5	334	2684,96	0,268496	261,88	26,56	101,109
	6	335	2410,98	0,241098	236,00	26,56	90,792
	1	336	656,15	0,065615	123,91	26,56	24,709
M86	2	337	2211,41	0,221141	244,11	26,56	83,277
	3	338	624,11	0,062411	113,09	26,56	23,503
	4	339	2170,75	0,217075	234,21	26,56	81,745
	1	340	933,54	0,093354	154,43	26,56	35,155
M87	2	341	2962,06	0,296206	302,05	26,56	111,544
	3	342	827,64	0,082764	139,29	26,56	31,167
	4	343	2487,25	0,248725	248,01	26,56	93,664
	1	344	712,50	0,071250	133,77	26,56	26,831
M88	2	345	1880,30	0,188030	236,92	26,56	70,808
	3	346	620,25	0,062025	120,31	26,56	23,357
	4	347	1592,25	0,159225	191,51	26,56	59,960
	1	348	2097,63	0,209763	236,94	26,56	78,992
M89	2	349	627,71	0,062771	121,04	26,56	23,638
	3	350	2043,11	0,204311	236,34	26,56	76,939
	4	351	619,19	0,061919	120,17	26,56	23,317
	1	352	905,87	0,090587	143,09	26,56	34,113
M90	2	353	2151,08	0,215108	237,67	26,56	81,005
	3	354	839,76	0,083976	139,49	26,56	31,623
	4	355	2368,71	0,236871	241,86	26,56	89,200
	1	356	628,41	0,062841	121,23	26,56	23,664
M91	2	357	2084,31	0,208431	237,36	26,56	78,490
	3	358	632,40	0,063240	121,33	26,56	23,815
	4	359	2097,93	0,209793	237,66	26,56	79,003

	1	360	2244,22	0,224422	238,91	26,56	84,512
M92	2	361	823,08	0,082308	138,51	26,56	30,995
	3	362	2267,43	0,226743	239,09	26,56	85,386
	4	363	819,72	0,081972	138,28	26,56	30,869
	1	364	1648,42	0,164842	195,55	26,56	62,076
M93	2	365	825,91	0,082591	138,9	26,56	31,102
	3	366	1662,01	0,166201	194,23	26,56	62,587
	4	367	826,01	0,082601	139,31	26,56	31,106
	1	368	802,65	0,080265	138,74	26,56	30,226
	2	369	915,13	0,091513	141,31	26,56	34,462
M94	3	370	2145,04	0,214504	213,32	26,56	80,777
	4	371	701,66	0,070166	127,99	26,56	26,423
	5	372	1804,18	0,180418	239,64	26,56	67,941
	1	373	659,90	0,065990	170,04	26,56	24,850
M95	2	374	340,01	0,034001	113,05	26,56	12,804
	3	375	194,46	0,019446	64,92	26,56	7,323
	4	376	381,77	0,038177	105,61	26,56	14,377
	1	377	1212,47	0,121247	193,11	26,56	45,659
M96	2	378	2484,02	0,248402	234,9	26,56	93,542
	3	379	3496,63	0,349663	345,68	26,56	131,675
	1	380	909,59	0,090959	166,74	26,56	34,253
M97	2	381	2251,02	0,225102	280,6	26,56	84,768
	3	382	978,43	0,097843	141,78	26,56	36,845
	1	383	96,17	0,009617	53,63	26,56	3,622
M98	2	384	136,86	0,013686	66,57	26,56	5,154
	1	385	2769,68	0,276968	364,1	31,60	87,787
M99	2	386	1261,47	0,126147	187,29	30,27	41,674
	3	387	2406,11	0,240611	327,62	31,55	76,263
	1	388	1881,20	0,188120	221,17	26,56	70,842
	2	389	631,11	0,063111	121,01	26,56	23,766
M100	3	390	1865,26	0,186526	220,94	26,56	70,241
	4	391	616,89	0,061689	119,88	26,56	23,231
	1	392	2543,37	0,254337	243,01	50,93	49,939
	2	393	2906,69	0,290669	258,00	50,21	57,891
M101	3	394	2514,45	0,251445	242,61	49,94	50,349
	4	395	2946,95	0,294695	259,6	50,29	58,599
	1	396	2104,26	0,210426	225,99	26,56	79,242
	2	397	806,71	0,080671	137,13	26,56	30,379
M102	3	398	1997,71	0,199771	226,78	26,56	75,229
	4	399	833,41	0,083341	141,34	26,56	31,384
	1	400	2942,81	0,294281	275,88	26,56	110,819
	2	401	868,65	0,086865	142,31	26,56	32,711
M103	3	402	2796,29	0,279629	275,79	26,56	105,302
	4	403	850,91	0,085091	138,5	26,56	32,043
	1	404	175,77	0,017577	69,22	26,56	6,619
M104	2	405	290,73	0,029073	84,1	26,56	10,948

	3	406	219,36	0,021936	69,69	26,56	8,261
	4	407	316,86	0,031686	80,49	26,56	11,932
	1	408	687,20	0,068720	127,97	26,56	25,878
	2	409	584,68	0,058468	106,19	26,56	22,018
M105	3	410	204,26	0,020426	63,05	26,56	7,692
	4	411	918,63	0,091863	160,74	26,56	34,593
	5	412	661,05	0,066105	118,84	26,56	24,894
	6	413	1214,97	0,121497	157,8	26,56	45,753
	1	414	137,66	0,013766	54,31	26,56	5,184
M106	2	415	366,48	0,036648	86,4	26,56	13,801
	3	416	427,79	0,042779	91,28	26,56	16,110
	1	417	694,61	0,069461	120,89	26,56	26,157
	2	418	589,24	0,058924	117,63	26,56	22,189
M107	3	419	340,63	0,034063	86,73	26,56	12,827
	4	420	1086,88	0,108688	151,89	26,56	40,929
	5	421	2267,03	0,226703	225,77	26,56	85,371
	1	422	686,62	0,068662	126,85	26,56	25,857
	2	423	1786,58	0,178658	208,04	26,56	67,278
M108	3	424	684,63	0,068463	121,32	26,56	25,782
	4	425	1797,51	0,179751	211,01	26,56	67,690
	1	426	1395,30	0,139530	179,1	26,56	52,544
	2	427	2069,66	0,206966	201,94	26,56	77,939
	3	428	1322,08	0,132208	167,5	26,56	49,786
M109	4	429	2312,64	0,231264	230,66	26,56	87,089
	5	430	865,99	0,086599	137,9	26,56	32,611
	6	431	3713,90	0,371390	309,8	26,56	139,857
	1	432	434,05	0,043405	106,00	26,56	16,345
M110	2	433	313,48	0,031348	83,53	26,56	11,805
	1	434	922,98	0,092298	145,67	26,56	34,757
M111	2	435	841,71	0,084171	135,57	26,56	31,697
	3	436	1502,42	0,150242	179,63	26,56	56,578
	1	437	482,11	0,048211	118,31	26,56	18,155
M112	2	438	560,93	0,056093	109,45	26,56	21,123
	3	439	567,18	0,056718	129,71	26,56	21,359
	1	440	1365,75	0,136575	184,8	26,56	51,431
M113	2	441	430,67	0,043067	100,02	26,56	16,218
	3	442	1019,94	0,101994	153,23	26,56	38,409
	1	443	1279,48	0,127948	157,7	26,56	48,182
M114	2	444	2953,48	0,295348	307,28	26,56	111,221
	3	445	2306,59	0,230659	265,2	26,56	86,861
	1	446	1002,43	0,100243	143,44	26,56	37,749
M115	2	447	891,06	0,089106	146,89	26,56	33,555
	3	448	1095,69	0,109569	146,83	26,56	41,261
	1	449	1122,89	0,112289	148,47	26,56	42,285
M116	2	450	790,31	0,079031	134,02	26,56	29,761
	3	451	1206,24	0,120624	149,54	26,56	45,424

	1	452	744,68	0,074468	131,71	26,56	28,043
M117	2	453	2232,48	0,223248	240,35	26,56	84,070
	3	454	761,68	0,076168	133,23	26,56	28,683
	4	455	2239,10	0,223910	240,79	26,56	84,319
M118	1	456	1046,76	0,104676	144,19	26,56	39,419
	2	457	614,63	0,061463	119,75	26,56	23,146
	3	458	1034,46	0,103446	143,45	26,56	38,955
M119	1	459	6054,13	0,605413	375,82	77,73	77,887
	2	460	5980,86	0,598086	371,98	77,60	77,073
M120	1	461	3818,97	0,381897	345,18	26,56	143,814
	2	462	834,10	0,083410	139,46	26,56	31,410
	3	463	3797,28	0,379728	345,24	26,56	142,997
	4	464	816,70	0,081670	137,75	26,56	30,755
M121	1	465	632,70	0,063270	121,5	26,56	23,826
	2	466	2444,27	0,244427	254,27	26,56	92,046
	3	467	233.,95	0,023395	83,29	26,56	8,810
	4	468	2851,88	0,285188	296,11	26,56	107,395
M122	1	469	567,63	0,056763	115,03	26,56	21,376
	2	470	1567,73	0,156773	199,18	26,56	59,037
	3	471	560,87	0,056087	114,31	26,56	21,121
	4	472	1567,79	0,156779	199,19	26,56	59,039
M123	1	473	157,46	0,015746	60,55	26,56	5,930
	2	474	975,82	0,097582	189,98	26,56	36,747
	3	475	163,19	0,016319	61,72	26,56	6,145
	4	476	975,47	0,097547	189,84	26,56	36,734
M124	1	477	355,83	0,035583	91,09	26,56	13,400
	2	478	1327,91	0,132791	194,83	26,56	50,006
	3	479	348,79	0,034879	90,13	26,56	13,135
	4	480	1333,83	0,133383	195,25	26,56	50,229
M125	1	481	632,51	0,063251	121,72	26,56	23,819
	2	482	3048,12	0,304812	314,34	26,56	114,785
	3	483	637,46	0,063746	121,97	26,56	24,005
	4	484	3070,95	0,307095	314,84	26,56	115,645
M126	1	485	879,06	0,087906	141,12	26,56	33,103
	2	486	571,14	0,057114	115,41	26,56	21,508
	3	487	881,92	0,088192	141,36	26,56	33,211
	4	488	571,39	0,057139	115,4	26,56	21,517
M127	1	489	1824,16	0,182416	220,11	26,56	68,694
	2	490	572,04	0,057204	115,49	26,56	21,542
	3	491	1818,13	0,181813	220,00	26,56	68,467
	4	492	571,09	0,057109	115,32	26,56	21,506
M128	1	493	1148,19	0,114819	162,38	26,56	43,238
	2	494	498,35	0,049835	111,84	26,56	18,767
	3	495	654,00	0,065400	123,51	26,56	24,628
M129	1	496	1912,15	0,191215	221,62	26,56	72,007
	2	497	652,67	0,065267	123,33	26,56	24,578

