

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano de la Ciudad de
Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad.**

Área de Investigación:
Hidrología – Ingeniería Hidráulica

Autores:
Br. Simeon Elias, Raul
Br. Ramirez Silva, Kevin

Jurado Evaluador:

Presidente: Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Henriquez Ulloa, Juan Paul

Vocal: Galvez Paredes, Jose Alcides

Asesor:
Ing. Serrano Hernandez, Jose Luis
Código Orcid: 0000-0002-8278-6099

**TRUJILLO – PERÚ
2022**

Fecha de sustentación: 2022/11/08

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano de la Ciudad de
Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad.**

Área de Investigación:
Hidrología – Ingeniería Hidráulica

Autores:
Br. Simeon Elias, Raul
Br. Ramirez Silva, Kevin

Jurado Evaluador:

Presidente: Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Henriquez Ulloa, Juan Paul

Vocal: Galvez Paredes, Jose Alcides

Asesor:
Ing. Serrano Hernandez, Jose Luis
Código Orcid: 0000-0002-8278-6099

**TRUJILLO – PERÚ
2022**

Fecha de sustentación: 2022/11/08

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por darme la oportunidad de concluir esta etapa en mi vida.

Así mismo se lo dedica a mi familia que, mediante su apoyo incondicional, confianza y sobre todo su cariño abnegado me permitió seguir adelante en este proceso educativo. Gracias al mutuo esfuerzo se logró llegar a este punto, por ello este trabajo se lo dedico a ustedes.

Bach. SIMEON ELIAS, Raul Bryan Steven

Mi tesis la dedico primeramente a dios, ya que me supo guiar por el camino correcto y ser una persona de bien.

A mis padres por ser ejemplo de superación y esfuerzo, haberme dado los estudios, forjarme como la persona que soy en la actualidad y creer en mi capacidad desde un inicio.

A mi amada esposa Yesica por su apoyo incondicional, sus buenos consejos, por enseñarme a no rendirme en la vida y a lo largo de mi carrera profesional.

A mis hermanas, hermano y familia para inculcarles que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todos los objetivos que anhelan a lo largo de sus vidas.

A mis abuelos por todo el apoyo y consejos que me supieron dar.

Este logro se los dedico a ustedes familia.

Bach. RAMIREZ SILVA, Kevin Marlon

AGRADECIMIENTO

Ante todo, queremos agradecer a Dios, puesto que sin él nada de esto se habría logrado, puesto que puso en nosotros conocimiento, fuerza y salud para llegar a este punto en nuestras vidas, que es uno de los más importantes para ejercer como profesional.

Así mismo, agradecemos a nuestros padres por brindarnos su apoyo constante durante el transcurso de este proceso que nos llevó al final de este camino para poder empezar uno nuevo, con mayores oportunidades.

Agradecemos también, a nuestro asesor, por encaminar el desarrollo de este trabajo de investigación y brindar el conocimiento profesional necesario para su conclusión.

Los autores

RESUMEN

La sierra Liberteña se caracteriza principalmente por sus constantes y considerables precipitaciones que van desde el mes de diciembre hasta el mes de abril. La ciudad de Huamachuco ubicada en la Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad es afectada por este fenómeno durante esta época del año. Por ello es necesario la implementación de un sistema de drenaje pluvial urbano eficiente, ya que el existente no abastece con la esorrentía generada, además de encontrarse discontinuo. Mediante los datos históricos registrados por la estación meteorológica Huanagacocha se realizó un análisis estadístico de distribución de la información. Así mismo, se efectuó el estudio hidrológico para la obtención de la precipitación e intensidad de diseño y de las curvas IDF. Además, se realizaron los estudios topográficos y de mecánica de suelos, los cuales arrojaron valores que permitieron efectuar el modelamiento del sistema en el software EPA SWMM. Se obtuvo finalmente la esorrentía generada en las distintas zonas de la ciudad, como también el caudal captado por los colectores el cual va a dar a una disposición final, fuente hídrica natural. Logrando así alcanzar el objetivo principal, el cual es proponer un diseño de sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huamachuco.

ABSTRACT

The Liberteña highlands are mainly characterized by their constant and considerable rainfall, ranging from December to April. Huamachuco city located in the Province of Sánchez Carrión, Department of La Libertad is affected by this phenomenon during this time of year. Thus is necessary to implement an efficient urban storm drainage system, insomuch as the existing system does not supply with the runoff generated, in addition to being discontinuous. Using the historical data recorded by the Huanagacocha weather station, a statistical analysis of information distribution was carried out. Also, the hydrological study was carried out to obtain the precipitation and design intensity and the IDF curves. Beside, topographic and soil mechanics studies were carried out, which yielded values that allowed the modeling of the system in the EPA SWMM software. Finally, the runoff generated in the different areas of the city was obtained, as well as the flow captured by the collectors which will give a final disposal, a natural water source. Thus achieving the main objective, which is to propose a design of urban storm drainage system in Huamachuco city.

PRESENTACIÓN

Al jurado evaluador:

Según lo establecido en el Reglamento General de Gados y Títulos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, presentamos a continuación nuestro trabajo de Tesis, cuyo fin es el de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, titulado:

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD.

Consideramos que el trabajo presentado, puede generar un aporte al desarrollo de la infraestructura de la ciudad intervenida, así mismo generar un incentivo a la investigación en nuestra Universidad, se espera cumplir con los requisitos para su aprobación.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	19
1.1. Problema de la investigación	19
1.1.1. Descripción de la realidad problemática.....	19
1.1.2. Formulación del problema.....	20
1.2. Objetivos.....	20
1.2.1. Objetivo General	20
1.2.2. Objetivos específicos	21
1.2.3. Justificación del estudio	21
2. MARCO DE REFERENCIA.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.2. Marco teórico	25
2.2.1. Consideraciones básicas de diseño y estructuras hidráulicas	25
2.2.1.1. Consideraciones hidráulicas básicas de diseño.....	25
2.2.1.2. Encharcamiento	26
2.2.1.3. Captación de aguas de lluvia y transporte en aceras y calzadas...	27
2.2.1.4. Sumideros.....	27
2.2.1.5. Buzones	29
2.2.1.6. Descarga del Sistema	30
2.2.2. Cuenca hidrográfica	30
2.2.3. Pendiente de la Cuenca	30
2.2.4. Características físicas de la cuenca	31
2.2.4.1. Área de drenaje.....	31
2.2.4.2. Longitud de cuenca.....	31
2.2.4.3. Ancho de cuenca	32
2.2.5. Delimitación de la cuenca.....	32
2.2.6. Precipitaciones	32
2.2.7. Hidrograma.....	33
2.2.8. Validación de datos de precipitaciones	33
2.2.8.1. Prueba de datos dudosos	33
2.2.9. Periodo de retorno.....	36
2.2.10. Análisis de frecuencias.....	37

2.2.11. Distribuciones de probabilidad	38
2.2.11.1. Distribución Normal.....	39
2.2.11.2. Distribución Log Normal.....	40
2.2.11.3. Distribución Gumbel o Extrema Tipo I.....	42
2.2.11.4. Distribución Gamma de tres parámetros o Pearson Tipo III	43
2.2.11.5. Distribución Log Pearson Tipo III	44
2.2.12. Ajustes de distribuciones.....	45
2.2.12.1. Prueba de Smirnov Kolmogorov	46
2.2.13. Tormenta de Diseño.....	47
2.2.13.1. Intensidad, Duración y Frecuencia de una Precipitación	48
2.2.13.2. Método de Frederich Bell	48
2.2.13.3. Curvas Intensidad Duración Frecuencia	50
2.2.14. Hietograma de precipitación de diseño	51
2.2.14.1. Método del Bloque Alterno.....	51
2.2.15. Modelo de Infiltración	52
2.2.15.1. Método de Número de Curva del SCS.....	52
2.2.16. Modelo de simulación EPA SWMM 5.1	55
2.2.16.1. Parámetros de componentes considerados por el Software.....	56
2.3. Marco conceptual	60
2.4. Sistema de hipótesis.....	62
2.4.1. Variables e indicadores	62
2.4.2. Operacionalización de las variables	62
3. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	64
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	64
3.1.1. Tipo de investigación.....	64
3.1.2. Nivel de investigación.....	64
3.2. Población y muestra de estudio.....	64
3.2.1. Población:.....	64
3.2.2. Muestra:	64
3.3. Diseño de investigación.....	64
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	65
3.5. Procesamiento y análisis de datos	65

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	65
4.1. Propuesta de investigación.....	65
4.1.1. Evaluación del sistema de drenaje pluvial existente	65
4.1.1.1. Planteamiento de la problemática	65
4.1.1.2. Identificación de la brecha	66
4.1.1.3. Deficiencias en sistema de drenaje pluvial existente	68
4.1.2. Estudio topográfico.....	69
4.1.3. Estudio Hidrológico	70
4.1.3.1. Finalidad del Estudio	70
4.1.3.2. Obtención de datos	70
4.1.3.3. Periodo de retorno	70
4.1.3.4. Precipitación máxima de diseño.....	70
4.1.3.5. Curvas IDF	78
4.1.3.6. Hietograma de diseño	84
4.1.3.7. Cuenca de estudio	85
4.1.4. Estudio de Mecánica de Suelos	86
4.2. Modelamiento del Sistema en Software SWMM EPA 5.0.....	86
4.2.1. Sistema de drenaje pluvial propuesto	86
4.2.1.1. Demarcación de áreas tributarias	87
4.2.1.2. Ingreso de datos por defecto	88
4.2.1.3. Trazado de componentes	90
4.2.1.4. Modelo de infiltración	90
4.2.1.5. Modelo de simulación	91
4.2.2. Opciones de simulación	91
4.2.3. Componentes del modelamiento.....	94
4.2.3.1. Áreas tributarias	94
4.2.3.2. Nodos.....	94
4.2.3.3. Desemboques	95
4.2.3.4. Conductos	95
4.2.3.5. Secciones de conductos	95
4.2.3.6. Infiltración.....	96
4.2.4. Resultados de modelamiento	96

4.2.4.1. Reporte de Sub-cuencas	96
4.2.4.2. Reporte de Nodos	101
4.2.4.3. Reporte de conductos	108
4.2.4.4. Desemboques	115
4.2.4.5. Perfiles longitudinales de tramos del sistema de drenaje	115
4.3. Diseño de componentes principales del sistema de drenaje pluvial urbano	139
4.3.1. Estructuras de captación de aguas pluviales	139
4.3.2. Estructuras de desemboque de aguas pluviales	147
4.4. Análisis e interpretación de resultados	149
4.4.1. Resultados hidrológicos	149
4.4.2. Resultados Estudio de Mecánica de Suelos	150
4.4.3. Modelamiento en Software EPA SWMM 5.1	150
4.4.4. Diseño de componentes del sistema de drenaje pluvial.....	152
4.5. Docimasia de hipótesis.....	153
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	153
6. CONCLUSIONES	155
7. RECOMENDACIONES	156
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
9. ANEXOS	160

TABLAS

Tabla 01:	Parámetros para la consideración de datos dudosos respecto a la Asimetría de Estación	34
Tabla 02:	Valores “Kn” para la prueba de datos dudosos	35
Tabla 03:	Valores críticos $D\alpha$ en prueba de bondad de ajuste: Smirnov Kolmogorov	47
Tabla 04:	Grupos Hidrológicos del Suelo	54
Tabla 05:	Números de Curva de Escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub-urbana y urbana.....	54
Tabla 06:	N de Manning para escorrentía superficial	57
Tabla 07:	Valores estándar de volumen de almacenamiento en depresión	58
Tabla 08:	Coficiente “n” de Manning para flujo en conductos cerrados	59
Tabla 09:	Matriz de Operacionalización de las variables	63

CUADROS

Cuadro 01: Precipitaciones máximas diarias mensuales de la estación Huangacocha	70
Cuadro 02: Precipitaciones máximas diarias anuales.....	72
Cuadro 03: Parámetros para la obtención de umbrales.....	73
Cuadro 04: Rangos máximo y mínimo de precipitaciones de la muestra.....	73
Cuadro 05: D_n máximos de distribuciones de probabilidad	74
Cuadro 06: Parámetros estadísticos para distribución de probabilidad	75
Cuadro 07: Parámetros de distribución Log-Pearson Tipo III	75
Cuadro 08: Factores de frecuencia de periodos de retorno considerados.....	75
Cuadro 09: Precipitaciones máximas de periodos de retorno considerados.....	76
Cuadro 10: Precipitaciones máximas esperadas corregidas	77
Cuadro 11: Precipitación P_{6010}	78
Cuadro 12: Precipitaciones máximas (mm) de duración (5-60) min y T_r (2-100) años	78
Cuadro 13: Intensidades máximas (mm/hora)	79
Cuadro 14: Regresión múltiple para estimación de parámetros de ecuación	80
Cuadro 15: Valores para graficar Curvas IDF	82
Cuadro 16: Datos para aplicación del Método del Bloque Alterno	84
Cuadro 17: Parámetros de desemboques del proyecto	95
Cuadro 18: Reporte de resultados de sub-cuencas del modelamiento.....	96
Cuadro 19: Reporte de resultados de nodos del modelamiento	101
Cuadro 20: Reporte de resultados de conductos del modelamiento.....	108
Cuadro 21: Reporte de resultados de desemboques del modelamiento	115
Cuadro 22: Cálculo de parámetros de eficiencia de rejillas según dimensiones.	140
Cuadro 23: Eficiencia de sumideros ubicados en zonas de convergencia de caudal	140
Cuadro 24: Dimensionamiento de caídas verticales ubicadas en zonas de desemboque del sistema	148
Cuadro 25: Parámetros de distribución Log-Pearson Tipo III	168
Cuadro 26: Estimación del D_n máximo	169
Cuadro 27: Factor de frecuencia y precipitaciones máximas esperadas – Log-Pearson Tipo III	175
Cuadro 28: Características físicas de las sub-cuencas.....	178

Cuadro 29: Características de los conductos.....	182
Cuadro 30: Características de los nodos	189
Cuadro 31: Análisis granulométrico de la calicata C-01	198
Cuadro 32: Análisis granulométrico de la calicata C-02.....	199
Cuadro 33: Análisis granulométrico de la calicata C-03.....	200
Cuadro 34: Análisis granulométrico de la calicata C-04.....	201
Cuadro 35: Análisis granulométrico de la calicata C-05.....	202
Cuadro 36: Análisis granulométrico de la calicata C-06.....	203
Cuadro 37: Análisis granulométrico de la calicata C-07.....	204
Cuadro 38: Análisis granulométrico de la calicata C-08.....	205
Cuadro 39: Análisis granulométrico de la calicata C-09.....	206
Cuadro 40: Análisis granulométrico de la calicata C-10.....	207
Cuadro 41: Análisis granulométrico de la calicata C-11.....	208
Cuadro 42: Análisis granulométrico de la calicata C-12.....	209
Cuadro 43: Parámetros de las sub-cuencas	210

GRÁFICOS

Gráfico 01: Curvas IDF (TR 2-100 años y Duración 5-120 min)	83
Gráfico 02: Curva IDF (TR 25 años)	83
Gráfico 03: Hietograma de Diseño.....	85

FIGURAS

Figura 01:	Secciones transversales brindados por el software	59
Figura 02:	Cuneta del Jr. Alfonso Ugarte durante lluvia.....	66
Figura 03:	Inundación de Jr. San Román durante lluvia intensa.....	67
Figura 04:	Encharcamiento en intersección de los Jirones Bolognesi y Alfonso Ugarte	68
Figura 05:	Material de construcción obstruye flujo de agua en Jr. San Román	69
Figura 06:	Cuenca urbana de estudio.....	86
Figura 07:	Áreas tributarias del proyecto	87
Figura 08:	Etiquetas de componentes por defecto.....	88
Figura 09:	Características de áreas tributarias por defecto	89
Figura 10:	Características de nodos y conductos por defecto	89
Figura 11:	Componentes del modelamiento de drenaje pluvial urbano .	90
Figura 12:	Apartado “General”	92
Figura 13:	Apartado “Dates”.....	92
Figura 14:	Apartado “Time Steps”	93
Figura 15:	Apartado “Dynamic Wave”	93
Figura 16:	Tramo de nodo N_01 al N_07.....	115
Figura 17:	Tramo de nodo N_07 al N_15.....	116
Figura 18:	Tramo de nodo N_15 al N_24.....	116
Figura 19:	Tramo de nodo N_24 al N_34.....	117
Figura 20:	Tramo de nodo N_34 al N_44.....	117
Figura 21:	Tramo de nodo N_44 al D_1.....	118
Figura 22:	Tramo de nodo N_51 al N_13.....	118
Figura 23:	Tramo de nodo N_56 al N_19.....	119
Figura 24:	Tramo de nodo N_73 al N_70.....	119
Figura 25:	Tramo de nodo N_74 al N_22.....	120
Figura 26:	Tramo de nodo N_77 al N_83.....	120
Figura 27:	Tramo de nodo N_83 al N_28.....	121
Figura 28:	Tramo de nodo N_94 al N_83.....	121
Figura 29:	Tramo de nodo N_102 al N_100.....	122
Figura 30:	Tramo de nodo N_106 al N_83.....	122

Figura 31:	Tramo de nodo N_120 al N_84.....	123
Figura 32:	Tramo de nodo N_122 al N_87.....	123
Figura 33:	Tramo de nodo N_127 al N_89.....	124
Figura 34:	Tramo de nodo N_133 al N_130.....	124
Figura 35:	Tramo de nodo N_135 al N_131.....	125
Figura 36:	Tramo de nodo N_136 al N_141.....	125
Figura 37:	Tramo de nodo N_141 al N_144.....	126
Figura 38:	Tramo de nodo N_144 al N_149.....	126
Figura 39:	Tramo de nodo N_149 al N_33.....	127
Figura 40:	Tramo de nodo N_160 al N_164.....	127
Figura 41:	Tramo de nodo N_164 al N_153.....	128
Figura 42:	Tramo de nodo N_168 al N_167.....	128
Figura 43:	Tramo de nodo N_173 al N_36.....	129
Figura 44:	Tramo de nodo N_189 al N_195.....	129
Figura 45:	Tramo de nodo N_195 al N_198.....	130
Figura 46:	Tramo de nodo N_198 al N_38.....	130
Figura 47:	Tramo de nodo N_202 al N_194.....	131
Figura 48:	Tramo de nodo N_217 al N_221.....	131
Figura 49:	Tramo de nodo N_221 al N_195.....	132
Figura 50:	Tramo de nodo N_221 al N_195.....	132
Figura 51:	Tramo de nodo N_229 al N_235.....	133
Figura 52:	Tramo de nodo N_235 al N_39.....	133
Figura 53:	Tramo de nodo N_240 al N_245.....	134
Figura 54:	Tramo de nodo N_245 al N_41.....	134
Figura 55:	Tramo de nodo N_254 al N_41.....	135
Figura 56:	Tramo de nodo N_257 al N_49.....	135
Figura 57:	Tramo de nodo N_259 al N_264.....	136
Figura 58:	Tramo de nodo N_264 al N_50.....	136
Figura 59:	Tramo de nodo N_268 al N_50.....	137
Figura 60:	Tramo de nodo N_271 al D_02.....	137
Figura 61:	Tramo de nodo N_275 al D_3.....	138
Figura 62:	Tramo de nodo N_278 al N_276.....	138

Figura 63: Tramo de nodo N_276 al D_4.....	139
Figura 64: <i>Dn</i> máximo – Distribución Normal.....	171
Figura 65: <i>Dn</i> máximo – Distribución LogNormal.....	171
Figura 66: <i>Dn</i> máximo – Distribución Pearson Tipo III.....	172
Figura 67: <i>Dn</i> máximo – Distribución Gumbel.....	172
Figura 68: ID labels – Etiquetas por defecto	216
Figura 69: Subcatchments – Características de Sub-cuencas por defecto	217
Figura 70: Nodes/Links – Características de nodos y conductos.....	218
Figura 71: Conduit Geometry - Secciones transversales.....	219
Figura 72: Map dimensions – Dimensiones de mapa	220
Figura 73: Backdrop Image Selector – cargar imagen de fondo	220
Figura 74: Trazado de Sub-cuencas.....	222
Figura 75: Trazado de Nodos y Descargas.....	223
Figura 76: Trazado de Conductos.....	224
Figura 77: Ubicación de Pluviómetro	225
Figura 78: Propiedades de Sub-cuencas	227
Figura 79: Parámetros del modelo de infiltración.....	228
Figura 80: Propiedades de Nodos	229
Figura 81: Propiedades de descargas	229
Figura 82: Propiedades de los conductos.....	230
Figura 83: Propiedades del Pluviómetro	231
Figura 84: Edición de Serie Temporal.....	232
Figura 85: Opciones de Simulación - General	233
Figura 86: Opciones de Simulación – Dates	233
Figura 87: Opciones de Simulación – Time Steps	234
Figura 88: Reporte de estado de simulacion	235

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

La falta de implementación de sistemas de evacuación de aguas de lluvia en las zonas urbanas en el Perú representa una de las principales brechas en infraestructura, siendo el caso de las regiones con mayor presencia de lluvias las que se ven afectadas por ella, esto se debe a las constantes inundaciones, a consecuencia de la impermeabilización de los suelos, ya sea por la pavimentación u ocupación de las superficies por donde naturalmente discurrían estos flujos de agua, sumado a ello se evidencia la carencia de estructuras que permitan su captación y posteriormente su evacuación.

Huamachuco, ubicado en la cordillera de los Andes, forma parte de la Sierra Liberteña, en un valle interandino, presentando así por su ubicación un clima lluvioso, el cual presenta precipitaciones promedio mensuales de 110mm en la temporada más crítica, esta abarca desde el mes de diciembre hasta el mes de abril.

Esta ciudad al contar con una topografía que presenta pisos altitudinales genera zonas altas y baja, los sectores ubicados en las depresiones presentan inundaciones, a consecuencia del agua que discurre de las zonas más altas. Ello evidencia un inexistente estudio hidrográfico de cuenca, puesto que este ayuda a identificar su tipo y las zonas con mayor probabilidad de inundación. Esto genera deterioro en ciertas viviendas de la población, cuyo material de construcción que aún prevalece es el tapial y adobe. Adicionalmente a ello se suma la saturación de los desagües de dichas viviendas debido a que parte de la población evacua el agua de lluvia directamente a la red de alcantarillado, provocando así aniegos en las viviendas y posteriormente el colapso de ellos.

Huamachuco cuenta con un sistema de drenaje pluvial ineficiente que no satisface las necesidades de la población, el cual consta de obras de arte menores como cunetas, acequias y canales, sin embargo, este no se proyecta como tal, debido a que no abastece con el caudal acumulado por: escorrentía y sistemas de evacuación pluvial domiciliarias. Como consecuencia se tiene la formación de ríos en aquellas calles cuyo flujo ha sido alimentado por otros cauces, de acuerdo al registro y a la incomodidad de los pobladores las calles con mayor afectación por las precipitaciones son: el Jr. Bolognesi, Jr. Leoncio Prado, Jr. Balta, Jr. San Román. Esto genera el impedimento de cruce peatonal, el cual, según Doménech (2014) significa un factor principal en el desarrollo de una planeación y estudio de un sistema de drenaje pluvial urbano. (p.33). Además de ocasionar incomodidad, en los peatones que circulan por las veredas, con el cruce vehicular a velocidades altas.

Debido a la inexistencia de una red colectora, capaz de captar el volumen de agua que discurre desde las zonas más altas, en épocas con precipitaciones pluviales altas, los sectores bajos como Purrumpampa y Santa Ana, reciben gran cantidad de escorrentía, y como consecuencia a ello las viviendas de allí se ven afectadas por inundaciones ya que esos sectores se encuentran en el punto más bajo de la ciudad de Huamachuco y carecen de un sistema de evacuación de aguas pluviales.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la Propuesta de Diseño de Drenaje Pluvial Urbano en la Ciudad de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer diseño de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual del sistema de evacuación de aguas de lluvia de la ciudad de Huamachuco, zona urbana.
- Realizar el levantamiento topográfico de la red de drenaje de aguas de lluvia de la ciudad de Huamachuco.
- Realizar estudio de mecánica de suelos en área urbana que abarca el drenaje de aguas de lluvia de la ciudad de Huamachuco.
- Realizar estudio hidrológico en la zona de estudio para obtener los parámetros de diseño.
- Realizar el estudio hidráulico de la red de drenaje pluvial urbano propuesta para la ciudad de Huamachuco.
- Realizar diseño de infraestructura para recolección, transporte y evacuación de aguas pluviales.

1.2.3. Justificación del estudio

- Académico

El proyecto se justifica académicamente debido a que se pretende cerrar la gran brecha que existe en cuanto a investigaciones sobre estudios hidrológicos y la formulación de obras de drenaje pluvial a gran escala en ciudades donde tanto las condiciones meteorológicas y geográficas tienden a generar riesgos de inundación. Con ello se permite ampliar el ámbito de investigación en este tipo de campo de la ingeniería hidráulica.

- Social

El presente trabajo se justifica socialmente porque a partir del desarrollo de este tipo de proyectos en zonas urbanas, se estará permitiendo un mejor ordenamiento en cuanto al flujo de las aguas pluviales. Con ello tanto peatones no se verán afectados por la interrupción de su paso, así como las vías no se verán obstaculizadas,

ambos debido a las inundaciones provenientes de las fuertes precipitaciones.

- Medio Ambiental

El Proyecto se justifica en el ámbito medio ambiental, puesto que se estará incorporando un sistema de ordenamiento de aguas de lluvia, el cual permitirá evacuar todo el caudal captado en la ciudad. Este será vertido en zonas donde no afecte otras fuentes de agua, no genere erosión, ni mucho menos permita el arrastre de contaminantes que dañen ecosistemas donde interactúan tanto el ser humano, flora y fauna.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de la investigación

- Rojas y Humpiri (2016) en su tesis titulada “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM”, tiene como objetivo principal evaluar el proyecto actual del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca y plantear un nuevo sistema con la aplicación del programa de modelamiento SWMM, en tal sentido concluyó que los estudios básicos del proyecto fueron realizados con un sustento técnico deficiente, el cual constataron que el área del proyecto había sido dividido en cuatro cuencas hidrográficas para el modelamiento Hidrológico – Hidráulico utilizando el software SWMM para la optimización de parámetros que determina el diseño de redes de drenaje; el proyecto fue realizado sin tomar en cuenta los parámetros de diseño descritos en la Norma OS – 060 del NRE, GH – 010 y el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Juliaca; así mismo recomienda incentivar a la población a evacuar sus aguas de lluvia hacia la red de drenaje pluvial para evitar que las mismas ingresen hacia la red de desagüe. Por tanto, el aporte del antecedente a la investigación es la pauta para una delimitación adecuada de la cuenca en estudio, así

mismo para que los sistemas de drenaje sean eficientes es sugiere seguir los parámetros indicados en Norma OS – 060 del NRE, GH – 010.

- Izquierdo y Zeña (2019) en su tesis titulada “Diseño de drenaje pluvial urbano de la zona urbana del distrito de Santa Cruz, Provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, 2017”, tiene como objetivo principal el diseño de la red de drenaje pluvial del distrito de Santa Cruz siguiendo los parámetros del reglamento nacional de edificaciones, en tal sentido concluyó que según los estudios topográficos realizados en el distrito de Santa Cruz obtuvieron como cota máxima 2175.00 m.s.n.m. y como cota más baja 2030.00 m.s.n.m. por lo tanto se llegó al resultado que contaban con una topografía del tipo 2 correspondiendo a un terreno ondulado, así mismo se obtuvo mediante estudio de suelos un terreno conformado por grava, arenas arcillosas y en partes limos de baja plasticidad, un contenido de humedad del suelo correspondiente al 20%, en el diseño hidráulico calculado para el proyecto tiene un caudal total de 3.6226 m³/s.; Así mismo recomienda que tanto los estudios de suelo como los estudios topográficos se debe de realizar con equipos óptimos y calibrados para evitar tomar lecturas erróneas al iniciar el proyecto, las memorias de cálculo de los estudios hidrológicos e hidráulicos deben de corroborarse con algún software con la finalidad de darle mejor valides a los cálculos proyectados. Por tanto, el aporte del antecedente a la investigación es que recomienda hacer un adecuado levantamiento topográfico e identificar la cota máxima, la más baja y la identificación del tipo de topografía de la zona en estudio.
- Benites y Bustamante (2020) en su tesis titulada “Diseño de un sistema de drenaje urbano pluvial en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín – Trujillo - La Libertad”, tiene como objetivo principal calcular el volumen de agua captado por las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín, para así poder calcular

correctamente el diámetro de las tuberías utilizadas en la evacuación de aguas pluviales de dichas avenidas, en tal sentido concluyó que a partir de la implementación del sistema de drenaje pluvial urbano en las avenidas Fátima, Víctor Larco y Húsares de Junín, podrá reducir el impacto que genera el caudal producido por el fenómeno del niño costero también obtuvieron 31 buzones en su diseño final unidos mediante tubería logrando obtener dos sub sistemas, obtuvieron diámetros de tubería que van desde los 0.40 m. hasta 1.20 m.; así mismo recomienda que para la dinámica pluvial urbana se tiene que tomar un tiempo de duración de lluvia más prolongado en el área de estudio debido a que permite disminuir el caudal pico y consecuentemente disminuir el área de tubería a utilizar en el sistema. Por tanto, el aporte del antecedente a la investigación es la toma adecuada de los tiempos máximos de lluvia en toda la cuenca de estudio.

- Salazar (2018) en su tesis titulada “Evaluación del sistema de drenaje pluvial y plan de mejora en la ciudad de Huánuco, 2018” tiene como objetivo principal la evaluación del sistema de drenaje pluvial existente en la ciudad de Huánuco así mismo la propuesta de un plan para su mejoramiento, en tal sentido concluyó que, en el sistema de drenaje actual se ha evidenciado en varios sectores de la ciudad la falta de colectores y sumideros en las principales calles, además se constató la falta de mantenimiento al sistema existente generando malestar a la población debido a los olores que emanan por la acumulación de desechos orgánicos en sumideros aledaños al mercado modelo de dicha ciudad; así mismo recomienda que se debe de colocar sumideros en la intersecciones de vías, especialmente en zonas donde tengan cotas más bajas, con la finalidad de evitar el empozamiento en la vía, además como propuesta técnica recomendaron la implementación de gaviones en la quebrada Independencia debido a que aporta caudal de precipitación a la zona

urbana. Por tanto, el aporte del antecedente a la investigación es la verificación de quebradas que puedan aportar caudal a la zona urbana, de ser el caso evaluar e implementar en el proyecto capturadores de sólidos y disipadores de energía.

- Quintana (2021) en su tesis titulada “Análisis y diseño de drenaje pluvial para A. H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura)” tiene como objetivo principal la realización de un sistema eficiente de drenaje pluvial en el Asentamiento Humano Los Algarrobos etapas I y II como una solución frente a las lluvias estacionales y máximas avenidas en épocas del fenómeno del niño costero, en tal sentido concluyó que el sistema proyectado será conformado por cunetas rectangulares de concreto (10 cm de espesor) en ambos lados de la vía, irán cubiertas con rejilla W-19 de tipo GR-18 electrosoldadas, las medidas de las secciones transversales varían según el caudal que recorre en diferentes tramos; así mismo recomienda que antes de la aplicación y ejecución del proyecto elaborado, se tendrá que pavimentar las vías debido a que en su mayoría están conformadas por arenas, siendo causal que en épocas de lluvia se arenen las cunetas, causando efectos negativos a la infraestructura del sistema de drenaje. Por tanto, el aporte del antecedente a la investigación es la verificación y evaluación de vías sin pavimentar con el fin de evitar que las mismas colmaten a las cunetas con materiales granulares y por consiguiente causar el colapso del sistema de drenaje pluvial.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Consideraciones básicas de diseño y estructuras hidráulicas

2.2.1.1. Consideraciones hidráulicas básicas de diseño

a) Los gastos (caudales) de un sistema de drenaje de aguas de lluvia urbano menor deben ser calculados:

- Mediante método racional: Para el área de cuenca menor o igual a 13 km².

- Mediante método del hidrograma unitario (o Modelo de Simulación): Para el área de cuenca mayor a 13 km².
- b) Para el diseño se considera un periodo de retorno entre 2 a 25 años.
 - c) Si el sistema menor capta cierto caudal, este debe fluir por la calle y/o superficie de terreno.
 - d) La escorrentía superficial a causa de una determinada precipitación producida por una tormenta, está en función de un periodo de retorno.
 - e) Es imprescindible evitar que se genere acumulación de flujo de agua en el área total de la calzada (encharcamiento).

2.2.1.2. Encharcamiento

Debido a las precipitaciones producidas en una determinada área urbana, se produce escorrentía. Las pendientes transversales de las calzadas generan la acumulación de este flujo en los extremos de ellas, causando que la superficie que ocupa el caudal de escurrimiento vaya incrementando, ello ocasiona la invasión parcial o total de la vía. Este fenómeno es denominado encharcamiento y como consecuencia genera dificultad del tránsito vehicular, deterioro de pavimento y sobre todo imposibilita el paso peatonal en zonas con mayor acumulación de agua de lluvia.

Para la determinación de este parámetro, se despeja la ecuación de la amplitud de encharcamiento mostrada a continuación:

$$Q = \frac{0.376}{n} * S_t^{\frac{5}{3}} * \sqrt{S_l} * T^{\frac{8}{3}}$$

Despejando T:

$$T = \left(\frac{Q * n}{0.376 * S_t^{\frac{5}{3}} * \sqrt{S_l}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

T: encharcamiento (m)

Q: escorrentía superficial en cuneta (m³/s)

n: coeficiente de Manning de superficie de cuneta

St: pendiente transversal de la vía (m/m)

Sl: pendiente longitudinal de la vía (m/m)

2.2.1.3. Captación de aguas de lluvia y transporte en aceras y calzadas

La captación de aguas que fluyen sobre calzadas y aceras provenientes de viviendas, se realizan por cunetas, que llevan el agua evacuada hacia zonas más bajas, para luego ser captadas mediante sumideros y trasladadas hacia el sistema de alcantarillado o canales de drenaje pluvial de la ciudad.

Estas estructuras tienen las siguientes secciones transversales de acuerdo a su uso: circular, triangular, trapezoidal, compuesta y en V.

2.2.1.4. Sumideros

Son las estructuras que tienen la finalidad de captar el agua que discurre por cunetas o por la misma vía, generando la mínima interferencia del tráfico vehicular y peatonal. En su composición esta la capacidad de evitar la filtración de elementos o material de arrastre dentro del sistema de drenaje.

Estos elementos pueden poseer o no la capacidad de interceptar la escorrentía total que fluye por una determinada cuneta.

Este tipo de drenes, pueden ser de cuatro tipos:

- a) Tipo S1: del tipo grande, conectado a una cámara o buzóneta de recolección de agua pluvial.
- b) Tipo S2: del tipo que evacua el volumen de agua a la red principal del drenaje pluvial.
- c) Tipo S3: del tipo pequeño y se conecta a la cámara o buzóneta

d) Tipo S4: del tipo pequeño y se conecta a la red principal del drenaje pluvial.

Todos estos se rigen de acuerdo a la eficiencia que brinda de acuerdo a la disposición de la rejilla, velocidad de flujo, caudal y tamaño de la rejilla. Siendo así que el funcionamiento hidráulico del sumidero es contrastable con la eficiencia de captación (E).

Para ello la captación hidráulica de una determinada rejilla se calcula a través de la eficiencia:

$$E = A * \left(\frac{Q}{y}\right)^{-B}$$

Donde:

Q: Caudal que fluye por la calle (l/s)

y: tirante de agua en la calle antes de llegar a rejilla (mm)

A y B: parámetros de ajuste para cada reja

En cuanto a la estimación de estos parámetros (A y B), de acuerdo a Gómez, M. 2007, p. 143, se debe partir de las características geométricas de la rejilla:

$$A = \frac{0.39}{A_g^{-0.35} * p^{-0.13}} * (n_t + 1)^{0.01} * (n_l + 1)^{0.11} * (n_d + 1)^{0.03}$$

$$B = 0.36 * \frac{l_{rejilla}}{b_{rejilla}}$$

Donde:

n_l : número de barras longitudinales en rejilla

n_t : número de barras transversales en rejilla

n_d : número de barras inclinadas

l: longitud de la rejilla (cm)

b: ancho de la rejilla (cm)

A_g : área mínima que abarca todos los huecos (m²)

p: porcentaje de área de huecos (%)

Para el cálculo de “p” se aplica la siguiente relación:

$$p = \frac{A_{huecos}}{A_g} * 100$$

Donde:

A_g : área mínima que abarca todos los huecos (m²)

A_{huecos} : área de espacios vacíos (m²)

2.2.1.5. Buzones

Estructuras de formas cilíndricas, estas poseen como diámetro mínimo 1.20m, en el caso de las buzonetas, y superior a ello, los que harán de colectores principales de las aguas pluviales. En cuanto a la profundidad de ellos este parámetro es variable, ya que se ajusta a la topografía de la zona para brindar una pendiente y con ello el sistema pueda trabajar a gravedad.

Estos elementos son construidos principalmente, debido a que son empleados como zona de transición y convergencia entre dos o más conductos en un sistema de drenaje pluvial y/o alcantarillado. Además, facilitan los trabajos de inspección, limpieza y mantenimiento de los mismos y de los elementos que se intersectan en estas estructuras.

Es necesario cubrirlos, para evitar el ingreso de cualquier elemento extraño al sistema, por lo que se consideran tapas metálicas de 30cm de diámetro con agujeros para asegurar también la correcta ventilación del mismo.

2.2.1.6. Descarga del Sistema

Se considera como tal, en este caso, a la estructura final de un sistema de drenaje pluvial, ubicada en la zona más baja, esta recolecta el mayor porcentaje de precipitación captado por el sistema y lo conduce por gravedad hacia el mar, río o lago. Dentro de las obras de arte a considerar para este tipo de disposiciones tenemos la siguiente:

- Caída Vertical

Es una obra de arte eficaz en el control de pendientes y desniveles, además, su aplicación es necesaria para minimizar la huella de la estructura de caída de agua y con ello evitar la erosión de la zona donde se está descargando el sistema.

Para este tipo de estructuras se recomienda una altura de poza de 0.60m, ya que si se diseña en base a 0.90m, se genera un riesgo de accidentes peatonales, ello debido a que es una estructura sin protección perimetral.

Para el dimensionamiento de esta estructura se emplean las ecuaciones descritas en el Manual “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de Proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico”.

2.2.2. Cuenca hidrográfica

Se define como tal, al área de terreno que recibe ciertas cantidades de agua producto de las precipitaciones, en ella convergen y forman un solo curso de agua. Formando así para cada uno una cuenca definida en cada punto de su recorrido. Ven Te Chow, la define como: “Área natural delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Acuarium) ella capta las precipitaciones, drenando así el agua que forma escorrentía y la conduce a un colector común denominado cauce principal”.

2.2.3. Pendiente de la Cuenca

Es un parámetro físico dentro de las características de la cuenca cuya importancia se refleja en que brinda un índice de la velocidad media de la esorrentía, su poder de arrastre y la erosión sobre la cuenca.

Para su determinación se emplea un método que implica la división entre la diferencia de la cota más alta y más baja de la cuenca, y la longitud horizontal del curso del agua entre esos dos puntos:

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{1000 * L} * 100$$

Donde:

H_M : cota mayor de la cuenca (m)

H_m : cota menor de la cuenca (m)

L: longitud del curso de agua (km)

2.2.4. Características físicas de la cuenca

2.2.4.1. Área de drenaje

Representa la proyección horizontal de este parámetro hidrológico, es la superficie que capta las precipitaciones, teniendo como unidades de medida las hectáreas (ha), si es una cuenca pequeña, y los km² si ella es mayor.

Su estimación puede realizarse mediante diversos métodos, uno de ellos el método del rectángulo equivalente, pero con el gran avance tecnológico y el uso de softwares, esta estimación se facilita.

2.2.4.2. Longitud de cuenca

Este parámetro define la longitud del cauce principal de la cuenca (L), siendo así que abarca desde el desemboque de esta hasta el punto más alto de donde nace dicho curso de agua.

2.2.4.3. Ancho de cuenca

Este parámetro está definido por la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal de esta, su estimación resulta de la división de estos dos parámetros.

$$W = \frac{A}{L}$$

Donde:

W: ancho de microcuenca (m)

A: área (m²)

L: Longitud máxima del cauce

2.2.5. Delimitación de la cuenca

Los límites de una cuenca las conforman las divisorias de aguas, cuya función es la de separar zonas colindantes, las cuales pertenecen a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de la cuenca se rigen por las condiciones geológicas de su zona. Su patrón y densidad de corrientes no depende completamente de la estructura geológica de ella, así como los ríos que drenan su territorio también se deben al relieve de la superficie terrestre, tipo de suelo, clima, vegetación y la acción humana.

2.2.6. Precipitaciones

Es una de las amenazas naturales, que recurrentemente afectan a las zonas urbanas, entre estas destacan las de origen hidrometeorológico, principalmente las precipitaciones intensas de corto tiempo, ellas al combinarse con la dinámica del proceso de ocupación urbana, incrementan las probabilidades de riesgo de desastre por inundación.

La meteorología las define como el conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas generadas en las nubes y debido a que logran un punto de saturación en ellas, se precipitan de una o de un grupo de ellas, llegando a alcanzar la superficie terrestre. Denominando a la cantidad de

precipitación que cae sobre una determinada zona de la superficie terrestre Pluviosidad o Monto Pluviométrico.

Las precipitaciones pueden medirse en términos de altura de agua, estas láminas de lluvia están en (mm). Cuya medición está a cargo de instrumentos climatológicos (pluviómetros y pluviógrafos). La precipitación se muestra en litros por metro cuadrado, lo que ello numéricamente equivale a la altura en milímetros, esto se debe a que 1 litro de agua disperso en 1m² posee un tirante de 1mm, debido a ello se expresa en mm al volumen de agua sobre una determinada superficie.

2.2.7. Hidrograma

Se define como tal, a la representación a nivel gráfico de las variaciones que presenta el caudal de una corriente, ellas con respecto al tiempo y colocadas en orden cronológico.

En el influyen ciertos factores como: la magnitud de la precipitación, duración de la tormenta y algunos parámetros de cuenca, en los que se tiene: área, forma y capacidad de almacenaje, en este último intervienen la topografía, cobertura vegetal, el tipo de suelo, entre otros.

2.2.8. Validación de datos de precipitaciones

La información pluviométrica histórica obtenida de las estaciones meteorológicas de una determinada zona deberá, para su análisis, realizarse una serie de ajustes de datos dudosos, según lo recomendado por el Water Resources Council (1981).

2.2.8.1. Prueba de datos dudosos

Los datos dudosos son puntos que se alejan de la tendencia, de la información restante, definida por la línea media de frecuencia. Su eliminación o inclusión podría afectar significativamente la magnitud de ciertos parámetros estadísticos definidos en la información recopilada, en

especial en muestras pequeñas. Según el Water Resources Council (1981) se considera lo siguiente:

Tabla 01: Parámetros para la consideración de datos dudosos respecto a la Asimetría de Estación

ASIMETRÍA EN ESTACIÓN	CONSIDERAR
> +0.4	Realizar pruebas para hallar datos dudosos altos.
< -0.4	Realizar pruebas para hallar datos dudosos bajos.
+0.4	Realizar pruebas para hallar datos dudosos altos y bajos, previo a proceder con la eliminación de algún dato dudoso del conjunto de datos.

Fuente: Propia

A continuación, se muestran las ecuaciones para hallar los umbrales altos y bajos de datos dudosos:

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y \dots \dots (1)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * S_y \dots \dots (2)$$

Donde:

y_H : Umbral alto de datos dudosos (en unidades logarítmicas).

y_L : Umbral bajo de datos dudosos (en unidades logarítmicas).

K_n : Coeficiente dependiente del tamaño de muestra (cuadro).

\bar{y} : Media aritmética de la muestra (en unidades logarítmicas).

S_y : Desviación estándar de la muestra (en unidades logarítmicas).

Se considera lo siguiente en cuanto a los umbrales, si existen datos de la muestra que superen el umbral y_H , y que se verifique que es el dato máximo sobre un periodo amplio, este se verá retirado del análisis. Mientras que si no hay información histórica útil que pueda compararse con los datos dudosos más elevados, estos se consideran dentro de la

data total, tal como puede ocurrir con aquellos registrados en periodos de fenómeno del niño.

A continuación, se muestran valores de K_n con respecto a “n” (tamaño de muestra) para su remplazo en las ecuaciones (1) y (2):

Tabla 02: Valores “ K_n ” para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”	
“n”	K_n	“n”	K_n	“n”	K_n	“n”	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: Ven Te Chow, 1994, p.416.

Obtenidos los valores de y_H y y_L , en unidades logarítmicas y que corresponden al umbral máximo y mínimo respectivamente, se procede al cálculo de los rangos de la precipitación máxima aceptada P_H y a la precipitación mínima aceptada P_L , aplicando las ecuaciones siguientes:

$$P_H = 10^{y_H}$$

$$P_L = 10^{y_L}$$

En el caso de que algún registro de cierto año este fuera de estos límites, se procede a descartarlo.

2.2.9. Periodo de retorno

Se determina como tal, al intervalo promedio de recurrencia, ubicado entre eventos que se asemejan o superan a una magnitud determinada.

Chow Te (1994) sostiene:

Un evento extremo se da a lugar si el valor de una variable “X” es superior o igual que un cierto nivel x_T ($X \geq x_T$). El intervalo de recurrencia τ es el tiempo entre ocurrencias del evento extremo.

Por ello el periodo de retorno “T” de un evento extremo ($X \geq x_T$), representa el valor esperado de τ para su función $E_{(\tau)}$. Esta se relaciona con la probabilidad de ocurrencia ($p = P(X \geq x_T)$) de dicho evento. Cuya ecuación que representa el valor esperado para τ se muestra a continuación:

$$E_{(\tau)} = \sum_{\tau=1}^{\infty} \tau * (1 - p)^{\tau-1} * p$$

Simplificando la ecuación obtenemos:

$$E_{(\tau)} = \frac{1}{p}$$

Analizando las condiciones, se puede concluir que la probabilidad de la ocurrencia “p” de un evento, sea cual sea la perspectiva, es el contrario de su periodo de retorno:

$$P(X \geq x_T) = \frac{1}{T}$$

Aparicio Francisco (1989) indica:

Existe otra manera de representar la ecuación de la probabilidad de ocurrencia, para ello se tiene que suponer lo siguiente: la frecuencia que se observa en un evento es la misma que la población de frecuencias de dicho evento, ello nos lleva a la siguiente formula:

$$P(X \geq x_T) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

La ecuación presentada, es la que comúnmente se usa en la hidrología. Entonces el periodo de retorno (T) del m-ésimo evento de los "n" eventos registrados, con respecto a las ecuaciones anteriores es:

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

En Donde:

T: Es el periodo de retorno.

n: Es el número de datos registrados.

m: Es el número de orden que representa el dato.

Los periodos de retorno son más usados en la hidrología, en comparación con las probabilidades, puesto que es un término más claro, en cuestión de unidades, son iguales que la vida útil de los diferentes proyectos y se puede realizar una comparación con ellas.

2.2.10. Análisis de frecuencias

El análisis de frecuencia de información hidrológica tiene como objetivo enlazar dos factores: la magnitud de sucesos extremos y la frecuencia de ocurrencia de los mismos a través del uso de

distribuciones de probabilidad. Este tipo de información, que se ve plasmada en los estudios realizados tiene que seleccionarse cuidadosamente, siendo así que, se debe satisfacer con las suposiciones de independencia y de distribución idéntica. Para el desarrollo de proyectos se considera el valor máximo anual, en este caso la precipitación, este valor representará la precipitación máxima registrada durante el transcurso del año, de tal forma que las expectativas de observaciones continuas de esta variable con intervalos de un año sean dependientes.

Para la determinación de la magnitud de eventos extremos, en el caso que las distribuciones de probabilidad no sea una función sencillamente invertible, se necesita saber la modificación de la variable con respecto a la media. Para ello Chow (año de 1951) planteó resolver esta variación, en función de un factor de frecuencia “ K_T ” expuesto de la siguiente manera:

$$X_T = \bar{x} + K_T * S$$

Donde:

X_T : Es la magnitud de un evento extremo.

\bar{x} : Es el promedio de valores de eventos extremos.

K_T : Es el factor de frecuencia.

S : Es la desviación estándar de valores de eventos extremos.

Entonces, el análisis de frecuencia permite definir parámetros de distribuciones de probabilidad y con ello calcular en función del factor de frecuencia de la dimensión de un evento para un determinado periodo de retorno.

2.2.11. Distribuciones de probabilidad

Para el diseño hidrológico hay diferentes distribuciones de probabilidad. Si bien en hidrología los registros disponibles que se considera para ciertas investigaciones o aplicaciones, solo representan una pequeña muestra de la población. Por ello es coherente que se analicen con diferentes distribuciones, para así identificar la que mejor se ajuste.

A continuación, se muestran las distribuciones de probabilidad que se usan con frecuencia para variables hidrológicas:

2.2.11.1. Distribución Normal

De acuerdo a Chow Et al (1994):

Esta distribución nace del Teorema del Límite Central, este establece que, si una secuencia de variables aleatorias X_i son independientes y además están idénticamente distribuidas con media μ y varianza σ^2 , entonces la distribución de la suma de “n” variables aleatorias, $Y = \sum_{i=1}^n X_i$, tiende hacia la distribución normal con media “ $n\mu$ ” y varianza “ $n\sigma^2$ ” a medida que “n” aumenta.

Se tiene como función de densidad de probabilidad la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Siendo:

μ : promedio de datos de precipitaciones (\bar{x})

σ : desviación estándar (S_x)

Cuyo rango es de $-\infty \leq x \leq \infty$.

Si se define la variable normal estándar “z” con la ecuación siguiente, la función anterior se puede simplificar:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Para la determinación del factor de frecuencia “KT”, esta ecuación es la misma.

$$K_T = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Cuyo factor pertenece a una probabilidad de excedencia “p”.

$$p = \frac{1}{T}$$

La variable normal estándar se puede aproximar con error menor a “0.00045” para la siguiente ecuación:

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 1.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

Cuando $0 < p \leq 0.5$:

- “w” se determina con la siguiente ecuación:

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}$$

- Si $p > 0.5$, z asume un signo negativo y “w” se calcula con:

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{1-p^2}\right) \right]^{1/2}$$

2.2.11.2. Distribución Log Normal

Estando la variable aleatoria $Y = \log X$ normalmente distribuida, se asume entonces que X se encuentra bajo una distribución Lognormal. Esta es usada mayormente para la estimación de valores extremos, tal como: caudales máximos y mínimos, precipitaciones máximas y mínimas.

Esta distribución tiene la ventaja que $X > 0$, además, la transformación Log decrece la asimetría positiva, debido a que, al aplicar logaritmos a los datos, los valores más altos son los que se

reducen en mayor proporción comparado con aquellos valores bajos.

Su uso contempla solo dos parámetros, ocupando así, que los logaritmos de las variables se centren en la media.

Se tiene como función de densidad de probabilidad la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$$
$$y = \log x$$

Siendo:

μ_y : Promedio del logaritmo de los datos de precipitaciones (\bar{y}).

σ_y : Desviación estándar del logaritmo de los datos de precipitaciones (S_y)

Para el factor de frecuencia en esta distribución se trabajará en el campo transformado:

- Campo transformado: se trabaja con la desviación estándar y la media de los logaritmos de los valores máximos anuales de la información hidrológica.

$$\ln(X_{Tr}) = \bar{y} + K * S_y$$

En donde:

$$X_{Tr} = 10^{(\bar{y}+K*S_y)}$$

Siendo K el factor de frecuencia de la distribución normal " K_T " para el periodo de retorno " Tr " dado, " \bar{y} " valor promedio y " S_y " la desviación estándar de los logaritmos.

2.2.11.3. Distribución Gumbel o Extrema Tipo I

Este tipo de distribuciones pertenece a un grupo de distribuciones empleado en el análisis de frecuencia hidrológico y cuya distribución general abarca valores extremos. Su uso se generaliza para la representación del comportamiento de crecientes y sequias (valores máximos y mínimos).

Se tiene como función de densidad de probabilidad la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} * \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

Siendo α y β parámetros de distribución, y cuyo cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$$

$$\beta = \bar{x} - 0.5772 \alpha$$

Donde “S” y “ \bar{x} ” son la desviación estándar y la media de la muestra respectivamente.

La siguiente ecuación determina el factor de frecuencia K_T para esta distribución:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{T_r}{T_r - 1}\right)\right]\right\}$$

Esta ecuación puede trabajar con el periodo de retorno “Tr” o con la probabilidad de excedencia u ocurrencia “p”, remplazando en la ecuación, se tendría:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-p}\right)\right]\right\}$$

2.2.11.4. Distribución Gamma de tres parámetros o Pearson Tipo III

Esta distribución es una de las más empleadas en el campo de la hidrología. esto debido a que las variables hidrológicas en su mayoría son sesgadas. La función también es denominada también “Gamma de Tres Parámetros” es empleada para el ajuste de distribuciones de frecuencias de variables como crecientes máximas por año, precipitaciones extremas, volúmenes de lluvias para periodos corto y volúmenes de flujo estacionales y por año.

Cabe señalar que se usó para describir la distribución de probabilidad de valores picos de crecientes máximos anuales. Si la información es muy asimétrica positivamente, se emplea una transformación logarítmica para así aminorar la asimetría.

La función que representa esta distribución se presenta a continuación:

$$f(x) = \frac{1}{|\beta|\Gamma(\alpha)} * \left(\frac{x - x_0}{\beta}\right)^{\alpha-1} * \exp\left(-\frac{x-x_0}{\beta}\right)$$

Cumpliendo lo siguiente:

$$x_0 \leq x < \alpha \text{ cuando } x > 0$$

$$\alpha < x \leq x_0 \text{ cuando } x < 0$$

Cuyos parámetros de forma y escala son α y β respectivamente, x_0 representa al parámetro de localización y $\Gamma(\alpha)$ es la función Gamma .A continuación, se muestran las ecuaciones para determinar los parámetros de esta distribución:

$$\alpha = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$$

$$\beta = S * \frac{C_s}{2}$$

$$x_0 = \bar{x} - \alpha * \beta$$

Donde:

C_s : Es el coeficiente de asimetría

\bar{x} : Es la media de la muestra

S: Es la desviación estándar de la muestra

El factor de frecuencia de la distribución de Pearson Tipo III cumple con la ecuación:

$$K_T = z + (z^2 - 1) * \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} * (z^3 - 6z) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^3 + z * \left(\frac{C_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} * \left(\frac{C_s}{6}\right)^5$$

Donde:

z: Variable normal estandarizada

El valor del factor de frecuencia está tabulado con respecto al valor de C_s , el cual fue calculado con la muestra.

2.2.11.5. Distribución Log Pearson Tipo III

La distribución cumple la condición: si Log X se rige a una distribución Pearson Tipo III, por lo que X sigue la distribución Log Pearson Tipo III. Este modelo es usado ampliamente para el análisis de frecuencia de caudales máximos. Su función y sus ecuaciones son trabajadas de igual forma que la distribución anterior, con la diferencia que \bar{y} y S_y son la media y la desviación estándar de los logaritmos de los valores representados por la variable X.

La ecuación de la función de densidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{x * |\beta| \Gamma(\alpha)} * \left(\frac{\ln(x) - y_0}{\beta}\right)^{\alpha-1} * \exp\left(-\frac{\ln(x) - y_0}{\beta}\right)$$

Donde:

$$y_0 \leq y < \alpha \text{ cuando } x > 0$$

$$\alpha \leq y \leq y_0 \text{ cuando } x < 0$$

Cuyos parámetros de forma y escala son α y β respectivamente, y y_0 representa al parámetro de localización.

$$\alpha = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$$

$$\beta = S_y * \frac{C_s}{2}$$

$$y_0 = \bar{y} - \alpha * \beta$$

Donde:

C_s : Coeficiente de asimetría.

\bar{y} : Media los logaritmos de la muestra.

S_y : Desviación estándar de los logaritmos de la muestra.

El factor de frecuencia de la distribución de Log Pearson Tipo III cumple con la ecuación:

$$K_T = z + (z^2 - 1) * \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} * (z^3 - 6z) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^3 + z * \left(\frac{C_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} * \left(\frac{C_s}{6}\right)^5$$

$$\ln(X_{Tr}) = \bar{y} + K_T * S_y$$

Donde:

z : variable normal estandarizada

El valor del factor de frecuencia está tabulado con respecto al valor de C_s , el cual fue calculado con la muestra.

2.2.12. Ajustes de distribuciones

Si se requiere modelar caudales máximos, entonces las distribuciones Gumbel, Log Gumbel y Log Normal, deben ser consideradas. La selección de la más óptima debe seguir las siguientes consideraciones:

- Si en una serie histórica se presentan “datos dudosos u outliers” se debe corroborar la sensibilidad de ese ajuste por la presencia de estos.
- No hay certeza sobre cuál de las distribuciones tenga mejor ajuste para las variables hidrológicas. Por ello Kite (1988) y Mamdouh (1993) recomiendan seleccionar uno de los ajustes a criterio del modelador haciendo uso de la prueba de ajuste gráfico, el cual se basa en la conducta de las pruebas estadísticas en este caso, de bondad de ajuste, tales como Chi cuadrado o Smirnov Kolmogorov. Estos tipos de ajustes hallan un estimador y lo comparan con cierto valor tabulado, con ello se determina si la distribución se ajusta a la información histórica o no.

2.2.12.1. Prueba de Smirnov Kolmogorov

Su metodología está basado en el comparativo entre el estadístico D_n , cuya expresión se basa en el valor máximo absoluto de la diferencia de la Probabilidad estimada $F(x_m)$ y Observada $F_o(x_m)$, en cuanto al valor crítico D_α , para este último se requiere recurrir a tablas, las que trabajan en función de α y n , nivel de significancia y número de datos respectivamente, Tabla 03.

$$D_n = \max|F_o(x_m) - F(x_m)|$$

Siendo la ecuación que se usa para la estimación de la probabilidad observada la siguiente:

$$F_o(x_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Cuyos valores representan al número de datos “n” y el número de orden “m” que le corresponde al dato x_m , en una relación ubicados de mayor a menor.

Para la estimación del valor crítico D_α se presenta la tabla antes mencionada:

Tabla 03: Valores críticos D_α en prueba de bondad de ajuste: Smirnov Kolmogorov

Tamaño de la Muestra (n)	Nivel de Significancia		
	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22\sqrt{n}$	$1.36\sqrt{n}$	$1.63\sqrt{n}$

Fuente: Aparicio, 1989, Fundamentos de Hidrología de Superficie, p.289.

Cabe señalar que si D_n llegase a ser mayor que D_α , entonces se debe descartar la distribución elegida.

2.2.13. Tormenta de Diseño

La tormenta de diseño indica un patrón de precipitación el cual es definido para su posterior uso dentro del diseño de un sistema hidrológico. Ella conforma regularmente los parámetros definidos al ingreso del sistema, siendo así que los caudales que resultan se calculan mediante métodos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Su estimación puede estar en función de un dato de profundidad de precipitación en un determinado punto, haciendo uso

de un hietograma de diseño, en el que indique la distribución temporal de la precipitación mientras acontezca una tormenta.

2.2.13.1. Intensidad, Duración y Frecuencia de una Precipitación

- **La intensidad** se puede considerar como la tasa temporal de la precipitación, en otras palabras, se define como la profundidad por unidad de tiempo, cuyas unidades de medida pueden ser mm/h o pulg/h. Esta se clasifica de dos formas de acuerdo a la duración de la lluvia: intensidad instantánea e intensidad promedio. Generalmente se suele usar esta última, y queda expresada mediante:

$$i = \frac{P}{T_d}$$

En donde:

P: Profundidad de lluvia (en pulg o mm)

T_d : Duración (en horas)

- **La frecuencia:** puede expresarse en función del periodo de retorno "T", el cual representa al espacio de tiempo promedio dado entre sucesos de lluvia, los que pueden exceder o igualar la magnitud con la que se está diseñado.
- **La duración:** de las precipitaciones se establece entre dos puntos: desde que empieza a llover hasta su fin, de acuerdo al tiempo que se tome se las puede clasificar como corta o larga.

Entonces para determinar la intensidad de una precipitación es necesario saber la duración de ella, debido a que existe una relación inversa entre ellas.

2.2.13.2. Método de Frederich Bell

Este método facilita el cálculo de la precipitación máxima relacionado, tanto con un periodo de retorno como la duración de

una tormenta, partiendo de una precipitación de 60 minutos de duración para un periodo de retorno de 10 años. La ecuación planteada por Bell es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 * \log_e T + 0.52)(0.54 * t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10}$$

Donde:

t: duración de precipitación (minutos)

T: periodo de retorno (años)

P_t^T : precipitación caída en t minutos para T años de periodo de retorno (mm)

P_{60}^{10} : precipitación caída en 60 minutos para 10 años de periodo de retorno (mm)

Este modelo solo aplica para precipitaciones con duraciones (t) que van desde los 5 hasta los 120 minutos, y periodos de retorno (T) entre los 2 y 100 años.

La precipitación P_{60}^{10} , se estima a partir del modelo planteado por Yance Tueros, obteniendo así una precipitación máxima horaria partiendo de una precipitación máxima de 24 horas.

$$P_{60}^{10} = a * (P_{24})^b$$

Donde:

P_{60}^{10} : precipitación caída en 60 minutos para 10 años de periodo de retorno (mm)

a, b: parámetros del modelo Yance Tueros, considerados para la estación Huangacocha

$$a=0.4602$$

$$b=0.876$$

P_{24} : Precipitación máxima registrada en 24 horas (mm)

Cabe recalcar que dicha precipitación base dada por Yance Tueros (P_{60}^{10}) se estima a partir de una precipitación máxima en 24 horas de duración 60 minutos en un periodo de retorno de 10 años, en función a esta se calcularán las demás precipitaciones máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno.

2.2.13.3. Curvas Intensidad Duración Frecuencia

En el desarrollo de proyectos de diseño hidrológico, tales como los diseños de drenajes urbanos, como primer paso se debe considerar la determinación de los eventos de lluvia a usarse. Para ello, comúnmente se debe emplear una tormenta de diseño o evento que relacione la intensidad (o profundidad), duración y frecuencia (o periodo de retorno) de la precipitación.

Para la determinación de estas curvas, se suele usar con mayor frecuencia la intensidad instantánea o promedio en base a la duración de la precipitación. En tal caso es necesario contar con registros pluviográficos de la zona donde se está elaborando el proyecto, y con ello elegir la precipitación que presente mayor intensidad en cada año.

Su estimación se ha determinado indirectamente siguiendo la relación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC 2008).

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I: intensidad máxima (mm/h)

K, m y n: parámetros que definen la zona.

T: periodo de retorno (años)

t: duración de precipitación (min)

Los parámetros conocidos en este modelo como k, m y n se obtienen mediante regresión múltiple y tras el despeje de la ecuación descrita anteriormente, como se muestra a continuación:

$$\log I = \log K + m * \log T - n * \log t$$

Lo cual equivale a la siguiente expresión:

$$y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2$$

Donde:

$$y = \log(I) \quad a_0 = \log(K)$$

$$X_1 = \log(T) \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log(t) \quad a_2 = -n$$

Se obtiene la ecuación para el trazado de las Curvas IDF mediante el método de Bell.

$$I = \frac{10^K * T^m}{t^n}$$

2.2.14. Hietograma de precipitación de diseño

2.2.14.1. Método del Bloque Alterno

Desarrolla de una forma sencilla un hietograma de diseño, para ello hace uso de la curva IDF (Intensidad – Duración - Frecuencia). El producto de este método precisa la profundidad de precipitación ocurrida en “n” intervalos de tiempo consecutivos, cuya duración (Δt) va ligada a una duración total:

$$T_d = n * \Delta t$$

Posterior a la selección del periodo de retorno de diseño, se determina la intensidad, esta se obtiene de su lectura en una curva IDF, para cada duración: Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, ..., en cuanto a la profundidad de precipitación, se obtiene del producto de la intensidad y la duración. Calculando las

diferencias entre valores continuos de profundidad de precipitación, se halla la cantidad que esta debe sumarse por cada unidad adicional de tiempo Δt . Los incrementos o bloques, son reordenados en una secuencia temporal, de tal forma que la máxima intensidad se ubica en el medio de la duración solicitada T_d , dejando así a los bloques restantes en un orden descendente y alternados de derecha a izquierda, teniendo como referencia el bloque central, formando así el hietograma de diseño con el este método.

2.2.15. Modelo de Infiltración

2.2.15.1. Método de Número de Curva del SCS

Este método fue desarrollado por el SCS (Servicio de Conservación de Suelos) basándose en un modelo empírico, el cual determina el umbral de esorrentía (P_o), mediante un número hidrológico o como el nombre del método, un número de curva (CN), el cual es agregado de la cuenca. Este número asume valores, los cuales van desde 0 a 100, cercanos a 0 indican superficies muy permeables mientras que los que se acercan a 100 denotan una superficie impermeable, esto de acuerdo a la capacidad de la cuenca de producir esorrentía superficial. Además, de estimar la infiltración, este método toma en cuenta también pérdidas netas dejando de lado la evaporación real.

El método descrito se rige bajo ciertas propiedades, estas generan esorrentía en la cuenca, a continuación, se las describe:

- Tipo hidrológico de suelo.
- Uso de la tierra y tratamiento.
- Condición previa de humedad.

Cabe recalcar que este método se desarrolló en base a registros pluviométricos y de esorrentía en 24 horas, por ello la variación temporal de esorrentía no se ha considerado de manera explícita.

La ecuación de la que parte este método es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Q: representa a la escorrentía directa o precipitación efectiva (pulg)

P: Precipitación considerada (pulg)

S: representa la diferencia potencial máxima entre P y Q, en el momento en que inicia la tormenta, representando así de manera proporcional la pérdida de escorrentía por tres factores: infiltración, intercepción y almacenamiento superficial.

Por otro lado, la variable "S" es expresada en función de la variable CN (Número de Curva), quedando la ecuación representada así:

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Donde:

S: representa la diferencia potencial máxima entre P y Q, en el momento en que inicia la tormenta, representando así de manera proporcional la pérdida de escorrentía por tres factores: infiltración, intercepción y almacenamiento superficial (mm)

CN: Número de Curva

Para este tipo de estudios el suelo se clasifica en cuatro grupos hidrológicos: A, B, C y D. El grupo A posee un potencial de escurrimiento mínimo, por otro lado, los del grupo D, tienen un potencial de escurrimiento alto.

Para la determinación del Número de Curva es necesario la clasificación de la leyenda geológica en grupos hidrológicos del suelo, a continuación, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 04: Grupos Hidrológicos del Suelo

Grupo Hidrológico del Suelo	Infiltración en estado Muy Húmedo	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa Arenosa-limosa Franca
B	Moderada	Capacidad de Infiltración 76-38 mm/h	Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de Infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de Infiltración < 13 mm/h	Arcillosa

Fuente: SCS, 1964.

En la siguiente tabla se muestran valores de Número de curva (CN) para varios tipos de uso de suelo, ello debido a que una cuenca puede presentar diferentes usos de suelo.

Tabla 05: Números de Curva de Escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub-urbana y urbana

Descripción del uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada:				

Sin tratamientos de conservación		72	81	88	91
Con tratamientos de conservación		62	71	78	81
Pastizales:					
Condiciones pobres		68	79	86	89
Condiciones óptimas		39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques: Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.		45	66	77	83
cubierta buena		25	55	70	77
Áreas abiertas: Césped, parques, campos de golf, cementerios, etc					
Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más.		39	61	74	80
Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%.		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeable)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial:					
Tamaño promedio de lote	Porcentaje promedio impermeable				
0.05 ha o menos	65	77	85	90	92
0.10 ha	38	61	75	83	87
0.13 ha	30	57	72	81	86
0.20 ha	25	54	70	80	85
0.40 ha	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentadas con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89

Fuente: Ven Te Chow, 1994, Hidrología Aplicada, p.154.

2.2.16. Modelo de simulación EPA SWMM 5.1

El modelo de simulación de SWMM se clasifica como modelo de planeación. Estos modelos se utilizan para estudios generales de

planeación de problemas de aguas lluvias, usualmente en un espacio relativamente grande y durante periodos relativamente largos. La cantidad del agua lluvia y su calidad se trata en forma bastante aproximada, solamente considerando la conservación de la masa del agua y de los contaminantes sin considerar la dinámica de su movimiento a través del sistema. (Chow et al., 1994 p.531).

Según Rossman (2015):

El Storm Water Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía.

El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores.

2.2.16.1. Parámetros de componentes considerados por el Software

En áreas de Drenaje

a. Coeficiente n de Manning

Este parámetro dentro del programa se presenta dos veces, el primero indica un coeficiente “n” para las superficies impermeables (porción de suelo cubierta por losas, techos u otro material), y el segundo para las permeables (áreas que se encuentran en estado natural o ya por defecto alteradas), este valor se toma de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 06: N de Manning para escorrentía superficial

Superficie	n
Asfalto liso	0.011
Concreto liso	0.012
Revestimiento de concreto liso	0.013
Madera pulida	0.014
Ladrillo con mortero de cemento	0.014
Arcilla vitrificada	0.015
Fundición de hierro	0.015
Tuberías de acero corrugado	0.024
Superficie de escombrera	0.024
Terreno improductivo (sin residuos)	0.05
Terreno cultivado	
Área cubierta de residuos <20%	0.06
Área cubierta de residuos >20%	0.17
Pasto natural	0.13
Hierba	
Corta (pradera)	0.15
Densa	0.24
Grama fina	0.41
Bosque	
Con presencia ligera de arbustos	0.40
Con presencia densa de arbustos	0.80

Fuente: Rossman, Schade y Sullivan, 2005, SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales: Manual de usuario, p. 140

b. Volumen de almacenamiento en depresión

Este parámetro indica el volumen, en mm, de suelo que debe llenar la lluvia antes de que se forme la escorrentía superficial. Para ello se tiene la siguiente tabla que brinda valores de acuerdo a la cobertura de suelo con el que se está trabajando:

Tabla 07: Valores estándar de volumen de almacenamiento en depresión

Característica	Profundidad de almacenamiento (mm)
Superficie impermeable	1.25 – 2.5
Césped y hierba	2.5 – 5.0
Pastos y prados	≈ 5
Lecho forestal	≈ 7.5

Fuente: Rossman, Schade y Sullivan, 2005, SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales: Manual de usuario, p. 140

c. Pendiente

Indica la pendiente media de la cuenca, tomada desde la cota más alta hasta la más baja, representada en %.

d. Ancho de cuenca

Este valor se calcula teniendo en consideración dos parámetros, la longitud de cuenca y su área. Generando así, una relación inversa, área entre longitud.

e. Flujo entre sub-áreas

Debido a la baja probabilidad de conocer la dirección del flujo de transporte hidráulico interno entre las áreas permeables e impermeables, el software propone simular un análisis sobre este parámetro, con la finalidad de evaluar el cómo influye en los resultados. Este, parte de las tres posibilidades de ocurrencia:

- La escorrentía parte de un área permeable a una impermeable (IMPERV)
- La escorrentía parte de un área impermeable a una permeable (PERV)
- La escorrentía de ambas áreas aporta directamente a la descarga (OUTLET)

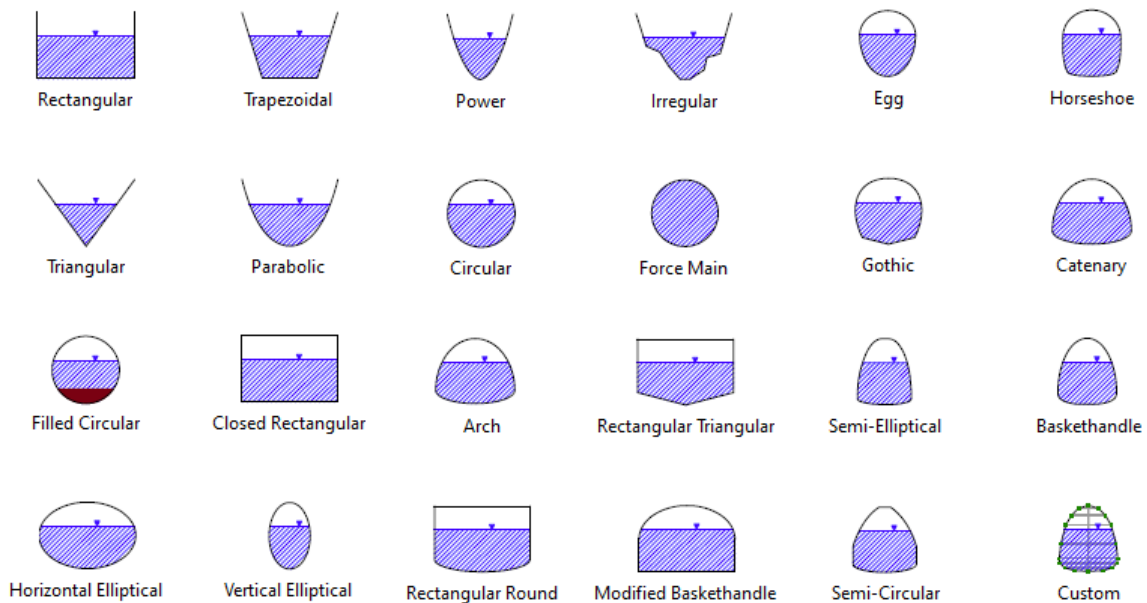
Optando por el sentido de flujo OUTLET.

En conductos

a. Sección

Según la naturaleza y los parámetros considerados en el planteamiento del proyecto, el programa nos brinda cierta cantidad de secciones, abiertas y cerradas, para los conductos.

Figura 01: Secciones transversales brindados por el software



Fuente: propia

b. Coeficiente n de Manning

De acuerdo al tipo de sección escogida, estos son construidos con diferentes materiales, por lo que el programa brinda ciertos coeficientes de rugosidad que dependen del material de construcción del elemento.

Tabla 08: Coeficiente “n” de Manning para flujo en conductos cerrados

Material del conducto	n
Fibro cemento	0.011 – 0.015
Ladrillo	0.013 – 0.017

Fundición revestida de cemento con junta recubierta	0.011 – 0.015
Concreto	
Terminado Liso	0.012 – 0.014
Terminado basto	0.015 – 0.017
Tubo de concreto	0.011 – 0.015
Metal corrugado (1/2" x 2 2/3")	
Sin revestimiento interno	0.022 – 0.026
Solera recubierta	0.018 – 0.022
Revestido de asfalto centrifugado	0.011 – 0.015
Tubería plástica lisa	0.011 – 0.015
Cerámica vitrificada (gres)	
Tubo de gres	0.011 – 0.015
Revestida por placas	0.013 – 0.017

Fuente: Rossman, Schade y Sullivan, 2005, SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales: Manual de usuario, p. 141

Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o a la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

2.3. Marco conceptual

- **Sistema de drenaje pluvial:** Definido así a un conjunto de sistemas de tuberías, instalaciones y colectores que complementan una red colectora de aguas provenientes de las precipitaciones pluviales, permitiendo su vertido y con ello evitar perjuicios y/o generar riesgos a los habitantes y sus viviendas, las industrias, entre otras zonas que perjudiquen a la población.

- **Drenaje urbano menor:** Considerado un sistema de alcantarillado pluvial, su función es evacuar las aguas provocadas por las lluvias con frecuencia de 2 a 10 años.
- **Drenaje urbano mayor:** Este sistema evacua aguas de lluvia cuyo caudal generado no es frecuente, funcionando así en conjunto con el sistema de drenaje urbano menor y las pistas cuya delimitación está a partir de sardineles formando con ello canales de evacuación.
- **Precipitación Pluvial:** Son aquellas partículas de agua líquida, la que cae de forma libre debido a la gravedad. A ellas se les denomina gotas de agua y se precipitan desde las nubes ubicados en la troposfera, llegando así hasta la superficie del suelo.
- **Escorrentía Pluvial:** Es el exceso de agua no absorbida por el suelo posterior a un evento meteorológico, cuya formación de cursos de agua discurren sobre las superficies.
- **Infiltración:** Denominado así al proceso de absorción, por parte del suelo, de la masa de agua ubicada sobre el área terrestre.
- **Caudal:** Es la masa de agua que discurre en una determinada superficie en un tiempo determinado.
- **Hidrograma:** En términos hidrológicos se define como tal a la variación del caudal representada gráficamente en función del tiempo para un determinado punto dentro de una cuenca hidrográfica.
- **Cuenca hidrográfica:** Está considerada como un sistema, una unidad hidrológica y geográfica, cuya formación parte de un río principal y su área abarca desde el origen del mismo hasta su desembocadura.
- **Inundación:** Evento producido por la invasión por parte del agua en zonas o regiones en las que la presencia de este elemento es inusual.
- **Cuneta:** Se le considera así a la estructura descubierta de carácter hidráulico, situada de forma longitudinal a los bordes de las calzadas, cuya función es la de captar el agua producida por las lluvias y evacuarla.

- **Sumidero:** Estructura cuya función es captar el volumen de agua producido por las precipitaciones pluviales. Su ubicación urbano frecuente es un punto antes de las esquinas, para así captar el agua antes de llegar al cruce peatonal.
- **SWMM 5.0 EPA:** Software dinámico que permite simular precipitaciones y escorrentía, puede ser usado en dos condiciones: para un único acontecimiento o para la continua simulación en un periodo amplio.

2.4. Sistema de hipótesis

2.4.1. Variables e indicadores

- **Variable Categórica:**
Diseño de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huamachuco.

2.4.2. Operacionalización de las variables

Tabla 09: Matriz de Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional.	Dimensiones.	Indicadores.	Instrumentos.
Diseño de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huamachuco.	Los drenajes pluviales son tuberías subterráneas que se usan para conducir el agua pluvial de manera segura y oportuna desde las áreas desarrolladas hasta los cuerpos naturales de agua, como corrientes y lagos. (Gribbin, 2017)	El presente proyecto hidrológico e hidráulico se orienta al manejo racional del agua de lluvia que se precipita sobre el área urbana de la ciudad de Huamachuco; recolectando, transportando y evacuando la acumulación de aguas pluviales mediante alcantarillado pluvial con dimensiones adecuadas. Se hace uso de la Norma de drenaje pluvial urbano: CE 040	Evaluación	Registros de inundaciones en el área urbana de Huamachuco.	Historial de reportes de inundaciones acontecidas.
			Levantamiento topográfico.	Planimetría 1:500 a 1:1000 curvas de nivel (m) equidistantes 0.5m ó 1.0 m Perfiles longitudinales 1:10 (km, m) Secciones transversales 1:100 Granulometría.	TRIMBLE GPS R8s
			Estudio de mecánica de suelos.	Límites de Consistencia. Capacidad Portante del Terreno. Área de drenaje (km ²)	Tamices. Horno de secado. Copa de Casagrande.
			Estudio hidrológico.	Periodo de concentración (hr) Precipitaciones efectivas (mm) Descarga de diseño (m ³ /s)	Norma CE.040 Software SWMM
			Estudio hidráulico.	Velocidad (m/s) Tirante (m) Pendiente (m/m) Diseño de estructuras de recolección (m).	Norma CE.040 Software SWMM
			Diseño del drenaje pluvial	Diseño de alcantarillas (m). Diseño de estructura de evacuación (m).	Norma CE.040

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo Descriptivo, esto se debe a que la obtención de los resultados y conclusiones, están basados tanto en la observación e identificación de sucesos que se manifiestan dentro de la unidad de análisis, ello permite establecer generalizaciones y comparaciones idóneas para obtener resultados reales.

3.1.2. Nivel de investigación

Este Proyecto comprende un nivel de Investigación, de acuerdo a su finalidad, Aplicada puesto que, se propone un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huamachuco, con lo que se estarán mitigando problemas relacionados con la inundación en las zonas más críticas de esta zona.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población:

Volumen de agua que se precipita en el Área Urbana de la Ciudad de Huamachuco.

3.2.2. Muestra:

Volumen de agua pluvial que discurre por las vías del área urbana de la ciudad de Huamachuco.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado es del tipo descriptiva, puesto que la variable usada, es la consecuencia del proceso de observación y toma de datos en la zona de estudio. Con ello se compatibilizan los valores obtenidos y se emplean en el desarrollo del diseño de drenaje pluvial urbano.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Los planos topográficos fueron obtenidos de la Municipalidad Provincial de Huamachuco, ellos corresponden al proyecto de agua potable que se estuvo ejecutando durante el periodo 2020 y 2021.

En cuanto a los datos para análisis hidrológico y cálculos hidráulicos, ellos fueron obtenidos del SENAMHI, para su posterior procesamiento en los softwares: Excel 2016 e Hidroesta 2.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos y su procesamiento utilizaremos los siguientes recursos:

- Ms. Excel: En la realización de hojas de cálculo.
- Hidroesta 2: estimación de los D_n máximo para las diferentes distribuciones de probabilidad considerados en este proyecto.
- AutoCAD: Para el dibujo del levantamiento topográfico además del dibujo del sistema proyectado.
- Civil 3D: Para el modelamiento tridimensional, además graficas longitudinales y transversales del sistema de drenaje proyectado.
- SWMM: modelamiento y análisis hidráulico del sistema de drenaje proyectado.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

4.1.1. Evaluación del sistema de drenaje pluvial existente

4.1.1.1. Planteamiento de la problemática

La ciudad de Huamachuco presenta fuertes precipitaciones durante su periodo de lluvias, el cual abarca desde noviembre hasta el mes de abril. Siendo la máxima precipitación registrada de 57.6 mm en 24 horas en el año 1999, excediendo así el parámetro estipulado en la Norma Técnica CE 040, esta señala que, si se registran valores de precipitación mayores

a 10mm en 24 horas, es necesario la implementación de un sistema de drenaje pluvial.

4.1.1.2. Identificación de la brecha

De acuerdo a las precipitaciones registradas en la ciudad de Huamachuco, esta cuenta con un sistema de drenaje pluvial, evidenciado en toda la ciudad con la presencia de cunetas, canales y estructuras de descarga de aguas.

Figura 02: Cuneta del Jr. Alfonso Ugarte durante lluvia



Fuente: propia

El sistema existente ha quedado obsoleto debido al mayor porcentaje de impermeabilidad en la zona de estudio y como consecuencia se aprecia mayor escorrentía superficial, tal y como se observa en la siguiente imagen.

Figura 03: Inundación de Jr. San Román durante lluvia intensa



Fuente: propia

Como se puede apreciar en las figuras, el sistema de recolección de agua de origen pluvial, ya ha colapsado, puesto que no solo capta la escorrentía de las calles, a ello se le suma la aportación de las viviendas, cuyo sistema de evacuación de las aguas de lluvia van a dar a las calles, generando así encharcamientos en puntos críticos como son las intersecciones.

Figura 04: Encharcamiento en intersección de los Jirones Bolognesi y Alfonso Ugarte



Fuente: propia

4.1.1.3. Deficiencias en sistema de drenaje pluvial existente

Si bien el sistema actual de drenaje pluvial dejó de cumplir con su función de captar las aguas de lluvia y conducir las por cunetas, canales y alcantarillado, se presentan otros factores como la falta de mantenimiento de estas estructuras y la obstrucción de las mismas por acumulación de materiales de construcción y basura que se sedimentan y generan encharcamientos a nivel de calzada.

Figura 05: Material de construcción obstruye flujo de agua en Jr. San Román



Fuente: propia

4.1.2. Estudio topográfico

La información para este estudio, fue brindada por la Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión, dicha entidad extrajo este estudio del proyecto en ejecución “MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD”. Esta data cuenta con información topográfica variada como, por ejemplo: ubicación de canales, ríos, pantanos, lotización, calles, postes de alumbrado eléctrico y de telefonía. Empleando solamente la lotización, ubicación de canales y curvas topográficas. Ver Anexo 01.

4.1.3. Estudio Hidrológico

4.1.3.1. Finalidad del Estudio

Dicho estudio se realiza con la finalidad de la hallar los parámetros hidrológicos necesarios para el diseño del sistema de drenaje pluvial.

4.1.3.2. Obtención de datos

Los datos obtenidos para el desarrollo del estudio partieron de los siguientes parámetros:

- Data de precipitaciones máximas de la estación Huangacocha.
- Plano catastral y topográfico de la ciudad de Huamachuco.

4.1.3.3. Periodo de retorno

De acuerdo a la Normativa Peruana (Norma OS. 060) que regía hasta el año 2020, recomienda el uso de un periodo de diseño de 25 años, para el caso de un sistema de drenaje urbano mayor. Considerando las precipitaciones que se presentan en la ciudad de Huamachuco se optó por el uso de este criterio.

4.1.3.4. Precipitación máxima de diseño

Los datos de precipitaciones fueron extraídos de la estación Huangacocha, ubicada en el distrito de Huamachuco a 3770 msnm, cuya Latitud y Longitud son 07°56'15" Sur y 78°04'05" Oeste respectivamente. Con la información de 32 años de registros obtenida de esta estación (1990-2019), se pudo hallar la precipitación máxima de diseño. A continuación, se muestra el Cuadro 01 con los datos de las precipitaciones máximas mensuales registradas por dicha estación:

Cuadro 01: Precipitaciones máximas diarias mensuales de la estación Huangacocha

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1990	10.9	15.2	32.4	26.4	9.1	10.1	7.3	4.7	13.9	15.9	23.1	15.7
1991	19.7	20	18.5	23.4	0	4.2	0	0	0	15.8	23.6	13.4
1992	26.4	21.7	19.1	11.2	15.8	7.5	0	0	4.1	12.6	9.5	4.5
1993	16.3	21.6	18	13.1	17	0	0	0	10.8	15	35	47
1994	23	29	33	28	18	10	0.3	1	9	5.2	9	5.6
1995	3	5	23.1	25.5	11.4	8.4	6.2	7.1	6.2	8.4	48.6	26
1996	23.4	25.2	23.7	18	9.8	15.2	0	1.8	3.2	20.4	9.3	11.9
1997	16.3	14	7.1	6.8	16.5	6.2	0	4.8	15.3	18.8	23.9	19.1
1998	22.8	35.3	26.9	25.5	14.3	6.6	0	4.7	17.8	31.4	30.8	15.8
1999	38.3	57.6	30.6	11.9	22.3	14.9	2.6	1.3	22.3	12.4	18.8	20.8
2000	30.2	35	19.8	13.9	12.4	6.6	0.7	4.5	6.5	17.6	16.2	25.4
2001	28.2	22.7	24.4	14.7	17.1	3.5	16.6	0	15	15.9	34.8	31.2
2002	15.9	24.1	28	21.3	18.5	5.7	5.31	0	27.2	21.4	39.6	23.5
2003	16.8	17.8	20	20.8	11.1	5.2	9.1	2	29.1	15.4	29.4	31.6
2004	24.2	16.3	12.8	32.3	10	3.7	16.8	5.3	19.6	25.1	15.1	27.7
2005	18.7	26.5	26.8	10.5	6.9	5.2	0	7.5	11.6	26.5	9.5	18.2
2006	20	24.8	25.8	16.9	26.6	14.9	12.9	8.1	5.6	24.9	29.8	24.1
2007	20.3	15	27	25.3	14.4	1.4	11.9	4.4	13.9	30.9	15.8	27.6
2008	21.2	24.7	22.6	30.6	7.7	10.6	3.7	6.7	14.5	14.6	22.6	13.4
2009	23.8	16.7	27.6	19.5	10.6	13.8	11.5	3.6	5.5	25.8	26.3	13.2
2010	11	37.6	23.8	18.7	10.3	3.7	4	2	15	17.7	30	16.6
2011	18.1	23.7	29.1	34.8	6.5	2.3	6.5	2.7	12.1	16	39.5	23.5
2012	28.2	27.3	28.3	22	9.2	13.1	0	17.6	8.3	19.4	26.7	19.8
2013	19.7	45.3	32.9	21.8	9.3	3.9	10.5	7.3	5	23	10.3	23.1
2014	21.6	49.3	32.9	28.1	13.7	6.1	14.8	0	20.2	15.2	16	28.8
2015	21.4	25.5	37.3	13.5	11.5	7.3	4.4	2.6	9.3	13.5	19.6	19.2
2016	19	19.4	23.9	38.1	6	7.8	1.5	4.2	8.4	17.5	7.8	24.2
2017	24.2	21.5	30.2	20	16.2	8.7	1.8	10.4	6.1	17.4	14.5	39.5
2018	24.8	29.1	21.2	25.8	16.5	1.1	0	0	13.5	23.1	18.2	23.2
2019	16.9	27.5	27.9	25.2	13.6	6.8	7.5	0	17.3	16.3	18.7	24.8
2020	21.5	15.5	39.9	10.5	15.3	15.3	11.4	7.5	16.1	9.9	22.5	26.4
2021	20.0	27.5	29.8	18.3	6.1	6.4	3.7	13.8	15.3	25.0	23.6	24.6

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=la-libertad&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Para continuar con el procesamiento de datos brindados por la estación, es necesario el análisis de estos mediante la Prueba de datos dudosos (Método Water Resources Council), dicho método, descrito anteriormente, trabaja con el tamaño de muestra (n), con un coeficiente (K_n) que se extrae de la Tabla 02, con los logaritmos de las precipitaciones máximas diarias anuales y desviación estándar (s) y media (\bar{x}) de estas precipitaciones.

Cuadro 02: Precipitaciones máximas diarias anuales

Año	P24 anual (mm)	Log (P24 anual)
1990	32.4	1.5105
1991	23.6	1.3729
1992	26.4	1.4216
1993	47.0	1.6721
1994	33.0	1.5185
1995	48.6	1.6866
1996	25.2	1.4014
1997	23.9	1.3784
1998	35.3	1.5478
1999	57.6	1.7604
2000	35.0	1.5441
2001	34.8	1.5416
2002	39.6	1.5977
2003	31.6	1.4997
2004	32.3	1.5092
2005	26.8	1.4281
2006	29.8	1.4742
2007	30.9	1.4900

2008	30.6	1.4857
2009	27.6	1.4409
2010	37.6	1.5752
2011	39.5	1.5966
2012	28.3	1.4518
2013	45.3	1.6561
2014	49.3	1.6928
2015	37.3	1.5717
2016	38.1	1.5809
2017	39.5	1.5966
2018	29.1	1.4639
2019	27.9	1.4456
2020	39.9	1.6010
2021	29.8	1.4742

Fuente: propia

Cuadro 03: Parámetros para la obtención de umbrales

n	32
K_n	2.591
\bar{x}	1.5309
s	0.0966

Fuente: propia

Aplicando las ecuaciones descritas en el marco teórico para la obtención de los umbrales, se tiene como resultado:

Cuadro 04: Rangos máximo y mínimo de precipitaciones de la muestra

P_H	60.42mm
P_L	19.08mm

Fuente: propia

De acuerdo a los datos del Cuadro 02 y 04, se observa que los valores de precipitación están dentro de las precipitaciones máximas y mínimas aceptables, por lo que no es necesario la exclusión de los registros máximos de ningún año.

El procesamiento de los datos brindados por el Senamhi necesitará de un modelo de distribución de datos estadísticos, teniendo en cuenta que solo uno se ajusta a la distribución de la información brindada. Para ello se emplearon hojas de cálculo en el software Excel y se determinaron los D_n (estadísticos de Kolmogorov) para todas las distribuciones aplicadas:

Cuadro 05: D_n máximos de distribuciones de probabilidad

Distribución	Dn
Normal	0.1027
Log Normal	0.0682
Pearson Tipo III	0.0514
Log Pearson Tipo III	0.0494
Gumbel o Extrema Tipo I	0.0498

Fuente: propia

Los datos descritos en el Cuadro 05 nos indica el modelo de distribución que mejor se ajusta, Log-Pearson Tipo III, de acuerdo a los datos brindados por la estación, teniendo el estadístico más bajo. Así mismo, siguiendo los parámetros establecidos por la prueba de bondad de ajuste (Método Kolmogorov) se observa que para una muestra de 32 datos (n) y un grado de significancia para datos hidrológicos de 0.05 se tiene un D_α de 0.23 interpolando de acuerdo al tamaño de muestra (Tabla 03). Cumpliendo con la condición de que $D_n < D_\alpha$ para que dicho modelo no sea descartado. El desarrollo del método se detalla en el Anexo 02.

Para la distribución seleccionada (Log-Pearson Tipo III) los parámetros obtenidos en el cálculo de la precipitación máxima son los siguientes:

Cuadro 06: Parámetros estadísticos para distribución de probabilidad

\bar{y}	1.531
s_y	0.097
C_s	0.074

Fuente: propia

Cuadro 07: Parámetros de distribución Log-Pearson Tipo III

α	20.253
β	0.049
x_0	2.524

Fuente: propia

El cálculo del factor de frecuencia K_T se hizo con la siguiente ecuación:

$$K_T = z + (z^2 - 1) * \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} * (z^3 - 6z) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^3 + z * \left(\frac{C_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} * \left(\frac{C_s}{6}\right)^5$$

Este factor se analizó para los diferentes periodos de retorno considerados (2, 3, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años). A continuación, se muestran los datos obtenidos:

Cuadro 08: Factores de frecuencia de periodos de retorno considerados

Periodo de Retorno "T" (años)	K_T
2	-0.0737
3	0.3662

5	0.8120
10	1.3187
20	1.7606
25	1.8934
50	2.2842
100	2.6489

Fuente: propia

Obtenidos dichos factores para cada periodo de retorno descrito, se procede al cálculo de la precipitación máxima para los distintos periodos de retorno considerados empleando la siguiente ecuación:

$$X_T = \bar{y} + K_T * S_y$$

Cuya media (\bar{y}) y desviación estándar (S_y) son obtenidas de las precipitaciones máximas diarias anuales aplicando logaritmo a cada dato, ver Cuadro 06 , tal y como se usó para la estimación de los umbrales.

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de precipitaciones para una duración de 24 horas:

Cuadro 09: Precipitaciones máximas de periodos de retorno considerados

T (años)	K_T	X_T	10^{X_T}
2	-0.0737	1.5238	33.4
3	0.3662	1.5662	36.8
5	0.8120	1.6093	40.7
10	1.3187	1.6583	45.5
20	1.7606	1.7009	50.2
25	1.8934	1.7138	51.7

50	2.2842	1.7515	56.4
100	2.6489	1.7867	61.2

Fuente: propia

Debido a que los valores X_T se encuentran en unidades logarítmicas, es necesario convertir los datos a números naturales por ello se aplicó elevo a la potencia cada X_T con base 10.

De acuerdo a lo considerado en la Normativa Peruana, para sistemas de drenaje pluvial mayores, se considera un periodo de retorno de 25 años, por lo que la precipitación máxima, para una duración de 24 horas, correspondiente a este es de 51.7 mm.

Los datos obtenidos por las estaciones convencionales no siempre brindan valores máximos verdaderos para el periodo deseado, esto debido a que los datos de precipitación son tomados en horas de observación fijas. Por ello la OMM (Organización Mundial de Meteorología) brinda un factor de corrección de un 13% adicional al valor de precipitación máxima de 24 horas, reduciendo así la incertidumbre de la información brindada por dicha estación.

Cuadro 10: Precipitaciones máximas esperadas corregidas

T (años)	10^{X_T}	$P_{max} = 10^{X_T} * 1.13$
2	33.4	37.7
3	36.8	41.6
5	40.7	46.0
10	45.5	51.4
20	50.2	56.8
25	51.7	58.5
50	56.4	63.8
100	61.2	69.2

Fuente: propia

Con ello se obtiene un valor de precipitación máxima de 24 horas para un periodo de retorno de 25 años corregido de 58.5mm.

4.1.3.5. Curvas IDF

Para la obtención de las Curvas IDF y el Hietograma de Diseño, se empleó el método de Frederich Bell, este se encuentra en función del modelo de Yance Tueros, el cual calcula una precipitación (P_{60}^{10}) basándose en otra máxima de 24 horas cuya duración de 60 minutos y 10 años de periodo de retorno sirven de base para el cálculo de precipitaciones máximas. Se presenta la ecuación:

$$P_{60}^{10} = 0.4602 * (P_{24})^{0.876}$$

Cuadro 11: Precipitación P_{60}^{10}

TR (años)	Ppt. Máx 24 horas (mm)	Duración (minutos)
		60
10	51.44	14.52mm

Fuente: propia

Calculada la precipitación P_{60}^{10} se pueden estimar las precipitaciones máximas restantes, para diferentes duraciones y periodos de retorno, con la ecuación presentada en este método.

$$P_t^T = (0.21 * \log_e T + 0.52)(0.54 * t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10}$$

Cuadro 12: Precipitaciones máximas (mm) de duración (5-60) min y Tr (2-100) años

TR años	Ppt. Máx. 24 Horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
100	69.15	6.64	9.94	12.15	13.86	16.50	21.66

50	63.77	5.99	8.97	10.96	12.51	14.88	19.54
25	58.46	5.34	7.99	9.77	11.15	13.27	17.42
20	56.76	5.13	7.68	9.39	10.71	12.75	16.74
10	51.44	4.48	6.71	8.20	9.36	11.13	14.52
5	45.96	3.83	5.74	7.01	8.00	9.52	12.50
2	37.74	2.97	4.45	5.44	6.21	7.38	9.69

Fuente: propia

Obtenidas dichas precipitaciones, se procede al cálculo de las intensidades máximas, calculadas con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{P}{T_d}$$

Para el cálculo de ellas, es necesario tener los valores con unidades de mm/hora, las precipitaciones máximas fueron calculadas con respecto a una duración de 60 minutos de acuerdo al método de Bell, por lo que es necesario aplicar un factor de conversión para cada intensidad calculada con la ecuación antes descrita. Se presenta entonces la siguiente tabla con las intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno:

Cuadro 13: Intensidades máximas (mm/hora)

TR años	Duración (minutos)					
	5	10	15	20	30	60
100	79.7	59.6	48.6	41.6	33	21.7
50	71.9	53.8	43.9	37.5	29.8	19.5
25	64.1	48	39.1	33.5	26.5	17.4
20	61.6	46.1	37.6	32.1	25.5	16.7
10	53.8	40.3	32.8	28.1	22.3	14.5
5	46	34.4	28	24	19	12.5
2	35.7	26.7	21.8	18.6	14.8	9.7

Fuente: propia

Obtenidos dichos valores y, de acuerdo a lo descrito en el marco teórico, para la estimación de las Curvas IDF y el Hietograma de diseño, se procede a la aplicación de una regresión múltiple para cada intensidad, duración y periodo de retorno (Cuadro 13), y así estimar los valores n, m y k usado en la ecuación ya mencionada.

$$I = \frac{10^K * T^m}{t^n}$$

Cuadro 14: Regresión múltiple para estimación de parámetros de ecuación

Parámetro		n	m	k
Regresión Múltiple		-0.5274	0.2036	1.9041
Variables de Ecuación		Y	X1	X2
		Log I	Log T	Log t
TR (años)	Duración (min)			
T	t			
100		1.901	2.000	0.699
50		1.857	1.699	0.699
25		1.807	1.398	0.699
20	5	1.790	1.301	0.699
10		1.731	1.000	0.699
5		1.663	0.699	0.699
2		1.553	0.301	0.699
100		1.775	2.000	1.000
50		1.731	1.699	1.000
25		1.681	1.398	1.000
20	10	1.664	1.301	1.000
10		1.605	1.000	1.000
5		1.537	0.699	1.000
2		1.427	0.301	1.000

100		1.687	2.000	1.176
50		1.642	1.699	1.176
25		1.592	1.398	1.176
20	15	1.575	1.301	1.176
10		1.516	1.000	1.176
5		1.447	0.699	1.176
2		1.338	0.301	1.176
100		1.619	2.000	1.301
50		1.574	1.699	1.301
25		1.525	1.398	1.301
20	20	1.507	1.301	1.301
10		1.449	1.000	1.301
5		1.380	0.699	1.301
2		1.270	0.301	1.301
100		1.519	2.000	1.477
50		1.474	1.699	1.477
25		1.423	1.398	1.477
20	30	1.407	1.301	1.477
10		1.348	1.000	1.477
5		1.279	0.699	1.477
2		1.170	0.301	1.477
100		1.336	2.000	1.778
50		1.290	1.699	1.778
25		1.241	1.398	1.778
20	60	1.223	1.301	1.778
10		1.161	1.000	1.778
5		1.097	0.699	1.778
2		0.987	0.301	1.778

Fuente: propia

Reemplazando los valores, se tiene como resultado la ecuación para la obtención de las Curvas IDF:

$$I = \frac{10^{1.90} * T^{0.20}}{t^{0.53}}$$

Esta ecuación permite la obtención de valores para graficar Curvas IDF para periodos de retorno, que van desde los 2 hasta 100 años (método de Bell). El siguiente cuadro muestra los datos calculados con dicha fórmula para obtener dichas curvas:

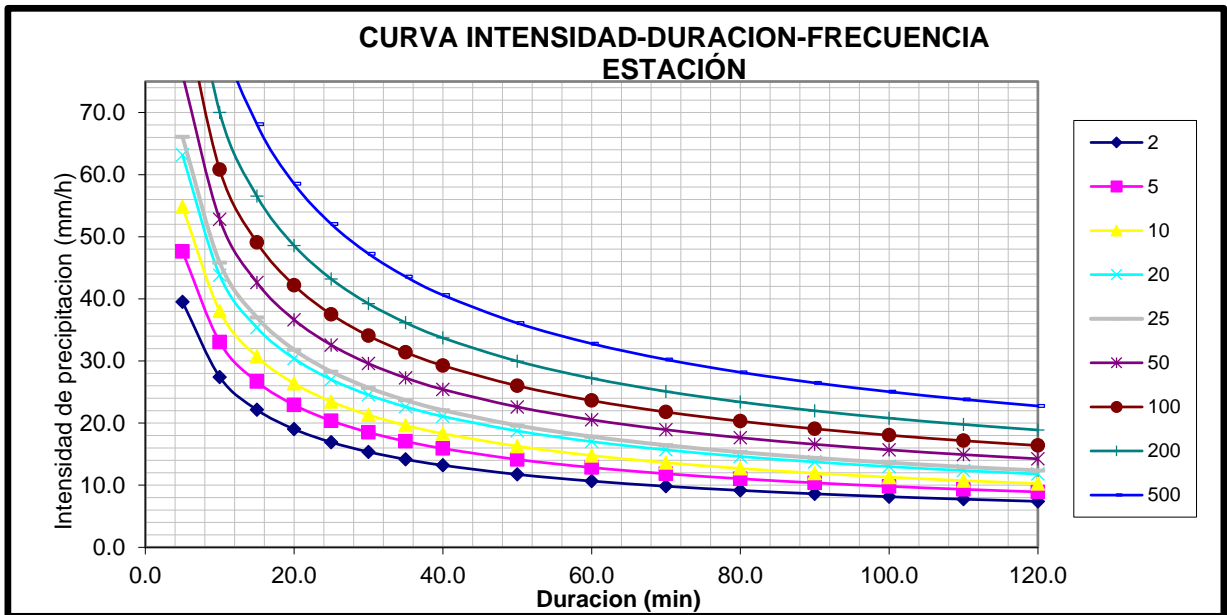
Cuadro 15: Valores para graficar Curvas IDF

Duración		PERÍODO DE RETORNO (años)						
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100
0.08	5.00	39.51	47.62	54.84	63.15	66.09	76.10	87.64
0.17	10.00	27.41	33.04	38.04	43.81	45.85	52.80	60.81
0.25	15.00	22.13	26.68	30.72	35.38	37.02	42.63	49.10
0.33	20.00	19.02	22.92	26.40	30.40	31.81	36.63	42.19
0.42	25.00	16.91	20.38	23.46	27.02	28.28	32.56	37.50
0.50	30.00	15.36	18.51	21.31	24.54	25.69	29.58	34.06
0.58	35.00	14.16	17.06	19.65	22.63	23.68	27.27	31.40
0.67	40.00	13.19	15.90	18.31	21.09	22.07	25.42	29.27
0.83	50.00	11.73	14.14	16.28	18.75	19.62	22.59	26.02
1.00	60.00	10.65	12.84	14.79	17.03	17.82	20.52	23.63
1.17	70.00	9.82	11.84	13.63	15.70	16.43	18.92	21.79
1.33	80.00	9.15	11.03	12.71	14.63	15.31	17.63	20.31
1.50	90.00	8.60	10.37	11.94	13.75	14.39	16.57	19.08
1.67	100.00	8.14	9.81	11.29	13.01	13.61	15.67	18.05
1.83	110.00	7.74	9.33	10.74	12.37	12.94	14.91	17.17
2.00	120.00	7.39	8.91	10.26	11.81	12.36	14.24	16.40

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los datos presentados (Cuadro 15), se grafican las Curvas IDF para duraciones de 5 a 120 min y periodos de retorno de 2 a 100 años.

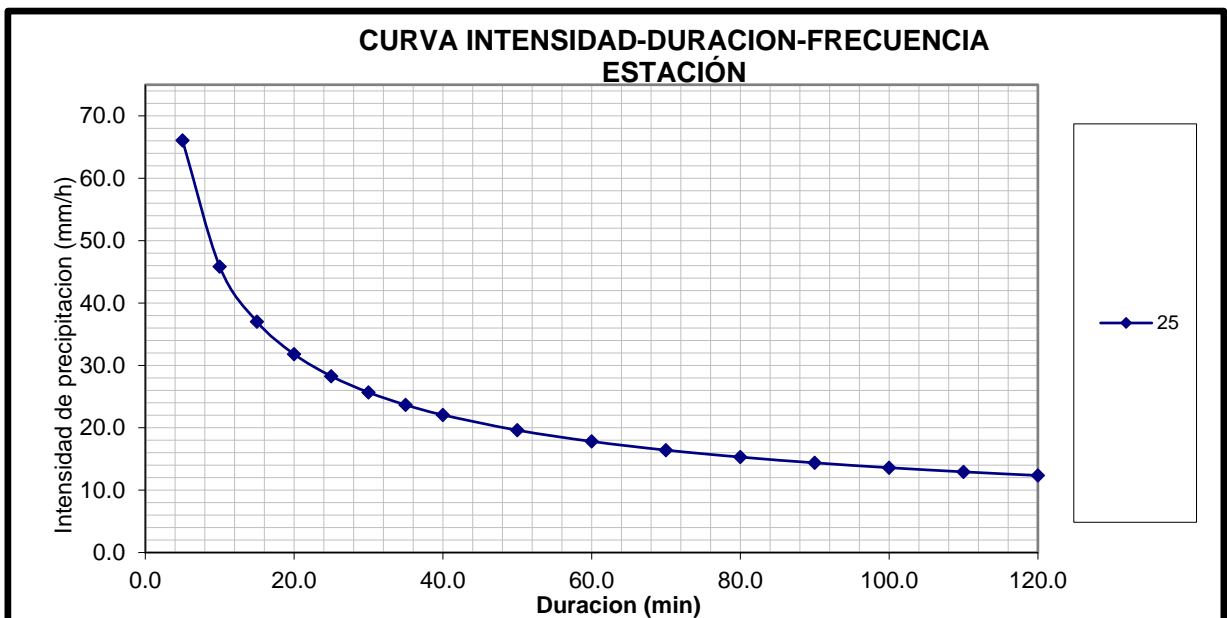
Gráfico 01: Curvas IDF (TR 2-100 años y Duración 5-120 min)



Fuente: propia

Para esta investigación se debe diseñar con un periodo de retorno de 25 años, a continuación, se muestra la Curva IDF para el periodo mencionado:

Gráfico 02: Curva IDF (TR 25 años)



Fuente: propia

4.1.3.6. Hietograma de diseño

El Hietograma de diseño se obtuvo mediante el Método del Bloque Alternativo, descrito en el marco teórico. Para ello se empleó la ecuación usada en el cálculo de valores para el gráfico de las Curvas IDF. Obteniendo así el siguiente cuadro:

Cuadro 16: Datos para aplicación del Método del Bloque Alternativo

Método del bloque alternativo					
Duración	Intensidad	Profundidad acumulada	Profundidad incremental	Tiempo	Precipitación
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
5	66.086	5.507	5.507	0-5	0.49
10	45.849	7.642	2.134	5-10	0.52
15	37.022	9.255	1.614	10-15	0.54
20	31.810	10.603	1.348	15-20	0.58
25	28.278	11.782	1.179	20-25	0.61
30	25.685	12.843	1.060	25-30	0.66
35	23.680	13.813	0.970	30-35	0.72
40	22.069	14.713	0.900	35-40	0.79
45	20.740	15.555	0.842	40-45	0.90
50	19.619	16.349	0.794	45-50	1.06
55	18.657	17.102	0.753	50-55	1.35
60	17.820	17.820	0.718	55-60	2.13
65	17.083	18.507	0.687	60-65	5.51
70	16.429	19.167	0.660	65-70	1.61
75	15.842	19.802	0.635	70-75	1.18
80	15.311	20.415	0.613	75-80	0.97
85	14.830	21.008	0.593	80-85	0.84
90	14.389	21.584	0.575	85-90	0.75
95	13.985	22.142	0.559	90-95	0.69

100	13.611	22.686	0.543	95-100	0.64
105	13.266	23.215	0.529	100-105	0.59
110	12.944	23.731	0.516	105-110	0.56
115	12.644	24.234	0.504	110-115	0.53
120	12.363	24.727	0.492	115-120	0.50

Fuente: propia

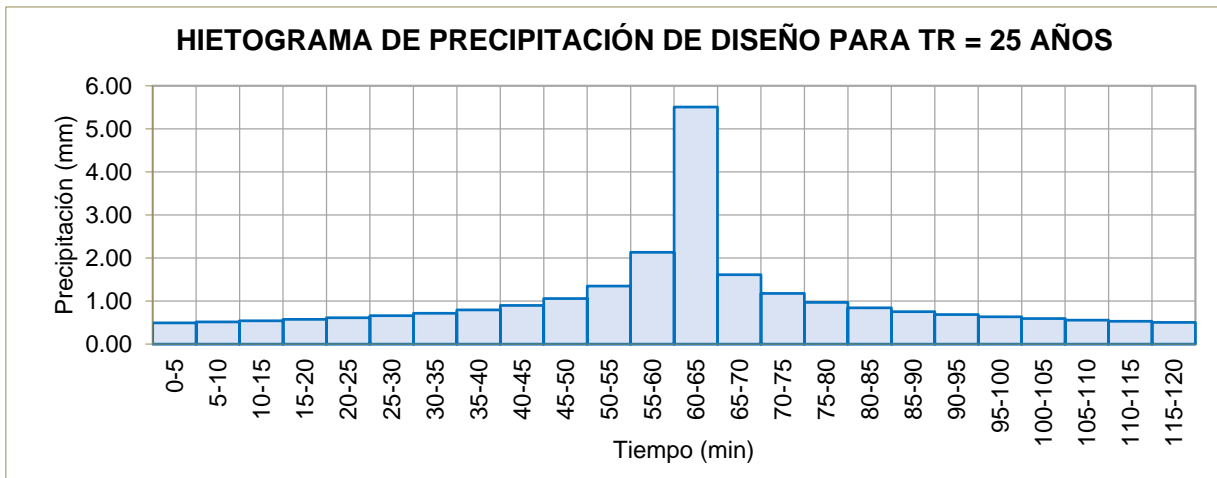
El cuadro presentado se obtuvo de la aplicación de la fórmula:

$$I = \frac{10^{1.90 * T^{0.20}}}{t^{0.53}}$$

Calculando la intensidad con un periodo de retorno de T=25 (años) para todas las duraciones (t=5-120 min).

Con ello se obtuvo el hietograma presentado a continuación:

Gráfico 03: Hietograma de Diseño

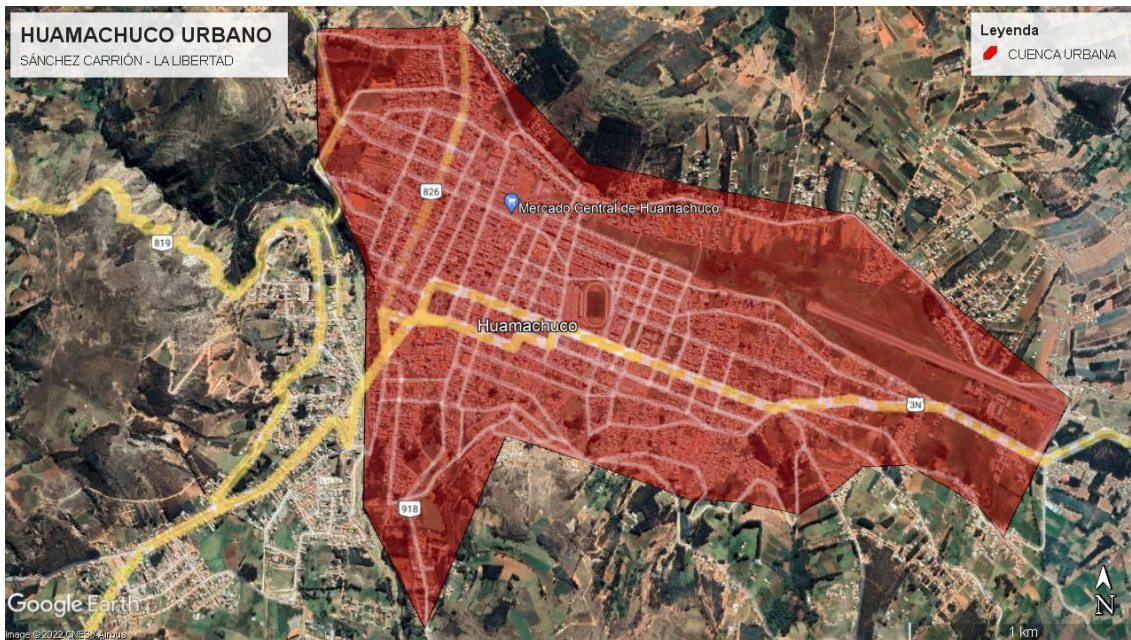


Fuente: propia

4.1.3.7. Cuenca de estudio

De acuerdo al flujo de la escorrentía durante los periodos de lluvia, la cuenca urbana en estudio (Ciudad de Huamachuco), perteneciente a la cuenca Crisnejas, se dividió en varias microcuencas (ver Anexo 08), a continuación, se muestra la cuenca urbana de la zona del proyecto:

Figura 06: Cuenca urbana de estudio



Fuente: Propia

Fuente: Google Earth Pro, 2020

4.1.4. Estudio de Mecánica de Suelos

Para la obtención de estos datos, se contó con el aporte de información del Laboratorio de Suelos Terraslab EIRL, puesto que esta empresa ha elaborado distintos ensayos y estudios para los diferentes proyectos viales de la ciudad de Huamachuco en los últimos años. Los ensayos considerados para este proyecto son: Granulometría, Límites de Consistencia y Contenido de Humedad, ello facilitó la asignación del Número de Curva a cada sub-cuenca urbana de acuerdo al modelo de infiltración optado. Se puede evidenciar en el Anexo 04 y 05.

4.2. Modelamiento del Sistema en Software SWMM EPA 5.0

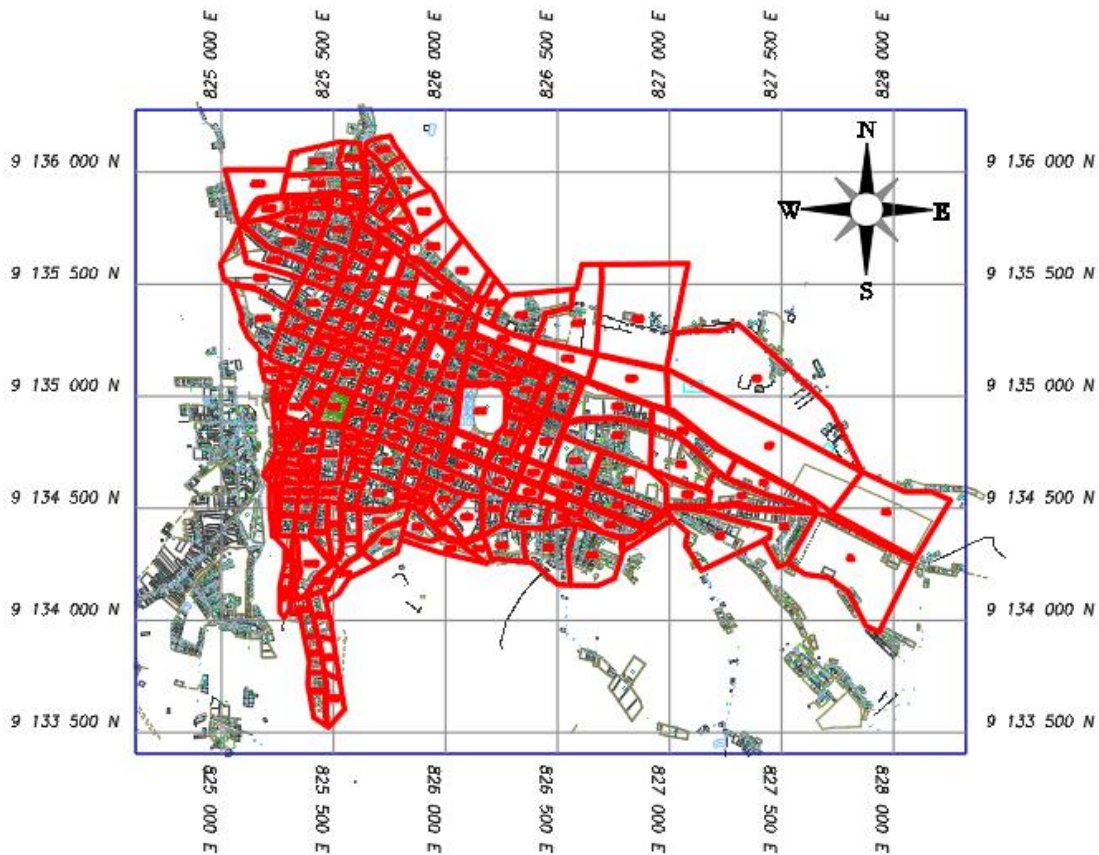
4.2.1. Sistema de drenaje pluvial propuesto

Este sistema se diseñó con el Software EPA SWMM 5.1, a continuación, se presentan los resultados del modelamiento, el cual se detalla en el Anexo 06.

4.2.1.1. Demarcación de áreas tributarias

La cuenca urbana de la zona de estudio, Huamachuco urbano, por cuestión de diseño se dividió en 185 microcuencas gracias al Software AutoCAD Civil 3D, con este se pudo obtener también sus áreas de drenaje, teniendo una suma total de la cuenca urbana de 193.65 ha. Las características físicas de estas se detallan en el Anexo 03.

Figura 07: Áreas tributarias del proyecto



Fuente: propia

4.2.1.2. Ingreso de datos por defecto

Debido a la cantidad de datos por ingresar para el modelamiento en el software SWMM, este simplifica este proceso, configurando ciertos valores y propiedades del programa como la codificación de los componentes, propiedades de la cuenca y secciones a usar en los conductos, por lo que se definen ciertos valores por defecto.

Figura 08: Etiquetas de componentes por defecto

Object	ID Prefix
Rain Gages	LLUVIA
Subcatchments	S
Junctions	N
Outfalls	D
Dividers	V
Storage Units	DEP
Conduits	C
Pumps	EB
Regulators	REG
ID Increment	1

Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

Fuente: propia

Figura 09: Características de áreas tributarias por defecto

The screenshot shows the 'Project Defaults' dialog box with the 'Nodes/Links' tab selected. The dialog contains a table with the following data:

Property	Default Value
Area	5
Width	500
% Slope	.25
% Imperv	80
N-Imperv	0.012
N-Perv	0.20
Dstore-Imperv	0
Dstore-Perv	1.8
%Zero-Imperv	100
Infiltration Model	CURVE_NUMBER

Below the table, there is a checked checkbox labeled 'Save as defaults for all new projects' and three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: propia

Figura 10: Características de nodos y conductos por defecto

The screenshot shows the 'Project Defaults' dialog box with the 'Nodes/Links' tab selected. The dialog contains a table with the following data:

Option	Default Value
Node Invert	0
Node Max. Depth	0
Node Poned Area	0
Conduit Length	400
Conduit Geometry	RECT_CLOSED
Conduit Roughness	0.013
Flow Units	LPS
Link Offsets	ELEVATION
Routing Method	Dynamic Wave
Force Main Equation	Hazen-Williams

Below the table, there is a checked checkbox labeled 'Save as defaults for all new projects' and three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: propia

4.2.1.3. Trazado de componentes

El modelamiento en el ya mencionado software requiere del trazado de ciertos componentes tales como: las áreas tributarias y sus puntos de descarga, nodos, conductos e información de la precipitación de diseño. Siendo ello solo referencial y para guardar una relación con la distribución catastral de la ciudad. Los valores y características que luego se le asignen a cada componente serán con los que se modelará el sistema, tal y como se detalla en el Anexo 03.

Figura 11: Componentes del modelamiento de drenaje pluvial urbano



Fuente: propia

4.2.1.4. Modelo de infiltración

El Software en uso, tiene dentro de su algoritmo la facultad de estimar la infiltración de las precipitaciones dentro de las áreas permeables de las cuencas consideradas en el trazado, con la condición de que el

suelo no debe tener condiciones de saturación, el modelo a usar en esta investigación es el siguiente:

➤ Método del Número de Curva del SCS

Este método nos permite calcular el escurrimiento medio usando la cantidad de precipitación y la retención máxima potencial, ello mediante el uso de valores de curvas numéricas (Tabla 05). Además, toma en cuenta pérdidas netas dejando de lado la evaporación real.

El método descrito se rige bajo ciertas propiedades que generan escorrentía en la cuenca, a continuación, se las describe:

- Tipo hidrológico de suelo.
- Uso de la tierra y tratamiento.
- Condición previa de humedad.

4.2.1.5. Modelo de simulación

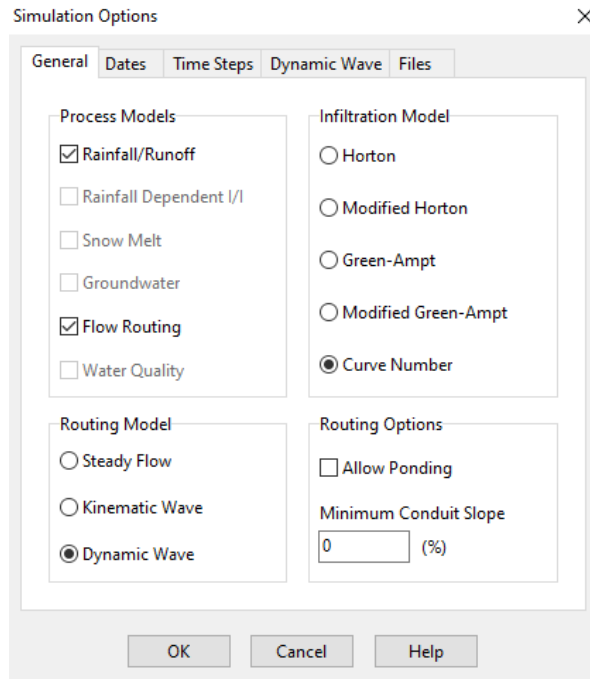
El algoritmo del programa trabaja con tres métodos que corren la simulación hidráulica de drenaje, estos son el modelo de la onda cinemática, flujo uniforme y onda dinámica.

De acuerdo a los cambios de caudal y tirante presente en los conductos y nodos del sistema propuesto, resueltos mediante el análisis de las ecuaciones unidimensionales de Saint Venant, se opta por trabajar con el modelo de la onda dinámica.

4.2.2. Opciones de simulación

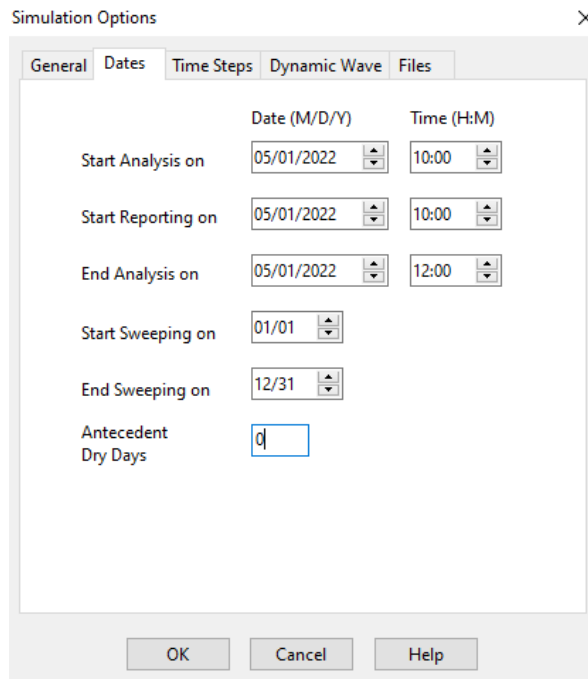
Previamente a correr el diseño modelado en el programa, este requiere configurar algunas opciones, las que van a condicionar al software para su análisis.

Figura 12: Apartado “General”



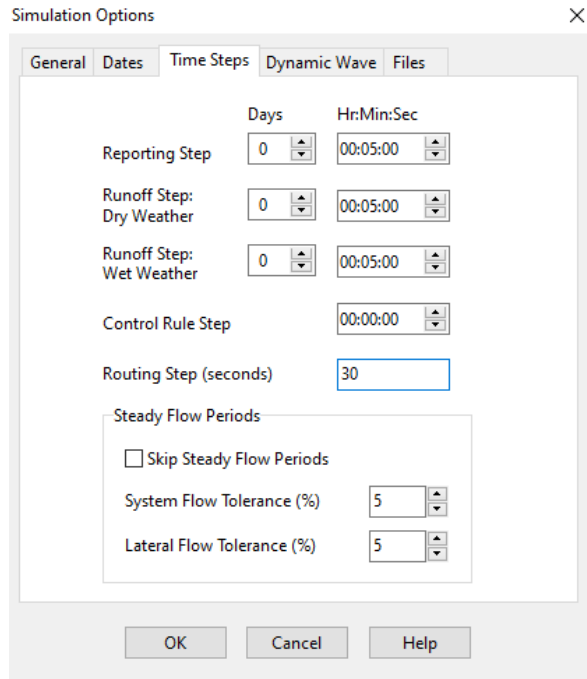
Fuente: propia

Figura 13: Apartado “Dates”



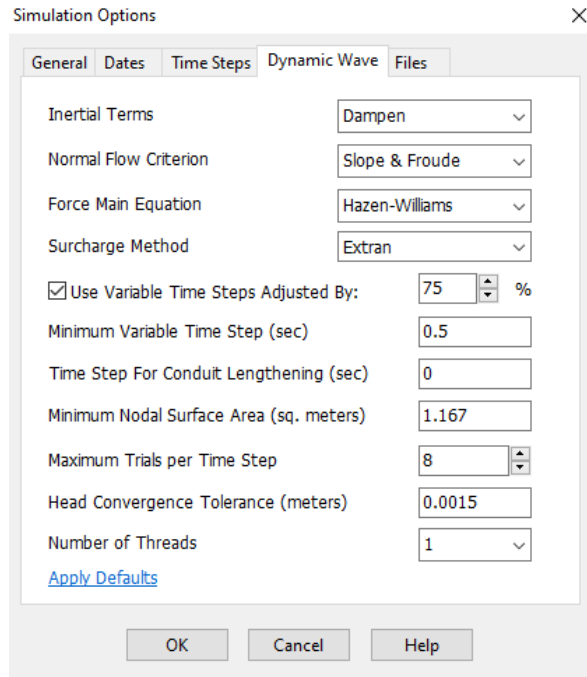
Fuente: propia

Figura 14: Apartado “Time Steps”



Fuente: propia

Figura 15: Apartado “Dynamic Wave”



Fuente: propia

4.2.3. Componentes del modelamiento

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el software requiere una serie de componentes los cuales gracias a programas como son el AutoCAD Civil 3D y Excel se pudo calcular estos parámetros.

4.2.3.1. Áreas tributarias

Para empezar a desarrollar el modelamiento del sistema de drenaje pluvial en el software, este requiere introducir ciertas características físicas de la cuenca, ver Anexo 03. Así como también algunos factores que corresponden al modelo de infiltración, Método del Número de Curva, estos valores fueron asignados de acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos realizado en los diferentes puntos de la ciudad de Huamachuco, ver Anexo 04 y 05.

De acuerdo a los valores del coeficiente de Manning mostrados en la Tabla 06, y considerando las condiciones del proyecto que se está trabajando se consideran los siguientes “n” de Manning para cada condición: $n=0.012$ superficie impermeable y $n=0.20$ para superficies permeables.

Según lo considerado en el diseño, el sentido del Flujo entre sub-áreas permeables e impermeables asumido es el OUTLET.

4.2.3.2. Nodos

Este componente cumple la función de recolectar las descargas de las particiones de la cuenca urbana (microcuencas), además de identificar ciertas estructuras en las que convergen la escorrentía superficial conducida por los conductos. Para estas estructuras se han considerado dos parámetros principales usados en el software: la cota de fondo (primer parámetro) vendría a ser la diferencia de la cota de superficie menos la profundidad de la estructura (segundo parámetro) considerada en el modelamiento. Cabe mencionar que la cota de fondo es la misma que la de los conductos. Ver Anexo 03.

4.2.3.3. Desemboques

El modelamiento cuenta con cuatro desemboques que dan al río, ello debido a la topografía con la cuenta el proyecto.

Cuadro 17: Parámetros de desemboques del proyecto

Nombre	Tipo	Cota de fondo
		msnm
D1	Free	3148.000
D2	Free	3148.425
D3	Free	3158.836
D4	Free	3176.000

Fuente: propia

4.2.3.4. Conductos

Para este componente se le asignó una sección rectangular cerrada (RECT_CLOSED) de dimensiones variables, esto según los tramos y la cantidad de escorrentía que transporta, tal como se puede verificar en el Anexo 03.

El material considerado en el diseño es concreto, cuyo coeficiente “n” de Manning es 0.013, siendo este un promedio entre los dos valores brindados en la Tabla 09.

Para el reporte de resultados, los conductos se identifican por el nodo de partida y de salida, además de la longitud, sección y coeficiente de Manning. Ver Anexo 03

4.2.3.5. Secciones de conductos

Para el modelamiento de este sistema se consideró la sección rectangular cerrada, esta se representa en el software como RECT_CLOSED, además considera las dimensiones base “Geom2” y altura “Geom1”, ambos en metros. Ver Anexo 03.

4.2.3.6. Infiltración

El modelo de infiltración usado es el método del SCS Número de Curva, este nos permite calcular el escurrimiento o escorrentía media usando la cantidad de precipitación y la retención máxima potencial, ello mediante el uso de valores de curvas numéricas que van del 1 (superficie altamente permeable) al 100 (superficie completamente impermeable). Además, dentro de los criterios para la asignación de estos NC considera el tipo de suelo de la superficie. Ver Anexo 04. Toma en cuenta también, las pérdidas de agua netas dejando de lado la evaporación real.

4.2.4. Resultados de modelamiento

Luego del ingreso de datos y configuración de ciertos parámetros dentro del software, este arroja ciertos valores para cada componente trazado. A continuación, se muestran los principales reportes para cada uno de ellos:

4.2.4.1. Reporte de Sub-cuencas

Cuadro 18: Reporte de resultados de sub-cuencas del modelamiento

Nº	Precipitación	Infiltración	Escorrentía en superficies impermeables	Escorrentía total		Escorrentía máxima	Coef. de escorrentía
	mm	mm	mm	mm	10 ⁶ ltr	lps	Coeff
S_1	2.02	0.10	1.20	1.20	0.17	52.03	0.595
S_2	2.02	0.04	1.03	1.03	0.11	31.44	0.511
S_3	2.02	0.10	1.11	1.11	0.06	16.87	0.548
S_4	2.02	0.30	0.45	0.45	0.03	8.60	0.224
S_5	2.02	0.07	1.01	1.01	0.03	8.94	0.501
S_6	2.02	0.07	1.08	1.08	0.03	8.65	0.533
S_7	2.02	0.10	0.66	0.66	0.12	32.92	0.325
S_8	2.02	0.30	0.87	0.87	0.19	53.82	0.433
S_9	2.02	0.07	0.96	0.96	0.01	2.29	0.478
S_10	2.02	0.15	0.98	0.98	0.02	5.45	0.485

S_11	2.02	0.07	1.30	1.30	0.06	19.3	0.642
S_12	2.02	0.15	1.02	1.02	0.03	9.21	0.507
S_13	2.02	0.07	1.64	1.64	0.08	38.02	0.810
S_14	2.02	0.07	1.53	1.53	0.03	10.67	0.756
S_15	2.02	0.07	1.41	1.41	0.04	12.79	0.701
S_16	2.02	0.07	1.38	1.38	0.07	23.08	0.686
S_17	2.02	0.07	1.35	1.35	0.07	24.81	0.671
S_18	2.02	0.40	1.10	1.10	0.04	14.34	0.544
S_19	2.02	0.10	0.90	0.90	0.05	12.93	0.446
S_20	2.02	0.30	0.99	0.99	0.15	45.02	0.491
S_21	2.02	0.07	1.61	1.61	0.07	30.40	0.796
S_22	2.02	0.07	1.52	1.52	0.02	6.27	0.751
S_23	2.02	0.07	1.61	1.61	0.01	6.41	0.797
S_24	2.02	0.07	1.54	1.54	0.02	8.98	0.762
S_25	2.02	0.07	1.49	1.49	0.04	15.4	0.739
S_26	2.02	0.07	1.71	1.71	0.04	20.35	0.845
S_27	2.02	0.07	1.67	1.67	0.04	17.12	0.826
S_28	2.02	0.07	1.67	1.67	0.01	6.31	0.828
S_29	2.02	0.07	1.65	1.65	0.01	5.55	0.816
S_30	2.02	0.29	1.27	1.27	0.03	10.69	0.627
S_31	2.02	0.07	1.44	1.44	0.03	10.01	0.713
S_32	2.02	0.07	1.04	1.04	0.03	8.03	0.516
S_33	2.02	0.36	1.19	1.19	0.08	29.92	0.587
S_34	2.02	0.50	1.44	1.44	0.01	6.82	0.712
S_35	2.02	0.15	1.60	1.60	0.03	12.31	0.794
S_36	2.02	0.07	1.60	1.60	0.02	8.31	0.793
S_37	2.02	0.07	1.88	1.88	0.00	1.21	0.930
S_38	2.02	0.88	0.90	0.90	0.01	2.57	0.446
S_39	2.02	0.07	1.70	1.70	0.01	2.75	0.841
S_40	2.02	0.07	1.49	1.49	0.01	5.45	0.736
S_41	2.02	0.07	1.90	1.90	0.00	0.57	0.941
S_42	2.02	0.07	1.52	1.52	0.01	3.23	0.754
S_43	2.02	0.07	1.75	1.75	0.02	11.94	0.868
S_44	2.02	0.07	1.27	1.27	0.01	1.79	0.630
S_45	2.02	1.00	0.81	0.81	0.01	4.99	0.399
S_46	2.02	0.29	1.15	1.15	0.02	5.83	0.568
S_47	2.02	0.29	1.32	1.32	0.01	5.35	0.654
S_48	2.02	0.15	1.72	1.72	0.01	4.57	0.852
S_49	2.02	0.70	1.21	1.21	0.03	14.51	0.598
S_50	2.02	0.15	1.66	1.66	0.02	11.35	0.823
S_51	2.02	0.07	1.81	1.81	0.01	5.67	0.895

S_52	2.02	0.07	1.31	1.31	0.02	8.11	0.647
S_53	2.02	0.00	1.57	1.57	0.02	8.55	0.778
S_54	2.02	0.07	1.57	1.57	0.02	8.61	0.777
S_55	2.02	0.60	1.00	1.00	0.05	15.59	0.495
S_56	2.02	0.60	1.35	1.35	0.00	0.52	0.669
S_57	2.02	1.02	0.72	0.72	0.01	3.58	0.357
S_58	2.02	0.07	1.60	1.60	0.00	1.37	0.793
S_59	2.02	0.00	1.31	1.31	0.01	2.60	0.648
S_60	2.02	0.07	1.91	1.91	0.02	13.88	0.945
S_61	2.02	0.07	1.26	1.26	0.01	3.00	0.624
S_62	2.02	0.10	1.21	1.21	0.02	6.45	0.600
S_63	2.02	0.29	1.25	1.25	0.06	22.24	0.620
S_64	2.02	0.29	1.46	1.46	0.02	9.75	0.725
S_65	2.02	0.15	1.53	1.53	0.03	12.61	0.760
S_66	2.02	0.15	1.35	1.35	0.03	9.66	0.670
S_67	2.02	0.07	1.82	1.82	0.01	5.05	0.904
S_68	2.02	0.07	1.76	1.76	0.02	11.17	0.870
S_69	2.02	0.07	1.59	1.59	0.02	6.75	0.788
S_70	2.02	0.07	1.55	1.55	0.02	6.40	0.768
S_71	2.02	0.07	1.31	1.31	0.02	6.06	0.647
S_72	2.02	0.09	1.32	1.32	0.02	6.21	0.655
S_73	2.02	0.09	1.32	1.32	0.01	4.12	0.654
S_74	2.02	0.29	1.46	1.46	0.01	6.29	0.722
S_75	2.02	0.07	1.73	1.73	0.04	18.95	0.855
S_76	2.02	0.07	1.64	1.64	0.04	17.27	0.811
S_77	2.02	0.07	1.53	1.53	0.02	6.31	0.756
S_78	2.02	0.07	1.40	1.40	0.02	5.42	0.695
S_79	2.02	0.07	1.42	1.42	0.02	5.56	0.703
S_80	2.02	0.07	1.49	1.49	0.02	6.30	0.736
S_81	2.02	0.07	1.27	1.27	0.02	5.89	0.629
S_82	2.02	0.07	1.39	1.39	0.02	6.18	0.686
S_83	2.02	0.15	1.79	1.79	0.00	0.66	0.886
S_84	2.02	0.26	0.61	0.61	0.01	2.04	0.302
S_85	2.02	0.26	1.05	1.05	0.01	1.78	0.522
S_86	2.02	0.26	0.84	0.84	0.02	4.36	0.414
S_87	2.02	0.26	0.78	0.78	0.01	2.32	0.386
S_88	2.02	0.29	1.50	1.50	0.05	22.98	0.742
S_89	2.02	0.70	0.99	0.99	0.02	5.67	0.490
S_90	2.02	0.15	1.58	1.58	0.03	13.58	0.784
S_91	2.02	0.07	1.62	1.62	0.02	8.21	0.801
S_92	2.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.58	0.001

S_93	2.02	0.07	1.53	1.53	0.01	3.23	0.760
S_94	2.02	0.07	1.57	1.57	0.02	6.60	0.776
S_95	2.02	0.07	1.53	1.53	0.02	6.04	0.760
S_96	2.02	0.07	1.67	1.67	0.01	4.22	0.826
S_97	2.02	0.26	1.38	1.38	0.02	6.28	0.682
S_98	2.02	0.26	1.12	1.12	0.01	2.07	0.557
S_99	2.02	0.09	1.61	1.61	0.02	9.25	0.796
S_100	2.02	0.07	1.63	1.63	0.02	7.58	0.806
S_101	2.02	0.07	1.63	1.63	0.02	10.30	0.809
S_102	2.02	0.20	1.42	1.42	0.01	4.15	0.704
S_103	2.02	0.07	1.56	1.56	0.04	14.77	0.773
S_104	2.02	0.3	1.46	1.46	0.02	8.25	0.724
S_105	2.02	0.29	1.36	1.36	0.02	8.80	0.672
S_106	2.02	0.07	1.61	1.61	0.01	6.05	0.799
S_107	2.02	0.07	1.62	1.62	0.01	4.94	0.804
S_108	2.02	0.07	1.48	1.48	0.03	12.87	0.734
S_109	2.02	0.07	1.65	1.65	0.01	3.93	0.818
S_110	2.02	0.07	1.59	1.59	0.02	7.91	0.789
S_111	2.02	0.2	1.51	1.51	0.03	10.92	0.749
S_112	2.02	0.07	1.56	1.56	0.02	7.07	0.772
S_113	2.02	0.07	1.57	1.57	0.03	10.65	0.778
S_114	2.02	0.07	1.62	1.62	0.01	4.05	0.802
S_115	2.02	0.07	1.66	1.66	0.01	5.29	0.821
S_116	2.02	0.28	1.32	1.32	0.01	5.15	0.652
S_117	2.02	0.28	1.37	1.37	0.02	6.26	0.679
S_118	2.02	0.26	1.08	1.08	0.01	3.01	0.537
S_119	2.02	0.26	1.09	1.09	0.02	5.69	0.540
S_120	2.02	0.26	1.03	1.03	0.01	3.98	0.511
S_121	2.02	0.29	1.52	1.52	0.05	22.91	0.753
S_122	2.02	0.29	1.39	1.39	0.02	9.20	0.688
S_123	2.02	0.15	1.60	1.60	0.01	7.25	0.794
S_124	2.02	0.15	1.53	1.53	0.02	7.53	0.757
S_125	2.02	0.22	1.40	1.40	0.01	3.66	0.696
S_126	2.02	0.07	1.67	1.67	0.02	8.88	0.825
S_127	2.02	0.07	1.72	1.72	0.01	5.16	0.852
S_128	2.02	0.07	1.68	1.68	0.01	3.99	0.831
S_129	2.02	0.07	1.72	1.72	0.01	2.61	0.850
S_130	2.02	0.07	1.60	1.60	0.02	7.47	0.795
S_131	2.02	0.07	1.59	1.59	0.01	5.59	0.788
S_132	2.02	0.07	1.55	1.55	0.02	6.54	0.769
S_133	2.02	0.07	1.66	1.66	0.01	4.13	0.821

S_134	2.02	0.07	1.48	1.48	0.02	6.07	0.736
S_135	2.02	0.26	1.26	1.26	0.01	5.05	0.626
S_136	2.02	0.26	1.33	1.33	0.01	2.84	0.661
S_137	2.02	0.26	0.93	0.93	0.01	4.01	0.462
S_138	2.02	0.39	1.39	1.39	0.02	8.16	0.689
S_139	2.02	0.26	1.58	1.58	0.01	7.13	0.784
S_140	2.02	0.26	1.48	1.48	0.02	11.35	0.736
S_141	2.02	0.39	1.48	1.48	0.03	18.54	0.732
S_142	2.02	0.15	1.61	1.61	0.03	15.61	0.795
S_143	2.02	0.15	1.65	1.65	0.02	11.57	0.817
S_144	2.02	0.22	1.37	1.37	0.01	4.16	0.681
S_145	2.02	0.22	1.53	1.53	0.01	5.69	0.756
S_146	2.02	0.07	1.57	1.57	0.02	7.06	0.779
S_147	2.02	0.07	1.72	1.72	0.01	5.07	0.852
S_148	2.02	0.07	1.66	1.66	0.01	4.67	0.821
S_149	2.02	0.07	1.56	1.56	0.01	4.28	0.773
S_150	2.02	0.07	1.61	1.61	0.01	2.79	0.797
S_151	2.02	0.07	1.65	1.65	0.01	3.67	0.816
S_152	2.02	0.07	1.45	1.45	0.03	10.38	0.716
S_153	2.02	0.07	1.14	1.14	0.01	3.77	0.563
S_154	2.02	0.07	1.63	1.63	0.01	4.12	0.807
S_155	2.02	0.19	1.43	1.43	0.02	6.34	0.710
S_156	2.02	0.19	0.04	0.04	0.06	19.37	0.020
S_157	2.02	0.18	1.37	1.37	0.02	5.50	0.679
S_158	2.02	0.07	1.48	1.48	0.00	1.85	0.735
S_159	2.02	0.07	1.50	1.50	0.01	2.36	0.743
S_160	2.02	0.07	0.01	0.01	0.00	0.97	0.005
S_161	2.02	0.07	1.70	1.70	0.01	3.18	0.842
S_162	2.02	0.07	1.43	1.43	0.01	2.53	0.710
S_163	2.02	0.07	1.61	1.61	0.01	4.32	0.797
S_164	2.02	0.07	0.81	0.81	0.02	4.68	0.400
S_165	2.02	0.22	1.37	1.37	0.01	5.71	0.676
S_166	2.02	0.07	1.60	1.60	0.04	15.33	0.795
S_167	2.02	0.07	1.69	1.69	0.02	10.17	0.835
S_168	2.02	0.07	1.45	1.45	0.03	12.38	0.717
S_169	2.02	0.07	0.51	0.51	0.01	1.63	0.252
S_170	2.02	0.07	0.58	0.58	0.01	2.36	0.286
S_171	2.02	0.07	1.38	1.38	0.03	9.33	0.683
S_172	2.02	0.07	1.42	1.42	0.01	3.03	0.703
S_173	2.02	0.07	1.71	1.71	0.02	7.91	0.848
S_174	2.02	0.07	1.73	1.73	0.02	11.4	0.859

S_175	2.02	0.22	1.35	1.35	0.06	22.51	0.669
S_176	2.02	0.22	1.32	1.32	0.06	21.94	0.654
S_177	2.02	0.22	1.23	1.23	0.03	11.73	0.611
S_178	2.02	0.07	1.10	1.10	0.03	9.44	0.545
S_179	2.02	0.07	1.40	1.40	0.02	5.96	0.693
S_180	2.02	0.07	1.38	1.38	0.01	4.45	0.683
S_181	2.02	0.07	1.45	1.45	0.01	4.22	0.716
S_182	2.02	0.07	1.64	1.64	0.01	3.99	0.812
S_183	2.02	0.50	1.10	1.10	0.01	4.15	0.544
S_184	2.02	0.19	1.43	1.43	0.03	12.68	0.710
S_185	2.02	0.15	1.35	1.35	0.04	12.85	0.667
S_186	2.02	0.60	1.22	1.22	0.05	21.27	0.603

Fuente: propia

4.2.4.2. Reporte de Nodos

Cuadro 19: Reporte de resultados de nodos del modelamiento

Nº	Tirante máximo	Escorrentía de aporte lateral		Volumen de aporte lateral		Hora crítica
		Por nodo	Acumulado	Por nodo	Acumulado	
		Meters	lps	10 ⁶ L	10 ⁶ L	
N_01	0.03	8.60	8.60	0.029	0.029	01:55
N_02	0.02	0.00	8.60	0.000	0.028	01:55
N_03	0.03	0.00	8.60	0.000	0.028	01:55
N_04	0.02	0.00	8.60	0.000	0.027	01:56
N_05	0.03	0.00	8.60	0.000	0.027	01:56
N_06	0.02	0.00	8.60	0.000	0.026	01:57
N_07	0.03	0.00	8.60	0.000	0.026	01:57
N_08	0.03	0.00	8.60	0.000	0.026	01:58
N_09	0.03	0.00	8.60	0.000	0.025	01:58
N_10	0.04	0.00	8.60	0.000	0.025	02:00
N_11	0.03	25.73	32.45	0.085	0.108	01:23
N_12	0.04	40.07	72.34	0.134	0.242	01:20
N_13	0.08	0.00	123.67	0.000	0.394	01:20
N_14	0.08	0.00	123.63	0.000	0.386	01:21
N_15	0.08	0.00	123.54	0.000	0.373	01:23
N_16	0.11	0.00	123.37	0.000	0.362	01:23
N_17	0.08	0.00	123.33	0.000	0.353	01:25
N_18	0.11	0.00	123.24	0.000	0.344	01:26
N_19	0.18	9.21	155.72	0.030	0.428	01:26

N_20	0.16	0.00	155.97	0.000	0.407	01:29
N_21	0.12	0.00	262.29	0.000	0.726	01:27
N_22	0.45	57.61	402.68	0.191	1.170	01:28
N_23	0.35	0.00	400.20	0.000	1.110	01:29
N_24	0.27	0.00	399.95	0.000	1.080	01:30
N_25	0.39	37.44	425.93	0.103	1.160	01:31
N_26	0.40	0.00	425.11	0.000	1.130	01:32
N_27	0.32	22.24	438.40	0.058	1.150	01:32
N_28	0.33	16.04	670.62	0.038	1.870	01:28
N_29	0.44	6.29	672.81	0.012	1.870	01:29
N_30	0.47	8.37	680.40	0.027	1.890	01:29
N_31	0.56	2.04	682.19	0.007	1.870	01:29
N_32	0.61	1.78	683.70	0.006	1.840	01:29
N_33	0.51	2.07	802.24	0.006	2.180	01:29
N_34	0.57	0.00	801.48	0.000	2.140	01:29
N_35	0.45	0.00	801.38	0.000	2.100	01:30
N_36	0.43	3.98	833.03	0.013	2.180	01:30
N_37	0.28	0.00	850.90	0.000	2.220	01:29
N_38	0.41	0.00	1017.47	0.000	2.700	01:28
N_39	0.44	2.84	1038.88	0.007	2.750	01:28
N_40	0.57	0.00	1038.89	0.000	2.710	01:28
N_41	0.51	4.01	1112.71	0.013	2.950	01:29
N_42	0.36	3.03	1134.88	0.008	2.930	01:29
N_43	0.51	0.00	1114.54	0.000	2.910	01:29
N_44	0.42	4.22	1129.43	0.011	2.900	01:30
N_45	0.40	0.00	1117.73	0.000	2.880	01:30
N_46	0.42	3.99	1119.03	0.009	2.870	01:30
N_47	0.38	4.45	1122.19	0.013	2.860	01:30
N_48	0.76	0.00	1122.06	0.000	2.840	01:31
N_49	0.60	4.15	1145.41	0.012	2.890	01:31
N_50	0.21	0.00	1186.59	0.000	2.980	01:31
N_51	0.06	52.03	52.03	0.163	0.163	01:15
N_52	0.06	0.00	51.97	0.000	0.162	01:15
N_53	0.05	0.00	51.90	0.000	0.160	01:16
N_54	0.06	0.00	51.84	0.000	0.157	01:17
N_55	0.06	0.00	51.82	0.000	0.155	01:17
N_56	0.01	5.45	5.45	0.018	0.018	01:20
N_57	0.01	0.00	5.45	0.000	0.018	01:20
N_58	0.11	19.30	24.68	0.058	0.076	01:15
N_59	0.15	0.00	24.61	0.000	0.075	01:18
N_60	0.19	0.00	24.29	0.000	0.072	01:20
N_61	0.13	0.00	24.08	0.000	0.069	01:22
N_62	0.15	0.00	24.00	0.000	0.067	01:23

N_63	0.04	0.00	23.98	0.000	0.065	01:23
N_64	0.01	2.29	2.29	0.008	0.008	01:21
N_65	0.06	38.02	39.89	0.083	0.091	01:10
N_66	0.06	6.27	45.20	0.016	0.106	01:11
N_67	0.09	12.79	57.63	0.035	0.140	01:11
N_68	0.16	0.00	57.38	0.000	0.139	01:13
N_69	0.10	23.08	78.69	0.065	0.202	01:14
N_70	0.13	0.00	92.75	0.000	0.238	01:15
N_71	0.16	24.81	115.91	0.072	0.305	01:16
N_72	0.23	14.34	129.63	0.043	0.345	01:17
N_73	0.04	15.40	15.40	0.040	0.040	01:11
N_74	0.10	85.49	85.49	0.295	0.295	01:25
N_75	0.16	0.00	85.45	0.000	0.290	01:26
N_76	0.07	0.00	85.37	0.000	0.274	01:27
N_77	0.01	10.67	10.67	0.027	0.027	01:10
N_78	0.01	0.00	10.53	0.000	0.026	01:13
N_79	0.02	15.39	24.76	0.037	0.062	01:13
N_80	0.06	11.86	99.37	0.025	0.227	01:13
N_81	0.08	8.31	149.81	0.019	0.332	01:13
N_82	0.10	0.00	148.24	0.000	0.327	01:14
N_83	0.13	23.91	229.86	0.058	0.529	01:15
N_84	0.14	6.40	234.65	0.016	0.538	01:15
N_85	0.14	0.00	233.95	0.000	0.532	01:15
N_86	0.14	6.06	239.96	0.018	0.545	01:16
N_87	0.15	16.96	261.33	0.048	0.602	01:16
N_88	0.15	2.60	263.88	0.008	0.602	01:17
N_89	0.19	3.00	308.22	0.009	0.718	01:18
N_90	0.03	20.35	20.35	0.040	0.040	01:10
N_91	0.03	0.00	20.22	0.000	0.040	01:10
N_92	0.04	0.00	20.05	0.000	0.040	01:10
N_93	0.10	0.00	64.59	0.000	0.142	01:12
N_94	0.03	30.40	30.40	0.069	0.069	01:10
N_95	0.07	17.12	47.08	0.036	0.105	01:10
N_96	0.16	0.00	46.33	0.000	0.104	01:11
N_97	0.09	0.00	45.85	0.000	0.103	01:12
N_98	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	00:00
N_99	0.01	6.82	6.82	0.011	0.011	01:10
N_100	0.05	14.51	35.98	0.026	0.066	01:11
N_101	0.07	12.31	46.93	0.025	0.090	01:11
N_102	0.02	5.67	5.67	0.009	0.009	01:10
N_103	0.02	0.00	5.48	0.000	0.009	01:11
N_104	0.03	11.35	15.93	0.021	0.030	01:10
N_105	0.03	0.00	15.86	0.000	0.030	01:11

N_106	0.02	8.11	8.11	0.024	0.024	01:15
N_107	0.01	4.99	4.99	0.012	0.012	01:10
N_108	0.02	0.00	4.96	0.000	0.012	01:11
N_109	0.03	0.00	4.90	0.000	0.012	01:12
N_110	0.02	0.00	4.81	0.000	0.012	01:13
N_111	0.02	0.00	4.79	0.000	0.012	01:14
N_112	0.04	5.35	9.61	0.013	0.024	01:14
N_113	0.03	4.57	12.68	0.007	0.031	01:13
N_114	0.02	5.05	16.77	0.008	0.039	01:11
N_115	0.02	0.00	16.74	0.000	0.039	01:12
N_116	0.07	11.17	43.61	0.020	0.096	01:12
N_117	0.08	6.31	48.81	0.016	0.110	01:12
N_118	0.11	5.42	54.10	0.015	0.125	01:13
N_119	0.04	17.27	17.27	0.038	0.038	01:10
N_120	0.01	1.21	1.21	0.002	0.002	01:10
N_121	0.01	0.00	1.10	0.000	0.002	01:13
N_122	0.01	2.57	2.57	0.005	0.005	01:10
N_123	0.02	0.57	2.98	0.001	0.006	01:12
N_124	0.03	3.23	5.90	0.008	0.014	01:12
N_125	0.03	0.52	6.23	0.001	0.014	01:13
N_126	0.04	0.00	6.16	0.000	0.014	01:16
N_127	0.03	20.69	20.69	0.054	0.054	01:11
N_128	0.04	0.00	20.44	0.000	0.054	01:12
N_129	0.04	0.00	20.04	0.000	0.053	01:14
N_130	0.06	0.00	27.53	0.000	0.070	01:16
N_131	0.09	1.79	40.51	0.005	0.105	01:17
N_132	0.10	13.88	43.35	0.018	0.119	01:18
N_133	0.02	8.20	8.20	0.020	0.020	01:10
N_134	0.02	0.00	8.04	0.000	0.019	01:13
N_135	0.03	15.52	15.52	0.032	0.032	01:10
N_136	0.16	5.83	5.83	0.017	0.017	01:15
N_137	0.03	0.00	5.73	0.000	0.015	01:15
N_138	0.04	0.00	5.72	0.000	0.015	01:17
N_139	0.07	0.00	5.68	0.000	0.015	01:18
N_140	0.07	0.00	15.99	0.000	0.042	01:15
N_141	0.03	0.00	15.95	0.000	0.041	01:15
N_142	0.03	0.00	15.95	0.000	0.041	01:16
N_143	0.04	9.66	30.45	0.026	0.082	01:15
N_144	0.08	8.21	56.84	0.018	0.145	01:13
N_145	0.07	0.00	56.72	0.000	0.143	01:14
N_146	0.08	0.00	56.65	0.000	0.142	01:14
N_147	0.09	0.58	56.91	0.002	0.143	01:14
N_148	0.09	7.16	63.06	0.016	0.158	01:15

N_149	0.10	14.50	75.57	0.034	0.190	01:15
N_150	0.13	13.11	86.76	0.032	0.220	01:16
N_151	0.16	4.05	89.78	0.009	0.227	01:17
N_152	0.19	5.15	94.06	0.014	0.238	01:17
N_153	0.11	0.00	144.07	0.000	0.368	01:18
N_154	0.05	12.61	12.61	0.028	0.028	01:10
N_155	0.02	0.00	12.52	0.000	0.028	01:10
N_156	0.01	5.67	5.67	0.015	0.015	01:10
N_157	0.01	0.00	5.64	0.000	0.015	01:12
N_158	0.02	13.58	13.58	0.028	0.028	01:10
N_159	0.03	8.25	21.49	0.018	0.046	01:10
N_160	0.04	18.95	18.95	0.036	0.036	01:10
N_161	0.04	0.00	18.68	0.000	0.036	01:10
N_162	0.04	0.00	18.26	0.000	0.036	01:11
N_163	0.04	0.00	18.07	0.000	0.035	01:12
N_164	0.04	0.00	17.93	0.000	0.035	01:13
N_165	0.05	6.30	23.55	0.016	0.051	01:14
N_166	0.08	4.22	26.70	0.009	0.059	01:15
N_167	0.15	6.28	50.90	0.015	0.137	01:19
N_168	0.02	6.21	6.21	0.018	0.018	01:12
N_169	0.10	0.66	6.72	0.001	0.019	01:20
N_170	0.15	5.89	22.41	0.018	0.067	01:20
N_171	0.03	5.56	5.56	0.015	0.015	01:12
N_172	0.05	6.18	11.60	0.017	0.033	01:14
N_173	0.09	22.98	22.98	0.048	0.048	01:12
N_174	0.24	24.96	44.60	0.054	0.101	01:14
N_175	0.07	0.00	40.25	0.000	0.095	01:15
N_176	0.01	3.01	3.01	0.009	0.009	01:17
N_177	0.03	11.57	11.57	0.022	0.022	01:10
N_178	0.02	0.00	11.42	0.000	0.022	01:10
N_179	0.05	15.61	26.35	0.031	0.053	01:11
N_180	0.05	0.00	26.03	0.000	0.052	01:11
N_181	0.04	0.00	25.92	0.000	0.052	01:11
N_182	0.05	18.54	42.60	0.034	0.085	01:11
N_183	0.06	0.00	42.54	0.000	0.085	01:11
N_184	0.07	0.00	42.50	0.000	0.085	01:12
N_185	0.02	7.82	7.82	0.019	0.019	01:10
N_186	0.02	0.00	7.75	0.000	0.019	01:11
N_187	0.02	0.00	7.69	0.000	0.019	01:11
N_188	0.02	5.69	12.93	0.011	0.030	01:12
N_189	0.04	7.06	19.55	0.017	0.046	01:12
N_190	0.04	7.68	26.18	0.015	0.060	01:12
N_191	0.05	0.00	26.11	0.000	0.060	01:12

N_192	0.05	0.00	26.09	0.000	0.060	01:12
N_193	0.07	11.75	37.01	0.027	0.087	01:13
N_194	0.07	0.00	47.88	0.000	0.112	01:13
N_195	0.10	0.00	144.77	0.000	0.338	01:16
N_196	0.13	27.16	177.29	0.063	0.421	01:16
N_197	0.16	6.54	181.57	0.016	0.430	01:17
N_198	0.18	9.42	187.91	0.020	0.445	01:18
N_199	0.21	12.33	197.67	0.031	0.471	01:18
N_200	0.21	0.00	197.04	0.000	0.465	01:19
N_201	0.21	10.59	206.97	0.032	0.492	01:20
N_202	0.01	1.85	1.85	0.005	0.005	01:10
N_203	0.01	2.36	4.18	0.006	0.011	01:11
N_204	0.01	0.00	4.14	0.000	0.011	01:12
N_205	0.02	4.67	8.45	0.010	0.020	01:11
N_206	0.03	2.79	11.10	0.006	0.027	01:11
N_207	0.03	0.00	11.08	0.000	0.027	01:12
N_208	0.03	0.00	11.07	0.000	0.026	01:13
N_209	0.04	18.45	18.45	0.041	0.041	01:10
N_210	0.03	0.00	18.30	0.000	0.041	01:11
N_211	0.05	14.83	32.38	0.031	0.072	01:11
N_212	0.05	0.00	32.15	0.000	0.071	01:11
N_213	0.07	17.83	48.85	0.040	0.110	01:11
N_214	0.07	0.00	48.82	0.000	0.110	01:12
N_215	0.09	0.00	48.77	0.000	0.109	01:12
N_216	0.06	4.15	52.48	0.011	0.119	01:13
N_217	0.08	23.57	73.99	0.055	0.173	01:13
N_218	0.08	0.00	73.89	0.000	0.172	01:13
N_219	0.10	8.88	81.42	0.019	0.190	01:14
N_220	0.14	5.16	85.39	0.010	0.199	01:14
N_221	0.10	0.00	85.31	0.000	0.198	01:14
N_222	0.12	3.99	88.52	0.008	0.205	01:14
N_223	0.08	0.00	88.47	0.000	0.204	01:15
N_224	0.35	12.87	100.37	0.033	0.237	01:16
N_225	0.02	6.05	6.05	0.014	0.014	01:11
N_226	0.03	4.94	10.58	0.011	0.024	01:12
N_227	0.03	0.00	10.40	0.000	0.024	01:13
N_228	0.03	0.00	10.20	0.000	0.024	01:15
N_229	0.03	10.38	10.38	0.028	0.028	01:10
N_230	0.02	0.00	10.37	0.000	0.028	01:10
N_231	0.03	0.00	10.33	0.000	0.028	01:11
N_232	0.03	0.00	10.28	0.000	0.027	01:12
N_233	0.03	0.00	10.25	0.000	0.027	01:13
N_234	0.04	3.77	13.90	0.012	0.039	01:15

N_235	0.05	4.12	17.38	0.009	0.047	01:15
N_236	0.05	0.00	17.31	0.000	0.047	01:16
N_237	0.07	6.34	22.94	0.016	0.062	01:16
N_238	0.08	0.00	22.84	0.000	0.061	01:17
N_239	0.04	0.00	22.76	0.000	0.060	01:18
N_240	0.02	4.68	4.68	0.016	0.016	01:26
N_241	0.06	15.33	19.15	0.035	0.051	01:11
N_242	0.05	0.00	18.90	0.000	0.050	01:12
N_243	0.06	10.17	27.90	0.021	0.070	01:12
N_244	0.07	12.38	39.80	0.033	0.103	01:12
N_245	0.06	0.00	39.75	0.000	0.102	01:13
N_246	0.09	1.63	40.97	0.005	0.106	01:14
N_247	0.12	19.36	52.19	0.053	0.158	01:15
N_248	0.15	0.00	52.04	0.000	0.156	01:16
N_249	0.08	5.50	57.12	0.015	0.168	01:16
N_250	0.02	11.40	11.40	0.022	0.022	01:10
N_251	0.03	11.35	22.60	0.024	0.046	01:10
N_252	0.06	7.91	29.87	0.016	0.061	01:11
N_253	0.05	0.00	42.49	0.000	0.089	01:12
N_254	0.03	8.16	8.16	0.018	0.018	01:11
N_255	0.06	7.13	14.66	0.013	0.030	01:12
N_256	0.09	0.00	13.92	0.000	0.029	01:12
N_257	0.03	9.33	9.33	0.027	0.027	01:11
N_258	0.08	15.23	24.37	0.048	0.074	01:15
N_259	0.02	12.85	12.85	0.035	0.035	01:10
N_260	0.02	0.00	12.83	0.000	0.035	01:10
N_261	0.03	0.00	12.79	0.000	0.035	01:11
N_262	0.13	12.68	25.25	0.032	0.067	01:11
N_263	0.10	0.00	25.27	0.000	0.066	01:13
N_264	0.20	0.00	24.57	0.000	0.065	01:19
N_265	0.09	21.27	38.66	0.046	0.106	01:16
N_266	0.18	0.00	38.58	0.000	0.104	01:17
N_267	0.08	0.00	38.46	0.000	0.102	01:18
N_268	0.01	2.36	2.36	0.008	0.008	01:45
N_269	0.05	11.73	13.39	0.033	0.041	01:15
N_270	0.15	0.00	13.33	0.000	0.039	01:31
N_271	0.07	44.45	44.45	0.114	0.114	01:10
N_272	0.04	0.00	44.33	0.000	0.114	01:10
N_273	0.01	2.53	2.53	0.007	0.007	01:11
N_274	0.01	0.00	2.50	0.000	0.007	01:13
N_275	0.01	7.99	10.11	0.018	0.024	01:10
N_276	0.02	0.00	14.86	0.000	0.038	01:13
N_277	0.02	0.00	14.86	0.000	0.037	01:13

N_278	0.02	5.71	5.71	0.014	0.014	01:10
N_279	0.04	0.00	5.65	0.000	0.014	01:13
N_280	0.04	0.00	5.38	0.000	0.014	01:14
N_281	0.01	3.66	3.66	0.009	0.009	01:10

Fuente: propia

4.2.4.3. Reporte de conductos

Cuadro 20: Reporte de resultados de conductos del modelamiento

Nº	Caudal máximo	Velocidad máxima	Tirante máximo	Hora crítica
	lps	m/sec	m	HH:MM
C_1	8.60	1.07	0.05	01:55
C_2	8.60	1.13	0.05	01:55
C_3	8.60	1.12	0.05	01:55
C_4	8.60	1.19	0.05	01:56
C_5	8.60	1.27	0.05	01:56
C_6	8.60	1.28	0.04	01:57
C_7	8.60	1.04	0.05	01:57
C_8	8.60	1.01	0.06	01:58
C_9	8.60	0.87	0.07	01:58
C_10	8.59	0.88	0.07	02:00
C_11	32.45	0.95	0.03	01:23
C_12	72.33	1.22	0.06	01:20
C_13	123.63	1.51	0.08	01:20
C_14	123.54	1.55	0.08	01:21
C_15	123.37	1.34	0.09	01:23
C_16	123.33	1.36	0.09	01:24
C_17	123.24	1.33	0.09	01:25
C_18	123.04	0.84	0.15	01:26
C_19	155.97	0.91	0.17	01:27
C_20	155.47	1.09	0.14	01:29
C_21	261.93	0.92	0.29	01:27
C_22	400.20	1.01	0.40	01:28
C_23	399.95	1.29	0.31	01:29
C_24	399.58	1.20	0.33	01:30
C_25	425.11	1.07	0.40	01:31
C_26	424.73	1.17	0.36	01:32
C_27	438.58	1.36	0.33	01:33
C_28	670.42	1.73	0.39	01:28
C_29	672.74	1.48	0.46	01:28

C_30	680.16	1.32	0.52	01:29
C_31	682.13	1.17	0.58	01:30
C_32	684.07	1.23	0.56	01:30
C_33	801.48	1.48	0.54	01:29
C_34	801.38	1.56	0.51	01:30
C_35	801.46	1.82	0.44	01:30
C_36	833.20	2.35	0.36	01:30
C_37	851.04	2.47	0.35	01:30
C_38	1017.54	2.39	0.43	01:28
C_39	1038.89	2.05	0.51	01:28
C_40	1038.85	1.93	0.54	01:29
C_41	1132.68	2.61	0.43	01:29
C_42	1114.54	2.58	0.43	01:29
C_43	1126.50	2.43	0.46	01:29
C_44	1117.73	2.71	0.41	01:30
C_45	1117.13	2.71	0.41	01:30
C_46	1118.88	2.80	0.40	01:30
C_47	1122.06	1.97	0.57	01:30
C_48	1122.07	1.65	0.68	01:31
C_49	1145.53	2.82	0.41	01:31
C_50	1186.59	5.58	0.21	01:31
C_51	51.97	1.75	0.08	01:15
C_52	51.90	1.85	0.08	01:15
C_53	51.84	1.82	0.08	01:16
C_54	51.82	1.80	0.08	01:17
C_55	51.79	1.50	0.10	01:17
C_56	5.45	1.41	0.03	01:20
C_57	5.45	0.31	0.12	01:20
C_58	24.61	0.66	0.27	01:15
C_59	24.29	0.49	0.34	01:17
C_60	24.08	0.51	0.32	01:20
C_61	24.00	0.58	0.28	01:22
C_62	23.98	0.87	0.18	01:23
C_63	23.97	0.76	0.22	01:23
C_64	2.28	0.32	0.07	01:21
C_65	39.03	2.19	0.12	01:10
C_66	44.97	2.00	0.15	01:11
C_67	57.38	1.61	0.25	01:11
C_68	56.03	1.45	0.26	01:13
C_69	78.17	2.26	0.23	01:14
C_70	91.71	2.09	0.29	01:15
C_71	115.50	1.97	0.39	01:16
C_72	129.12	2.61	0.34	01:17

C_73	14.98	0.67	0.17	01:11
C_74	85.45	0.64	0.13	01:25
C_75	85.37	0.73	0.12	01:26
C_76	85.34	0.36	0.26	01:27
C_77	10.53	0.83	0.01	01:11
C_78	10.22	0.57	0.02	01:13
C_79	24.40	0.61	0.04	01:13
C_80	97.83	1.47	0.07	01:13
C_81	148.24	1.74	0.09	01:13
C_82	147.10	1.29	0.11	01:14
C_83	228.05	1.67	0.14	01:15
C_84	233.95	1.65	0.14	01:15
C_85	233.97	1.65	0.14	01:16
C_86	239.37	1.66	0.14	01:16
C_87	261.32	1.78	0.15	01:17
C_88	262.36	1.58	0.17	01:18
C_89	305.83	1.29	0.25	01:18
C_90	20.22	2.61	0.05	01:10
C_91	20.05	2.11	0.06	01:10
C_92	19.96	1.06	0.13	01:10
C_93	64.40	2.83	0.15	01:12
C_94	30.13	1.88	0.11	01:10
C_95	46.33	1.34	0.23	01:10
C_96	45.85	1.22	0.25	01:11
C_97	45.65	1.64	0.19	01:12
C_98	0.00	0.00	0.01	00:00
C_99	6.38	0.67	0.06	01:10
C_100	35.30	1.95	0.12	01:11
C_101	46.79	2.25	0.14	01:11
C_102	5.48	0.90	0.04	01:10
C_103	5.17	0.61	0.06	01:11
C_104	15.86	1.55	0.07	01:10
C_105	15.82	1.22	0.09	01:11
C_106	8.11	0.42	0.16	01:15
C_107	4.96	1.08	0.03	01:10
C_108	4.90	0.66	0.05	01:11
C_109	4.81	0.63	0.05	01:12
C_110	4.79	0.86	0.04	01:13
C_111	4.75	0.49	0.07	01:14
C_112	9.51	0.91	0.07	01:14
C_113	12.63	1.84	0.05	01:13
C_114	16.74	2.45	0.05	01:11
C_115	16.70	1.13	0.10	01:12

C_116	42.73	1.83	0.16	01:12
C_117	48.77	1.69	0.19	01:12
C_118	53.80	1.52	0.24	01:13
C_119	16.81	1.04	0.11	01:10
C_120	1.10	0.47	0.02	01:11
C_121	0.92	0.05	0.15	01:13
C_122	2.46	0.56	0.03	01:10
C_123	2.78	0.45	0.04	01:12
C_124	5.84	0.70	0.06	01:12
C_125	6.16	0.64	0.07	01:13
C_126	5.80	0.21	0.19	01:16
C_127	20.44	1.15	0.07	01:11
C_128	20.04	0.96	0.09	01:13
C_129	19.88	0.76	0.11	01:14
C_130	26.90	0.72	0.15	01:16
C_131	39.51	0.83	0.19	01:17
C_132	42.93	0.67	0.29	01:18
C_133	8.04	0.81	0.04	01:11
C_134	7.71	0.40	0.08	01:13
C_135	15.18	0.61	0.11	01:10
C_136	5.73	0.21	0.18	01:14
C_137	5.72	0.54	0.07	01:15
C_138	5.68	0.33	0.12	01:17
C_139	5.67	0.27	0.14	01:19
C_140	15.95	1.06	0.10	01:15
C_141	15.95	1.90	0.06	01:16
C_142	15.93	1.58	0.07	01:16
C_143	30.39	1.69	0.12	01:15
C_144	56.72	2.43	0.16	01:13
C_145	56.65	2.41	0.16	01:14
C_146	56.58	2.21	0.17	01:14
C_147	56.85	2.13	0.18	01:14
C_148	62.90	2.19	0.19	01:15
C_149	75.21	2.17	0.23	01:15
C_150	86.48	2.04	0.28	01:16
C_151	89.42	1.73	0.35	01:17
C_152	93.89	2.10	0.30	01:17
C_153	143.78	0.61	0.30	01:18
C_154	12.52	1.22	0.11	01:10
C_155	12.45	1.00	0.15	01:10
C_156	5.64	1.56	0.04	01:10
C_157	5.58	0.74	0.09	01:12
C_158	13.34	1.71	0.09	01:10

C_159	21.21	1.35	0.18	01:10
C_160	18.68	1.71	0.07	01:10
C_161	18.26	1.55	0.08	01:10
C_162	18.07	1.55	0.08	01:11
C_163	17.93	1.61	0.08	01:12
C_164	17.51	1.26	0.09	01:13
C_165	23.14	1.20	0.13	01:14
C_166	26.18	0.81	0.22	01:15
C_167	50.44	1.29	0.26	01:19
C_168	6.20	0.31	0.13	01:12
C_169	6.30	0.11	0.25	01:23
C_170	22.81	0.32	0.30	01:22
C_171	5.47	0.52	0.07	01:12
C_172	11.42	0.46	0.19	01:14
C_173	21.09	0.45	0.33	01:12
C_174	40.25	0.85	0.32	01:14
C_175	40.17	0.94	0.48	01:15
C_176	2.95	0.07	0.31	01:17
C_177	11.42	1.59	0.05	01:10
C_178	11.20	1.09	0.07	01:10
C_179	26.03	1.76	0.10	01:11
C_180	25.92	1.86	0.09	01:11
C_181	25.85	1.91	0.09	01:11
C_182	42.54	2.68	0.11	01:11
C_183	42.50	2.24	0.13	01:11
C_184	42.44	1.36	0.33	01:12
C_185	7.75	1.35	0.04	01:10
C_186	7.69	1.45	0.04	01:11
C_187	7.65	1.21	0.04	01:11
C_188	12.80	1.43	0.06	01:12
C_189	19.37	1.66	0.08	01:12
C_190	26.11	1.90	0.09	01:12
C_191	26.09	1.82	0.10	01:12
C_192	26.08	1.56	0.11	01:12
C_193	36.86	1.85	0.13	01:13
C_194	47.66	1.97	0.17	01:13
C_195	144.45	2.49	0.23	01:16
C_196	176.01	2.44	0.29	01:16
C_197	180.97	2.11	0.34	01:17
C_198	187.19	1.92	0.39	01:18
C_199	197.04	1.91	0.41	01:18
C_200	196.90	1.88	0.42	01:19
C_201	206.35	1.53	0.60	01:20

C_202	1.83	0.53	0.02	01:10
C_203	4.14	1.00	0.03	01:11
C_204	4.10	0.78	0.04	01:12
C_205	8.44	1.16	0.05	01:11
C_206	11.08	1.27	0.06	01:11
C_207	11.07	1.23	0.06	01:12
C_208	11.02	0.76	0.10	01:13
C_209	18.30	1.84	0.07	01:10
C_210	18.03	1.55	0.08	01:11
C_211	32.15	2.25	0.10	01:11
C_212	31.92	1.74	0.12	01:11
C_213	48.82	2.36	0.14	01:11
C_214	48.77	2.06	0.16	01:12
C_215	48.50	2.08	0.16	01:12
C_216	52.22	2.37	0.15	01:13
C_217	73.89	3.01	0.16	01:13
C_218	73.79	2.82	0.17	01:13
C_219	81.25	2.30	0.24	01:14
C_220	85.31	2.38	0.24	01:14
C_221	85.24	2.56	0.22	01:14
C_222	88.47	2.97	0.20	01:14
C_223	88.35	0.83	0.31	01:15
C_224	98.93	0.87	0.33	01:16
C_225	5.80	0.86	0.05	01:11
C_226	10.40	1.31	0.05	01:12
C_227	10.20	1.18	0.06	01:13
C_228	9.93	0.42	0.16	01:15
C_229	10.37	1.40	0.05	01:10
C_230	10.33	1.27	0.05	01:10
C_231	10.28	1.09	0.06	01:11
C_232	10.25	1.09	0.06	01:12
C_233	10.17	0.97	0.07	01:13
C_234	13.85	1.04	0.09	01:15
C_235	17.31	1.14	0.10	01:15
C_236	17.23	0.96	0.12	01:16
C_237	22.84	1.07	0.14	01:16
C_238	22.76	1.27	0.12	01:17
C_239	22.66	0.26	0.34	01:18
C_240	4.68	0.54	0.07	01:26
C_241	18.90	1.14	0.11	01:11
C_242	18.70	1.08	0.12	01:12
C_243	27.73	1.40	0.13	01:12
C_244	39.75	1.98	0.13	01:13

C_245	39.67	1.73	0.15	01:13
C_246	40.80	1.31	0.21	01:14
C_247	52.04	1.32	0.26	01:15
C_248	52.00	1.55	0.22	01:16
C_249	57.00	0.56	0.41	01:16
C_250	11.30	1.54	0.05	01:10
C_251	22.18	1.60	0.09	01:10
C_252	29.58	1.71	0.12	01:11
C_253	42.30	0.60	0.39	01:12
C_254	7.85	0.60	0.09	01:11
C_255	13.92	0.63	0.15	01:12
C_256	13.76	0.63	0.15	01:13
C_257	9.26	0.60	0.11	01:11
C_258	24.22	0.51	0.58	01:15
C_259	12.83	2.23	0.04	01:10
C_260	12.79	1.73	0.05	01:10
C_261	12.76	0.55	0.16	01:11
C_262	25.27	0.77	0.22	01:11
C_263	24.57	0.63	0.29	01:13
C_264	22.76	0.54	0.28	01:19
C_265	38.58	0.99	0.26	01:16
C_266	38.46	1.01	0.25	01:17
C_267	38.44	1.25	0.28	01:18
C_268	2.35	0.34	0.06	01:45
C_269	13.33	0.96	0.19	01:15
C_270	11.57	0.32	0.36	01:12
C_271	44.33	2.64	0.11	01:10
C_272	44.28	3.30	0.09	01:10
C_273	2.50	0.81	0.02	01:11
C_274	2.47	0.67	0.03	01:13
C_275	10.10	2.07	0.03	01:10
C_276	14.86	2.37	0.04	01:13
C_277	14.86	2.27	0.13	01:13
C_278	5.65	0.67	0.06	01:10
C_279	5.38	0.42	0.09	01:13
C_280	5.39	0.56	0.06	01:15
C_281	3.66	1.48	0.02	01:10

Fuente: Propia

4.2.4.4. Desemboques

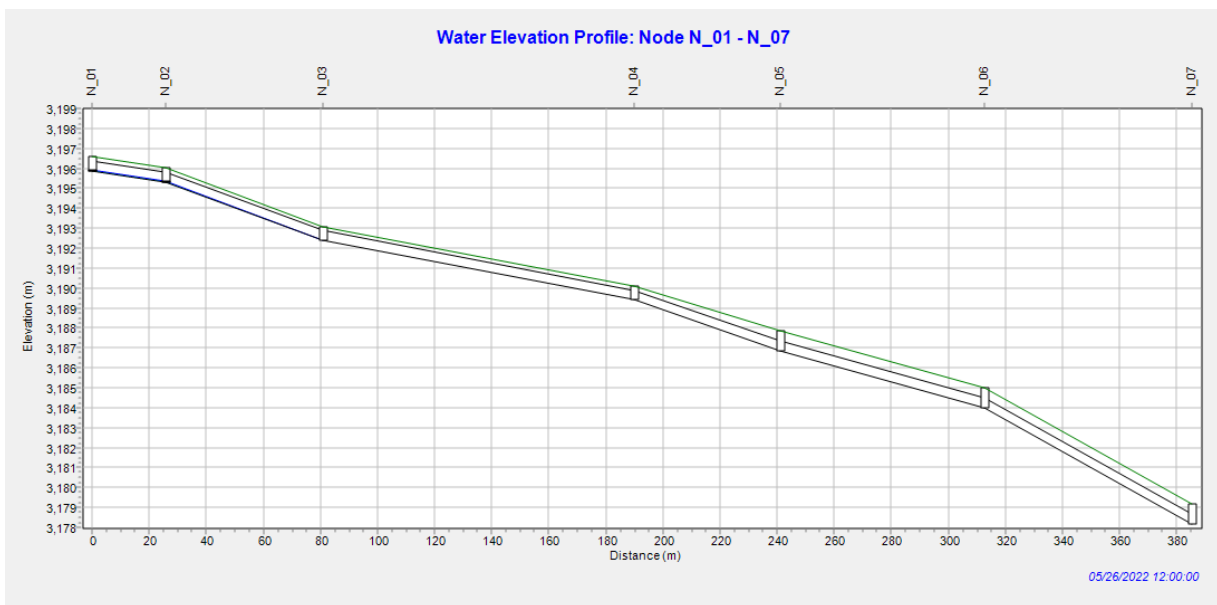
Cuadro 21: Reporte de resultados de desemboques del modelamiento

Nº	Porcentaje evacuado	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total
	%	lps	lps	10 ⁶ l
D_1	98.48	750.78	1186.59	2.969
D_2	99.6	24.18	44.28	0.114
D_3	99.52	8.06	14.86	0.037
D_4	99.32	1.89	3.66	0.01

Fuente: propia

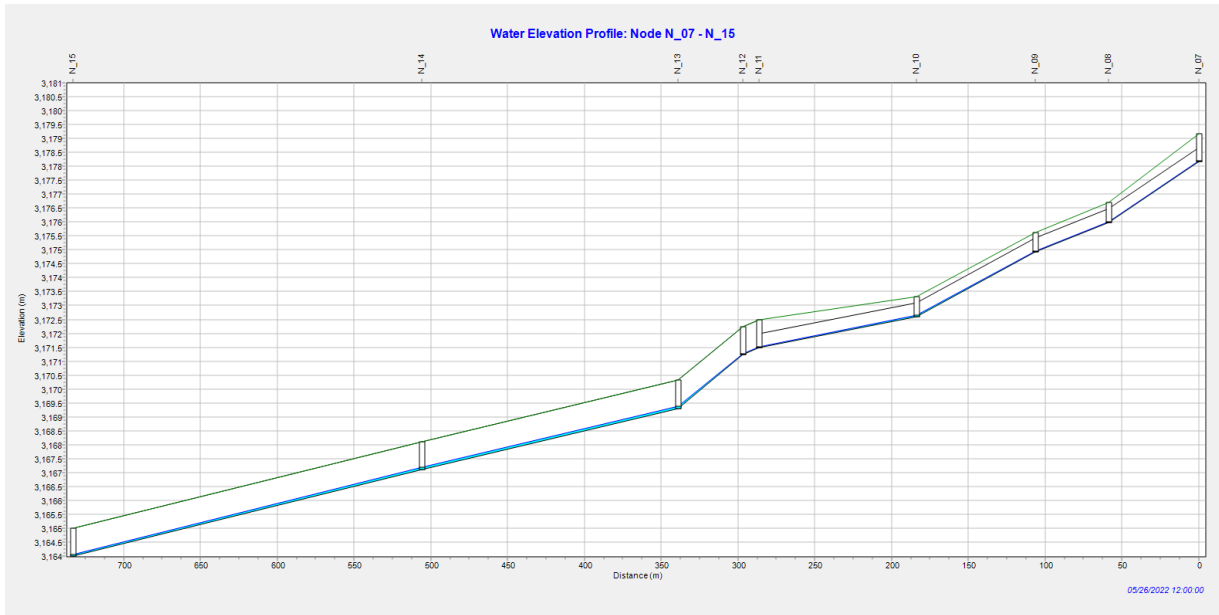
4.2.4.5. Perfiles longitudinales de tramos del sistema de drenaje