	3	498	1903,97	0,190397	221,37	26,56	71,699
	4	499	655,00	0,065500	123,43	26,56	24,666
M130	1	500	93,84	0,009384	46,78	26,56	3,534
	2	501	89,93	0,008993	42,85	26,56	3,387
	1	502	137,87	0,013787	56,72	26,56	5,192
M131	2	503	1386,02	0,138602	214,18	26,56	52,194
	3	504	137,15	0,013715	56,56	26,56	5,165
	1	505	631,37	0,063137	121,35	26,56	23,776
M132	2	506	3059,49	0,305949	314,8	26,56	115,213
	3	507	629,41	0,062941	121,08	26,56	23,702
	4	508	3076,34	0,307634	315,78	26,56	115,848
	1	509	3825,13	0,382513	349,28	26,56	144,046
M133	2	510	835,42	0,083542	139,49	26,56	31,460
	3	511	3994,56	0,399456	353,66	26,56	150,426
	4	512	817,10	0,081710	140,45	26,56	30,770
	1	513	973,04	0,097304	150,78	31,12	31,267
M134	2	514	1856,60	0,185660	206,38	33,45	55,504
	3	515	1032,09	0,103209	152,8	33,47	30,836
	4	516	1757,73	0,175773	203,22	31,51	55,783
	1	517	574,92	0,057492	115,85	26,56	21,650
M135	2	518	1640,46	0,164046	202,00	26,56	61,776
	3	519	547,20	0,054720	115,29	26,56	20,606
	4	520	1544,05	0,154405	198,82	26,56	58,145
	1	521	685,56	0,068556	125,17	26,56	25,817
M136	2	522	2920,70	0,292070	296,94	26,56	109,987
	3	523	705,96	0,070596	128,88	26,56	26,585
	4	524	2958,99	0,295899	296,09	26,56	111,429
	1	525	1998,68	0,199868	241,65	26,56	75,266
M137	2	526	570,88	0,057088	115,33	26,56	21,498
	3	527	2127,61	0,212761	242,21	26,56	80,121
	4	528	603,04	0,060304	118,62	26,56	22,709
	1	529	652,71	0,065271	120,08	26,56	24,580
M138	2	530	542,94	0,054294	112,71	26,56	20,446
	3	531	620,81	0,062081	119,25	26,56	23,378
	4	532	568,01	0,056801	115,21	26,56	21,390
	1	533	2135,90	0,213590	242,28	26,56	80,433
M139	2	534	648,40	0,064840	123,1	26,56	24,417
	3	535	2226,95	0,222695	242,07	26,56	83,862
	4	536	626,71	0,062671	120,35	26,56	23,600
	1	537	1965,17	0,196517	225,93	26,56	74,004
M140	2	538	675,44	0,067544	126,19	26,56	25,436
	3	539	1964,63	0,196463	230,23	26,56	73,983
	4	540	653,28	0,065328	124,36	26,56	24,601
	1	541	140,56	0,014056	57,24	26,56	5,293
M141	2	542	1536,53	0,153653	232,05	26,56	57,862
	3	543	149,24	0,014924	61,17	26,56	5,620

	1	544	136,33	0,013633	54,56	26,56	5,134
M142	2	545	1483,43	0,148343	221,86	26,56	55,863
	3	546	129,15	0,012915	55,01	26,56	4,863
	1	547	756,71	0,075671	132,86	26,56	28,496
M143	2	548	933,95	0,093395	143,51	26,56	35,170
	3	549	736,24	0,073624	129,86	26,56	27,725
	4	550	911,56	0,091156	143,69	26,56	34,327
	1	551	775,97	0,077597	135,85	26,56	29,221
M144	2	552	2969,37	0,296937	295,61	26,56	111,820
	3	553	767,11	0,076711	133,19	26,56	28,888
	4	554	2948,20	0,294820	295,14	26,56	111,022
	1	555	745,95	0,074595	133,29	26,56	28,091
M145	2	556	690,56	0,069056	126,38	26,56	26,005
	3	557	745,65	0,074565	131,72	26,56	28,079
	4	558	712,51	0,071251	128,00	26,56	26,831
	1	559	100,48	0,010048	48,55	26,56	3,784
M146	2	560	558,98	0,055898	122,24	26,56	21,050
	3	561	86,54	0,008654	44,93	26,56	3,259
	1	562	2740,15	0,274015	265,8	26,56	103,188
M147	2	563	914,17	0,091417	146,2	26,56	34,426
	3	564	2709,79	0,270979	264,97	26,56	102,044
	4	565	928,52	0,092852	147,2	26,56	34,966
	1	566	632,72	0,063272	121,45	26,56	23,827
M148	2	567	1569,29	0,156929	196,1	26,56	59,096
	3	568	625,23	0,062523	120,8	26,56	23,545
	4	569	1574,06	0,157406	195,97	26,56	59,275
	1	570	1222,37	0,122237	168,73	35,13	34,796
M149	2	571	1859,77	0,185977	204,64	35,85	51,876
	3	572	1221,64	0,122164	169,25	34,90	35,004
	4	573	1809,62	0,180962	203,28	34,16	52,975
	1	574	2392,54	0,239254	261,03	26,56	90,098
M150	2	575	626,03	0,062603	119,7	26,56	23,575
	3	576	2283,01	0,228301	248,72	26,56	85,973
	4	577	596,98	0,059698	109,95	26,56	22,481
	1	578	2289,37	0,228937	243,45	26,56	86,212
M151	2	579	661,76	0,066176	125,26	26,56	24,920
	3	580	1413,67	0,141367	183,53	26,56	53,236
M152	1	581	84,26	0,008426	44,31	26,56	3,173
	2	582	585,44	0,058544	127,05	26,56	22,046
	1	583	2839,42	0,283942	271,61	26,56	106,926
M153	2	584	922,11	0,092211	146,84	26,56	34,725
	3	585	2833,02	0,283302	271,64	26,56	106,685
	4	586	961,21	0,096121	149,93	26,56	36,197
	1	587	708,92	0,070892	128,45	26,56	26,696
M154	2	588	1639,16	0,163916	197,67	26,56	61,727
	3	589	632,22	0,063222	111,95	26,56	23,808

	4	590	1597,85	0,159785	183,55	26,56	60,171
M155	1	591	371,22	0,037122	92,99	26,56	13,979
	2	592	375,38	0,037538	93,81	26,56	14,136
	1	593	1113,80	0,111380	159,85	26,56	41,943
M156	2	594	641,48	0,064148	122,46	26,56	24,157
	3	595	532,75	0,053275	111,17	26,56	20,062
	4	596	43,83	0,004383	72,82	26,56	1,651
M157	1	597	114,08	0,011408	51,59	26,56	4,296
	2	598	113,70	0,011370	51,48	26,56	4,282
	1	599	998,47	0,099847	152,15	26,56	37,600
M158	2	600	975,62	0,097562	150,58	26,56	36,740
	3	601	32,56	0,003256	89,76	26,56	1,226

Anexo C *Datos del relieve topográfico***Tabla 26***Datos de cotas del nivel de tapa de buzones existentes.*

Nodo / Name	Elevación (m) / Elevation
J-1	505,868
J-2	504,490
J-3	506,924
J-4	504,356
J-5	506,221
J-6	504,270
J-7	504,205
J-8	505,064
J-9	506,340
J-10	506,331
J-11	506,304
J-12	504,310
J-13	504,130
J-14	503,650
J-15	502,785
J-16	501,380
J-17	501,641
J-18	500,380
J-19	504,758
J-20	503,075
J-21	506,789
J-22	504,810
J-23	502,804
J-24	501,510
J-25	506,149
J-26	505,085
J-27	505,051
J-28	502,774
J-29	503,609
J-30	503,559
J-31	503,313
J-32	502,403
J-33	502,148
J-34	502,705
J-35	502,550
J-36	501,767
J-37	501,503
J-38	500,866
J-39	499,887
J-40	500,315
J-41	496,348
J-42	496,372
J-43	496,556
J-44	497,240

J-45	499,894
J-46	500,349
J-47	501,247
J-48	500,758
J-49	498,254
J-50	497,540
J-51	496,983
J-52	498,032
J-53	496,871
J-54	497,155
J-55	496,999
J-56	496,370
J-57	494,833
J-58	494,154
J-59	494,032
J-60	494,816
J-61	495,294
J-62	495,635
J-63	495,399
J-64	495,548
J-65	492,958
J-66	493,072
J-67	493,189
J-68	493,004
J-69	492,875
J-70	492,933
J-71	492,495
J-72	492,042
J-73	490,855
J-74	491,019
J-75	491,727
J-76	491,659
J-77	491,628
J-78	491,764
J-79	490,642
J-80	490,477
J-81	490,424
J-82	490,374
J-83	490,150
J-84	489,994
J-85	490,329
J-86	490,742
J-87	490,718
J-88	490,189
J-89	487,274
J-90	487,679
J-91	488,508
J-92	488,140
J-93	487,902
J-94	487,924
J-95	488,722
J-96	488,112
J-97	488,196
J-98	488,512
J-99	487,137

J-100	487,411
J-101	487,723
J-102	486,946
J-103	487,000
J-104	486,094
J-105	485,749
J-106	484,839
J-107	485,607
J-108	485,388
J-109	485,679
J-110	483,917
J-111	481,640
J-112	484,181
J-113	483,917
J-114	483,900
J-115	481,502
J-116	481,010
J-117	481,580
J-118	480,297
J-119	480,299
J-120	499,406
J-121	499,003
J-122	507,830
J-123	505,813
J-124	507,049
J-125	508,130
J-126	509,302
J-127	508,424
J-128	506,141
J-129	509,410
J-130	509,390
J-131	509,387
J-132	508,537
J-133	507,520
J-134	507,418
J-135	507,885
J-136	505,799
J-137	505,673
J-138	504,516
J-139	507,447
J-140	506,435
J-141	505,393
J-142	502,884
J-143	506,605
J-144	504,826
J-145	503,674
J-146	502,249
J-147	502,224
J-148	503,023
J-149	504,540
J-150	505,829
J-151	504,999
J-152	503,963
J-153	502,082
J-154	501,346

J-155	503,302
J-156	503,989
J-157	503,562
J-158	502,689
J-159	500,609
J-160	499,349
J-161	497,259
J-162	499,300
J-163	499,468
J-164	500,746
J-165	501,462
J-166	501,510
J-167	500,300
J-168	499,809
J-169	498,561
J-170	495,854
J-171	494,215
J-172	495,986
J-173	496,939
J-174	498,324
J-175	499,125
J-176	497,890
J-177	497,200
J-178	495,997
J-179	494,658
J-180	494,120
J-181	492,259
J-182	491,520
J-183	491,475
J-184	490,631
J-185	491,092
J-186	491,760
J-187	493,023
J-188	493,562
J-189	496,750
J-190	494,385
J-191	493,572
J-192	492,630
J-193	490,878
J-194	489,572
J-195	488,678
J-196	488,350
J-197	487,902
J-198	487,768
J-199	488,031
J-200	487,273
J-201	486,552
J-202	486,509
J-203	487,579
J-204	488,109
J-205	489,980
J-206	489,868
J-207	487,658
J-208	487,307
J-209	487,690

J-210	485,957
J-211	486,088
J-212	485,550
J-213	485,750
J-214	484,876
J-215	483,592
J-216	484,380
J-217	484,595
J-218	485,198
J-219	484,395
J-220	484,398
J-221	485,134
J-222	485,050
J-223	483,485
J-224	482,614
J-225	485,120
J-226	483,558
J-227	482,651
J-228	480,300
J-229	481,292
J-230	481,517
J-231	480,450
J-232	480,341
J-233	479,708
J-234	480,280
J-235	479,500
J-236	480,000
J-237	479,385
J-238	481,564
J-239	483,600
J-240	484,560
J-241	493,350
J-242	493,924

Anexo D Datos de los conductos

Tabla 27

Sentido de flujo, tramos y rugosidad de la superficie.