Figura 16: Tramo de nodo N_01 al N_07



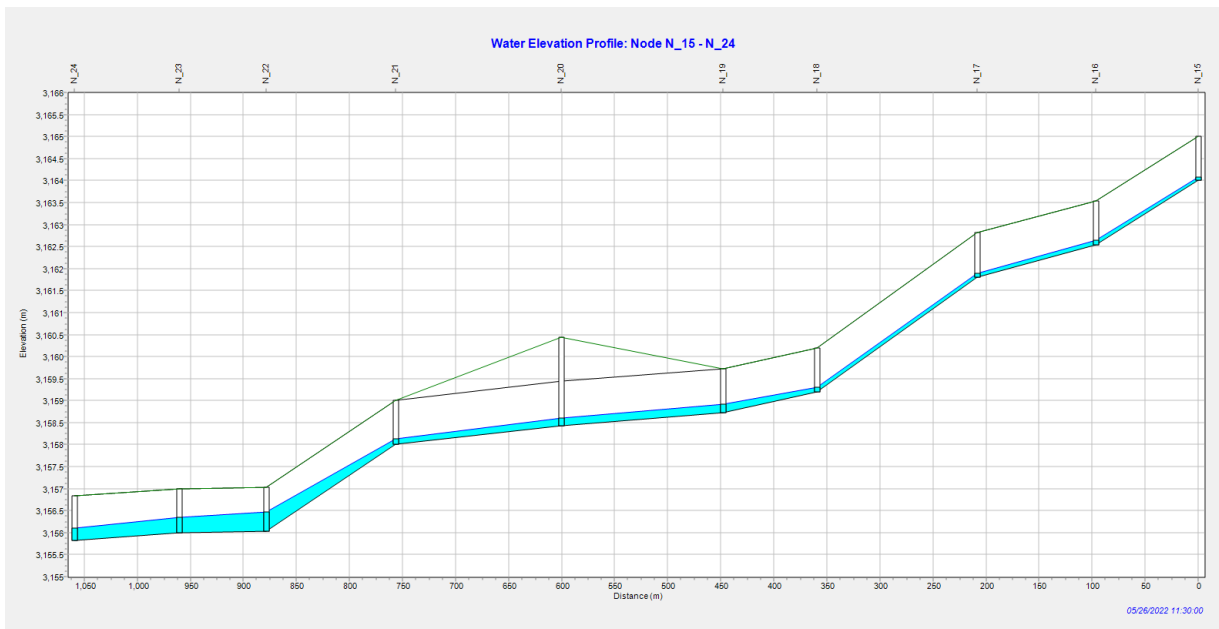
Fuente: propia

Figura 17: Tramo de nodo N_07 al N_15



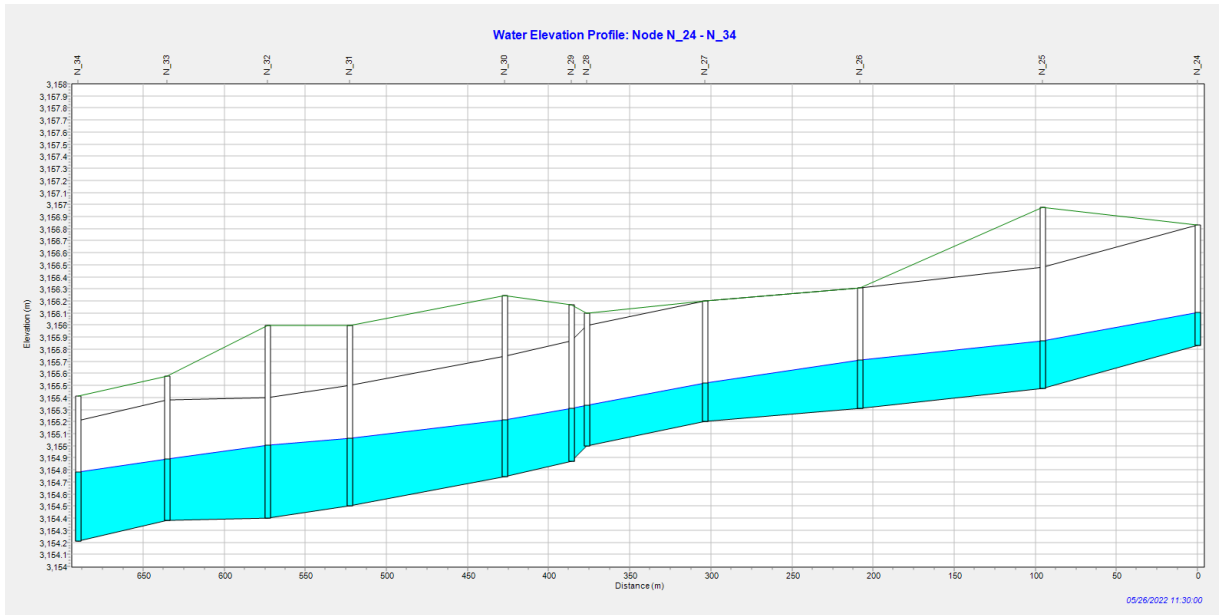
Fuente: propia

Figura 18: Tramo de nodo N_15 al N_24



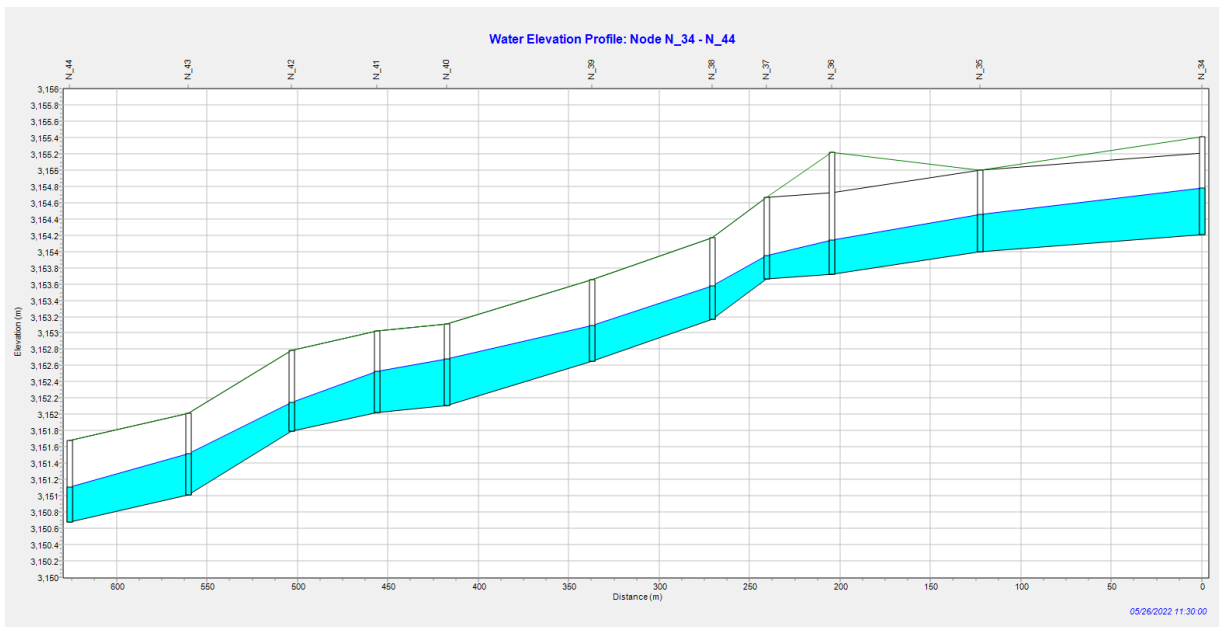
Fuente: propia

Figura 19: Tramo de nodo N_24 al N_34



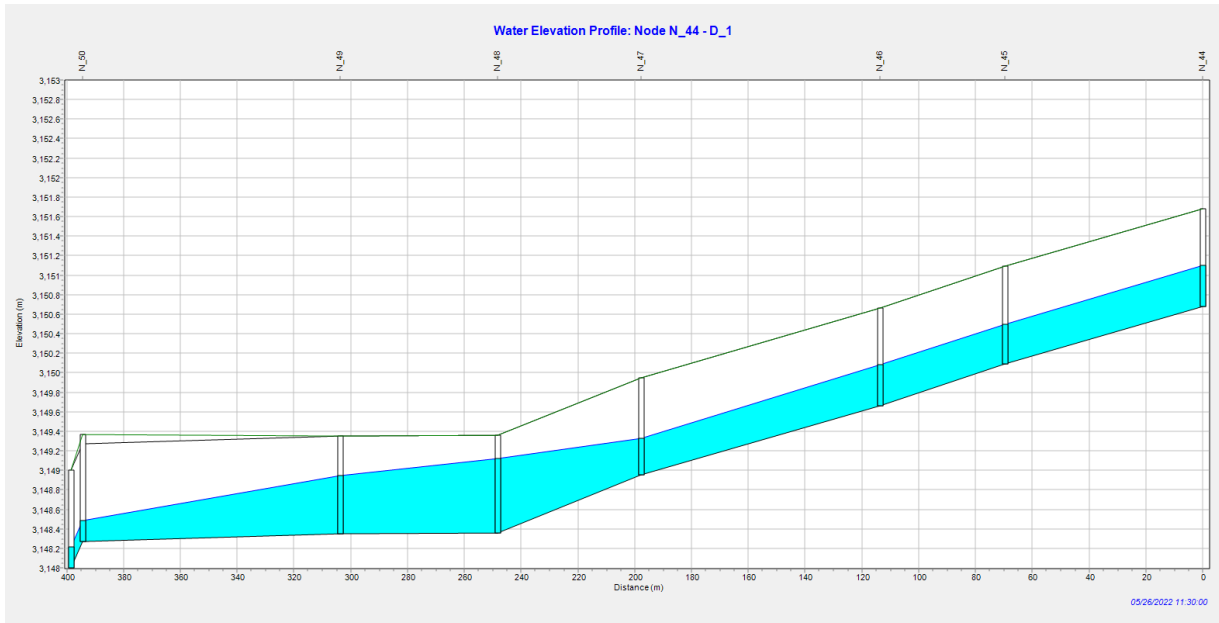
Fuente: propia

Figura 20: Tramo de nodo N_34 al N_44



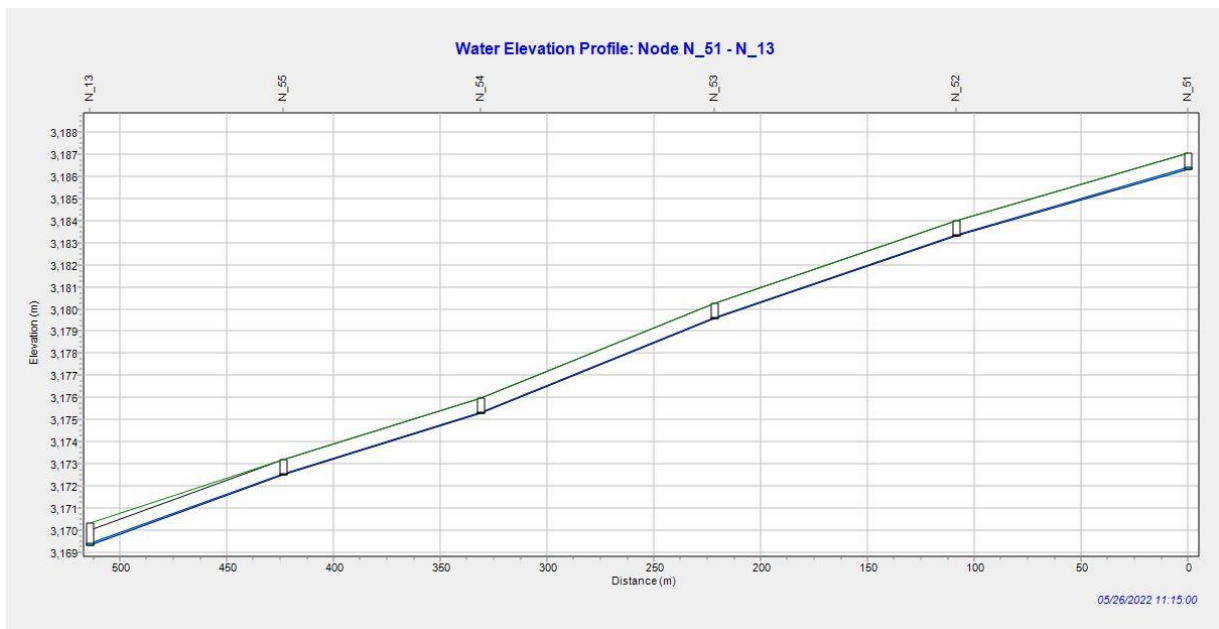
Fuente: propia

Figura 21: Tramo de nodo N_44 al D_1



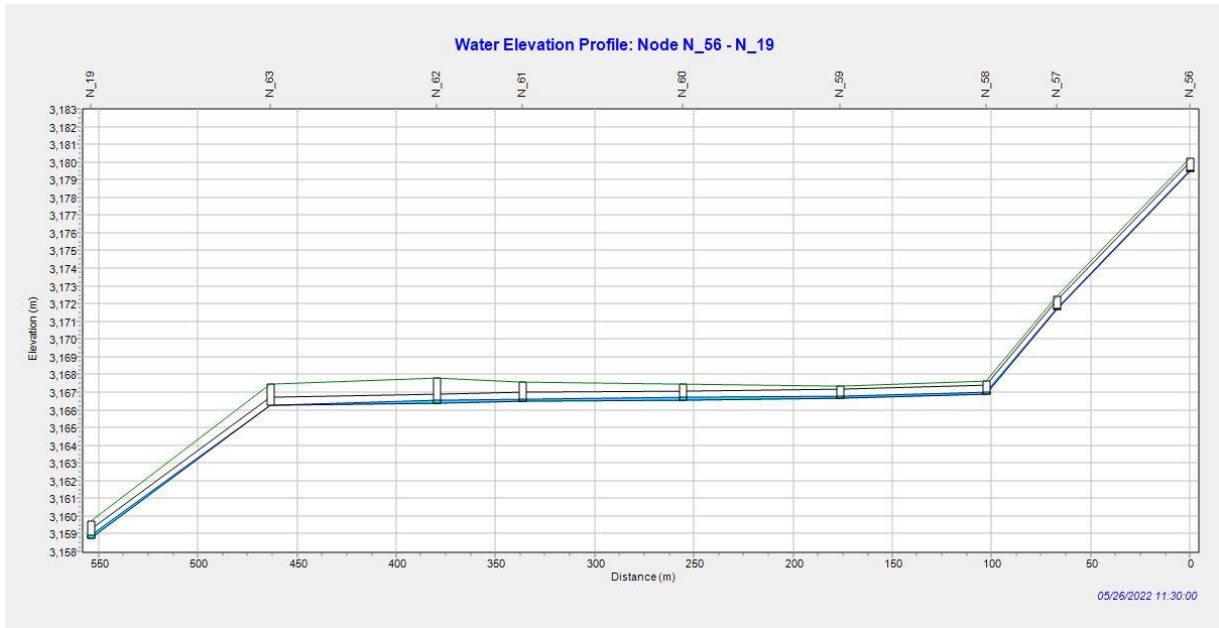
Fuente: propia

Figura 22: Tramo de nodo N_51 al N_13



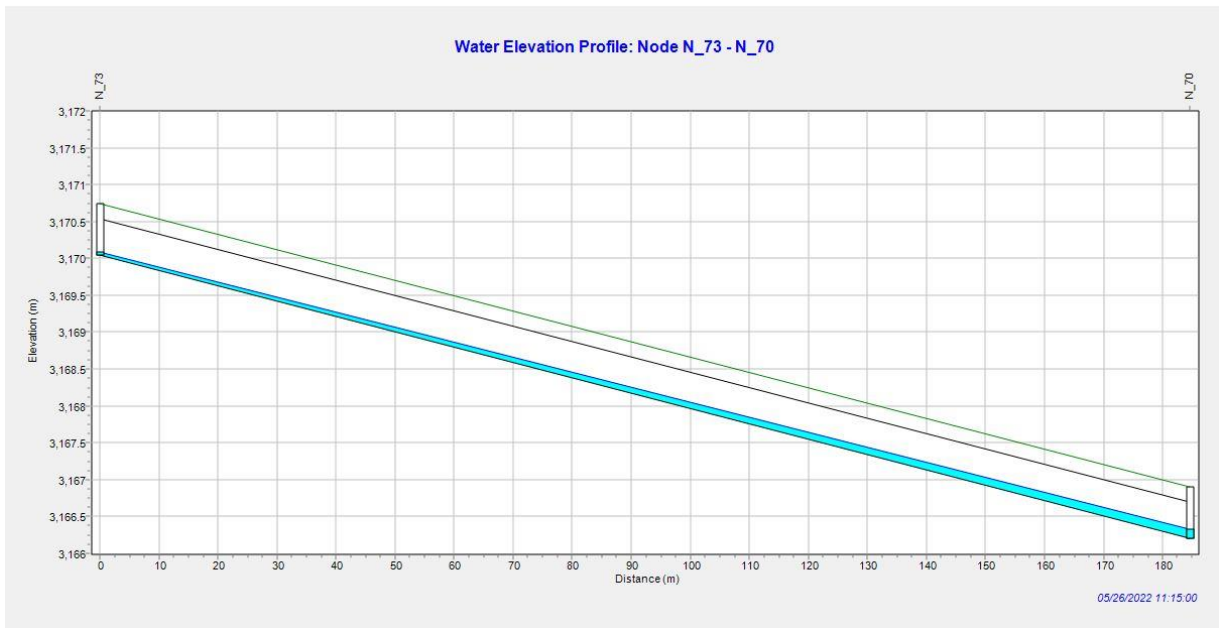
Fuente: propia

Figura 23: Tramo de nodo N_56 al N_19



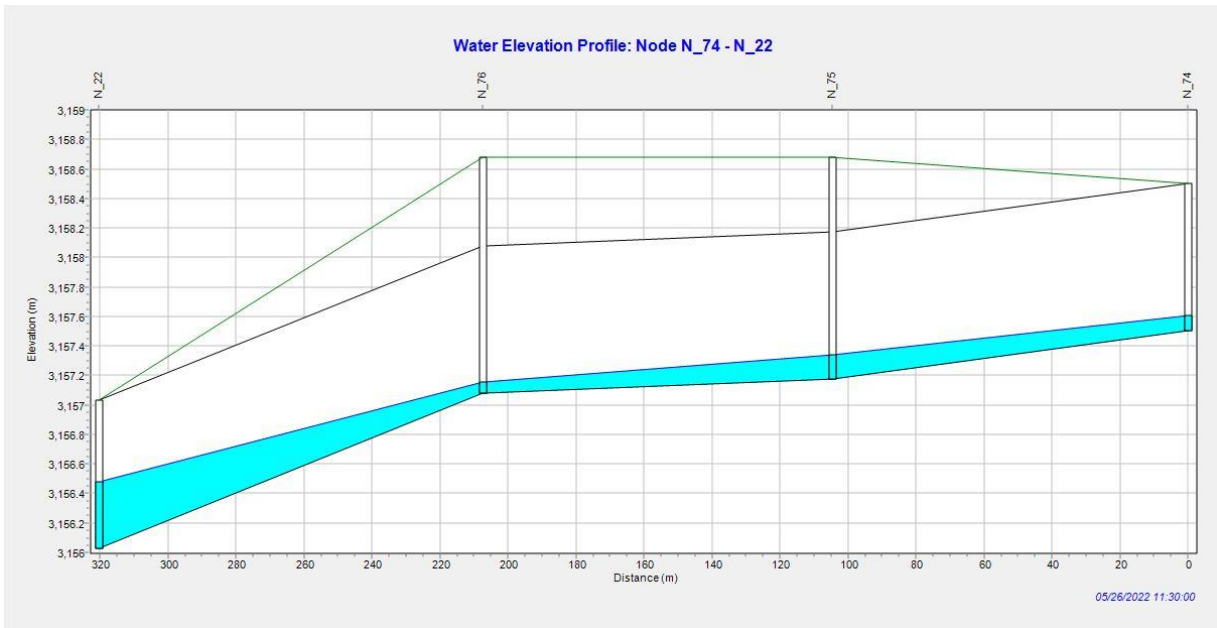
Fuente: propia

Figura 24: Tramo de nodo N_73 al N_70



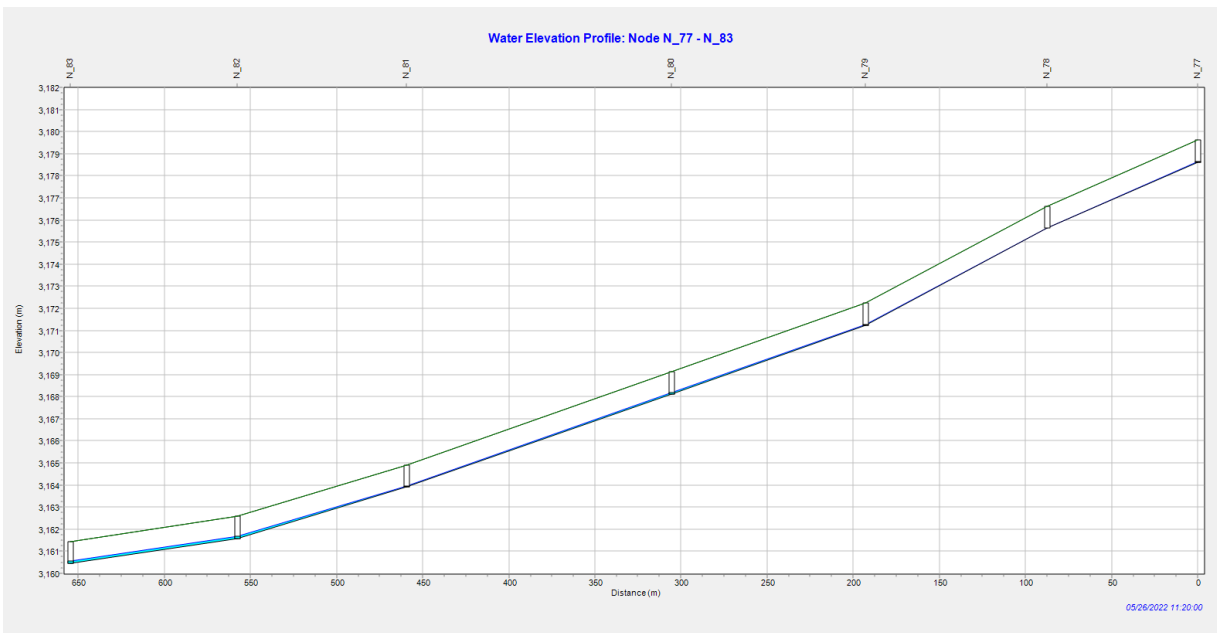
Fuente: propia

Figura 25: Tramo de nodo N_74 al N_22



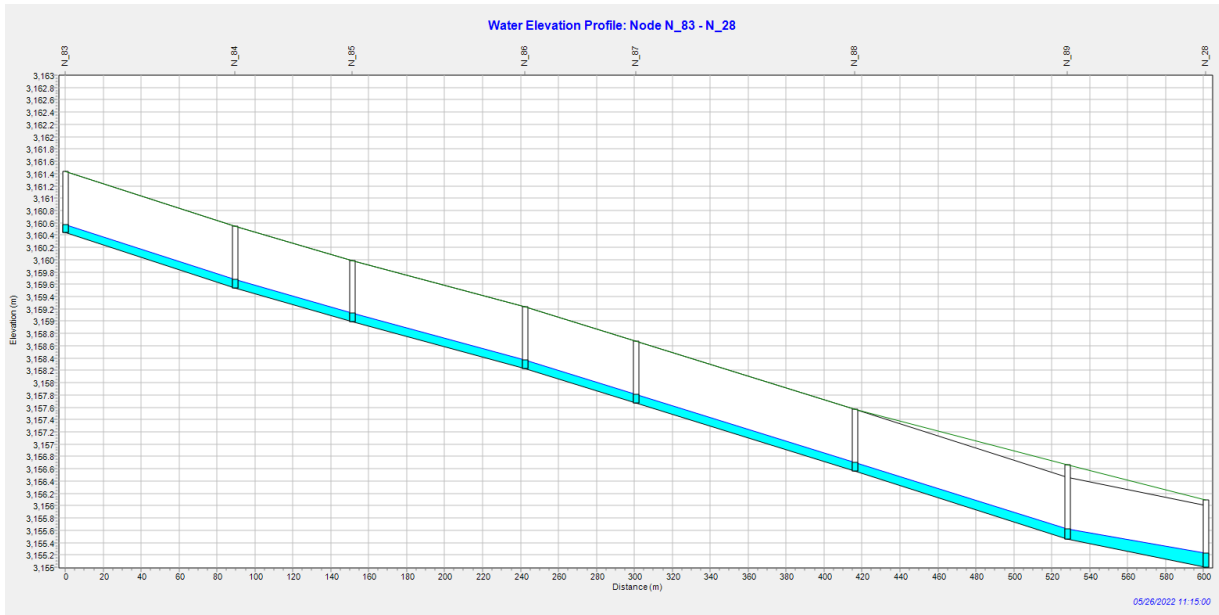
Fuente: propia

Figura 26: Tramo de nodo N_77 al N_83



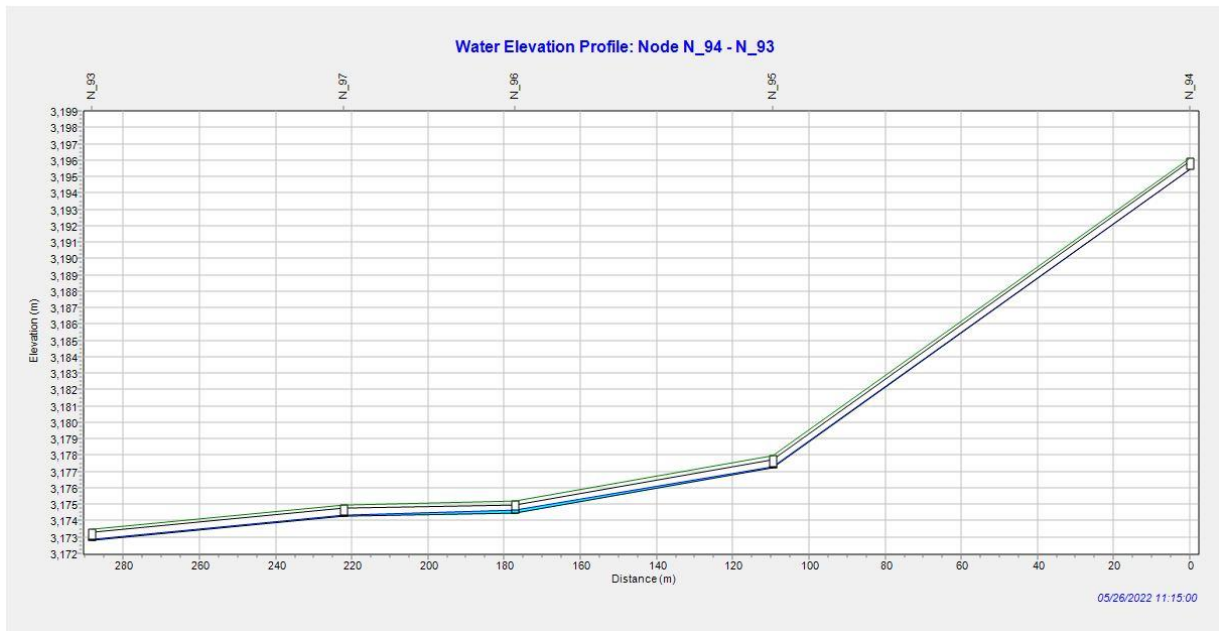
Fuente: propia

Figura 27: Tramo de nodo N_83 al N_28



Fuente: propia

Figura 28: Tramo de nodo N_94 al N_83



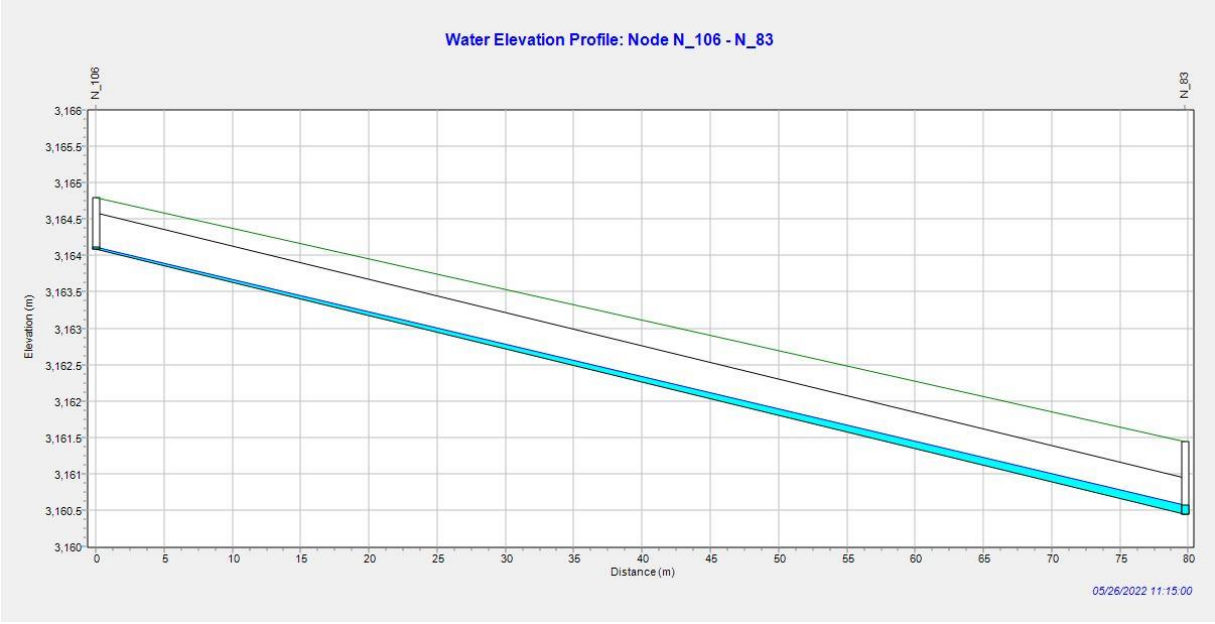
Fuente: propia

Figura 29: Tramo de nodo N_102 al N_100



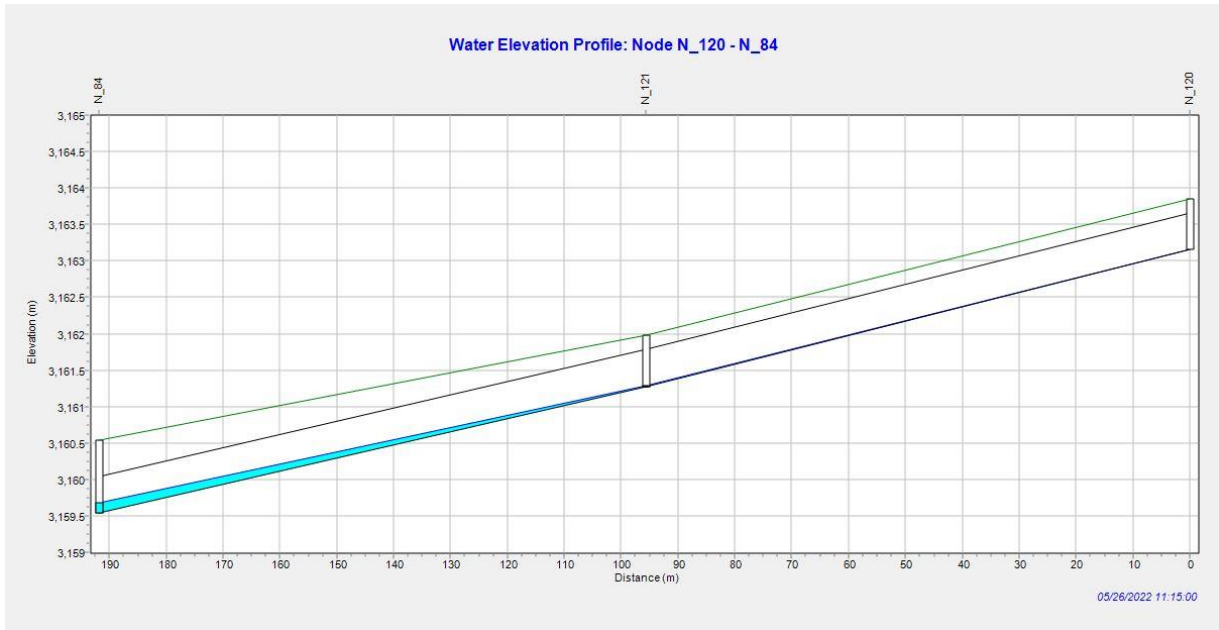
Fuente: propia

Figura 30: Tramo de nodo N_106 al N_83



Fuente: propia

Figura 31: Tramo de nodo N_120 al N_84



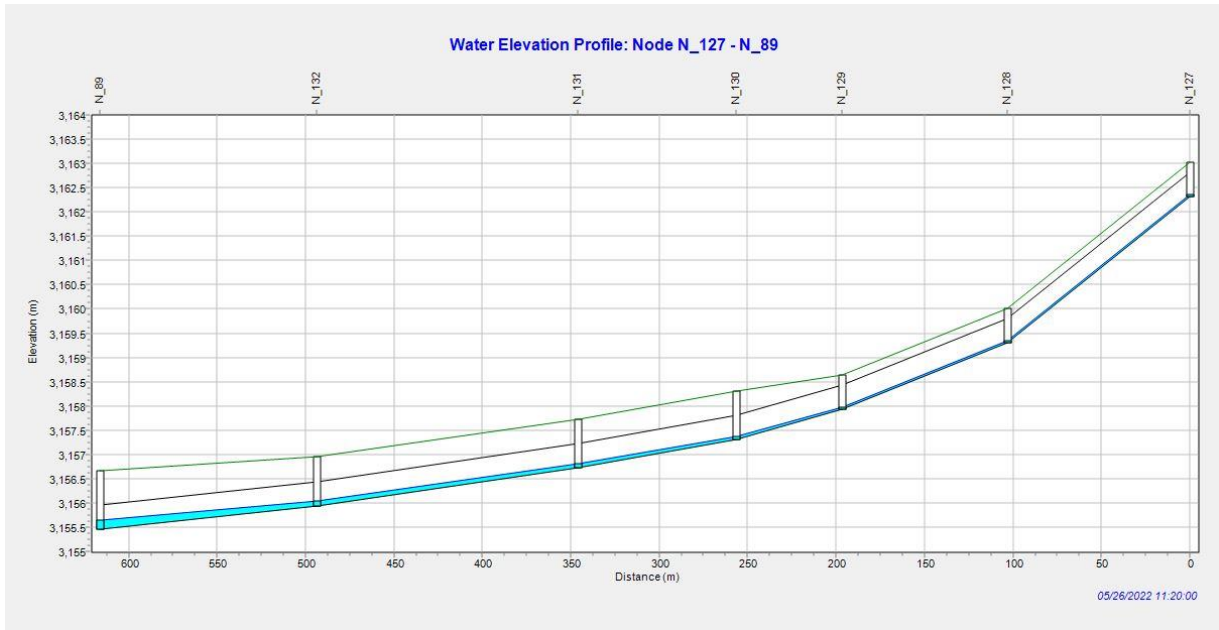
Fuente: propia

Figura 32: Tramo de nodo N_122 al N_87



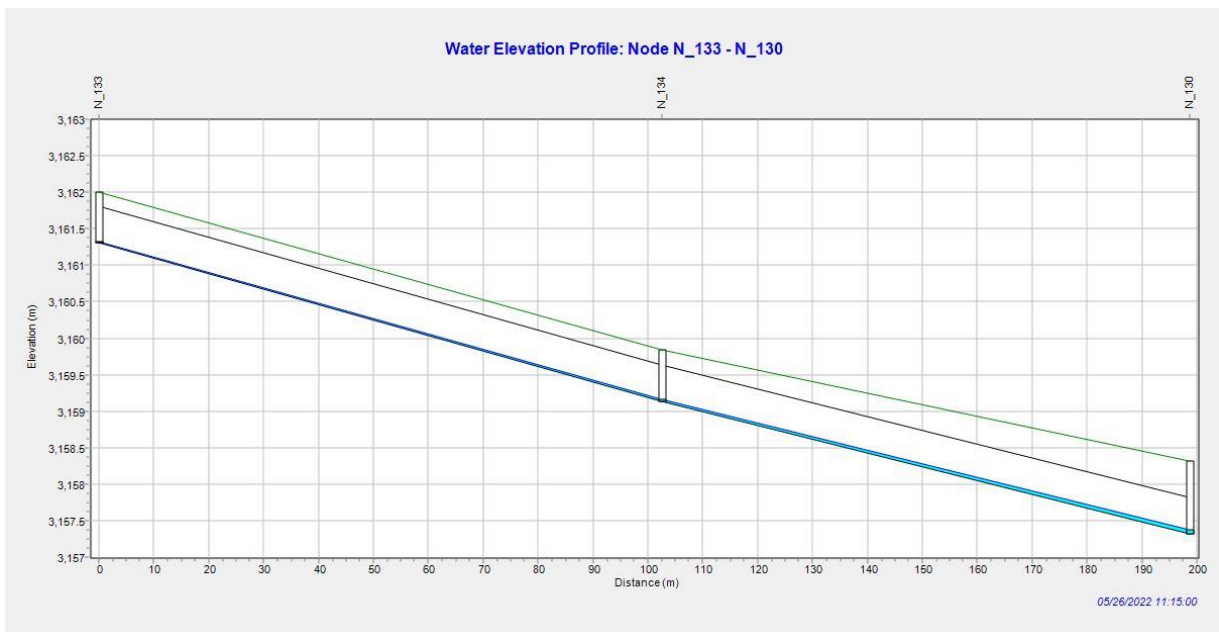
Fuente: propia

Figura 33: Tramo de nodo N_127 al N_89



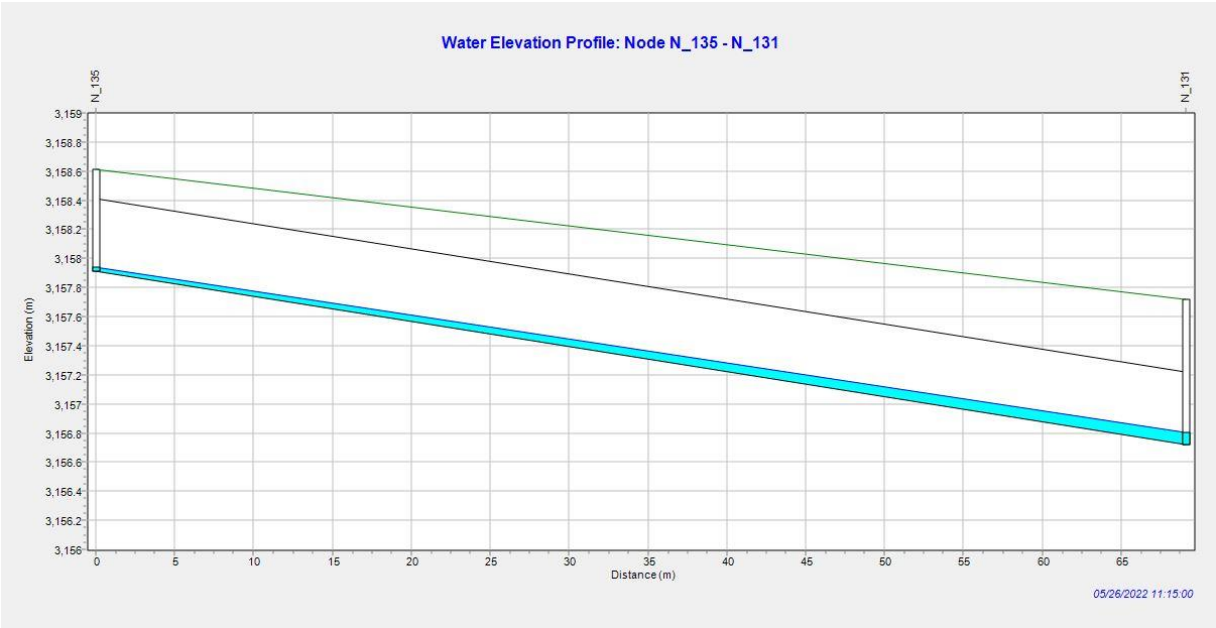
Fuente: propia

Figura 34: Tramo de nodo N_133 al N_130



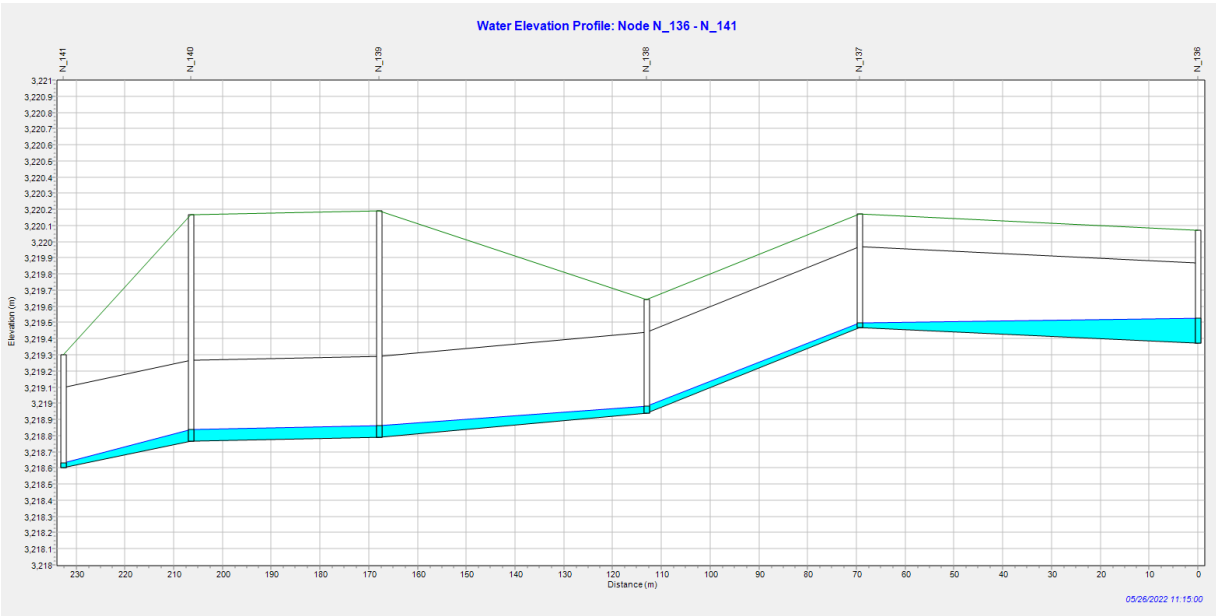
Fuente: propia

Figura 35: Tramo de nodo N_135 al N_131



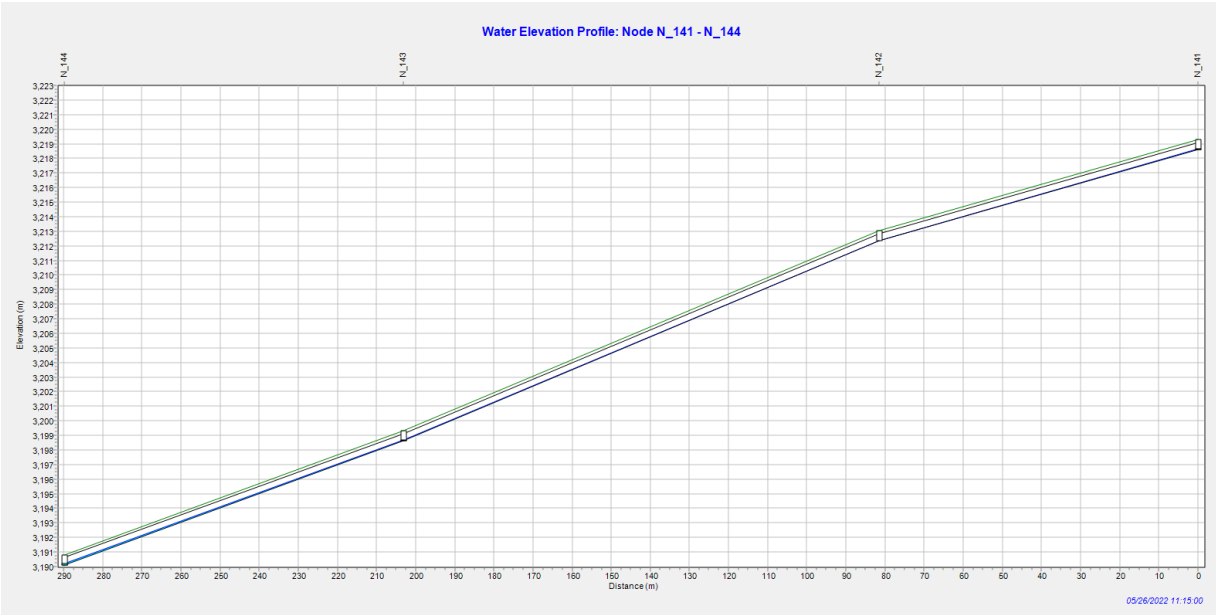
Fuente: propia

Figura 36: Tramo de nodo N_136 al N_141



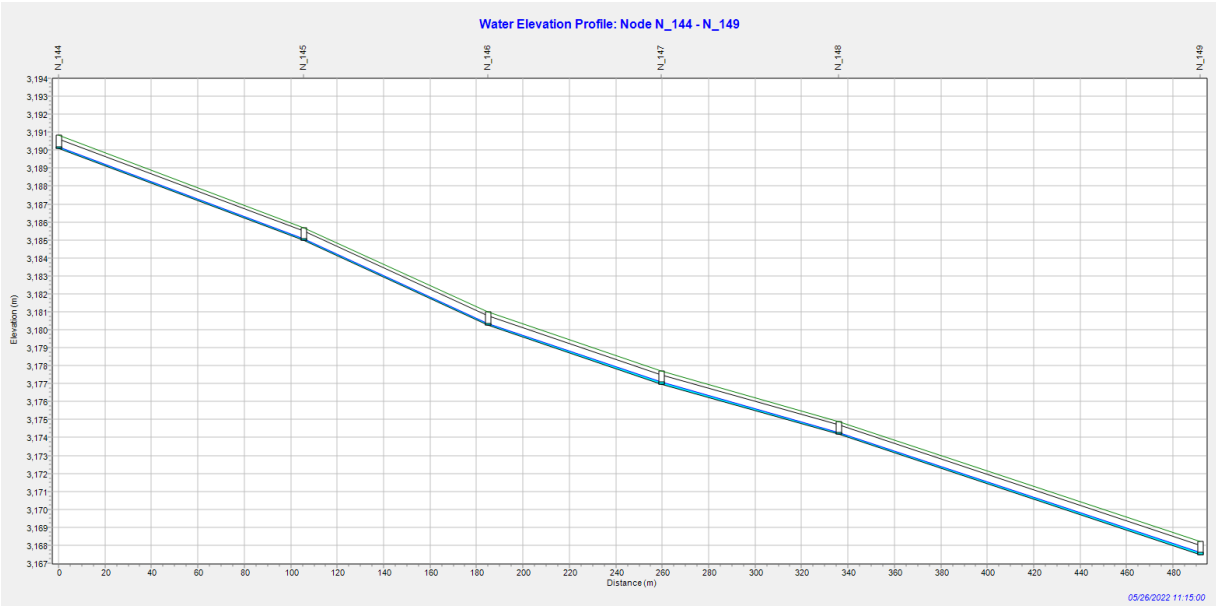
Fuente: propia

Figura 37: Tramo de nodo N_141 al N_144



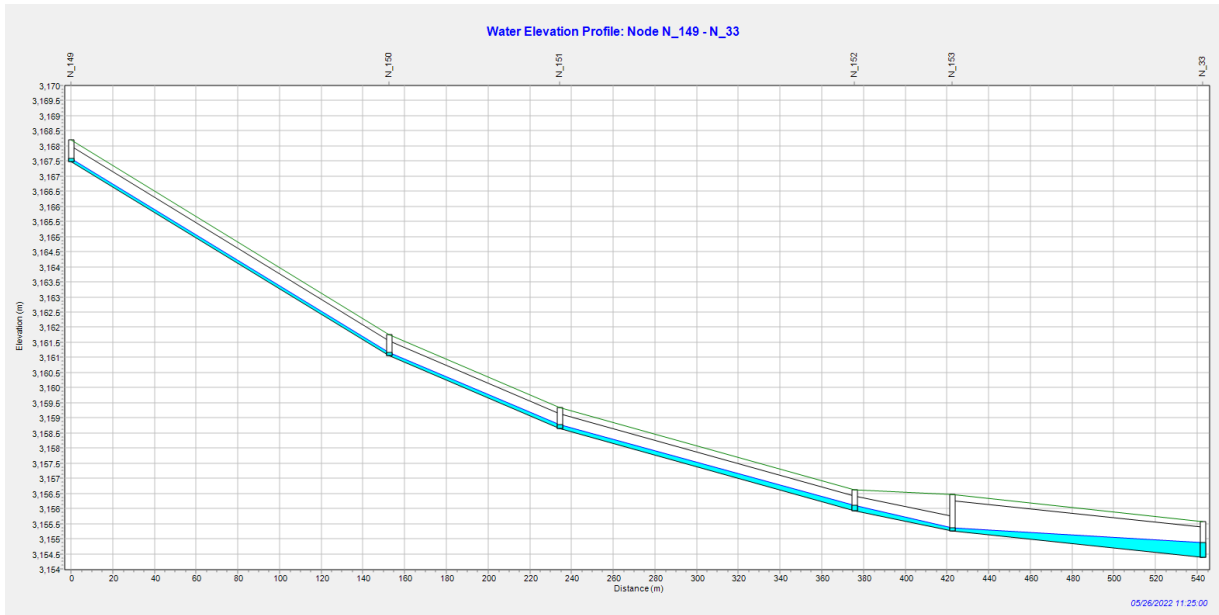
Fuente: propia

Figura 38: Tramo de nodo N_144 al N_149



Fuente: propia

Figura 39: Tramo de nodo N_149 al N_33



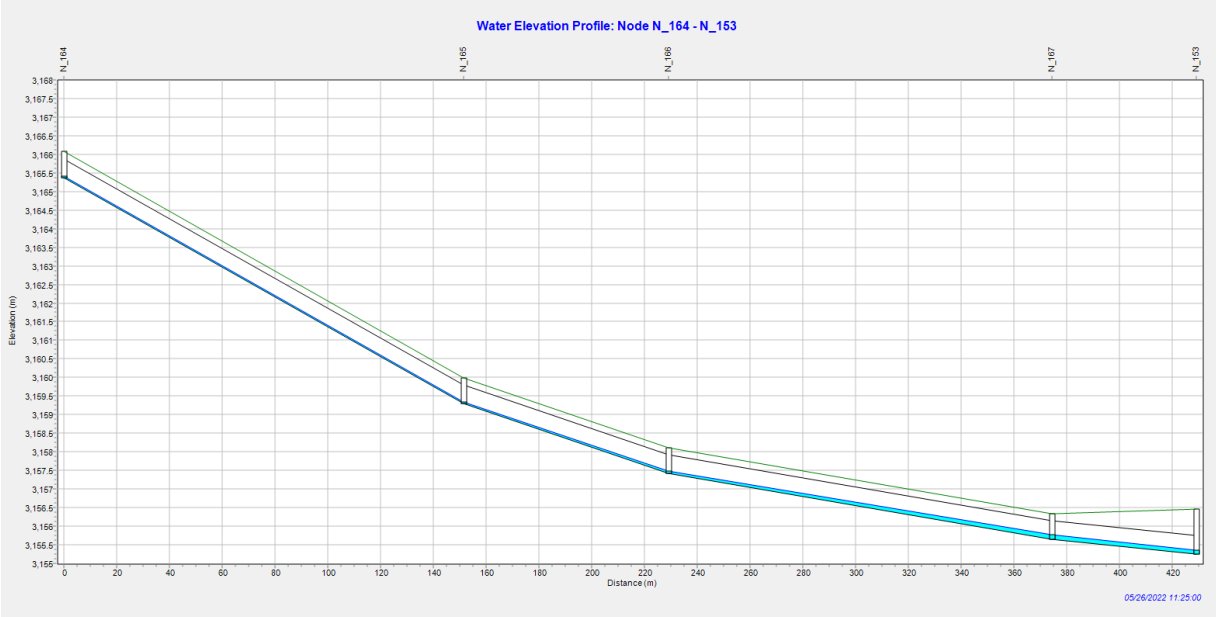
Fuente: propia

Figura 40: Tramo de nodo N_160 al N_164



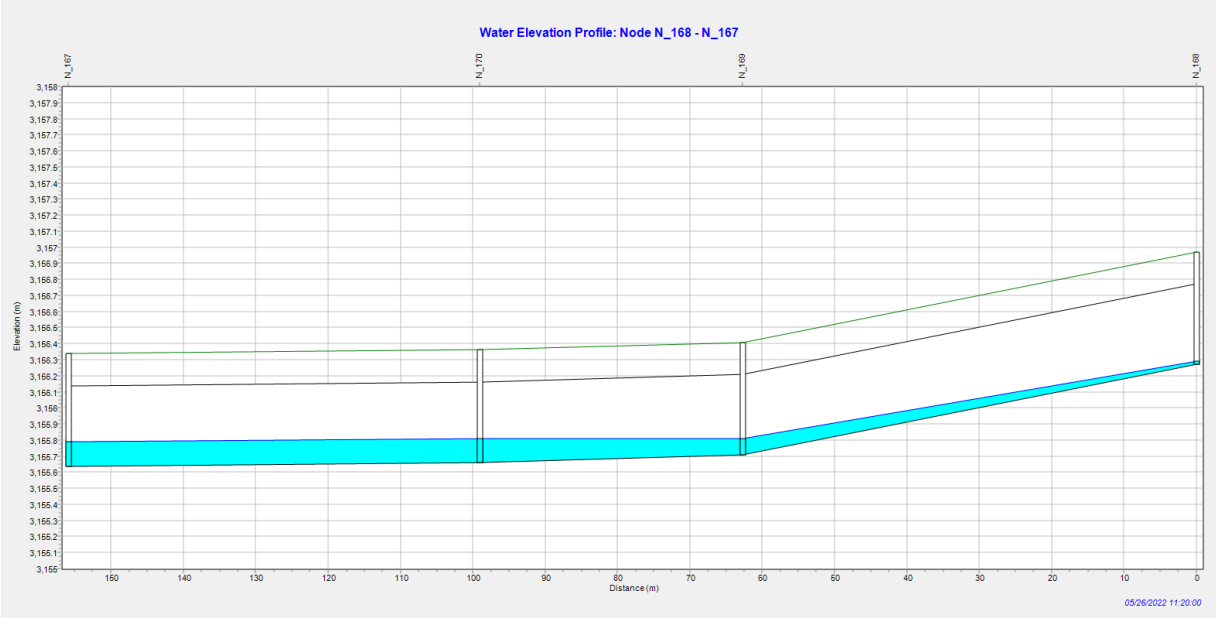
Fuente: propia

Figura 41: Tramo de nodo N_164 al N_153



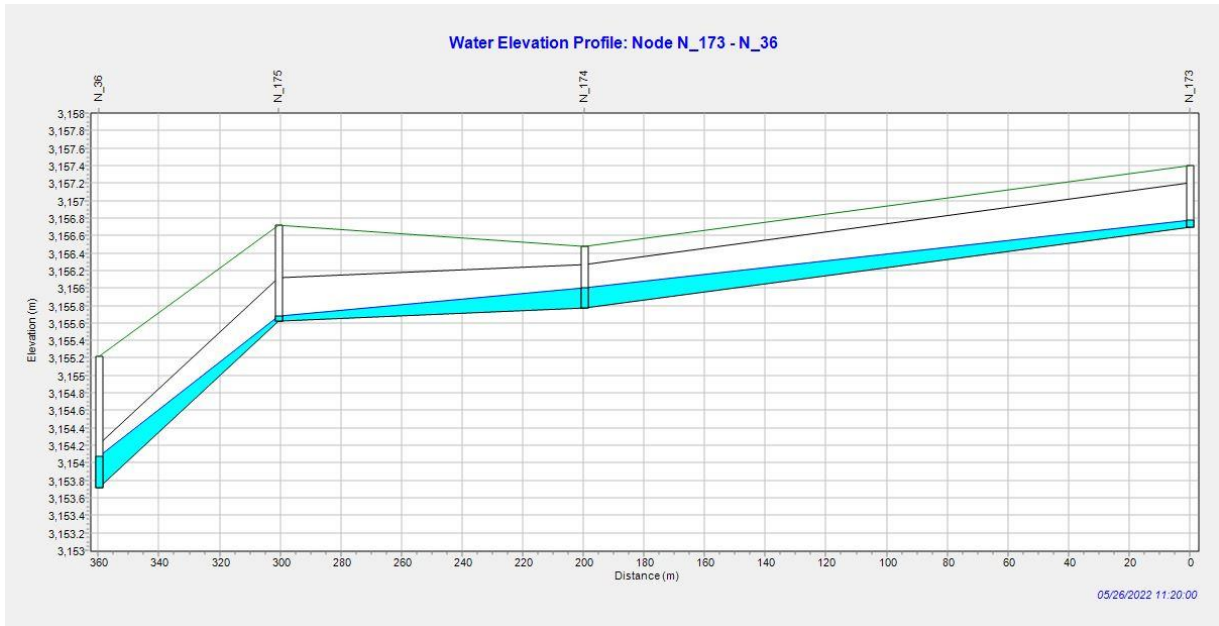
Fuente: propia

Figura 42: Tramo de nodo N_168 al N_167



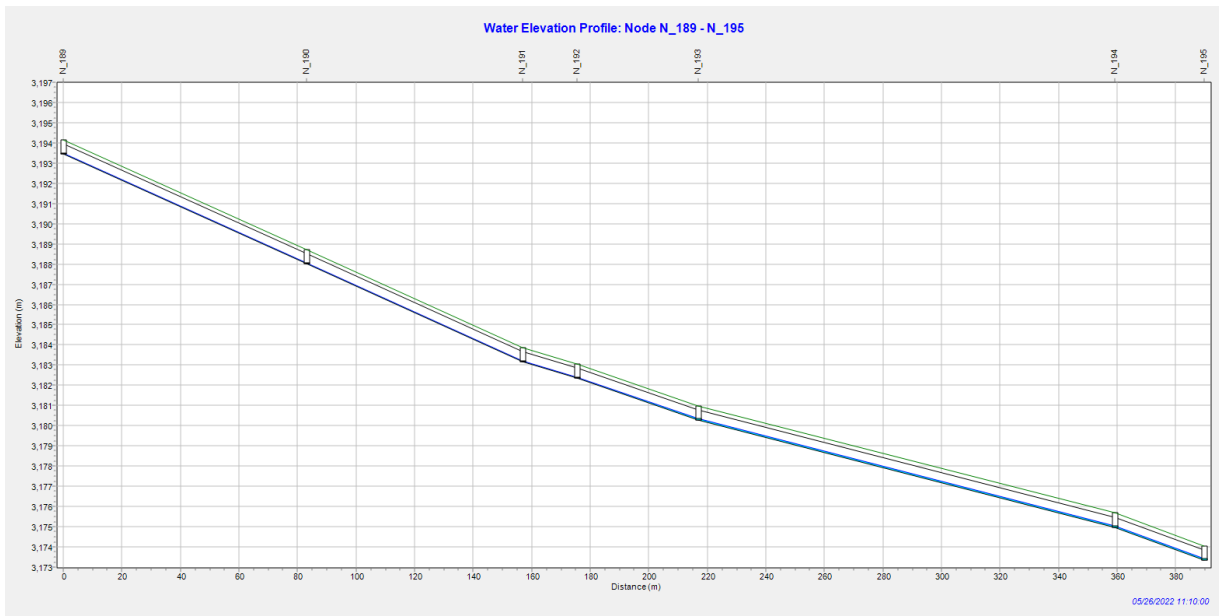
Fuente: propia

Figura 43: Tramo de nodo N_173 al N_36



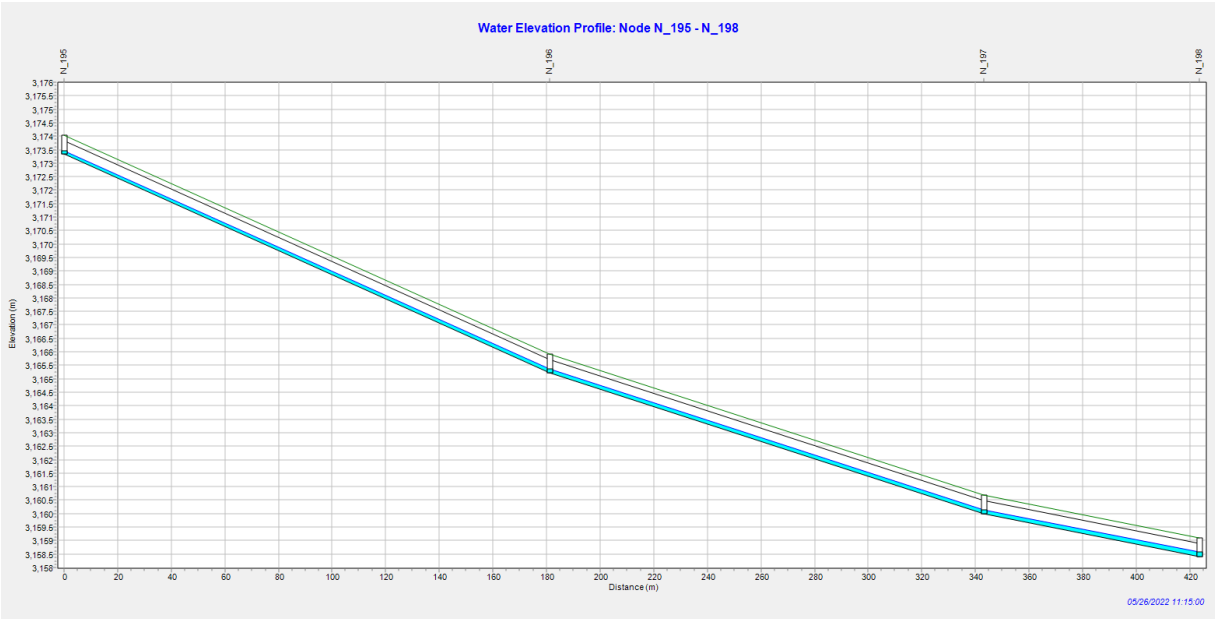
Fuente: propia

Figura 44: Tramo de nodo N_189 al N_195



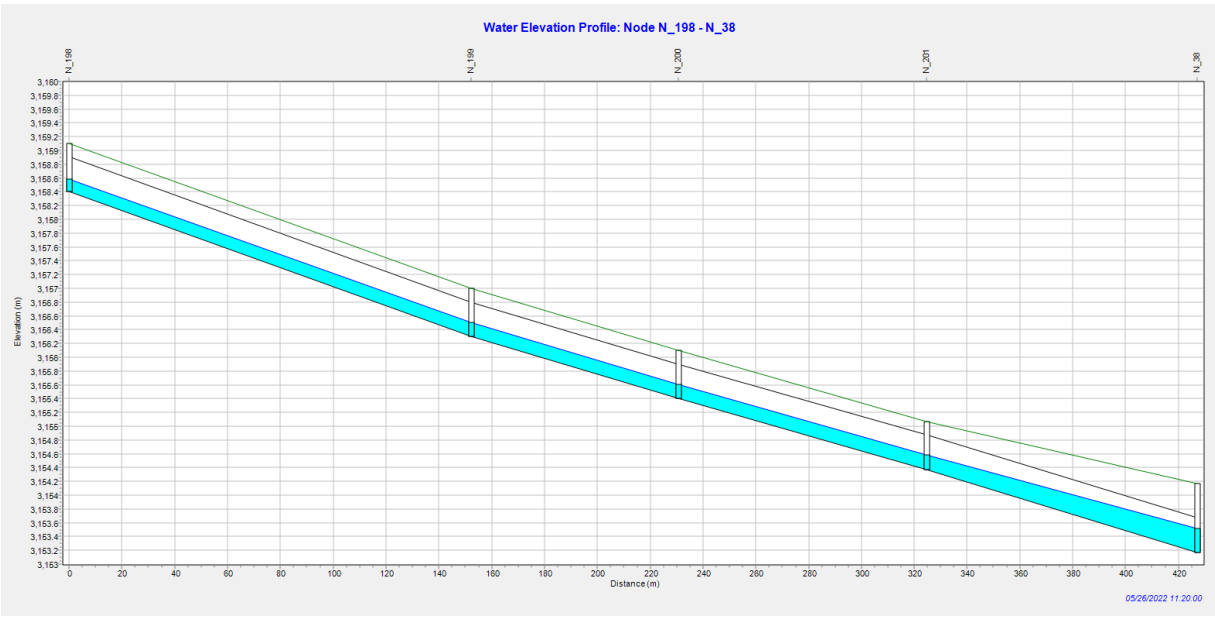
Fuente: propia

Figura 45: Tramo de nodo N_195 al N_198



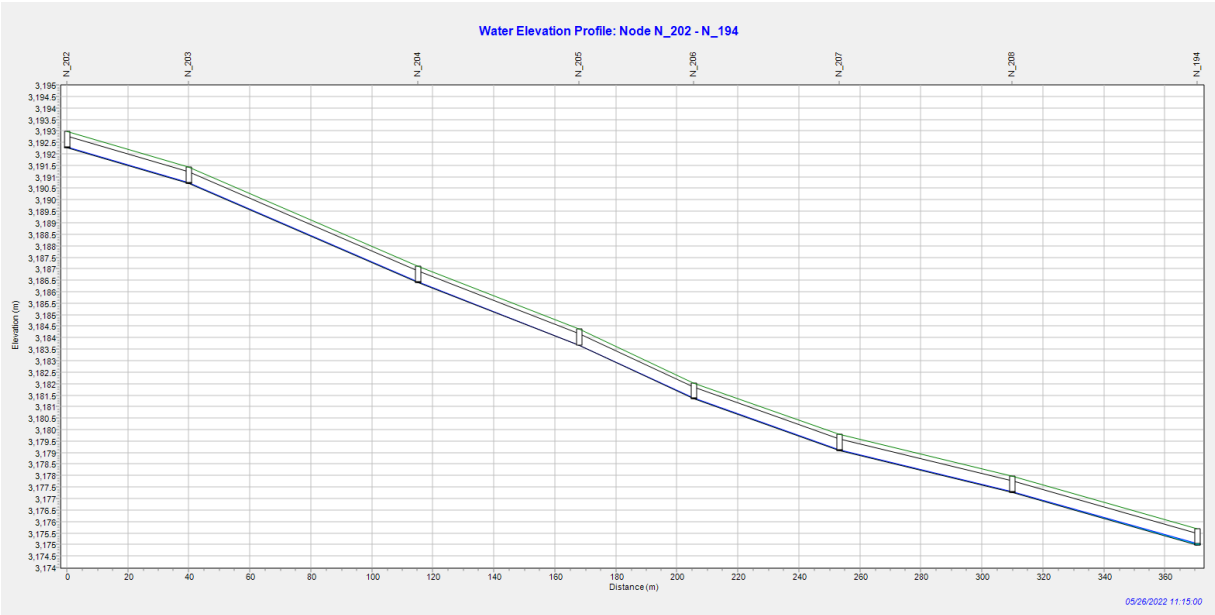
Fuente: propia

Figura 46: Tramo de nodo N_198 al N_38



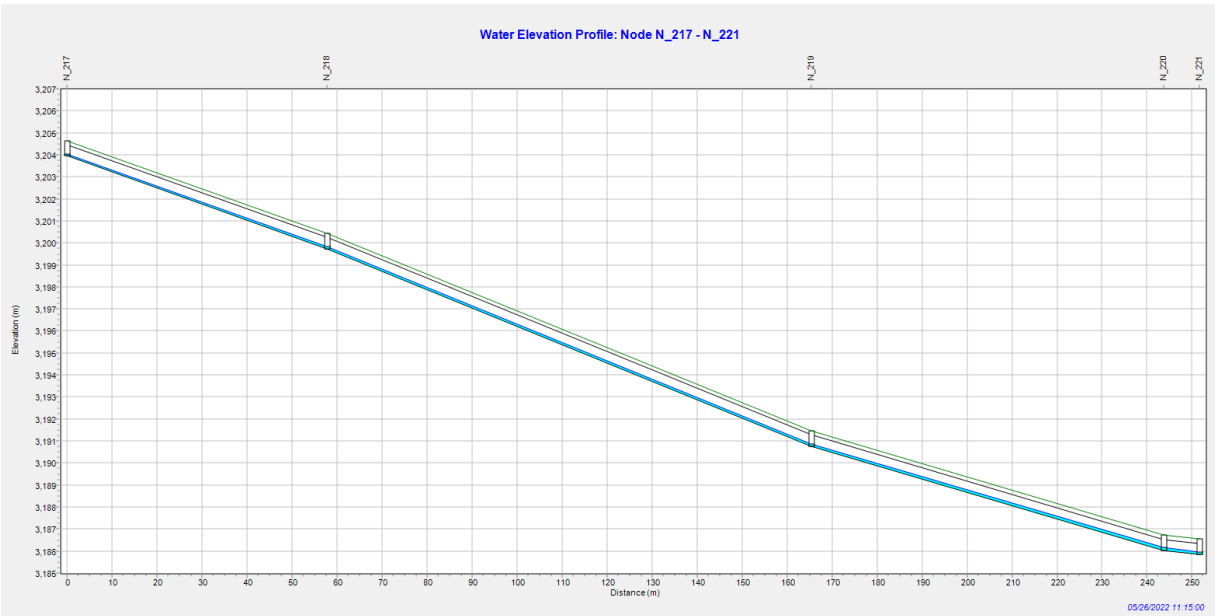
Fuente: propia

Figura 47: Tramo de nodo N_202 al N_194



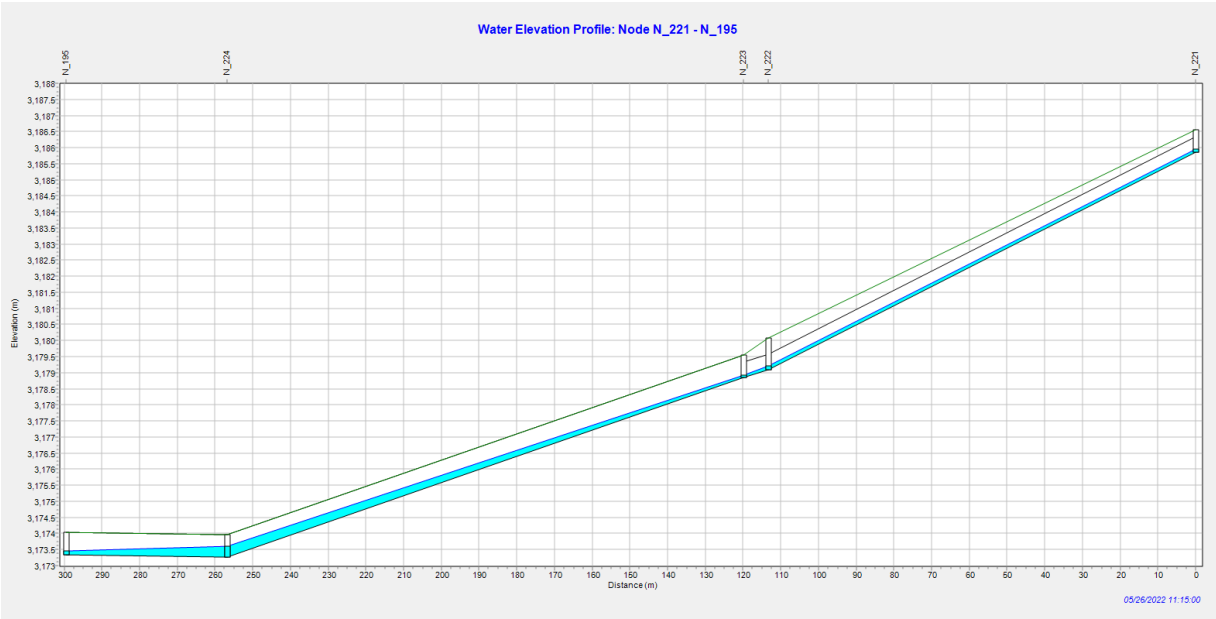
Fuente: propia

Figura 48: Tramo de nodo N_217 al N_221



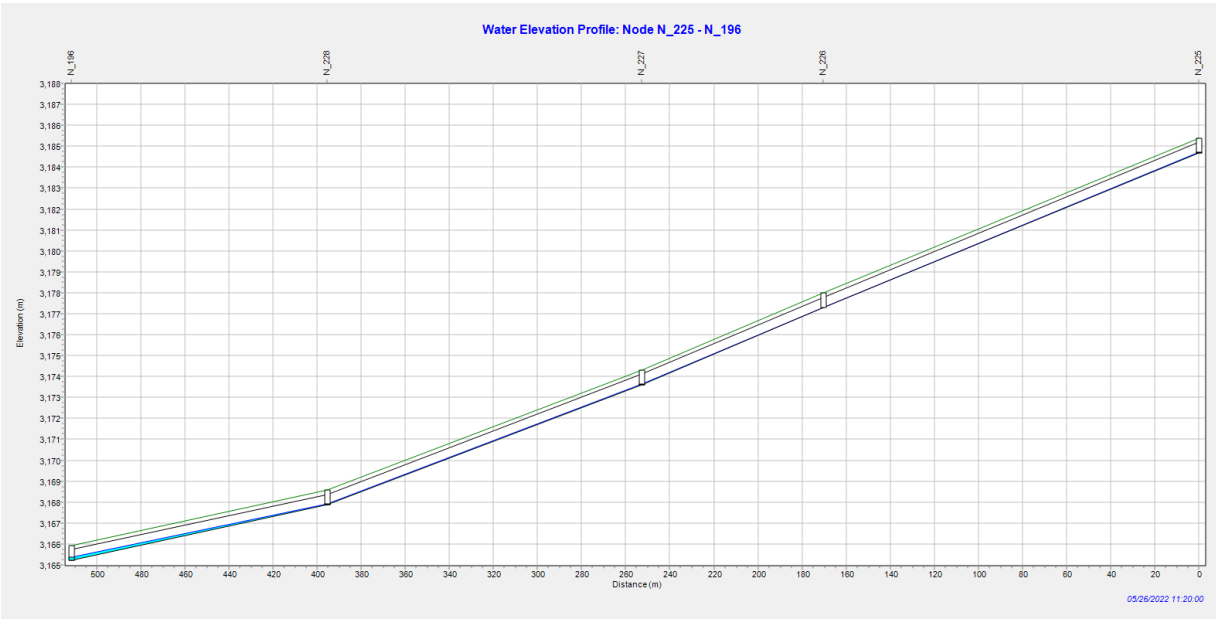
Fuente: propia

Figura 49: Tramo de nodo N_221 al N_195



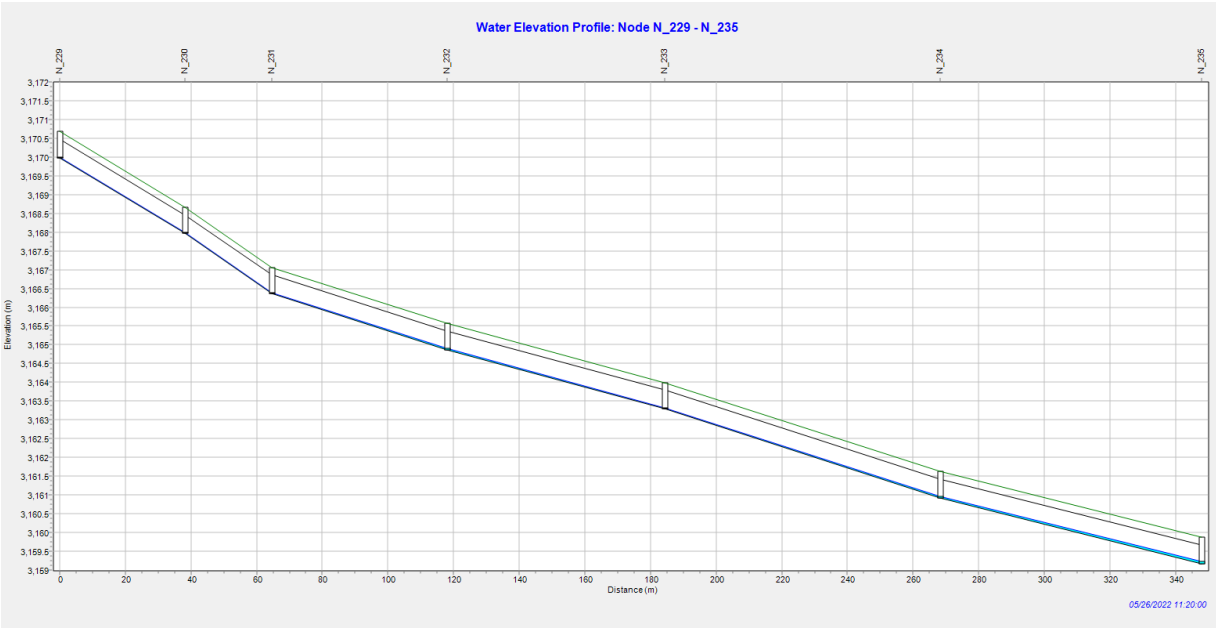
Fuente: propia

Figura 50: Tramo de nodo N_221 al N_195



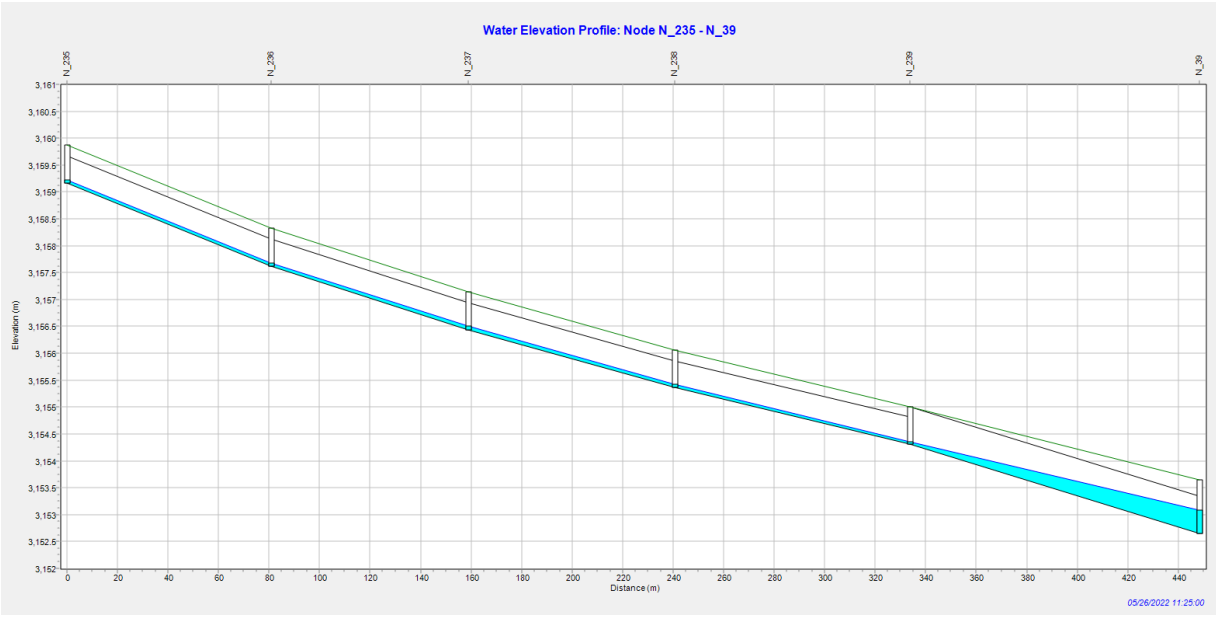
Fuente: propia

Figura 51: Tramo de nodo N_229 al N_235



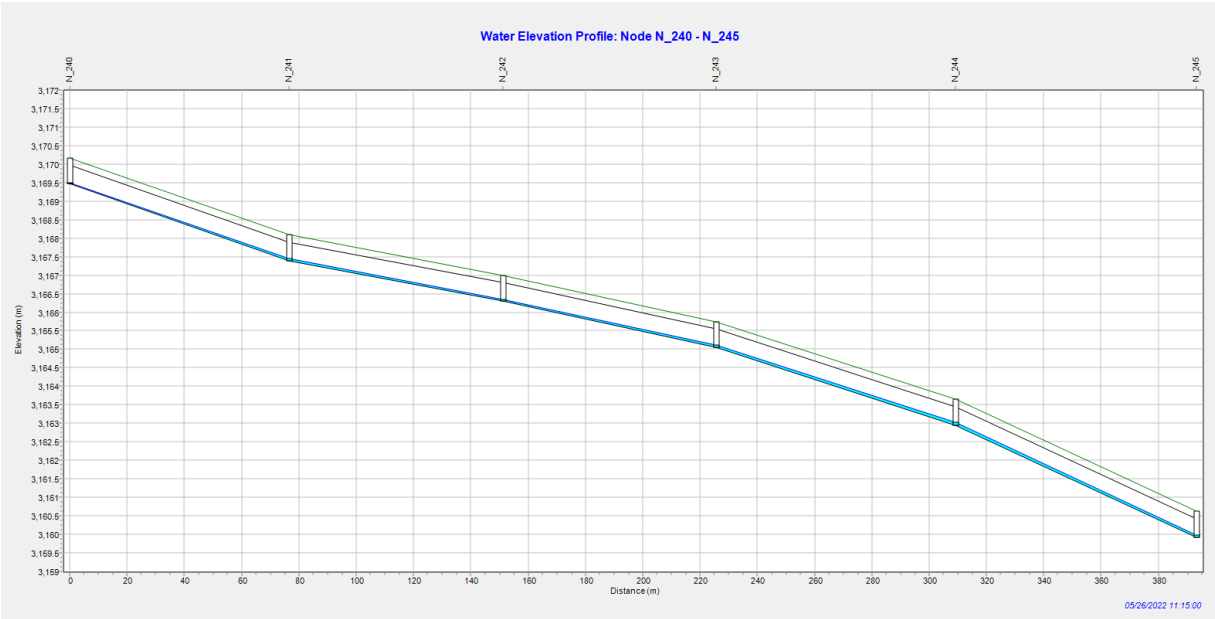
Fuente: propia

Figura 52: Tramo de nodo N_235 al N_39



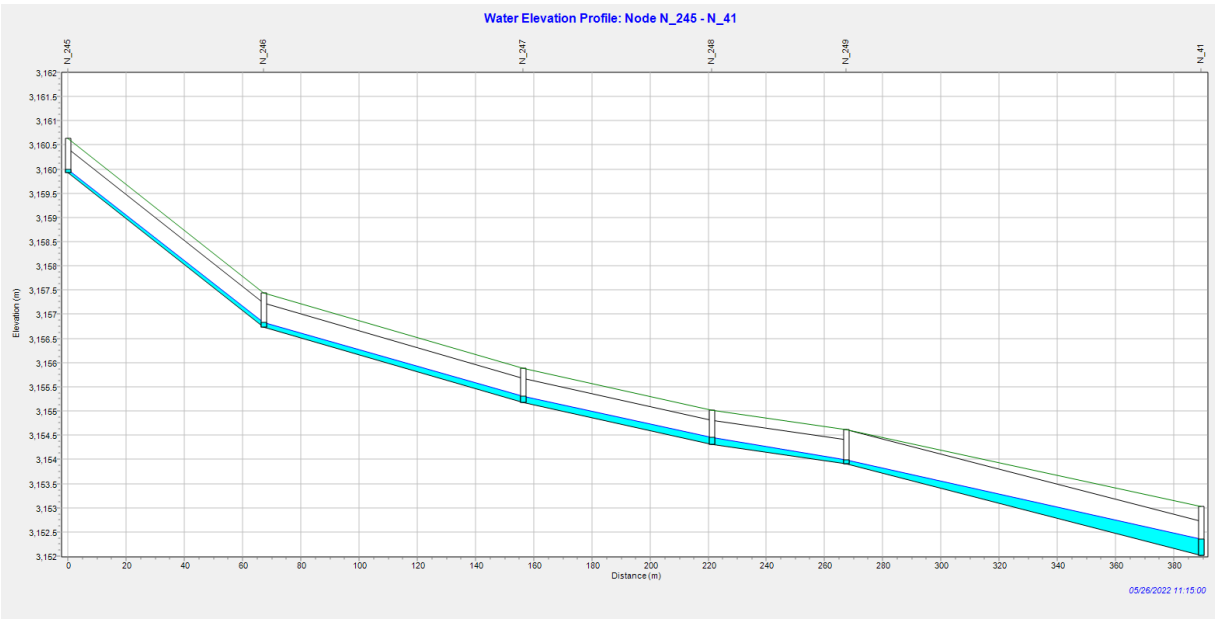
Fuente: propia

Figura 53: Tramo de nodo N_240 al N_245



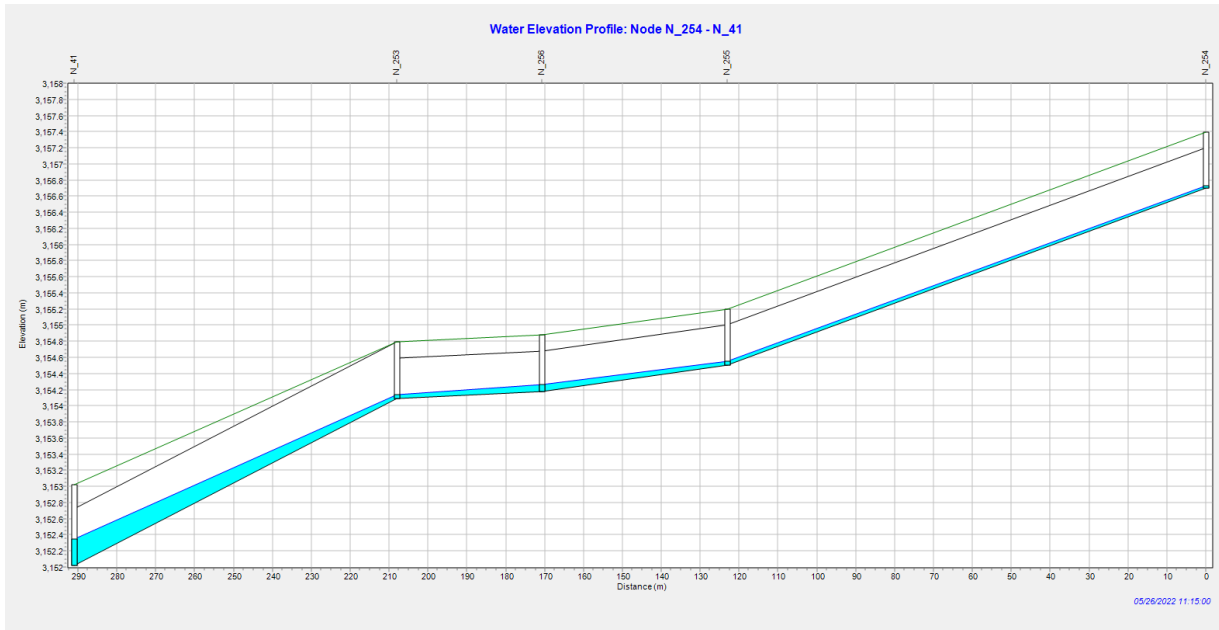
Fuente: propia

Figura 54: Tramo de nodo N_245 al N_41



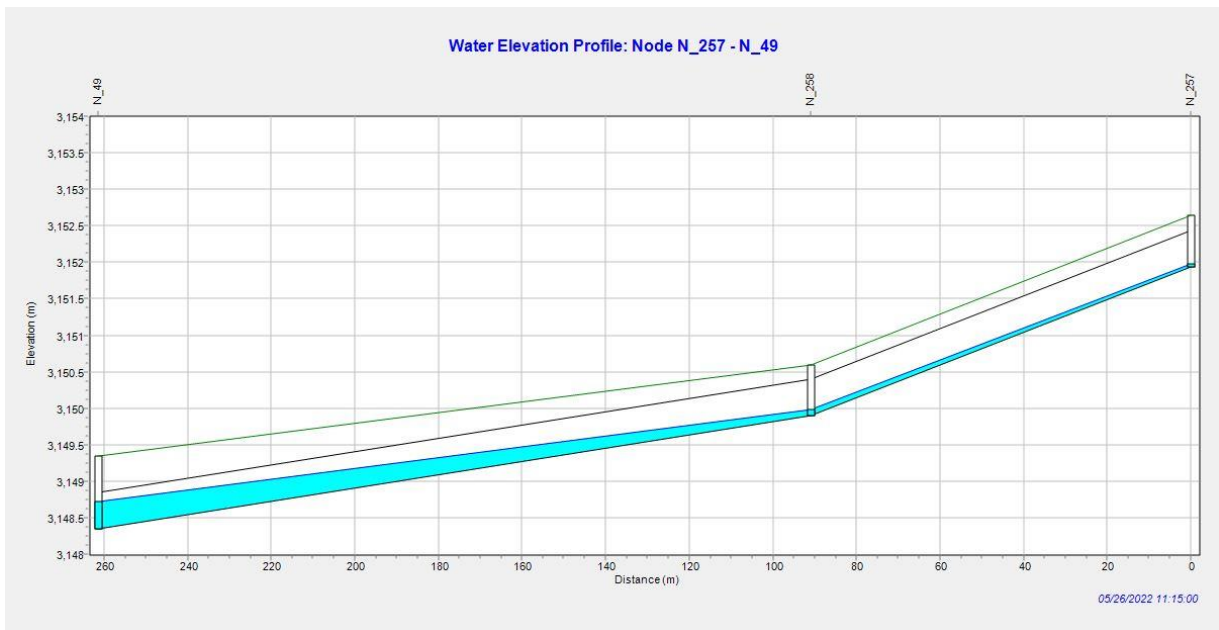
Fuente: propia

Figura 55: Tramo de nodo N_254 al N_41



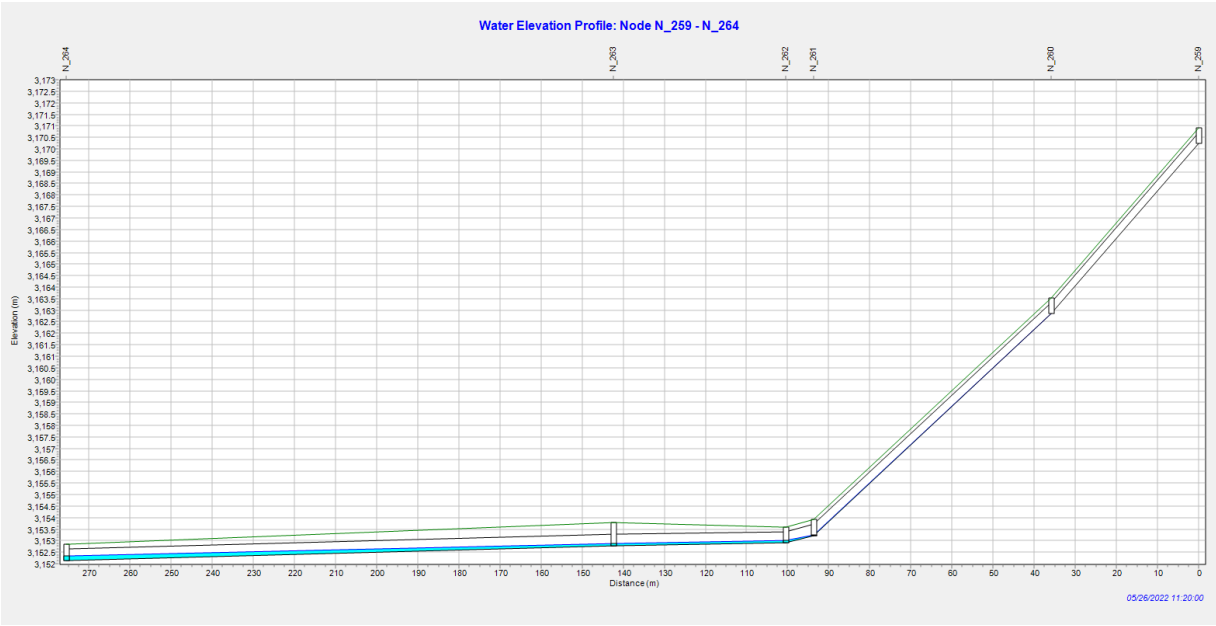
Fuente: propia

Figura 56: Tramo de nodo N_257 al N_49



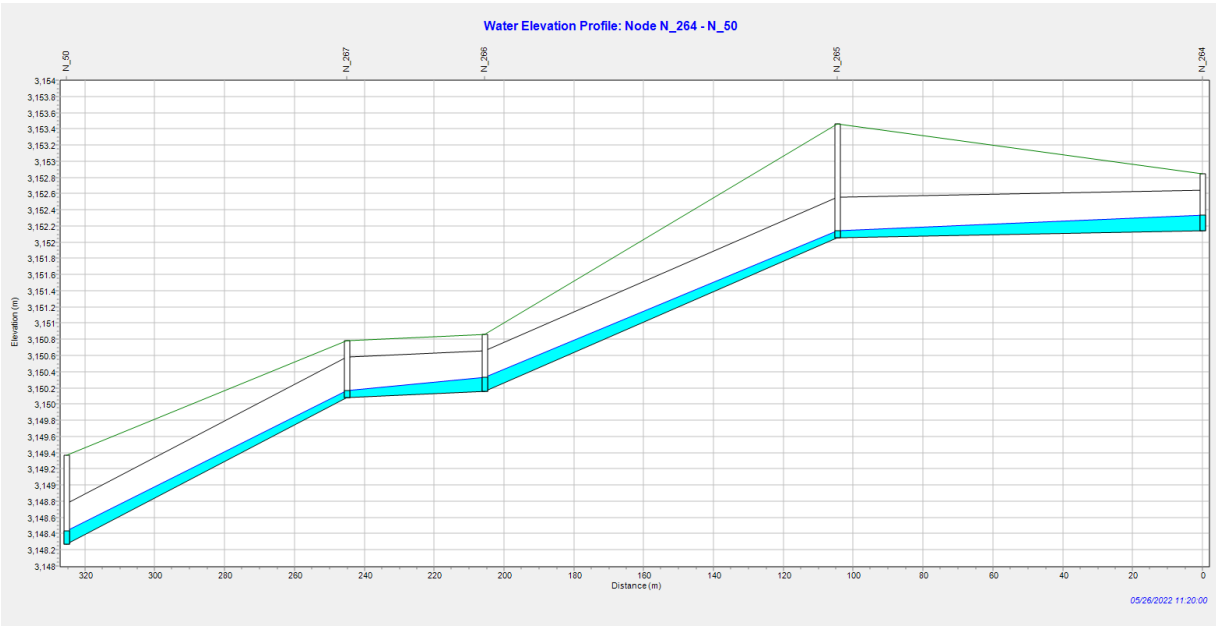
Fuente: propia

Figura 57: Tramo de nodo N_259 al N_264



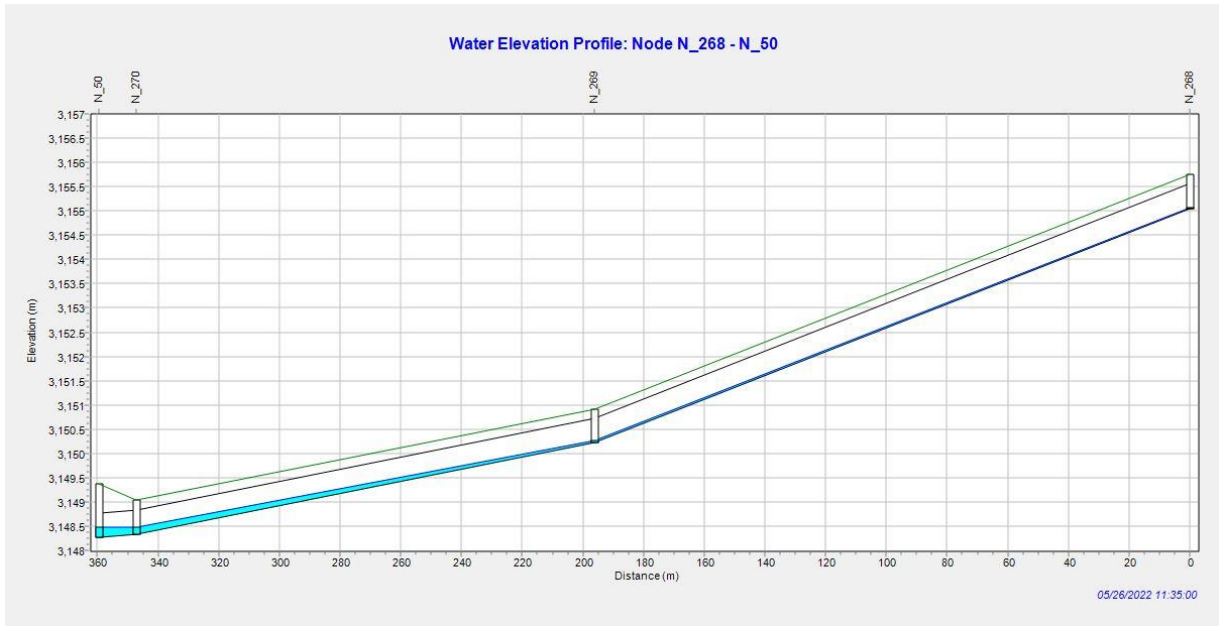
Fuente: propia

Figura 58: Tramo de nodo N_264 al N_50



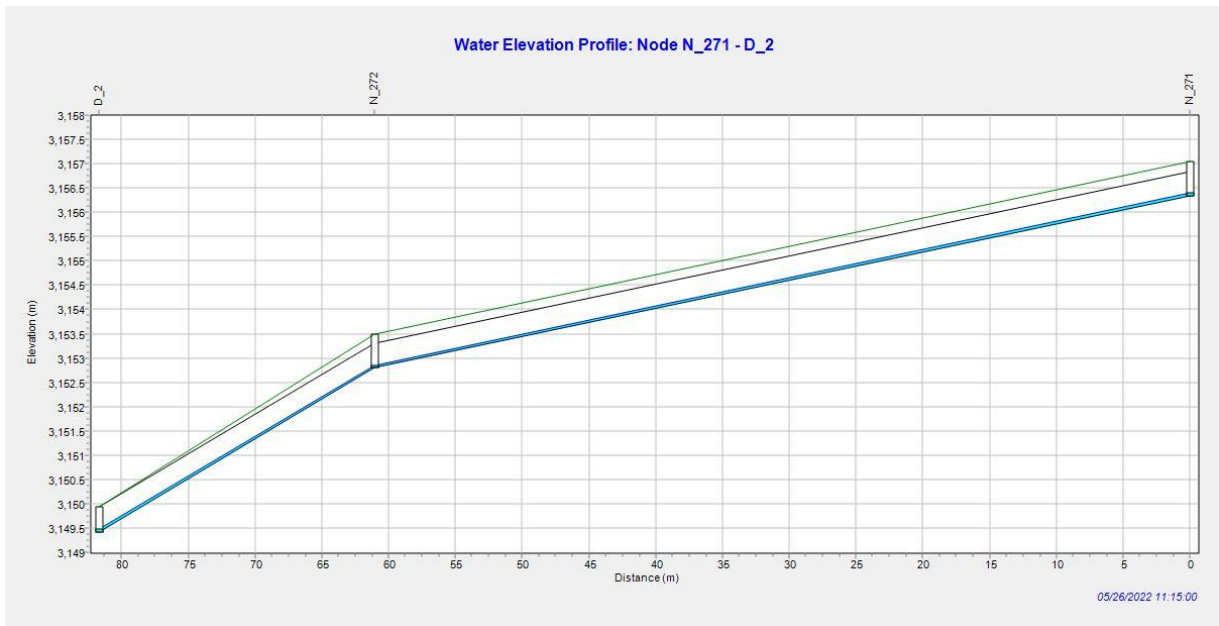
Fuente: propia

Figura 59: Tramo de nodo N_268 al N_50



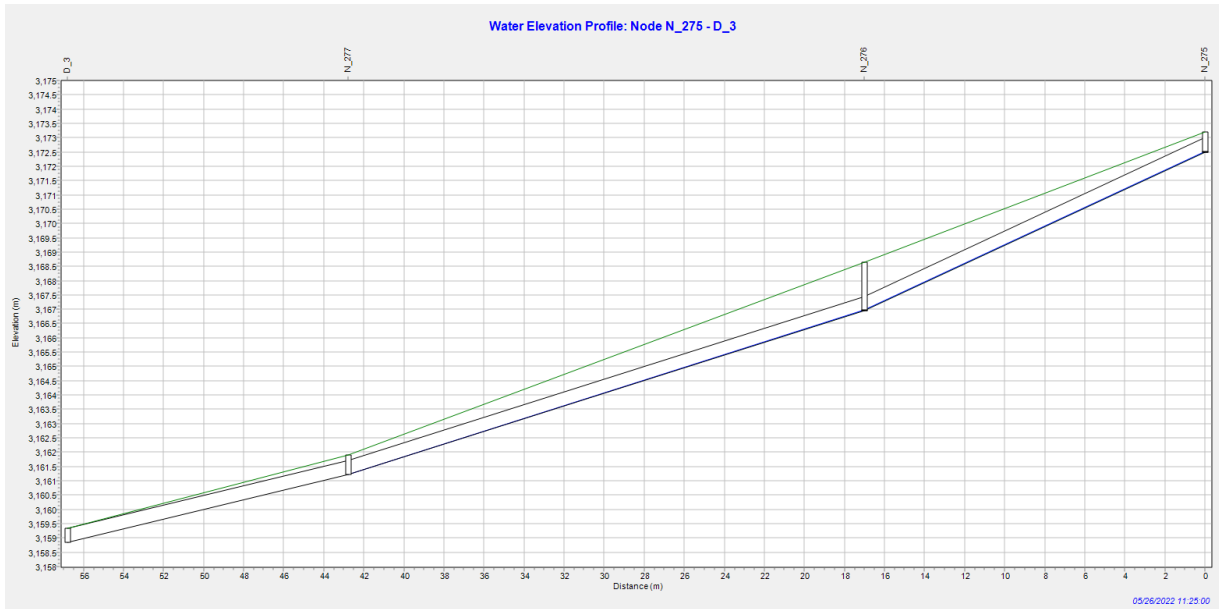
Fuente: propia

Figura 60: Tramo de nodo N_271 al D_02



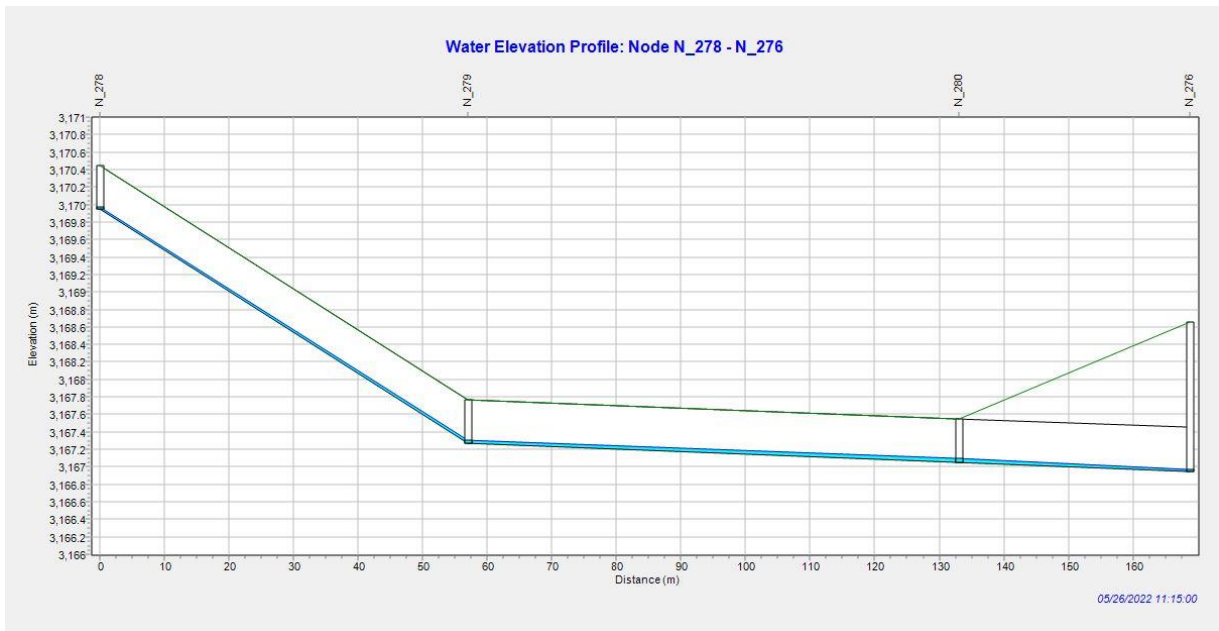
Fuente: propia

Figura 61: Tramo de nodo N_275 al D_3



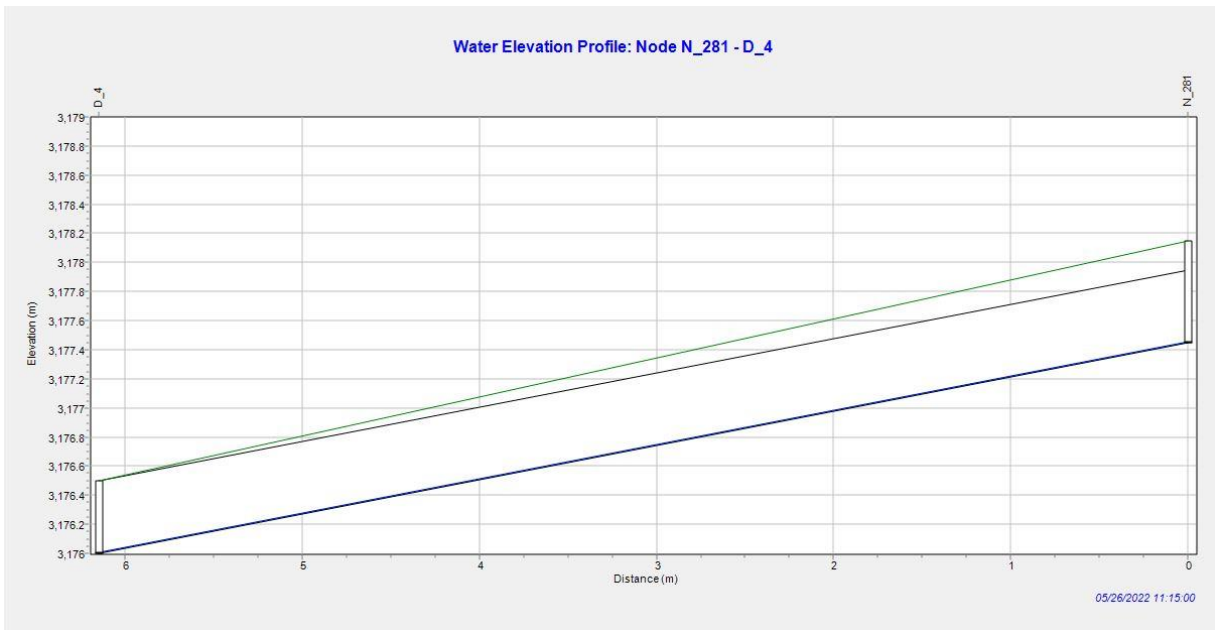
Fuente: propia

Figura 62: Tramo de nodo N_278 al N_276



Fuente: propia

Figura 63: Tramo de nodo N_276 al D_4



Fuente: propia

4.3. Diseño de componentes principales del sistema de drenaje pluvial urbano

4.3.1. Estructuras de captación de aguas pluviales

El diseño de este componente se realizará en función de una rejilla ya existente, y su comportamiento frente a la escorrentía superficial generada se definirá de acuerdo a la eficiencia del sumidero tipo S1, empleando las ecuaciones descritas en el marco teórico.