N° Conducto /Name	Inicio / From Node	Fin / To Node	Longitud (m) / Length	Rugosidad / Roughness
Condu-1	J-1	J-2	95,778	0,010
Condu-2	J-2	J-4	51,047	0,010
Condu-3	J-3	J-2	101,552	0,010
Condu-4	J-3	J-5	51,204	0,010
Condu-5	J-5	J-4	101,552	0,010
Condu-6	J-9	J-5	52,475	0,010
Condu-7	J-9	J-10	16,173	0,010
Condu-8	J-10	J-11	28,400	0,010
Condu-9	J-5	J-8	51,059	0,010
Condu-10	J-8	J-7	80,530	0,010
Condu-11	J-4	J-6	32,054	0,010
Condu-12	J-6	J-7	21,804	0,010
Condu-13	J-11	J-12	89,174	0,015
Condu-14	J-1	J-16	223,494	0,010
Condu-15	J-8	J-13	56,244	0,015
Condu-16	J-12	J-13	14,044	0,015
Condu-17	J-13	J-14	21,645	0,015
Condu-18	J-7	J-14	96,932	0,010
Condu-19	J-14	J-15	49,241	0,015
Condu-20	J-15	J-17	53,188	0,015
Condu-21	J-17	J-16	256,739	0,015
Condu-22	J-21	J-25	52,417	0,015
Condu-23	J-21	J-22	79,253	0,010
Condu-24	J-22	J-19	48,090	0,015
Condu-25	J-19	J-12	52,384	0,010
Condu-26	J-19	J-20	84,535	0,010
Condu-27	J-20	J-15	53,369	0,010
Condu-28	J-25	J-27	99,071	0,015
Condu-29	J-25	J-26	40,398	0,010
Condu-30	J-26	J-28	85,343	0,010
Condu-31	J-26	J-22	47,568	0,010
Condu-32	J-22	J-23	84,507	0,010
Condu-33	J-23	J-28	48,120	0,010
Condu-34	J-20	J-23	47,883	0,010
Condu-35	J-29	J-28	60,894	0,010
Condu-36	J-17	J-24	100,082	0,010
Condu-37	J-23	J-24	50,264	0,010

Condu-38	J-24	J-39	50,482	0,010
Condu-39	J-17	J-18	47,027	0,015
Condu-40	J-18	J-40	52,004	0,010
Condu-41	J-40	J-39	47,659	0,010
Condu-42	J-27	J-30	81,591	0,015
Condu-43	J-30	J-31	28,488	0,015
Condu-44	J-31	J-32	26,392	0,010
Condu-45	J-29	J-30	66,338	0,010
Condu-46	J-29	J-33	50,040	0,010
Condu-47	J-33	J-24	110,153	0,010
Condu-48	J-33	J-32	88,998	0,010
Condu-49	J-34	J-32	51,549	0,010
Condu-50	J-33	J-37	50,798	0,010
Condu-51	J-37	J-45	48,633	0,010
Condu-52	J-45	J-121	39,642	0,010
Condu-53	J-37	J-38	49,587	0,010
Condu-54	J-38	J-39	60,598	0,010
Condu-55	J-38	J-44	136,671	0,010
Condu-56	J-44	J-43	59,011	0,010
Condu-57	J-43	J-42	47,970	0,010
Condu-58	J-42	J-41	52,573	0,010
Condu-59	J-39	J-43	136,393	0,010
Condu-60	J-40	J-42	136,118	0,010
Condu-61	J-18	J-41	135,904	0,015
Condu-62	J-34	J-36	50,061	0,010
Condu-63	J-36	J-46	49,223	0,010
Condu-64	J-46	J-120	39,975	0,010
Condu-65	J-36	J-47	33,450	0,010
Condu-66	J-47	J-48	32,885	0,010
Condu-67	J-37	J-36	139,719	0,010
Condu-68	J-46	J-45	139,820	0,010
Condu-69	J-120	J-121	139,988	0,010
Condu-70	J-121	J-55	97,944	0,010
Condu-71	J-55	J-56	49,914	0,010
Condu-72	J-56	J-57	159,552	0,010
Condu-73	J-44	J-56	49,850	0,010
Condu-74	J-56	J-61	50,295	0,010
Condu-75	J-61	J-60	58,213	0,010
Condu-76	J-60	J-59	48,302	0,010
Condu-77	J-60	J-241	40,517	0,010
Condu-78	J-61	J-242	40,458	0,010
Condu-79	J-242	J-70	72,913	0,010
Condu-80	J-48	J-49	142,122	0,010
Condu-81	J-49	J-52	102,450	0,010
Condu-82	J-48	J-52	104,101	0,010
Condu-83	J-52	J-53	52,030	0,010

Condu-84	J-120	J-54	98,304	0,010
Condu-85	J-54	J-53	50,731	0,010
Condu-86	J-54	J-55	140,008	0,010
Condu-87	J-55	J-69	163,778	0,010
Condu-88	J-70	J-69	51,660	0,010
Condu-89	J-69	J-75	50,850	0,010
Condu-90	J-242	J-241	56,393	0,010
Condu-91	J-41	J-57	49,180	0,015
Condu-92	J-57	J-58	49,800	0,015
Condu-93	J-58	J-59	52,836	0,010
Condu-94	J-241	J-71	73,597	0,010
Condu-95	J-59	J-72	115,603	0,010
Condu-96	J-58	J-73	167,671	0,015
Condu-97	J-72	J-74	51,345	0,010
Condu-98	J-74	J-73	53,073	0,010
Condu-99	J-71	J-72	49,062	0,010
Condu-100	J-71	J-70	55,413	0,010
Condu-102	J-75	J-85	50,961	0,010
Condu-103	J-74	J-88	50,584	0,010
Condu-104	J-88	J-89	93,953	0,010
Condu-105	J-87	J-88	48,030	0,010
Condu-106	J-87	J-90	94,849	0,010
Condu-107	J-86	J-87	56,661	0,010
Condu-108	J-86	J-85	50,463	0,010
Condu-109	J-73	J-105	201,994	0,015
Condu-110	J-104	J-105	53,899	0,015
Condu-111	J-89	J-104	57,580	0,010
Condu-112	J-89	J-90	47,996	0,010
Condu-113	J-91	J-90	56,757	0,010
Condu-114	J-86	J-91	95,472	0,010
Condu-115	J-85	J-92	94,904	0,010
Condu-116	J-92	J-102	57,044	0,010
Condu-117	J-91	J-103	57,186	0,010
Condu-118	J-103	J-102	50,660	0,015
Condu-119	J-103	J-104	104,104	0,015
Condu-120	J-76	J-75	89,632	0,010
Condu-121	J-76	J-77	50,854	0,010
Condu-122	J-77	J-82	50,620	0,010
Condu-123	J-82	J-95	94,653	0,010
Condu-124	J-95	J-94	49,705	0,010
Condu-125	J-94	J-93	40,245	0,010
Condu-127	J-85	J-84	50,445	0,010
Condu-128	J-84	J-93	94,650	0,010
Condu-129	J-76	J-83	50,691	0,010
Condu-130	J-83	J-84	39,169	0,010
Condu-131	J-83	J-94	94,636	0,010

Condu-132	J-82	J-83	50,530	0,010
Condu-133	J-95	J-101	57,596	0,010
Condu-134	J-101	J-102	140,387	0,015
Condu-135	J-102	J-106	65,150	0,010
Condu-136	J-106	J-114	56,073	0,010
Condu-137	J-101	J-107	57,854	0,010
Condu-138	J-107	J-106	110,019	0,010
Condu-139	J-101	J-100	50,251	0,015
Condu-140	J-81	J-82	50,738	0,010
Condu-141	J-81	J-96	94,068	0,010
Condu-142	J-96	J-100	58,115	0,010
Condu-143	J-81	J-80	61,587	0,010
Condu-144	J-80	J-97	94,268	0,010
Condu-145	J-97	J-96	61,910	0,010
Condu-146	J-80	J-79	47,668	0,010
Condu-147	J-107	J-113	49,955	0,010
Condu-148	J-113	J-114	83,379	0,010
Condu-149	J-114	J-119	175,559	0,010
Condu-150	J-113	J-115	100,230	0,010
Condu-151	J-115	J-119	54,239	0,010
Condu-152	J-100	J-108	57,555	0,010
Condu-153	J-108	J-112	50,325	0,010
Condu-154	J-112	J-113	49,949	0,010
Condu-155	J-112	J-116	100,295	0,010
Condu-156	J-115	J-116	49,631	0,010
Condu-157	J-79	J-98	94,207	0,010
Condu-158	J-97	J-98	47,605	0,010
Condu-159	J-98	J-99	57,845	0,010
Condu-160	J-100	J-99	109,283	0,015
Condu-161	J-99	J-109	57,579	0,010
Condu-162	J-109	J-110	50,190	0,010
Condu-163	J-109	J-108	108,320	0,010
Condu-164	J-112	J-110	108,351	0,010
Condu-165	J-119	J-118	49,519	0,015
Condu-166	J-116	J-118	54,524	0,010
Condu-167	J-118	J-117	109,028	0,010
Condu-168	J-116	J-111	108,872	0,010
Condu-169	J-110	J-111	100,781	0,010
Condu-170	J-111	J-117	55,144	0,010
Condu-171	J-200	J-99	54,763	0,015
Condu-172	J-199	J-200	58,080	0,015
Condu-173	J-200	J-221	85,919	0,015
Condu-174	J-221	J-222	21,866	0,015
Condu-175	J-222	J-110	57,038	0,010
Condu-176	J-222	J-230	102,605	0,015
Condu-177	J-111	J-230	56,842	0,010