Así mismo, los buzones y buzonetas serán presentados considerando un plano estándar, puesto que solo sirven como estructuras de convergencia del caudal recolectado en los puntos de sumideros y para el mantenimiento de los mismos.

De acuerdo al caudal que captan estas estructuras, en este caso las rejillas, se consideraron dimensiones variables (35x50cm, 50x80cm y 50x120cm). Ver Anexo 07. Para el cálculo de su eficiencia se calculan ciertos parámetros que van de acorde al dimensionamiento de estas:

Cuadro 22: Cálculo de parámetros de eficiencia de rejillas según dimensiones

Parámetro	Dimensiones					
	35cm x 50cm	Und.	50cm x 80cm	Und.	50cm x 120cm	Und.
B =	0.5232	m	0.585	m	0.884	m
nl=	3	-	4	-	4	-
nt=	9	-	14	-	22	-
nd=	0	-	0	-	0	-
Ag=	0.1592	m ²	0.376	m ²	0.568	m ²
Ahuecos=	0.1082	m ²	0.262	m ²	0.393	m ²
P=	67.96	%	69.78	%	69.23	%
A=	0.232	m ²	0.324	m ²	0.376	m ²
Anch=	0.35	cm	0.50	cm	0.50	cm
Logn=	0.50	cm	0.80	cm	1.20	cm

Fuente: propia

A continuación, se presentan los resultados de la eficiencia de las rejillas planteadas en los sumideros como puntos de captación de escorrentía superficial, estos ubicados en puntos estratégicos identificados en la zona de estudio:

Cuadro 23: Eficiencia de sumideros ubicados en zonas de convergencia de caudal

Conducto	SI	Caudal máximo	Velocidad máxima	Tirante máximo	Eficiencia en Rejillas		
					35 x 50	50x80	50x120
	m/m	m ³ /s	m/sec	m			
C1	0.021	0.0086	1.07	0.05	-	90.66	-
C2	0.054	0.0086	1.13	0.05	-	-	-
C3	0.046	0.0169	1.12	0.05	-	-	98.16
C4	0.011	0.0169	1.19	0.05	-	-	98.16
C5	0.040	0.0169	1.27	0.05	-	-	-
C6	0.080	0.0169	1.28	0.04	-	-	80.59
C7	0.037	0.0169	1.04	0.05	-	-	-

C8	0.022	0.0169	1.01	0.06	-	-	115.32
C9	0.030	0.0169	0.87	0.07	-	-	-
C10	0.008	0.0169	0.88	0.07	-	74.44	-
C11	0.027	0.0169	0.95	0.03	-	-	-
C12	0.045	0.0087	1.22	0.06	-	100.52	-
C13	0.013	0.0087	1.51	0.08	-	118.93	-
C14	0.014	0.0087	1.55	0.08	-	118.93	-
C15	0.015	0.0092	1.34	0.09	-	-	-
C16	0.007	0.0092	1.36	0.09	-	122.82	-
C17	0.017	0.0092	1.33	0.09	-	122.82	-
C18	0.005	0.0092	0.84	0.15	100.04	-	-
C19	0.005	0.0143	0.91	0.17	-	137.50	-
C20	0.009	0.0143	1.09	0.14	-	122.75	-
C21	0.016	0.0129	0.92	0.29	118.27	-	-
C22	0.000	0.0190	1.01	0.40	114.49	-	-
C23	0.002	0.0190	1.29	0.31	100.20	-	-
C24	0.002	0.0190	1.20	0.33	103.53	-	-
C25	0.006	0.0143	1.07	0.40	132.54	-	-
C26	0.001	0.0143	1.17	0.36	125.43	-	-
C27	0.001	0.0081	1.36	0.33	161.61	-	-
C28	0.007	0.0063	1.73	0.39	-	-	-
C29	0.002	0.0052	1.48	0.46	242.34	-	-
C30	0.003	0.0032	1.32	0.52	333.28	-	-
C31	0.001	0.0031	1.17	0.58	360.62	-	-
C32	0.007	0.0032	1.23	0.56	345.61	-	-
C33	0.003	0.0042	1.48	0.54	295.96	-	-
C34	0.003	0.0042	1.56	0.51	287.24	-	-
C35	0.003	0.0040	1.82	0.44	272.46	-	-
C36	0.015	0.0229	2.35	0.36	98.18	-	-
C37	0.016	0.0040	2.47	0.35	240.77	-	-
C38	0.008	0.0034	2.39	0.43	291.20	-	-
C39	0.007	0.0048	2.05	0.51	268.17	-	-
C40	0.002	0.0048	1.93	0.54	276.31	-	-
C41	0.005	0.0062	2.61	0.43	213.84	-	-
C42	0.014	0.0062	2.58	0.43	213.84	-	-
C43	0.005	0.0068	2.43	0.46	211.12	-	-
C44	0.008	0.0051	2.71	0.41	-	-	-
C45	0.010	0.0050	2.71	0.41	233.64	-	-
C46	0.008	0.0042	2.80	0.40	251.38	-	-
C47	0.012	0.0043	1.97	0.57	299.60	-	-

C48	0.001	0.0043	1.65	0.68	-	-	-
C49	0.001	0.0068	2.82	0.41	198.48	-	-
C50	0.043	0.0068	5.58	0.21	-	-	-
C51	0.029	0.0069	1.75	0.08	-	135.84	-
C52	0.033	0.0069	1.85	0.08	-	135.84	-
C53	0.039	0.0069	1.82	0.08	-	135.84	-
C54	0.030	0.0069	1.80	0.08	-	135.84	-
C55	0.008	0.0069	1.50	0.10	-	-	-
C56	0.116	0.0124	1.41	0.03	-	-	82.18
C57	0.134	0.0193	0.31	0.12	-	94.29	-
C58	0.004	0.0193	0.66	0.27	92.39	-	-
C59	0.001	0.0193	0.49	0.34	104.23	-	-
C60	0.002	0.0193	0.51	0.32	-	-	-
C61	0.005	0.0193	0.58	0.28	94.16	-	-
C62	0.004	0.0193	0.87	0.18	-	119.51	-
C63	0.085	0.0196	0.76	0.22	-	133.28	-
C64	0.023	0.0202	0.32	0.07	-	-	112.93
C65	0.052	0.0243	2.19	0.12	-	-	153.89
C66	0.076	0.0211	2.00	0.15	-	102.10	-
C67	0.033	0.0128	1.61	0.25	110.06	-	-
C68	0.009	0.0231	1.45	0.26	-	133.46	-
C69	0.044	0.0211	2.26	0.23	-	130.93	-
C70	0.032	0.0248	2.09	0.29	-	136.37	-
C71	0.028	0.0122	1.97	0.39	142.51	-	804.85
C72	0.000	0.0143	2.61	0.34	-	-	-
C73	0.021	0.0154	0.67	0.17	-	131.89	-
C74	0.002	0.0434	0.64	0.13	-	-	99.14
C75	0.000	0.0290	0.73	0.12	-	-	131.94
C76	0.015	0.0290	0.36	0.26	-	116.84	-
C77	0.034	0.0117	0.83	0.01	-	-	32.63
C78	0.042	0.0077	0.57	0.02	-	-	87.40
C79	0.028	0.0059	0.61	0.04	-	98.89	-
C80	0.027	0.0048	1.47	0.07	94.83	-	-
C81	0.024	0.0086	1.74	0.09	-	128.01	-
C82	0.012	0.0086	1.29	0.11	-	143.94	-
C83	0.010	0.0086	1.67	0.14	-	165.39	-
C84	0.009	0.0108	1.65	0.14	-	144.68	-
C85	0.008	0.0108	1.65	0.14	-	144.68	-
C86	0.009	0.0108	1.66	0.14	-	144.68	-
C87	0.010	0.0038	1.78	0.15	159.18	-	-

C88	0.008	0.0226	1.58	0.17	-	105.47	-
C89	0.008	0.0053	1.29	0.25	174.75	-	-
C90	0.198	0.0204	2.61	0.05	-	-	83.16
C91	0.163	0.0147	2.11	0.06	-	-	130.13
C92	0.060	0.0171	1.06	0.13	-	-	-
C93	0.043	0.0073	2.83	0.15	112.89	-	-
C94	0.169	0.0117	1.88	0.11	-	120.10	-
C95	0.041	0.0118	1.34	0.23	110.06	-	-
C96	0.004	0.0117	1.22	0.25	115.23	-	-
C97	0.023	0.0117	1.64	0.19	99.82	-	-
C98	0.157	0.0107	0.67	0.06	-	88.94	-
C99	0.152	0.0134	0.67	0.06	-	-	141.27
C100	0.068	0.0102	1.95	0.12	-	136.81	-
C101	0.047	0.0084	2.25	0.14	101.06	-	-
C102	0.043	0.0085	0.90	0.04	-	-	147.56
C103	0.016	0.0097	0.61	0.06	-	93.84	-
C104	0.050	0.0113	1.55	0.07	-	-	-
C105	0.044	0.0113	1.22	0.09	-	108.92	-
C106	0.042	0.0078	0.42	0.16	112.84	-	-
C107	0.082	0.0052	1.08	0.03	-	90.56	-
C108	0.040	0.0099	0.66	0.05	-	83.35	-
C109	0.006	0.0099	0.63	0.05	-	83.35	-
C110	0.040	0.0084	0.86	0.04	-	80.96	-
C111	0.021	0.0084	0.49	0.07	-	112.29	-
C112	0.009	0.0051	0.91	0.07	91.28	-	-
C113	0.087	0.0081	1.84	0.05	-	93.83	-
C114	0.235	0.0120	2.45	0.05	-	74.58	-
C115	0.146	0.0142	1.13	0.10	-	101.33	-
C116	0.034	0.0065	1.83	0.16	123.87	-	-
C117	0.033	0.0062	1.69	0.19	-	-	-
C118	0.015	0.0066	1.52	0.24	152.59	-	-
C119	0.042	0.0118	1.04	0.11	-	119.54	-
C120	0.020	0.0085	0.47	0.02	-	-	80.29
C121	0.015	0.0121	0.05	0.15	-	141.14	-
C122	0.019	0.0021	0.56	0.03	-	152.35	-
C123	0.017	0.0065	0.45	0.04	-	94.03	-
C124	0.015	0.0078	0.70	0.06	-	106.62	-
C125	0.010	0.0085	0.64	0.07	-	111.28	-
C126	0.002	0.0085	0.21	0.19	-	199.49	-
C127	0.029	0.0087	1.15	0.07	-	109.50	-

C128	0.015	0.0077	0.96	0.09	-	136.06	-
C129	0.010	0.0055	0.76	0.11	111.92	-	-
C130	0.007	0.0018	0.72	0.15	235.69	-	-
C131	0.005	0.0139	0.83	0.19	91.34	-	-
C132	0.000	0.0030	0.67	0.29	253.98	-	-
C133	0.021	0.0058	0.81	0.04	-	99.75	-
C134	0.019	0.0036	0.40	0.08	117.36	-	-
C135	0.017	0.0078	0.61	0.11	92.79	-	-
C136	0.001	0.0056	0.21	0.18	142.90	-	-
C137	0.012	0.0056	0.54	0.07	87.18	-	-
C138	0.010	0.0056	0.33	0.12	115.59	-	-
C139	0.001	0.0052	0.27	0.14	130.13	-	-
C140	0.033	0.0074	1.06	0.10	91.02	-	-
C141	0.077	0.0143	1.90	0.06	-	-	133.42
C142	0.113	0.0143	1.58	0.07	-	81.97	-
C143	0.097	0.0109	1.69	0.12	81.52	-	-
C144	0.049	0.0071	2.43	0.16	118.30	-	-
C145	0.059	0.0066	2.41	0.16	123.42	-	-
C146	0.044	0.0028	2.21	0.17	200.63	-	-
C147	0.036	0.0036	2.13	0.18	180.42	-	-
C148	0.043	0.0073	2.19	0.19	128.26	-	-
C149	0.042	0.0066	2.17	0.23	149.47	-	-
C150	0.030	0.0041	2.04	0.28	210.82	-	-
C151	0.019	0.0057	1.73	0.35	200.03	-	-
C152	0.004	0.0046	2.10	0.30	205.67	-	-
C153	0.007	0.0025	0.61	0.30	282.05	-	-
C154	0.014	0.0111	1.22	0.11	-	123.60	-
C155	0.158	0.0077	1.00	0.15	109.53	-	-
C156	0.154	0.0096	1.56	0.04	-	-	132.20
C157	0.020	0.0116	0.74	0.09	-	107.21	-
C158	0.113	0.0109	1.71	0.09	-	111.21	-
C159	0.137	0.0109	1.35	0.18	100.69	-	-
C160	0.062	0.0113	1.71	0.07	-	94.32	-
C161	0.044	0.0103	1.55	0.08	-	107.69	-
C162	0.038	0.0065	1.55	0.08	86.71	-	-
C163	0.048	0.0060	1.61	0.08	90.02	-	-
C164	0.040	0.0062	1.26	0.09	94.43	-	-
C165	0.024	0.0052	1.20	0.13	125.18	-	-
C166	0.012	0.0062	0.81	0.22	149.97	-	-
C167	0.002	0.0042	1.29	0.26	-	-	-

C168	0.009	0.0043	0.31	0.13	139.05	-	-
C169	0.001	0.0040	0.11	0.25	203.10	-	-
C170	0.000	0.0040	0.32	0.30	222.99	-	-
C171	0.013	0.0059	0.52	0.07	84.93	-	-
C172	0.010	0.0060	0.46	0.19	141.23	-	-
C173	0.005	0.0127	0.45	0.33	128.00	-	-
C174	0.002	0.0126	0.85	0.32	126.13	-	-
C175	0.025	0.0126	0.94	0.48	-	-	-
C176	0.004	0.0042	0.07	0.31	219.82	-	-
C177	0.064	0.0128	1.59	0.05	-	-	124.92
C178	0.090	0.0114	1.09	0.07	-	93.75	187.31
C179	0.052	0.0134	1.76	0.10	-	105.14	-
C180	0.038	0.0134	1.86	0.09	-	-	-
C181	0.081	0.0134	1.91	0.09	-	98.86	-
C182	0.104	0.0134	2.68	0.11	-	111.16	-
C183	0.080	0.0135	2.24	0.13	-	121.98	-
C184	0.031	0.0135	1.36	0.33	-	-	-
C185	0.061	0.0045	1.35	0.04	-	116.15	-
C186	0.088	0.0047	1.45	0.04	-	113.64	-
C187	0.091	0.0047	1.21	0.04	-	113.64	-
C188	0.084	0.0080	1.43	0.06	-	105.45	-
C189	0.065	0.0051	1.66	0.08	97.94	-	-
C190	0.066	0.0036	1.90	0.09	124.46	-	-
C191	0.044	0.0036	1.82	0.10	-	-	-
C192	0.050	0.0039	1.56	0.11	134.17	-	-
C193	0.037	0.0059	1.85	0.13	117.43	-	-
C194	0.054	0.0089	1.97	0.17	108.58	-	-
C195	0.045	0.0090	2.49	0.23	126.90	-	-
C196	0.032	0.0086	2.44	0.29	146.44	-	-
C197	0.020	0.0047	2.11	0.34	218.00	-	-
C198	0.014	0.0062	1.92	0.39	203.45	-	-
C199	0.011	0.0054	1.91	0.41	224.49	-	-
C200	0.011	0.0054	1.88	0.42	227.34	-	-
C201	0.009	0.0043	1.53	0.60	309.07	-	-
C202	0.039	0.0037	0.53	0.02	-	86.68	-
C203	0.057	0.0040	1.00	0.03	-	104.71	-
C204	0.052	0.0035	0.78	0.04	-	134.25	-
C205	0.062	0.0033	1.16	0.05	-	158.15	-
C206	0.047	0.0035	1.27	0.06	102.22	-	-
C207	0.032	0.0035	1.23	0.06	102.22	-	-

C208	0.038	0.0035	0.76	0.10	133.54	-	-
C209	0.062	0.0083	1.84	0.07	-	112.53	-
C210	0.078	0.0074	1.55	0.08	80.65	-	-
C211	0.081	0.0089	2.25	0.10	82.31	-	-
C212	0.060	0.0089	1.74	0.12	90.54	-	-
C213	0.050	0.0000	2.36	0.14	-	-	-
C214	0.064	0.0095	2.06	0.16	102.03	-	-
C215	0.027	0.0095	2.08	0.16	102.03	-	-
C216	0.084	0.0118	2.37	0.15	87.93	-	-
C217	0.073	0.0108	3.01	0.16	95.12	-	-
C218	0.083	0.0088	2.82	0.17	109.12	-	-
C219	0.060	0.0056	2.30	0.24	165.88	-	-
C220	0.023	0.0000	2.38	0.24	-	-	-
C221	0.060	0.0090	2.56	0.22	123.61	-	-
C222	0.036	0.0000	2.97	0.20	-	-	-
C223	0.041	0.0102	0.83	0.31	138.86	-	-
C224	0.002	0.0092	0.87	0.33	151.24	-	-
C225	0.043	0.0080	0.86	0.05	-	94.90	-
C226	0.045	0.0084	1.31	0.05	-	91.92	-
C227	0.040	0.0094	1.18	0.06	-	95.66	-
C228	0.023	0.0108	0.42	0.16	-	156.76	-
C229	0.053	0.0080	1.40	0.05	-	94.68	-
C230	0.060	0.0080	1.27	0.05	-	94.68	-
C231	0.028	0.0080	1.09	0.06	-	105.33	-
C232	0.024	0.0052	1.09	0.06	83.91	-	-
C233	0.028	0.0052	0.97	0.07	90.96	-	-
C234	0.022	0.0041	1.04	0.09	116.57	-	-
C235	0.019	0.0062	1.14	0.10	99.49	-	-
C236	0.015	0.0062	0.96	0.12	109.44	-	-
C237	0.013	0.0122	1.07	0.14	83.26	-	-
C238	0.011	0.0122	1.27	0.12	-	123.23	-
C239	0.012	0.0061	0.26	0.34	190.66	-	-
C240	0.027	0.0065	0.54	0.07	80.83	-	-
C241	0.015	0.0096	1.14	0.11	83.45	-	-
C242	0.017	0.0096	1.08	0.12	87.34	-	-
C243	0.025	0.0071	1.40	0.13	106.01	-	-
C244	0.036	0.0094	1.98	0.13	92.04	-	-
C245	0.047	0.0094	1.73	0.15	99.19	-	-
C246	0.017	0.0105	1.31	0.21	111.38	-	-
C247	0.013	0.0109	1.32	0.26	122.34	-	-

C248	0.009	0.0109	1.55	0.22	112.11	-	-
C249	0.013	0.0074	0.56	0.41	189.62	-	-
C250	0.169	0.0114	1.54	0.05	-	-	139.07
C251	0.124	0.0096	1.60	0.09	-	119.66	-
C252	0.029	0.0096	1.71	0.12	86.96	-	-
C253	0.021	0.0035	0.60	0.39	272.77	-	-
C254	0.018	0.0061	0.60	0.09	95.12	-	-
C255	0.007	0.0056	0.63	0.15	130.14	-	-
C256	0.002	0.0077	0.63	0.15	110.01	-	-
C257	0.022	0.0082	0.60	0.11	90.13	-	-
C258	0.007	0.0069	0.51	0.58	235.27	-	-
C259	0.206	0.0112	2.23	0.04	-	-	115.66
C260	0.167	0.0103	1.73	0.05	-	81.61	-
C261	0.048	0.0000	0.55	0.16	-	-	-
C262	0.004	0.0085	0.77	0.22	127.86	-	-
C263	0.007	0.0085	0.63	0.29	147.74	-	-
C264	0.006	0.0083	0.54	0.28	146.10	-	-
C265	0.026	0.0127	0.99	0.26	112.71	-	-
C266	0.002	0.0127	1.01	0.25	110.42	-	-
C267	0.018	0.0127	1.25	0.28	117.16	-	-
C268	0.025	0.0078	0.34	0.06	-	106.44	-
C269	0.012	0.0106	0.96	0.19	105.26	-	-
C270	0.027	0.0000	0.32	0.36	-	-	-
C271	0.058	0.0222	2.64	0.11	-	82.52	-
C272	0.198	0.0000	3.30	0.09	-	-	-
C273	0.071	0.0031	0.81	0.02	-	96.35	-
C274	0.036	0.0031	0.67	0.03	-	122.12	-
C275	0.266	0.0034	2.07	0.03	-	115.21	-
C276	0.261	0.0041	2.37	0.04	-	122.35	-
C277	0.145	0.0000	2.27	0.13	-	-	-
C278	0.047	0.0050	0.67	0.06	85.13	-	-
C279	0.003	0.0050	0.42	0.09	105.25	-	-
C280	0.031	0.0050	0.56	0.06	85.13	-	-
C281	0.148	0.0042	1.48	0.02	-	81.24	-

Fuente: propia

4.3.2. Estructuras de desemboque de aguas pluviales

Para la presentación de este resultado se aplicaron las ecuaciones de diseño de caídas verticales planteadas en el Manual "Criterios de

diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” presentado por el ANA en el 2010.

A continuación, se presentan los resultados del diseño realizado en una hoja de cálculo de Excel, aplicando fórmulas extraídas del Manual antes mencionado:

Cuadro 24: Dimensionamiento de caídas verticales ubicadas en zonas de desemboque del sistema

Descargas: Caídas Verticales								
Parámetros aguas arriba								
Parámetro	S1		S2		S3		S4	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Yno =	0.68	m	0.12	m	0.13	m	0.02	m
bo =	1.00	m	0.30	m	0.30	m	0.30	m
Ao =	1.14	m ²	0.05	m ²	0.06	m ²	0.01	m ²
Po =	2.92	m	0.64	m	0.67	m	0.36	m
To =	2.36	m	0.54	m	0.56	m	0.34	m
Vo =	1.04	m/s	0.88	m/s	0.27	m/s	0.57	m/s
Fo =	0.48	sub critico	0.92	sub critico	0.27	sub critico	1.33	súper critico
Parámetros aguas abajo								
Yn3 =	0.54	m	0.16	m	0.08	m	0.04	m
b3 =	1.00	m	0.30	m	0.30	m	0.30	m
A3 =	0.84	m ²	0.07	m ²	0.03	m ²	0.01	m ²
P3 =	2.53	m	0.74	m	0.54	m	0.40	m
T3 =	2.08	m	0.61	m	0.47	m	0.37	m
V3 =	1.42	m/s	0.62	m/s	0.46	m/s	0.29	m/s
F3 =	0.72	sub critico	0.59	sub critico	0.56	sub critico	0.51	sub critico
Energía aguas arriba y aguas abajo								
Ho =	0.73	m	0.16	m	0.13	m	0.04	m
H3 =	0.65	m	0.18	m	0.10	m	0.04	m
Caudal unitario y ancho de caída								
q=	0.93	m ³ /s/m	0.09	m ³ /s/m	0.07	m ³ /s/m	0.01	m ³ /s/m
B=	1.30	m	0.50	m	0.25	m	0.40	m
Transiciones								
LTe=	2.39	m	0.09	m	0.70	m	0.05	m
LTr=	1.77	m	0.25	m	0.49	m	0.05	m

Dimensiones de caída				
Yc =	0.45 m	0.10 m	0.1 m	0 m
D =	0.41 m	0.01 m	0 m	0 m
LD =	2.03 m	0.55 m	0.51 m	0.16 m
Lrec. =	1.6 m	0.35 m	0.35 m	0.00 m
Yp =	0.5 m	0.15 m	0.15 m	0.05 m
Y1 =	0.2 m	0.05 m	0.05 m	0 m
Y2 =	0.8 m	0.20 m	0.2 m	0.05 m
Ls =	4.15 m	1.05 m	1.05 m	0.35 m
LT =	6.20 m	1.60 m	1.55 m	0.50 m
Dado amortiguador				
Alto=	0.15 m	0.05 m	0.05 m	0 m
Ancho=	0.25 m	0.05 m	0.05 m	0 m
Largo=	0.40 m	0.10 m	0.10 m	0.05 m
BL=	0.40 m	0.10 m	0.10 m	0.00 m

Fuente: propia

La presentación de cada componente y las dimensiones de dicha estructura están adjuntos en el Anexo 07.

4.4. Análisis e interpretación de resultados

4.4.1. Resultados hidrológicos

De acuerdo al análisis hidrológico realizado a los datos brindados por el Senhami, se obtuvo, mediante la distribución de probabilidad de Log-Pearson Tipo III, las precipitaciones máximas para los diferentes periodos de retorno (Cuadro 10), tomando en cuenta 25 años como base para este tipo de proyectos según lo especificado en la Norma Técnica Peruana OS. 060.

Con ello también se pudo calcular la información para graficar tanto las curvas IDF (Cuadro 15) y el Hietograma de diseño (Cuadro 16). Esto permitió el ingreso de la serie temporal dentro del software SWMM, esta información fue ingresado en intervalos de 5 minutos para una duración de tormenta de 2 horas.

4.4.2. Resultados Estudio de Mecánica de Suelos

Según los resultados obtenidos en los estudios de mecánica de suelos, se logró identificar que los suelos predominantes en la ciudad de Huamachuco, según la clasificación SUCS, son del tipo SM, CL, ML, CH y SC, que en lo general son Arenas arcillosas, con presencia de Limos. Estos corresponden a los grupos hidrológicos A y D explicados en la Tabla 04 en el modelo de infiltración optado, estos dos tipos poseen una capacidad de infiltración que van desde muy rápida hasta muy lenta.

El modelo de infiltración escogido para este diseño es el Número de Curva, propuesto por el SCS, para ello era necesario clasificar el tipo de suelo y con esto se facilitaba la asignación del factor número de curva y el porcentaje de impermeabilidad a cada partición de la cuenca urbana de la zona de estudio.

4.4.3. Modelamiento en Software EPA SWMM 5.1

El software dentro de su algoritmo y programación reporta resultados de los componentes trazados en cada proyecto, considerando ciertos parámetros ingresados, tales son los siguientes:

- Dentro de sus opciones de modelamiento considera diferentes modelos de flujo dentro del conducto: método estático, onda dinámica y onda cinemática. Ello influye en gran medida en la saturación del conducto y la variabilidad del tirante durante el transcurso de la tormenta. Dentro del reporte de este componente se considera la velocidad, caudal y capacidad, indicando así cuando esté casi en su máxima capacidad.
- En cuanto a la escorrentía generada por las particiones de la cuenca urbana, influye en gran forma ciertas características como: modelo de infiltración, coeficiente de rugosidad de las superficies

permeables e impermeables, permeabilidad de la zona y la dirección del flujo.

- En los nodos solo considera la escorrentía transmitida por los conductos que desembocan en ellos y el nivel de tirante que alcanza durante la hora con precipitación máxima, generando un reporte de nivel de agua, inundación y caudal aportado por los conductos.

De acuerdo a los reportes por componente obtenidos luego del proceso de simulación en el software SWMM:

- En cuanto a los sub-cuencas, se observó que las escorrentías más considerables aportadas a los nodos de descarga, se generan en aquellas que presentan porcentajes de impermeabilidad alto y, además, cuentan con un número de curva que se acerca a 100 (característico de superficies no permeables). Este tipo de áreas de drenaje se manifiesta con mayor incidencia en zonas urbanizadas, donde las superficies generalmente están cubiertas por pavimentos o viviendas techadas.
- El método de análisis para el flujo dentro de los conductos es el modelo de onda dinámica, debido a que al existir la variación de sección en los diferentes tramos trazados en el diseño y, además la diferencia de aportes de las distintas sub-cuencas, el modelo permite generar una variación del tirante, analizando también, el fenómeno llamado resalto hidráulico, modelando el sistema en base a condiciones que se asemejan a la realidad. En cuanto a los conductos que presentan velocidades superiores a los 4 m/s, generalmente se deben a las pendientes pronunciadas que existen en ciertas partes de la ciudad de Huamachuco.
- Para los distintos componentes del modelamiento, existe un determinado margen de tiempo en el que la tormenta genera la máxima escorrentía, este va desde el instante 1 hora 15 minutos

hasta 1 hora 40 minutos. En este lapso de tiempo se identificó que estructuras llegan a su máxima capacidad de almacenamiento para el periodo de retorno que indica la Normativa (25 años).

- El sistema abarca 4 sub-sistemas: el general comprende el mayor número de ramales trazados, evacuando así un caudal de 1186.59 lps con un volumen de 2.969×10^6 litros que representa el 98.48% de la cantidad precipitada, los tres sistemas restantes son pequeñas redes consideradas debido a que la topografía de la ciudad no permitía ensamblarlas al sistema general. Cabe recalcar que la cantidad de agua evacuada comprende a la duración de la tormenta considerada en el diseño (2 horas). Todos estos sistemas desembocan a una fuente hídrica, en este caso un río (Río Grande).

4.4.4. Diseño de componentes del sistema de drenaje pluvial

a. Estructuras de captación de aguas de lluvia

De acuerdo al análisis de estructuras de recolección de escorrentía realizado, se tomó como parámetro indicador la eficiencia, en este caso del sistema proyectado se da en un ámbito urbano, por lo que la estructura tomada en este caso es una rejilla. Para dicho componente, de acuerdo al caudal que recoge de las sub-cuencas aportantes, se ha considerado tres modelos distintos de diferentes dimensiones (35x50cm, 50x80cm y 50x120cm), por ende, la eficiencia también varía de acuerdo a ello.

Otro parámetro considerado en este caso es el encharcamiento, si bien es solo un consecuente de la acumulación de escorrentía cuando una estructura no logra captar todo el flujo, este debe estar controlado para no invadir por completo el carril de circulación vehicular y/o peatonal ($Ench \leq 0.50\%$ del ancho de la calzada).

b. Estructuras de desemboque de aguas de lluvia

El caudal acumulado en todo el sistema de drenaje pluvial, desemboca en 4 puntos de la ciudad, todos ellos pertenecientes a una misma corriente de agua. Para evitar la erosión de la zona donde va a dar toda esta agua, se consideró el diseño de estructuras compatibles con el sistema de canales inmersos en el sistema propuesto, siendo así que las caídas verticales fueron incluidas en estos puntos finales del proyecto. Las dimensiones de ellas y sus componentes se diseñan de acuerdo al caudal y el tirante que posee el flujo de agua en los puntos antes de la caída, por lo que es posible que en los sistemas que no cuenten con un caudal considerable, estas estructuras sean muy simples y no cuenten con dados de disipación de energía.

4.5. Docimasia de hipótesis

Con el modelamiento del sistema de drenaje pluvial, mediante el uso del software EPA SWMM, se logró verificar la eficiencia de dicho modelo en cuanto a recolección, transporte y evacuación de las precipitaciones sobre el área urbana de la ciudad de Huamachuco. Todo ello siguiendo los parámetros establecidos en la Norma OS. 060 y su posterior versión, la Norma CE. 040.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La inundación de calles y la deficiencia en el sistema de drenaje actual se debe generalmente a la falta de consideración del crecimiento de áreas impermeables dentro del área urbana de la ciudad de Huamachuco, produciendo así una mayor escorrentía causante de la saturación del sistema existente. Adicional a ello no se contemplan puntos de recolección y conductos de evacuación

eficiente de aguas, ello puede deberse a un sistema vial antiguo que no consideraba estructuras de drenaje.

Los resultados del estudio de mecánica de suelos identifican ciertos tipos en la zona de estudio como arenas arcillosas y limosas correspondientes a los grupos hidrológicos A y D, indicando así que la infiltración de escorrentía se caracteriza por ser variable, ya que podemos encontrar suelos con infiltración muy rápida hasta muy lenta. Ello no permite saber con exactitud el comportamiento verdadero del suelo de la zona de estudio.

La información brindada por el Senamhi permitió realizar un análisis estadístico con datos históricos registrados por la estación meteorológica Huangacocha, calculando así mediante la distribución de probabilidad Log-Pearson Tipo III las precipitaciones máximas. Si bien existen diversos métodos de prueba de bondad de ajuste, se optó por el uso de la prueba de Smirnov Kolmogorov. Así mismo el método de Bell permitió calcular estas precipitaciones para una duración limitada de 2 horas. Se consiguió así el hietograma de diseño usado en el modelamiento del sistema con intervalos de tiempo de 5 minutos.

El periodo de retorno considerado para este tipo de proyectos es de 25 años de acuerdo a lo especificado en la Norma OS.060, ello correspondiente a un sistema de drenaje mayor. En caso de considerar un periodo de retorno de 10 años, para sistemas de drenaje menor, la tormenta de diseño no se asemeja a la realidad y la escorrentía generada no cumple con lo percibido durante los periodos de lluvias.

En el diseño de drenaje pluvial urbano propuesto consideramos la recolección de aguas de lluvia en diferentes puntos de la ciudad, a través de rejillas, para con ello encauzar la escorrentía, evacuarla por un conjunto de conductos cerrados destinados solamente al agua pluvial y desembocarla (con una caída vertical) en un curso de agua natural, evitando así el encharcamiento e inundación de las calles de la ciudad de Huamachuco.

Los componentes mencionados anteriormente, según la normativa peruana y la bibliografía citada, se rigen de acuerdo a ciertos parámetros. En el caso de las rejillas, la eficiencia de estas frente a un determinado caudal por captar se evidencia de acuerdo a las dimensiones de estas. Así mismo con los canales y desemboques, su amplitud dependerá directamente del volumen que transportan y evacuan respectivamente. Por lo que, lo obtenido en el procesamiento de datos coincide con lo mencionado en dichos estudios.

6. CONCLUSIONES

Se propuso un sistema de drenaje pluvial urbano el cual cuenta con 158 puntos captación de agua, los cuales se encargan de recolectar el agua proveniente de las sub-cuencas trazadas y así evitar que estas fluyan por la calzada. La escorrentía captada se condujo mediante conductos rectangulares cerrados de secciones variables hasta cuatro puntos de desfogue (D1, D2, D3 y D4), siendo D1 el desemboque principal, el cual evacua un caudal de 1186.59 lps a una fuente hídrica correspondiente al cauce de un río.

Evaluada la situación actual del sistema de drenaje pluvial urbano, se concluye que, pese a los componentes de drenaje en las calles, este se encuentra obsoleto, debido a: la falta de mantenimiento, antigüedad del sistema, discontinuidad y obstrucción de los canales o cunetas. Sumado a ello la falta de proyección al futuro de un sistema de drenaje lo que implica mayor escorrentía, por ende, la saturación y rebalse de las estructuras.

El levantamiento topográfico realizado de la ciudad de Huamachuco se sitúa en la zona 17S, y cuya base de datos se situaron en el elipsoide WGS84 empleando además coordenadas UTM para el desarrollo del proyecto. Con este levantamiento se identificaron las redes de drenaje pluvial existente de la zona de estudio, compuesto por canales que atraviesan toda la ciudad. Se localizaron también tramos de ellos que pasan por medio de manzanas compuestas en su mayoría por viviendas unifamiliares. Con ello también se logró realizar la proyección de los trazos del sistema propuesto, identificando los niveles con los que cuenta el área urbana.

Se realizó la recolección de resultados de estudios de mecánica de suelos, identificando así los tipos de suelos predominantes en la ciudad de Huamachuco. Identificados mediante el sistema de clasificación de suelos SUCS como SM, CL, ML, CH y SC, suelos conocidos generalmente como arenas arcillosas o arenas limosas. Con esta información se clasifican dentro de los grupos hidrológicos A y D con velocidad de permeabilidad muy rápida y lenta respectivamente.

Con la información histórica recopilada del Senamhi de la estación meteorológica Huangacocha, se realizó el estudio hidrológico mediante la aplicación de distribución de probabilidad Log-Pearson Tipo III, y mediante la prueba de bondad de ajuste según el modelo Smirnov Kolmogorov, hallando así las precipitaciones máximas. Para posteriormente calcular las curvas IDF y el hietograma de diseño a través del modelo de Bell para una duración de tormenta de 2 horas y con un periodo de retorno de 25 años.

Mediante el software EPA SWMM 5.1, se realizó el modelamiento hidráulico del sistema de conductos rectangulares cerrados, obteniendo velocidades dentro del rango, 0.8 y 3.0 m/s, y en el caso donde la topografía es accidentada y muy llana, estas velocidades salen de él, cabe recalcar que no afectan al sistema puesto que el caudal recolectado en esos tramos es mínimo. Se aplicó también el modelo de flujo de onda dinámica para variaciones de tirante y presencia de resalto hidráulico en cambios de sección.

Si bien es cierto la esorrentía teórica calculada no se aproxima a la real durante los periodos de máximas avenidas, se diseñaron estructuras capaces de captar, conducir y evacuar el volumen de agua generada en los escenarios más desfavorables.

7. RECOMENDACIONES

El software SWMM presenta diversas funciones en cuanto a los componentes de diseño, por ello es recomendable hacer uso de las diversas estructuras que este nos brinda, como los divisores de caudales, zonas de almacenamiento y aporte de acuíferos, para así tener un sistema de drenaje pluvial más completo.

Además, se recomienda analizar el modelo mediante los tres métodos de diseño de flujo.

En cuanto a los estudios de mecánica de suelos, se recomienda tomar muestras más cercanas entre sí, para con ello tener mayor precisión del tipo de suelo existente en cada área de drenaje considerada en el diseño que se esté proyectando, y así poder clasificarlo asignando así un Número de Curva más preciso.

En cuanto al modelo de infiltración, se recomienda el uso de diferentes cuadros para la asignación del Número de Curva, con clasificaciones que incluyan el tipo de material predominante en los techos de las áreas de drenaje considerados en el modelo.

Debido a la incertidumbre que se genera en la aplicación de métodos estadísticos mediante las distribuciones de probabilidad, se recomienda el uso de software para un estudio hidrológico más preciso y con ello obtener tormentas de diseño que se asemejen más a la realidad. Además, se pueden considerar duraciones de tormenta superiores para así poder verificar si con intervalos de tiempo mayores, existe el aumento de la escorrentía generada por la precipitación.

Se recomienda hacer aforos de las aguas de lluvia en temporadas de máxima precipitación, y así poder contrastar los resultados de escorrentía generada obtenidos en los softwares de diseño. Así mismo se recomienda emplear el método de las isoyetas para interpolar datos pluviométricos de estaciones aledañas a la zona del proyecto, puesto que los datos históricos obtenidos de la estación Huangacocha no evidencian la situación real durante periodos de grandes avenidas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chow, V., Maidment, D. y Mays, L., (1994) *Hidrología Aplicada*, Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.

Hernández, M., (2018) *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.

Izquierdo, A. y Zeña, J., (2019) *Diseño del drenaje pluvial urbano de la zona urbana del Distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca, 2017 (Tesis de Pregrado)*. Universidad Señor De Sipán, Pimentel, Perú.

Rojas, P. y Humpiri, V., (2016) *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la Ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Rojas, S., (2018) *Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho (Tesis de pregrado)*. Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Geldres, M., (2020) *Propuesta del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Iquitos (Tesis de pregrado)*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Villón, M., (2002) *Hidrología*, Lima, Perú: Villón.

Aparicio, F., (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México D.F.: Limusa.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica Peruana OS.060*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica Peruana CE.040.* El Peruano. Perú.

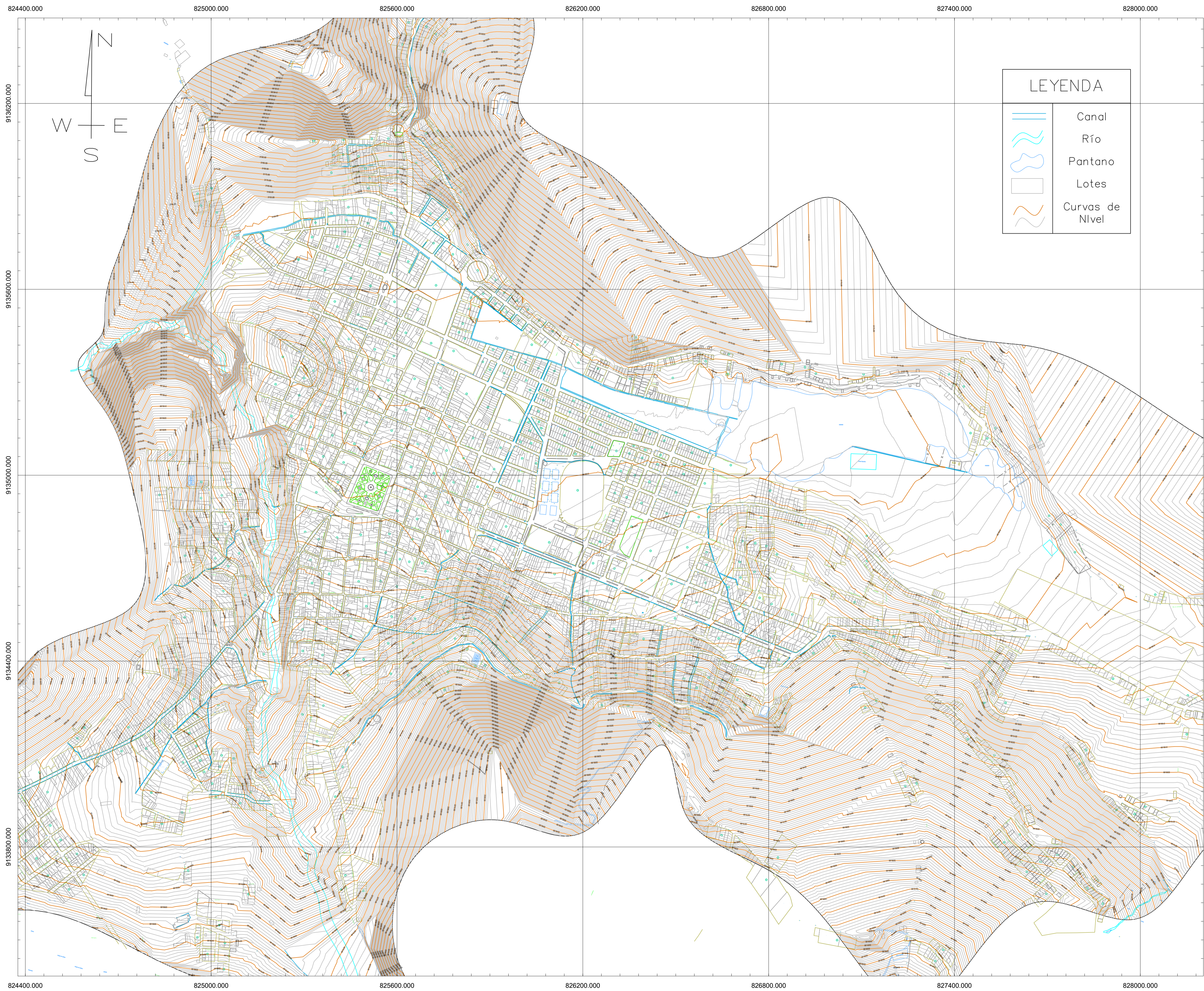
Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.* Lima. Perú.

Rossman, L. (2005). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0.* U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Gómez, M. (2007). *Hidrología Urbana.* Barcelona. España.

9. ANEXOS

ANEXO 01
PLANO TOPOGRÁFICO



LEYENDA	
	Canal
	Río
	Pantano
	Lotes
	Curvas de Nivel

**UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO**



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA**

PLANO TOPOGRÁFICO

**ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ**

AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN
MARLON

1:6,000

LÁMINA:

MAYO - 2022

01

ANEXO 02
CÁLCULO HIDROLÓGICO

1. Precipitación máxima de diseño

1.1. Datos históricos de estación

Para la obtención de este parámetro (precipitación máxima) se recurrió a los datos históricos de la estación Huangacocha, cuya Latitud y Longitud son 07°56'15" Sur y 78°04'05" Oeste respectivamente, ubicada en el distrito de Huamachuco a 3770 msnm en la Provincia de Sánchez Carrión.

La toma de datos de dicha estación se basa en precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas, y cuyo número de años de registro es 32.

Cuadro 01: Precipitaciones máximas diarias mensuales de la estación Huangacocha

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1990	10.9	15.2	32.4	26.4	9.1	10.1	7.3	4.7	13.9	15.9	23.1	15.7
1991	19.7	20	18.5	23.4	0	4.2	0	0	0	15.8	23.6	13.4
1992	26.4	21.7	19.1	11.2	15.8	7.5	0	0	4.1	12.6	9.5	4.5
1993	16.3	21.6	18	13.1	17	0	0	0	10.8	15	35	47
1994	23	29	33	28	18	10	0.3	1	9	5.2	9	5.6
1995	3	5	23.1	25.5	11.4	8.4	6.2	7.1	6.2	8.4	48.6	26
1996	23.4	25.2	23.7	18	9.8	15.2	0	1.8	3.2	20.4	9.3	11.9
1997	16.3	14	7.1	6.8	16.5	6.2	0	4.8	15.3	18.8	23.9	19.1
1998	22.8	35.3	26.9	25.5	14.3	6.6	0	4.7	17.8	31.4	30.8	15.8
1999	38.3	57.6	30.6	11.9	22.3	14.9	2.6	1.3	22.3	12.4	18.8	20.8
2000	30.2	35	19.8	13.9	12.4	6.6	0.7	4.5	6.5	17.6	16.2	25.4
2001	28.2	22.7	24.4	14.7	17.1	3.5	16.6	0	15	15.9	34.8	31.2
2002	15.9	24.1	28	21.3	18.5	5.7	5.31	0	27.2	21.4	39.6	23.5
2003	16.8	17.8	20	20.8	11.1	5.2	9.1	2	29.1	15.4	29.4	31.6
2004	24.2	16.3	12.8	32.3	10	3.7	16.8	5.3	19.6	25.1	15.1	27.7
2005	18.7	26.5	26.8	10.5	6.9	5.2	0	7.5	11.6	26.5	9.5	18.2
2006	20	24.8	25.8	16.9	26.6	14.9	12.9	8.1	5.6	24.9	29.8	24.1
2007	20.3	15	27	25.3	14.4	1.4	11.9	4.4	13.9	30.9	15.8	27.6

2008	21.2	24.7	22.6	30.6	7.7	10.6	3.7	6.7	14.5	14.6	22.6	13.4
2009	23.8	16.7	27.6	19.5	10.6	13.8	11.5	3.6	5.5	25.8	26.3	13.2
2010	11	37.6	23.8	18.7	10.3	3.7	4	2	15	17.7	30	16.6
2011	18.1	23.7	29.1	34.8	6.5	2.3	6.5	2.7	12.1	16	39.5	23.5
2012	28.2	27.3	28.3	22	9.2	13.1	0	17.6	8.3	19.4	26.7	19.8
2013	19.7	45.3	32.9	21.8	9.3	3.9	10.5	7.3	5	23	10.3	23.1
2014	21.6	49.3	32.9	28.1	13.7	6.1	14.8	0	20.2	15.2	16	28.8
2015	21.4	25.5	37.3	13.5	11.5	7.3	4.4	2.6	9.3	13.5	19.6	19.2
2016	19	19.4	23.9	38.1	6	7.8	1.5	4.2	8.4	17.5	7.8	24.2
2017	24.2	21.5	30.2	20	16.2	8.7	1.8	10.4	6.1	17.4	14.5	39.5
2018	24.8	29.1	21.2	25.8	16.5	1.1	0	0	13.5	23.1	18.2	23.2
2019	16.9	27.5	27.9	25.2	13.6	6.8	7.5	0	17.3	16.3	18.7	24.8
2020	21.5	15.5	39.9	10.5	15.3	15.3	11.4	7.5	16.1	9.9	22.5	26.4
2021	20.0	27.5	29.8	18.3	6.1	6.4	3.7	13.8	15.3	25.0	23.6	24.6

Fuente:<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=la-libertad&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Para obtener dicho parámetro, primero se debe seleccionar la precipitación máxima de cada año y junto con ello evaluar los datos dudosos que presentan los registros de la estación. Para descartar los datos que se alejan de la tendencia primero se aplica logaritmo a cada precipitación máxima anual:

Cuadro 02: Precipitaciones máximas diarias anuales

Año	P24 anual (mm)	Log (P24 anual)
1990	32.4	1.5105
1991	23.6	1.3729
1992	26.4	1.4216
1993	47.0	1.6721
1994	33.0	1.5185
1995	48.6	1.6866
1996	25.2	1.4014
1997	23.9	1.3784
1998	35.3	1.5478

1999	57.6	1.7604
2000	35.0	1.5441
2001	34.8	1.5416
2002	39.6	1.5977
2003	31.6	1.4997
2004	32.3	1.5092
2005	26.8	1.4281
2006	29.8	1.4742
2007	30.9	1.4900
2008	30.6	1.4857
2009	27.6	1.4409
2010	37.6	1.5752
2011	39.5	1.5966
2012	28.3	1.4518
2013	45.3	1.6561
2014	49.3	1.6928
2015	37.3	1.5717
2016	38.1	1.5809
2017	39.5	1.5966
2018	29.1	1.4639
2019	27.9	1.4456
2020	39.9	1.6010
2021	29.8	1.4742

Fuente: propia

Posteriormente se calculan los umbrales, máximo “ y_H ” y mínimo “ y_L ”, con las ecuaciones siguientes:

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y \dots \dots (1)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * S_y \dots \dots (2)$$

Siendo \bar{y} y S_y la media y desviación estándar respectivamente de las precipitaciones máximas anuales convertidas en base logaritmo. Para la obtención de la constante K_n , se requiere identificar el tamaño de muestra “n” y con ello haciendo uso de la Tabla 02:

Tabla 02: valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”		Tamaño de muestra “n”	
“n”	K_n	“n”	K_n	“n”	K_n	“n”	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: propia

Se observa que para una muestra “n” de 32 datos, se tiene un valor K_n igual a 2.591, a continuación se presentan los valores que serán reemplazados en las ecuaciones mencionadas para así obtener los umbrales máximo y mínimo.

Cuadro 03: Parámetros para la obtención de umbrales

n	32
K_n	2.591
\bar{x}	1.5309
s	0.0966

Fuente: propia

Reemplazando los valores del Cuadro 03, en las ecuaciones antes mencionadas, se obtienen los valores de los umbrales, máximo ($y_H=1.78$) y mínimo ($y_L=1.28$), considerando que estos valores se encuentran en unidades logarítmicas, aplicamos las siguientes ecuaciones:

$$P_H = 10^{y_H}$$

$$P_L = 10^{y_L}$$

Con ello se obtiene la precipitación máxima y mínima aceptable (rangos de aceptabilidad de precipitaciones)

Cuadro 04: rangos máximo y mínimo de precipitaciones de la muestra

P_H	60.42mm
P_L	19.08mm

Fuente: propia

De acuerdo al Cuadro 02, se extrae la precipitación mayor y menor de la relación de datos (57.6mm y 23.6mm), esto indica que todos los valores considerados en la muestra están dentro del rango establecido (19.08mm – 60.42mm), por lo que ningún registro de los 32 años será descartado.

1.2. Ajuste

Se han considerado cinco modelos de distribución de probabilidad para el cálculo de la precipitación de diseño, esto nos sirve para identificar cuál de ellos se ajusta mejor a la información brindada por el SENAMHi,

El modelo de Log-Pearson Tipo III, a modo de ejemplo, se usará para el análisis de bondad de ajuste con el método de Smirnov Kolmogorov.

- 1) Como primer paso para el ajuste de la distribución de probabilidad Log-Pearson Tipo III, se estima el D_α , para un tamaño de muestra “n” de 30 y un nivel de significancia “ α ” de 5% (usado en hidrología para este tipo de cálculos). Para ello se emplea la siguiente tabla:

Tabla 03: Valores críticos D_α en prueba de bondad de ajuste: Smirnov Kolmogorov

Tamaño de la Muestra (n)	Nivel de Significancia		
	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22\sqrt{n}$	$1.36\sqrt{n}$	$1.63\sqrt{n}$

Fuente: Aparicio, 1989, Fundamentos de Hidrología de Superficie, p.289.

De acuerdo a las condiciones mencionadas, el tamaño de muestra se encuentra dentro del rango de 30 a 40, por ello es necesario interpolar, obteniendo así un valor de D_α igual a 0.23, este será el valor límite que indica si las distribuciones de probabilidad se ajustan o no.

- 2) Como segundo paso, se ordenan los datos de mayor a menor, para luego obtener los parámetros estadísticos y de distribución de la muestra, de acuerdo al modelo (Log-Pearson Tipo III) estos valores deben tomarse de la fila Log(P24) del Cuadro 02:

Cuadro 06: Parámetros estadísticos para distribución de probabilidad

\bar{y}	1.531
S_y	0.097
C_s	0.074

Fuente: propia

Establecidos estos valores, se procede al cálculo de los parámetros de distribución de Log-Pearson Tipo III:

De forma:

$$\alpha = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$$

De escala:

$$\beta = S_y * \frac{C_s}{2}$$

De localización:

$$y_0 = \bar{y} - \alpha * \beta$$

Cuadro 25: Parámetros de distribución Log-Pearson Tipo III

α	4.430
β	3.946
y_0	17.315

Fuente: propia

- 3) A continuación, se estima la Probabilidad Observada $F_o(x_m)$, de acuerdo a lo explicado en el marco teórico sirve de contraste para hallar el valor del estadístico D_n máximo. Su ecuación es la siguiente:

$$F_o(x_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Ello se aplica para cada dato ($n=32$) mientras que el número de orden “ m ” varía de acuerdo al ordenamiento de forma descendente de los x_m realizado anteriormente.

- 4) La Probabilidad Estimada $F(y_m)$ de la Distribución Log-Pearson Tipo III se determinó en el Software Excel con el comando “DISTR.GAMMA.N(x , α , β ,VERDADERO O FALSO)”, donde “ x ” equivale a la diferencia de cada dato de precipitación, aplicando logaritmo a este (columna $\ln(x_m)$ Cuadro 19), ordenado de forma descendente con el parámetro de localización “ y_0 ”, en cuanto a α y β son los parámetros de forma y escala respectivamente (Cuadro 18), del método de distribución que se está trabajando.

El último término del comando, nos indica dos opciones VERDADERO o FALSO, el primero señala si es una función de distribución acumulativa y la segunda si es una función de probabilidad bruta, en este caso se trabaja con la primera opción.

- 5) Para finalmente obtener el D_n máximo, este valor equivale a la máxima diferencia entre la Probabilidad Observada $F_o(x_m)$ y la Estimada $F(y_m)$.

$$y_m = \ln(x_m)$$

Cuadro 26: Estimación del D_n máximo

m	x_m	$\ln(x_m)$	$F_o(x_m)$	$\ln(x_m)-y_0$	$F(y_m)$	$ F_o(x_m)-F(y_m) $
1	57.60	4.0535	0.9697	1.5295	0.9832	0.0135
2	49.30	3.8979	0.9394	1.3739	0.9426	0.0032
3	48.60	3.8836	0.9091	1.3596	0.9363	0.0272
4	47.00	3.8501	0.8788	1.3261	0.9193	0.0405
5	45.30	3.8133	0.8485	1.2893	0.8965	0.0480
6	39.90	3.6864	0.8182	1.1624	0.7773	0.0408
7	39.60	3.6788	0.7879	1.1548	0.7681	0.0198

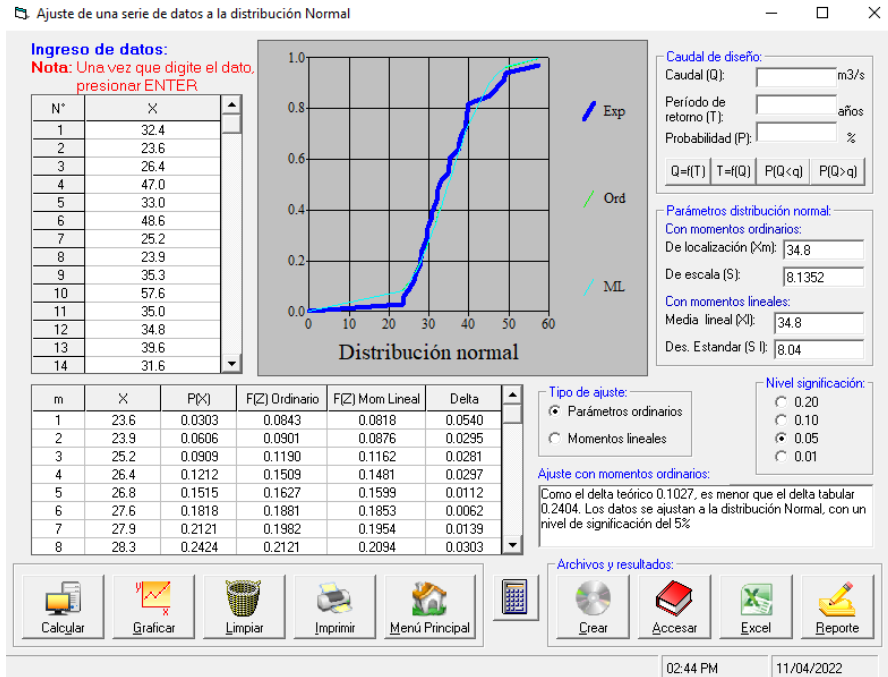
8	39.50	3.6763	0.7576	1.1523	0.7649	0.0073
9	39.50	3.6763	0.7273	1.1523	0.7649	0.0376
10	38.10	3.6402	0.6970	1.1162	0.7167	0.0197
11	37.60	3.6270	0.6667	1.1030	0.6976	0.0310
12	37.30	3.6190	0.6364	1.0950	0.6857	0.0494
13	35.30	3.5639	0.6061	1.0399	0.5974	0.0086
14	35.00	3.5553	0.5758	1.0313	0.5829	0.0071
15	34.80	3.5496	0.5455	1.0256	0.5730	0.0275
16	33.00	3.4965	0.5152	0.9725	0.4781	0.0370
17	32.40	3.4782	0.4848	0.9542	0.4446	0.0403
18	32.30	3.4751	0.4545	0.9511	0.4389	0.0156
19	31.60	3.4532	0.4242	0.9292	0.3989	0.0254
20	30.90	3.4308	0.3939	0.9068	0.3583	0.0356
21	30.60	3.4210	0.3636	0.8970	0.3410	0.0227
22	29.80	3.3945	0.3333	0.8705	0.2949	0.0384
23	29.80	3.3945	0.3030	0.8705	0.2949	0.0081
24	29.10	3.3707	0.2727	0.8467	0.2554	0.0173
25	28.30	3.3429	0.2424	0.8189	0.2121	0.0303
26	27.90	3.3286	0.2121	0.8046	0.1914	0.0207
27	27.60	3.3178	0.1818	0.7938	0.1764	0.0054
28	26.80	3.2884	0.1515	0.7644	0.1388	0.0127
29	26.40	3.2734	0.1212	0.7494	0.1216	0.0004
30	25.20	3.2268	0.0909	0.7028	0.0769	0.0141
31	23.90	3.1739	0.0606	0.6499	0.0412	0.0194
32	23.60	3.1612	0.0303	0.6372	0.0349	0.0046

Fuente: propia

De acuerdo al Cuadro 19 el D_n máximo es igual a 0.0494, siendo este valor el número más alto de la columna $|F_o(x_m)-F(y_m)|$.

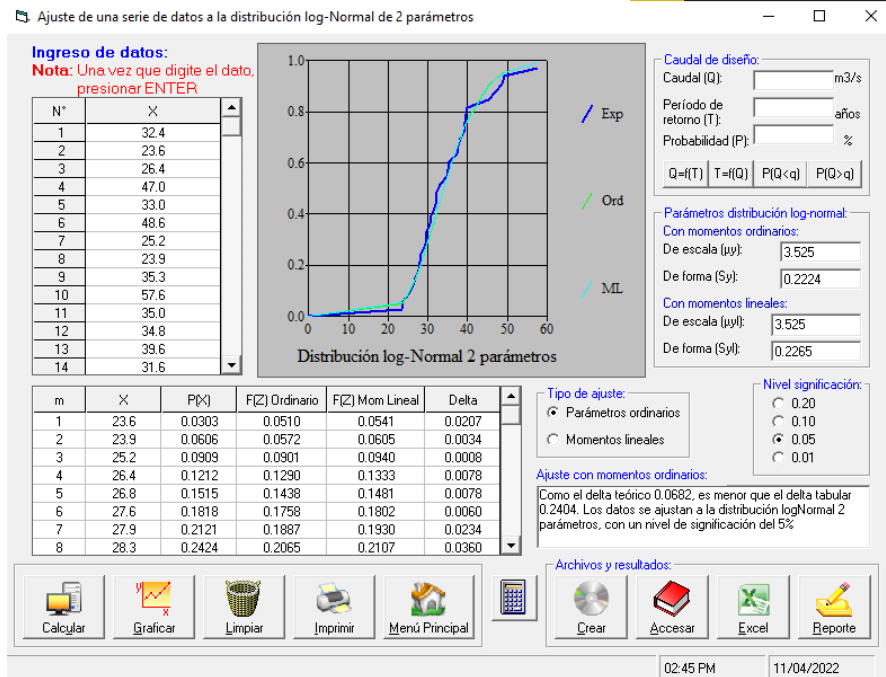
Para el cálculo del D_n máximo de cada Modelo de distribución de probabilidades, se hizo uso del Software Hidroesta 2:

Figura 64: D_n máximo – Distribución Normal



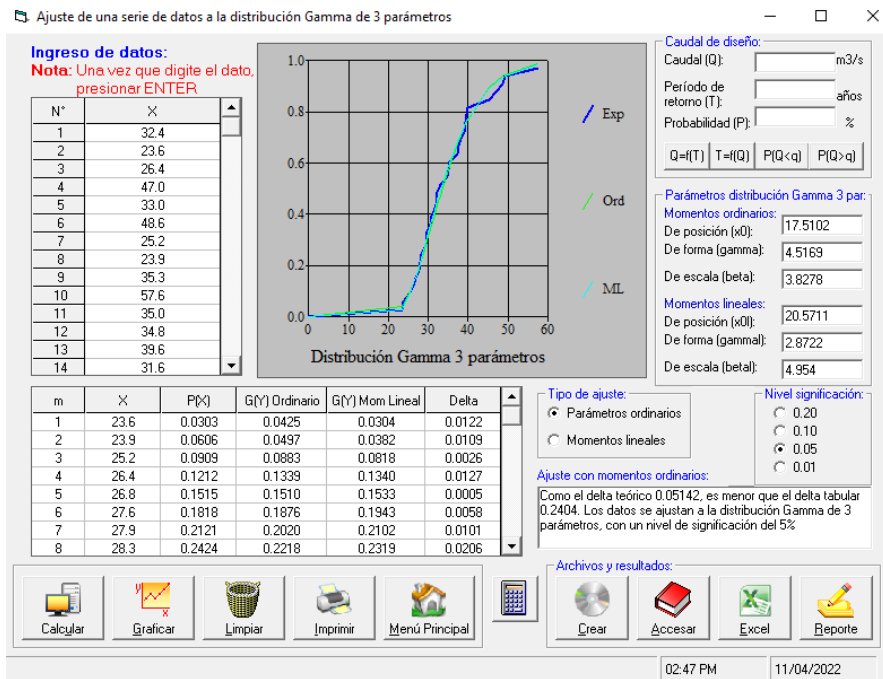
Fuente: propia

Figura 65: D_n máximo – Distribución LogNormal



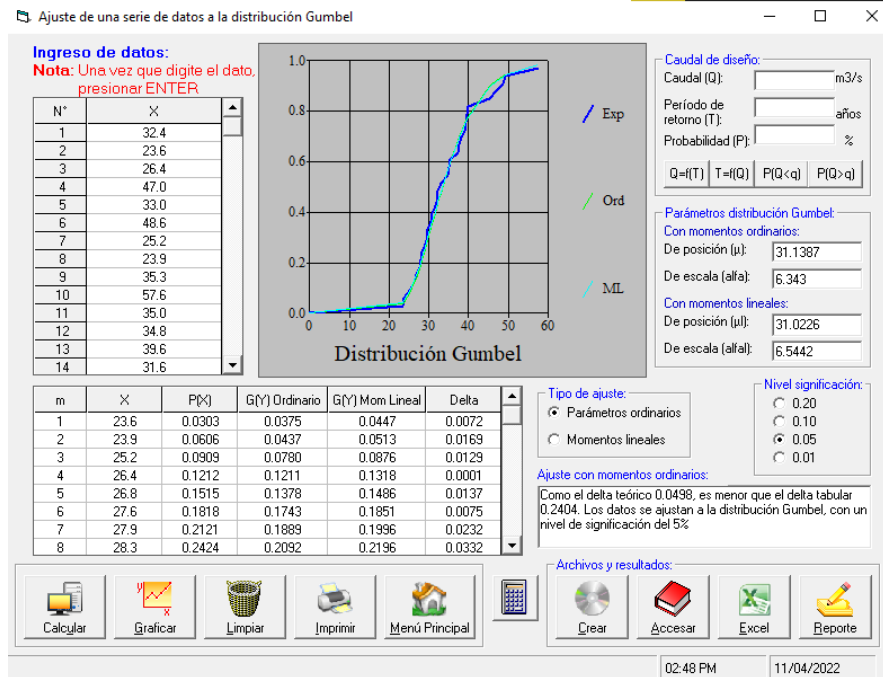
Fuente: propia

Figura 66: D_n máximo – Distribución Pearson Tipo III



Fuente: propia

Figura 67: D_n máximo – Distribución Gumbel



Fuente: propia

Obtenidos los D_n máximos de los cinco Modelos de distribución de probabilidades:

Cuadro 05: D_n máximos de distribuciones de probabilidad

Distribución	Dn
Normal	0.1027
Log Normal	0.0682
Pearson Tipo III	0.0514
Log Pearson Tipo III	0.0494
Gumbel o Extrema Tipo I	0.0498

Fuente: propia

Cada D_n máximo, es menor al D_α crítico, por lo que todos se ajustan a la serie de datos, pero el menor corresponde al método Log-Pearson Tipo III, siendo este el modelo a usar para el cálculo de la precipitación de diseño.

1.3. Precipitación máxima de diseño

El modelo a usar en el cálculo de precipitaciones máximas esperadas es el de Log-Pearson Tipo III, empleando la ecuación mostrada en Análisis de Frecuencias:

$$X_T = \bar{x} + K_T * S$$

Formula que usa un factor de frecuencia exclusivo para cada modelo de distribución. Para el método usado se empleará el siguiente:

$$K_T = z + (z^2 - 1) * \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} * (z^3 - 6z) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) * \left(\frac{C_s}{6}\right)^3 + z * \left(\frac{C_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} * \left(\frac{C_s}{6}\right)^5$$

La estimación de este factor emplea las variables z y C_s , variable normal estándar y coeficiente de asimetría respectivamente, siendo esta primera definida con la siguiente ecuación:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Donde las variables μ y σ corresponden a la media y desviación estándar, de la serie de datos, respectivamente.

El cálculo del factor de frecuencia de Log-Pearson Tipo III se estimará con respecto al K_T del modelo Normal, ya que su ecuación parte de la variable normal estándar “z”:

$$K_T = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Para ello, gracias a la hoja de cálculo del Software Excel, se empleará el comando “DISTR.NORM.ESTAND.INV(probabilidad)” presentando dentro de su sintaxis el termino entre paréntesis, el cual representa la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo x_T con igual frecuencia en cada manifiesto. Para ello se emplea la ecuación:

$$P(X \geq x_T) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Factorizando y reemplazando con la ecuación del periodo de retorno del mismo evento de un grupo de n datos:

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

Se obtiene la ecuación de la probabilidad de ocurrencia para los periodos de retorno considerados:

$$P(X \geq x_T) = 1 - \frac{1}{T}$$

Para el cálculo de las precipitaciones máximas esperadas x_T para cada periodo de retorno, se emplearán valores considerados anteriormente, como media y desviación estándar y el coeficiente de asimetría C_s de la columna Log (P24) del Cuadro 02.

Cuadro 06: parámetros estadísticos para distribución de probabilidad

\bar{y}	1.531
S_y	0.097
C_s	0.074

Fuente: propia

Para el cálculo del X_T de este método la ecuación descrita anteriormente se reemplazó con las variables descritas en el Cuadro 06.

$$X_T = \bar{y} + K_T * S_y$$

El siguiente cuadro muestra los factores de frecuencia y las precipitaciones máximas esperadas, para ello se tuvo que convertir en potencia a cada valor X_T con base 10, debido a que se encontraban en unidades logarítmicas.

Cuadro 27: Factor de frecuencia y precipitaciones máximas esperadas – Log-Pearson Tipo III

T (años)	P($X \leq x_T$)	Distrib.	Distrib. Log-Pearson Tipo III		
		Normal	K_T	x_T	10^{x_T}
2	0.500	0.0000	-0.0737	1.5238	33.4
3	0.667	0.4307	0.3662	1.5662	36.8
5	0.800	0.8416	0.8120	1.6093	40.7
10	0.900	1.2816	1.3187	1.6583	45.5
20	0.950	1.6449	1.7606	1.7009	50.2
25	0.960	1.7507	1.8934	1.7138	51.7
50	0.980	2.0537	2.2842	1.7515	56.4
100	0.990	2.3263	2.6489	1.7867	61.2

Fuente: propia

Obtenido esto, se agrega un factor de corrección de un 13% adicional al valor de precipitación máxima esperada x_T , para así reducir la incertidumbre

de la información brindada por dicha estación. Obteniendo el siguiente cuadro:

Cuadro 10: Precipitaciones máximas esperadas corregidas

T (años)	10^{X_T}	$P_{max} = X_T * 1.13$
2	33.4	37.7
3	36.8	41.6
5	40.7	46.0
10	45.5	51.4
20	50.2	56.8
25	51.7	58.5
50	56.4	63.8
100	61.2	69.2

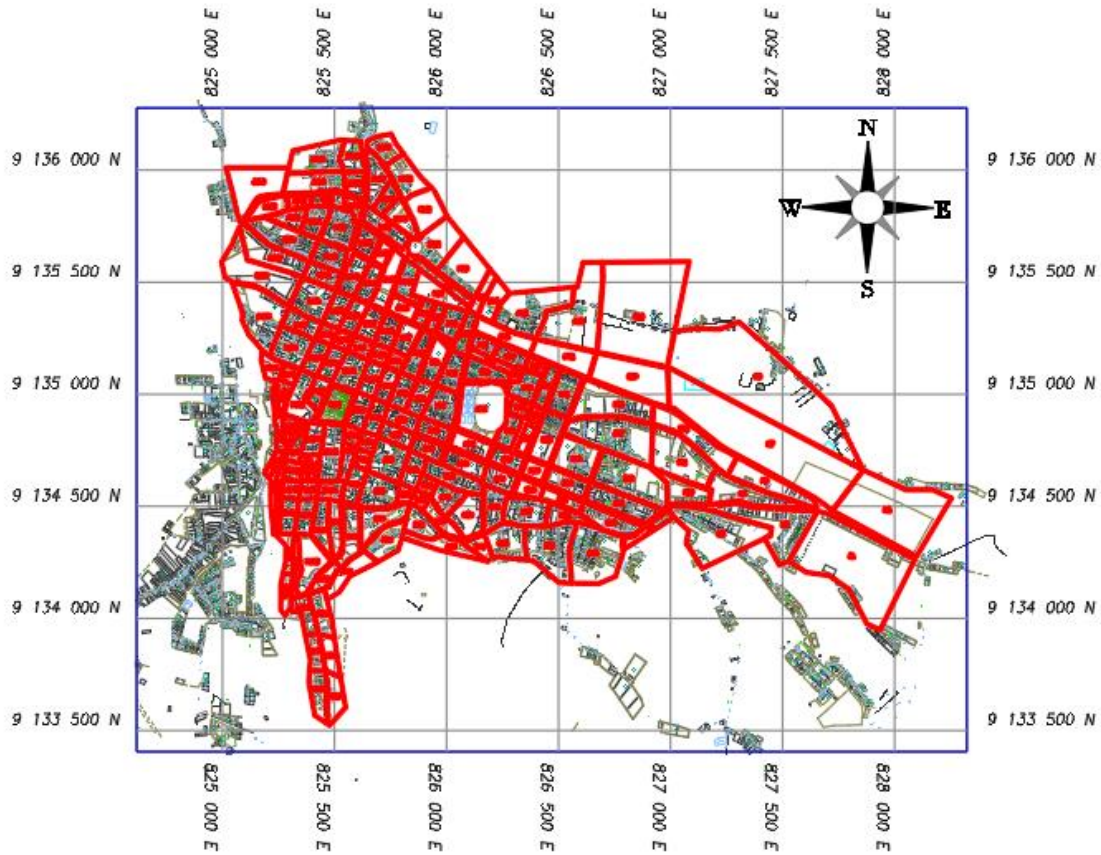
Fuente: Propia

2. Cuenca del proyecto

2.1. Área de drenaje

Haciendo uso del software AutoCAD Civil 3D. se dividió la cuenca urbana de Huamachuco en distintas microcuencas (Figura 05), abarcando un área de 193.65 ha.

Figura 07: áreas tributarias del proyecto



Fuente: propia

2.2. Características físicas

De acuerdo al funcionamiento del software, este solicita, para mejorar la precisión del cálculo, la división de la cuenca urbana en porciones más pequeñas, ello mediante el programa AutoCAD Civil 3D. Con el uso de las herramientas que este brinda, se pudo calcular sus características físicas de cada una de ellas. Ver Anexo 02.

ANEXO 03
CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES DE DISEÑO

1. Sub-cuencas

Cuadro 28: Características físicas de las sub-cuencas

Sub-cuenca	Desemb.	Área Drenada (Ha)	Longitud (m)	Ancho (m)	Pendiente (%)
S1	N51	13.96	598.60	233.26	5.62
S2	N12	10.58	535.00	197.70	2.06
S3	N11	5.13	594.00	86.39	3.67
S4	N1	6.59	467.00	141.02	0.64
S5	N11	3.06	473.00	64.60	1.59
S6	N12	2.74	423.00	64.67	1.65
S7	N74	17.98	979.00	183.67	1.53
S8	N74	21.49	752.00	285.71	2.79
S9	N64	0.83	258.00	32.16	0.39
S10	N56	1.92	306.00	62.68	0.65
S11	N58	4.60	368.00	124.99	3.26
S12	N19	3.06	457.00	67.04	1.75
S13	N65	5.18	305.00	169.99	18.03
S14	N77	1.77	248.00	71.22	5.24
S15	N67	2.55	305.00	83.59	5.57
S16	N69	4.83	372.00	129.92	5.11
S17	N71	5.44	423.00	128.70	5.67
S18	N72	4.03	357.00	112.89	2.24
S19	N22	5.10	405.00	126.03	0.74
S20	N22	15.26	575.00	265.39	2.78
S21	N94	4.38	327.00	133.84	16.21
S22	N66	1.06	241.00	44.09	4.56
S23	N79	0.92	193.00	47.84	5.70
S24	N79	1.46	206.00	71.06	3.88
S25	N73	2.71	237.00	114.53	3.80
S26	N90	2.40	203.00	117.99	16.26
S27	N95	2.19	204.00	107.39	10.78
S28	N80	0.80	130.00	61.40	4.62
S29	N80	0.74	123.00	60.17	3.25
S30	N127	2.19	238.00	91.86	2.94
S31	N127	1.92	216.00	89.05	2.31
S32	N25	2.62	290.00	90.37	0.69

S33	N25	6.56	450.00	145.74	9.11
S35	N101	1.58	213.00	74.39	13.62
S36	N81	1.21	169.00	71.52	4.14
S37	N120	1.09	166.00	65.83	3.01
S38	N122	0.57	137.00	41.47	2.19
S40	N133	0.97	198.00	49.21	2.53
S41	N123	1.04	162.00	64.18	2.47
S42	N124	0.54	107.00	50.82	0.93
S43	N135	1.26	160.00	78.67	18.75
S44	N131	0.44	4354.13	44.43	0.21
S45	N107	1.56	396.00	39.41	3.79
S46	N136	1.50	204.00	73.36	0.98
S47	N112	0.98	224.00	43.79	4.02
S48	N113	0.43	92.00	46.78	17.39
S49	N100	2.18	210.00	103.95	17.62
S50	N104	1.26	157.00	80.24	16.56
S51	N102	0.52	106.00	49.22	20.75
S52	N106	1.91	288.00	66.49	2.08
S53	N83	1.43	211.00	67.93	3.32
S54	N83	1.33	194.00	68.45	2.06
S55	N87	4.63	307.00	150.94	1.63
S56	N125	0.06	38.00	16.05	2.63
S57	N135	1.42	211.00	67.53	0.47
S58	N87	0.20	74.00	26.56	0.82
S59	N88	0.63	212.00	29.67	0.94
S60	N132	0.96	154.00	62.32	0.65
S61	N89	0.75	134.00	56.25	0.36
S62	N28	1.71	287.00	59.57	0.35
S63	N27	4.70	393.00	119.66	7.12
S64	N28	1.27	202.00	63.08	16.83
S65	N154	1.87	244.00	76.72	9.02
S66	N143	1.99	288.00	69.20	3.47
S67	N114	0.44	95.00	46.78	24.21
S68	N116	1.17	169.00	69.23	21.89
S69	N83	1.00	155.00	64.58	3.23
S70	N84	1.02	159.00	64.03	2.52
S71	N86	1.43	200.00	71.61	1.00
S72	N168	1.43	195.00	73.45	1.03
S73	N30	0.95	195.00	48.64	1.03
S74	N29	0.83	213.00	39.07	17.37
S75	N160	2.13	192.00	111.05	18.75
S76	N119	2.35	224.00	104.77	9.82
S77	N117	1.05	168.00	62.43	2.38

S78	N118	1.10	170.00	64.79	1.18
S79	N171	1.10	165.00	66.80	1.21
S80	N165	1.12	166.00	67.30	1.81
S81	N170	1.45	211.00	68.71	0.95
S82	N172	1.29	220.00	58.43	1.82
S83	N169	0.05	50.00	10.07	2.00
S84	N31	1.20	167.00	71.73	0.04
S85	N32	0.55	135.00	40.45	0.21
S86	N30	1.84	283.00	65.09	0.35
S87	N174	1.06	316.00	33.51	0.32
S88	N173	3.24	276.00	117.50	17.03
S89	N156	1.57	274.00	57.33	1.82
S90	N158	1.82	279.00	65.13	11.11
S91	N144	1.16	176.00	65.90	5.11
S92	N147	0.47	99.00	47.36	3.03
S93	N148	0.53	104.00	51.00	0.96
S94	N149	1.02	165.00	62.09	3.03
S95	N150	0.99	165.00	60.11	2.42
S97	N167	1.14	160.00	71.38	1.88
S98	N33	0.58	132.00	43.89	0.28
S99	N209	1.33	240.00	55.53	8.75
S100	N211	1.05	215.00	48.71	8.37
S101	N213	1.41	223.00	63.32	9.42
S102	N216	0.76	184.00	41.34	2.17
S103	N217	2.31	274.00	84.39	8.03
S104	N159	1.26	260.00	48.40	10.38
S105	N217	1.49	281.00	52.95	8.90
S106	N225	0.86	146.00	58.83	3.42
S107	N226	0.69	166.00	41.39	4.82
S108	N224	2.30	258.00	89.25	4.26
S109	N148	0.52	110.00	46.97	2.73
S110	N149	1.17	173.00	67.56	4.05
S111	N196	1.69	185.00	91.27	4.32
S112	N150	1.11	168.00	66.03	2.98
S113	N196	1.64	183.00	89.56	3.83
S115	N198	0.69	119.00	57.95	3.36
S116	N152	1.05	161.00	65.10	1.24
S117	N199	1.15	162.00	71.02	1.85
S118	N176	0.89	146.00	60.97	0.28
S119	N201	1.67	281.00	59.34	1.07
S120	N36	1.27	215.00	59.12	0.47
S121	N174	3.07	257.00	119.55	19.07
S122	N209	1.45	259.00	56.02	10.42

S123	N211	0.93	181.00	51.21	9.94
S124	N213	1.13	197.00	57.48	5.58
S125	N185	0.63	281.00	22.54	7.12
S126	N219	1.15	181.00	63.38	8.29
S127	N220	0.59	114.00	51.40	6.14
S128	N222	0.50	121.00	41.72	4.13
S129	N190	0.30	117.00	25.94	5.98
S130	N193	1.08	167.00	64.50	4.19
S131	N196	0.83	156.00	53.47	3.21
S132	N197	1.04	159.00	65.60	2.52
S133	N198	0.54	108.00	49.80	2.78
S134	N199	1.08	167.00	64.89	1.80
S135	N201	1.13	180.00	62.78	1.11
S136	N39	0.56	123.00	45.74	0.81
S137	N41	1.48	249.00	59.31	0.40
S138	N254	1.28	202.00	63.60	6.44
S139	N255	0.81	158.00	51.29	18.35
S140	N251	1.65	260.00	63.44	13.08
S141	N182	2.31	221.00	104.47	26.24
S142	N179	1.99	224.00	88.87	15.63
S143	N177	1.33	172.00	77.07	16.28
S144	N185	0.76	190.00	39.79	2.63
S145	N188	0.75	193.00	38.61	11.92
S146	N189	1.08	172.00	62.59	3.49
S147	N190	0.58	102.00	56.46	4.90
S148	N205	0.61	108.00	56.18	2.78
S149	N193	0.67	196.00	34.25	4.08
S150	N206	0.40	157.00	25.52	3.82
S151	N275	0.49	156.00	31.56	5.13
S152	N229	1.97	238.00	82.58	2.94
S153	N234	1.10	161.00	68.14	0.31
S154	N235	0.57	103.00	55.15	1.94
S155	N237	1.14	163.00	69.81	1.84
S156	N247	1.39	191.00	72.67	1.05
S157	N249	1.10	163.00	67.72	1.23
S158	N202	0.33	166.00	19.69	1.81
S160	N281	0.67	254.00	26.50	5.12
S161	N281	0.38	134.00	28.10	6.72
S162	N273	0.49	161.00	30.48	1.24
S163	N275	0.62	158.00	39.50	3.80
S164	N240	0.50	96.00	51.61	2.08
S165	N278	1.06	299.00	35.49	6.02
S166	N241	2.22	206.00	107.61	6.31

S167	N243	1.25	178.00	70.10	10.11
S168	N244	2.34	212.00	110.30	2.36
S169	N246	1.11	166.00	66.98	1.20
S170	N268	1.44	178.00	80.67	1.69
S171	N257	1.97	203.00	96.99	1.48
S172	N42	0.60	131.00	46.01	0.76
S173	N252	0.92	149.00	61.70	9.40
S174	N250	1.26	153.00	82.50	13.07
S175	N271	4.30	363.00	118.47	7.99
S176	N271	4.43	410.00	108.01	8.29
S177	N269	2.77	357.00	77.71	3.64
S178	N258	2.89	340.00	85.01	1.18
S179	N258	1.22	171.00	71.23	1.17
S180	N47	0.94	177.00	53.00	1.13
S181	N44	0.80	157.00	51.12	1.27
S182	N46	0.54	115.00	47.36	2.61
S183	N49	1.09	208.00	52.24	0.96
S184	N262	2.27	284.00	79.99	5.63
S185	N259	2.68	292.00	91.93	3.42
S186	N265	3.81	325.00	117.17	12.92

Fuente: propia

2. Conductos

Cuadro 29: Características de los conductos

Nombre	Partida	Salida	LONG.	Sección		Tipo	N de Manning
			m	b (m)	h (m)		
C1	N1	N2	26.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C2	N2	N3	55.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C3	N3	N4	109.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C4	N4	N5	51.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C5	N5	N6	71.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C6	N6	N7	72.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C7	N7	N8	58.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C8	N8	N9	47.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C9	N9	N10	77.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C10	N10	N11	102.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C11	N11	N12	10.20	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C12	N12	N13	42.50	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C13	N13	N14	166.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C14	N14	N15	227.00	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013

C15	N15	N16	96.90	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C16	N16	N17	111.30	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C17	N17	N18	151.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C18	N18	N19	88.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C19	N19	N20	152.50	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C20	N20	N21	156.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C21	N21	N22	121.90	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C22	N22	N23	82.20	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C23	N23	N24	98.55	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C24	N24	N25	95.74	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C25	N25	N26	112.40	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C26	N26	N27	95.75	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C27	N27	N28	72.70	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C28	N28	N29	9.40	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C29	N29	N30	41.20	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C30	N30	N31	95.65	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C31	N31	N32	50.50	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C32	N32	N33	61.70	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C33	N33	N34	55.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C34	N34	N35	122.70	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C35	N35	N36	81.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C36	N36	N37	36.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C37	N37	N38	30.30	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C38	N38	N39	66.60	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C39	N39	N40	80.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C40	N40	N41	38.40	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C41	N41	N42	47.20	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C42	N42	N43	57.40	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C43	N43	N44	65.50	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C44	N44	N45	69.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C45	N45	N46	43.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C46	N46	N47	84.05	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C47	N47	N48	50.53	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C48	N48	N49	55.50	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C49	N49	N50	90.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C50	N50	D1	4.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C51	N51	N52	108.40	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C52	N52	N53	113.10	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C53	N53	N54	109.70	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C54	N54	N55	92.30	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C55	N55	N11	90.64	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C56	N56	N57	67.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C57	N57	N58	35.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C58	N58	N59	73.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C59	N59	N60	79.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C60	N60	N61	80.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C61	N61	N62	43.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C62	N62	N63	83.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C63	N63	N19	90.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C64	N64	N65	104.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C65	N65	N66	120.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C66	N66	N67	56.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C67	N67	N68	93.05	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C68	N68	N69	153.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C69	N69	N70	191.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C70	N70	N71	61.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C71	N71	N72	208.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C72	N72	N21	20.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C73	N73	N70	184.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C74	N74	N75	104.60	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C75	N75	N76	102.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C76	N76	N22	112.92	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C77	N77	N78	87.75	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C78	N78	N79	105.30	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C79	N79	N80	112.40	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C80	N80	N81	154.10	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C81	N82	N82	98.25	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C82	N82	N83	96.95	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C83	N83	N84	89.55	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C84	N84	N85	61.80	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C85	N85	N86	90.75	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C86	N86	N87	58.60	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C87	N87	N88	115.65	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C88	N89	N89	111.90	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C89	N89	N28	72.90	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C90	N90	N91	58.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C91	N91	N92	52.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C92	N92	N93	18.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C93	N93	N80	100.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C94	N94	N95	109.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C95	N95	N96	67.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C96	N96	N97	45.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C97	N97	N93	66.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C98	N98	N99	88.95	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C99	N99	N100	170.65	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C100	N100	N101	55.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C101	N101	N81	86.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C102	N102	N103	91.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C103	N103	N104	50.73	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C104	N104	N105	35.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C105	N105	N100	35.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C106	N106	N83	79.75	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C107	N107	N108	39.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C108	N108	N109	48.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C109	N109	N110	41.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C110	N110	N111	53.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C111	N111	N112	59.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C112	N112	N113	72.05	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C113	N113	N114	78.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C114	N114	N115	80.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C115	N115	N116	76.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C116	N116	N117	56.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C117	N117	N118	21.75	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C118	N118	N83	130.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C119	N119	N116	152.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C120	N120	N121	95.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C121	N121	N84	96.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C122	N122	N123	81.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C123	N123	N124	77.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C124	N124	N125	36.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C125	N125	N126	71.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C126	N126	N87	130.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C127	N127	N128	103.10	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C128	N128	N129	93.40	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C129	N129	N130	60.15	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C130	N130	N131	89.70	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C131	N131	N132	147.20	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C132	N132	N89	122.75	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C133	N133	N134	102.50	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C134	N134	N130	96.20	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C135	N135	N131	69.10	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C136	N136	N137	69.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C137	N137	N138	43.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C138	N138	N139	54.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C139	N139	N140	38.65	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C140	N140	N141	26.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C141	N141	N142	81.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C142	N142	N143	121.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C143	N143	N144	86.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C144	N144	N145	105.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C145	N145	N146	79.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C146	N146	N147	74.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C147	N147	N148	76.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C148	N148	N149	155.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C149	N149	N150	152.35	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C150	N150	N151	81.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C151	N151	N152	141.25	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C152	N152	N153	46.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C153	N153	N33	120.20	1.00	1.00	Rec. Cerrado	0.013
C154	N154	N155	38.30	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C155	N155	N140	53.80	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C156	N156	N157	100.40	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C157	N157	N158	95.10	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C158	N158	N159	121.30	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C159	N159	N144	89.00	0.30	0.30	Rec. Cerrado	0.013
C160	N160	N161	79.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C161	N161	N162	78.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C162	N162	N163	73.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C163	N163	N164	77.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C164	N164	N165	151.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C165	N165	N166	77.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C166	N166	N167	145.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C167	N167	N153	54.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C168	N168	N169	62.70	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C169	N169	N170	36.40	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C170	N170	N167	56.80	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C171	N171	N172	97.00	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C172	N172	N170	113.42	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C173	N173	N174	199.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C174	N174	N175	100.75	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C175	N175	N36	59.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C176	N176	N36	174.00	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C177	N177	N178	73.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C178	N178	N179	78.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C179	N179	N180	93.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C180	N180	N181	28.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C181	N181	N182	79.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C182	N182	N183	42.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C183	N183	N184	39.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C184	N184	N37	40.95	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C185	N185	N186	76.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C186	N186	N187	63.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C187	N187	N188	46.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C188	N188	N189	157.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C189	N189	N190	83.15	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C190	N190	N191	73.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C191	N191	N192	18.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C192	N192	N193	41.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C193	N193	N194	142.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C194	N194	N195	30.45	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C195	N195	N196	181.15	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C196	N196	N197	162.10	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C197	N197	N198	80.30	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C198	N198	N199	152.35	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C199	N199	N200	78.50	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C200	N200	N201	93.90	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C201	N201	N38	102.40	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C202	N202	N203	39.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C203	N203	N204	75.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C204	N204	N205	52.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C205	N205	N206	37.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C206	N206	N207	47.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C207	N207	N208	56.65	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C208	N208	N194	60.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C209	N209	N210	77.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C210	N210	N211	91.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C211	N211	N212	89.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C212	N212	N213	89.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C213	N213	N214	9.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C214	N214	N215	89.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C215	N215	N216	93.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C216	N216	N217	153.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C217	N217	N218	57.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C218	N218	N219	107.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C219	N219	N220	78.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C220	N220	N221	7.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C221	N221	N222	113.45	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C222	N222	N223	6.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C223	N223	N224	136.75	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C224	N224	N195	42.85	0.50	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C225	N225	N226	170.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C226	N226	N227	82.25	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C227	N227	N228	142.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C228	N228	N196	115.95	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C229	N229	N230	38.05	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C230	N230	N231	26.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C231	N231	N232	53.62	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C232	N232	N233	66.25	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C233	N233	N234	84.05	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C234	N234	N235	79.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C235	N235	N236	80.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C236	N236	N237	77.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C237	N237	N238	81.85	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C238	N238	N239	93.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C239	N239	N39	114.60	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C240	N240	N241	76.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C241	N241	N242	74.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C242	N242	N243	74.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C243	N243	N244	83.40	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C244	N244	N245	84.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C245	N245	N246	67.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C246	N246	N247	89.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C247	N247	N248	64.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C248	N248	N249	46.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C249	N249	N41	122.00	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C250	N250	N251	60.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C251	N251	N252	131.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C252	N252	N253	24.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C253	N253	N41	83.00	0.50	0.70	Rec. Cerrado	0.013
C254	N254	N255	123.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C255	N255	N256	47.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C256	N256	N253	37.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C257	N257	N258	91.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C258	N258	N49	170.45	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C259	N259	N260	35.90	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C260	N260	N261	57.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C261	N261	N262	6.70	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C262	N262	N263	42.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C263	N263	N264	133.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C264	N264	N265	104.60	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C265	N265	N266	101.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C266	N266	N267	39.50	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C267	N267	N50	80.20	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C268	N268	N269	196.35	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C269	N269	N270	150.75	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C270	N270	N50	12.35	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C271	N271	N272	61.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C272	N272	D2	20.55	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

C273	N273	N274	78.05	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C274	N274	N275	58.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C275	N275	N276	17.10	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C276	N276	N277	25.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C277	N277	D3	14.30	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C278	N278	N279	57.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C279	N279	N280	76.00	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C280	N280	N276	35.80	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013
C281	N281	D4	6.15	0.30	0.50	Rec. Cerrado	0.013

Fuente: propia

3. Nodos

Cuadro 30: Características de los nodos

NODOS		
Nº NODO	PROF. DE ESTRUCTURA	COTA FONDO
	m	msnm
N1	0.70	3195.882
N2	0.70	3195.330
N3	0.70	3192.369
N4	0.70	3187.395
N5	0.70	3186.848
N6	0.70	3183.985
N7	0.70	3178.174
N8	0.70	3175.986
N9	0.70	3174.923
N10	0.70	3172.614
N11	1.00	3171.504
N12	1.00	3171.232
N13	1.00	3169.307
N14	1.00	3167.114
N15	1.00	3164.002
N16	1.00	3162.541
N17	1.00	3161.806
N18	1.00	3159.193
N19	1.00	3158.730
N20	2.00	3158.435
N21	1.00	3157.998
N22	1.00	3156.025
N23	1.00	3156.000
N24	1.00	3155.830

N25	1.50	3155.478
N26	1.00	3155.009
N27	1.00	3155.004
N28	1.00	3155.000
N29	1.20	3154.969
N30	1.50	3154.744
N31	1.50	3154.500
N32	1.60	3154.400
N33	1.20	3154.379
N34	1.20	3154.210
N35	1.00	3154.000
N36	1.50	3153.718
N37	1.00	3153.661
N38	1.00	3153.166
N39	1.00	3152.652
N40	1.00	3152.113
N41	1.00	3152.019
N42	1.00	3151.785
N43	1.00	3151.007
N44	1.00	3150.683
N45	1.00	3150.091
N46	1.00	3149.659
N47	1.00	3148.953
N48	1.00	3148.360
N49	1.00	3148.345
N50	1.10	3148.266
N51	0.70	3186.423
N52	0.70	3183.299
N53	0.70	3179.548
N54	0.70	3175.292
N55	0.70	3172.487
N56	0.70	3179.491
N57	0.70	3171.692
N58	0.70	3166.914
N59	0.70	3166.652
N60	0.90	3166.535
N61	1.10	3166.475
N62	1.40	3166.380
N63	1.20	3166.237
N64	0.70	3192.028
N65	0.70	3189.601
N66	0.70	3183.359
N67	0.70	3179.097

N68	0.70	3176.031
N69	0.70	3174.700
N70	0.70	3166.200
N71	0.70	3164.224
N72	0.70	3158.300
N73	1.00	3169.742
N74	1.00	3157.495
N75	1.50	3157.176
N76	1.60	3157.080
N77	1.00	3178.615
N78	1.00	3175.628
N79	1.00	3171.233
N80	1.00	3168.119
N81	1.00	3163.896
N82	1.00	3161.582
N83	1.00	3160.444
N84	1.00	3159.539
N85	1.00	3158.987
N86	1.00	3158.226
N87	1.00	3157.674
N88	1.00	3156.571
N89	1.20	3155.462
N90	0.70	3193.976
N91	0.70	3182.379
N92	0.70	3173.886
N93	0.70	3172.775
N94	0.70	3195.708
N95	0.70	3177.235
N96	0.70	3174.468
N97	0.70	3174.275
N98	0.70	3212.006
N99	0.70	3198.047
N100	0.70	3172.034
N101	0.70	3168.265
N102	0.70	3180.117
N103	0.70	3176.210
N104	0.70	3175.391
N105	0.70	3173.618
N106	0.70	3164.092
N107	0.70	3211.663
N108	0.70	3208.418
N109	0.70	3206.460
N110	0.70	3206.222

N111	0.70	3204.064
N112	0.70	3202.795
N113	0.70	3202.118
N114	0.70	3195.263
N115	0.70	3176.426
N116	0.70	3165.305
N117	0.70	3163.367
N118	0.70	3162.641
N119	0.70	3171.745
N120	0.70	3163.151
N121	0.70	3161.279
N122	0.70	3162.430
N123	0.70	3160.911
N124	0.70	3159.576
N125	0.70	3159.028
N126	0.70	3158.284
N127	0.70	3162.324
N128	0.70	3159.307
N129	0.70	3157.940
N130	0.70	3157.314
N131	0.70	3156.721
N132	0.70	3155.944
N133	0.70	3161.304
N134	0.70	3159.135
N135	0.70	3157.913
N136	0.70	3219.368
N137	0.70	3219.465
N138	0.70	3218.936
N139	1.40	3218.791
N140	1.40	3218.767
N141	0.70	3218.598
N142	0.70	3212.327
N143	0.70	3198.533
N144	0.70	3190.118
N145	0.70	3185.000
N146	0.70	3180.281
N147	0.70	3176.988
N148	0.70	3174.198
N149	0.70	3167.494
N150	0.70	3161.057
N151	0.70	3158.637
N152	0.70	3155.924
N153	1.20	3155.259

N154	0.70	3228.480
N155	0.70	3227.942
N156	0.70	3229.461
N157	0.70	3214.043
N158	0.70	3215.978
N159	0.70	3202.328
N160	0.70	3180.250
N161	0.70	3175.328
N162	0.70	3171.893
N163	0.70	3169.122
N164	0.70	3165.378
N165	0.70	3159.297
N166	0.70	3157.415
N167	0.70	3155.638
N168	0.70	3156.271
N169	0.70	3155.707
N170	0.70	3155.662
N171	0.70	3158.012
N172	0.70	3156.767
N173	0.70	3156.698
N174	0.70	3155.773
N175	1.10	3155.616
N176	0.70	3155.180
N177	0.70	3186.832
N178	0.70	3182.128
N179	0.70	3175.066
N180	0.70	3170.216
N181	0.70	3169.134
N182	0.70	3162.726
N183	0.70	3158.339
N184	0.70	3155.213
N185	0.70	3221.113
N186	0.70	3216.496
N187	0.70	3210.938
N188	0.70	3206.733
N189	0.70	3193.463
N190	0.70	3188.023
N191	0.70	3183.174
N192	0.70	3182.355
N193	0.70	3180.286
N194	0.70	3174.980
N195	0.70	3173.346
N196	0.70	3165.226

N197	0.70	3159.982
N198	0.70	3158.405
N199	0.70	3156.298
N200	0.70	3155.399
N201	0.70	3154.372
N202	0.70	3192.284
N203	0.70	3190.734
N204	0.70	3186.417
N205	0.70	3183.666
N206	0.70	3181.339
N207	0.70	3179.106
N208	0.70	3177.273
N209	0.70	3250.136
N210	0.70	3245.291
N211	0.70	3238.139
N212	0.70	3230.891
N213	0.70	3225.529
N214	0.70	3225.046
N215	0.70	3219.319
N216	0.70	3216.825
N217	0.70	3203.950
N218	0.70	3199.740
N219	0.70	3190.771
N220	0.70	3186.030
N221	0.70	3185.848
N222	0.70	3179.080
N223	0.70	3178.843
N224	0.70	3173.258
N225	0.70	3184.682
N226	0.70	3177.289
N227	0.70	3173.605
N228	0.70	3167.873
N229	0.70	3169.981
N230	0.70	3167.963
N231	0.70	3166.362
N232	0.70	3164.866
N233	0.70	3163.293
N234	0.70	3160.927
N235	0.70	3159.172
N236	0.70	3157.622
N237	0.70	3156.442
N238	0.70	3155.360
N239	0.70	3154.309

N240	0.70	3169.471
N241	0.70	3167.389
N242	0.70	3166.298
N243	0.70	3165.045
N244	0.70	3162.949
N245	0.70	3159.928
N246	0.70	3156.737
N247	0.70	3155.181
N248	0.70	3154.310
N249	0.70	3153.910
N250	0.70	3181.239
N251	0.70	3171.105
N252	0.70	3154.804
N253	0.70	3154.090
N254	0.70	3156.697
N255	0.70	3154.500
N256	0.70	3154.176
N257	0.70	3151.940
N258	0.70	3149.897
N259	0.70	3170.221
N260	0.70	3162.842
N261	0.70	3153.215
N262	0.70	3152.894
N263	1.00	3152.770
N264	0.70	3152.141
N265	1.40	3152.056
N266	0.70	3150.156
N267	0.70	3150.085
N268	0.70	3155.056
N269	0.70	3150.217
N270	0.70	3148.336
N271	0.70	3156.340
N272	0.70	3152.799
N273	0.70	3180.140
N274	0.70	3174.562
N275	0.70	3172.497
N276	1.70	3166.952
N277	0.70	3161.207
N278	0.50	3169.950
N279	0.50	3167.266
N280	0.50	3167.050
N281	1.00	3177.147

Fuente: propia

ANEXO 04 ESTUDIO DE SUELOS

Las estimaciones de los parámetros de infiltración son determinados mediante un estudio de suelos básico, para ello se recurrió a la recopilación de ensayos previamente realizados en proyectos ejecutados en la ciudad de Huamachuco.

Este estudio abarca ensayos estándar:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C – 136 – AASHTO T88 – 70).
- Límites de consistencia
 - Limite Líquido (ASTMD – 4318 – AASHTO T89 – 68)
 - Limite Plástico (ASTMD – 4318 – AASHTO T90 – 70)
- Humedad natural (ASTMD – 2216)

A continuación, se muestran los cuadros con los ensayos realizados en los distintos proyectos en la ciudad de Huamachuco:

- C-01: Proyecto “CONSTRUCCIÓN DE CALZADA, VEREDA, CUNETAS Y MURO DE CONTENCIÓN; ADEMÁS DE OTROS ACTIVOS EN EL(LA) CALLE LOS MOLINOS CUADRA 10 Y JR. SALAVERRY CUADRA 12, JUNTA VECINAL N°06, DISTRITO HUAMACHUCO, PROVINCIA SANCHEZ CARRION, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD” fecha de ensayo 17/02/2022.
- C-02: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN CALLE PARANSHIQUE CUADRAS DE LA 1 A LA 5, JUNTA VECINAL N°010 DEL DISTRITO DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 28/09/2020.
- C-03: Proyecto “CONSTRUCCIÓN DE ÁREA VERDE; EN EL (LA) JR. RAMÓN CASTILLA CUADRAS 14 Y 15 JUNTA VECINAL N°04 DISTRITO DE HUAMACHUCO – PROVINCIA SÁNCHEZ CARRIÓN, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD” fecha de ensayo 27/08/2021.
- C-04: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN EL PASAJE FRANCISCO DE ZELA CDRA. 1, JR. ESTETE CDDRA. 7 Y AV. GARCILAZO DE LA VEGA CDRA. 10, JUNTA VECINAL N°05 DEL DISTRITO DE

HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 04/03/2022.

- C-05: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. FLORENCIA DE MORA Y AV. 10 DE JULIO, DISTRITO DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD” fecha de ensayo 15/01/2021.
- C-06: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LA AV. LOS INTELECTUALES CUADRAS 4, 5, 6 Y 7, JUNTA VECINAL N°03 DEL DISTRITO DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 29/03/2021.
- C-07: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LA CALLE EL TUNANTE CUADRAS 2 Y 3 Y PASAJE SAZÓN CUADRAS 1 Y 2, JUNTA VECINAL N°05 DEL DISTRITO DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 06/11/2021.
- C-08: Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA PROLONG. AV. GARCILAZO DE LA VEGA CUADRAS DE LA 1 A LA 11, PSJE. BUEN PASTOR CUADRA 1 Y PSJE. NUEVA PALESTINA CUADRA 1, JUNTA VECINAL N°04 DEL DISTRITO DEHUAMACHUCO - PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 26/01/2021.
- C-09: Proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE MOVILIDAD URBANA EN LOS PASAJES SAN PABLO CUADRAS 1 Y 2 Y EL PASAJE SAN LUIS CUADRA 1, JUNTA VECINAL N° 02 DEL DISTRITO DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD” fecha de ensayo 16/04/2021.
- C-10 y C-11: Proyecto “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD” fecha de ensayo 19/02/2021, 07/11/2021.

- C-12: Proyecto "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MÁS ÓPTIMO PARA LA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE TRAMO INTERSECCIÓN JR. JOSÉ BALTA CON AV. 15 DE AGOSTO - SAZÓN BAJO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

Cuadro 31: Análisis granulométrico de la calicata C-01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-01							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-01		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	18.42	gr
3"	75.000	0	0	0	Tamiz N° 40	67.82	gr
2"	50.000	0	0	100	Tamiz N° 200	33.74	gr
1 1/2"	37.500	358.9	358.9	98.81	Grava	0.00	%
1"	25.000	1,309.50	1,309.50	94.45	Arena	32.18	%
3/4"	19.000	1,332.90	1,332.90	90.01	Fino	49.40	%
3/8"	9.500	1,186.90	1,186.90	86.07	D10	18.42	mm
N° 4	4.750	2,656.00	2,656.00	77.23	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	2,829.00	2,829.00	67.82	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	2,439.01	7.2	59.7	Cu	N.P.	mm
N° 40	0.425	3,129.98	0	49.29	Cc	--	--
N° 60	0.250	4,673.00	0	33.74	W	4.4	%
N° 100	0.150	3,023.47	0	23.68	LL	38	
N° 140	0.106	1,254.12	0	19.51	LP	30	
N° 200	0.075	240.97	0	18.71	IP	8	
Fondo	< 0.075	86.54	0	18.42	SUCS	SM	
Σ	Total	24,520.29	9680.40		AASHTO	A-2-4(0)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)			AASHTO (AASHTO M145)		
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).			Material granular.		
Tipo		Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).			Índice de Grupo (IG)		0
Descripción		Arena limosa con grava. con bloques			Grava y arena arcillosa o limosa.		

Símbolo de grupo	SM	A-2-4
Clasificación	Arena limosa con grava. con bloques SM	Grava y arena arcillosa o limosa. A-2-4 (0)
Terreno de fundación	--	--

Cuadro 32: Análisis granulométrico de la calicata C-02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-02							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-02		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	91.70	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	70.13	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	62.21	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	8.30	%
1"	25.000	0.00	0.00	100.00	Arena	29.49	%
3/4"	19.000	27.72	0.96	99.04	Fino	62.21	%
3/8"	9.500	62.37	2.16	96.88	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	149.32	5.18	91.70	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	234.44	8.13	83.57	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	222.81	7.73	75.84	Cu		mm
N° 40	0.425	164.67	5.71	70.13	Cc		--
N° 60	0.250	96.13	3.33	66.80	W	21.18	%
N° 100	0.150	64.13	2.22	64.57	LL	38	
N° 140	0.106	35.09	1.22	63.36	LP	24	
N° 200	0.075	32.99	1.14	62.21	IP	14	
Fondo	< 0.075	1,794.03	62.21	0.00	SUCS	CL	
Σ	Total	2,883.70	100.00		AASHTO	A-6 (7)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Características		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Índice de Grupo (IG)		7	
Descripción		Arcilla media plasticidad arenosa		Suelo arcilloso.			
Símbolo de grupo		CL		A-6			
Clasificación		Arcilla media plasticidad arenosa CL		Suelo arcilloso. A-6 (7)			

Terreno de fundación	--	--
----------------------	----	----

Cuadro 33: Análisis granulométrico de la calicata C-03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-03							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-02		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	98.32	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	90.02	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	63.79	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	1.68	%
1"	25.000	23.00	0.88	99.12	Arena	34.53	%
3/4"	19.000	0.00	0.00	99.12	Fino	63.79	%
3/8"	9.500	8.00	0.30	98.82	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	13.00	0.49	98.32	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	46.01	1.75	96.57	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	71.01	2.70	93.87	Cu		mm
N° 40	0.425	101.01	3.85	90.02	Cc		--
N° 60	0.250	201.02	7.65	82.37	W	14.28	%
N° 100	0.150	237.03	9.02	73.35	LL	35	
N° 140	0.106	160.02	6.09	67.26	LP	20	
N° 200	0.075	91.01	3.46	63.79	IP	15	
Fondo	< 0.075	1,673.69	63.72	0.08	SUCS	CL	
Σ	Total	2,624.80	100.00		AASHTO	A-6 (7)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Características		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Pobre a malo como subgrado.		Índice de Grupo (IG) 7	
Descripción		Arcilla media plasticidad arenosa		Suelo arcilloso.			
Símbolo de grupo		CL		A-6			
Clasificación		Arcilla media plasticidad arenosa CL		Suelo arcilloso. A-6 (7)			
Terreno de fundación		--		--			

Cuadro 34: Análisis granulométrico de la calicata C-04

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-04							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-04		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	98.79	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	95.00	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	93.53	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	1.21	%
1"	25.000	0.00	0.00	100.00	Arena	5.26	%
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00	Fino	93.53	%
3/8"	9.500	9.20	0.27	99.73	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	31.50	0.94	98.79	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	42.30	1.26	97.53	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	48.35	1.44	96.10	Cu		mm
N° 40	0.425	36.90	1.10	95.00	Cc		--
N° 60	0.250	25.80	0.77	94.23	W	35.49	%
N° 100	0.150	12.11	0.36	93.87	LL	58	
N° 140	0.106	9.30	0.28	93.60	LP	27	
N° 200	0.075	2.10	0.06	93.53	IP	31	
Fondo	< 0.075	3,145.60	93.50	0.03	SUCS	CH	
Σ	Total	3,363.16	100.00		AASHTO	A-7-6(33)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Características		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Pobre a malo como subgrado.			
Descripción		Arcilla alta plasticidad		Índice de Grupo (IG) 33			
Símbolo de grupo		CH		Suelo arcilloso.			
Clasificación		CH		A-7-6			
Terreno de fundación		Arcilla alta plasticidad CH		Suelo arcilloso. A-7-6 (33)			
		--		--			

Cuadro 35: Análisis granulométrico de la calicata C-05

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-05							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-05		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	86.10	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	62.62	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	46.68	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	13.90	%
1"	25.000	23.50	1.74	98.26	Arena	39.42	%
3/4"	19.000	19.20	1.42	96.84	Fino	46.68	%
3/8"	9.500	67.12	4.96	91.88	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	78.10	5.78	86.10	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	130.30	9.69	76.42	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	84.13	6.26	70.15	Cu		mm
N° 40	0.425	101.09	7.53	62.62	Cc		--
N° 60	0.250	124.32	9.26	53.37	W	14.72	%
N° 100	0.150	70.80	5.27	48.10	LL	29	
N° 140	0.106	12.00	0.89	47.20	LP	23	
N° 200	0.075	7.00	0.52	46.68	IP	6	
Fondo	< 0.075	0.30	46.68	0.00	SUCS	SM	
Σ	Total	717.86	100.00		AASHTO	A-4(0)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:		SUCS (ASTM D - 2487)			AASHTO (AASHTO M145)		
Naturaleza		Suelo de partículas gruesas.			Material limoso-arenoso.		
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).			Pobre a malo como subgrado.		
Tipo		Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).			Índice de Grupo (IG)		0
Descripción		Arena limosa con grava.			Suelo limoso.		
Símbolo de grupo		SM			A-4		
Clasificación		Arena limosa con grava. SM			Suelo limoso. A-4 (0)		
Terreno de fundación		--			--		

Cuadro 36: Análisis granulométrico de la calicata C-06

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-06							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-06		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	71.35	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	46.44	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	34.53	gr
1 1/2"	37.500	85.20	4.31	95.69	Grava	28.65	%
1"	25.000	39.40	1.99	93.69	Arena	36.82	%
3/4"	19.000	87.72	4.44	89.25	Fino	34.53	%
3/8"	9.500	206.37	10.45	78.80	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	147.32	7.46	71.35	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	168.44	8.53	62.82	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	176.81	8.95	53.87	Cu		mm
N° 40	0.425	146.67	7.43	46.44	Cc		--
N° 60	0.250	97.13	4.92	41.52	W	16.71	%
N° 100	0.150	78.13	3.96	37.57	LL	30	
N° 140	0.106	37.09	1.88	35.69	LP	23	
N° 200	0.075	22.99	1.16	34.53	IP	7	
Fondo	< 0.075	682.03	34.53	0.00	SUCS	SM	
Σ	Total	1,975.30	100.00		AASHTO	A-2-4 (0)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Naturaleza		Suelo de partículas gruesas.		Material granular.			
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).		Excelente a bueno como subgrado.			
Tipo		Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).		Índice de Grupo (IG)		0	
Descripción		Arena limosa con grava.		Grava y arena arcillosa o limosa.			
Símbolo de grupo		SM		A-2-4 (0)			
Clasificación		Arena limosa con grava. SM		Grava y arena arcillosa o limosa. A-2-4 (0)			
Terreno de fundación		--		--			

Cuadro 37: Análisis granulométrico de la calicata C-07

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-07							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-07		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	100.00	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	95.91	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	95.27	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	0.00	%
1"	25.000	0.00	0.00	100.00	Arena	4.73	%
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00	Fino	95.27	%
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	0.00	0.00	100.00	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	32.20	2.26	97.74	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	17.90	1.25	96.49	Cu		mm
N° 40	0.425	8.30	0.58	95.91	Cc		--
N° 60	0.250	4.70	0.33	95.58	W	45.89	%
N° 100	0.150	2.70	0.19	95.39	LL	47	
N° 140	0.106	1.00	0.07	95.32	LP	33	
N° 200	0.075	0.60	0.04	95.27	IP	14	
Fondo	< 0.075	0.10	95.27	0.00	SUCS	ML	
Σ	Total	67.40	100.00		AASHTO	A-7-5(17)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Características		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Pobre a malo como subgrado.		Índice de Grupo (IG) 17	
Descripción		Limo baja plasticidad		Suelo arcilloso.			
Símbolo de grupo		ML		A-7-5			
Clasificación		Limo baja plasticidad ML		Suelo arcilloso. A-7-5 (17)			
Terreno de fundación		--		--			

Cuadro 38: Análisis granulométrico de la calicata C-08

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-08							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-08		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	95.96	gr
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	74.64	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	66.78	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	4.04	%
1"	25.000	0.00	0.00	100.00	Arena	29.18	%
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00	Fino	66.78	%
3/8"	9.500	5.50	0.83	99.17	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	21.40	3.22	95.96	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	26.40	3.97	91.99	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	51.40	7.72	84.27	Cu		mm
N° 40	0.425	64.10	9.63	74.64	Cc		--
N° 60	0.250	33.10	4.97	69.66	W	19.00	%
N° 100	0.150	15.20	2.28	67.38	LL	38	
N° 140	0.106	2.60	0.39	66.99	LP	25	
N° 200	0.075	1.40	0.21	66.78	IP	13	
Fondo	< 0.075	444.40	66.78	0.00	SUCS	ML	
Σ	Total	665.50	100.00		AASHTO	A-6 (8)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Naturaleza		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Características				Pobre a malo como subgrado.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Índice de Grupo (IG)		8	
Descripción		Limo baja plasticidad arenoso		Suelo arcilloso.			
Símbolo de grupo		ML		A-6			
Clasificación		Limo baja plasticidad arenoso ML		Suelo arcilloso. A-6 (8)			
Terreno de fundación		--		--			

Cuadro 39: Análisis granulométrico de la calicata C-09

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-09							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-09		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	90.54	gr
3"	75.000	635.00	1.45	98.55	Tamiz N° 40	82.41	gr
2"	50.000	621.00	1.41	97.14	Tamiz N° 200	66.99	gr
1 1/2"	37.500	602.00	1.37	95.77	Grava	9.46	%
1"	25.000	1,068.00	2.43	93.34	Arena	23.55	%
3/4"	19.000	617.00	1.41	91.93	Fino	66.99	%
3/8"	9.500	59.50	0.34	91.59	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	17.30	1.05	90.54	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	32.20	1.96	88.58	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	35.90	2.19	86.39	Cu		mm
N° 40	0.425	65.40	3.98	82.41	Cc		--
N° 60	0.250	155.60	9.48	70.93	W	10.16	%
N° 100	0.150	75.30	4.59	68.34	LL	35	
N° 140	0.106	16.30	0.99	67.35	LP	19	
N° 200	0.075	5.90	0.36	66.99	IP	16	
Fondo	< 0.075	0.50	66.92	0.07	SUCS	CL	
Σ	Total	4006.90	99.93		AASHTO	A-6 (9)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Características		Suelo de partículas finas.		Material limoso-arenoso.			
Tipo		Suelo de partículas finas.		Pobre a malo como subgrado.		Índice de Grupo (IG) 9	
Descripción		Arcilla media plasticidad arenosa con bloques		Suelo arcilloso.			
Símbolo de grupo		CL		A-6			
Clasificación		Arcilla media plasticidad arenosa con bloques CL		Suelo arcilloso. A-6 (9)			
Terreno de fundación		--		--			

Cuadro 40: Análisis granulométrico de la calicata C-10

UBICACIÓN		INTERSECCION AV. 15 DE AGOSTO CON JR. SIMON BOLIVAR					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-10							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-10		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	57.78	gr
2 1/2"	63.000	1,015.50	3.89	96.11	Tamiz N° 40	38.26	gr
2"	50.000	619.50	2.37	93.73	Tamiz N° 200	17.80	gr
1 1/2"	37.500	231.80	0.89	92.82	Grava	42.22	%
1"	25.000	670.80	2.57	90.28	Arena	39.97	%
3/4"	19.000	738.50	2.83	87.45	Fino	17.80	%
3/8"	9.500	3,161.30	12.11	75.33	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	4,580.90	17.55	57.78	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	256.40	8.44	49.34	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	67.70	5.75	43.59	Cu		mm
N° 40	0.425	62.80	5.33	38.26	Cc		--
N° 60	0.250	106.00	9.00	29.26	W	2.04	%
N° 100	0.150	94.50	8.02	21.23	LL	28	
N° 140	0.106	30.70	2.61	18.63	LP	18	
N° 200	0.075	9.70	0.82	17.80	IP	10	
Fondo	< 0.075	0.40	17.77	0.03	SUCS	SC	
Σ	Total	11,646.50	99.95		AASHTO	A-2-4 (0)	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)			AASHTO (AASHTO M145)		
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)			Material granular.		
Tipo		Suelo con partículas gruesas. Suelo de partículas gruesa con finos			Índice de Grupo (IG)		0
Descripción		Arena arcillosa con grava con bloques			Grava y arena arcillosa o limosa		
Símbolo de grupo		SC			A-2-4		
Clasificación		Arena arcillosa con grava con bloques SC			Grava y arena arcillosa o limosa A-2-4 (0)		
Terreno de fundación		--			--		

Cuadro 41: Análisis granulométrico de la calicata C-11

UBICACIÓN		JR. JOSE BALTA CUADRA 08					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-11							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-11		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	83.22	gr
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	51.61	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	50.53	gr
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	Grava	16.78	%
1"	25.000	325.00	8.71	91.29	Arena	32.68	%
3/4"	19.000	115.80	3.10	88.19	Fino	50.53	%
3/8"	9.500	102.40	2.74	85.44	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	83.00	2.22	83.22	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	181.60	4.87	78.35	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	632.90	16.96	61.39	Cu		mm
N° 40	0.425	364.70	7.99	51.61	Cc		--
N° 60	0.250	29.90	0.80	50.81	W	17.50	%
N° 100	0.150	6.00	0.16	50.65	LL		33
N° 140	0.106	3.10	0.08	50.57	LP		19
N° 200	0.075	1.20	0.03	50.53	IP		14
Fondo	< 0.075	0.20	50.53	0.01	SUCS		CL
Σ	Total	1,845.80	100.00		AASHTO		A-6 (4)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:							
Naturaleza		SUCS (ASTM D - 2487)			AASHTO (AASHTO M145)		
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)			Material granular.		
Tipo		Suelo con partículas gruesas. Suelo de partículas gruesa con finos			Índice de Grupo (IG)		0
Descripción		Arena arcillosa con grava con bloques			Grava y arena arcillosa o limosa		
Símbolo de grupo		SC			A-2-4		
Clasificación		Arena arcillosa con grava con bloques SC			Grava y arena arcillosa o limosa A-2-4 (0)		
Terreno de fundación		--			--		

Cuadro 42: Análisis granulométrico de la calicata C-12

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-12							
ASTM D 6913							
Mallas		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Pesp Acumulado Pasa (%)	Resumen de datos obtenidos en C-12		
Tamiz N°	Abertura (mm)				Tamiz N° 4	72.40	gr
3"	63.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 40	60.02	gr
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	Tamiz N° 200	32.99	gr
1 1/2"	37.500	186.39	1.51	98.49	Grava	27.60	%
1"	25.000	601.37	4.89	93.60	Arena	39.41	%
3/4"	19.000	441.68	3.59	90.01	Fino	32.99	%
3/8"	9.500	1,040.30	8.45	81.56	D10	N.P.	mm
N° 4	4.750	1,127.73	9.16	72.40	D30	N.P.	mm
N° 10	2.000	162.06	4.38	68.02	D60	N.P.	mm
N° 20	0.850	57.10	3.38	64.64	Cu		mm
N° 40	0.425	78.00	4.62	60.02	Cc		--
N° 60	0.250	204.80	12.14	47.88	W	5.06	%
N° 100	0.150	191.90	11.37	36.51	LL		28
N° 140	0.106	43.30	2.57	33.94	LP		22
N° 200	0.075	16.00	0.95	32.99	IP		7
Fondo	< 0.075	1.50	32.99	0.00	SUCS		SM
Σ	Total	4,152.13	100.00		AASHTO		A-2-4
CLASIFICACIÓN DE SUELOS:		SUCS (ASTM D - 2487)		AASHTO (AASHTO M145)			
Naturaleza		Suelo de partículas gruesas.		Material limoso-arenoso.			
Características		Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).		Pobre a malo como subgrado.			
Tipo		Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).		Índice de Grupo (IG)		0	
Descripción		Arena limosa con grava.		Suelo limoso.			
Símbolo de grupo		SM		A-2-4			
Clasificación		Arena limosa con grava. SM		Suelo limoso. A-2-4			
Terreno de fundación		--		--			

ANEXO 05
PARÁMETROS FÍSICOS Y DE MODELO DE INFILTRACIÓN EN LAS SUB-CUENCAS

De acuerdo a lo obtenido en los estudios de mecánica de suelos y a las Tablas 06, 07 que corresponden a los parámetros del modelo de infiltración y las Tablas 08 y 09 correspondientes a condiciones solicitados por el software, se obtuvo el Número de Curva, el porcentaje de permeabilidad, rugosidad de la superficie permeable e impermeable y volumen de almacenamiento para cada sub-cuenca del proyecto.

Cuadro 43: Parámetros de las sub-cuencas

Sub-cuenca	Área Ha	Nc	Área impermeable %	N de manning (imp)	N de manning (per)	Vol. de almacen. en depresión
S1	13.96	49	95	0.012	0.2	1.8
S2	10.58	49	95	0.012	0.2	1.8
S3	5.13	49	95	0.012	0.2	1.8
S4	6.59	49	85	0.012	0.2	1.8
S5	3.06	98	95	0.012	0.2	1.8
S6	2.74	98	95	0.012	0.2	1.8
S7	17.98	49	95	0.012	0.2	1.8
S8	21.49	49	85	0.012	0.2	1.8
S9	0.83	98	90	0.012	0.2	1.8
S10	1.92	98	90	0.012	0.2	1.8
S11	4.60	98	95	0.012	0.2	1.8
S12	3.06	98	90	0.012	0.2	1.8
S13	5.18	98	95	0.012	0.2	1.8
S14	1.77	98	95	0.012	0.2	1.8
S15	2.55	98	95	0.012	0.2	1.8
S16	4.83	98	85	0.012	0.2	1.8
S17	5.44	98	85	0.012	0.2	1.8
S18	4.03	49	80	0.012	0.2	1.8
S19	5.10	49	95	0.012	0.2	1.8
S20	15.26	49	85	0.012	0.2	1.8
S21	4.38	98	95	0.012	0.2	1.8
S22	1.06	98	95	0.012	0.2	1.8
S23	0.92	98	95	0.012	0.2	1.8
S24	1.46	98	95	0.012	0.2	1.8
S25	2.71	98	95	0.012	0.2	1.8

S26	2.40	98	95	0.012	0.2	1.8
S27	2.19	98	95	0.012	0.2	1.8
S28	0.80	98	95	0.012	0.2	1.8
S29	0.74	98	95	0.012	0.2	1.8
S30	2.19	98	80	0.012	0.2	1.8
S31	1.92	98	95	0.012	0.2	1.8
S32	2.62	49	95	0.012	0.2	1.8
S33	6.56	98	75	0.012	0.2	1.8
S35	1.58	49	95	0.012	0.2	1.8
S36	1.21	98	90	0.012	0.2	1.8
S37	1.09	98	95	0.012	0.2	1.8
S38	0.57	98	95	0.012	0.2	1.8
S40	0.97	49	50	0.012	0.2	1.8
S41	1.04	98	95	0.012	0.2	1.8
S42	0.54	98	95	0.012	0.2	1.8
S43	1.26	98	95	0.012	0.2	1.8
S44	0.44	98	95	0.012	0.2	1.8
S45	1.56	98	95	0.012	0.2	1.8
S46	1.50	98	95	0.012	0.2	1.8
S47	0.98	49	50	0.012	0.2	1.8
S48	0.43	98	80	0.012	0.2	1.8
S49	2.18	98	80	0.012	0.2	1.8
S50	1.26	98	90	0.012	0.2	1.8
S51	0.52	49	65	0.012	0.2	1.8
S52	1.91	98	90	0.012	0.2	1.8
S53	1.43	98	95	0.012	0.2	1.8
S54	1.33	98	95	0.012	0.2	1.8
S55	4.63	98	95	0.012	0.2	1.8
S56	0.06	98	95	0.012	0.2	1.8
S57	1.42	49	70	0.012	0.2	1.8
S58	0.20	49	70	0.012	0.2	1.8
S59	0.63	49	70	0.012	0.2	1.8
S60	0.96	98	95	0.012	0.2	1.8
S61	0.75	98	95	0.012	0.2	1.8
S62	1.71	98	95	0.012	0.2	1.8
S63	4.70	98	95	0.012	0.2	1.8
S64	1.27	49	95	0.012	0.2	1.8
S65	1.87	98	80	0.012	0.2	1.8
S66	1.99	98	80	0.012	0.2	1.8
S67	0.44	98	90	0.012	0.2	1.8
S68	1.17	98	90	0.012	0.2	1.8
S69	1.00	98	95	0.012	0.2	1.8
S70	1.02	98	95	0.012	0.2	1.8

S71	1.43	98	95	0.012	0.2	1.8
S72	1.43	98	95	0.012	0.2	1.8
S73	0.95	98	95	0.012	0.2	1.8
S74	0.83	95	95	0.012	0.2	1.8
S75	2.13	95	95	0.012	0.2	1.8
S76	2.35	98	80	0.012	0.2	1.8
S77	1.05	98	95	0.012	0.2	1.8
S78	1.10	98	95	0.012	0.2	1.8
S79	1.10	98	95	0.012	0.2	1.8
S80	1.12	98	95	0.012	0.2	1.8
S81	1.45	98	95	0.012	0.2	1.8
S82	1.29	98	95	0.012	0.2	1.8
S83	0.05	98	95	0.012	0.2	1.8
S84	1.20	98	95	0.012	0.2	1.8
S85	0.55	98	90	0.012	0.2	1.8
S86	1.84	95	85	0.012	0.2	1.8
S87	1.06	95	85	0.012	0.2	1.8
S88	3.24	95	85	0.012	0.2	1.8
S89	1.57	95	85	0.012	0.2	1.8
S90	1.82	84	85	0.012	0.2	1.8
S91	1.16	49	65	0.012	0.2	1.8
S92	0.47	98	90	0.012	0.2	1.8
S93	0.53	98	95	0.012	0.2	1.8
S94	1.02	98	95	0.012	0.2	1.8
S95	0.99	98	95	0.012	0.2	1.8
S97	1.14	98	95	0.012	0.2	1.8
S98	0.58	98	95	0.012	0.2	1.8
S99	1.33	98	95	0.012	0.2	1.8
S100	1.05	95	85	0.012	0.2	1.8
S101	1.41	95	85	0.012	0.2	1.8
S102	0.76	49	95	0.012	0.2	1.8
S103	2.31	98	85	0.012	0.2	1.8
S104	1.26	98	95	0.012	0.2	1.8
S105	1.49	49	90	0.012	0.2	1.8
S106	0.86	98	95	0.012	0.2	1.8
S107	0.69	49	85	0.012	0.2	1.8
S108	2.30	98	80	0.012	0.2	1.8
S109	0.52	98	95	0.012	0.2	1.8
S110	1.17	98	95	0.012	0.2	1.8
S111	1.69	98	95	0.012	0.2	1.8
S112	1.11	98	95	0.012	0.2	1.8
S113	1.64	98	95	0.012	0.2	1.8
S115	0.69	49	90	0.012	0.2	1.8

S116	1.05	98	95	0.012	0.2	1.8
S117	1.15	98	95	0.012	0.2	1.8
S118	0.89	98	95	0.012	0.2	1.8
S119	1.67	98	95	0.012	0.2	1.8
S120	1.27	89	85	0.012	0.2	1.8
S121	3.07	89	85	0.012	0.2	1.8
S122	1.45	95	85	0.012	0.2	1.8
S123	0.93	95	85	0.012	0.2	1.8
S124	1.13	95	85	0.012	0.2	1.8
S125	0.63	84	85	0.012	0.2	1.8
S126	1.15	98	80	0.012	0.2	1.8
S127	0.59	98	90	0.012	0.2	1.8
S128	0.50	98	90	0.012	0.2	1.8
S129	0.30	98	85	0.012	0.2	1.8
S130	1.08	98	95	0.012	0.2	1.8
S131	0.83	98	95	0.012	0.2	1.8
S132	1.04	98	95	0.012	0.2	1.8
S133	0.54	98	95	0.012	0.2	1.8
S134	1.08	98	95	0.012	0.2	1.8
S135	1.13	98	95	0.012	0.2	1.8
S136	0.56	98	95	0.012	0.2	1.8
S137	1.48	98	95	0.012	0.2	1.8
S138	1.28	98	95	0.012	0.2	1.8
S139	0.81	95	85	0.012	0.2	1.8
S140	1.65	95	85	0.012	0.2	1.8
S141	2.31	95	85	0.012	0.2	1.8
S142	1.99	84	80	0.012	0.2	1.8
S143	1.33	95	85	0.012	0.2	1.8
S144	0.76	95	85	0.012	0.2	1.8
S145	0.75	84	80	0.012	0.2	1.8
S146	1.08	98	90	0.012	0.2	1.8
S147	0.58	98	90	0.012	0.2	1.8
S148	0.61	98	85	0.012	0.2	1.8
S149	0.67	98	85	0.012	0.2	1.8
S150	0.40	98	95	0.012	0.2	1.8
S151	0.49	98	95	0.012	0.2	1.8
S152	1.97	98	95	0.012	0.2	1.8
S153	1.10	98	95	0.012	0.2	1.8
S154	0.57	98	95	0.012	0.2	1.8
S155	1.14	98	95	0.012	0.2	1.8
S156	1.39	98	95	0.012	0.2	1.8
S157	1.10	98	95	0.012	0.2	1.8
S158	0.33	98	95	0.012	0.2	1.8

S160	0.67	89	90	0.012	0.2	1.8
S161	0.38	89	90	0.012	0.2	1.8
S162	0.49	95	90	0.012	0.2	1.8
S163	0.62	98	95	0.012	0.2	1.8
S164	0.50	98	95	0.012	0.2	1.8
S165	1.06	98	95	0.012	0.2	1.8
S166	2.22	98	95	0.012	0.2	1.8
S167	1.25	98	95	0.012	0.2	1.8
S168	2.34	98	95	0.012	0.2	1.8
S169	1.11	98	95	0.012	0.2	1.8
S170	1.44	98	85	0.012	0.2	1.8
S171	1.97	98	95	0.012	0.2	1.8
S172	0.60	98	95	0.012	0.2	1.8
S173	0.92	98	95	0.012	0.2	1.8
S174	1.26	98	95	0.012	0.2	1.8
S175	4.30	98	95	0.012	0.2	1.8
S176	4.43	98	95	0.012	0.2	1.8
S177	2.77	98	95	0.012	0.2	1.8
S178	2.89	98	95	0.012	0.2	1.8
S179	1.22	98	95	0.012	0.2	1.8
S180	0.94	98	85	0.012	0.2	1.8
S181	0.80	98	85	0.012	0.2	1.8
S182	0.54	98	85	0.012	0.2	1.8
S183	1.09	98	95	0.012	0.2	1.8
S184	2.27	98	95	0.012	0.2	1.8
S185	2.68	98	95	0.012	0.2	1.8
S186	3.81	49	70	0.012	0.2	1.8

Fuente: propia


ANEXO 06
MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE EN SOFTWARE EPA
SWMM 5.1

El modelamiento del sistema de drenaje propuesto en el software EPA SWMM, se detalla a continuación paso a paso.

1. Configuración del nuevo proyecto

Para empezar el modelamiento en el software EPA SWMM, es necesario crear un nuevo proyecto y con ello definir las opciones por defecto, facilitando así el ingreso de datos para cada parámetro solicitado.

A continuación, se describe paso a paso la configuración del nuevo proyecto:

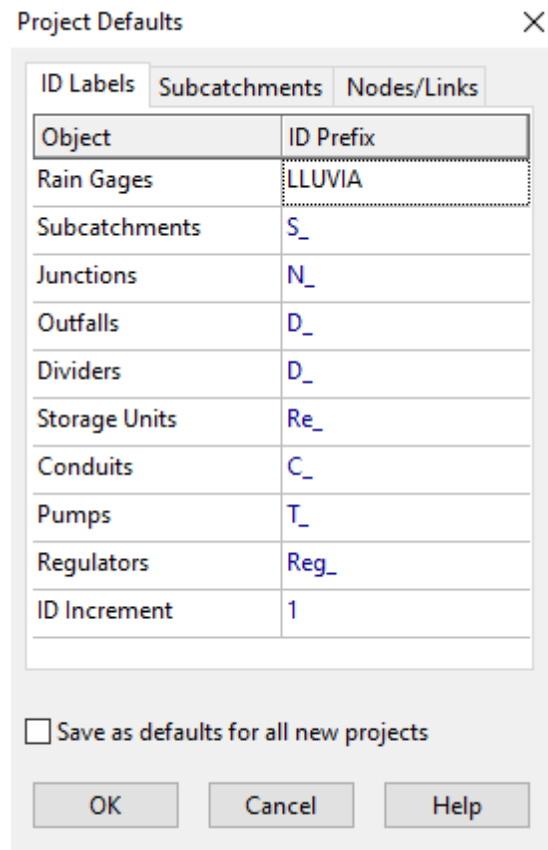
1) Como primer paso para el modelamiento, se debe abrir el software EPA SWMM y seleccionar el icono  “**Start a new project**”, en la barra de tareas estándar, para crear el nuevo proyecto.

2) El siguiente paso es la configuración de las opciones por defecto, yendo a **Project** en la barra del menú principal, desplegada esta opción se selecciona la opción **Defaults (Project – Defaults)**. La pestaña de opciones por defecto se desplegará.

Ella cuenta con tres apartados y cada una de ellas tiene la opción “**Save as defaults for all new project**” para mantener los datos considerados en todos los proyectos.

El primero implica la identificación de etiquetas para todos los componentes (**ID Labels**), señalando así a cada uno de ellos mediante un prefijo representado por alguna letra y un sufijo que se representa por un número, el cual se establece de acuerdo a la preferencia de uno.

Figura 68: ID labels – Etiquetas por defecto



Fuente: propia

El segundo corresponde a las características físicas de las sub-cuencas (**Subcatchments**), en este apartado se indicarán parámetros generales como: área, ancho, pendiente, coeficiente de permeabilidad entre otros, que facilitarán el ingreso de datos de cada sub-cuenca, en caso estos valores coincidan con las características establecidas posteriormente en cada una de ellas.

En el caso de este diseño, cada sub-cuenca tienen diferentes características, por lo que dichos parámetros serán modificados de acuerdo a ellas individualmente.

Figura 69: Subcatchments – Características de Sub-cuencas por defecto

Property	Default Value
Area	1500
Width	500
% Slope	0.5
% Imperv	25
N-Imperv	0.012
N-Perv	0.13
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Infiltration Model	CURVE_NUMBER

Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

Fuente: propia

Por último, se consideran los parámetros generales de nodos y conductos (**Nodes/Links**). Los valores introducidos son a criterio del diseñador, al igual que el apartado anterior.

Además de ello, se configura las unidades con las que el programa correrá el diseño en el apartado **Flow Units**. El programa trabaja con diferentes sistemas de unidades, pero de acuerdo al planteamiento del diseño se consideran **LPS** (litros por segundo), el cual corresponde al sistema internacional de unidades.

Figura 70: Nodes/Links – Características de nodos y conductos

Option	Default Value
Node Invert	0
Node Max. Depth	0
Node Poned Area	0
Conduit Length	400
Conduit Geometry	RECT_CLOSED
Conduit Roughness	0.013
Flow Units	LPS
Link Offsets	ELEVATION
Routing Method	Dynamic Wave
Force Main Equation	Hazen-Williams

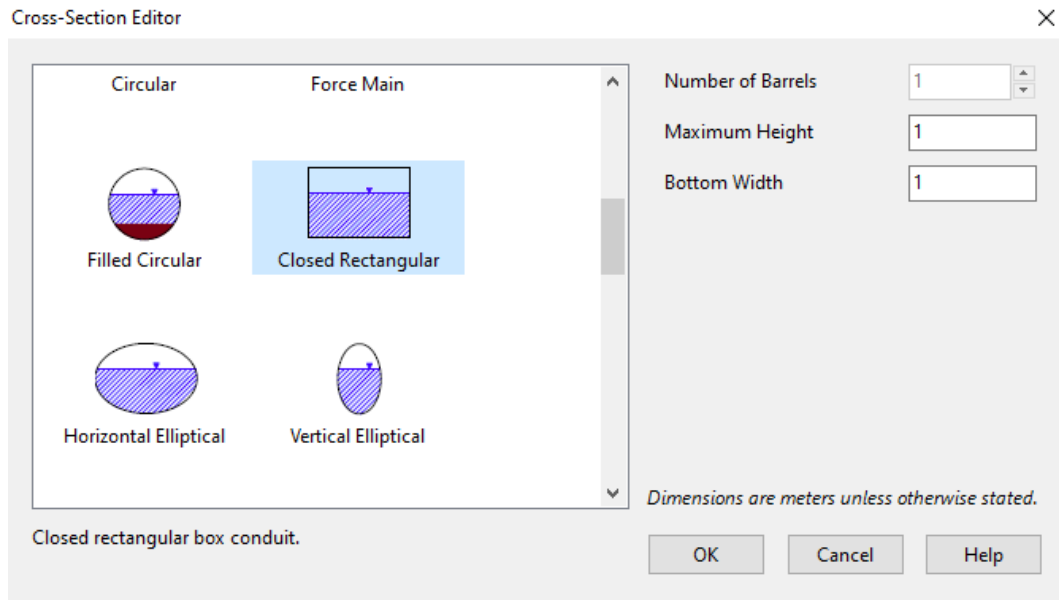
Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

Fuente: propia

Dentro de este apartado se puede encontrar la opción “**Conduit Geometry**”, en el cual se selecciona el tipo de sección y las dimensiones correspondiente al conducto que transportará la escorrentía. Por cuestión de diseño se ha seleccionado el tipo rectangular cerrado (**Closed Rectangular**), y cuyas dimensiones: altura máxima (**Maximum Height**) y ancho de base (**Bottom Width**) fueron consideradas de manera aleatoria, ya que están serán modificadas luego independientemente para cada conducto.

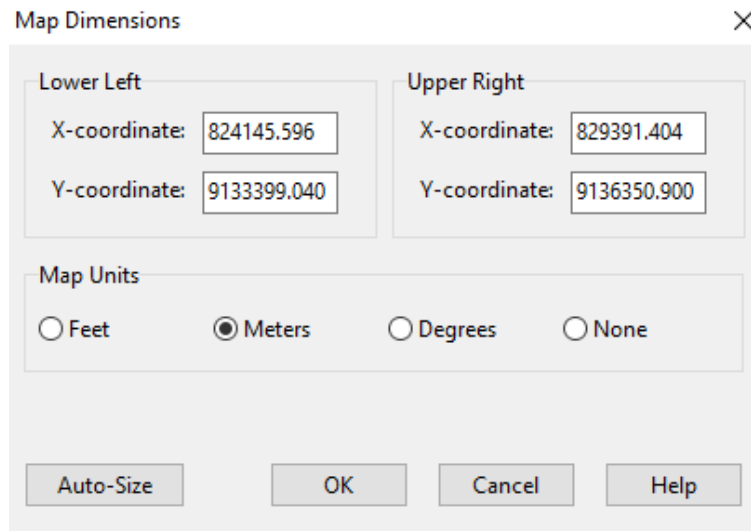
Figura 71: Conduit Geometry - Secciones transversales



Fuente: propia

- 3) La siguiente configuración, se basa en la geolocalización del proyecto, para ello se debe ir a la opción **View** en la barra de menú principal, desplegando así la lista de opciones. En ella se selecciona la opción **Dimensions**, abierta la ventana, se ubican las coordenadas UTM Norte y Este del proyecto en dos vértices: vértice superior derecho (**Upper Right**) y vértice inferior izquierdo (**Lower Left**). Además, en esta ventana se configuran las unidades de mapa, seleccionando la opción **Meters**.

Figura 72: Map dimensions – Dimensiones de mapa



Fuente: propia

2. Configuración de fondo


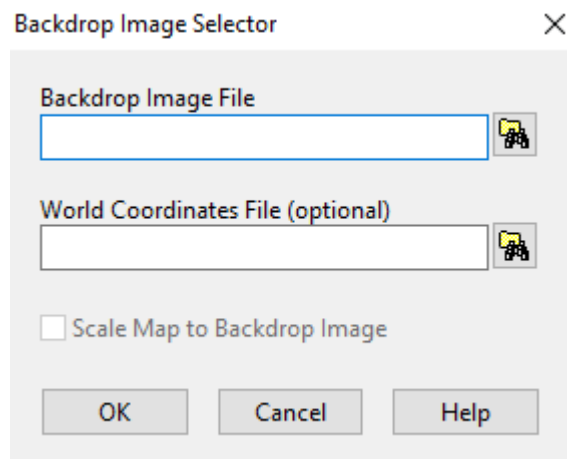
Esta configuración generalmente se realiza para delimitar las subcuencas, nodos y conductos, ya que sirve de guía dentro del software al importar la imagen geo-referenciada del programa Google Earth. Para ello se ubica dentro del apartado "**View**" en la barra de opciones principal, posteriormente se ubica la opción "**Backdrop**" y luego "**Load**". Con ello se abre una ventana, en la que se debe ubicar la opción "**Backdrop Image File**", ubicando el icono  lo seleccionamos.

Figura 73: Backdrop Image Selector – cargar imagen de fondo



Hecho esto se debe seleccionar la imagen geo-referenciada extraída del Google Earth. Hecho esto y ubicadas las coordenadas de los vértices en la opción “**Map Dimensions**” se importa la imagen al software.

3. Trazado de componentes

3.1. Trazado de Sub-cuencas



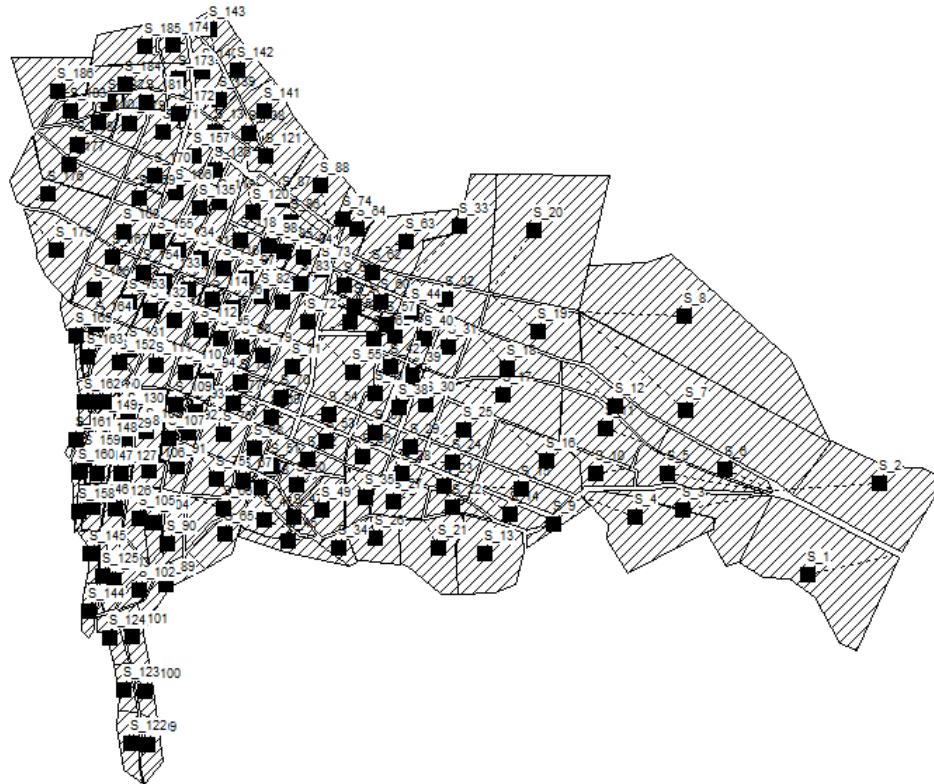
- 1) Para el trazado de las sub-cuencas del proyecto es necesario seleccionar el icono  (Subcatchment) en la barra de objetos, seleccionada esta opción el cursor cambia de forma a la de un lápiz con el que se trazarán cada una de estas sub-cuencas.
- 2) Mediante el uso de la imagen referenciada de la ciudad, se puede hacer el trazo de cada sub-cuenca, esto permite el dibujo ordenado de ellas.
- 3) El trazo se realiza mediante la ubicación de vértices, hasta llegar al final del polígono que representa la sub-cuenca, para ello se oprime en el teclado la tecla enter (o el clic derecho del mouse) para cerrarlo. En caso no se trazó bien la sub-cuenca, esta se puede editar mediante el icono  en la barra de herramientas estándar.
- 4) El trazado debe ser tal como se indica en los pasos anteriores y además dejar espacios entre las sub-cuencas para el dibujo de los conductos y de los nodos.

Figura 74: Trazado de Sub-cuencas



Fuente: propia

3.2. Trazado de Nodos y Descargas



- 1) Para comenzar con el dibujo de nodos, es necesario seleccionar el icono  (**add a junction node**) en la barra de objetos, ubicándolos así de manera estratégica como puntos de descarga de las sub-cuencas. Para ello solo es necesario mover el mouse y colocarlo de acuerdo al criterio del diseñador, dando clic izquierdo en la posición deseada.
- 2) En cuanto al dibujo de las descargas del sistema propuesto, se procede igual a lo descrito en el primer paso, con la diferencia de que esta vez se selecciona el icono  (**ad dan outfall node**).

Figura 75: Trazado de Nodos y Descargas



Fuente: propia

3.3. Trazado de Conductos


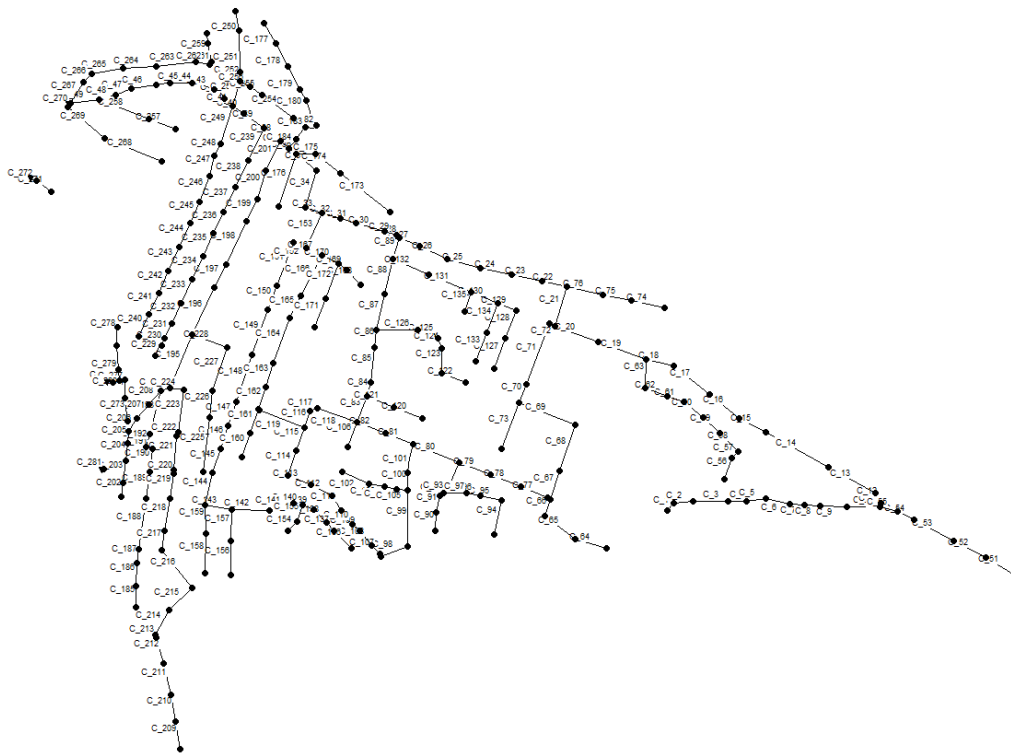
- 1) Para el trazado de los conductos se debe seleccionar el icono  (**add a conduit link**) en la barra de objetos.
- 2) Posteriormente dar clic izquierdo en cada nodo que se piensa unir con este comando, seleccionando así un punto de inicio y salida, se pueden hacer trazos rectos como curvos también.
- 3) Hay que hacer énfasis en el sentido que se trazan los conductos, ya que esa será la dirección que siga el flujo de agua.

Figura 76: Trazado de Conductos



Fuente: propia

3.4. Ubicación de pluviómetro


- 1) La ubicación de este componente requiere de la selección del comando  (add a rain gage).
- 2) La posición de este componente puede ir ubicado en cualquier parte de la hoja. Solamente es necesario mover el cursor y hacer clic izquierdo en donde sea conveniente.

Figura 77: Ubicación de Pluviómetro




Fuente: propia

Cabe indicar que, para que este componente pueda ejercer influencia sobre las sub-cuencas es necesario configurarlo en las propiedades de cada una de ellas.


3.5. Reubicación y edición de componentes

En el caso de haberse ubicado algún trazo mal, es posible modificarlos, siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Como primer paso, se debe seleccionar el icono  dentro de la barra de tareas estándar.
- 2) A continuación, se debe seleccionar el componente que se ha trazado mal con el clic izquierdo del mouse, manteniéndolo pulsado se puede arrastrar dicho componente y ubicarlo donde sea requerido.

4. Configuración de parámetros de los componentes

Los componentes del diseño a medida que se van trazando, van adquiriendo las propiedades por defecto que se les asignó al inicio. Estas, de acuerdo a las características que considere el diseñador, van a ir modificándose. Para ello se debe ingresar al editor de propiedades de cada objeto. A continuación, se presentan las diferentes formas de acceder a él.

- Como primera opción está la de seleccionar el componente y hacer doble clic izquierdo (en el mouse) sobre él.
- La segunda forma de acceder es ubicar el cursor sobre el componente, y oprimiendo el clic derecho del mouse se despliegan ciertas opciones, en las que se tomará la opción “**properties**”.
- La tercera opción es ubicando el componente en el panel de navegación, buscando el componente y seleccionando el comando  para desplegar la ventana.

4.1. Parámetros de Sub-cuencas

En la siguiente figura se muestran las características físicas que corresponden a una de las sub-cuencas, en esta ventana se ingresaron valores característicos de cada uno de ellas. Pueden quedar parámetros sin rellenar, puesto que solo se consideran los que son importantes para el modelamiento.

Figura 78: Propiedades de Sub-cuencas

Subcatchment S_1	
Property	Value
Name	S_1
X-Coordinate	827864.130
Y-Coordinate	9134248.837
Description	
Tag	
Rain Gage	LLUVIA1
Outlet	N_51
Area	13.96
Width	233.26
% Slope	5.62
% Imperv	95
N-Imperv	0.012
N-Perv	0.2
Dstore-Imperv	0
Dstore-Perv	1.8
%Zero-Imperv	100
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	

Fuente: propia


Dentro de este apartado encontramos el modelo de infiltración (**Infiltration Data**), se programó inicialmente el modelo Número de Curva (**CURVE_NUMBER**) facilitando la configuración de cada sub-cuenca. Para modificar los parámetros del modelo es necesario acceder al icono  y con ello se despliega la siguiente ventana:

Figura 79: Parámetros del modelo de infiltración

Property	Value
Curve Number	84
Conductivity	0.5
Drying Time	7

Fuente: propia

En este apartado se configura solamente el número de curva (**Curve Number**) y los días sin lluvia (**Drying Time**).

4.2. Parámetros de nodos y descargas

En la siguiente figura se pueden apreciar los parámetros de nodos que se configuraron para el modelamiento del sistema de drenaje. Para el diseño se consideraron solo los apartados de cota de fondo y profundidad máxima, dejando a los otros parámetros de lado y con sus valores predefinidos.

Figura 80: Propiedades de Nodos

Junction N_01 ✕	
Property	Value
Name	N_01
X-Coordinate	827067.255
Y-Coordinate	9134522.551
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	3195.58
Max. Depth	1
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0

Fuente: propia

A continuación, se muestra otra figura donde están las propiedades de las descargas (**Outfalls**) configurados solamente parámetros como cota de fondo (**Invert EL**) y el tipo de salida (**Type**):

Figura 81: Propiedades de descargas

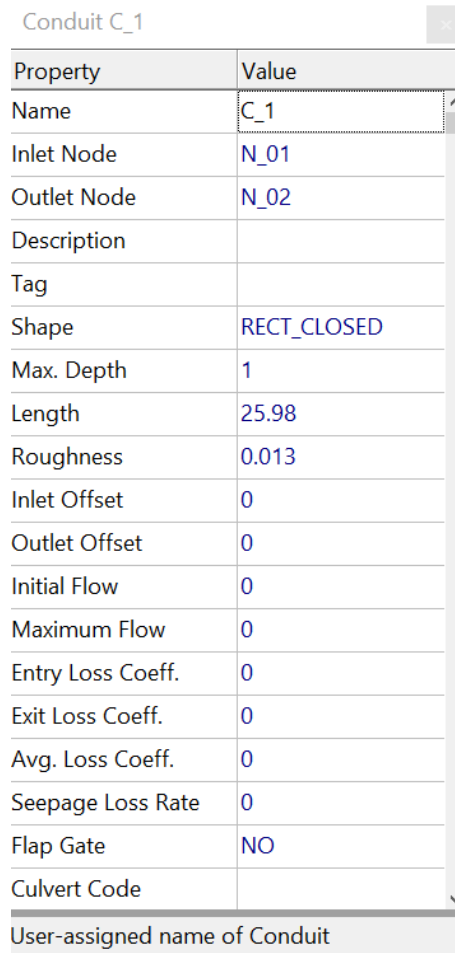
Outfall D_1 ✕	
Property	Value
Name	D_1
X-Coordinate	825162.073
Y-Coordinate	9135814.175
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	3148
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Outfall	
Series Name	*

Fuente: propia

4.3. Parámetros de los conductos

En la siguiente figura se muestran los parámetros configurados en la ventana de propiedades de los conductos, configurando solo el nombre del conducto (**name**), sección y dimensiones (**Shape**), longitud (**Length**) y N de Manning o rugosidad (**Roughness**).

Figura 82: Propiedades de los conductos



Property	Value
Name	C_1
Inlet Node	N_01
Outlet Node	N_02
Description	
Tag	
Shape	RECT_CLOSED
Max. Depth	1
Length	25.98
Roughness	0.013
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	

User-assigned name of Conduit

Fuente: propia

4.4. Parámetros del pluviómetro

En la figura a continuación, se observan los parámetros a configurados del pluviómetro, donde se indicó el formato de lluvia (**Rain Format**), el intervalo de tiempo entre cada registro (**Time Interval**), la fuente de información de la precipitación (**Data Source**), la programación de la

serie de datos de lluvia ingresados (**Series Name**) y las unidades de precipitación (**Rain Units**).

Figura 83: Propiedades del Pluviómetro

Property	Value
Name	LLUVIA1
X-Coordinate	826288.022
Y-Coordinate	9133832.702
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	0:05
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	PRECIPITACION
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN

User-assigned name of rain gage

Fuente: propia

4.5. Serie temporal

Para que el pluviómetro tenga información de una determinada lluvia, fue necesario asignarle ciertos datos, contemplados en una serie temporal. Ello se puede configurar en el apartado del panel de navegación en la sección "**Curves**".

Dentro de esta ventana se digitó el hietograma de diseño obtenido anteriormente en el estudio hidrológico. Se muestran tres columnas: **Date** este componente puede dejarse en blanco, **Time** representa los intervalos de tiempo en los que se tomó el registro y **Value** indica la intensidad registrada en cada intervalo.

Figura 84: Edición de Serie Temporal

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:05	0.492
	00:10	0.516
	00:15	0.543
	00:20	0.575
	00:25	0.613
	00:30	0.660
	00:35	0.718
	00:40	0.794
	00:45	0.900
	00:50	1.060
	00:55	1.348

Fuente: propia

5. Simulación

5.1. Programar opciones de simulación

Antes de proceder con la simulación, es necesario establecer ciertos parámetros y condiciones con los que correrá el modelo este software.


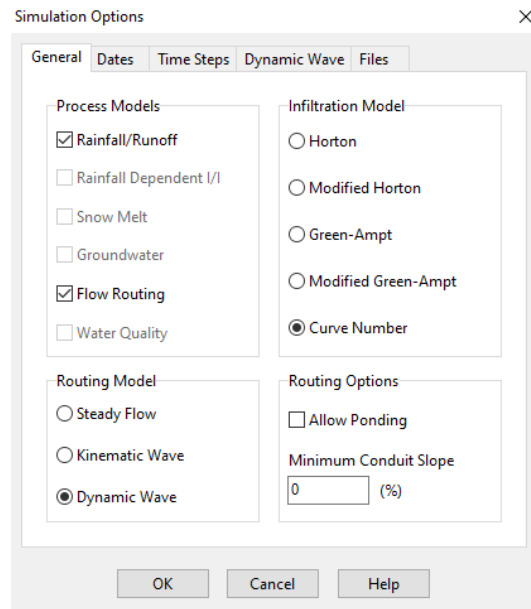
- 1) Se ubicó en el apartado de visor de datos la opción **Options**, para poder abrir el cuadro de diálogo de este es necesario encontrar el icono  y pulsar sobre él.
- 2) Abierta esta ventana se muestran las opciones del apartado **General**, donde se configuró dos parámetros: en el análisis de flujo seleccionamos la opción **Dynamic Wave** mientras que en el modelo de infiltración se opta por **Curve Number**. Dejando las demás opciones por defecto.

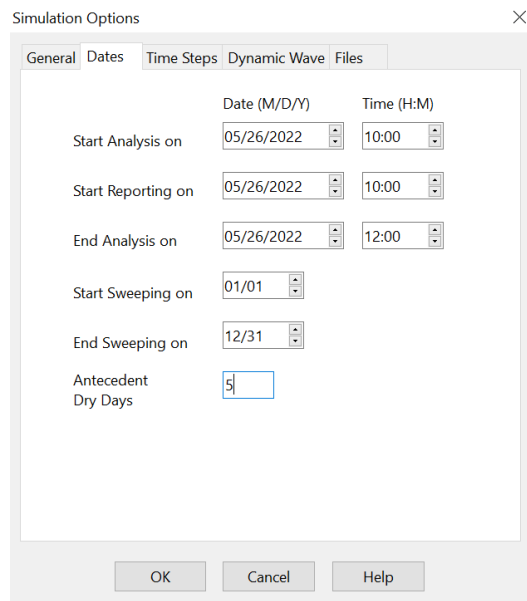
Figura 85: Opciones de Simulación - General



Fuente: propia

- 3) En el apartado **Dates**, se indica la fecha y hora del inicio y el fin de la simulación, de acuerdo al análisis hidrológico se realizó el reporte para una duración de 2 horas.

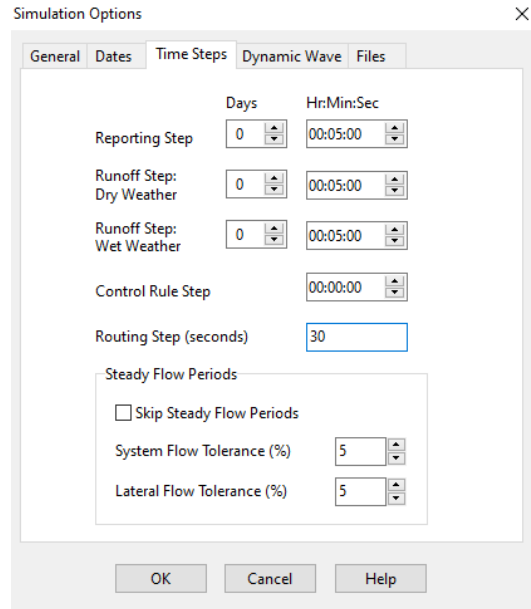
Figura 86: Opciones de Simulación – Dates



Fuente: propia

- 4) En el apartado **Time Steps** se indica el tiempo de reporte del cálculo hidráulico


Figura 87: Opciones de Simulación – Time Steps



Fuente: propia

- 5) Dejando los apartados **Dynamic Wave** y **Files** con su configuración por defecto.

5.2. Realizar Simulación

Configurado el programa, se procede a realizar la simulación, este procesamiento puede darse de dos formas. La primera es identificar y pulsar el icono  en la barra de tareas estándar, mientras que la segunda se puede hallar en la barra de menú principal el apartado **Project** desplegando así las opciones, en las que se selecciona **Run Simulation**.

Al correr el programa, este mediante una ventana informará si existen algunos errores, así como también de no encontrarse alguno reportará que la simulación se realizó correctamente.

Para visualizar los resultados de estado del modelamiento se dirigió a la barra de opciones, ubicando el apartado “**Report**” en este se seleccionó “**Status**” abriéndose así la siguiente ventana de reporte.

Figura 88: Reporte de estado de simulacion

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.014)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units LPS
Process Models:
 Rainfall/Runoff YES
 RDII NO
 Snowmelt NO
 Groundwater NO
 Flow Routing YES
 Ponding Allowed NO
 Water Quality NO
Infiltration Method CURVE_NUMBER
Flow Routing Method DYNWAVE
Surcharge Method EXTRAN
Starting Date 05/26/2022 10:00:00
Ending Date 05/26/2022 12:00:00
Antecedent Dry Days 5.0
Report Time Step 00:05:00
Wet Time Step 00:05:00
Dry Time Step 00:05:00
Routing Time Step 30.00 sec
Variable Time Step YES
Maximum Trials 8
Number of Threads 1
Head Tolerance 0.001500 m

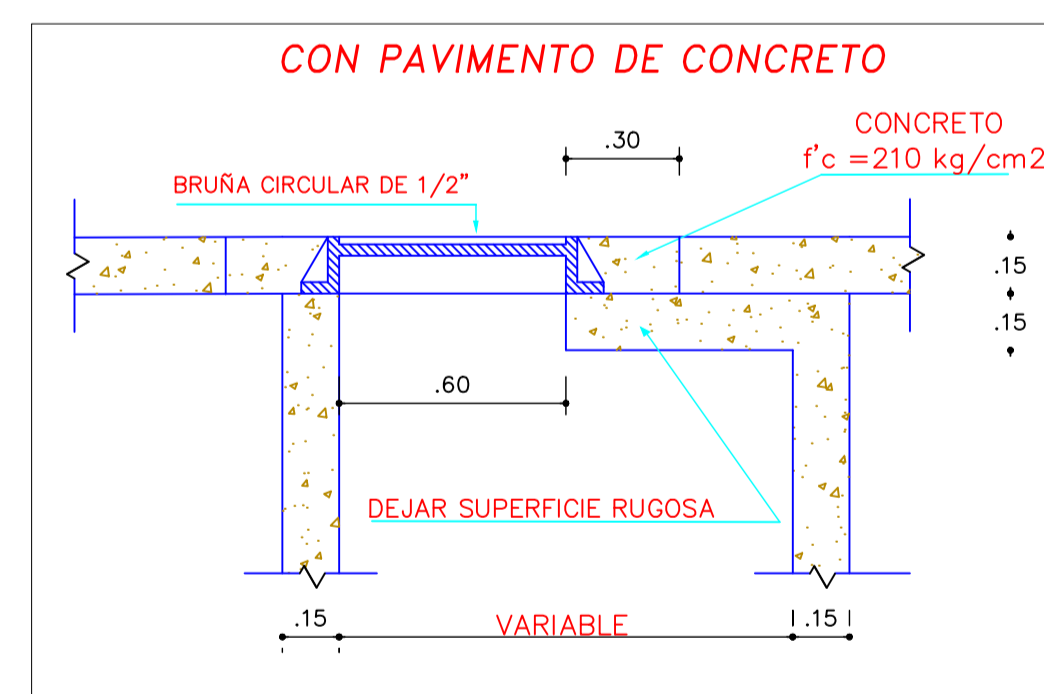
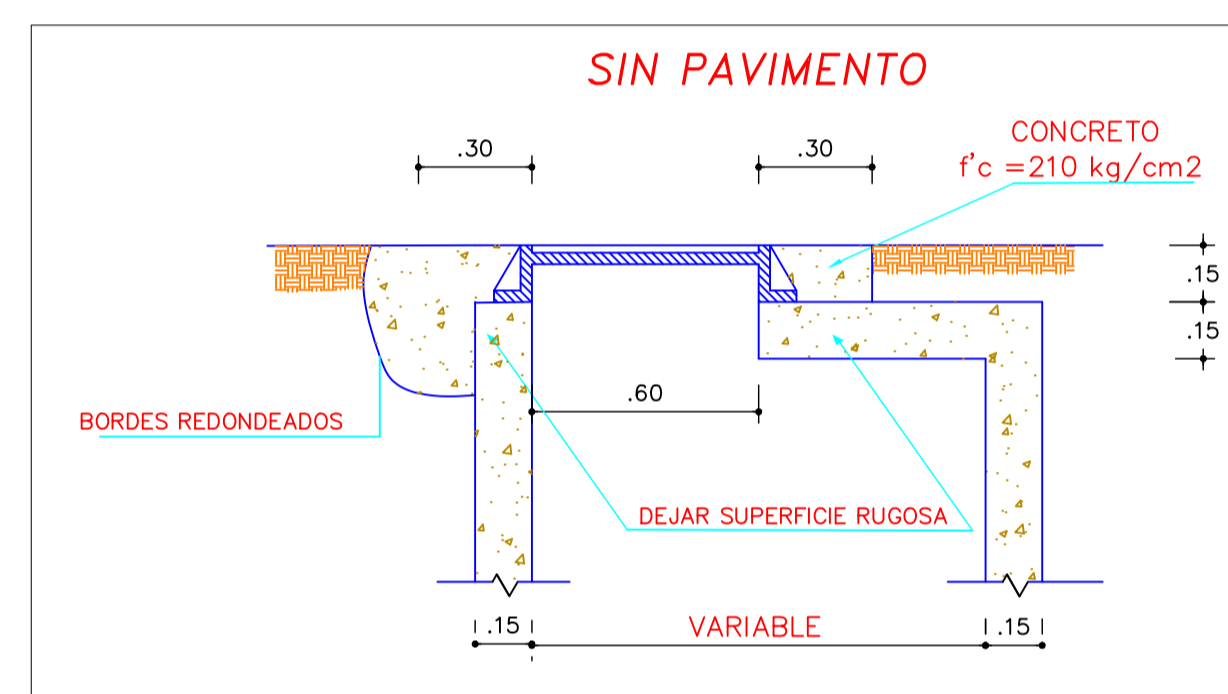
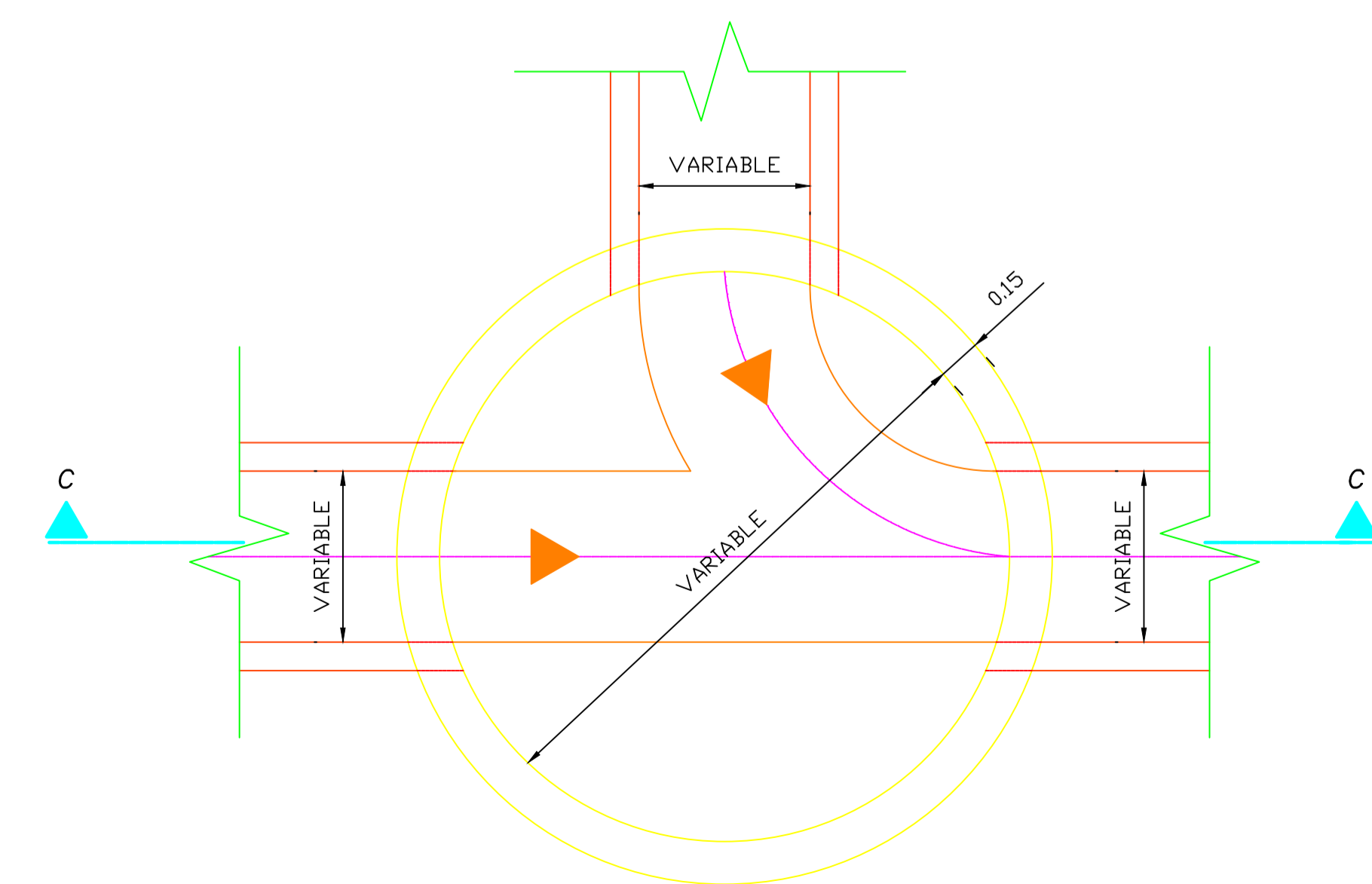
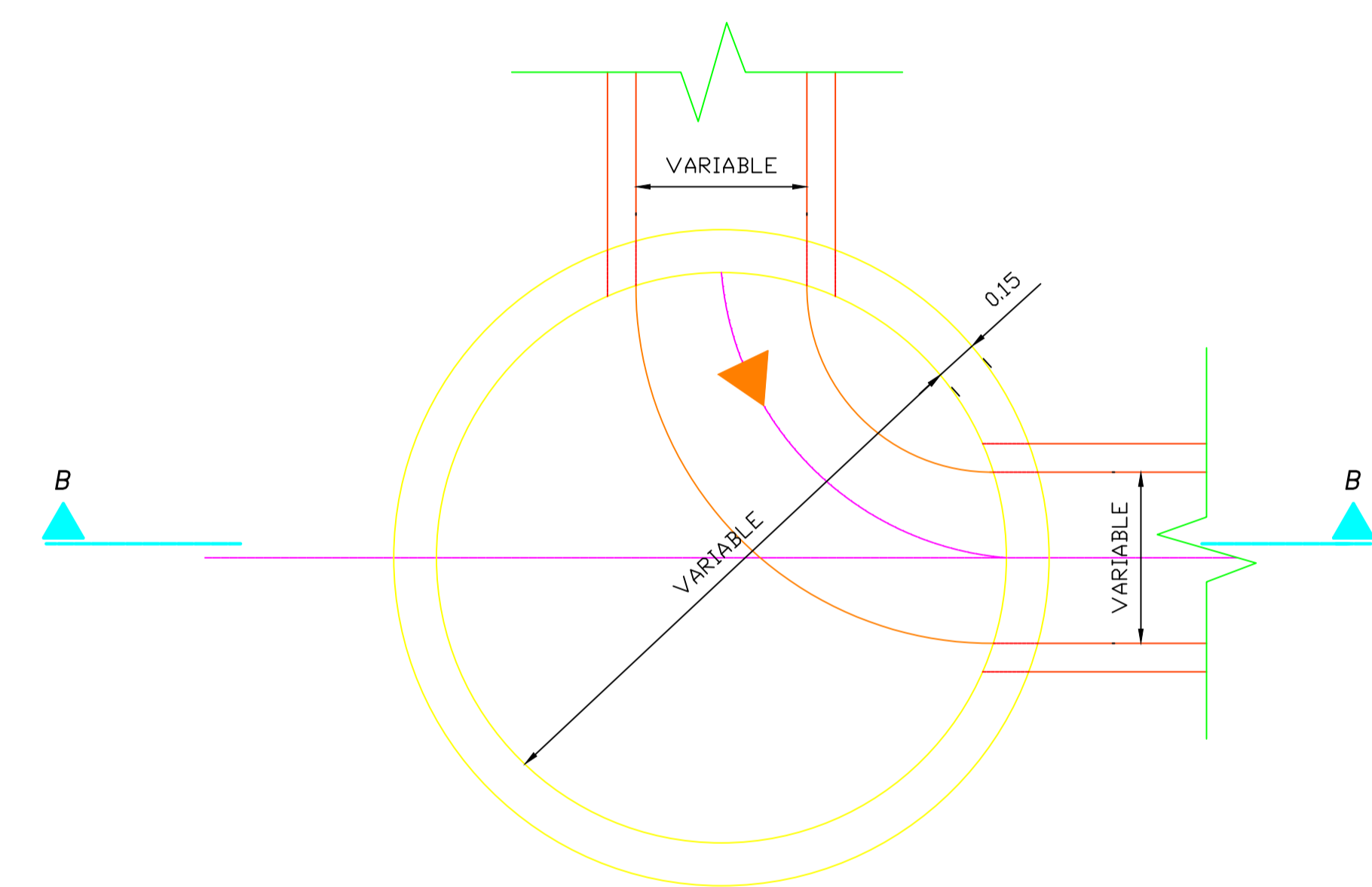
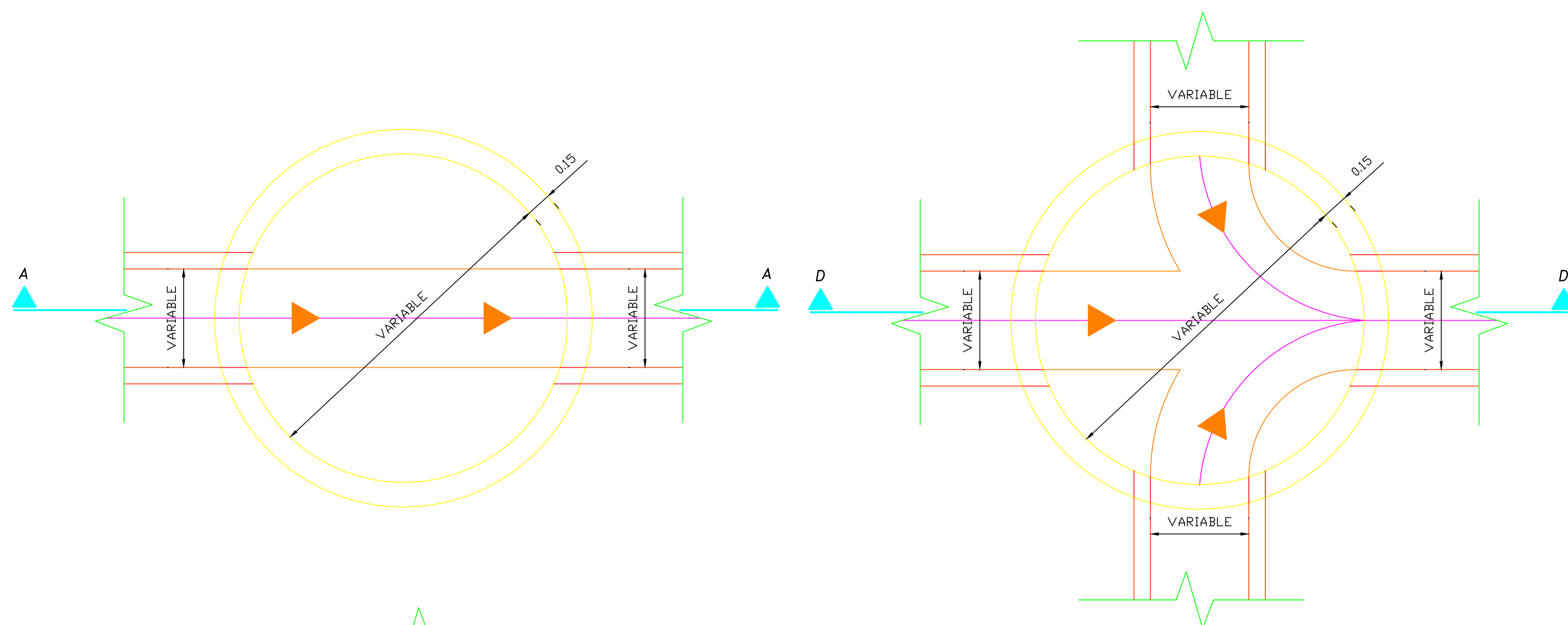
Fuente: propia

En el caso de presentar errores dentro del modelamiento, estos son descritos bajo la descripción del nombre del software, en este caso no figura ningún error.