Condu-178	J-230	J-231	52,880	0,015
Condu-179	J-117	J-231	56,782	0,010
Condu-180	J-200	J-201	59,664	0,015
Condu-181	J-201	J-218	58,559	0,010
Condu-182	J-218	J-217	36,967	0,010
Condu-183	J-217	J-216	10,809	0,010
Condu-184	J-216	J-215	52,629	0,010
Condu-185	J-218	J-220	25,867	0,010
Condu-186	J-220	J-219	33,532	0,010
Condu-187	J-219	J-216	21,020	0,010
Condu-188	J-220	J-223	54,049	0,010
Condu-189	J-221	J-220	58,456	0,010
Condu-190	J-231	J-232	58,383	0,010
Condu-191	J-230	J-229	58,895	0,010
Condu-192	J-229	J-232	51,679	0,010
Condu-193	J-223	J-229	72,308	0,010
Condu-194	J-223	J-224	63,490	0,010
Condu-195	J-215	J-224	43,016	0,010
Condu-196	J-214	J-215	52,964	0,010
Condu-197	J-201	J-202	47,312	0,015
Condu-198	J-202	J-214	84,598	0,010
Condu-199	J-214	J-226	96,037	0,010
Condu-200	J-226	J-227	50,257	0,010
Condu-201	J-215	J-227	94,792	0,010
Condu-202	J-229	J-228	132,675	0,010
Condu-203	J-228	J-234	42,448	0,010
Condu-204	J-234	J-236	34,496	0,010
Condu-205	J-236	J-237	23,466	0,010
Condu-206	J-232	J-233	83,716	0,010
Condu-207	J-233	J-235	50,788	0,010
Condu-208	J-235	J-237	59,048	0,010
Condu-209	J-228	J-233	84,429	0,010
Condu-210	J-227	J-228	57,884	0,010
Condu-211	J-226	J-238	60,256	0,010
Condu-212	J-238	J-236	74,461	0,010
Condu-213	J-227	J-238	32,467	0,010
Condu-214	J-202	J-213	67,356	0,010
Condu-215	J-213	J-211	48,981	0,010
Condu-216	J-211	J-210	29,598	0,010
Condu-217	J-210	J-225	41,880	0,010
Condu-218	J-225	J-226	63,441	0,010
Condu-219	J-211	J-212	20,158	0,010
Condu-220	J-212	J-225	36,656	0,010
Condu-221	J-213	J-214	48,805	0,010
Condu-222	J-206	J-204	101,203	0,015
Condu-223	J-204	J-203	31,795	0,015

Condu-224	J-203	J-202	77,495	0,015
Condu-225	J-203	J-209	72,179	0,010
Condu-226	J-209	J-208	22,130	0,010
Condu-227	J-208	J-210	57,923	0,010
Condu-228	J-206	J-207	71,706	0,010
Condu-229	J-207	J-208	21,832	0,010
Condu-230	J-193	J-205	41,116	0,010
Condu-231	J-205	J-206	14,332	0,010
Condu-232	J-193	J-194	72,362	0,010
Condu-233	J-194	J-195	38,899	0,010
Condu-234	J-195	J-196	29,647	0,010
Condu-235	J-196	J-197	46,340	0,010
Condu-236	J-197	J-198	42,703	0,010
Condu-237	J-198	J-199	49,452	0,010
Condu-238	J-178	J-190	69,547	0,010
Condu-239	J-190	J-192	88,826	0,010
Condu-240	J-192	J-205	83,953	0,015
Condu-241	J-179	J-188	50,820	0,015
Condu-242	J-188	J-191	24,399	0,015
Condu-243	J-191	J-192	63,036	0,015
Condu-244	J-190	J-191	62,237	0,010
Condu-245	J-188	J-187	59,448	0,010
Condu-246	J-187	J-186	71,856	0,010
Condu-247	J-186	J-185	39,307	0,010
Condu-248	J-185	J-184	33,123	0,010
Condu-249	J-184	J-198	107,996	0,010
Condu-250	J-185	J-195	105,590	0,010
Condu-251	J-186	J-194	105,407	0,010
Condu-252	J-187	J-193	105,703	0,010
Condu-253	J-179	J-180	56,026	0,010
Condu-254	J-180	J-181	113,362	0,010
Condu-255	J-181	J-183	54,128	0,010
Condu-256	J-183	J-199	129,094	0,015
Condu-257	J-175	J-176	62,380	0,010
Condu-258	J-176	J-177	21,844	0,010
Condu-259	J-177	J-189	30,222	0,010
Condu-260	J-189	J-190	69,194	0,010
Condu-261	J-177	J-178	72,180	0,010
Condu-262	J-174	J-176	38,306	0,010
Condu-263	J-175	J-174	47,540	0,010
Condu-264	J-174	J-173	87,577	0,010
Condu-265	J-173	J-178	53,335	0,010
Condu-266	J-173	J-172	61,064	0,010
Condu-267	J-172	J-179	45,165	0,015
Condu-268	J-172	J-170	124,755	0,015
Condu-269	J-170	J-171	63,515	0,015

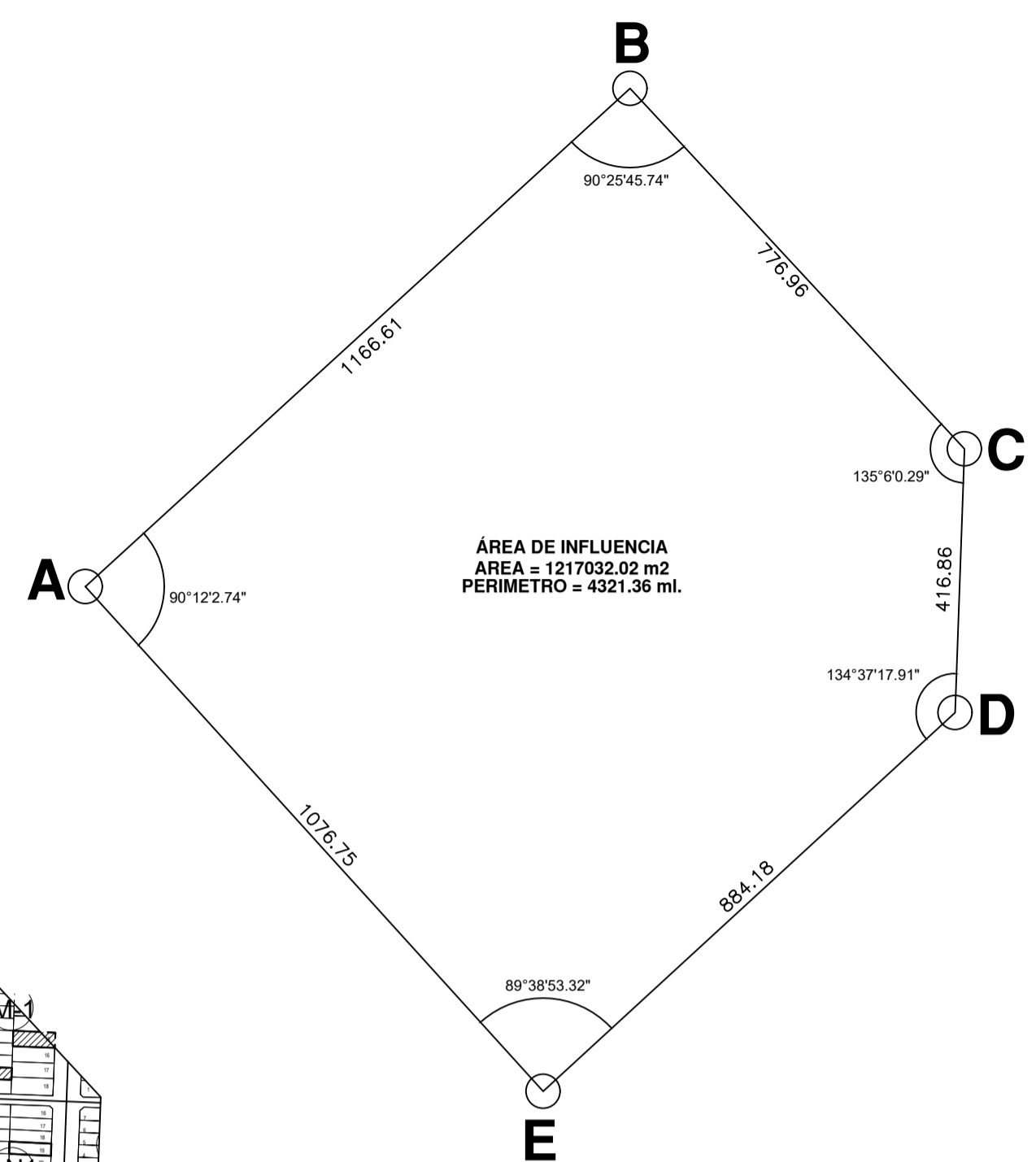
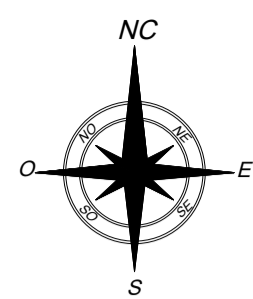
Condu-270	J-171	J-182	104,817	0,015
Condu-271	J-171	J-180	117,538	0,010
Condu-272	J-182	J-183	15,596	0,015
Condu-275	J-170	J-64	51,358	0,010
Condu-276	J-64	J-65	112,927	0,010
Condu-277	J-65	J-78	50,428	0,010
Condu-278	J-78	J-182	50,779	0,010
Condu-279	J-78	J-79	50,468	0,010
Condu-280	J-78	J-77	160,031	0,010
Condu-281	J-68	J-77	49,871	0,010
Condu-282	J-67	J-68	51,665	0,010
Condu-283	J-67	J-66	61,681	0,010
Condu-284	J-66	J-65	47,025	0,010
Condu-285	J-64	J-63	47,387	0,010
Condu-286	J-63	J-66	112,980	0,010
Condu-287	J-54	J-68	163,835	0,010
Condu-289	J-161	J-51	52,911	0,010
Condu-290	J-51	J-53	108,875	0,010
Condu-291	J-49	J-50	27,041	0,010
Condu-292	J-50	J-51	26,350	0,010
Condu-293	J-62	J-63	62,402	0,010
Condu-294	J-122	J-21	57,096	0,010
Condu-295	J-122	J-123	152,600	0,015
Condu-296	J-123	J-27	58,202	0,010
Condu-297	J-125	J-124	96,221	0,015
Condu-298	J-124	J-123	57,773	0,010
Condu-299	J-123	J-138	115,890	0,015
Condu-300	J-138	J-145	44,888	0,015
Condu-301	J-124	J-128	50,419	0,010
Condu-302	J-128	J-136	47,597	0,010
Condu-303	J-136	J-137	25,060	0,010
Condu-304	J-137	J-144	37,681	0,010
Condu-305	J-126	J-127	47,814	0,010
Condu-306	J-127	J-128	89,738	0,010
Condu-307	J-126	J-132	60,770	0,010
Condu-308	J-135	J-127	47,327	0,010
Condu-309	J-135	J-133	13,330	0,010
Condu-310	J-133	J-134	12,260	0,010
Condu-311	J-135	J-136	89,754	0,010
Condu-312	J-134	J-137	89,670	0,010
Condu-313	J-133	J-132	47,812	0,010
Condu-314	J-143	J-144	89,887	0,010
Condu-315	J-144	J-145	56,902	0,010
Condu-316	J-129	J-131	19,381	0,010
Condu-317	J-131	J-132	51,130	0,010
Condu-318	J-130	J-131	16,608	0,010

Condu-319	J-134	J-143	37,301	0,010
Condu-320	J-143	J-141	50,571	0,010
Condu-321	J-141	J-142	146,989	0,010
Condu-322	J-145	J-142	50,243	0,015
Condu-323	J-142	J-146	24,493	0,015
Condu-324	J-34	J-35	28,067	0,010
Condu-325	J-35	J-146	50,942	0,010
Condu-326	J-132	J-140	100,163	0,010
Condu-327	J-131	J-139	100,178	0,010
Condu-328	J-139	J-140	51,057	0,010
Condu-329	J-141	J-140	47,791	0,010
Condu-330	J-139	J-150	110,749	0,010
Condu-331	J-150	J-157	102,922	0,010
Condu-332	J-157	J-158	51,958	0,015
Condu-333	J-158	J-159	136,640	0,015
Condu-334	J-159	J-160	59,440	0,015
Condu-335	J-146	J-147	27,333	0,015
Condu-336	J-147	J-160	160,861	0,015
Condu-337	J-140	J-151	110,861	0,010
Condu-338	J-156	J-158	52,800	0,010
Condu-339	J-151	J-156	49,962	0,010
Condu-340	J-150	J-151	50,792	0,010
Condu-341	J-151	J-152	47,812	0,010
Condu-342	J-152	J-153	89,798	0,010
Condu-343	J-153	J-154	47,954	0,010
Condu-344	J-154	J-159	52,931	0,010
Condu-345	J-141	J-149	50,128	0,010
Condu-346	J-149	J-152	61,682	0,010
Condu-347	J-152	J-155	48,964	0,010
Condu-348	J-155	J-154	89,792	0,010
Condu-349	J-156	J-155	47,822	0,010
Condu-350	J-149	J-148	89,775	0,010
Condu-351	J-148	J-147	57,746	0,010
Condu-352	J-147	J-48	58,638	0,010
Condu-353	J-148	J-153	62,541	0,010
Condu-354	J-157	J-166	55,026	0,010
Condu-355	J-166	J-167	58,088	0,010
Condu-356	J-167	J-175	80,597	0,010
Condu-357	J-158	J-165	54,966	0,010
Condu-358	J-165	J-175	117,819	0,010
Condu-359	J-166	J-165	52,413	0,010
Condu-360	J-165	J-164	48,902	0,010
Condu-361	J-164	J-163	87,683	0,010
Condu-362	J-163	J-162	60,635	0,010
Condu-363	J-164	J-168	50,079	0,010
Condu-364	J-168	J-174	70,135	0,010

Condu-365	J-168	J-169	87,493	0,010
Condu-366	J-169	J-173	69,685	0,010
Condu-367	J-163	J-169	50,366	0,010
Condu-368	J-159	J-163	54,918	0,010
Condu-369	J-119	J-239	609,487	0,010
Condu-370	J-240	J-239	257,910	0,010
Condu-371	J-105	J-240	259,824	0,015
Condu-372	J-16	J-240	657,445	0,015
Condu-373	J-237	Desca-1	5,000	0,015
Condu-378	J-160	J-162	55,720	0,015
Condu-379	J-162	J-172	122,798	0,015
Condu-380	J-160	J-161	86,232	0,015
Condu-381	J-161	J-170	46,148	0,015
Condu-386	J-75	J-74	156,143	0,015
Condu-387	J-92	J-93	40,245	0,015
Condu-388	J-53	J-62	49,701	0,015
Condu-389	J-62	J-67	113,626	0,015

Anexo E Planos

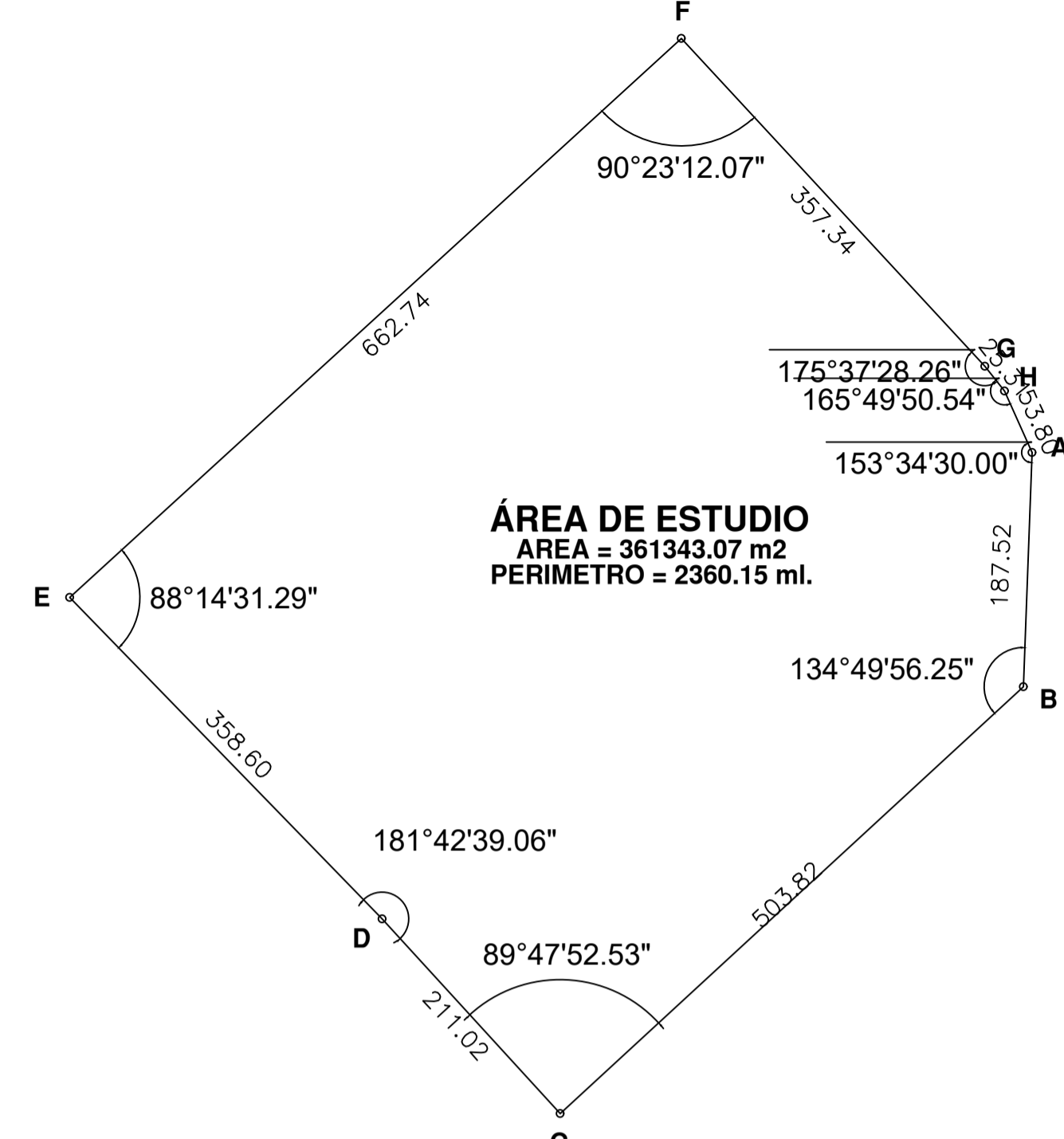
PLANO CATASTRAL



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	1166.61	90°12'27.4"	365919.1673	8004548.7748
B	B-C	776.96	90°25'45.74"	366780.4081	800535.6925
C	C-D	416.86	135°02.29"	367308.7971	8004166.0499
D	D-E	884.18	134°37'17.91"	367293.8497	8004349.4602
E	E-A	1076.75	89°38'53.32"	366642.6839	8003751.3300
TOTAL		4321.36	540°0'0"		