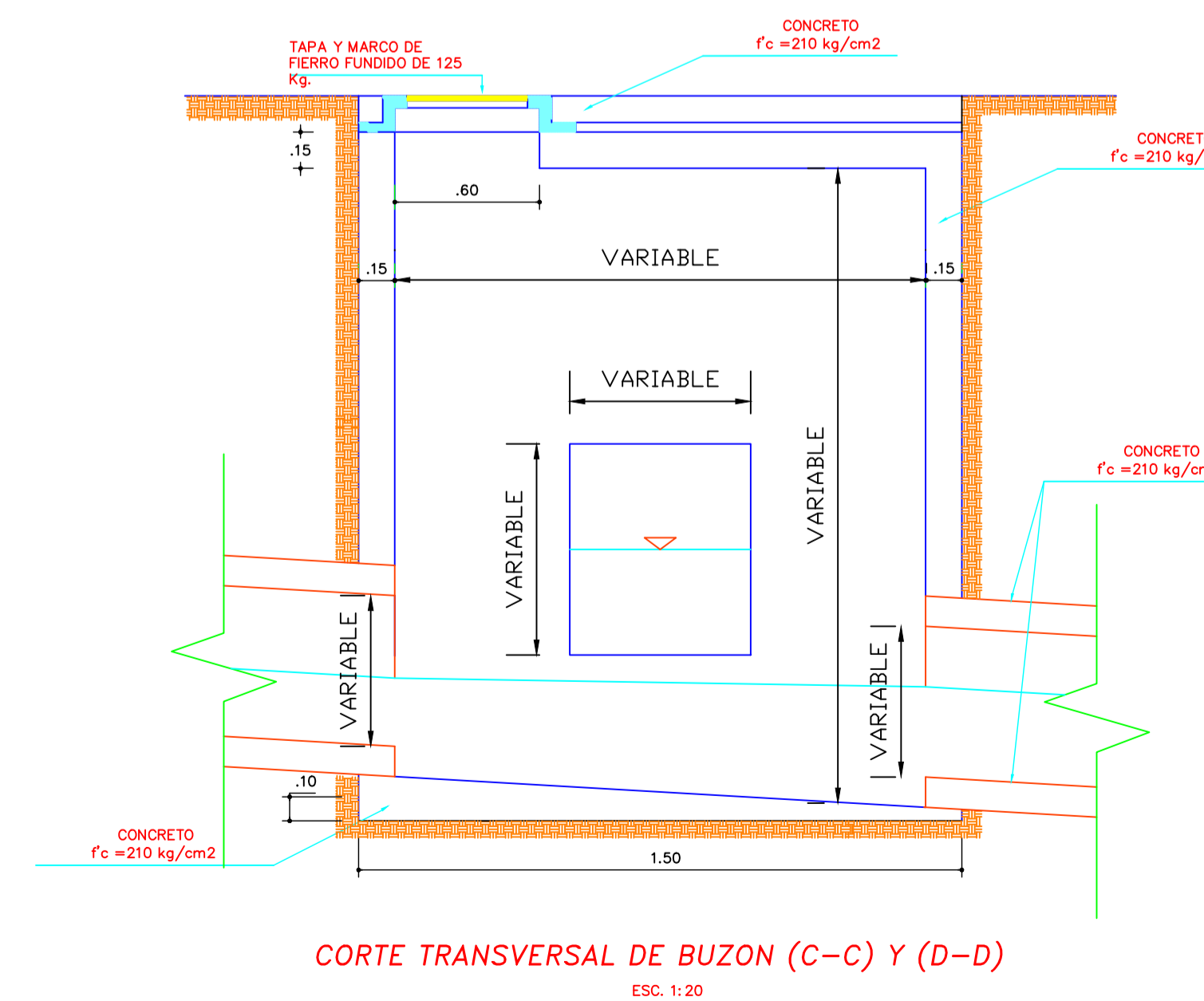
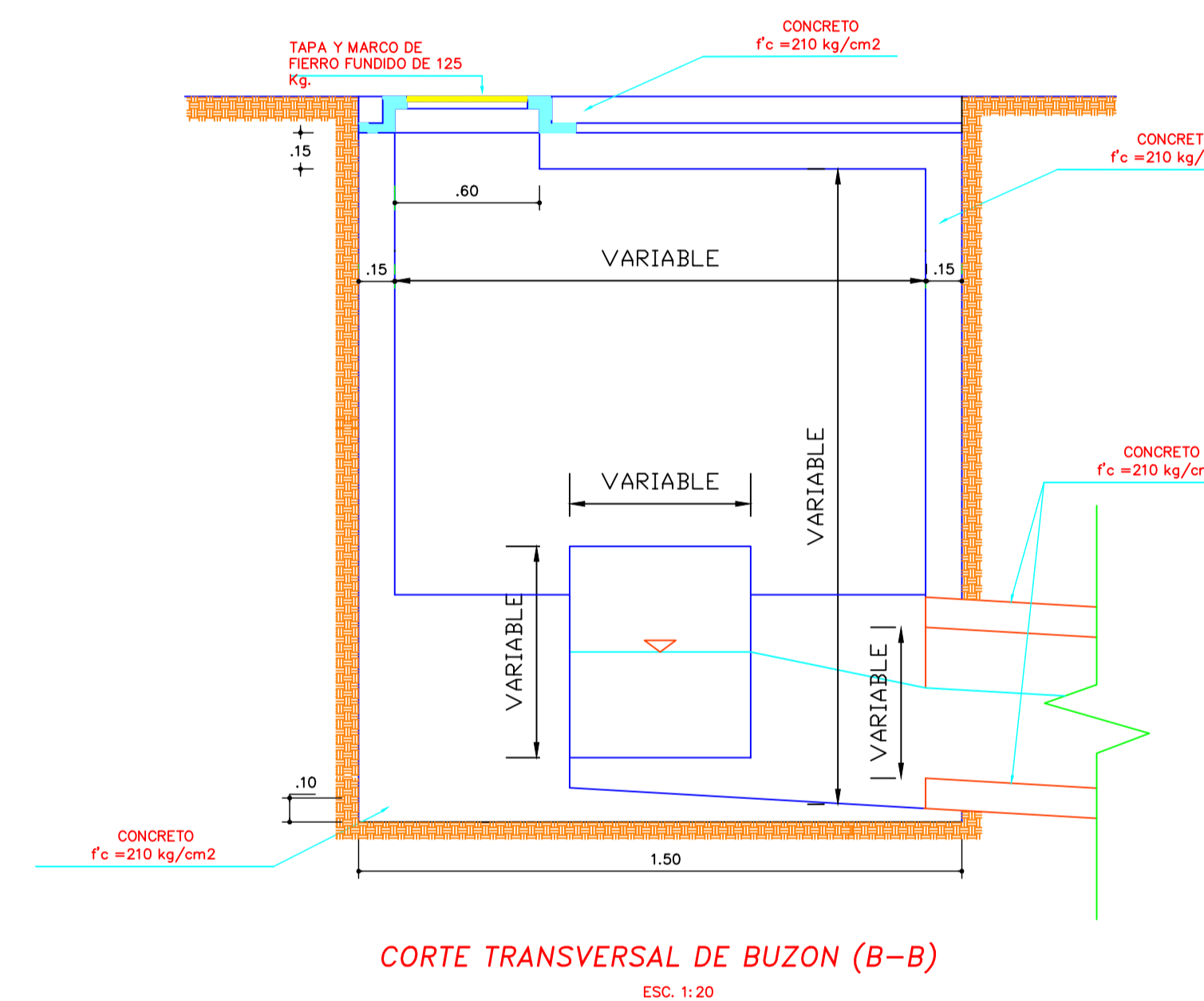
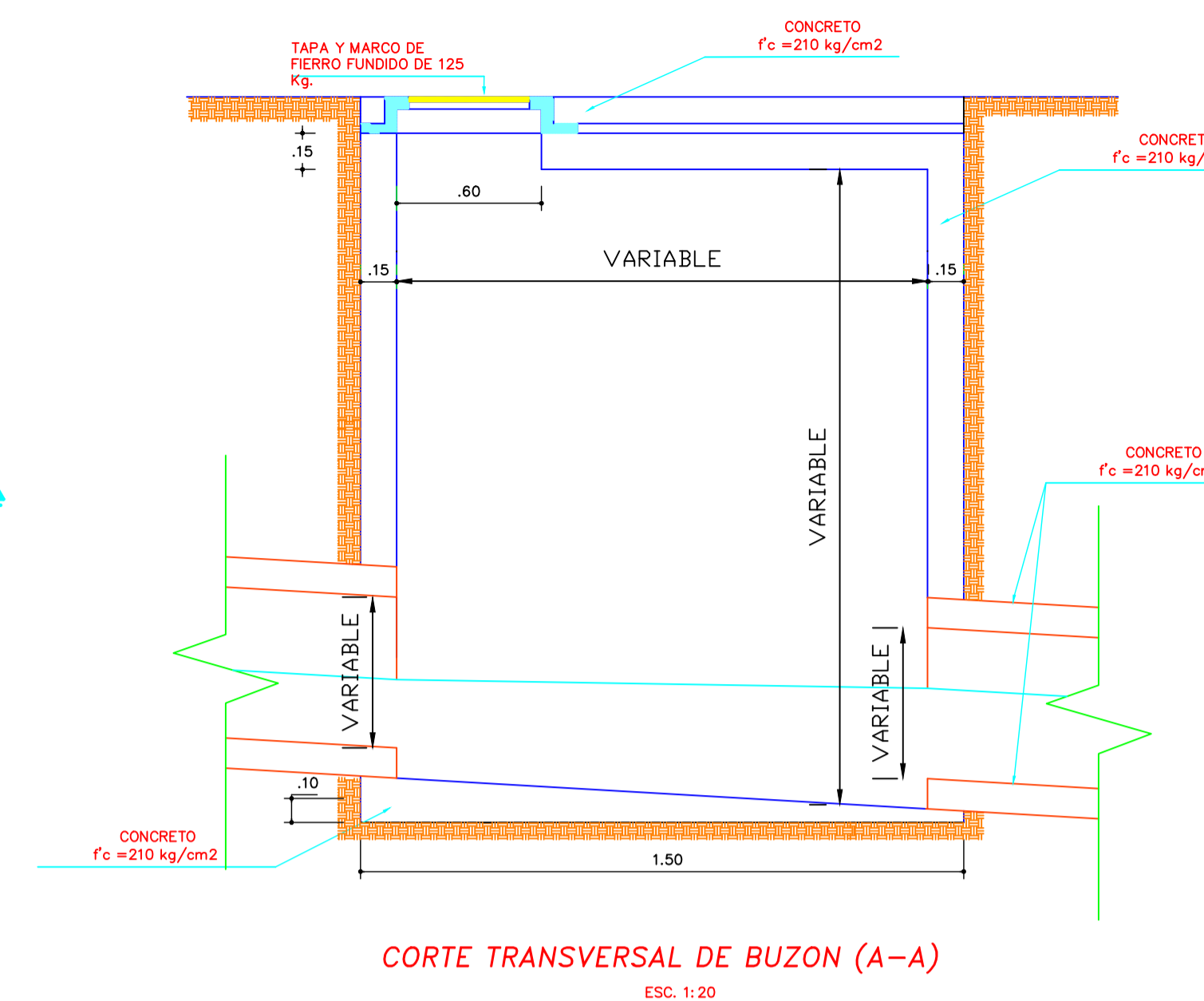
ANEXO 07
DISEÑO DE COMPONENTES



DETALLE DE BUZONES



BUZONES A UTILIZARSE SEGUN DIMENSIONES DE CANAL DE LLEGADA	
DIMENSIONES DE CANAL (BxH)	DIAMETRO BUZON
1.00 x 1.00 m	2.00 m
0.50 x 0.70 m	1.50 m
0.50 x 0.50 m	1.20 m
0.30 x 0.50 m	1.20 m
0.30 x 0.30 m	1.20 m

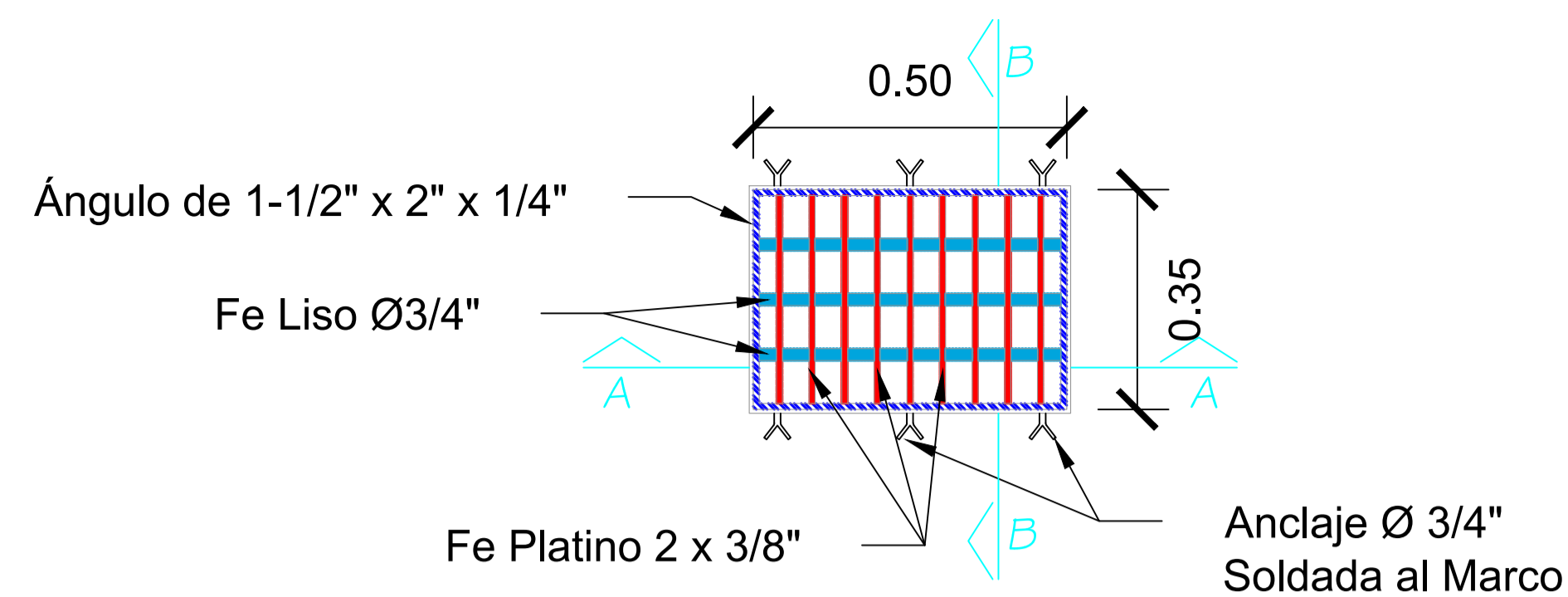




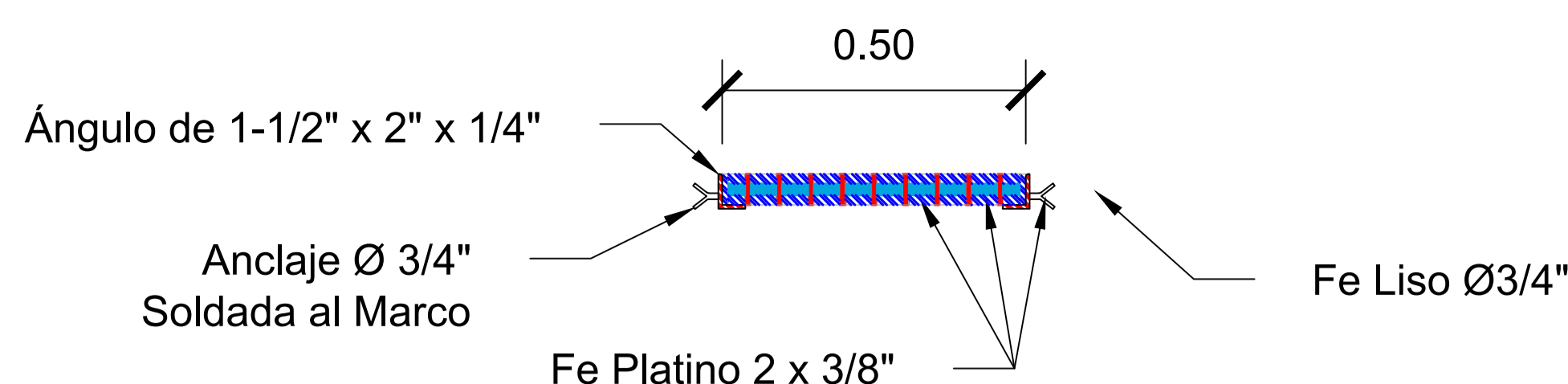
**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

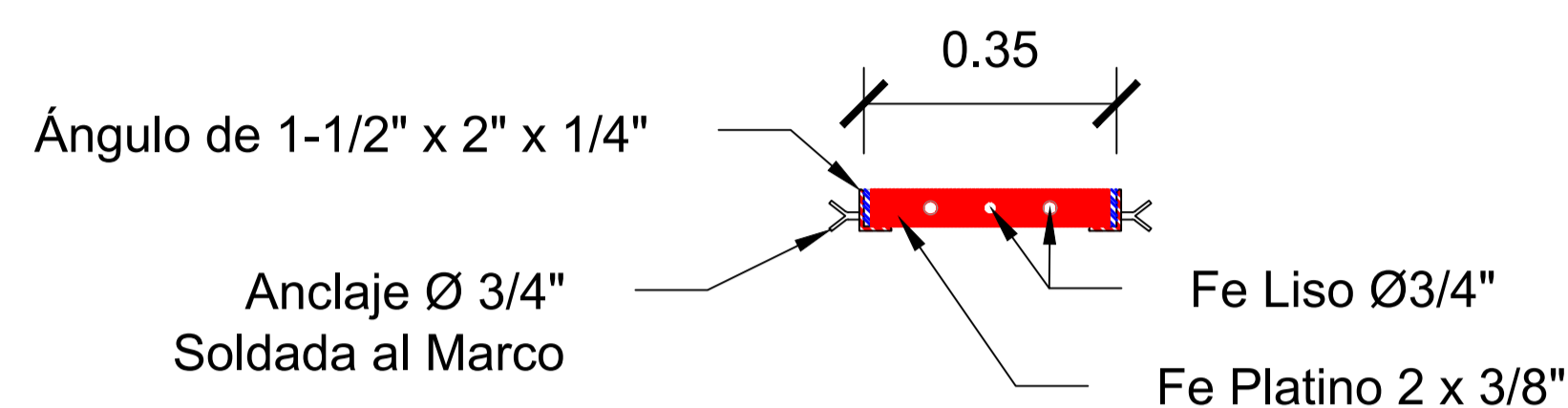
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON



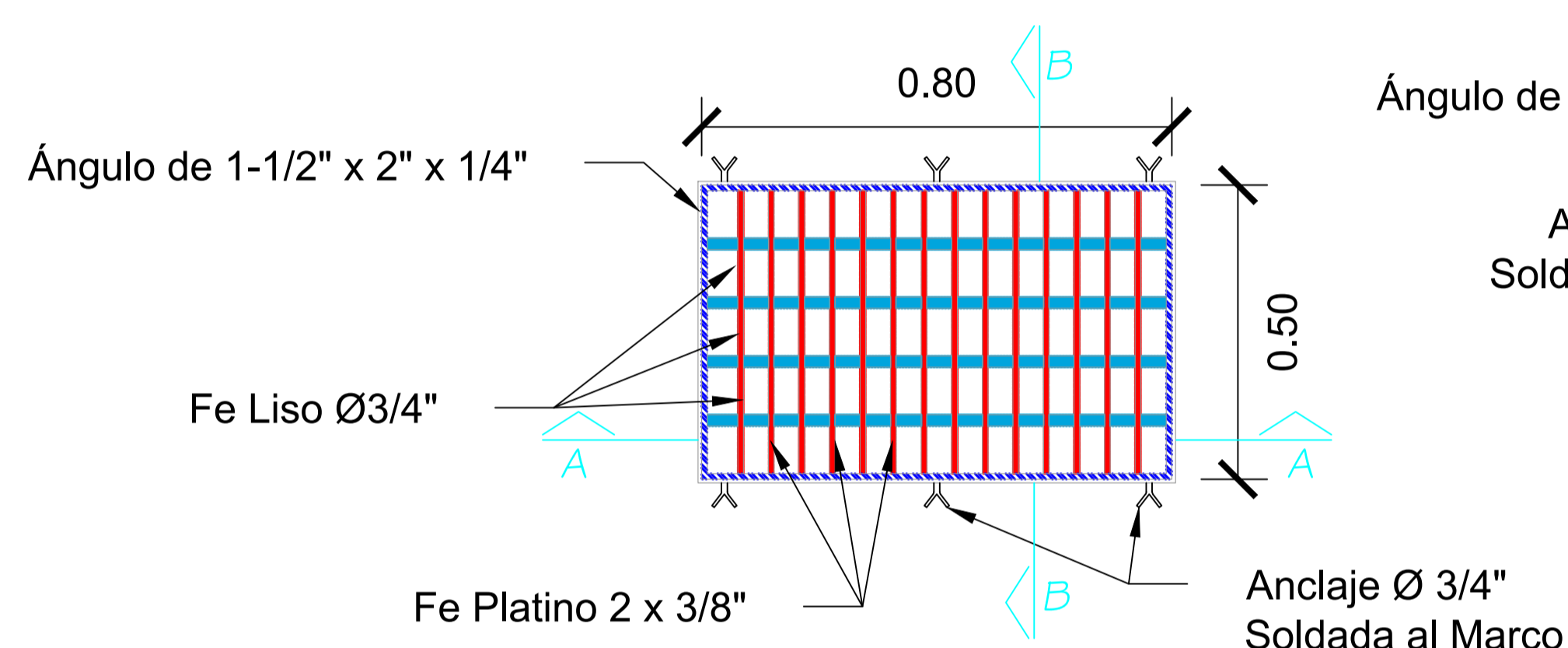
Planta Rejilla 0.35m x 0.50m
Esc.: 1/10



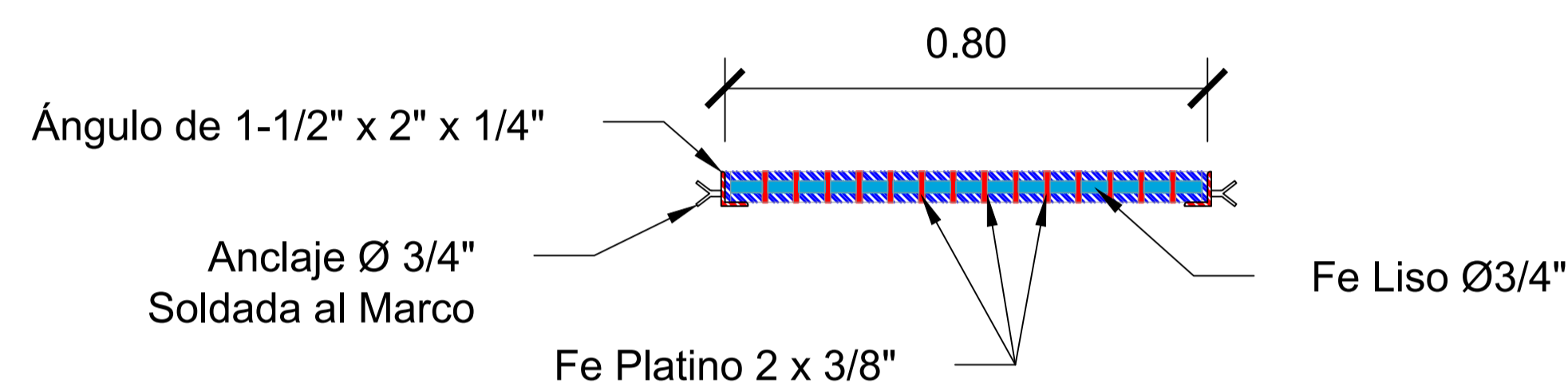
CORTE A-A
Esc.: 1/10



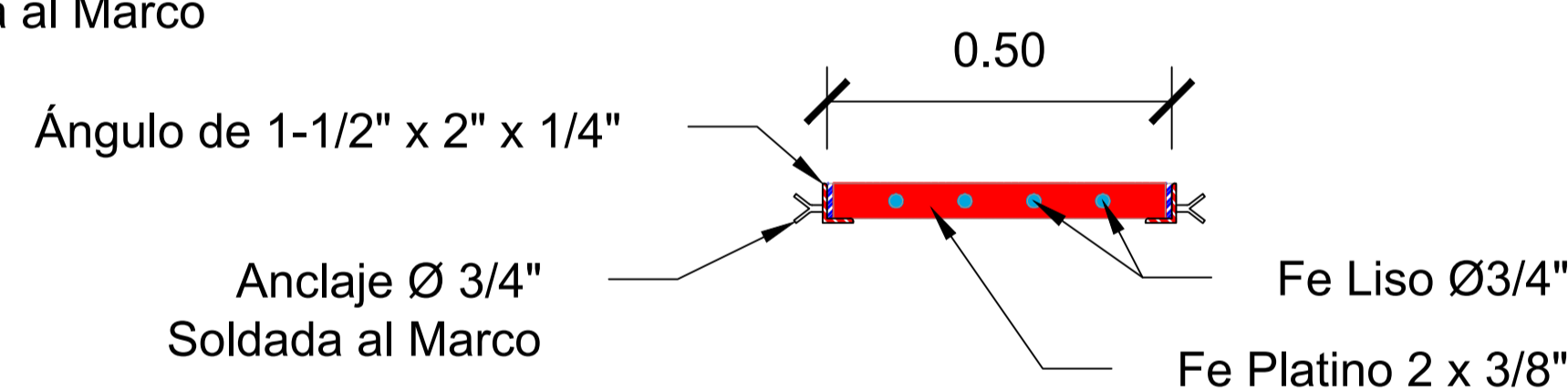
CORTE B-B
Esc.: 1/10



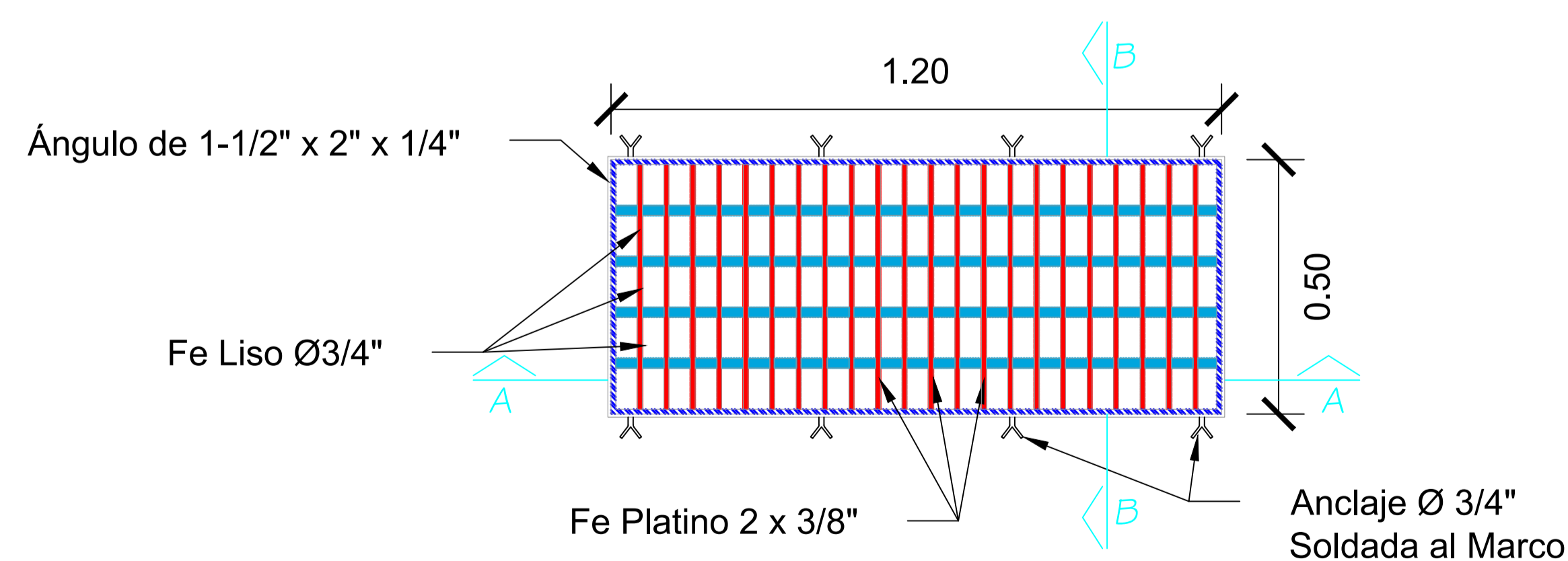
Planta Rejilla 0.50m x 0.80m
Esc.: 1/10



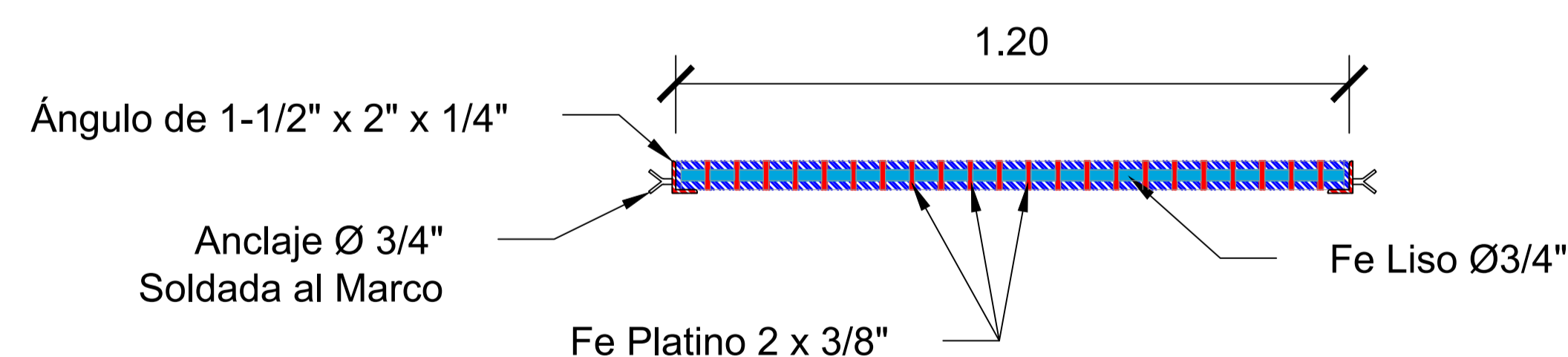
CORTE A-A
Esc.: 1/10



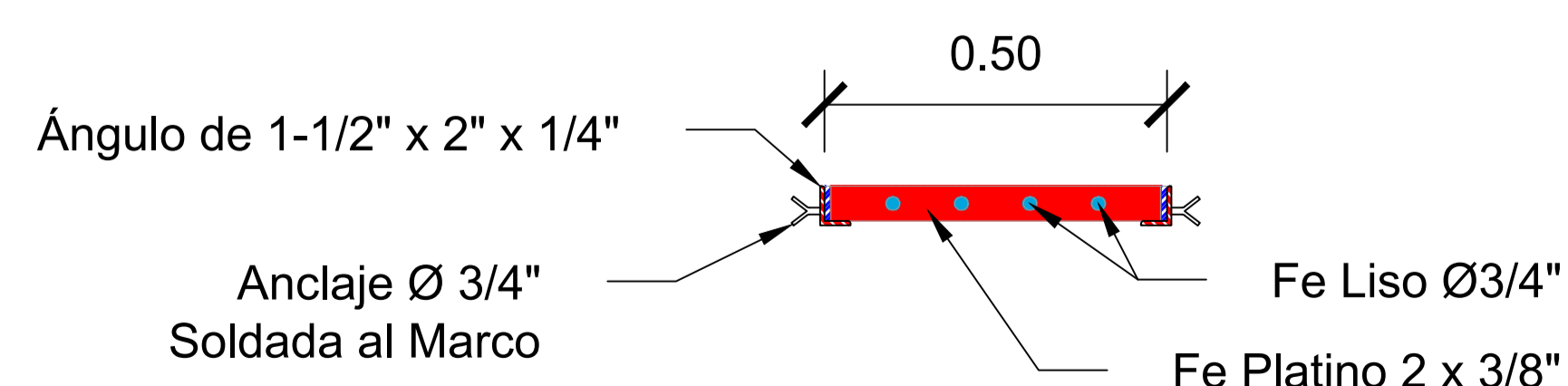
CORTE B-B
Esc.: 1/10



Planta Rejilla 0.50m x 1.20m
Esc.: 1/10



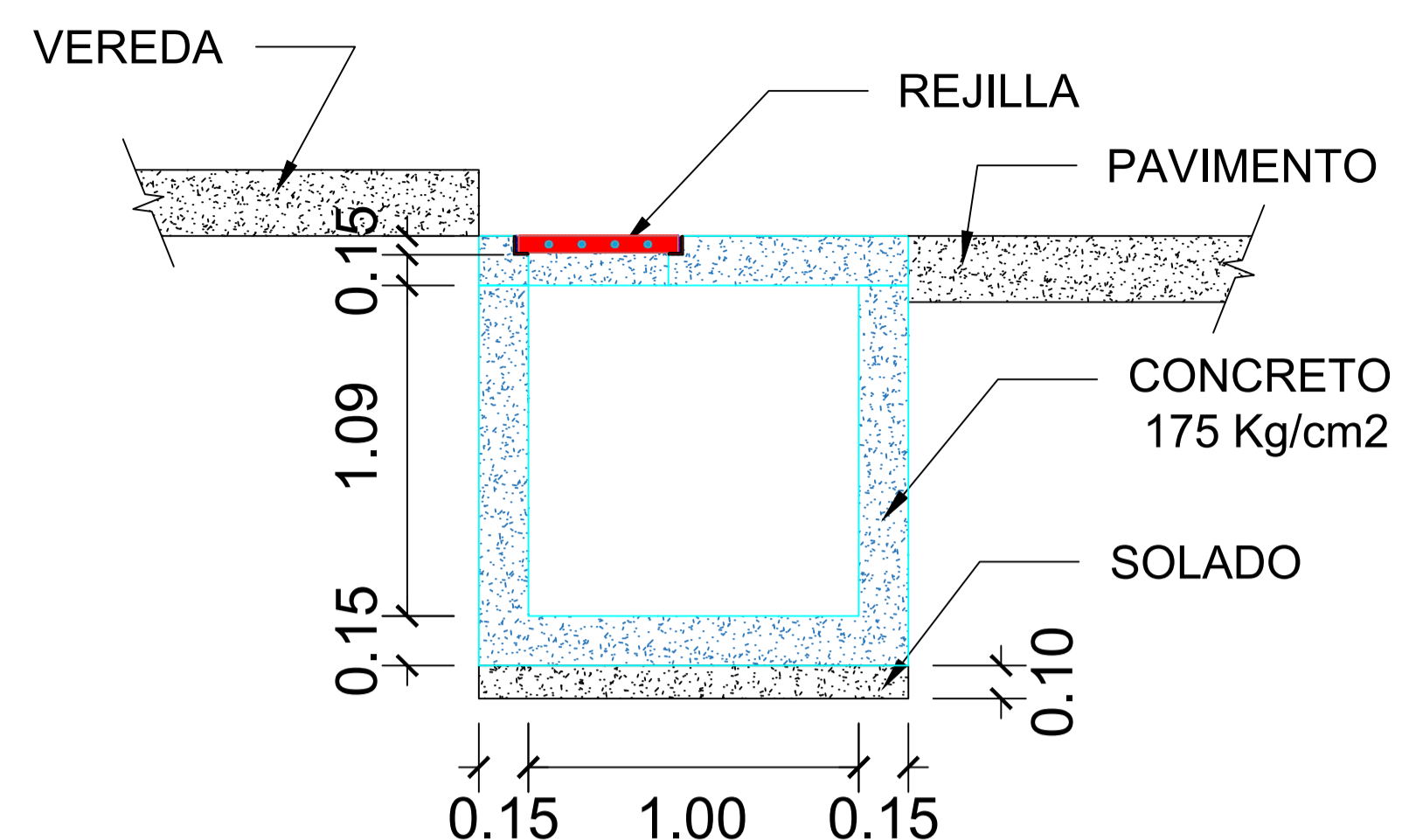
CORTE A-A
Esc.: 1/10



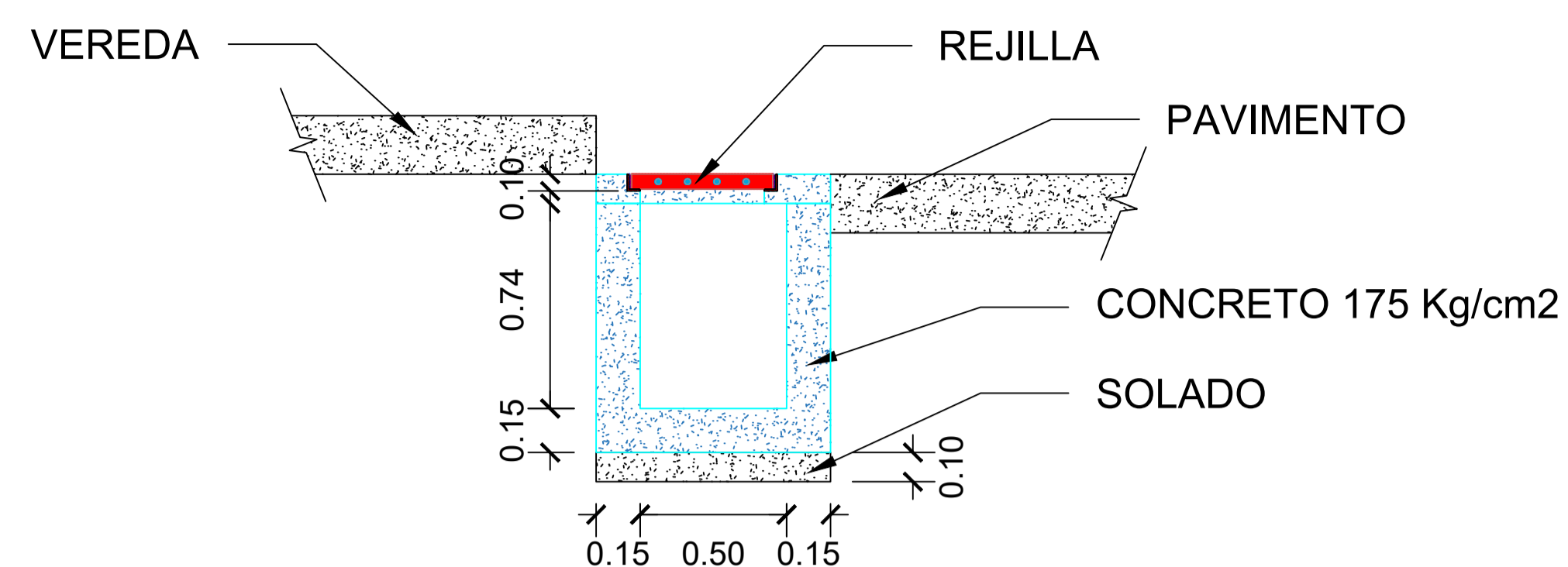
CORTE B-B
Esc.: 1/10



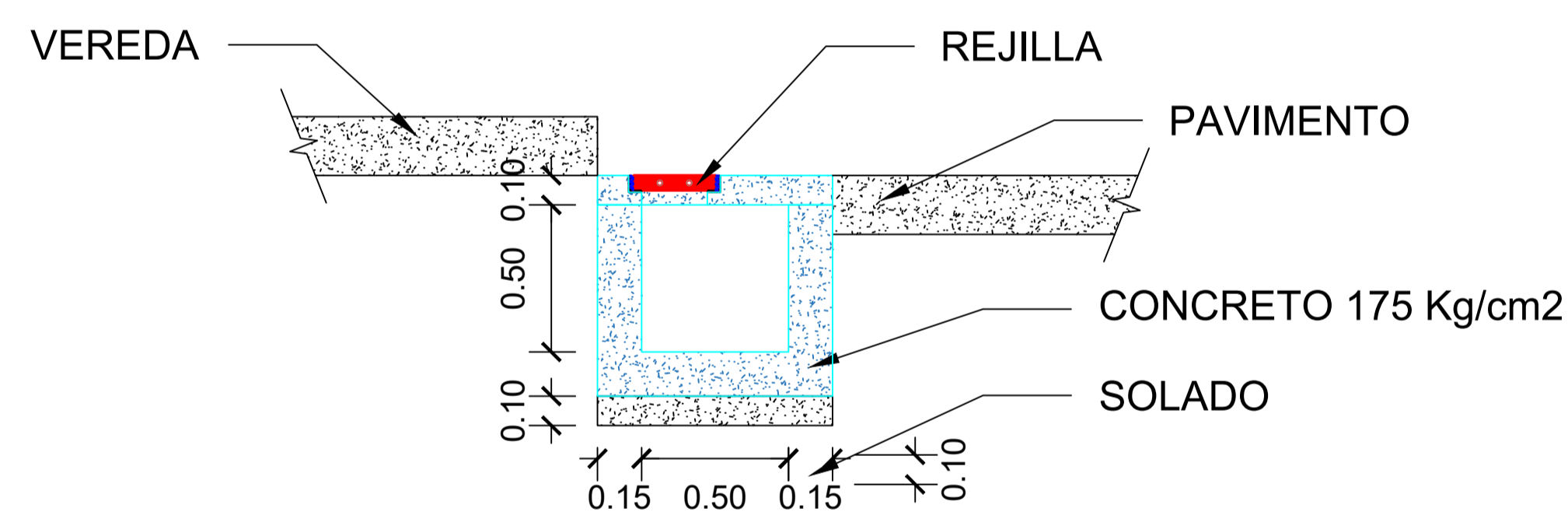
**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**



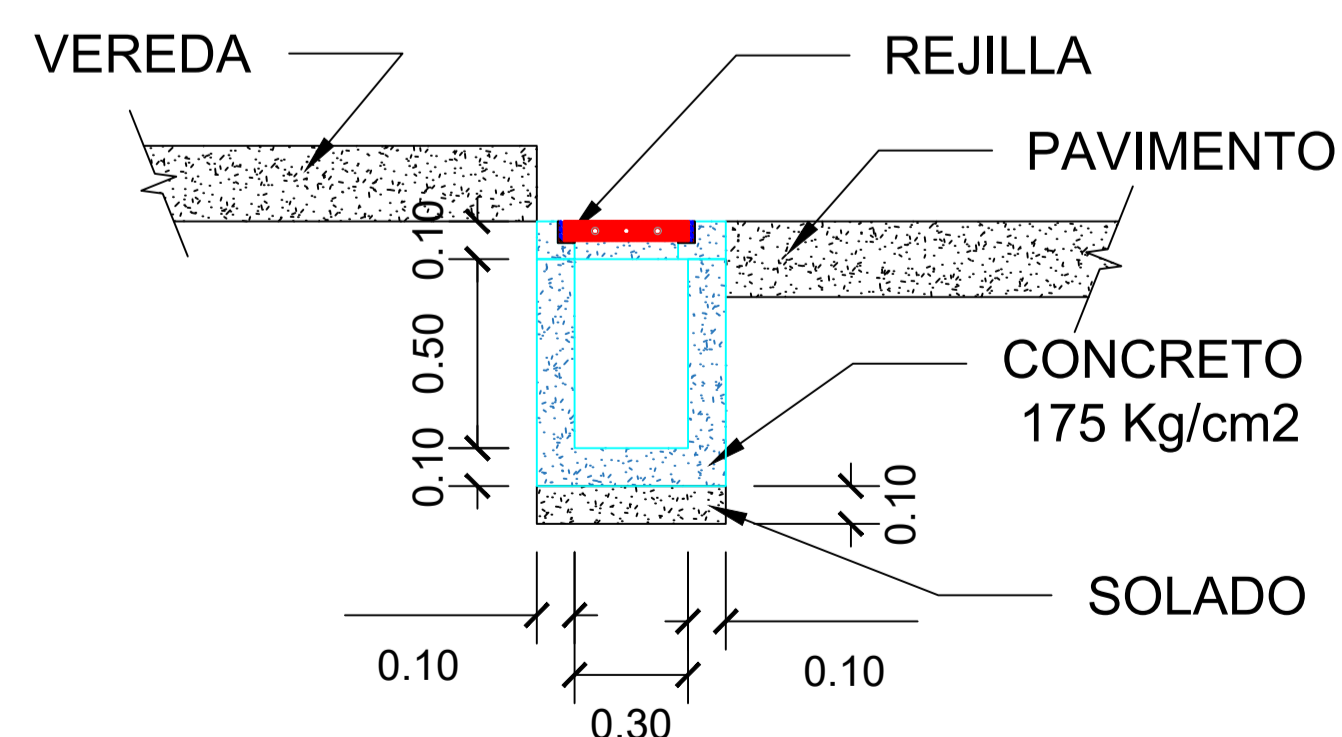
SECCIÓN A-A
CANAL 1.00m x 1.00m



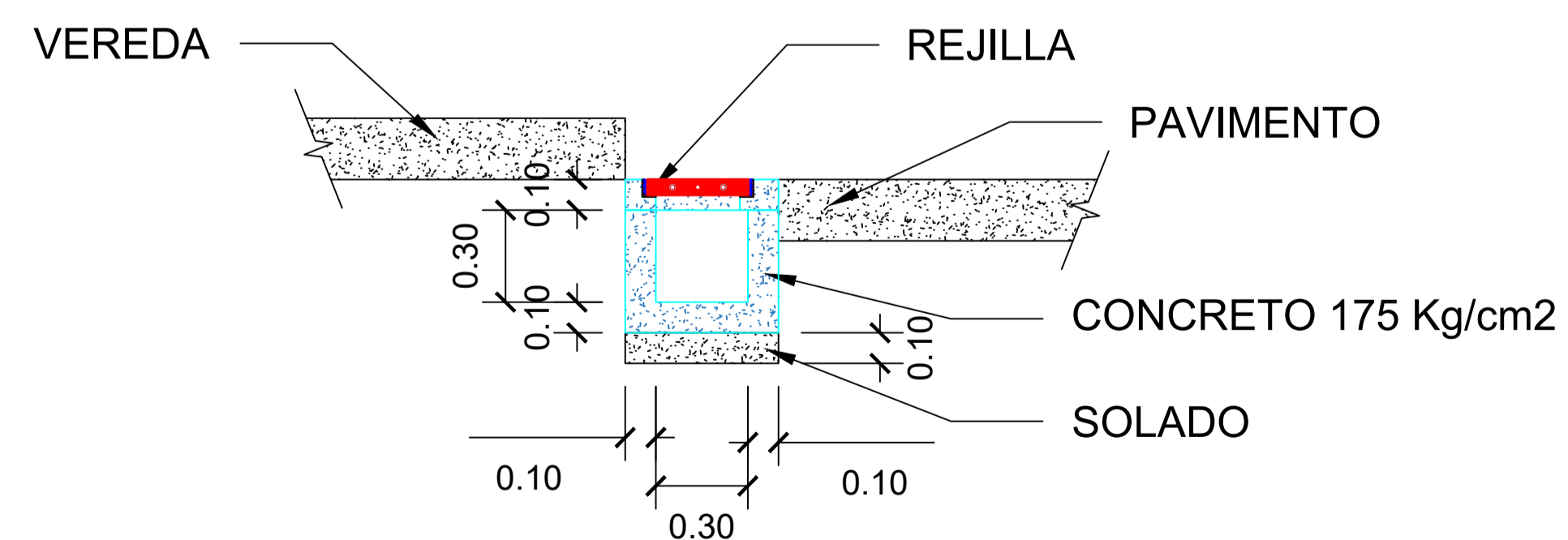
SECCIÓN B-B
CANAL 0.50m x 0.70m



SECCIÓN C-C
CANAL 0.50m x 0.50m



SECCIÓN D-D
CANAL 0.30m x 0.50m



SECCIÓN E-E
CANAL 0.30m x 0.30m

DISEÑO HIDRAULICO DE CAIDA VERTICAL - SISTEMA 01

DATOS DEL CANAL AGUAS ARRIBA

Q =	1.19	m ³ /seg
b =	1	m
S =	0.0006	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.6	m

DATOS DEL CANAL AGUAS ABAJO

Q =	1.19	m ³ /seg
b =	1	m
S =	0.002	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.6	m

1. PARAMETROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ARRIBA

Y _{no} =	0.680	0.68
b _o =	1.000	m
A _o =	1.142	m ²
P _o =	2.923	m
T _o =	2.360	m
V _o =	1.039	m/s
F _o =	0.477	sub critico

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ABAJO

Y _{n3} =	0.542	0.5420505
b ₃ =	1.000	m
A ₃ =	0.836	m ²
P ₃ =	2.533	m
T ₃ =	2.084	m
V ₃ =	1.424	m/s
F ₃ =	0.718	sub critico

2. CALCULO DEL ANCHO DE LA CAIDA Y EL TIRANTE DE LA SECCION DE CONTROL

CALCULO DE LA ENERGIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

$$H = Y + \frac{V^2}{2g}$$

Ho = 0.7350 m

H3 = 0.6454 m

CAUDAL UNITARIO

$$q = 1.48H^{3/2}$$

q = 0.9326 m³/seg/m

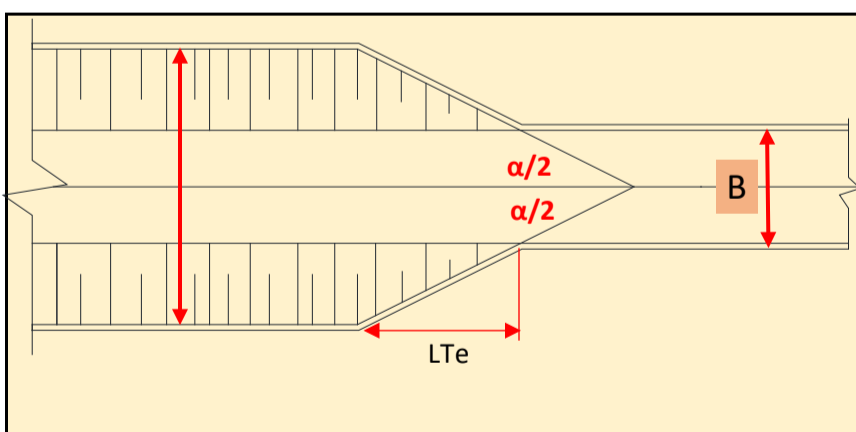
ANCHO DE LA CAIDA

$$B = \frac{Q}{q}$$

B = 1.30 m

3. CALCULO DE LAS TRANSICIONES

TRANSICION DE ENTRADA

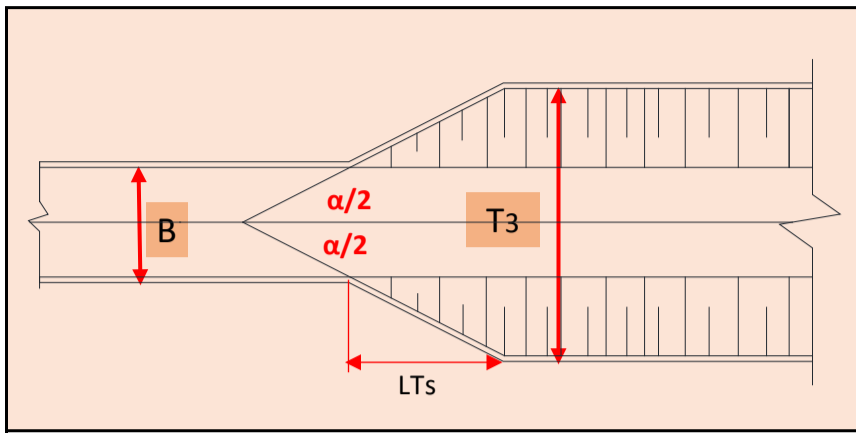


$$LTe = \frac{T_1 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

α = 25 °
B = ancho de la Caida
To = ancho de la base

LTe = 2.391 m

TRANSICION DE SALIDA



$$LTr = \frac{T3 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

B = ancho de la Caida
T3 = ancho de la base

$$LTr = 1.768 \text{ m}$$

4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAIDA

TIRANTE CRÍTICO

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Yc = 0.450 \text{ m}$$

NUMERO DE CAIDA

$$D = \frac{q^2}{gh^3}$$

$$D = 0.410$$

LONGITUD DEL PIE DE LA CAIDA AL INICIO DEL SALTO

$$\frac{LD}{\Delta Z} = 4.30D^{0.27}$$

$$LD = 2.03 \text{ m}$$

LONGITUD RECTANGULAR ARRIBA DE LA CAIDA

$$Lrect. = 3.5 Yc$$

$$Lrec. = 1.60 \text{ m}$$

ALTURA DEL AGUA PEGADA AL PIE DE LA CAIDA

$$\frac{Yp}{\Delta Z} = 1D^{0.22}$$

$$Yp = 0.500 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MENOR

$$\frac{Y1}{\Delta Z} = 0.54D^{0.425}$$

$$Y1 = 0.200 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MAYOR (TIRANTE CONJUGADA)

$$\frac{Y2}{\Delta Z} = 1.66D^{0.27}$$

$$Y2 = 0.800 \text{ m}$$

LONGITUD DE SALTO HIDRAULICO

$$Ls = 6.9 (Y2 - Y1)$$

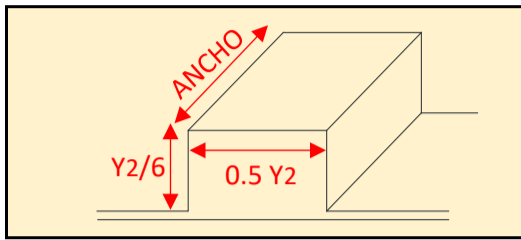
$$Ls = 4.150 \text{ m}$$

LONGITUD DE LA POZA DE DISIPACION

$$LT = L_s + L_D$$

$$LT = 6.200 \text{ m}$$

DADO AMORTIGUADOR



$$Y_2/6 = 0.150 \text{ m}$$

$$\text{ANCHO } (0.5Y_c) = 0.25$$

$$0.5 Y_2 = 0.40$$

PROFUNDIDAD DE POZO

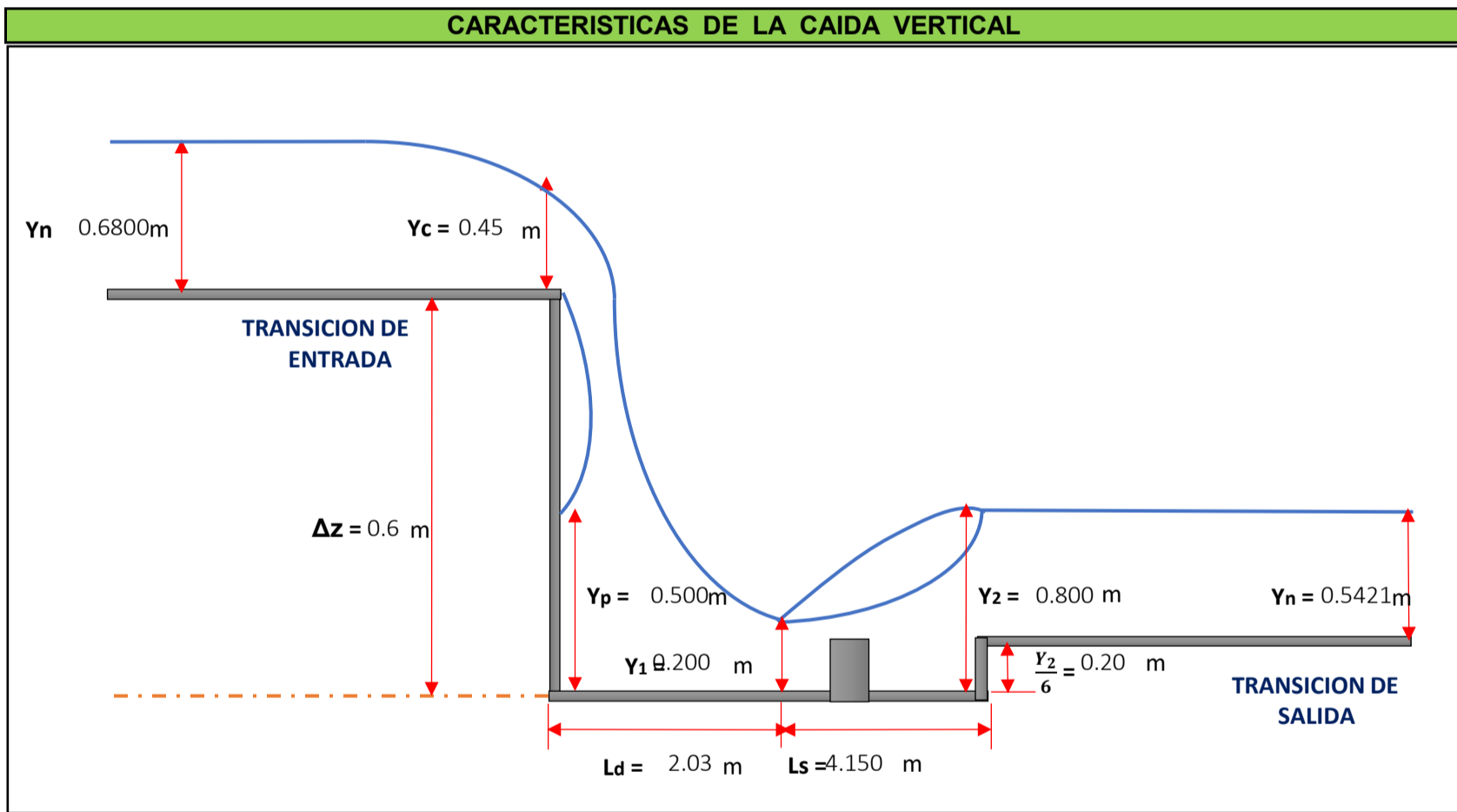
$$C = \frac{Y_2}{6}$$

$$C = 0.150 \text{ m}$$

BORDE LIBRE

$$B.L = 0.85Y_c$$

$$B.L = 0.400 \text{ m}$$



DISEÑO HIDRAULICO DE CAIDA VERTICAL - SISTEMA 02

DATOS DEL CANAL AGUAS ARRIBA

Q =	0.04	m ³ /seg
b =	0.3	m
S =	0.0006	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.4	m

DATOS DEL CANAL AGUAS ABAJO

Q =	0.04	m ³ /seg
b =	0.3	m
S =	0.002	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =		m

1. PARAMETROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ARRIBA

Y _{no} =	0.120	0.12
b _o =	0.300	m
A _o =	0.050	m ²
P _o =	0.639	m
T _o =	0.540	m
V _o =	0.879	m/s
F _o =	0.918	sub critico

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ABAJO

Y _{n3} =	0.156	0.155663
b ₃ =	0.300	m
A ₃ =	0.071	m ²
P ₃ =	0.740	m
T ₃ =	0.611	m
V ₃ =	0.624	m/s
F ₃ =	0.585	sub critico

2. CALCULO DEL ANCHO DE LA CAIDA Y EL TIRANTE DE LA SECCION DE CONTROL

CALCULO DE LA ENERGIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

$$H = Y + \frac{V^2}{2g}$$

H_o = 0.1593 m

H₃ = 0.1755 m

CAUDAL UNITARIO

$$q = 1.48H^{\frac{3}{2}}$$

q = 0.0941 m³/seg/m

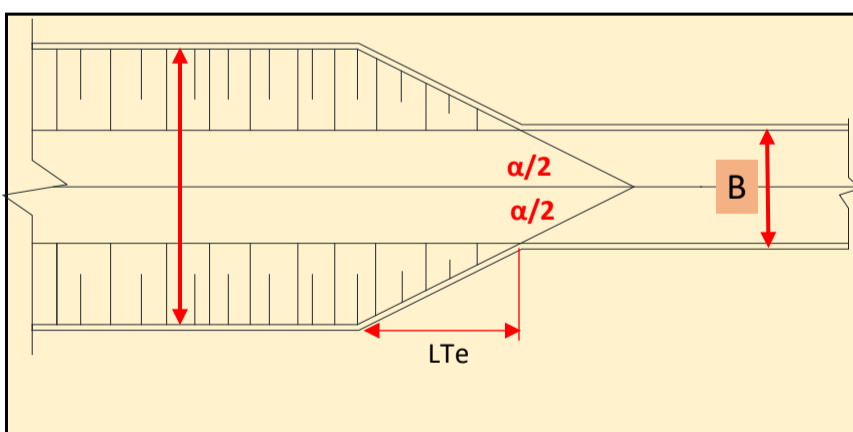
ANCHO DE LA CAIDA

$$B = \frac{Q}{q}$$

B = 0.50 m

3. CALCULO DE LAS TRANSICIONES

TRANSICION DE ENTRADA



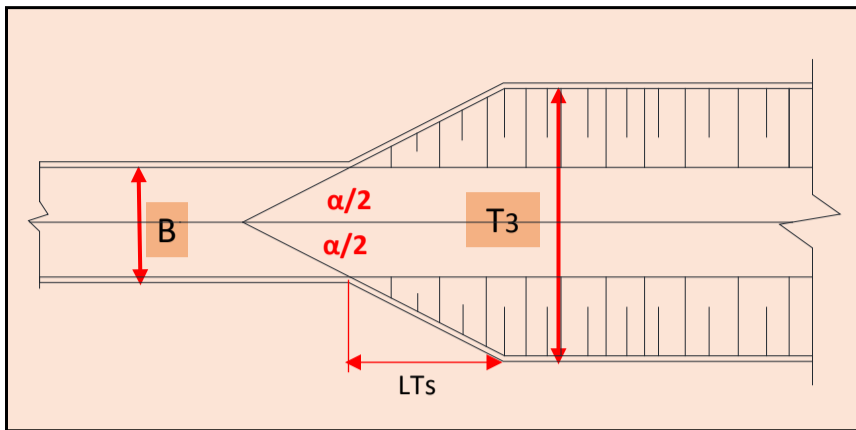
α = 25 °

B = ancho de la Caida
T_o = ancho de la base

$$LTe = \frac{T_1 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

LTe = 0.090 m

TRANSICION DE SALIDA



$$LTr = \frac{T3 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

B = ancho de la Caida
T3 = ancho de la base

$$LTr = 0.251 \text{ m}$$

4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAIDA

TIRANTE CRÍTICO

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Yc = 0.100 \text{ m}$$

NUMERO DE CAIDA

$$D = \frac{q^2}{gh^3}$$

$$D = 0.014$$

LONGITUD DEL PIE DE LA CAIDA AL INICIO DEL SALTO

$$\frac{LD}{\Delta Z} = 4.30D^{0.27}$$

$$LD = 0.55 \text{ m}$$

LONGITUD RECTANGULAR ARRIBA DE LA CAIDA

$$Lrect. = 3.5 Yc$$

$$Lrec. = 0.35 \text{ m}$$

ALTURA DEL AGUA PEGADA AL PIE DE LA CAIDA

$$\frac{Yp}{\Delta Z} = 1D^{0.22}$$

$$Yp = 0.150 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MENOR

$$\frac{Y1}{\Delta Z} = 0.54D^{0.425}$$

$$Y1 = 0.050 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MAYOR (TIRANTE CONJUGADA)

$$\frac{Y2}{\Delta Z} = 1.66D^{0.27}$$

$$Y2 = 0.200 \text{ m}$$

LONGITUD DE SALTO HIDRAULICO

$$Ls = 6.9 (Y2 - Y1)$$

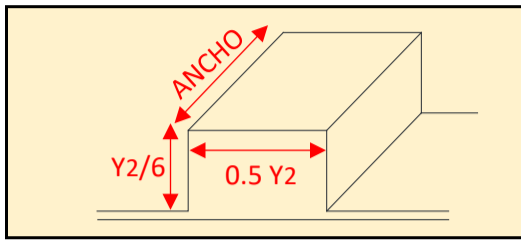
$$Ls = 1.050 \text{ m}$$

LONGITUD DE LA POZA DE DISIPACION

$$LT = L_s + L_D$$

$$LT = 1.600 \text{ m}$$

DADO AMORTIGUADOR



$$Y_2/6 = 0.050 \text{ m}$$

$$\text{ANCHO } (0.5 Y_c) = 0.05$$

$$0.5 Y_2 = 0.10$$

PROFUNDIDAD DE POZO

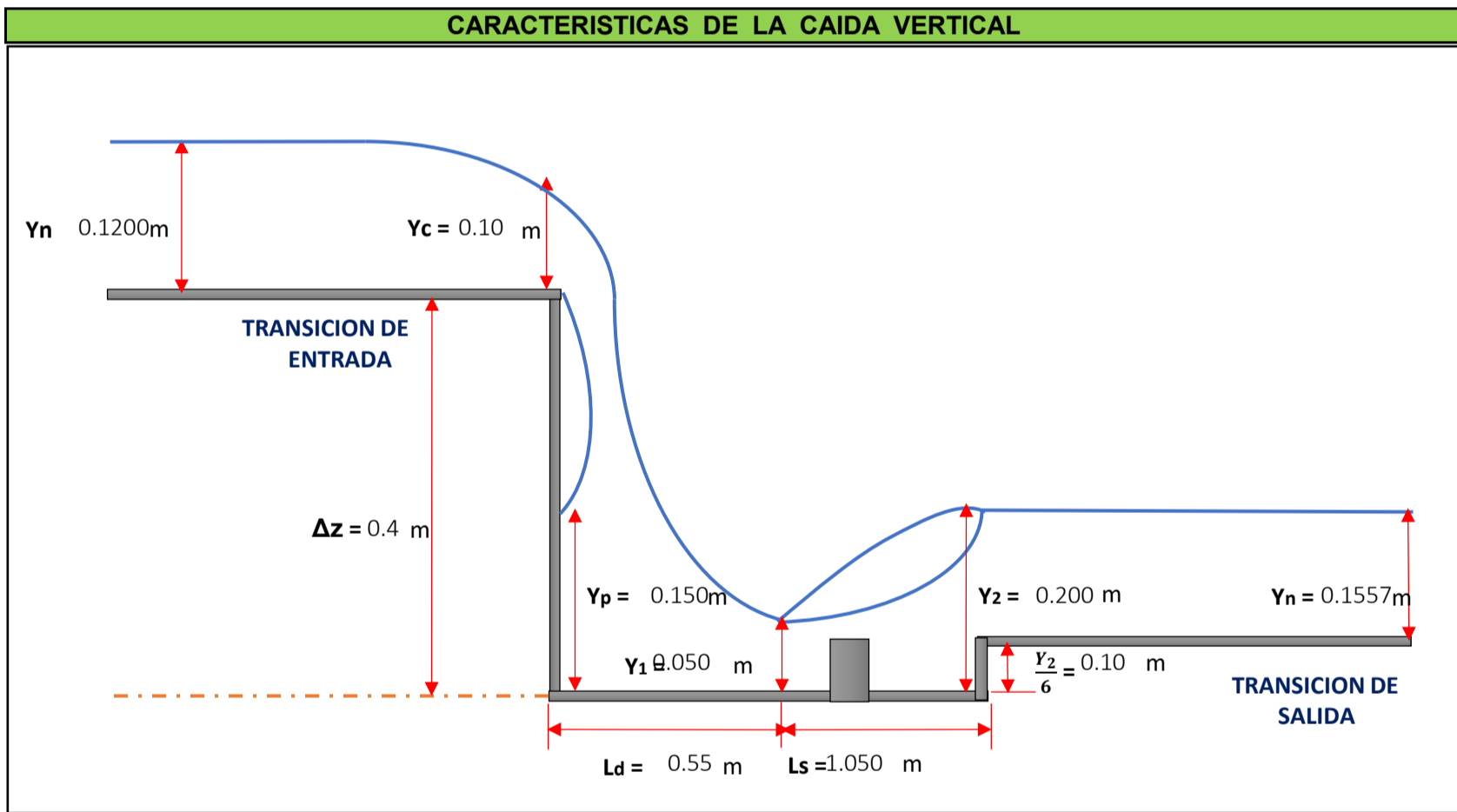
$$C = \frac{Y_2}{6}$$

$$C = 0.050 \text{ m}$$

BORDE LIBRE

$$B.L = 0.85 Y_c$$

$$B.L = 0.100 \text{ m}$$



DISEÑO HIDRAULICO DE CAIDA VERTICAL - SISTEMA 03

DATOS DEL CANAL AGUAS ARRIBA

Q =	0.01	m ³ /seg
b =	0.3	m
S =	0.0006	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.6	m

DATOS DEL CANAL AGUAS ABAJO

Q =	0.01	m ³ /seg
b =	0.3	m
S =	0.002	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.9	m

1. PARAMETROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ARRIBA

Y _{no} =	0.130	0.13
b _o =	0.300	m
A _o =	0.056	m ²
P _o =	0.668	m
T _o =	0.560	m
V _o =	0.266	m/s
F _o =	0.269	sub critico

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ABAJO

Y _{n3} =	0.084	0.0843956
b ₃ =	0.300	m
A ₃ =	0.032	m ²
P ₃ =	0.539	m
T ₃ =	0.469	m
V ₃ =	0.458	m/s
F ₃ =	0.556	sub critico

2. CALCULO DEL ANCHO DE LA CAIDA Y EL TIRANTE DE LA SECCION DE CONTROL

CALCULO DE LA ENERGIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

$$H = Y + \frac{V^2}{2g}$$

Ho = 0.1336 m

H3 = 0.0951 m

CAUDAL UNITARIO

$$q = 1.48H^{3/2}$$

q = 0.0723 m³/seg/m

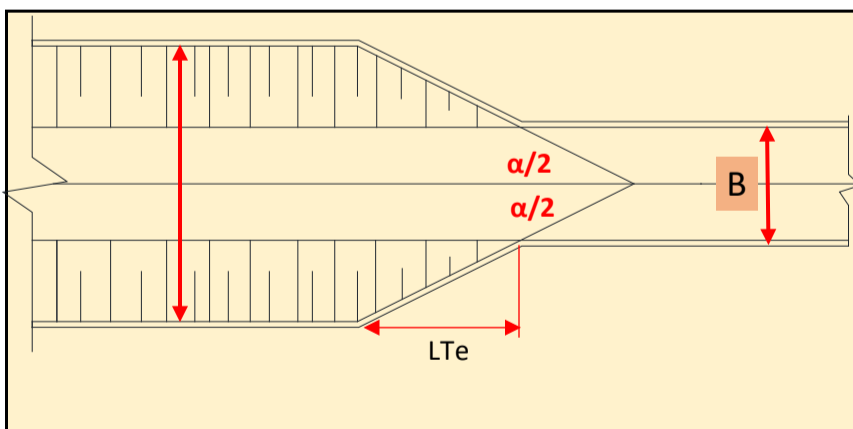
ANCHO DE LA CAIDA

$$B = \frac{Q}{q}$$

B = 0.25 m

3. CALCULO DE LAS TRANSICIONES

TRANSICION DE ENTRADA



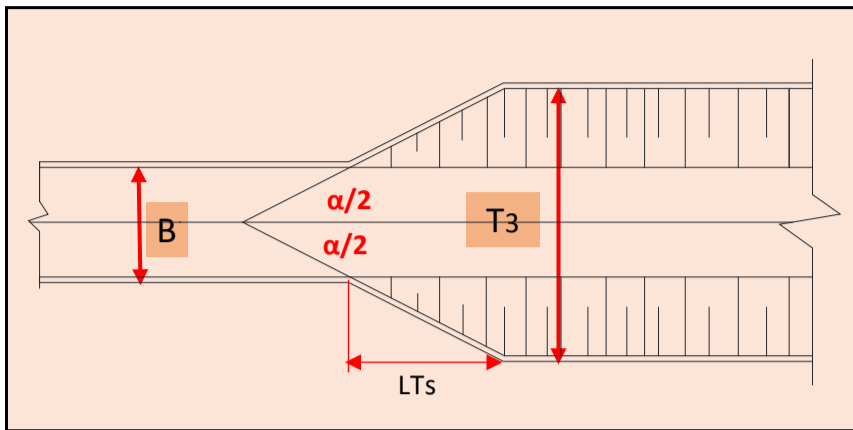
α = 25 °

B = ancho de la Caida
To = ancho de la base

$$LTe = \frac{T_1 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

LTe = 0.699 m

TRANSICION DE SALIDA



$$LTr = \frac{T3 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

B = ancho de la Caida
T3 = ancho de la base

$$LTr = 0.493 \text{ m}$$

4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAIDA

TIRANTE CRÍTICO

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Yc = 0.100 \text{ m}$$

NUMERO DE CAIDA

$$D = \frac{q^2}{gh^3}$$

$$D = 0.002$$

LONGITUD DEL PIE DE LA CAIDA AL INICIO DEL SALTO

$$\frac{LD}{\Delta Z} = 4.30D^{0.27}$$

$$LD = 0.51 \text{ m}$$

LONGITUD RECTANGULAR ARRIBA DE LA CAIDA

$$Lrect. = 3.5 Yc$$

$$Lrec. = 0.35 \text{ m}$$

ALTURA DEL AGUA PEGADA AL PIE DE LA CAIDA

$$\frac{Yp}{\Delta Z} = 1D^{0.22}$$

$$Yp = 0.150 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MENOR

$$\frac{Y1}{\Delta Z} = 0.54D^{0.425}$$

$$Y1 = 0.050 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MAYOR (TIRANTE CONJUGADA)

$$\frac{Y2}{\Delta Z} = 1.66D^{0.27}$$

$$Y2 = 0.200 \text{ m}$$

LONGITUD DE SALTO HIDRAULICO

$$Ls = 6.9 (Y2 - Y1)$$

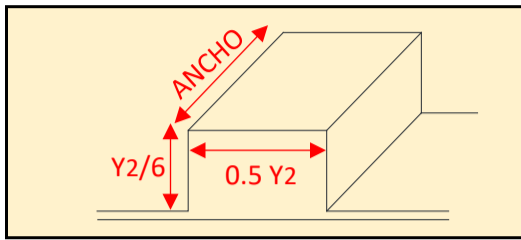
$$Ls = 1.050 \text{ m}$$

LONGITUD DE LA POZA DE DISIPACION

$LT = L_s + L_d$

$LT = 1.550 \text{ m}$

DADO AMORTIGUADOR



$Y_2/6 = 0.050 \text{ m}$

ANCHO ($0.5 Y_c$) 0.05

$0.5 Y_2 = 0.10$

PROFUNDIDAD DE POZO

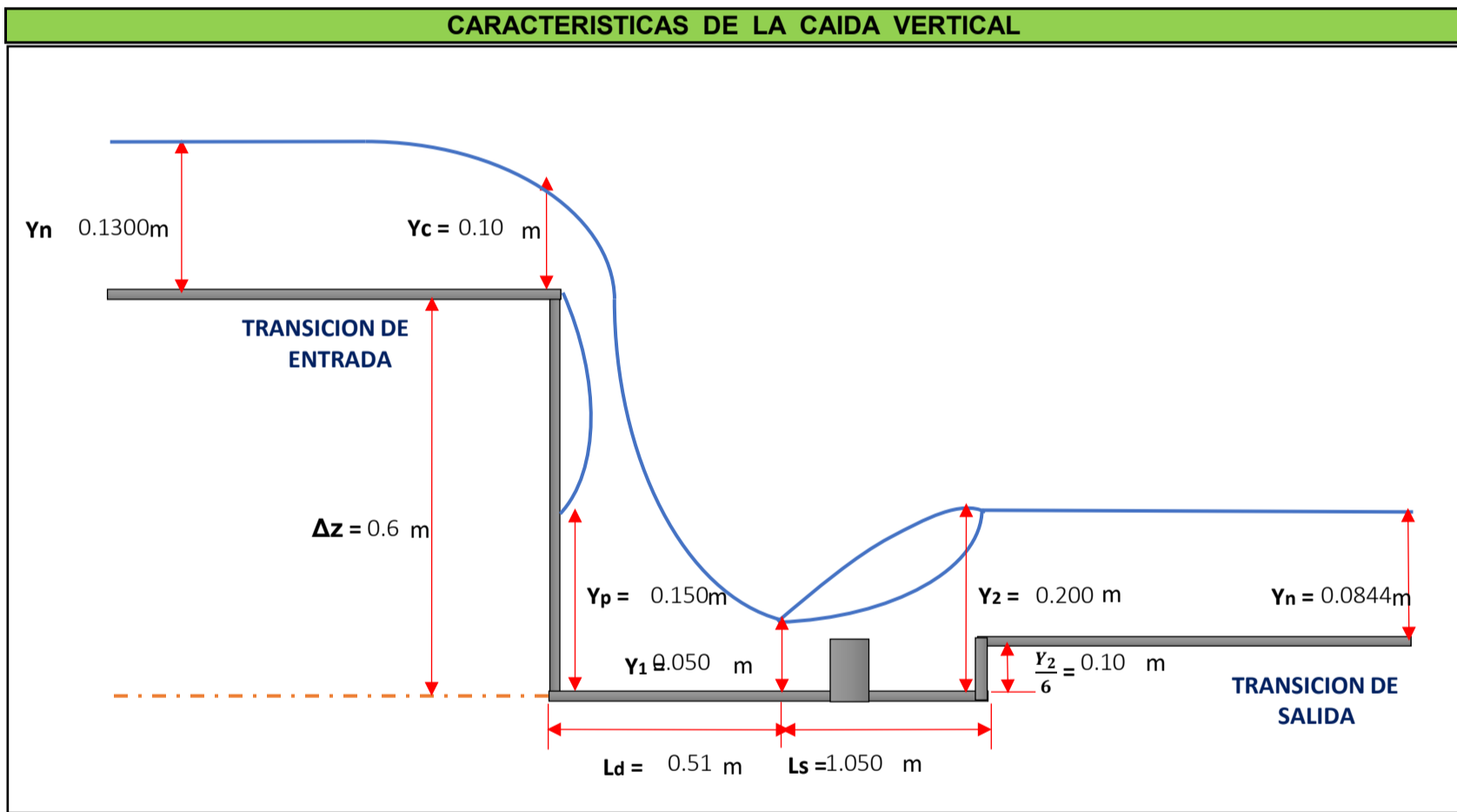
$C = \frac{Y_2}{6}$

$C = 0.050 \text{ m}$

BORDE LIBRE

$B.L = 0.85 Y_c$

$B.L = 0.100 \text{ m}$



DISEÑO HIDRAULICO DE CAIDA VERTICAL - SISTEMA 04

DATOS DEL CANAL AGUAS ARRIBA

Q =	0.004	m3/seg
b =	0.3	m
S =	0.0006	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0.3	m

DATOS DEL CANAL AGUAS ABAJO

Q =	0.004	m3/seg
b =	0.3	m
S =	0.002	
n =	0.015	
Z =	1	
h = Δz =	0	m

1. PARAMETROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ARRIBA

Yno =	0.020	0.02
bo =	0.300	m
Ao =	0.006	m2
Po =	0.357	m
To =	0.340	m
Vo =	0.572	m/s
Fo =	1.331	super critico

PARAMETROS HIDRAULICOS AGUAS ABAJO

Yn3 =	0.037	0.0370369
b3 =	0.300	m
A3 =	0.012	m2
P3 =	0.405	m
T3 =	0.374	m
V3 =	0.293	m/s
F3 =	0.512	sub critico

2. CALCULO DEL ANCHO DE LA CAIDA Y EL TIRANTE DE LA SECCION DE CONTROL

CALCULO DE LA ENERGIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

$$H = Y + \frac{V^2}{2g}$$

Ho = 0.0367 m

H3 = 0.0414 m

CAUDAL UNITARIO

$$q = 1.48H^{\frac{3}{2}}$$

q = 0.0104 m3/seg/m

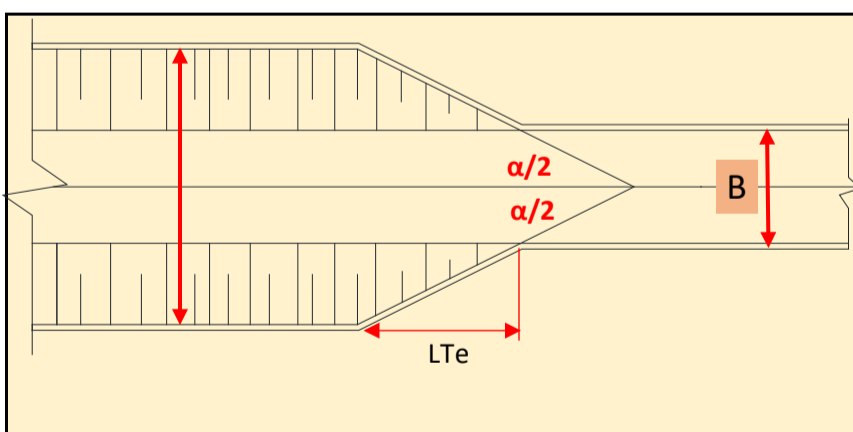
ANCHO DE LA CAIDA

$$B = \frac{Q}{q}$$

B = 0.40 m

3. CALCULO DE LAS TRANSICIONES

TRANSICION DE ENTRADA



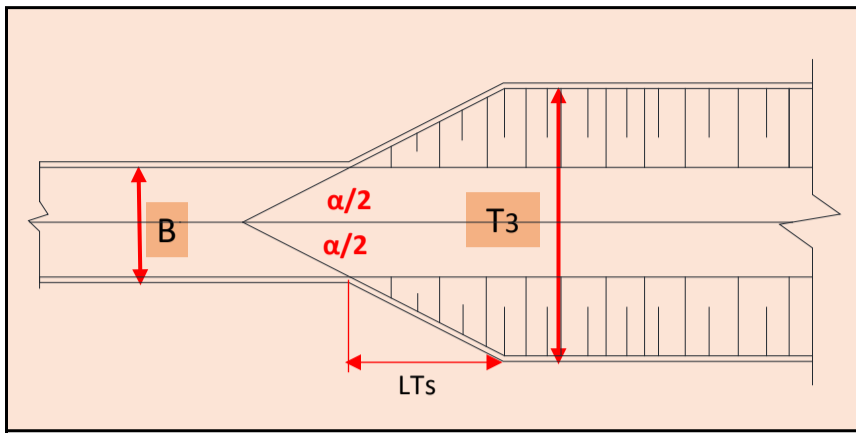
α = 25 °

B = ancho de la Caida
To = ancho de la base

$$LTe = \frac{T1 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

LTe = 0.050 m

TRANSICION DE SALIDA



$$LTs = \frac{T1 - B}{2Tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

B = ancho de la Caida
T3 = ancho de la base

$$LTs = 0.050 \text{ m}$$

4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAIDA

TIRANTE CRÍTICO

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Yc = 0.000 \text{ m}$$

NUMERO DE CAIDA

$$D = \frac{q^2}{gh^3}$$

$$D = 0.000$$

LONGITUD DEL PIE DE LA CAIDA AL INICIO DEL SALTO

$$\frac{LD}{\Delta Z} = 4.30D^{0.27}$$

$$LD = 0.16 \text{ m}$$

LONGITUD RECTANGULAR ARRIBA DE LA CAIDA

$$L_{rect.} = 3.5 Yc$$

$$L_{rec.} = 0.00 \text{ m}$$

ALTURA DEL AGUA PEGADA AL PIE DE LA CAIDA

$$\frac{Yp}{\Delta Z} = 1D^{0.22}$$

$$Yp = 0.050 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MENOR

$$\frac{Y1}{\Delta Z} = 0.54D^{0.425}$$

$$Y1 = 0.000 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD SECUENTE MAYOR (TIRANTE CONJUGADA)

$$\frac{Y2}{\Delta Z} = 1.66D^{0.27}$$

$$Y2 = 0.050 \text{ m}$$

LONGITUD DE SALTO HIDRAULICO

$$Ls = 6.9 (Y2 - Y1)$$

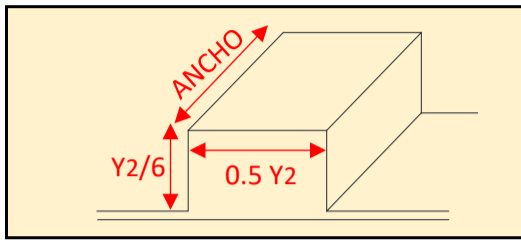
$$Ls = 0.350 \text{ m}$$

LONGITUD DE LA POZA DE DISIPACION

$$LT = L_s + L_D$$

$$LT = 0.500 \text{ m}$$

DADO AMORTIGUADOR



$$Y_2/6 = 0.000 \text{ m}$$

$$\text{ANCHO } (0.5Y_c) = 0$$

$$0.5 Y_2 = 0.05$$

PROFUNDIDAD DE POZO

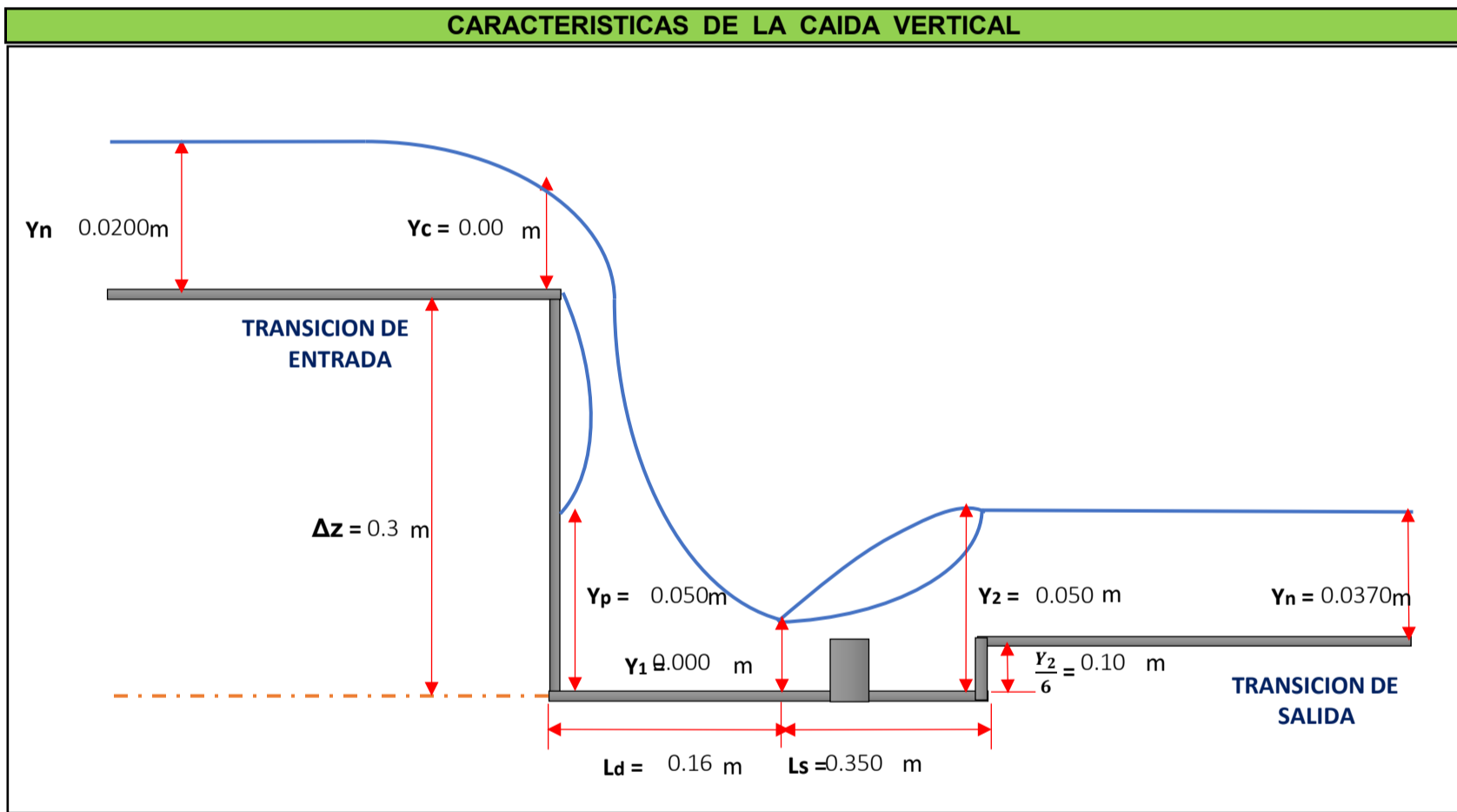
$$C = \frac{Y_2}{6}$$

$$C = 0.000 \text{ m}$$

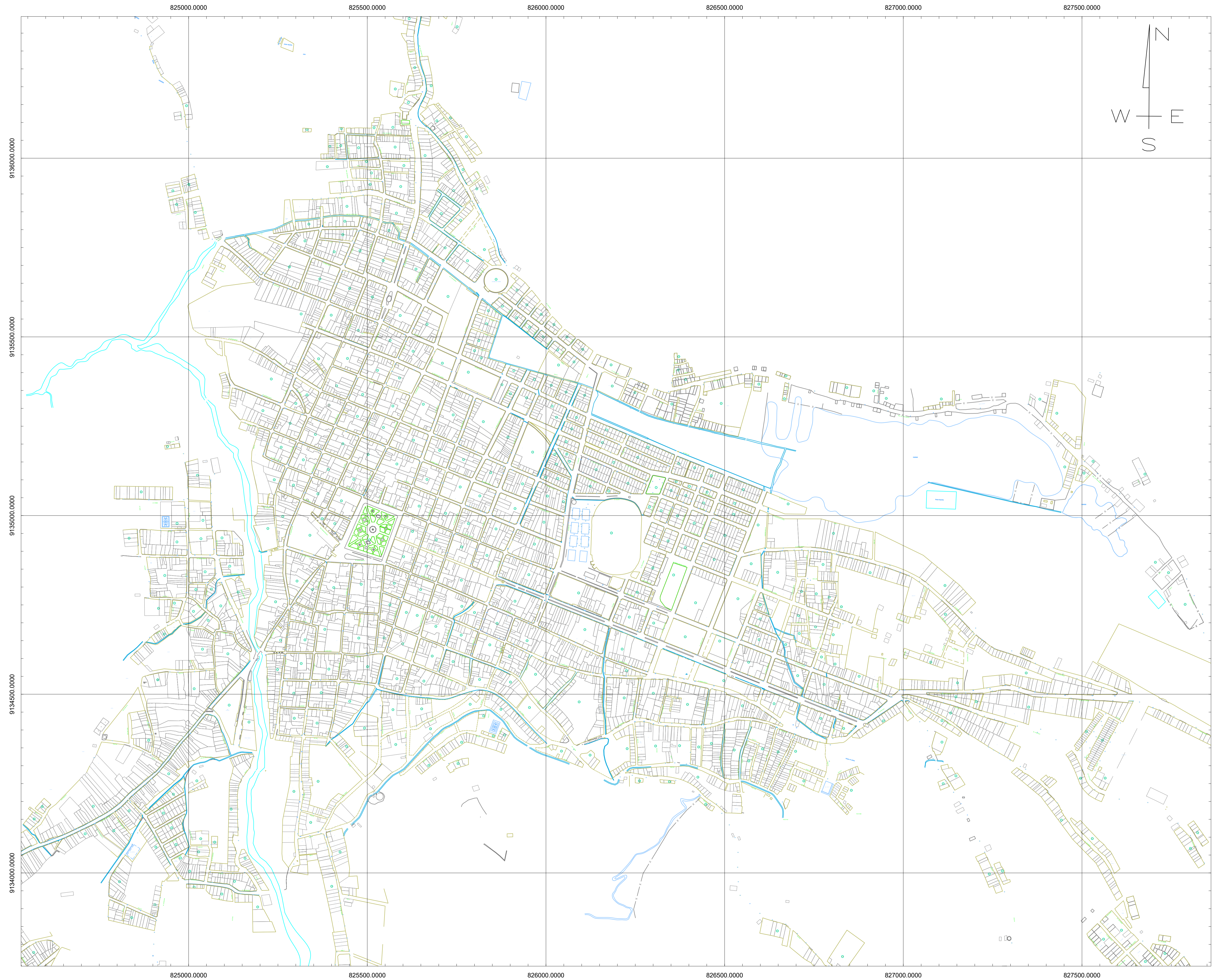
BORDE LIBRE

$$B.L = 0.85Y_c$$

$$B.L = 0.000 \text{ m}$$



ANEXO 08
PLANOS GENERALES



**UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO**



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA**

DISTRITO HUAMACHUCO

**ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ**

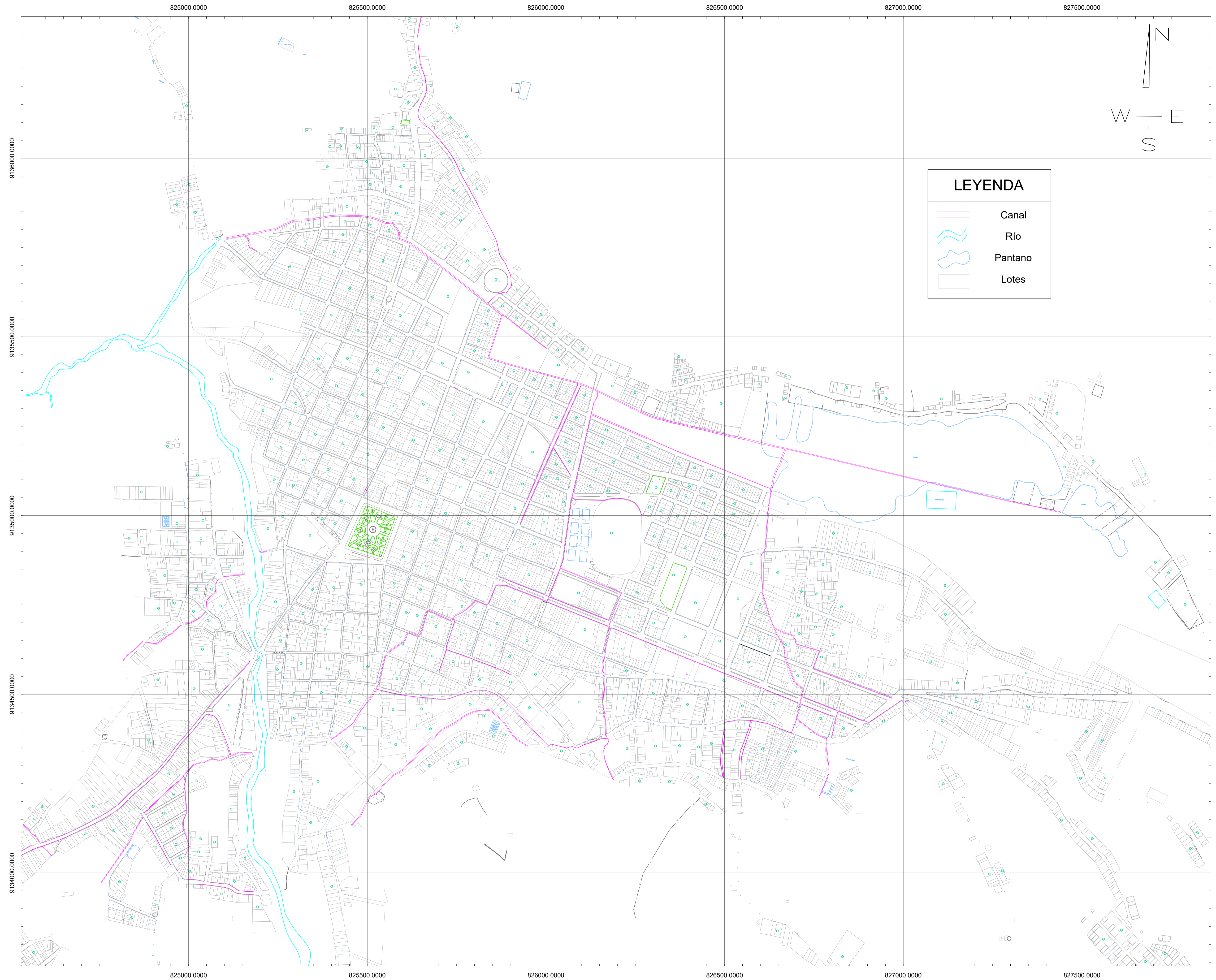
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

1:5,000

LÁMINA:

SEPTIEMBRE - 2022

01



**UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO**



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA**

**DRENAJE PLUVIAL
URBANO EXISTENTE**

**ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ**

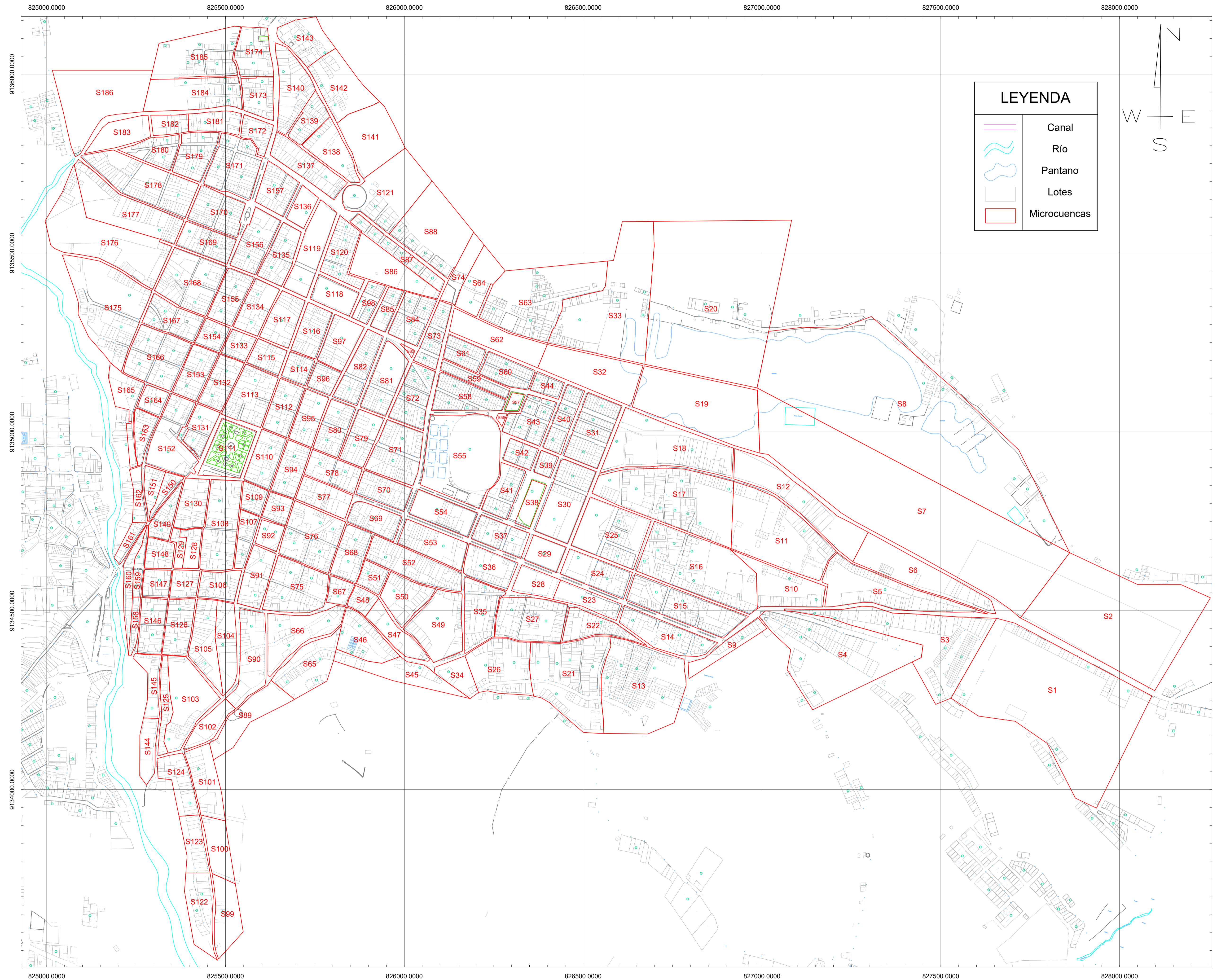
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