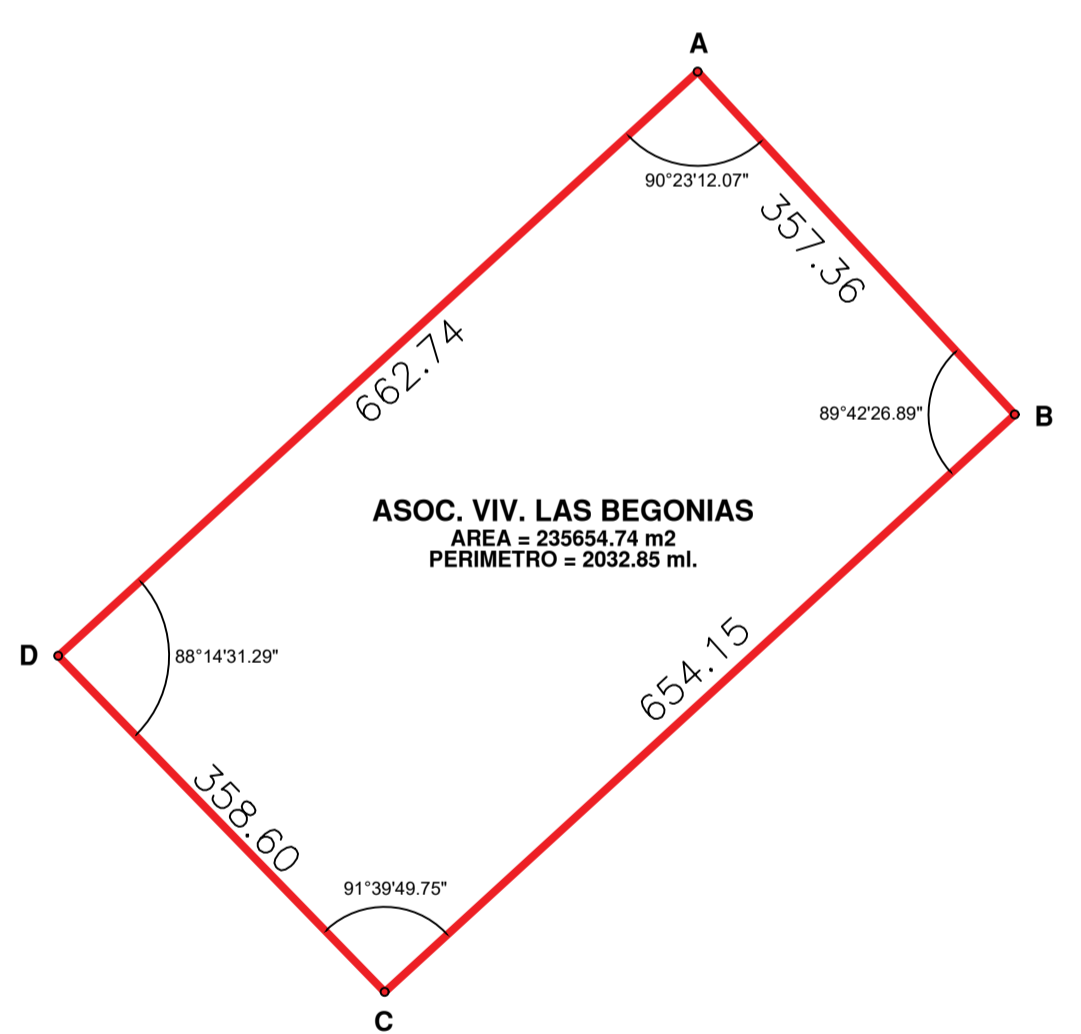
Suma de ángulos (real) = 540°0'0"
Error acumulado = 00°0'0"



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	187.52	153°34'30.00"	367041.6282	8004648.2509
B	B-C	503.82	134°49'56.25"	367034.5438	8004460.8604
C	C-D	211.02	89°47'52.53"	366664.0818	8004119.4002
D	D-E	358.60	181°42'39.06"	366271.7162	8004275.0707
E	E-F	662.74	88°14'31.29"	366271.7162	8004532.2578
F	F-G	357.36	90°23'12.07"	366780.4081	8004979.2975
G	G-H	25.31	175°37'28.26"	367033.7941	8004717.1233
H	H-A	53.80	165°49'50.54"	367019.5238	8004697.2982
TOTAL		2360.15	1080°0'0"		

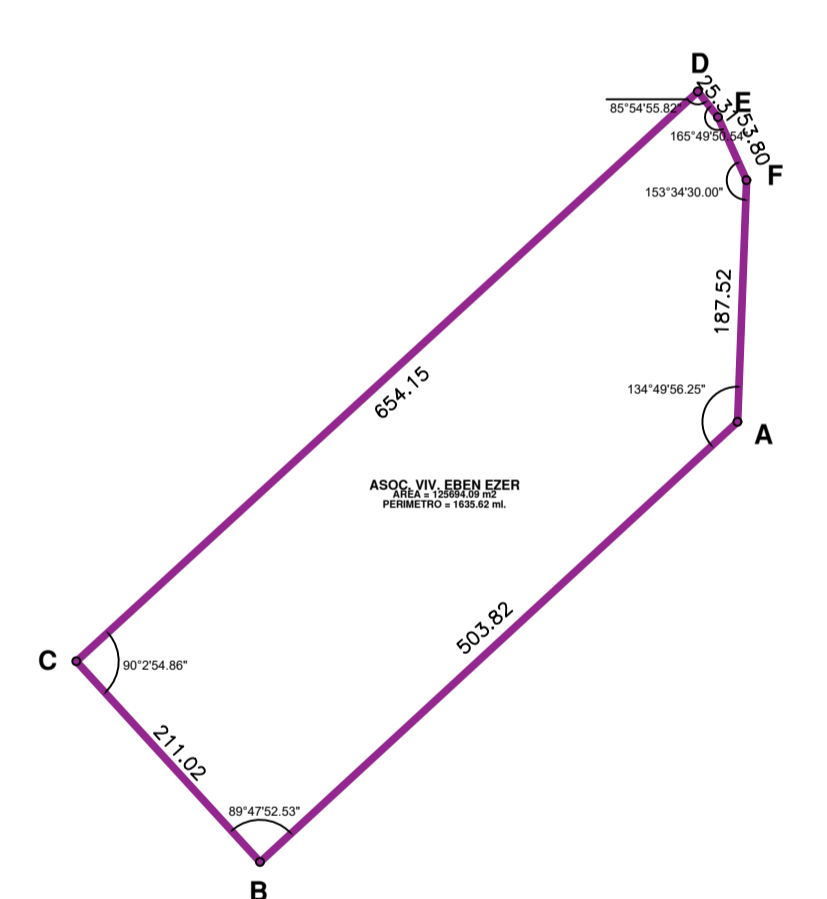
Suma de ángulos (real) = 1080°0'0"
Error acumulado = 00°0'0"



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	357.36	90°23'12.07"	366780.4081	8004979.2975
B	B-C	654.15	89°42'26.89"	367003.8961	8004717.1104
C	C-D	358.60	91°39'49.75"	366521.6101	8004275.0707
D	D-A	662.74	88°14'31.29"	366271.7162	8004532.2578
TOTAL		2032.85	360°0'0"		

Suma de ángulos (real) = 360°0'0"
Error acumulado = 00°0'0"



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	503.82	134°49'56.25"	367034.5438	8004460.8604
B	B-C	211.02	89°47'52.53"	366664.0818	8004119.4002
C	C-D	654.15	90°25'45.74"	366780.4081	800535.6925
D	D-E	25.31	89°47'52.53"	366664.0818	8004119.4002
E	E-F	53.80	165°49'50.54"	367019.5238	8004697.2982
F	F-A	187.52	153°34'30.00"	367041.6282	8004648.2509
TOTAL		1635.62	720°0'0"		

Suma de ángulos (real) = 720°0'0"
Error acumulado = 00°0'01"

PLANO CATASTRAL

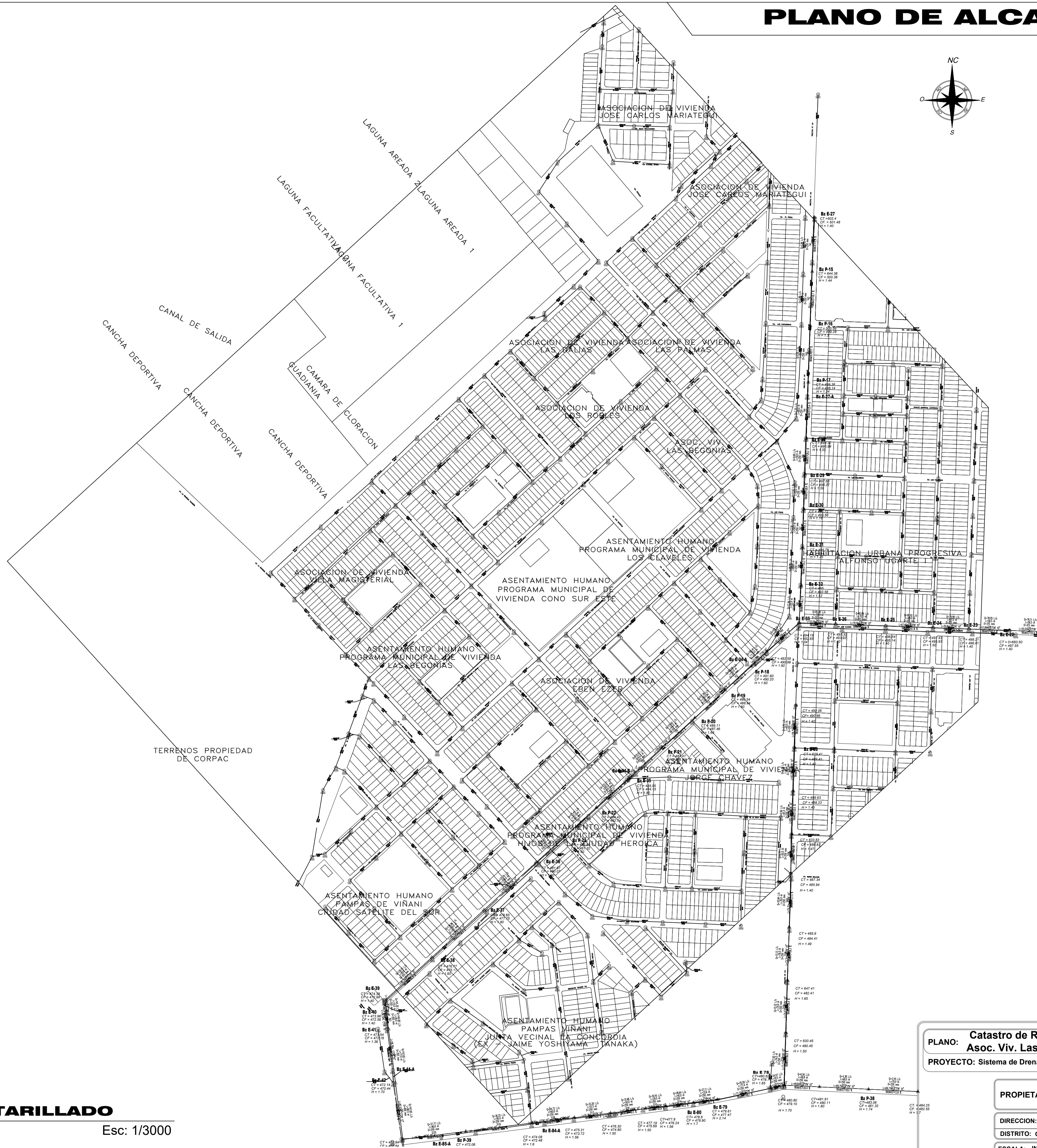
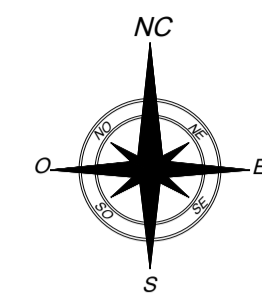
Esc: 1/3000

PLANO: Catastro de Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer
PROYECTO: Sistema de Drenaje Pluvia Sostenible - SUDS