1:5,000

LÁMINA:

SETIEMBRE - 2022

02



**UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO**



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA**

**MICROCUENCAS DEL
DISTRITO**

**ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ**

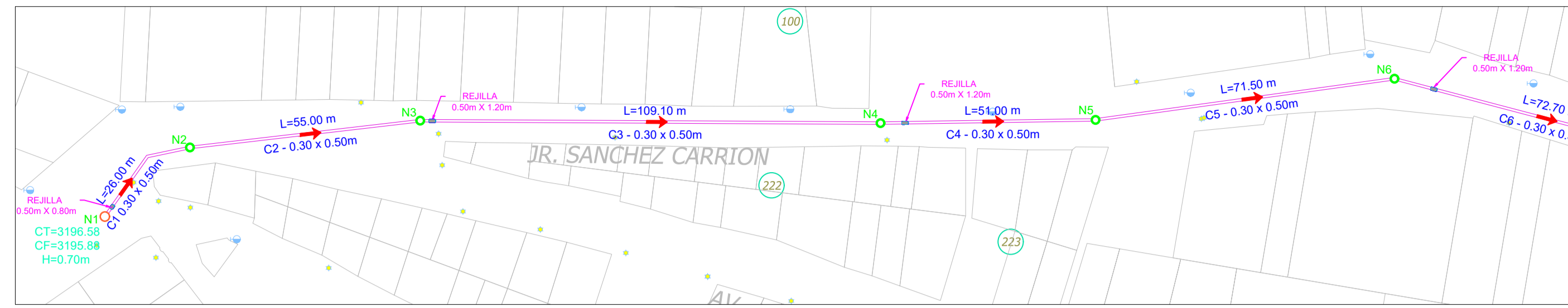
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

1:5,000

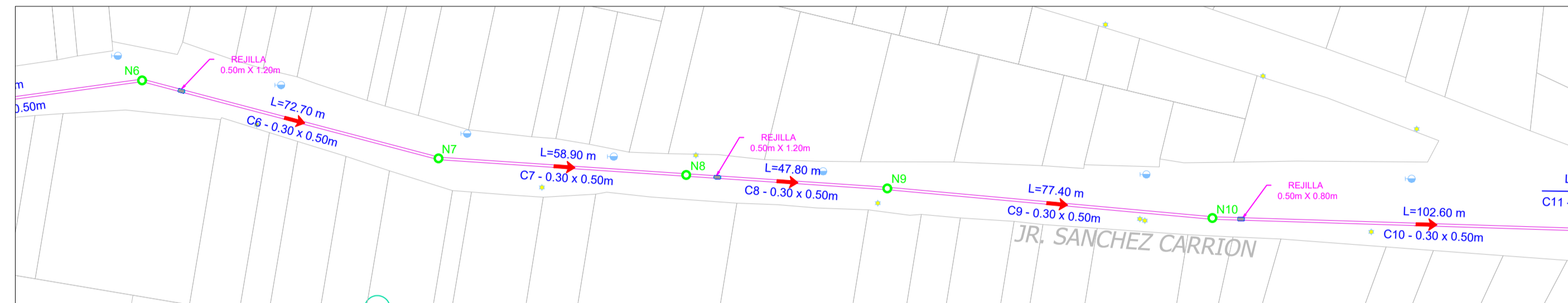
LÁMINA:

SETIEMBRE - 2022

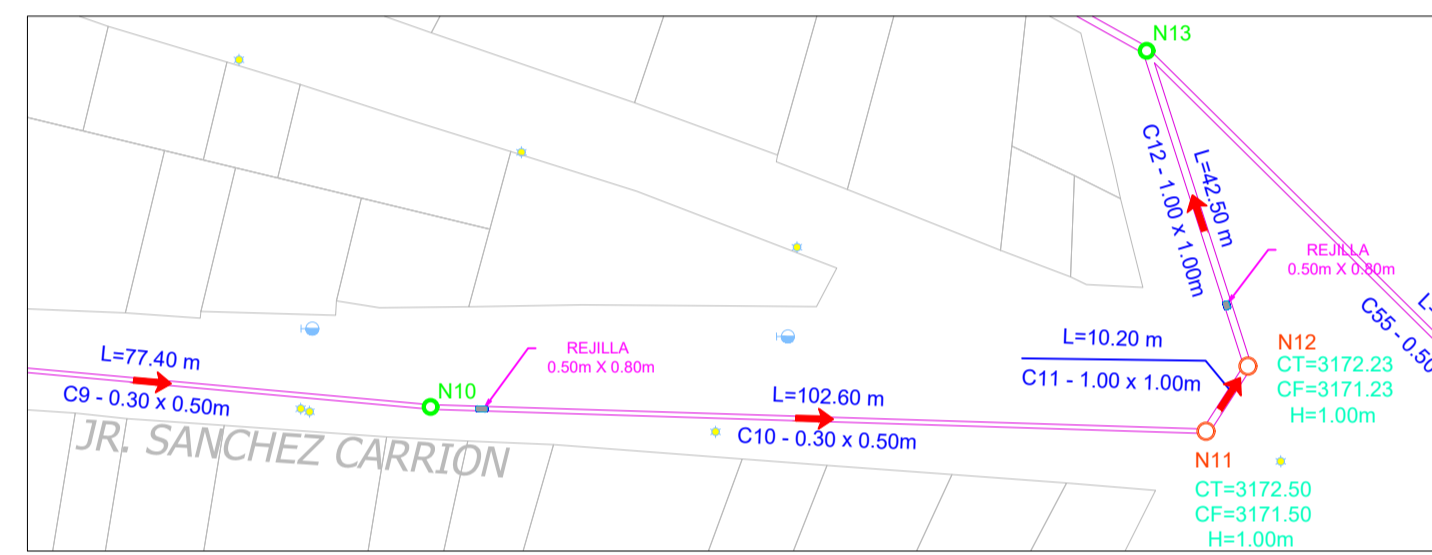
03



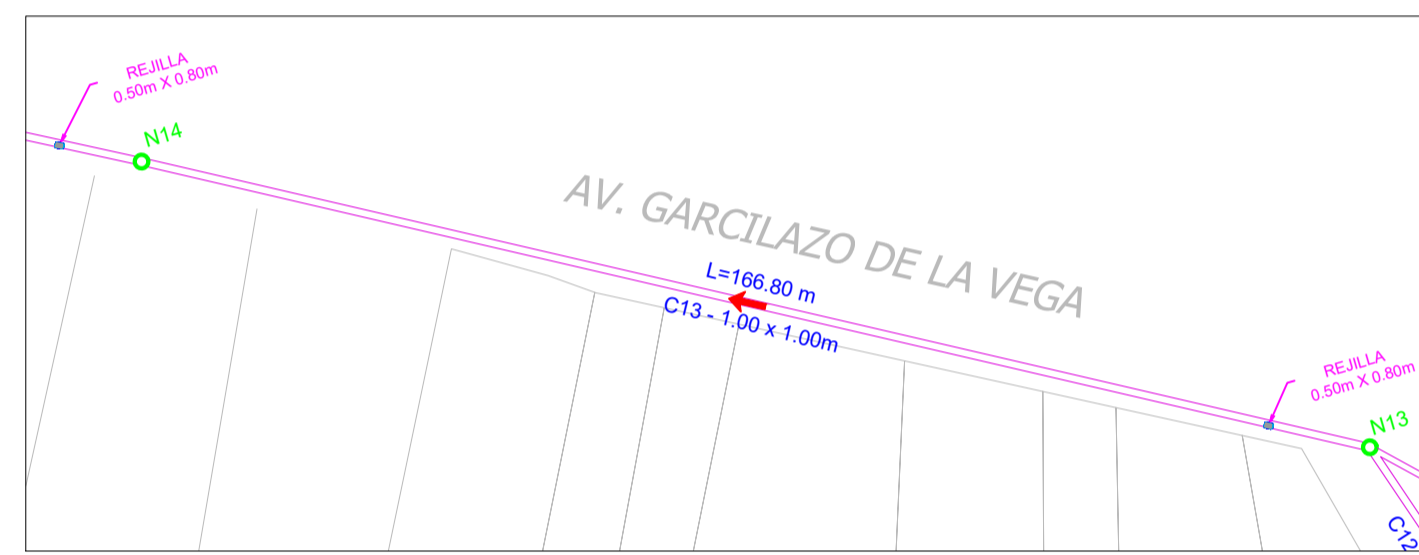
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



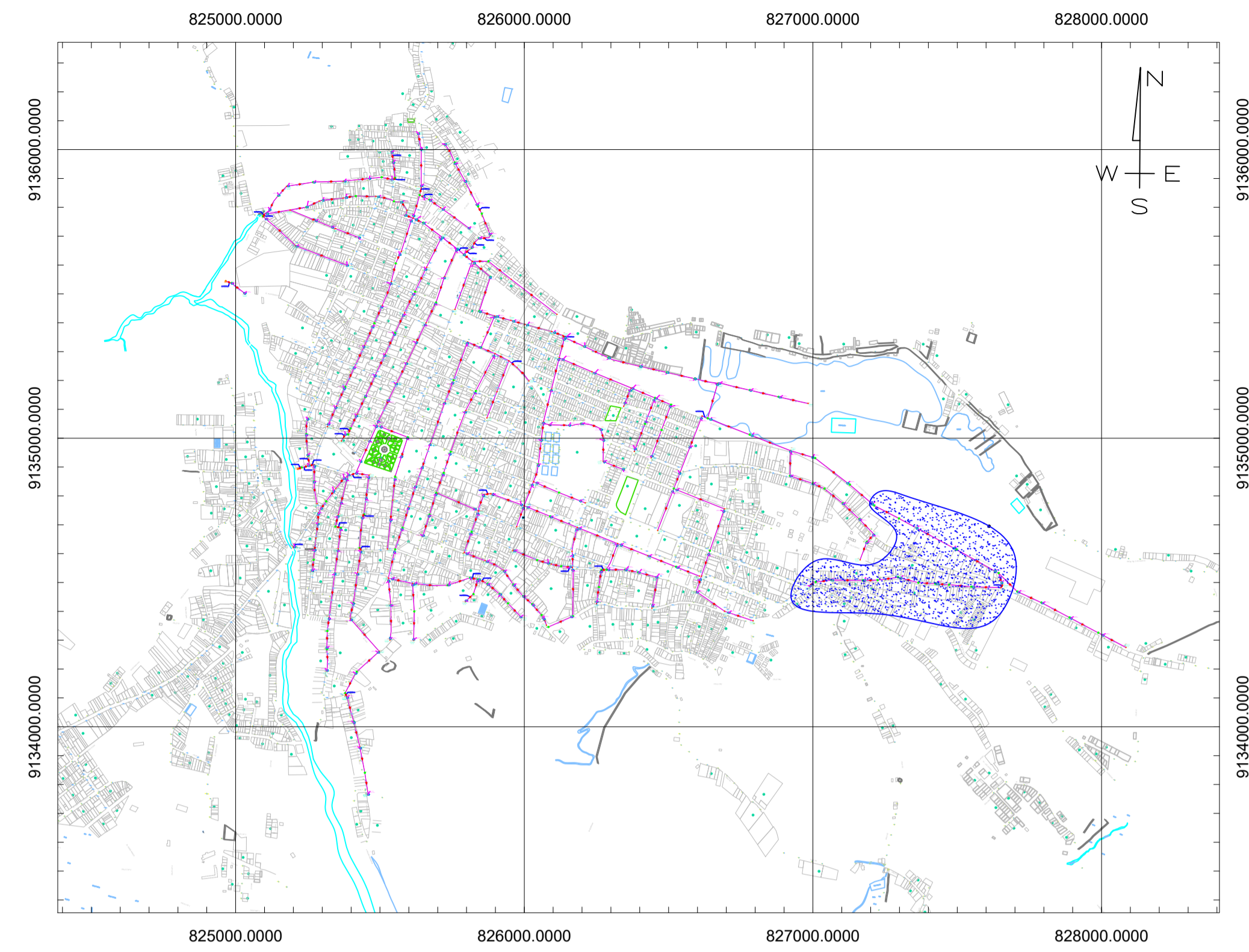
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

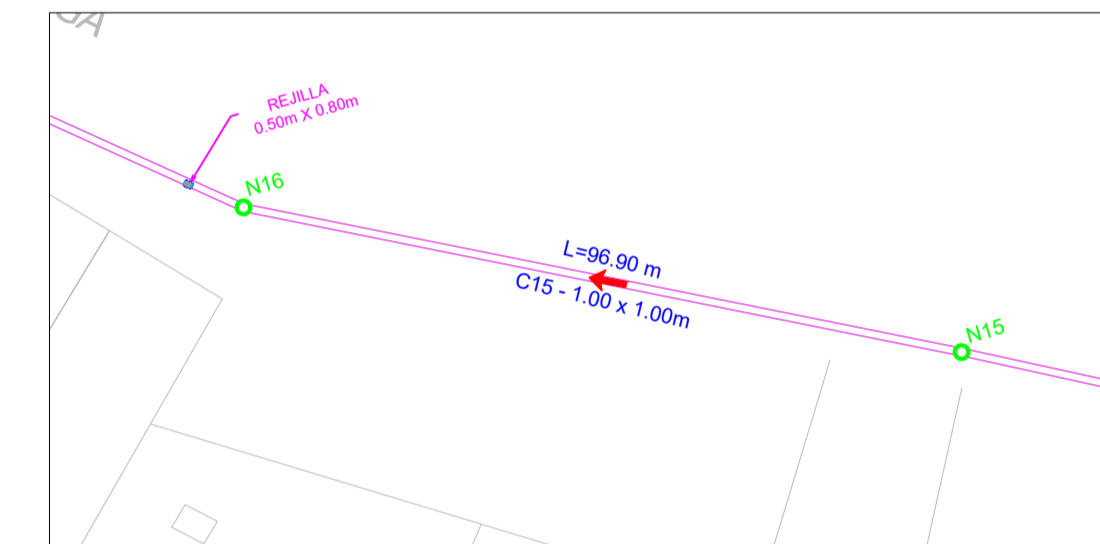


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

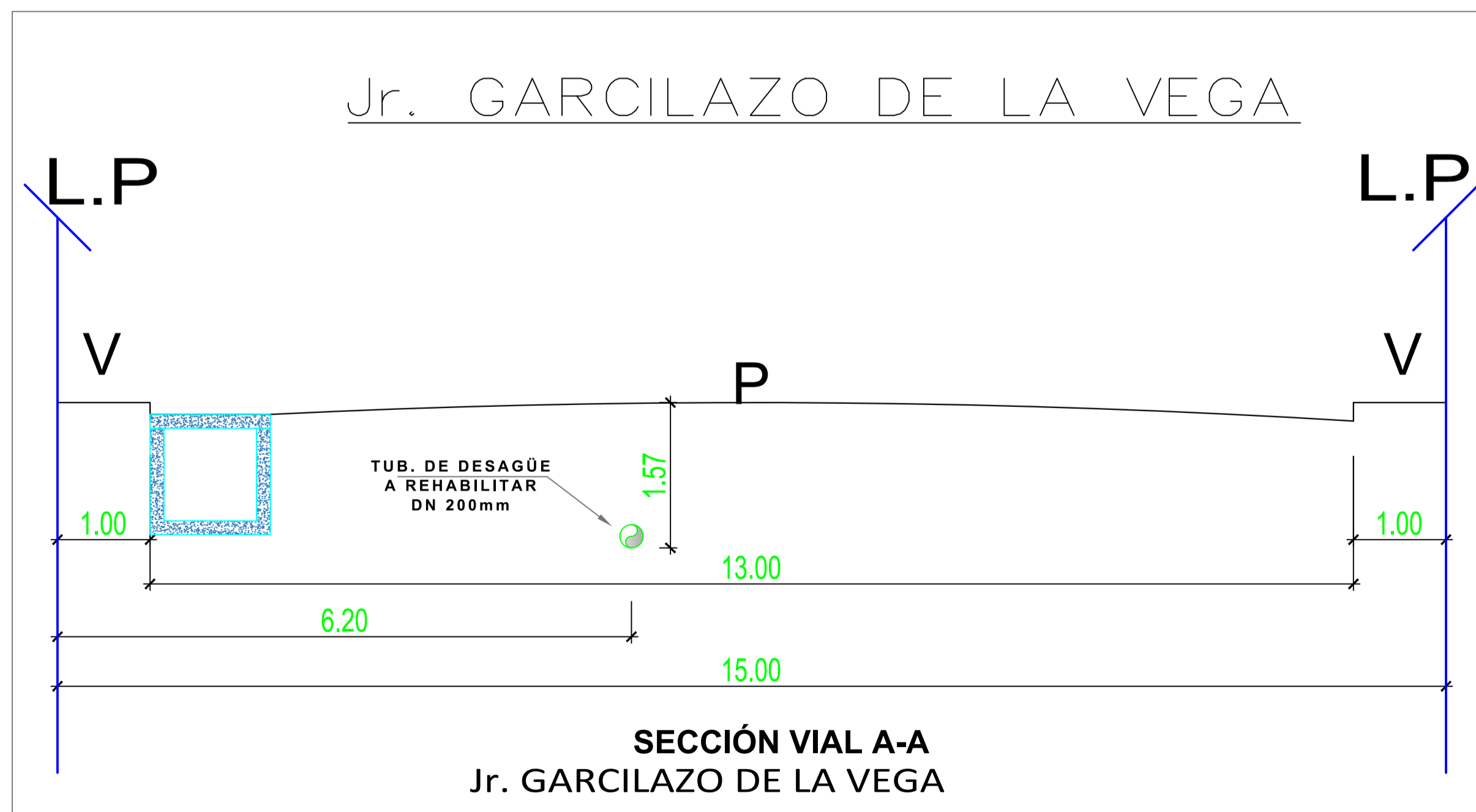


PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

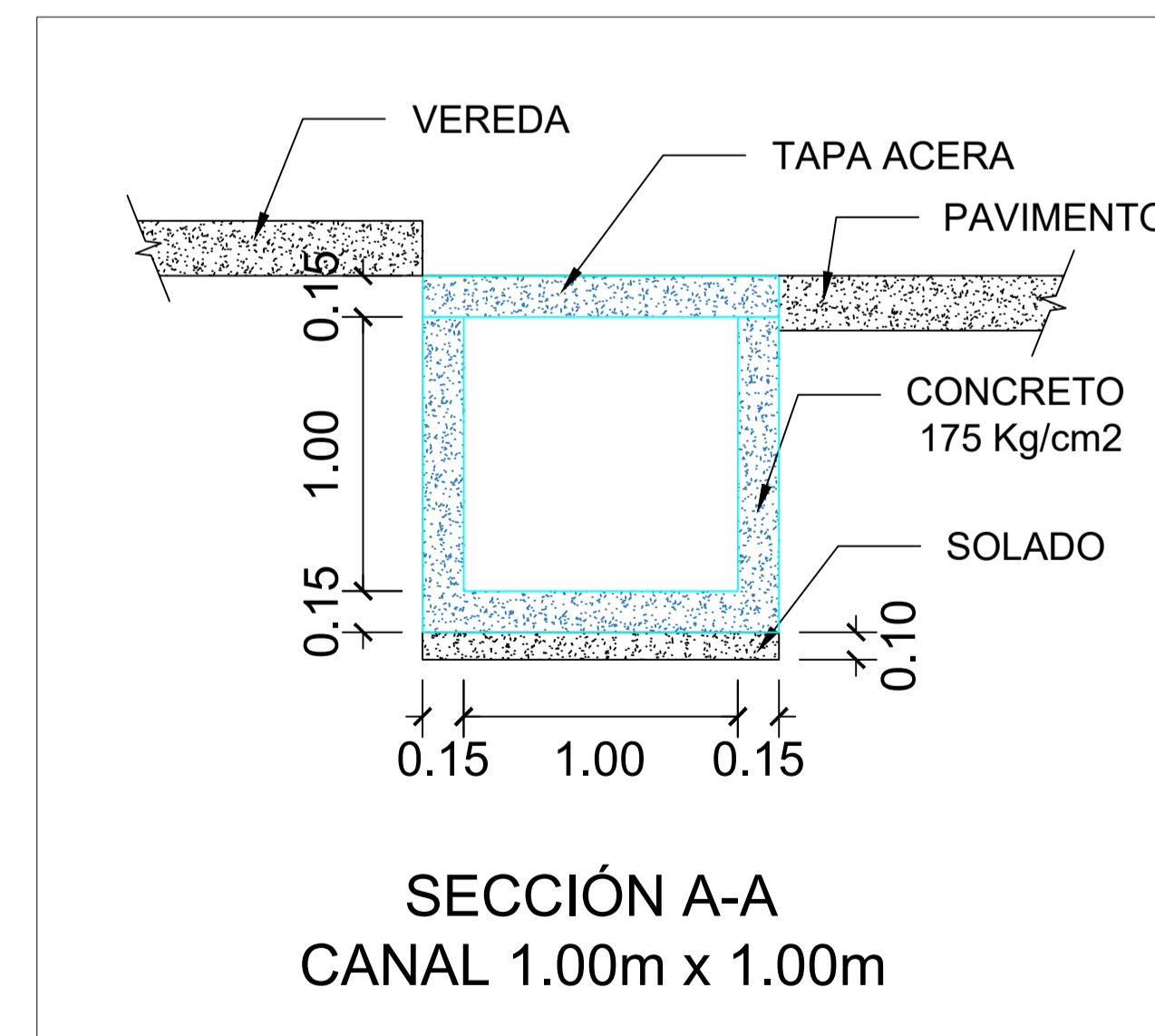
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



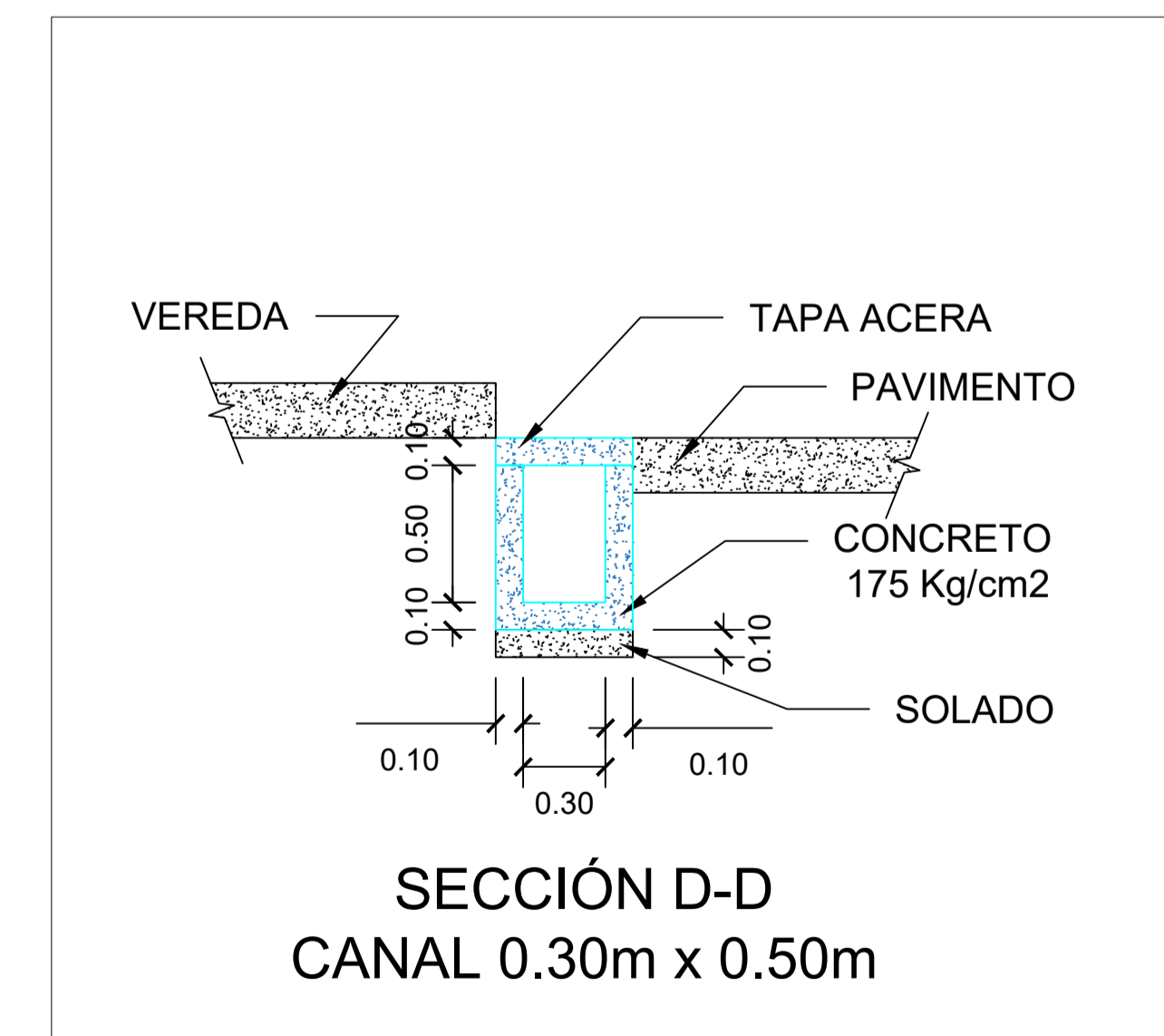
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25



CORTE
ESCALA: 1:25

UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA

**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

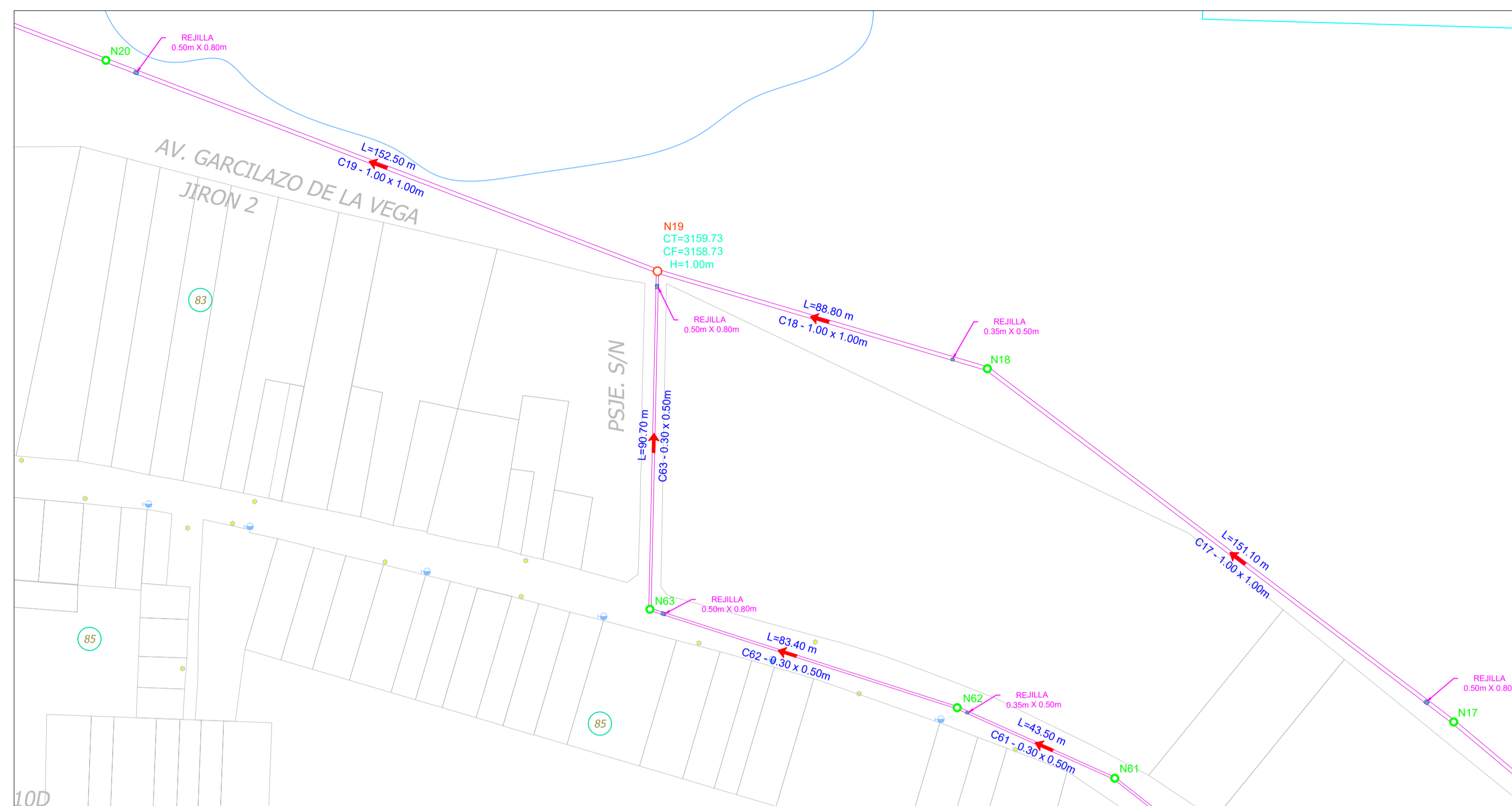
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA
SETIEMBRE - 2022

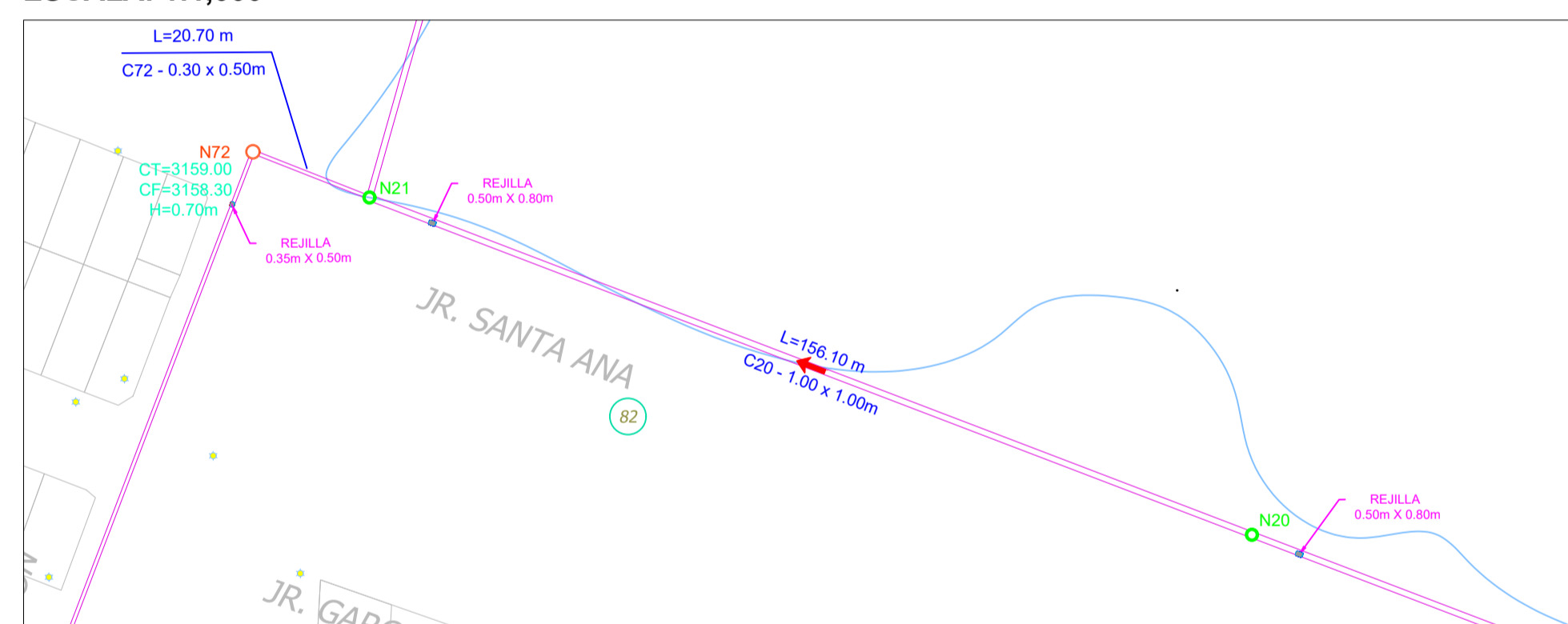
LÁMINA:
04



**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

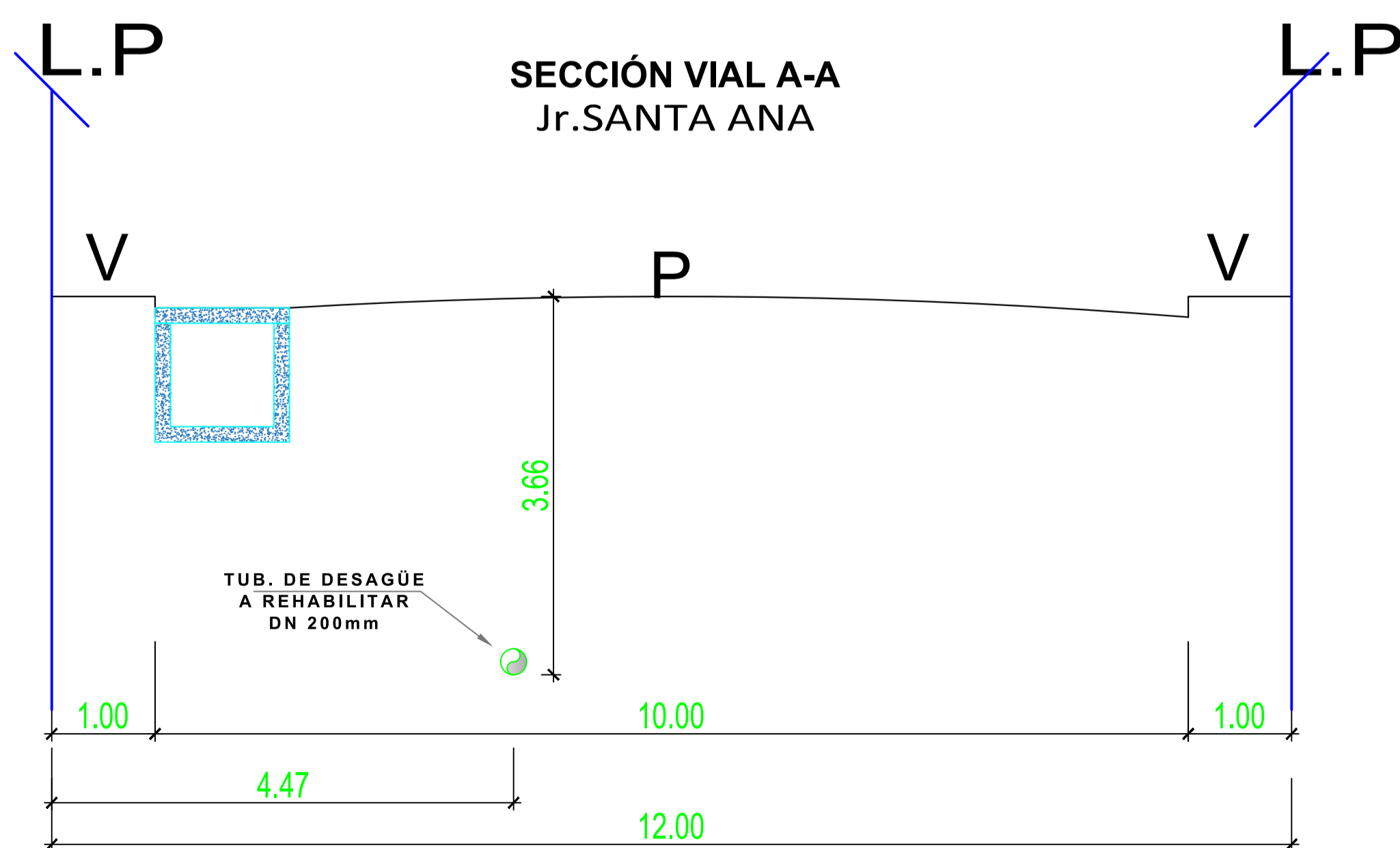


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

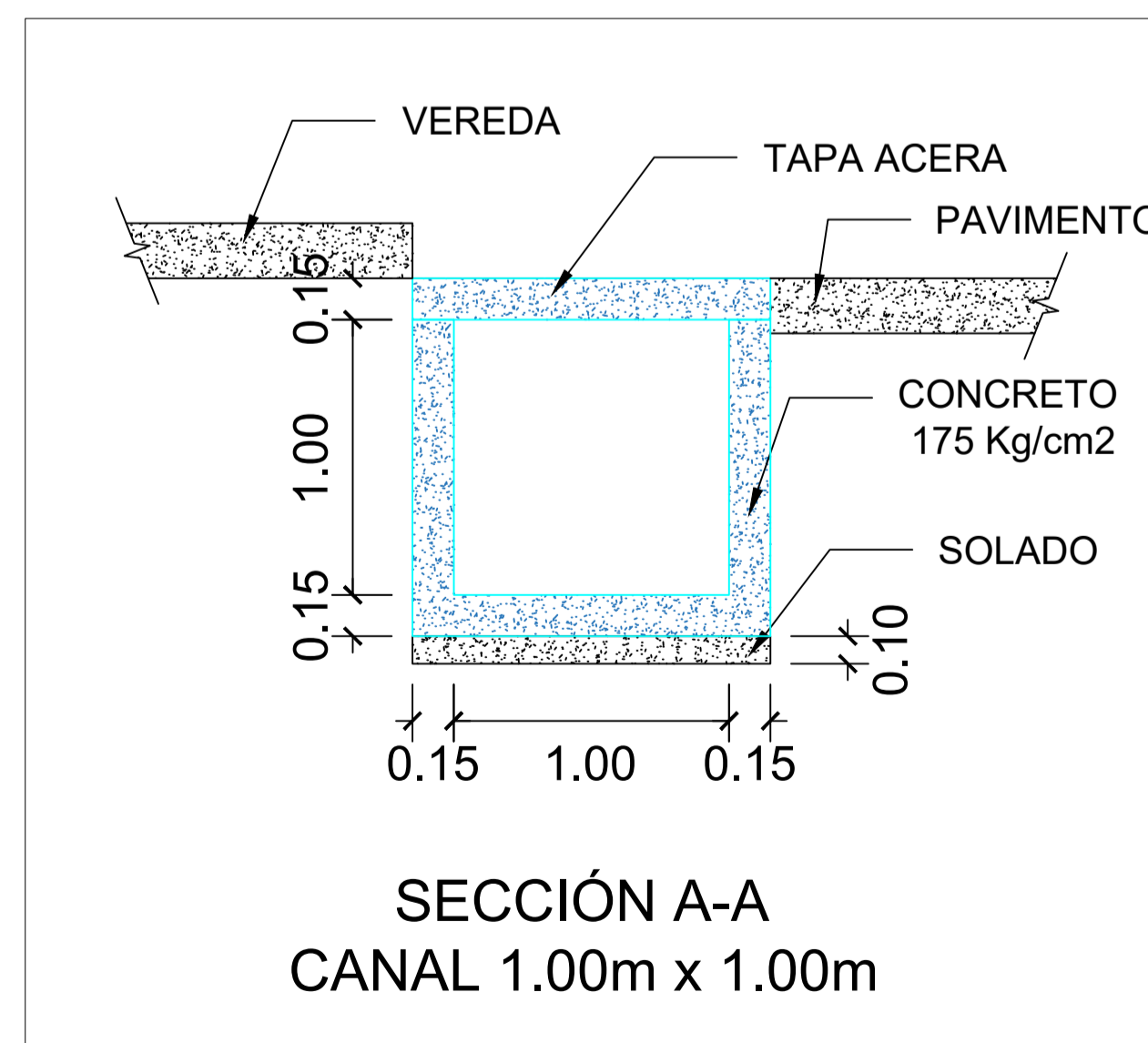


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

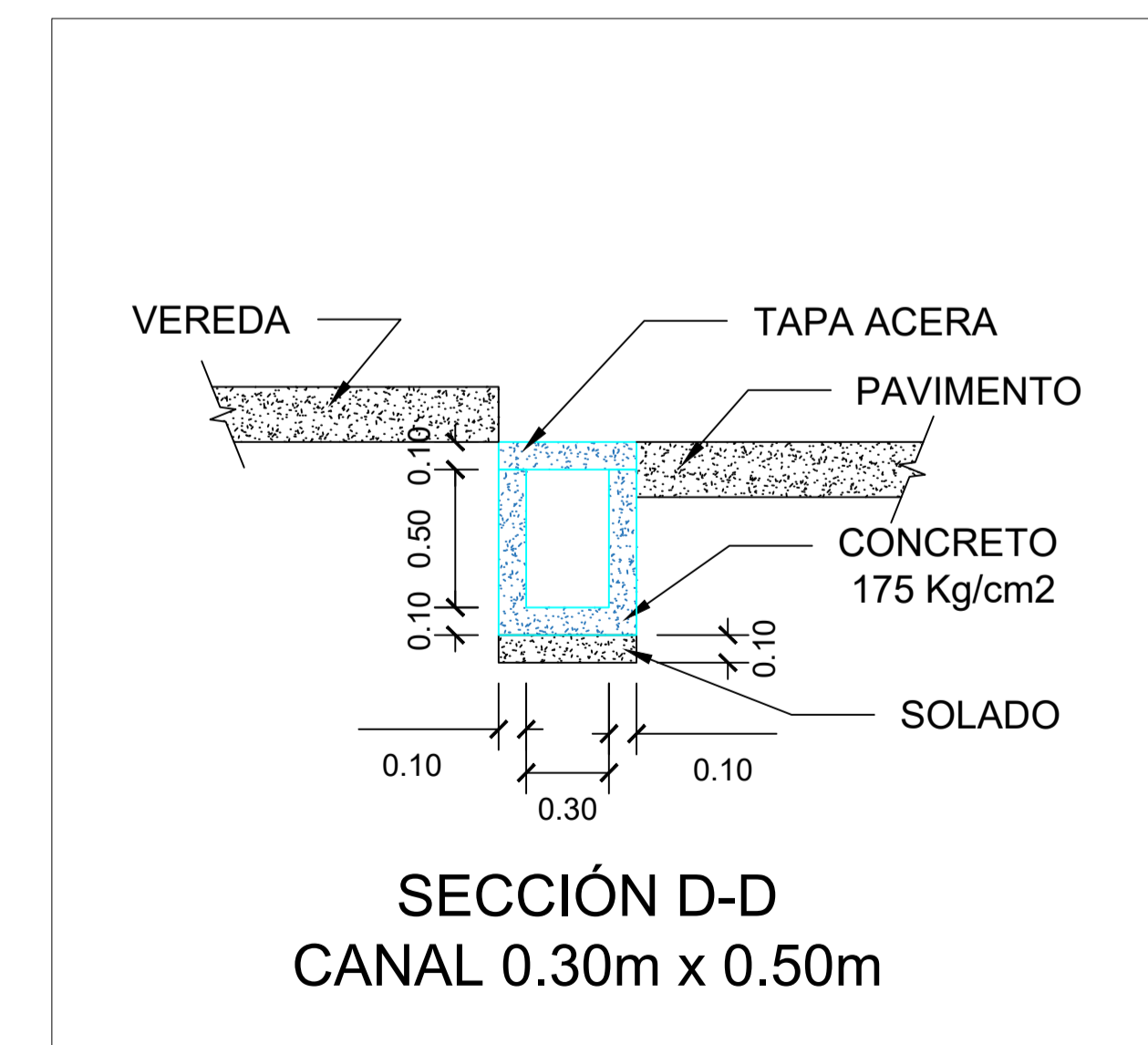
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



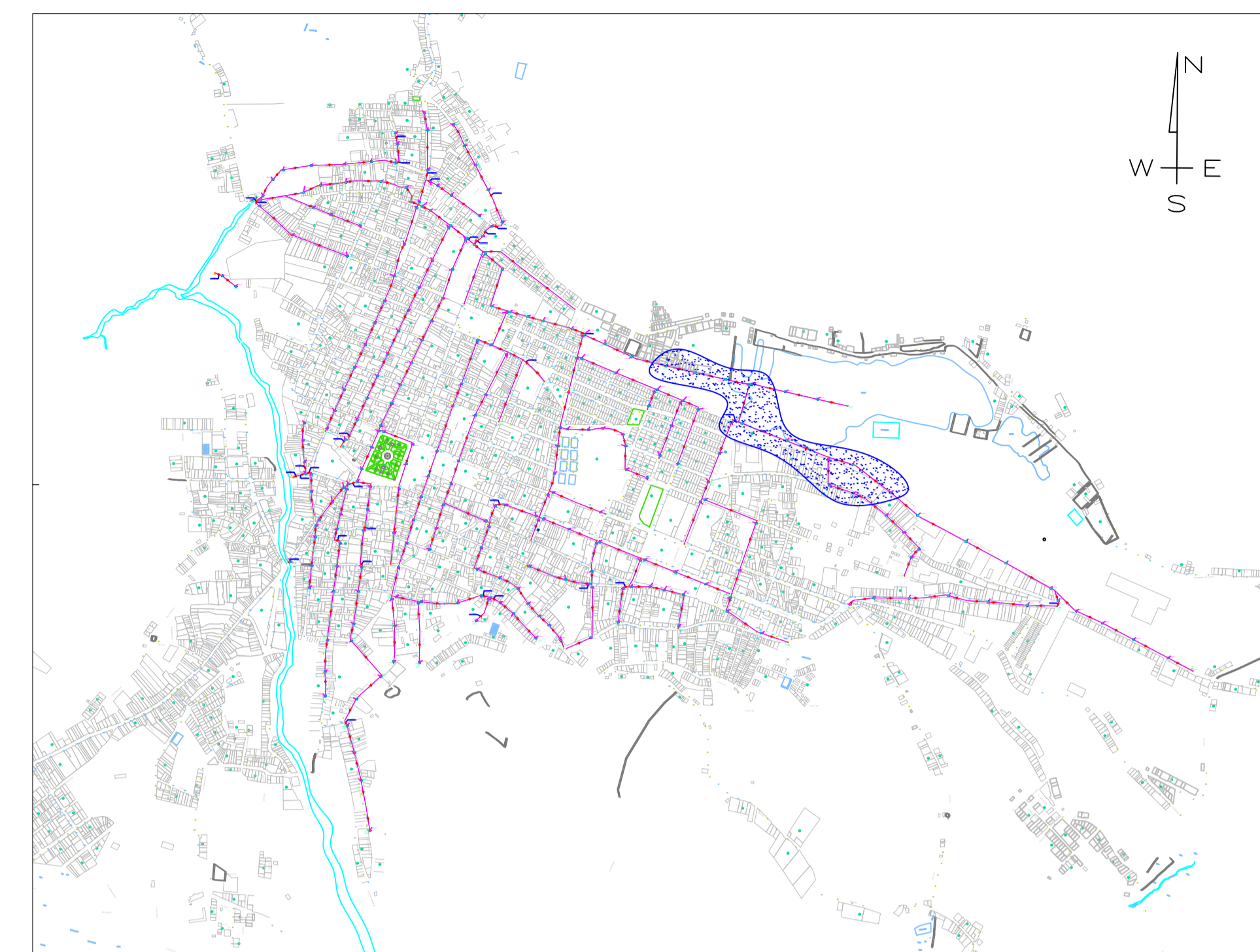
CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25



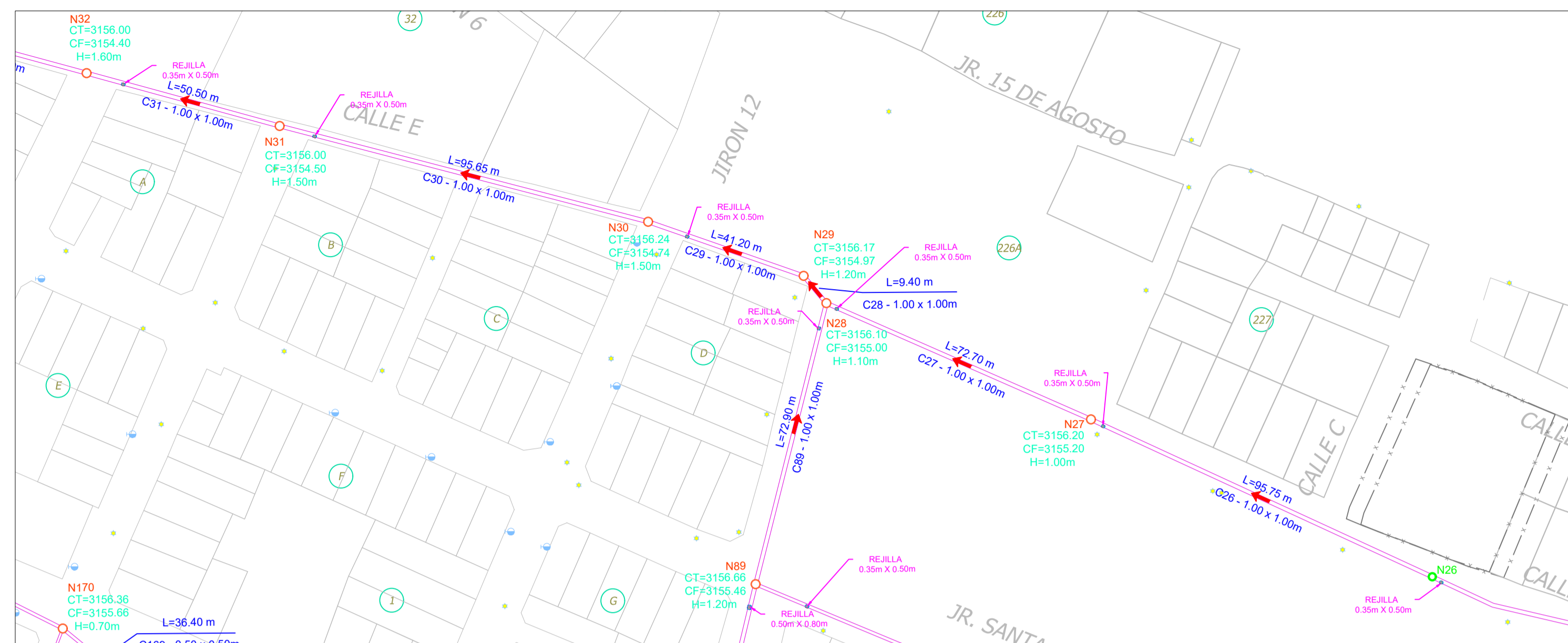
CORTE
ESCALA: 1:25



PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

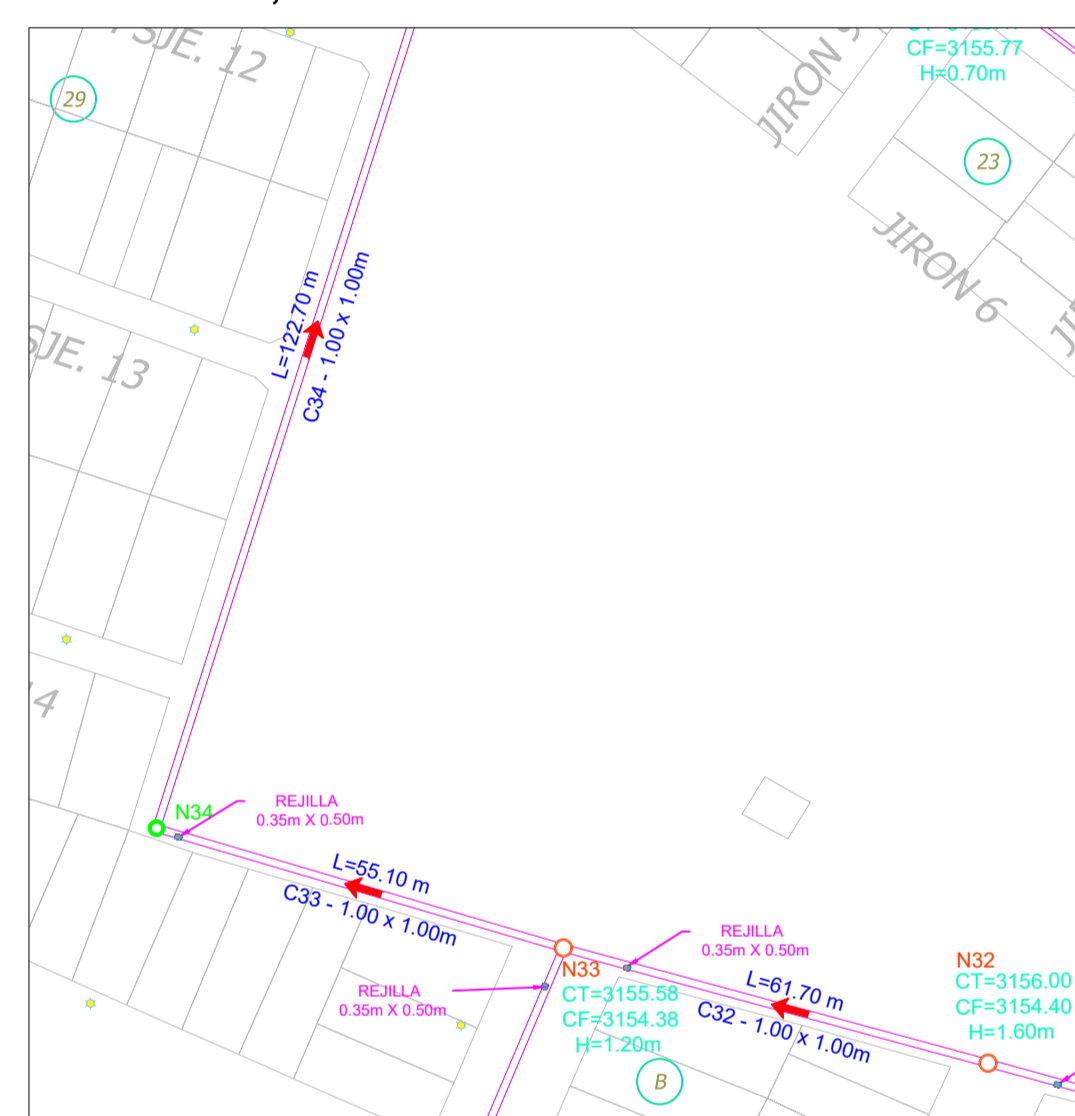


**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**



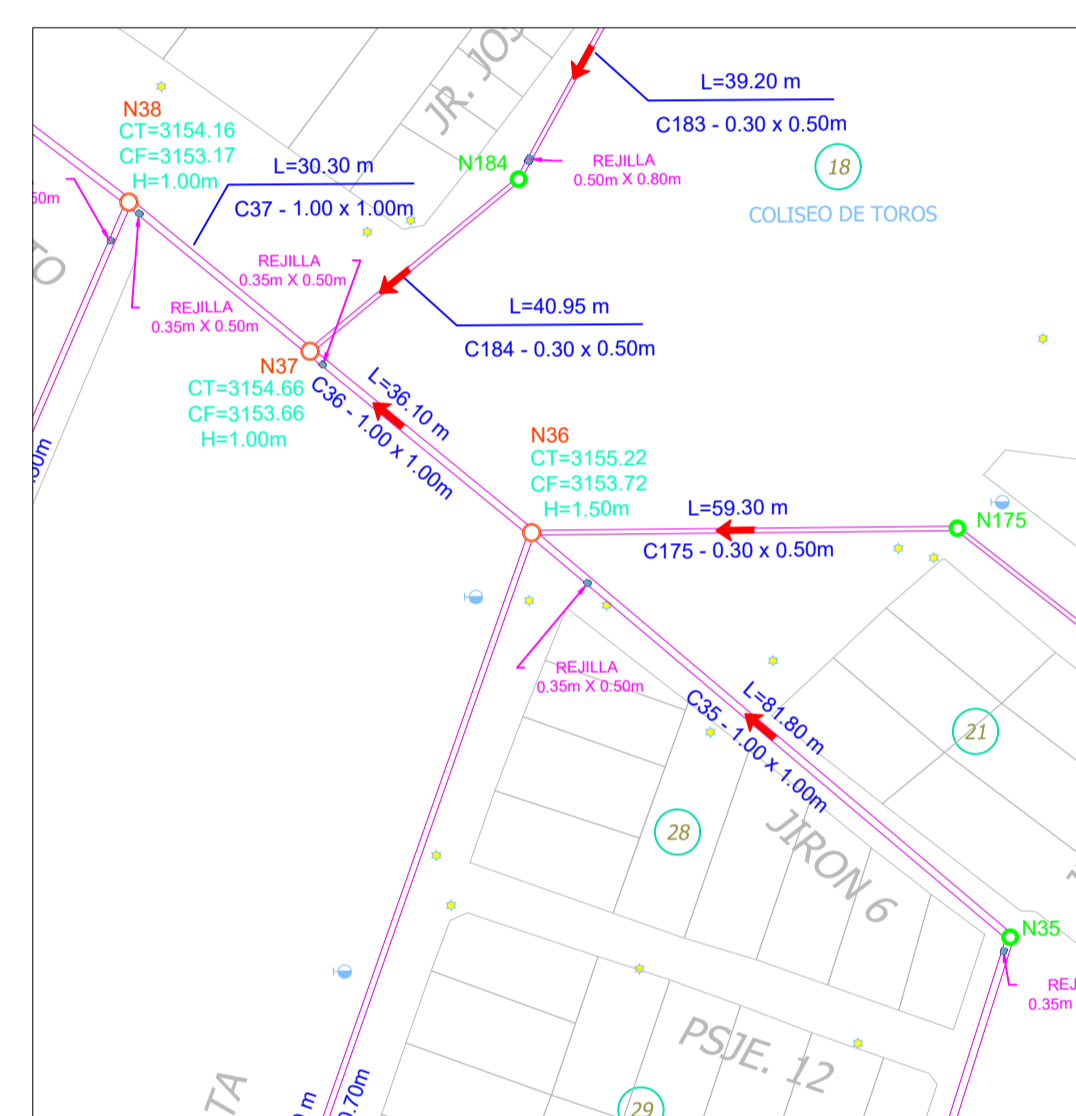
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



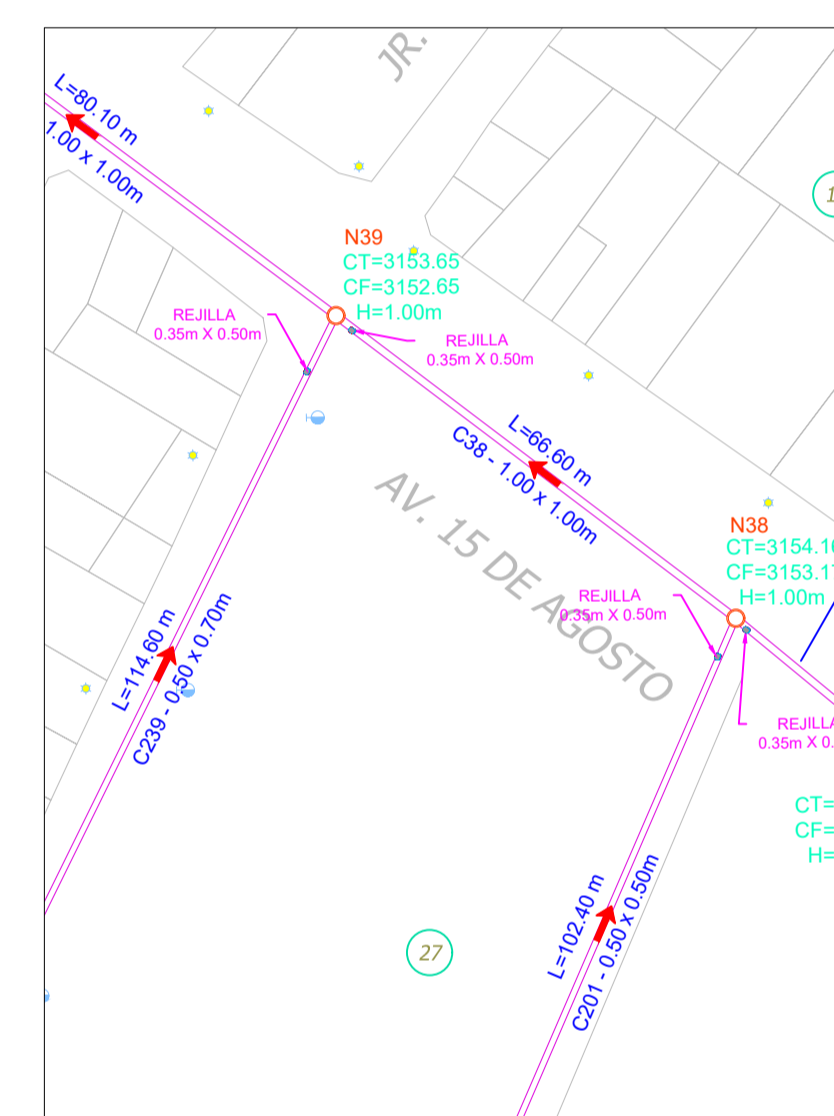
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



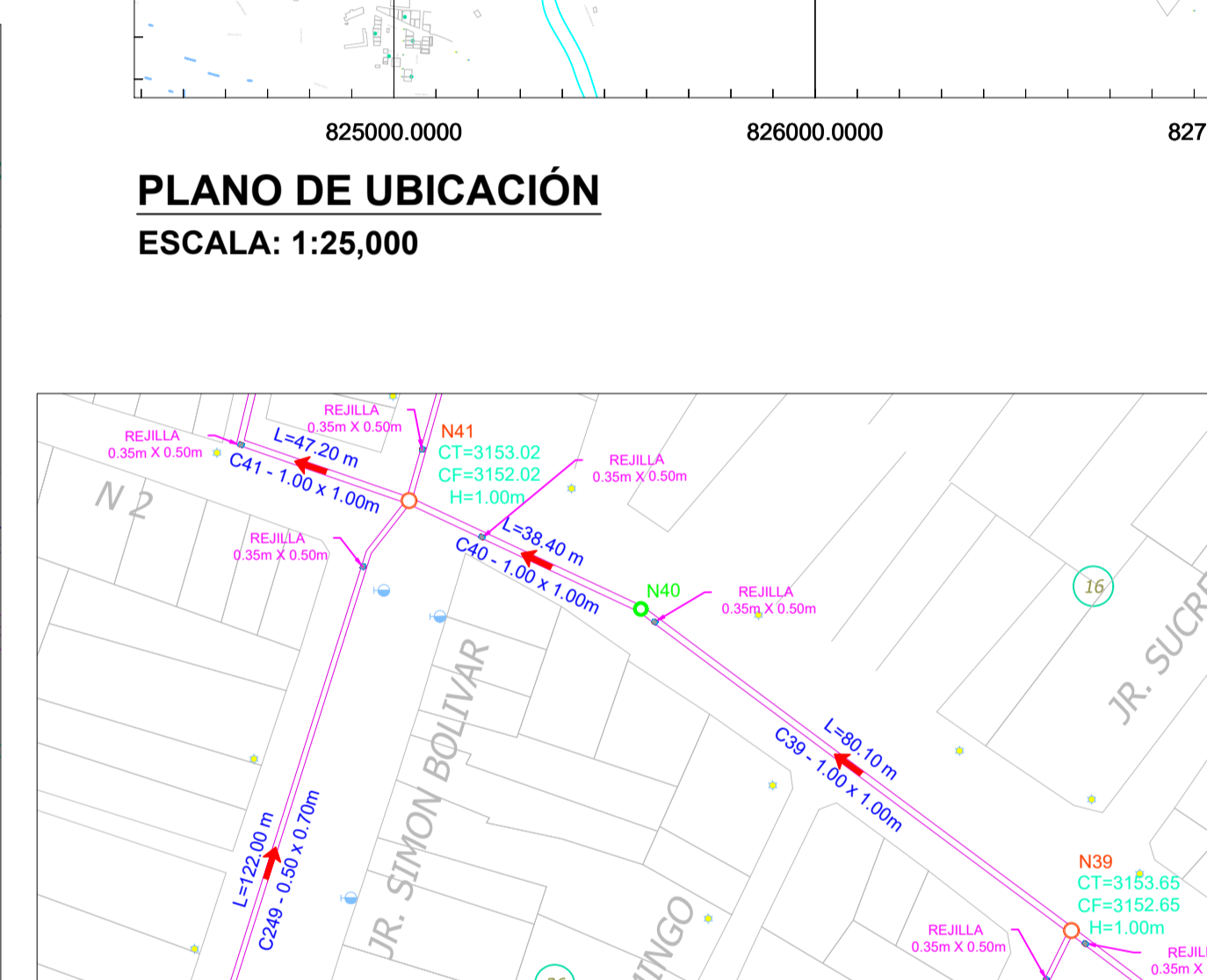
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



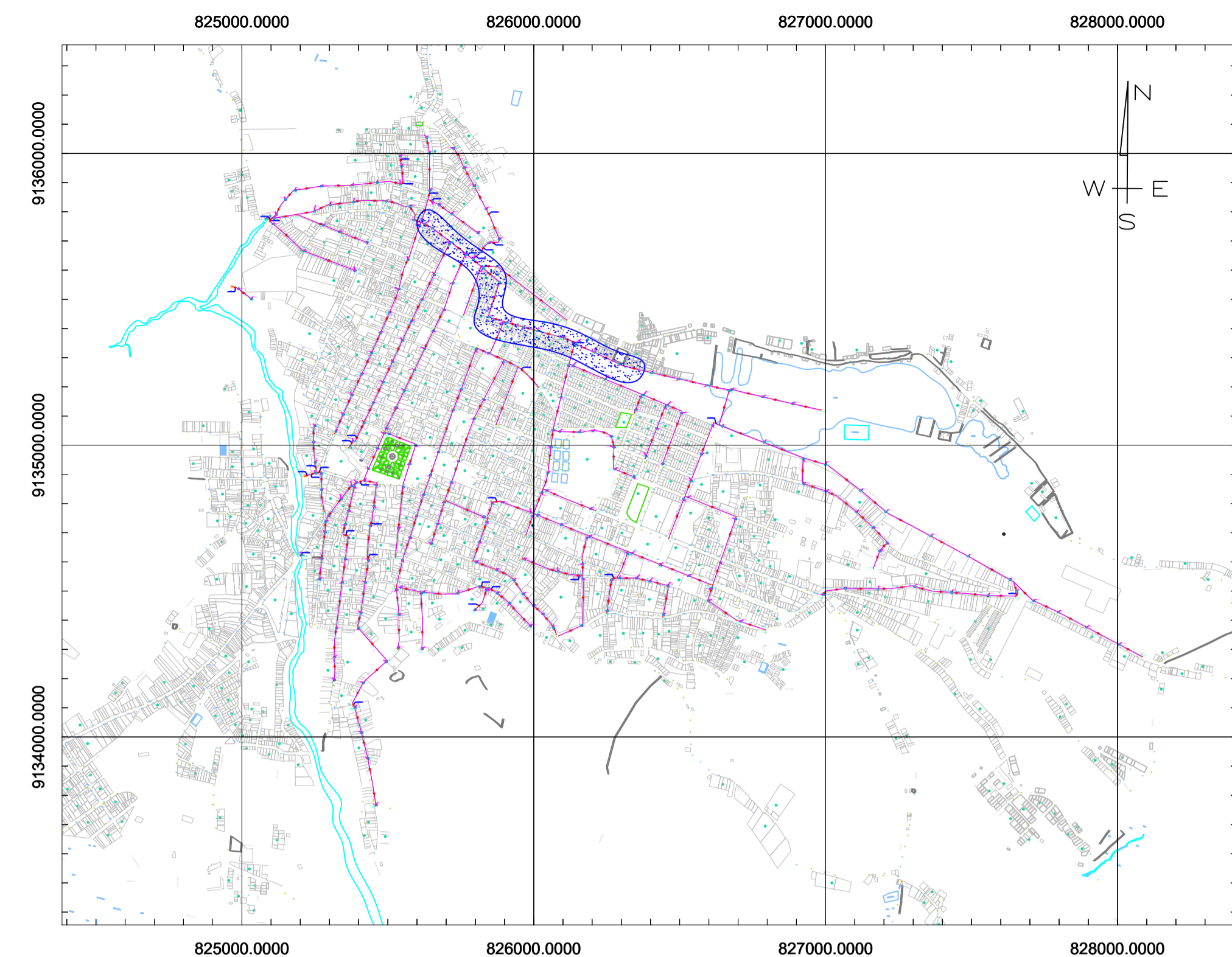
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



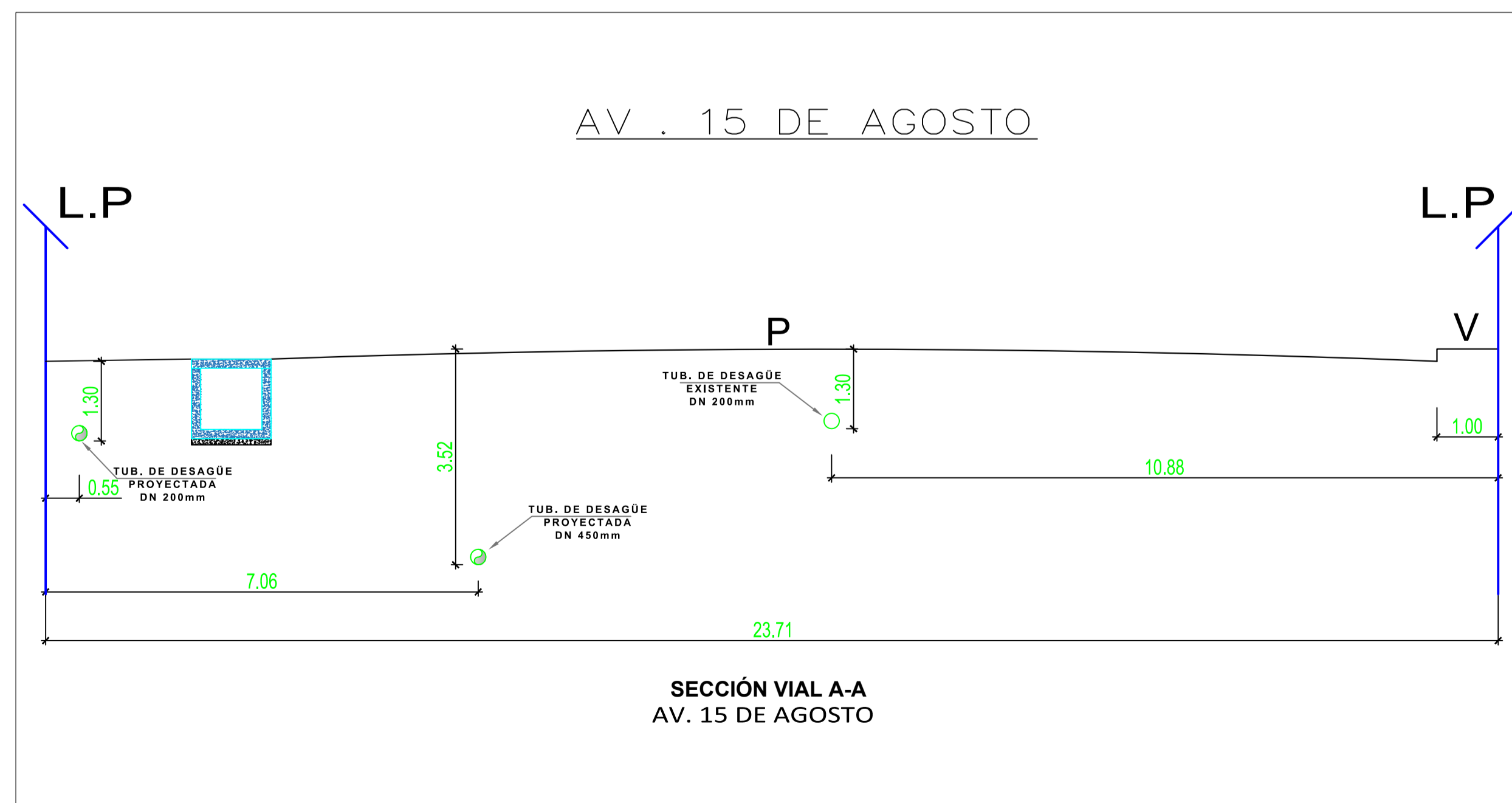
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



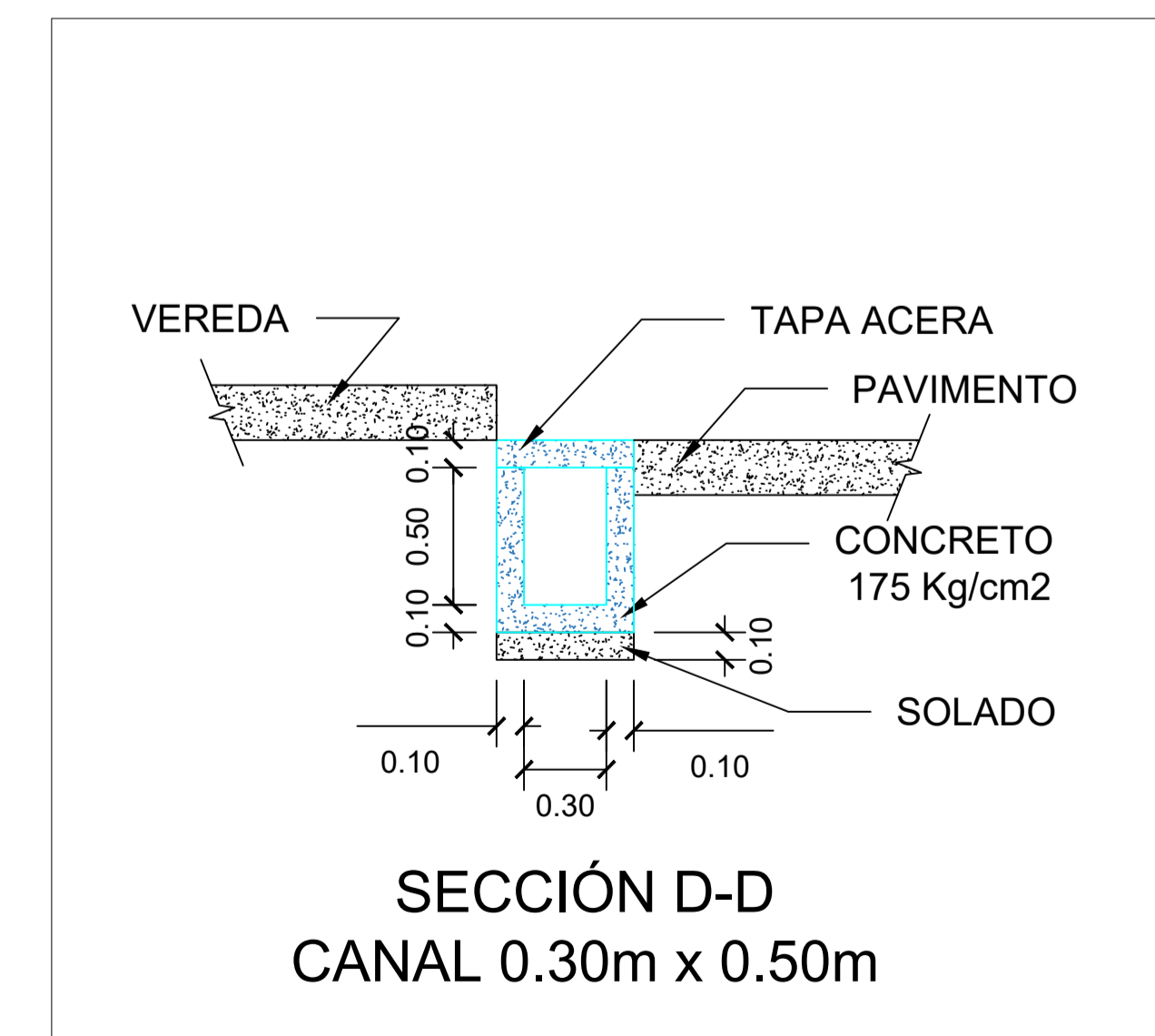
PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA: 1:25,000



CORTE

ESCALA: 1:25



CORTE

ESCALA: 1:25

CORTE

ESCALA: 1:75

AV. 15 DE AGOSTO

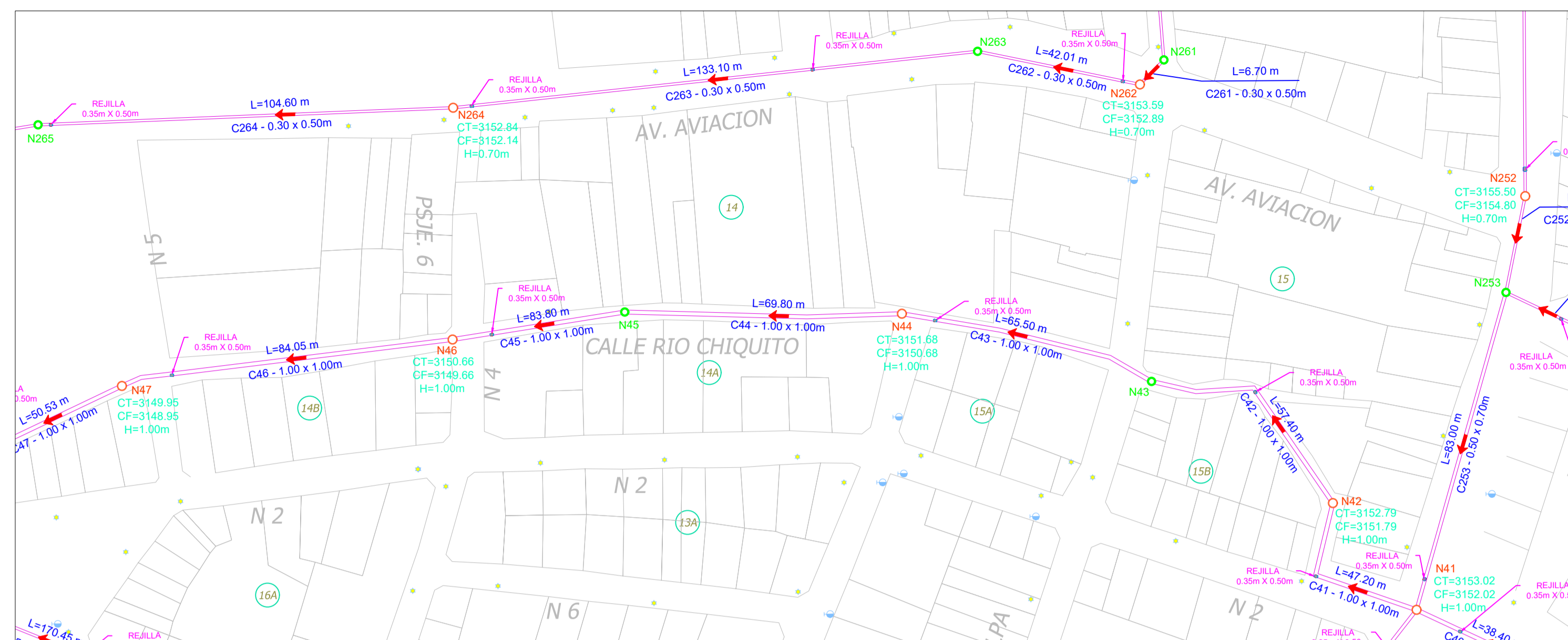
**SECCIÓN VIAL A-A
AV. 15 DE AGOSTO**

**SECCIÓN A-A
CANAL 1.00m x 1.00m**

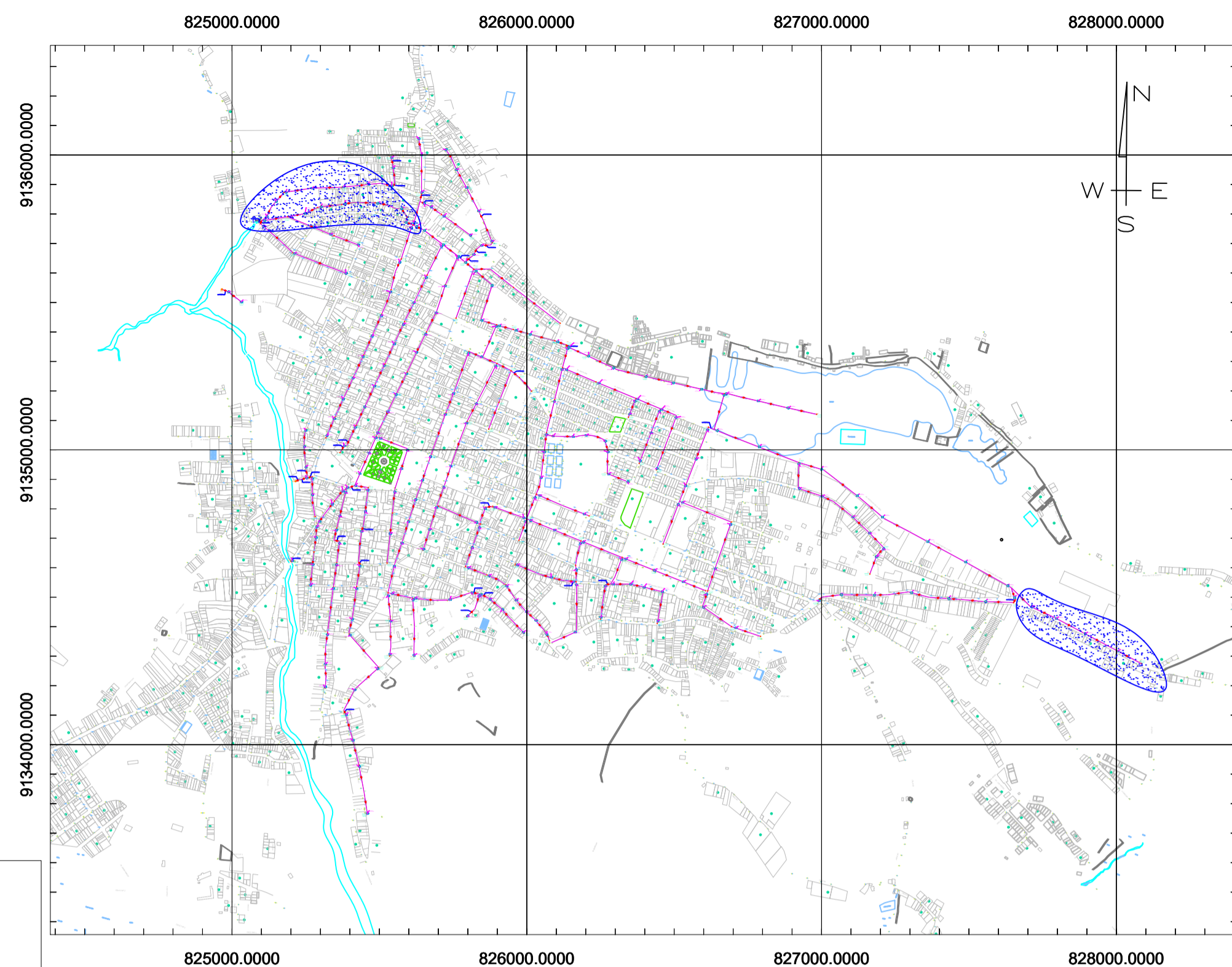
**SECCIÓN D-D
CANAL 0.30m x 0.50m**



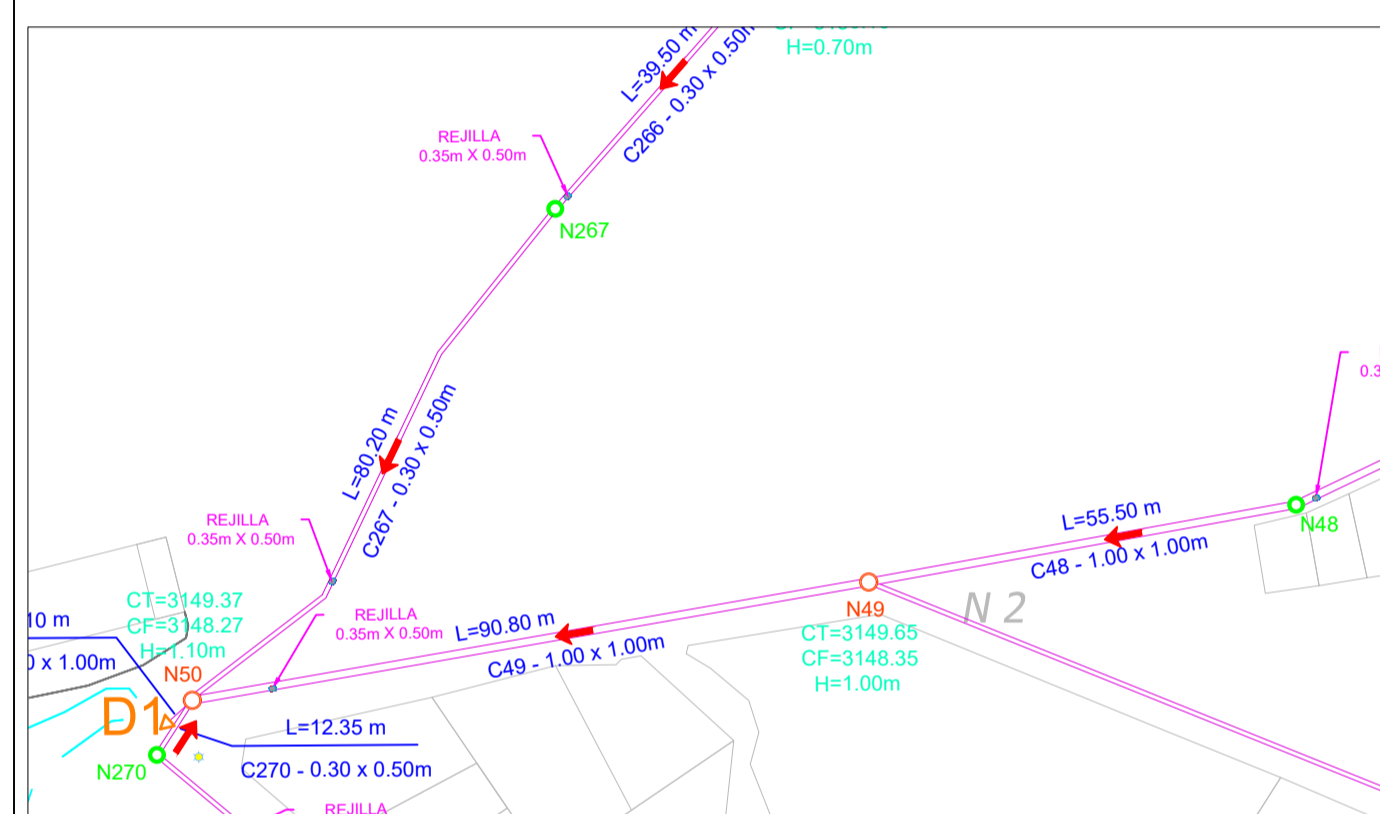
**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

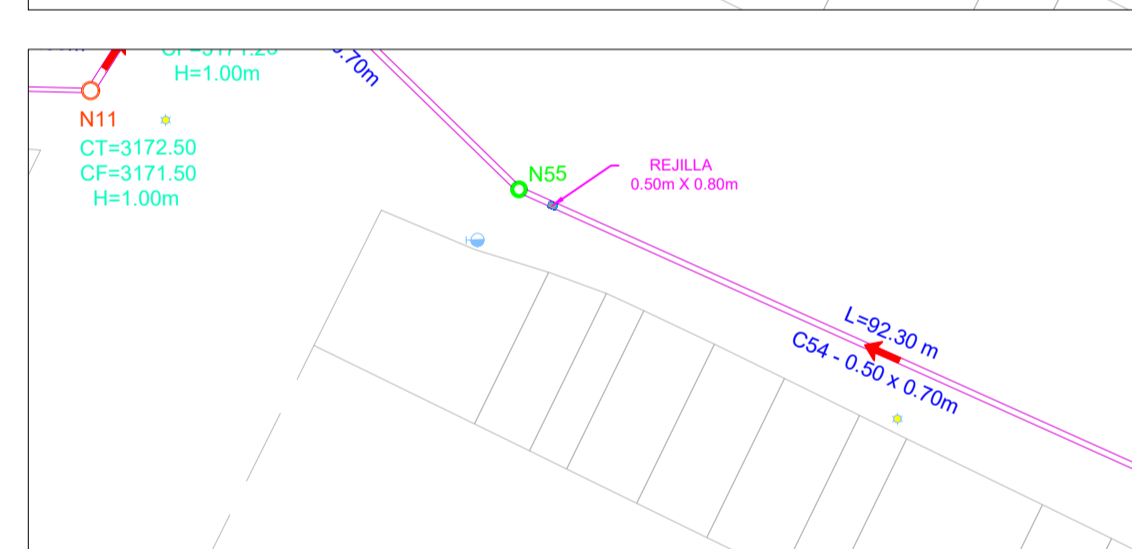
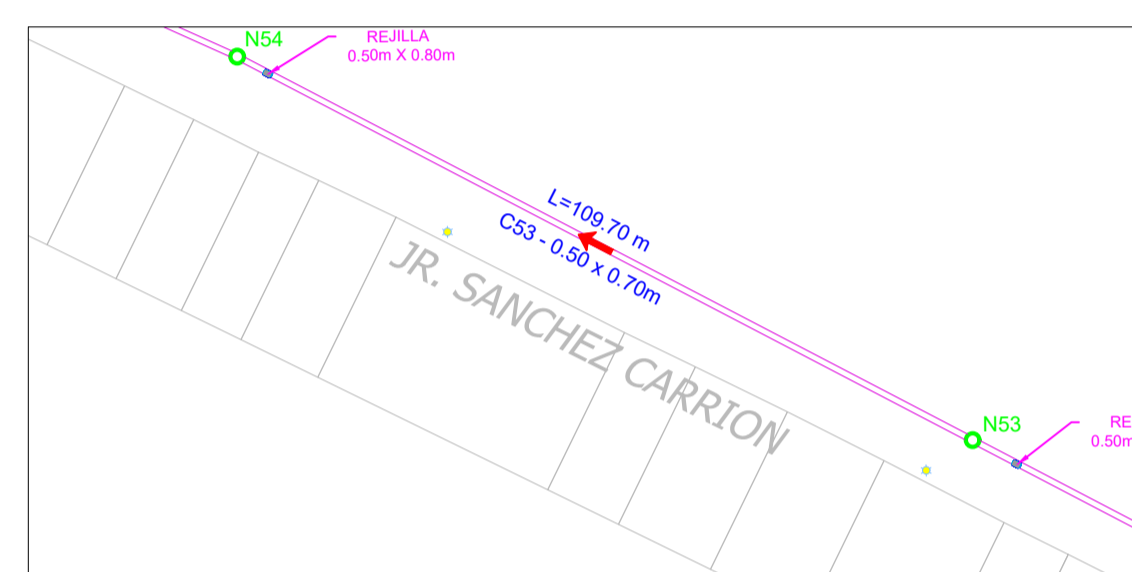


PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

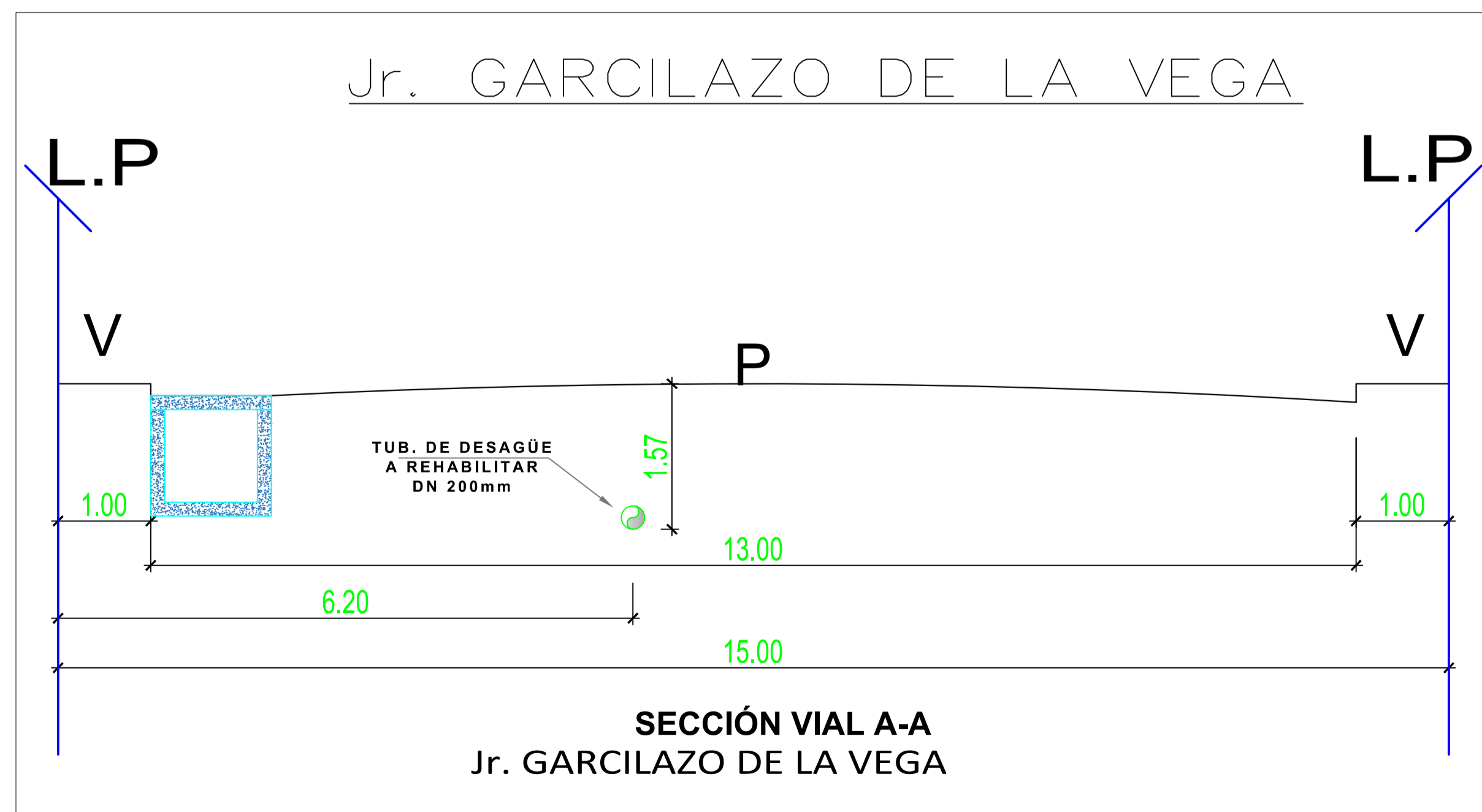


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

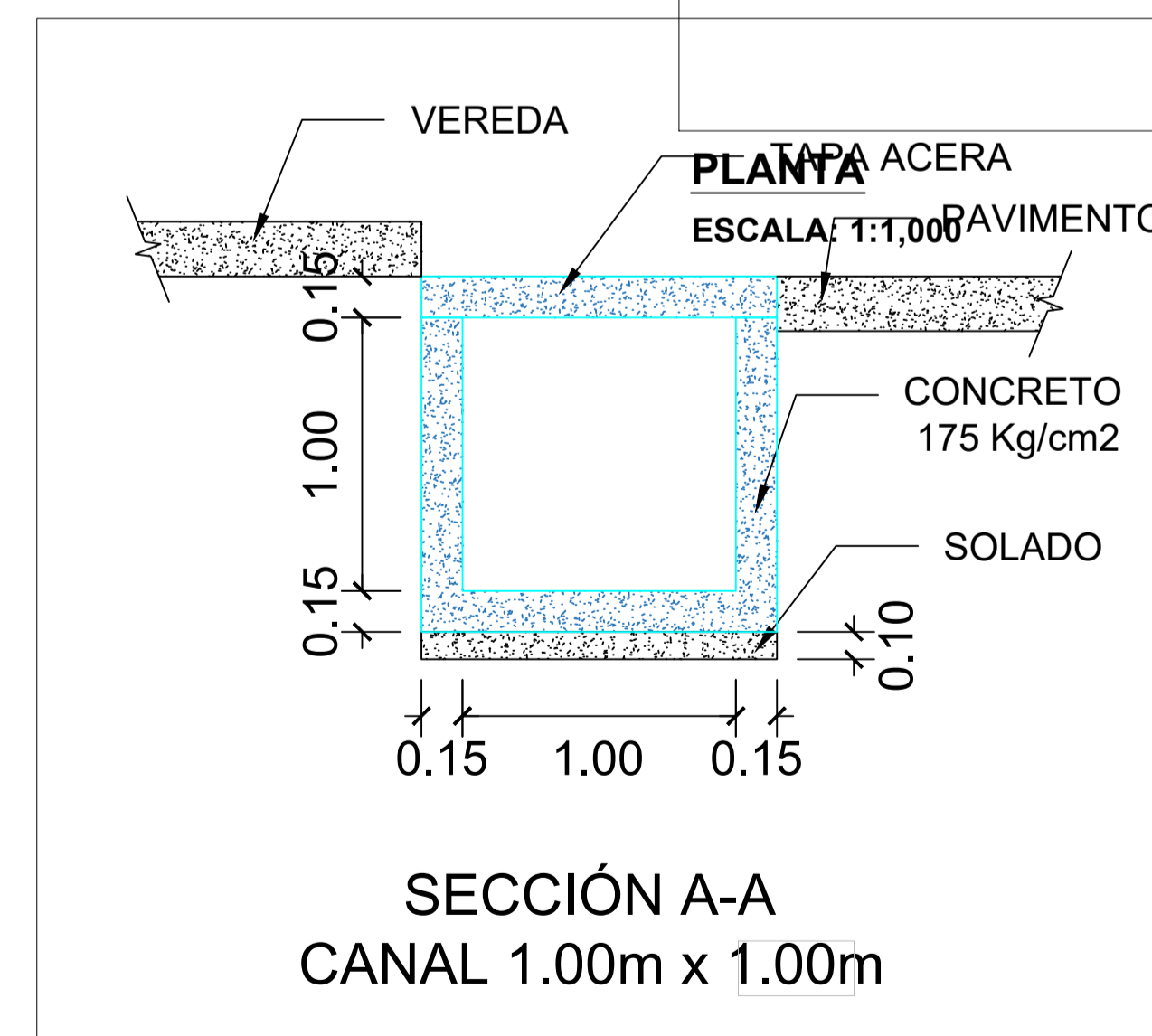
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