PROPIETARIO: --
DIRECCION: Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer
DISTRITO: G.A.L. **PROVINCIA:** TACNA **DEP.:** TACNA
ESCALA: INDICADA **FECHA:** Julio del 2022 **Autor:** JTM

PROYECTO
C.U.1

PLANO DE ALCANTARILLADO



PLANO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

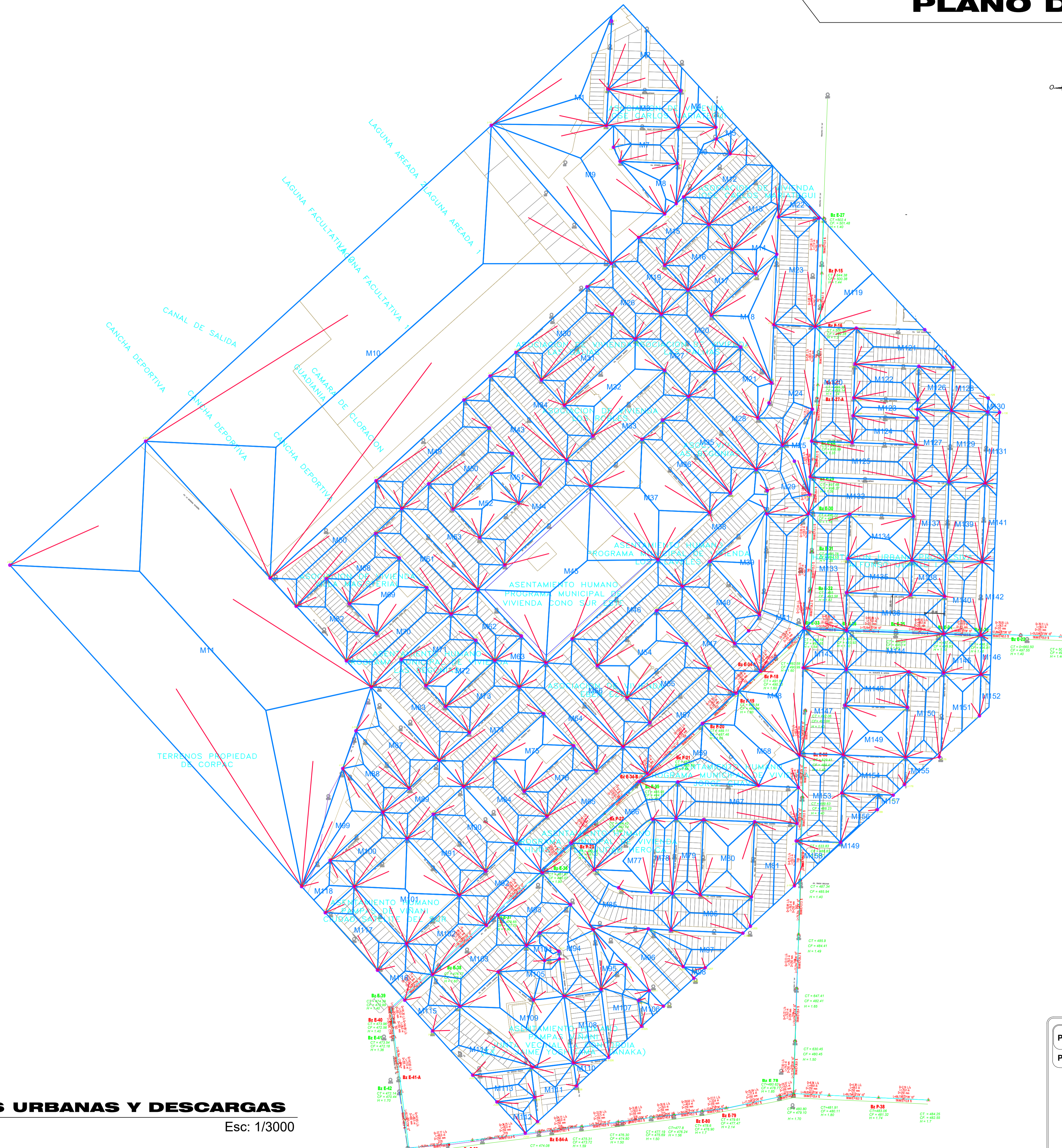
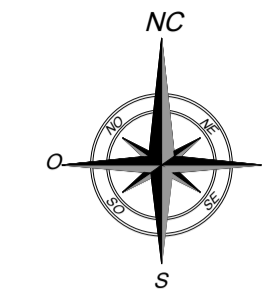
Esc: 1/3000

PLANO:	Catastro de Red de Alcantarillado de las Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer
PROYECTO:	Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible - SUDS
PROPIETARIO:	--
DIRECCION:	Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer
DISTRITO:	G.A.L
PROVINCIA:	TACNA
DEP.:	TACNA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	Julio del 2022
Autor:	JTM

PROYECTO

CA.1

PLANO DE CUENCA URBANA



PLANO SUBCUENCAS URBANAS Y DESCARGAS

Esc: 1/3000

PLANO: Subcuentas de la Cuenca Urbana de las
 Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer
 PROYECTO: Sistema de Drenaje Pluvia Sostenible - SUDS

PROPIETARIO: --

DIRECCION: Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer

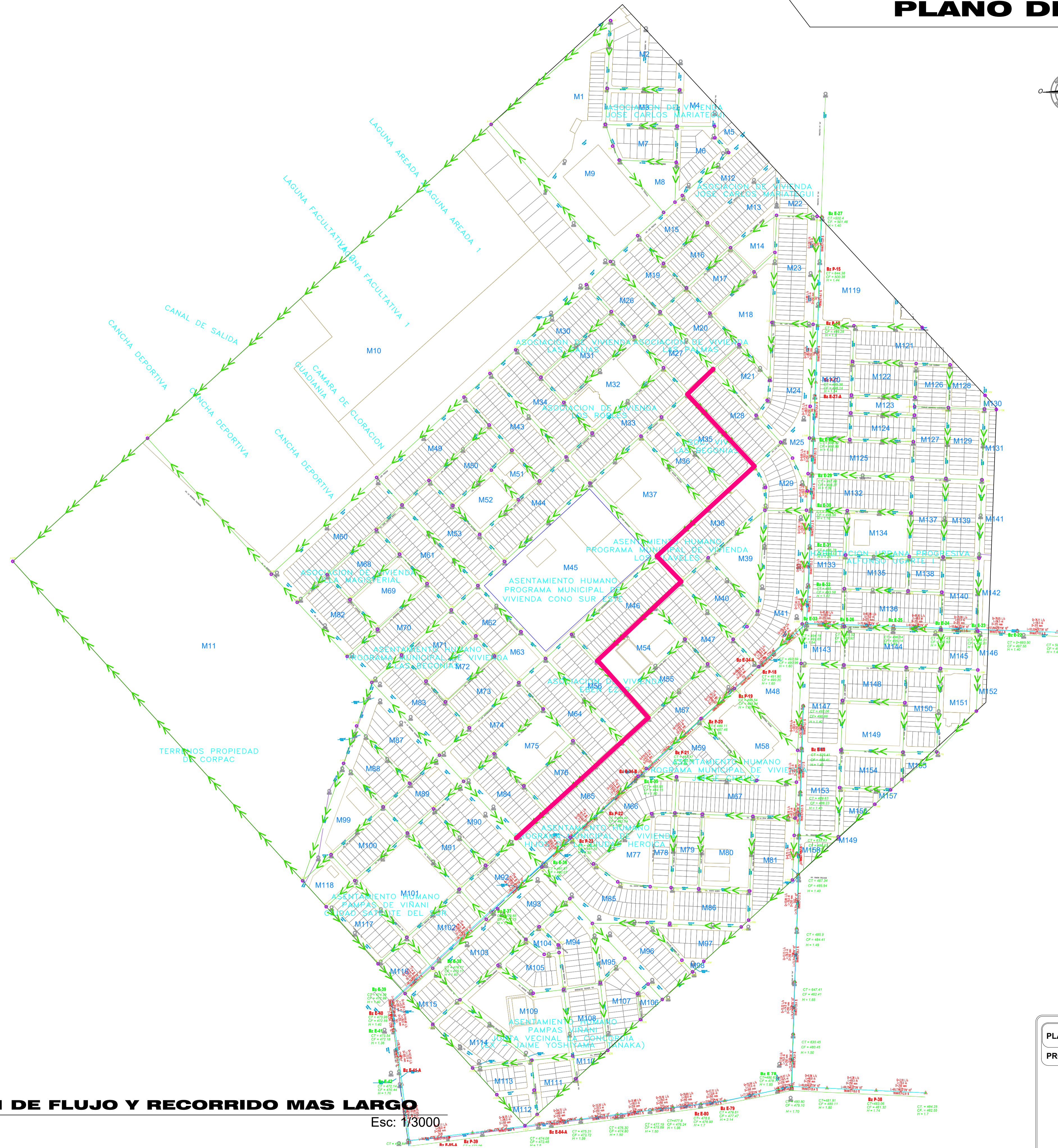
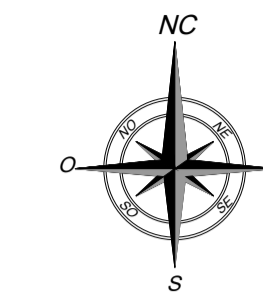
DISTRITO: G.A.L. PROVINCIA: TACNA DEP.: TACNA

ESCALA: INDICADA FECHA : Julio del 2022 Autor: JTM

PROYECTO

CU.1

PLANO DIRECCIÓN DE FLUJO



PLANO DE DIRECCIÓN DE FLUJO Y RECORRIDO MAS LARGO

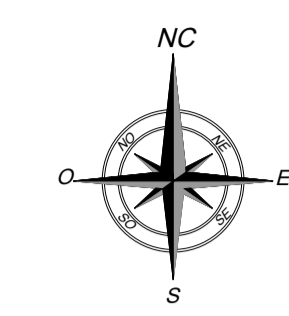
Esc: 1/3000

PLANO: Dirección de Flujo de la Escorrentía Superficial de las Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer		
PROYECTO: Sistema de Drenaje Pluvia Sostenible - SUDS		
PROPIETARIO: --		
DIRECCION: Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer		
DISTRITO: G.A.L	PROVINCIA: TACNA	DEP.: TACNA
ESCALA: INDICADA	FECHA: Julio del 2022	Autor: JTM

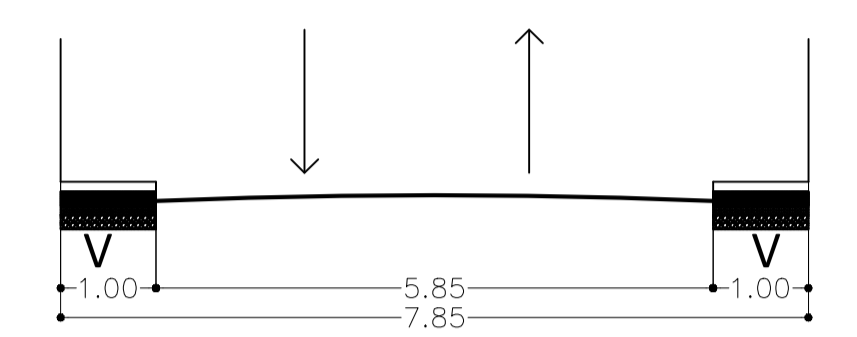
PROYECTO

DF.1

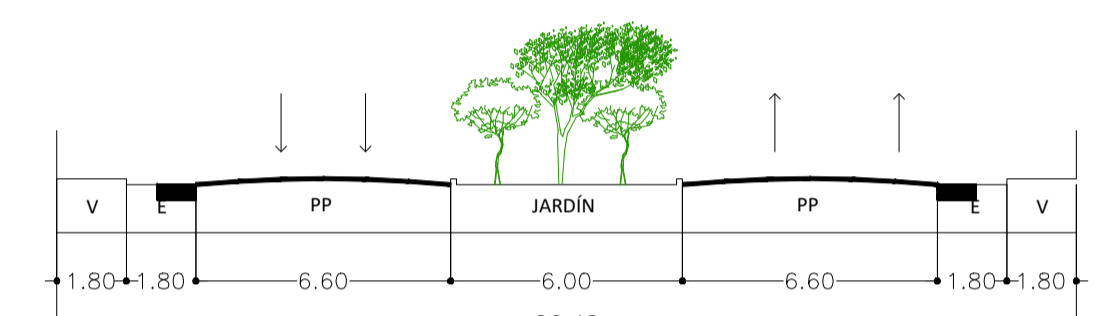
PLANO LID DE CONTROL



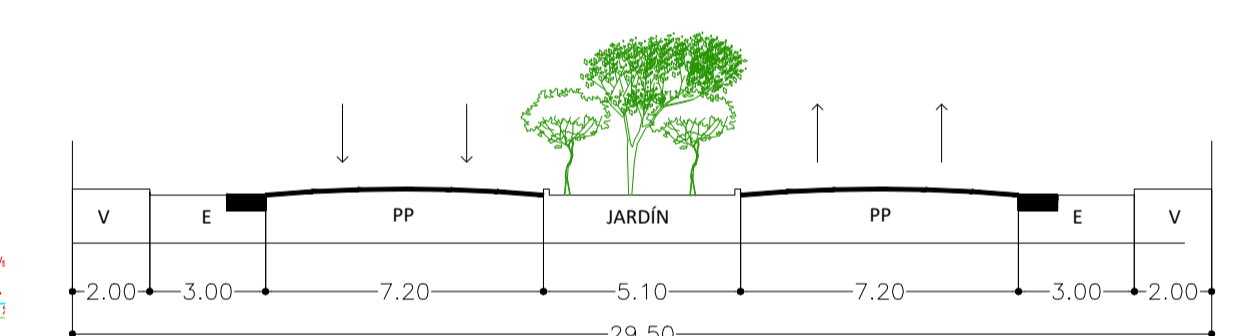
LID de control



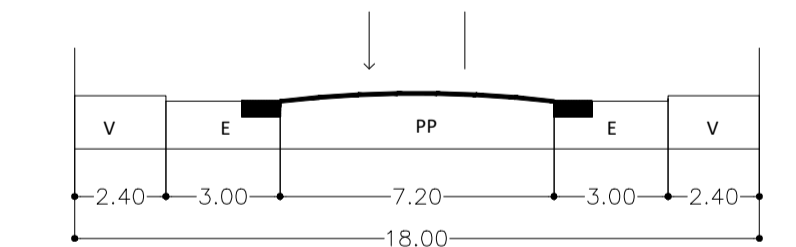
SECCIÓN 01
Sección típica



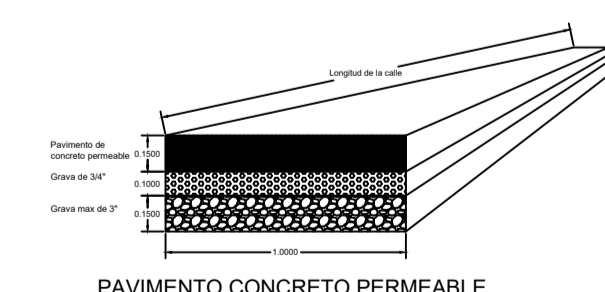
SECCIÓN 32
AV. VISTA ALEGRE
AV. BOHEMIA TACNEÑA
AV. RAUL PORRAS BARRENECHEA - CALLE LUIS VALCÁRCEL - AV. VILLA EL SALVADOR
AV. LOS POETAS
AV. CUARTEL ALBARRACÍN



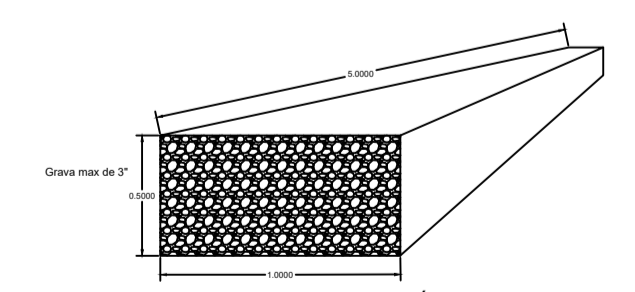
SECCIÓN 33
AV. LA CULTURA (TRAMO AV. TARAPACÁ - AV. ECOLÓGICA)



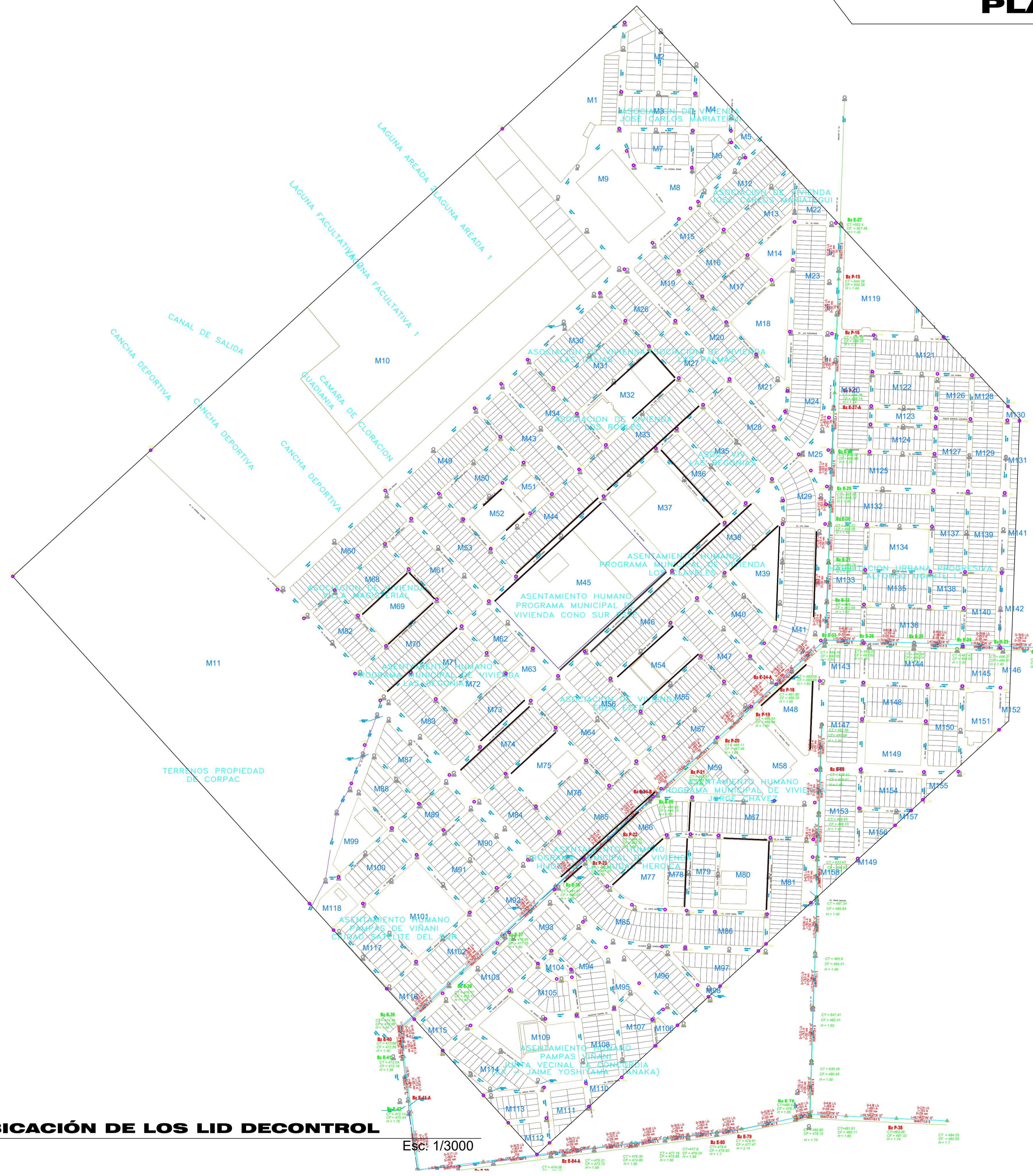
SECCIÓN 49
AV. BASADRE Y FORERO (TRAMO: AV. INDUSTRIAL - AV. CELESTINO VARGAS), CALLE JOSÉ TORIBIO ARA, CALLE LOS FRESNOS, CALLE CRISTÓBAL COLÓN, CALLE BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, CALLE LAS VIOLETAS, AV. PRIMAVERA, AV. PARQUE PERÚ, VIA DE SERVICIO AUXILIAR DEL PARQUE INDUSTRIAL, CALLE JORGE CHAVEZ



PAVIMENTO CONCRETO PERMEABLE



TRINCHERA DE INFILTRACIÓN



PLANO DE UBICACIÓN DE LOS LID DE CONTROL

Esc: 1/3000

UBICACIÓN DE DRENAJE SOSTENIBLE		
PLANO: Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer		
PROYECTO: Sistema de Drenaje Pluvia Sostenible - SUDS		
PROPIETARIO: --		
DIRECCION: Asoc. Viv. Las Begonias y Eben Ezer		
DISTRITO: G.A.L	PROVINCIA: TACNA	DEP.: TACNA
ESCALA: INDICADA	FECHA: Julio del 2022	Autor: JTM

PROYECTO

LID.1