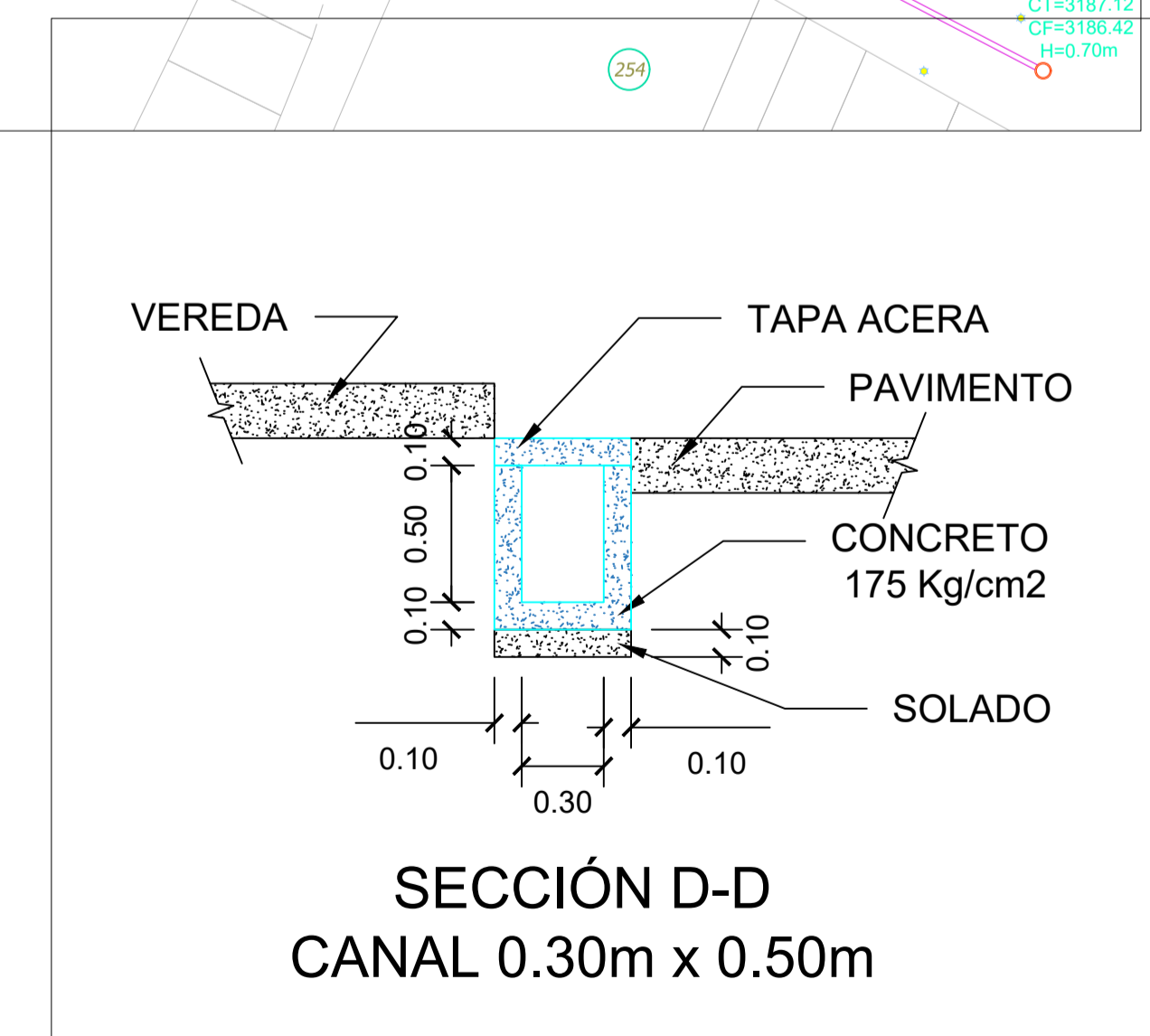
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



CORTE
ESCALA: 1:50



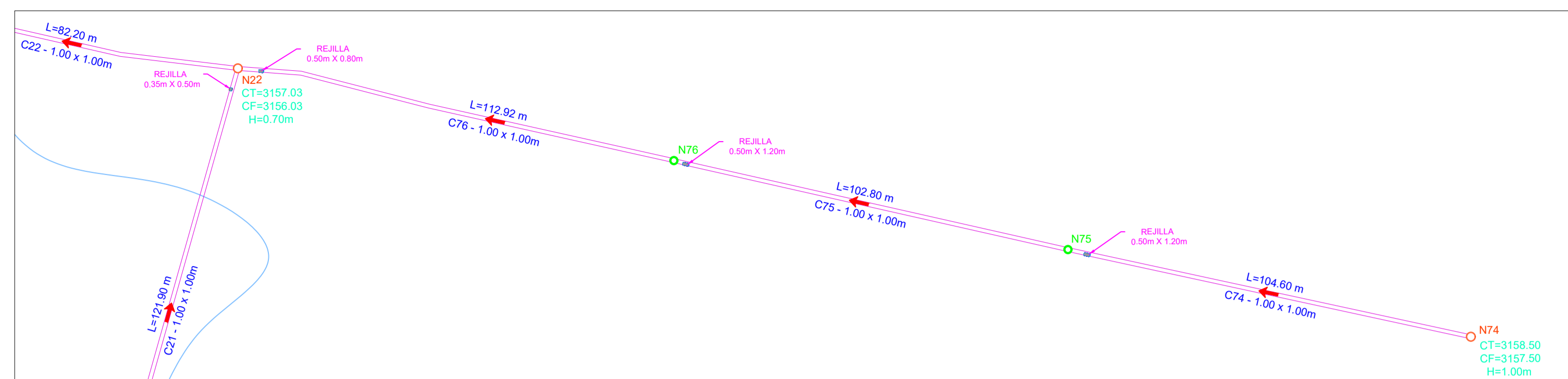
CORTE
ESCALA: 1:25



CORTE
ESCALA: 1:25

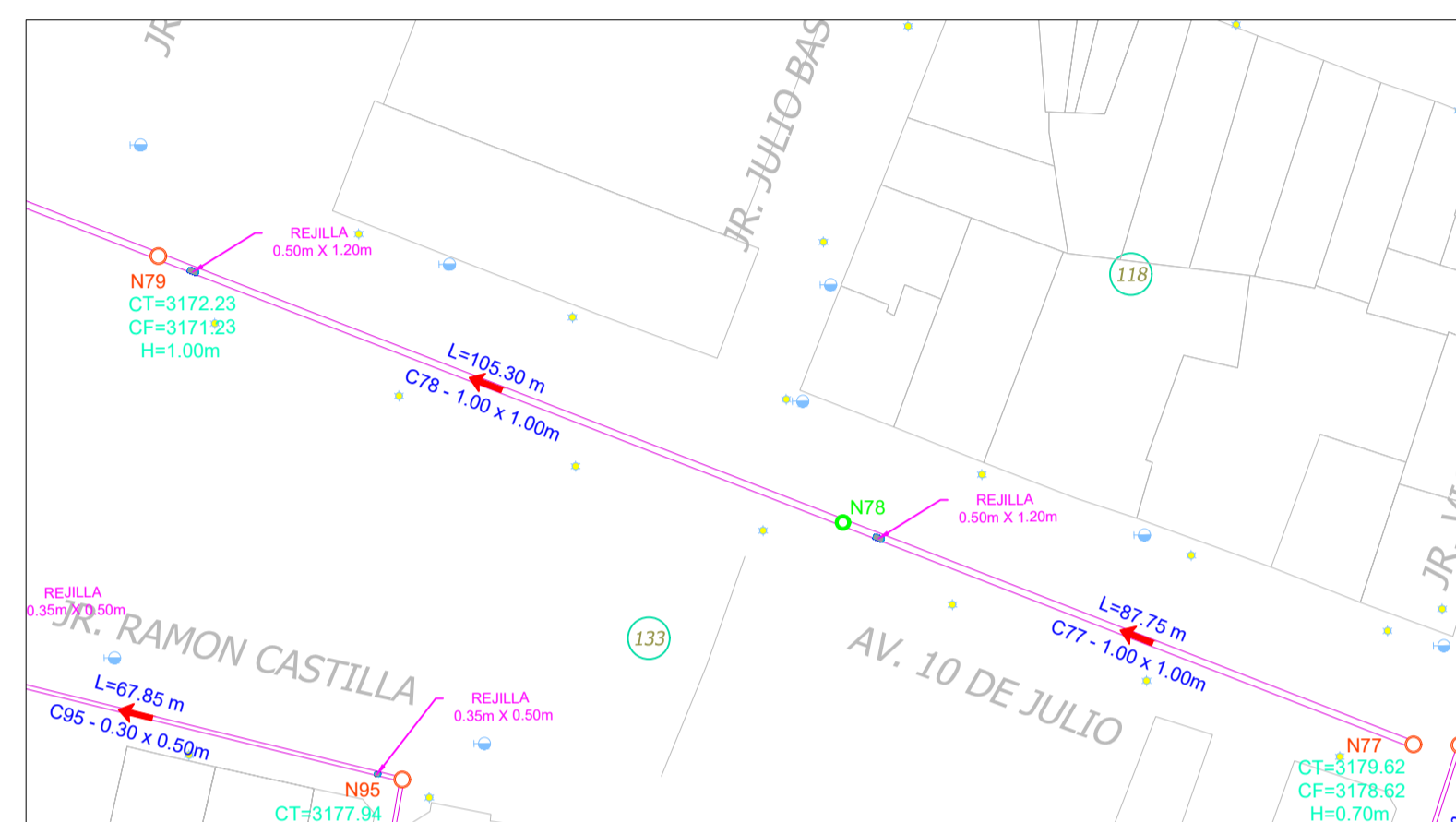


SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO



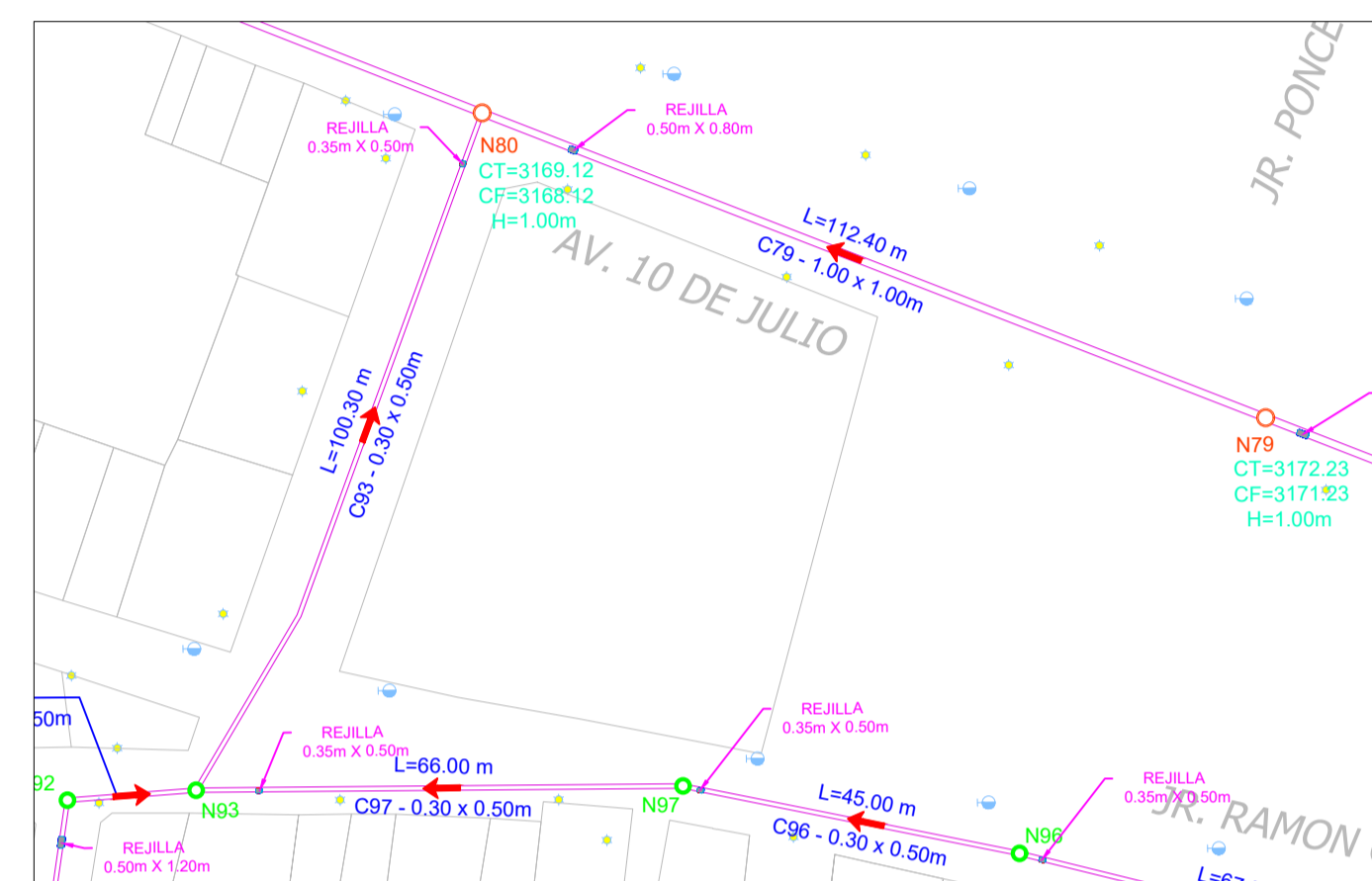
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



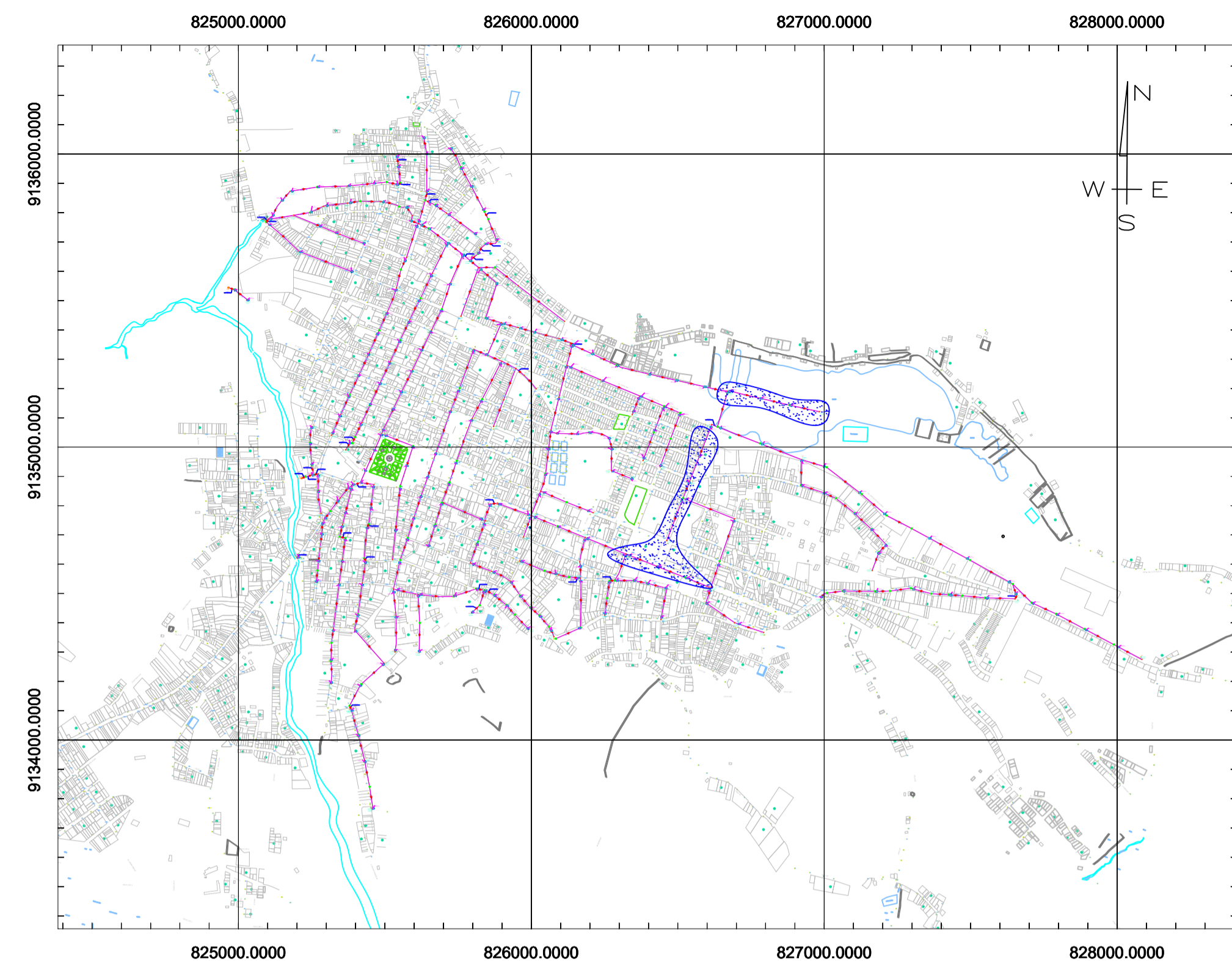
PLANTA

ESCALA: 1:1,000



PLANTA

ESCALA: 1:1,000



PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA: 1:25,000

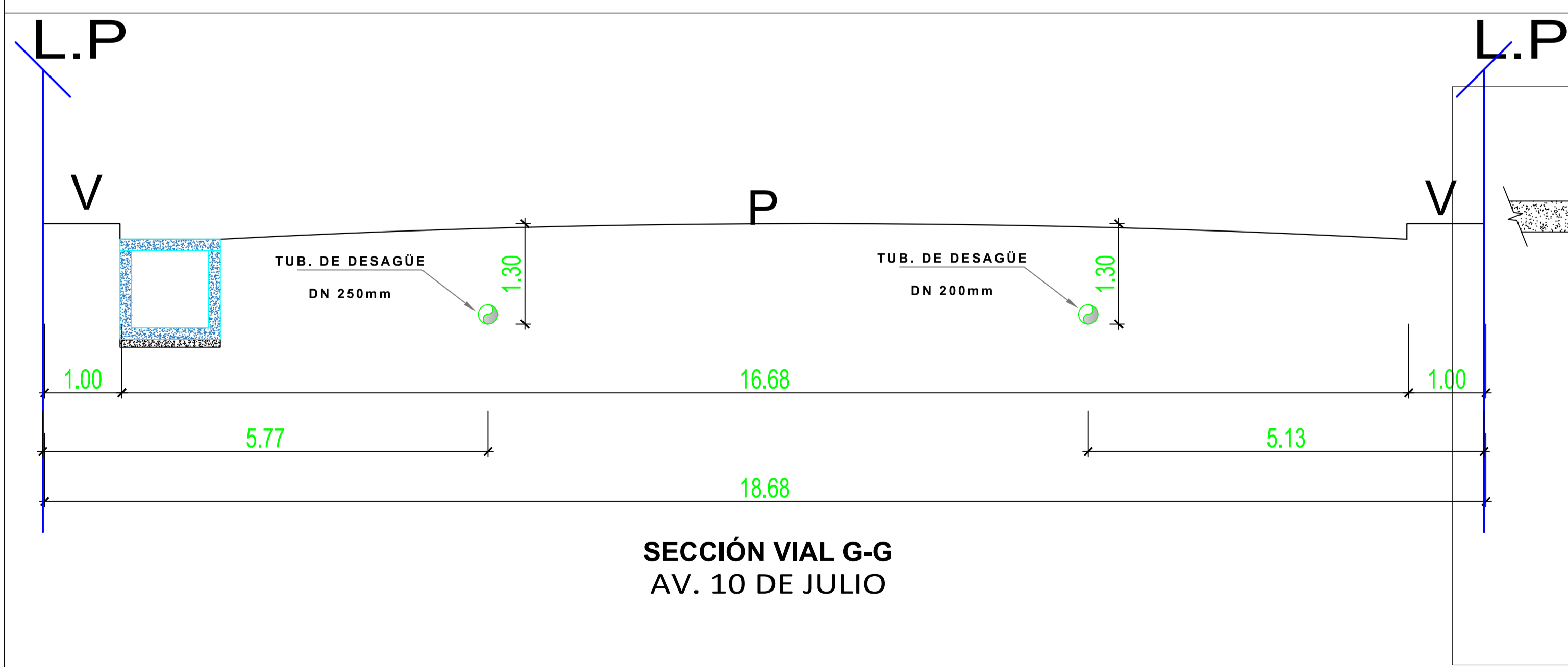
LEYENDA

	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



PLANTA

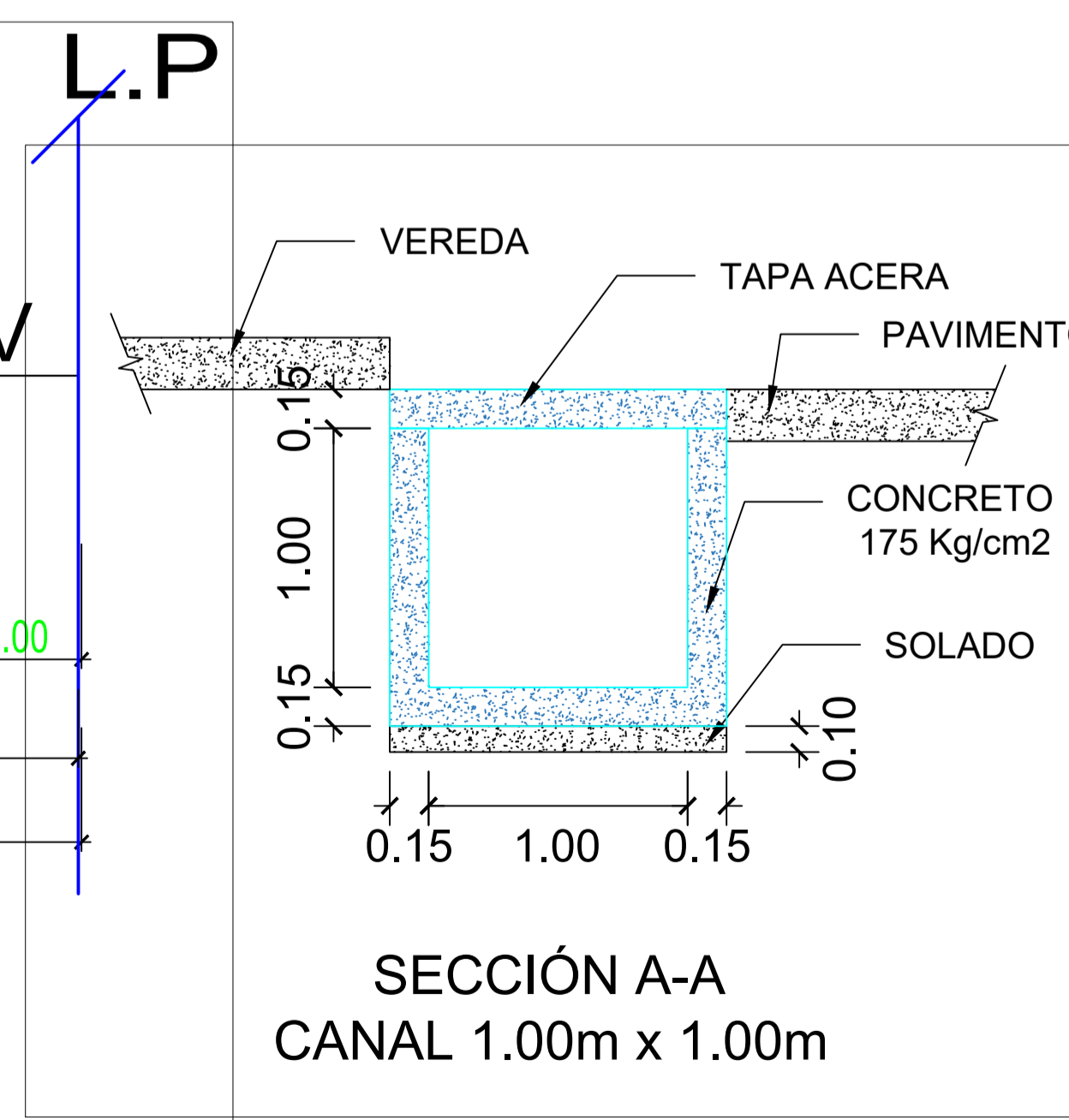
ESCALA: 1:1,000



SECCIÓN VIAL G-G
AV. 10 DE JULIO

CORTE

ESCALA: 1:50



SECCIÓN A-A
CANAL 1.00m x 1.00m

CORTE

ESCALA: 1:25



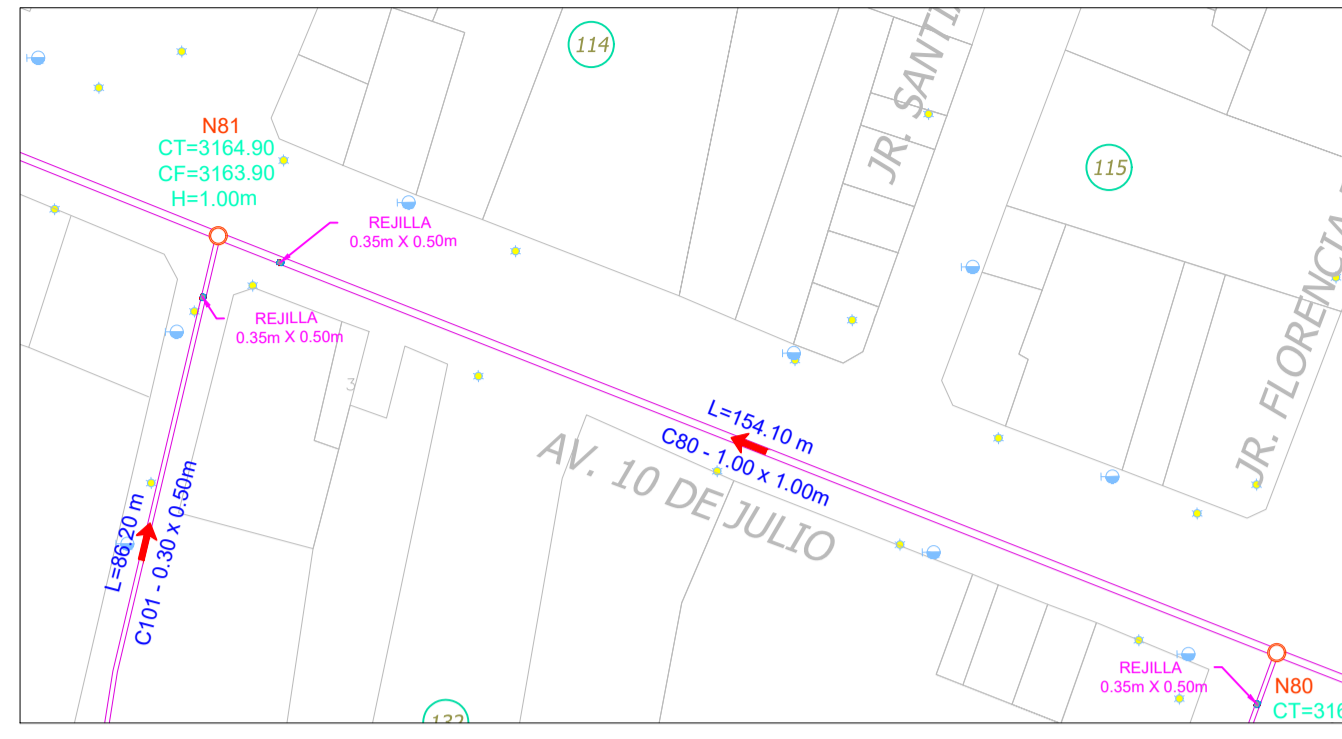
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

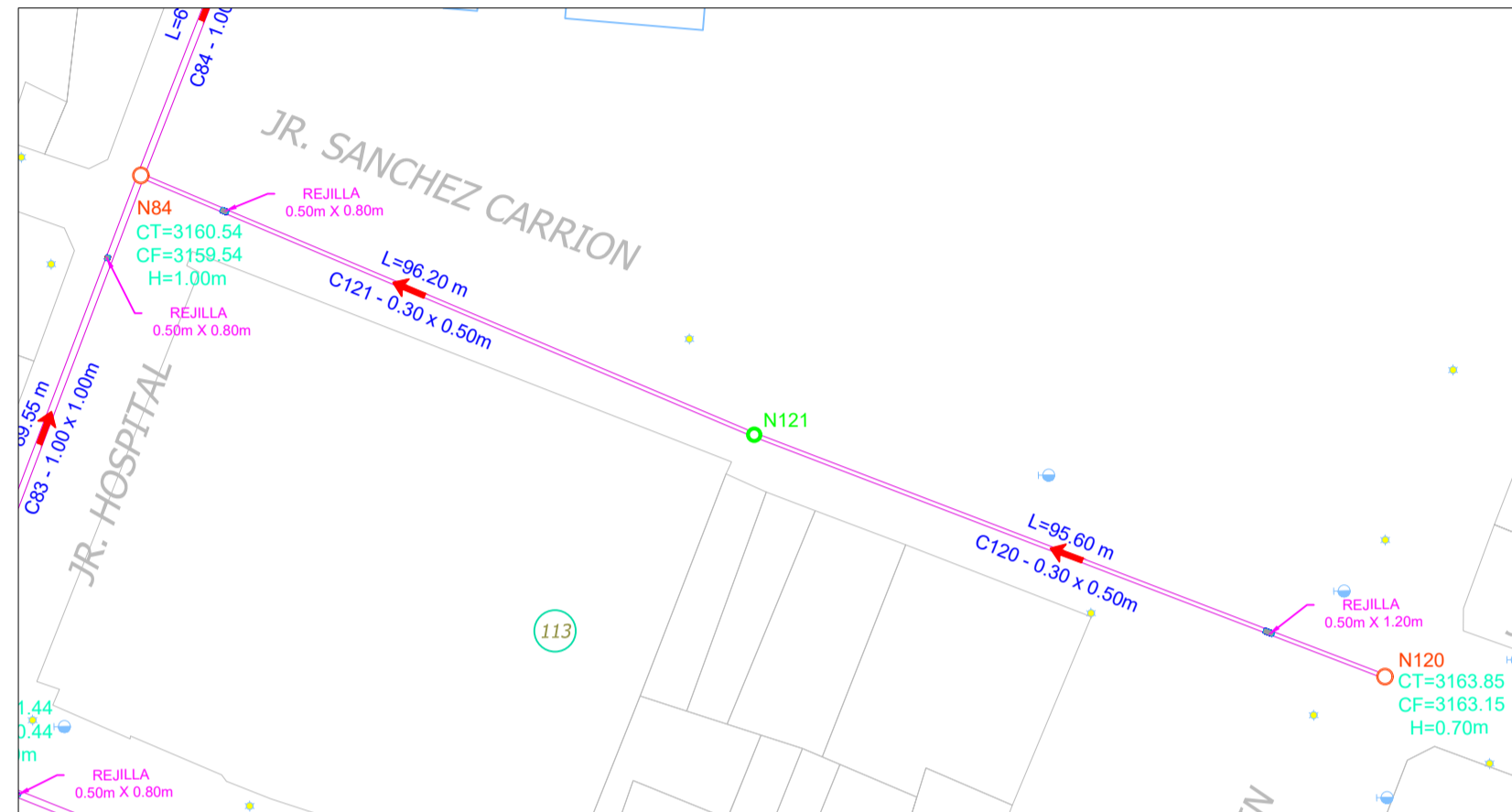
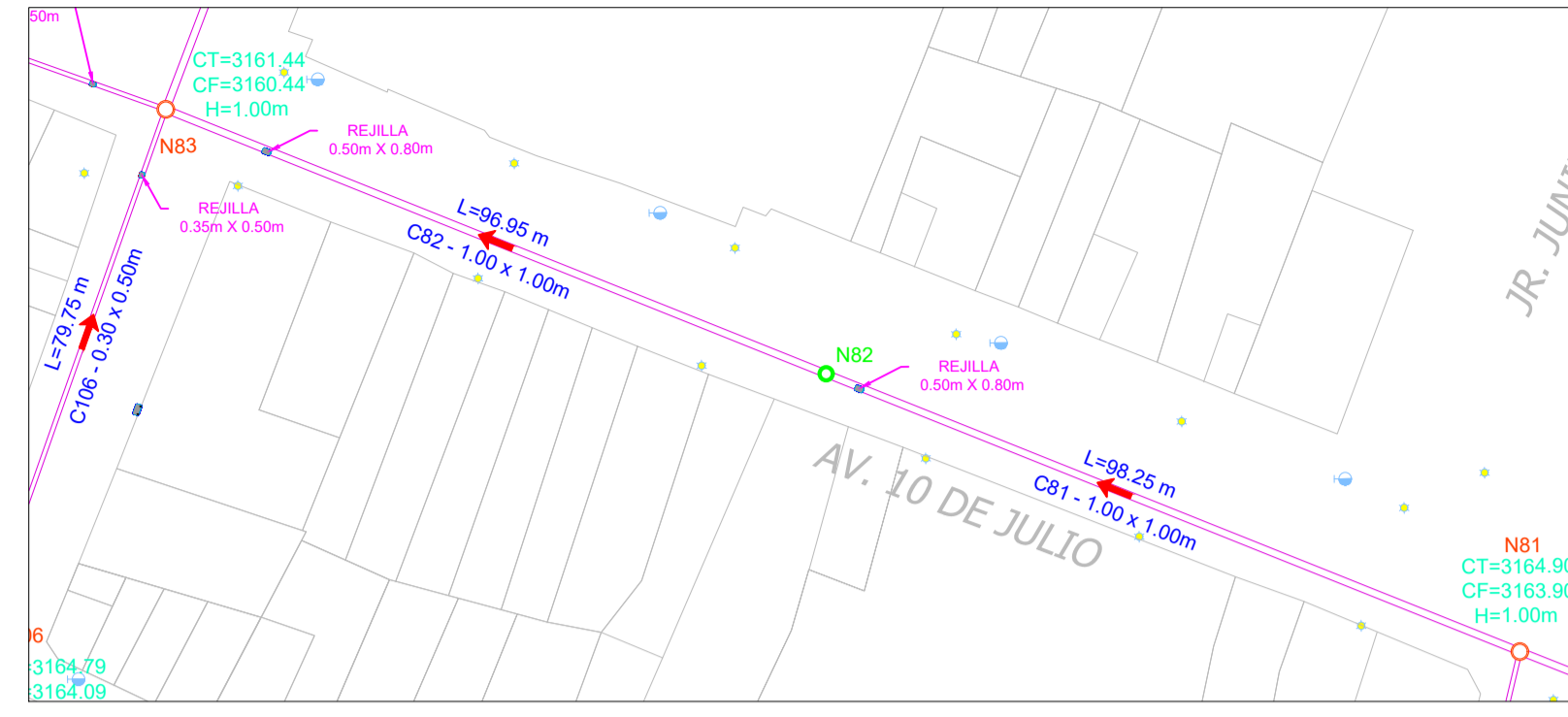
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA
SETIEMBRE - 2022

LÁMINA:
10

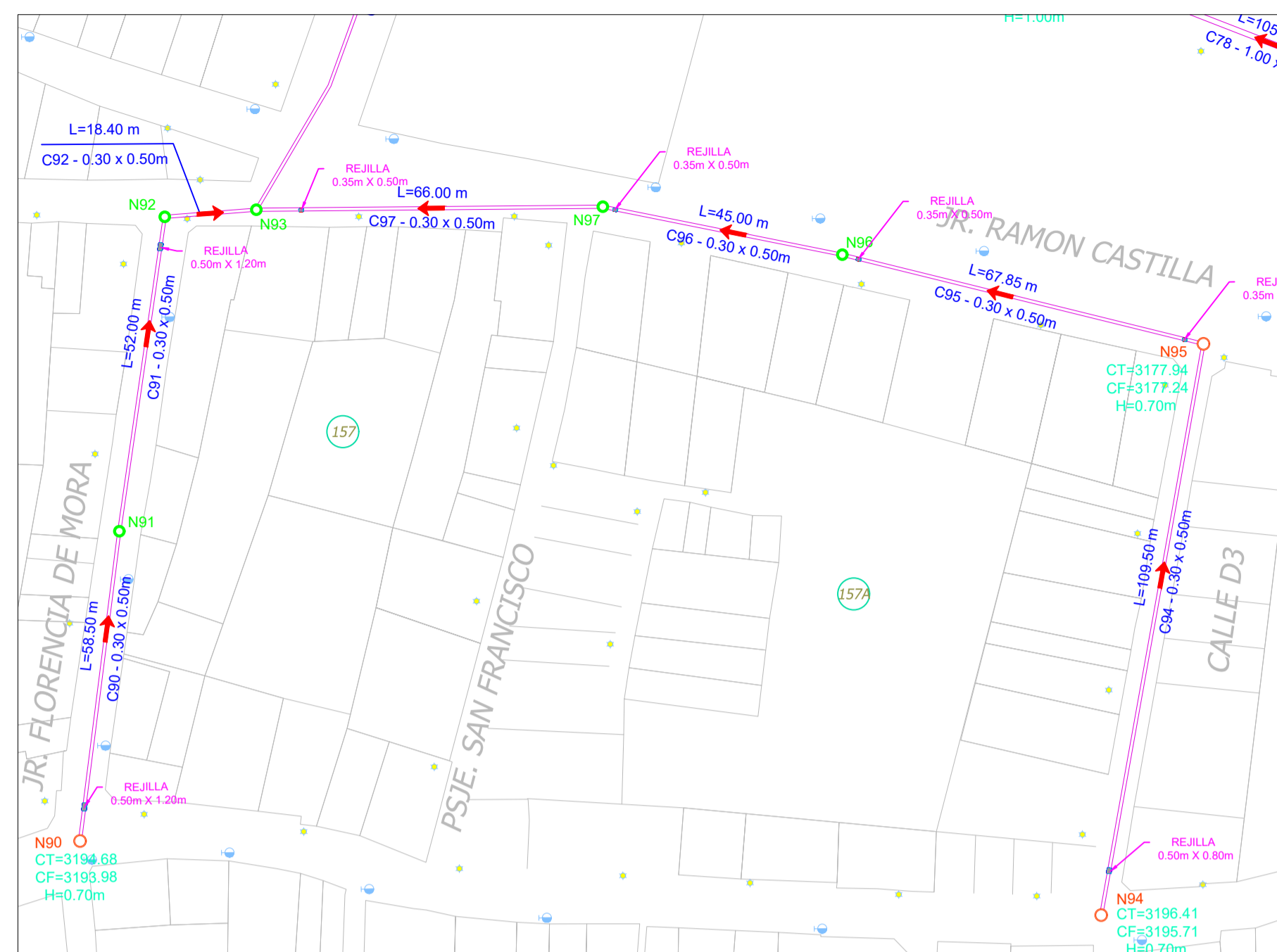


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

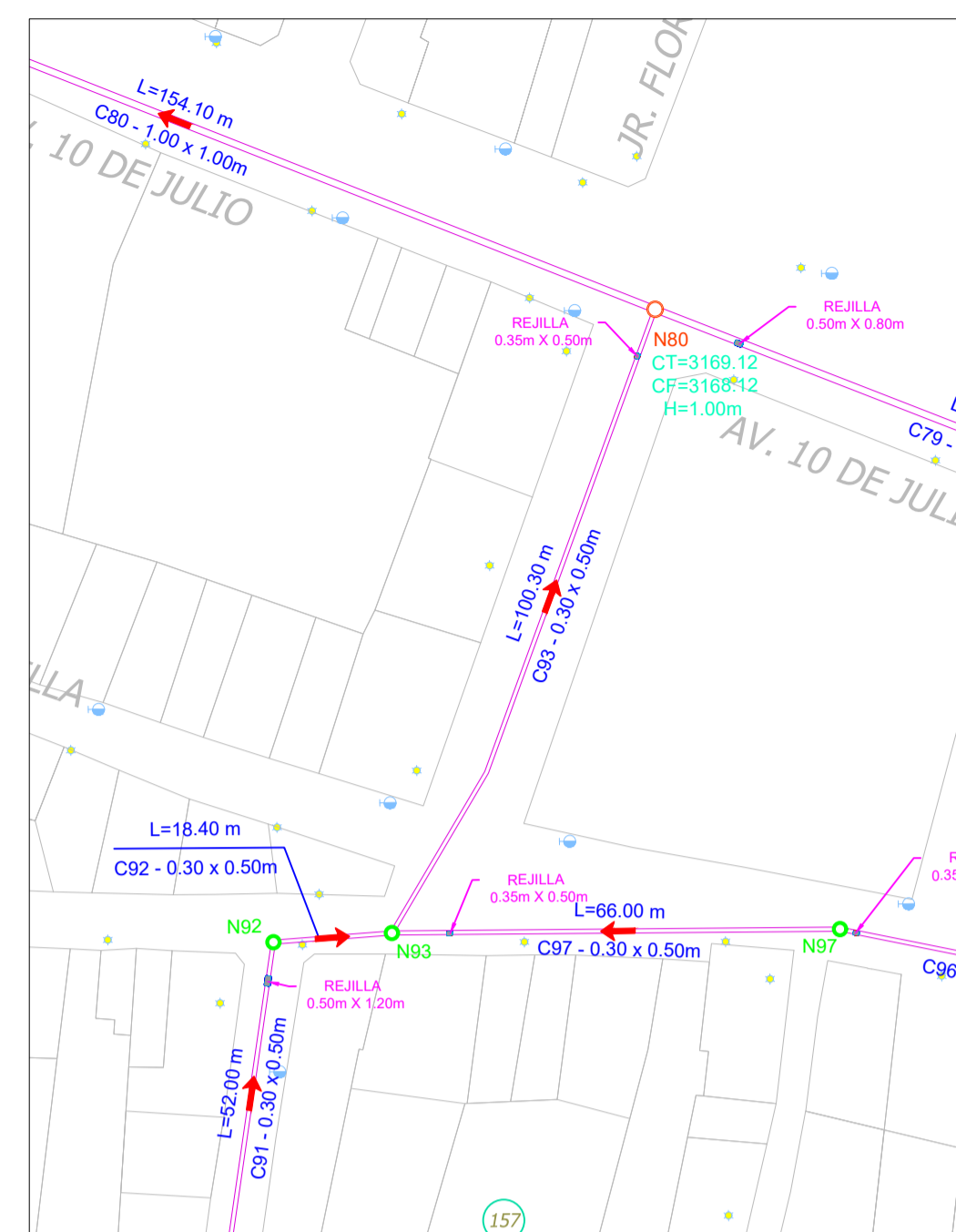




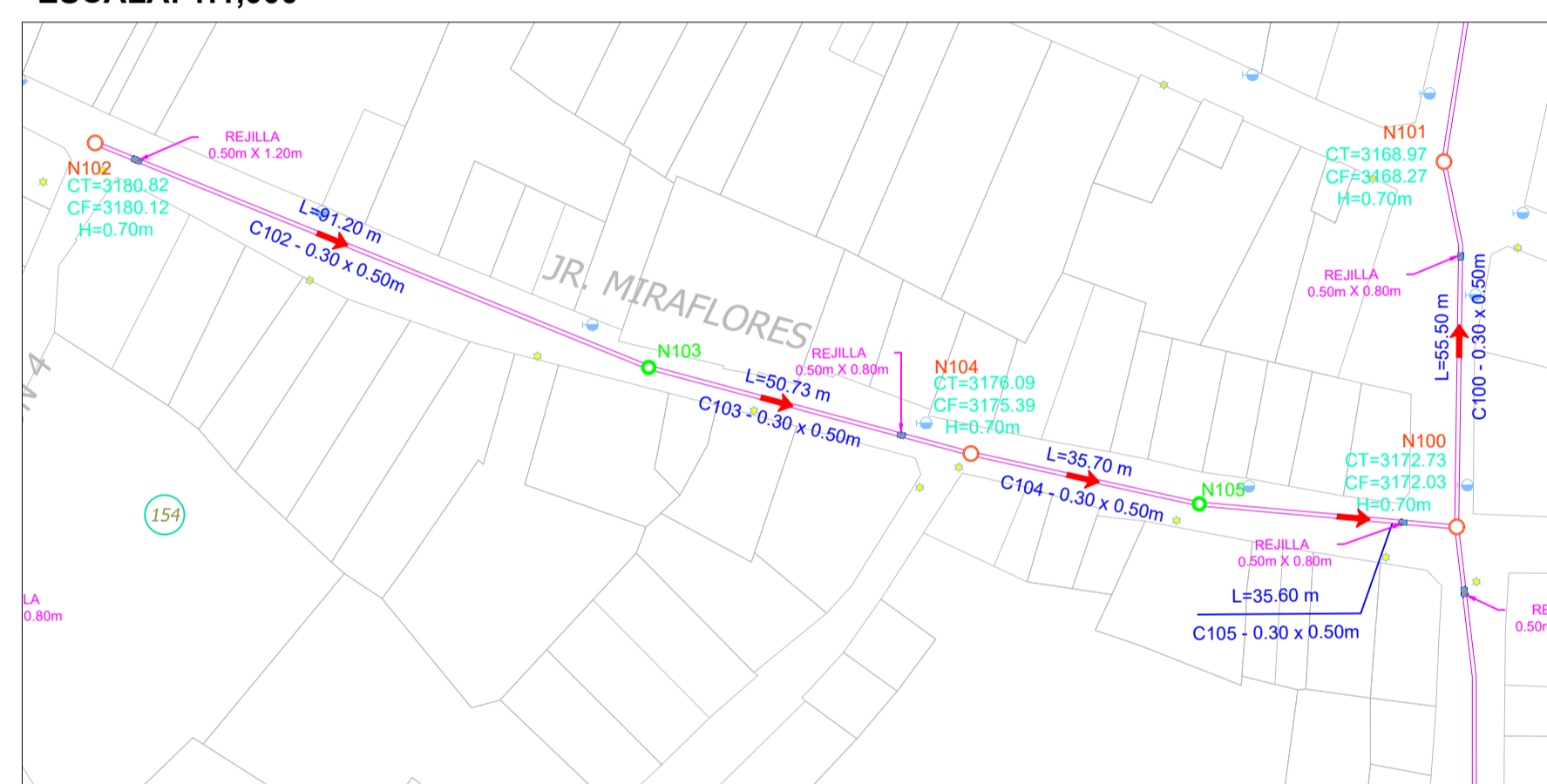
**SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PROPUESTO**



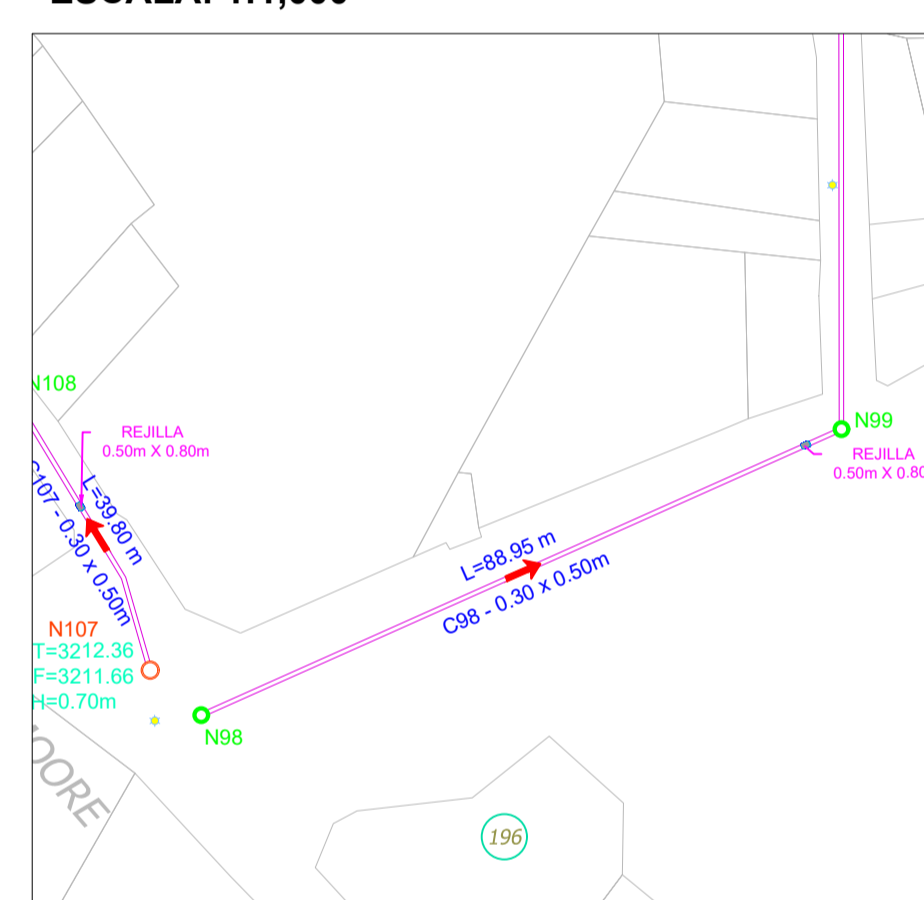
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



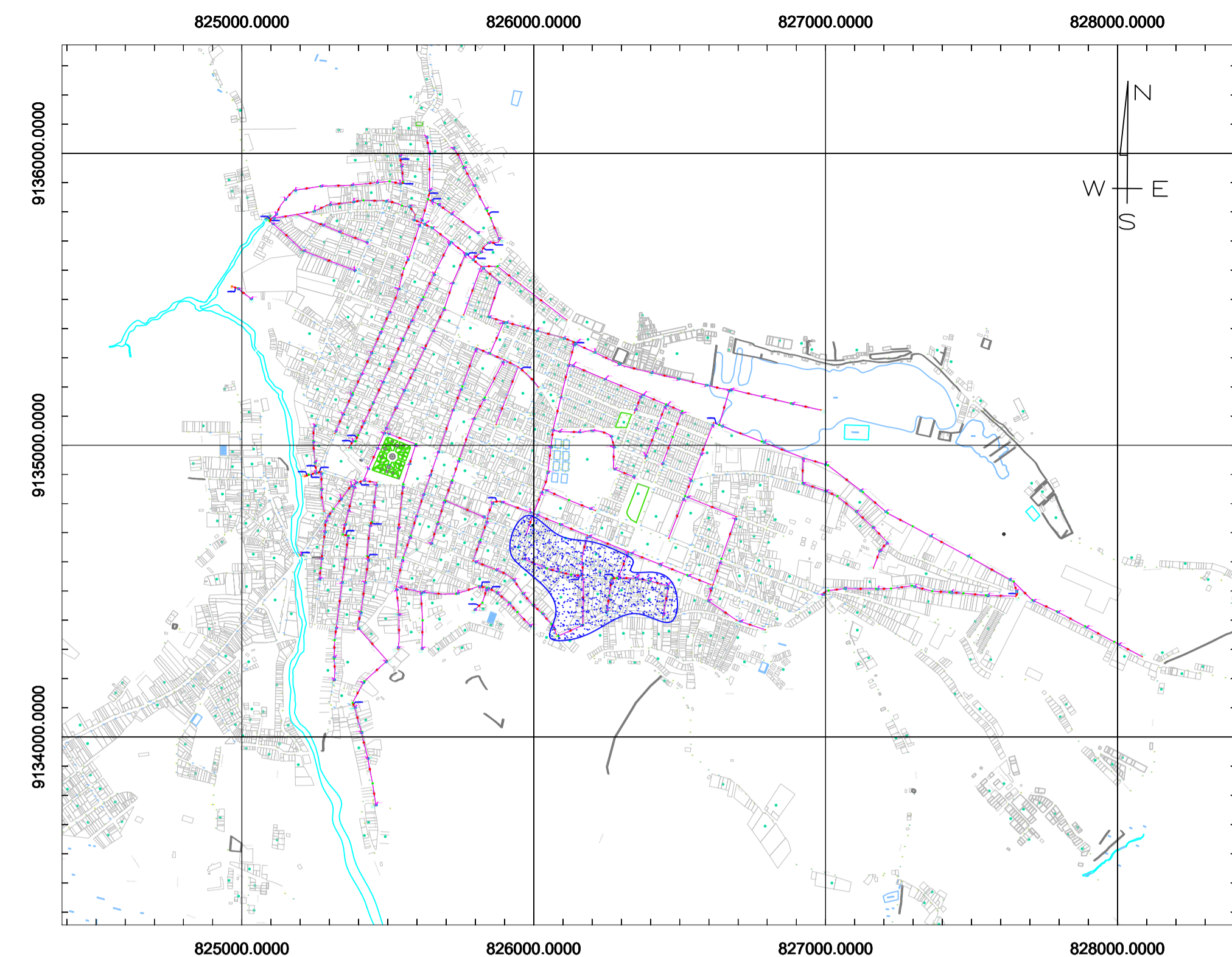
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



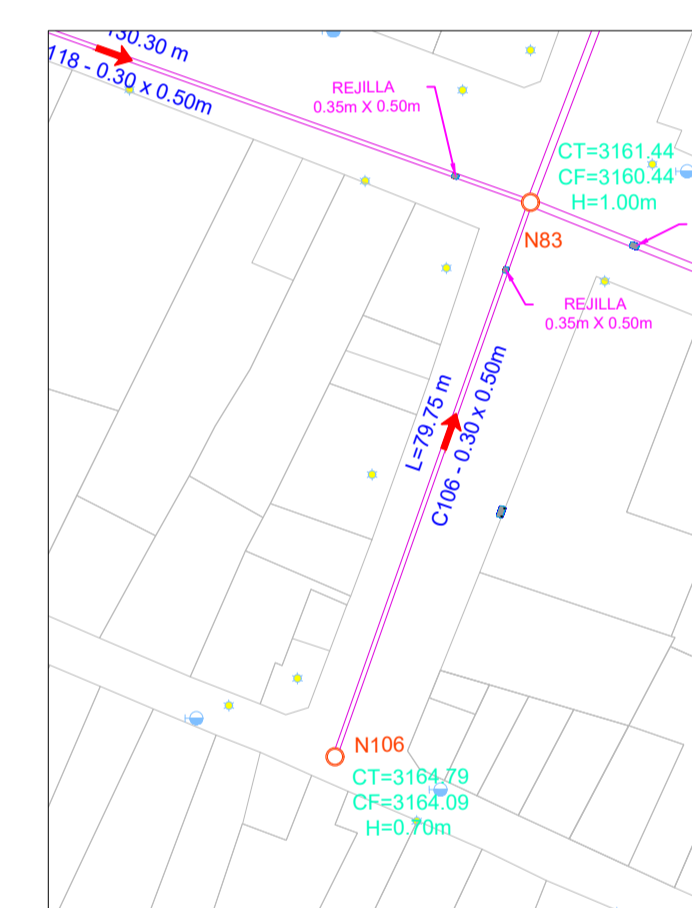
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



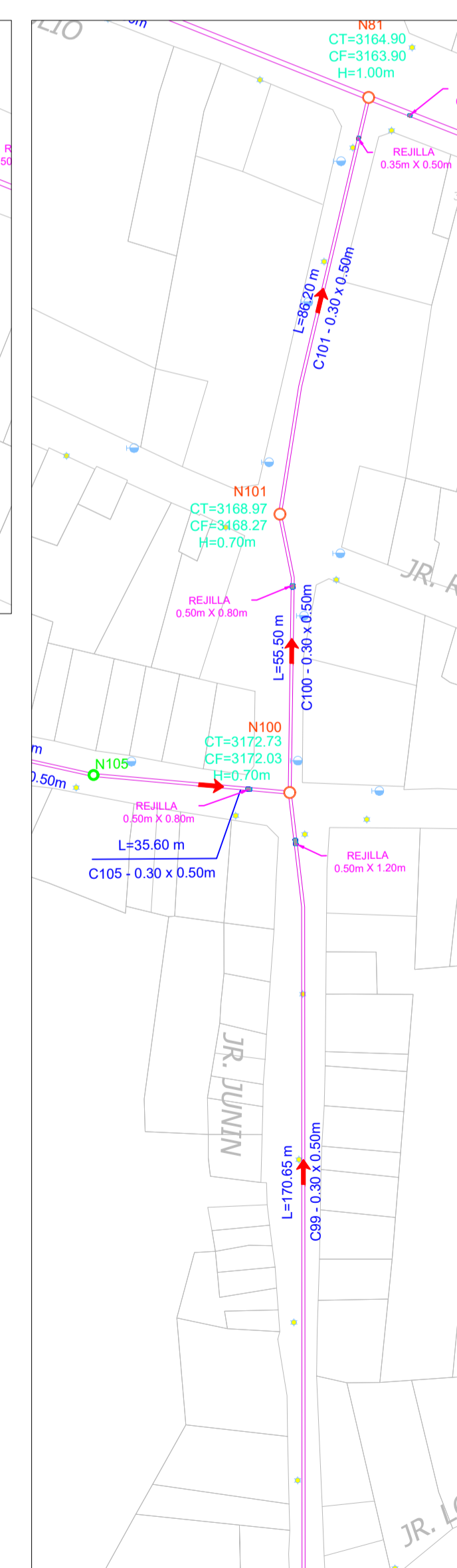
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



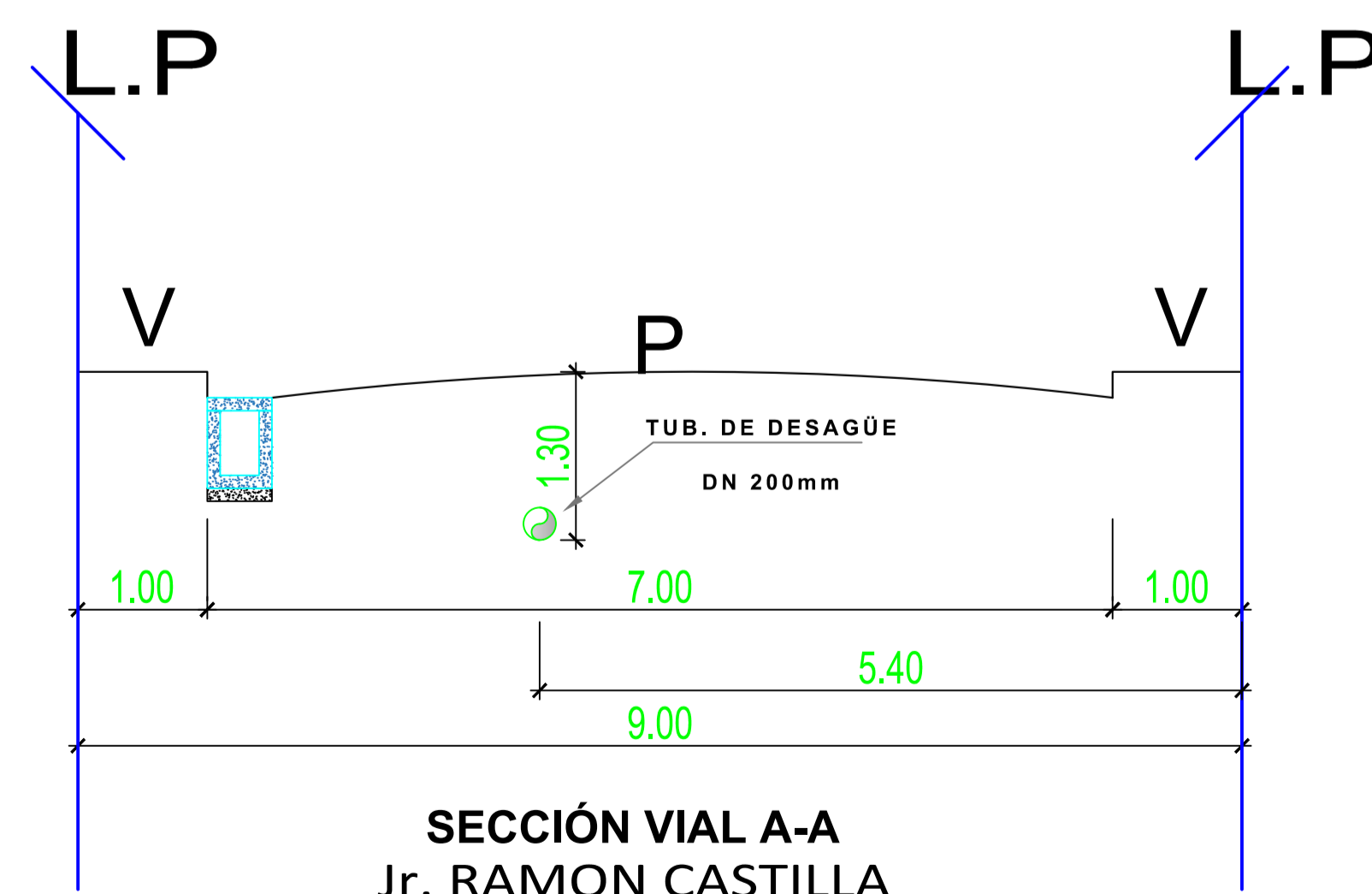
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

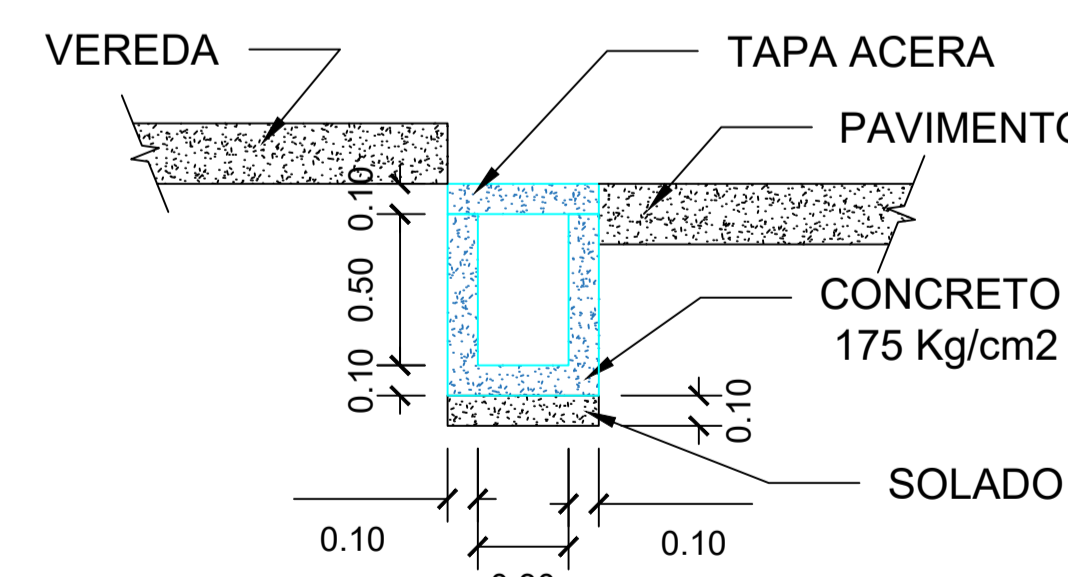


PLANTA
ESCALA: 1:1,000



SECCIÓN VIAL A-A
Jr. RAMON CASTILLA

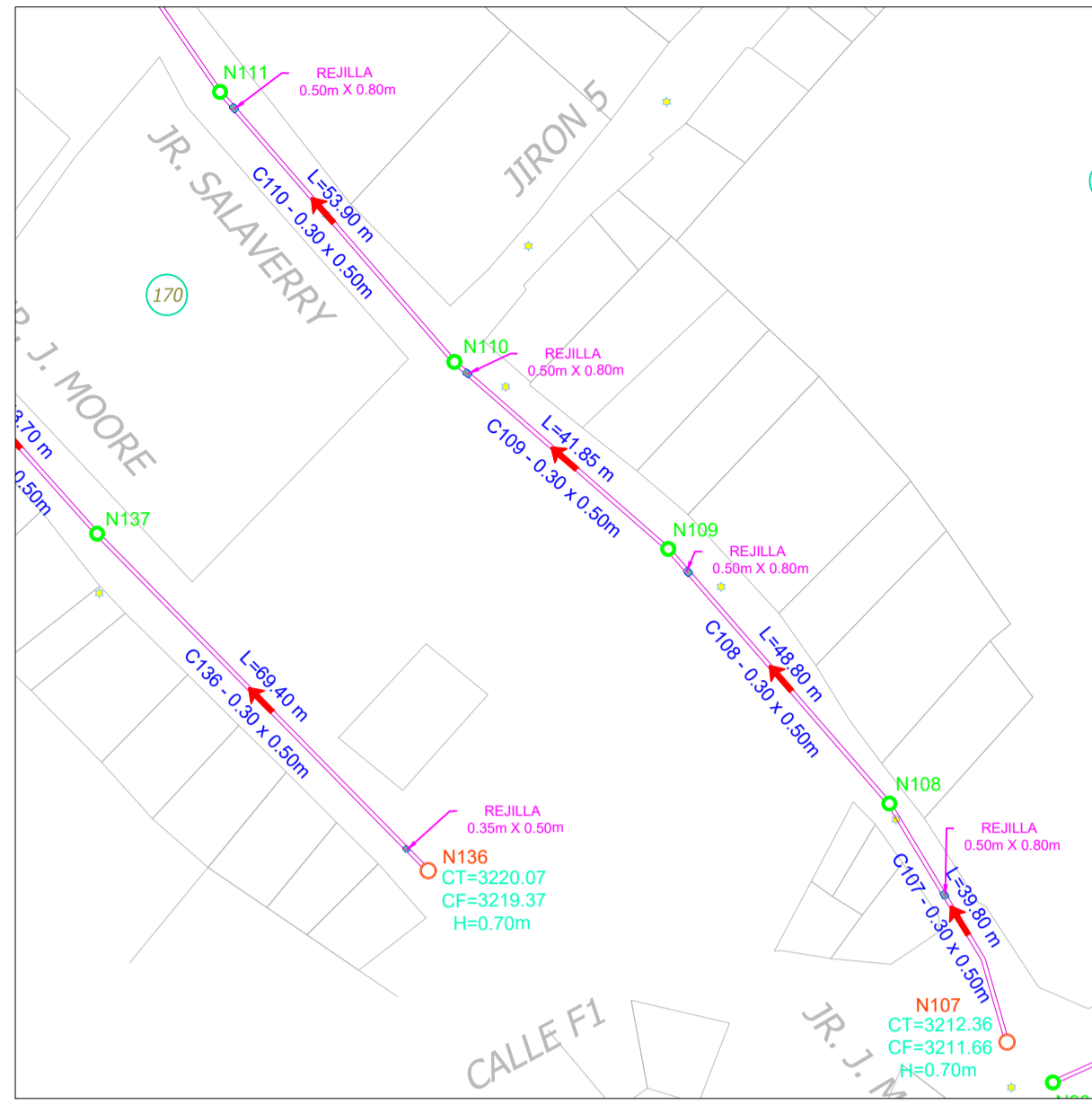
CORTE
ESCALA: 1:50



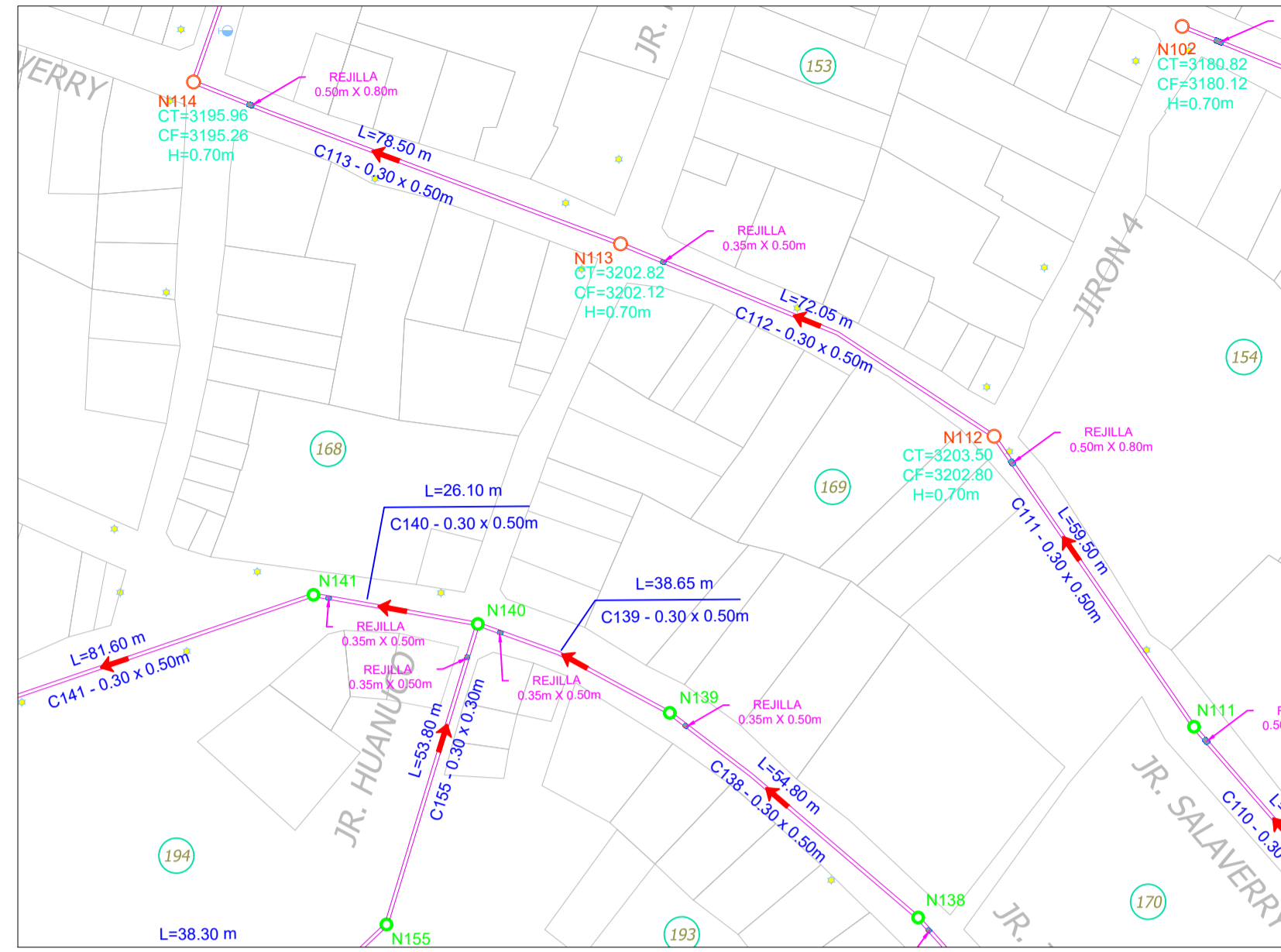
SECCIÓN D-D
CANAL 0.30m x 0.50m

CORTE
ESCALA: 1:25

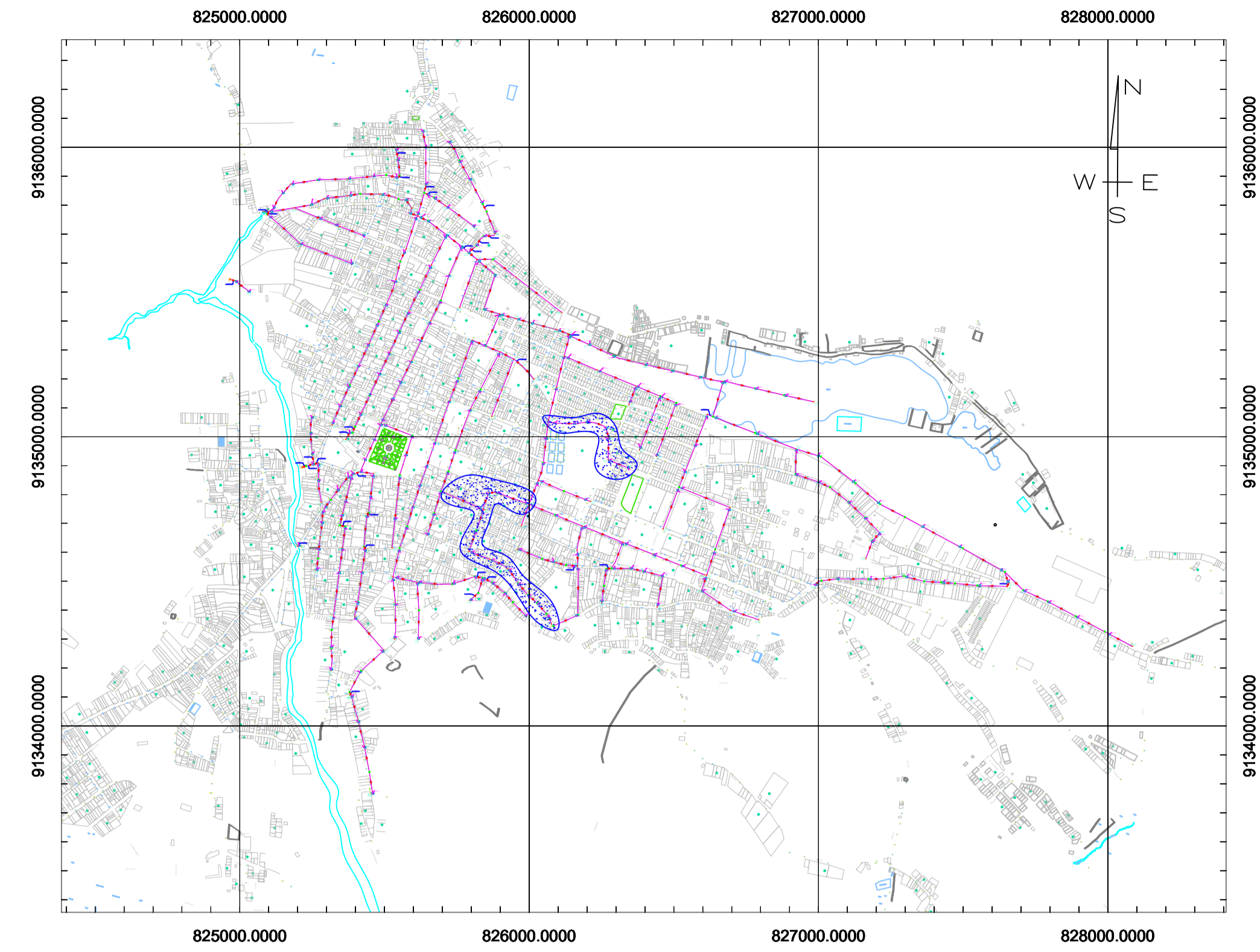
CORTE
ESCALA: 1:50



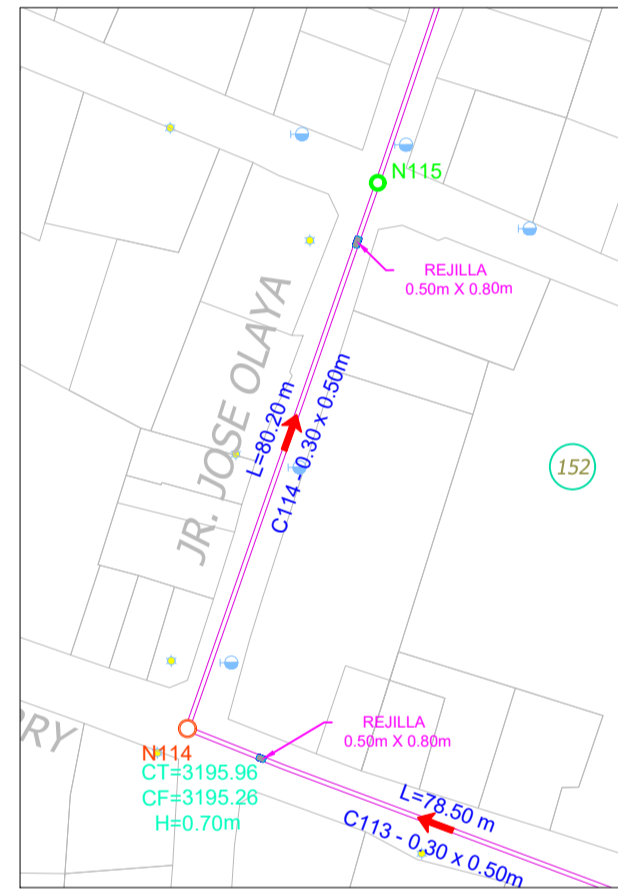
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



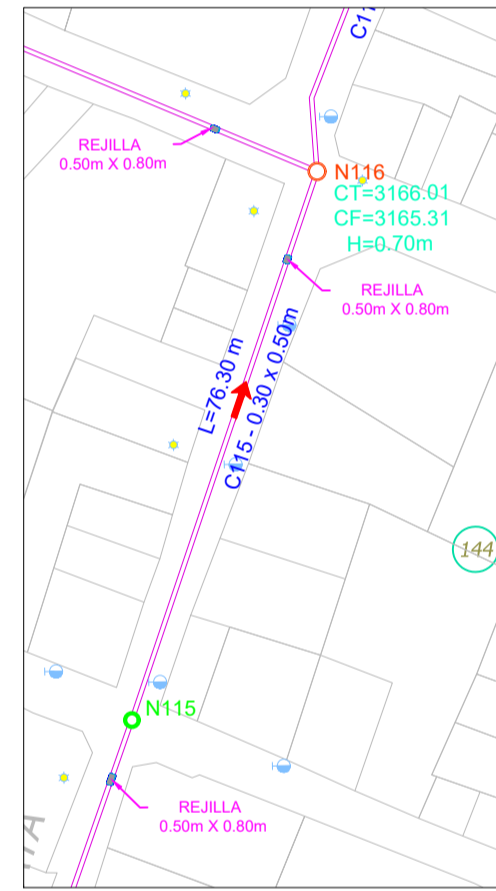
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



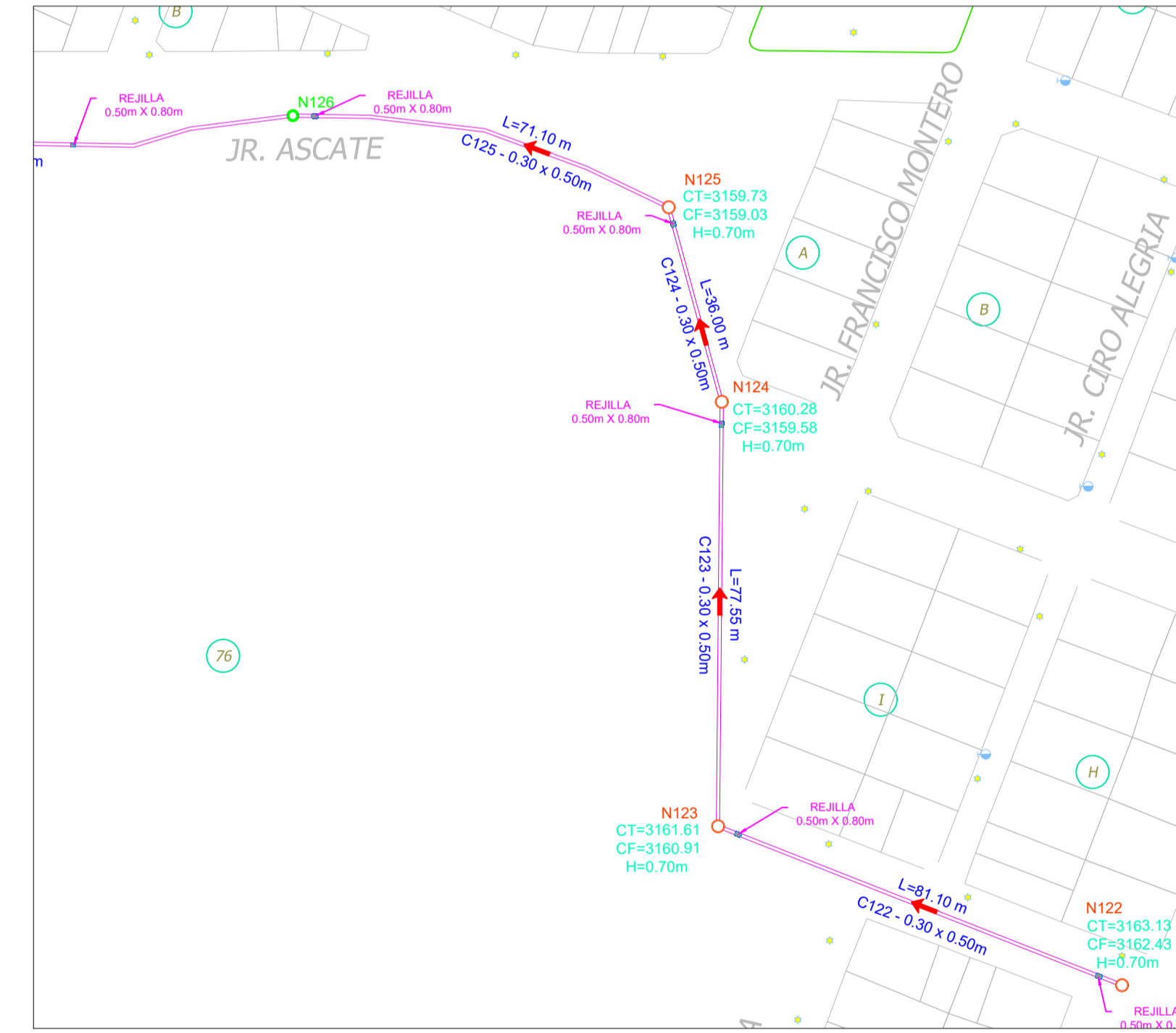
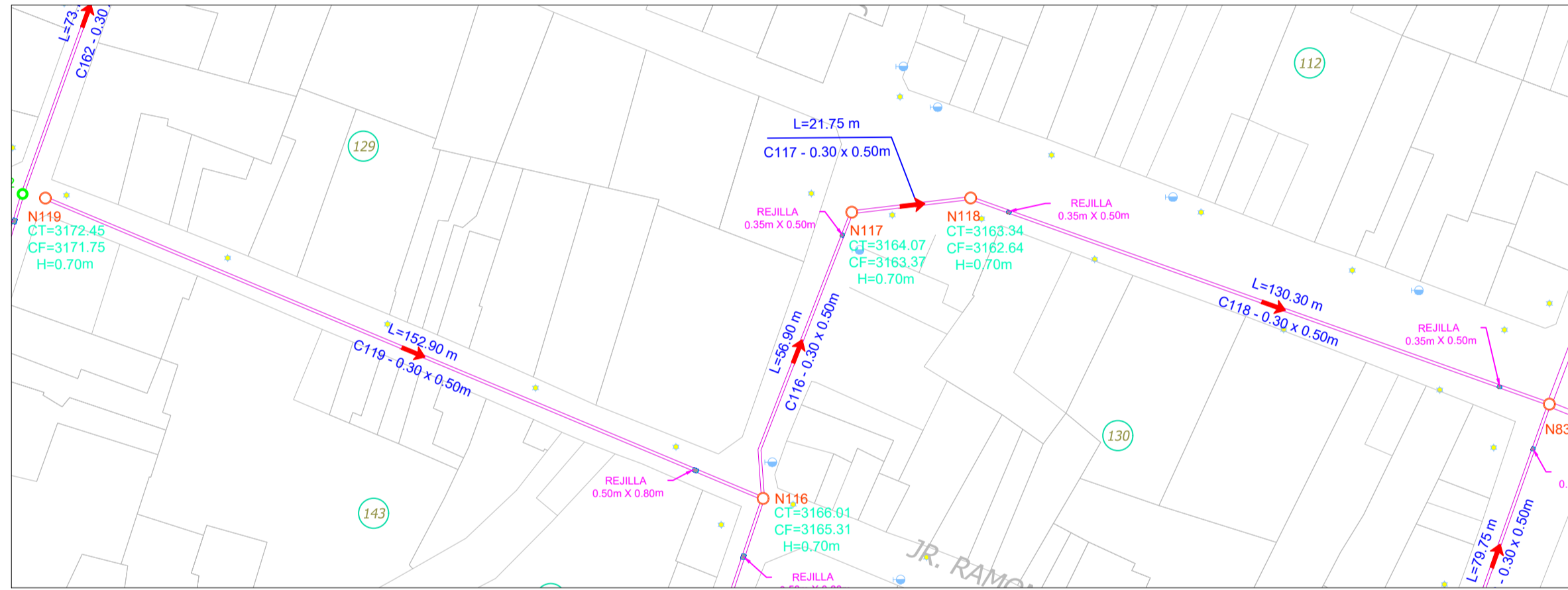
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

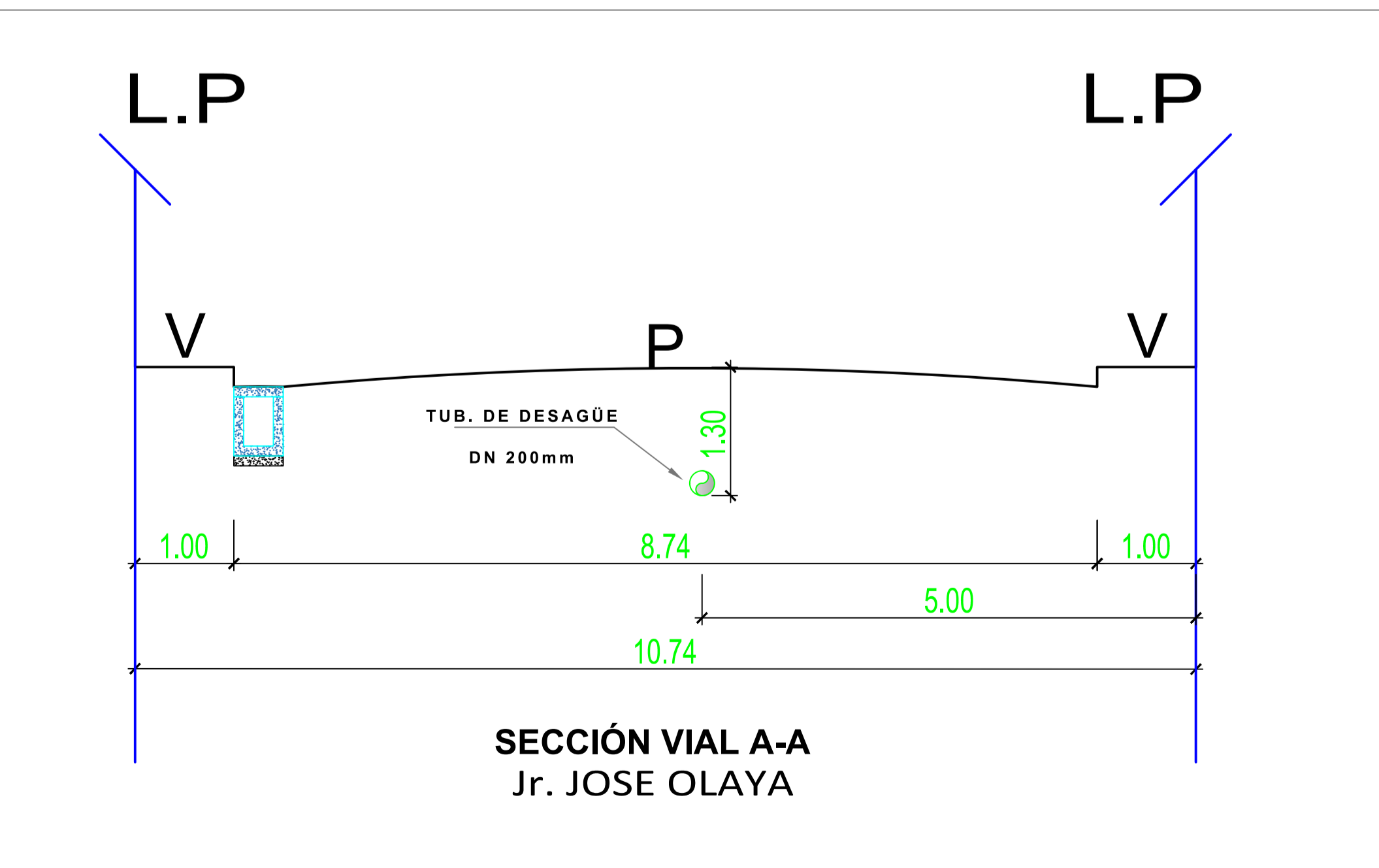


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

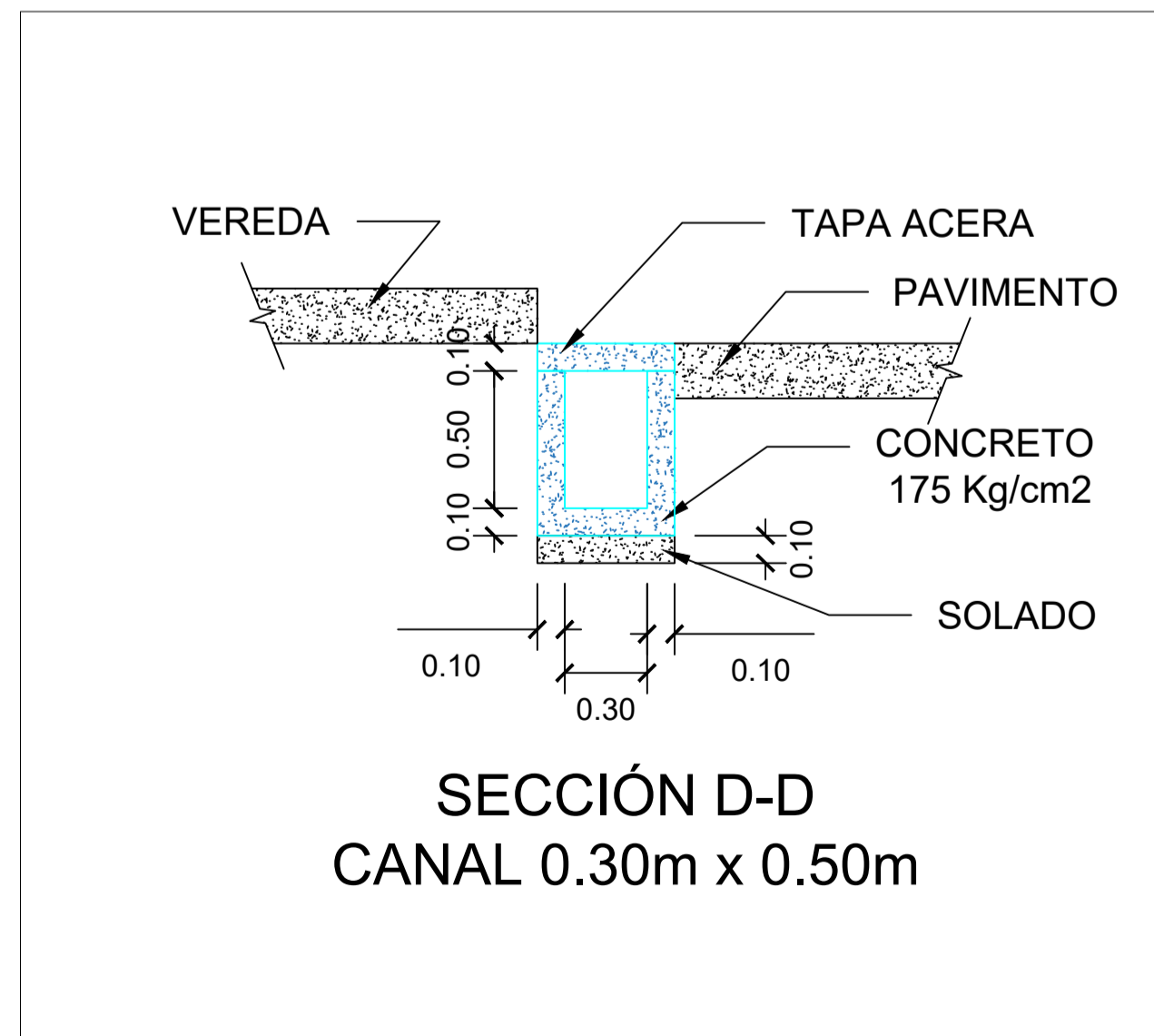


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25

UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

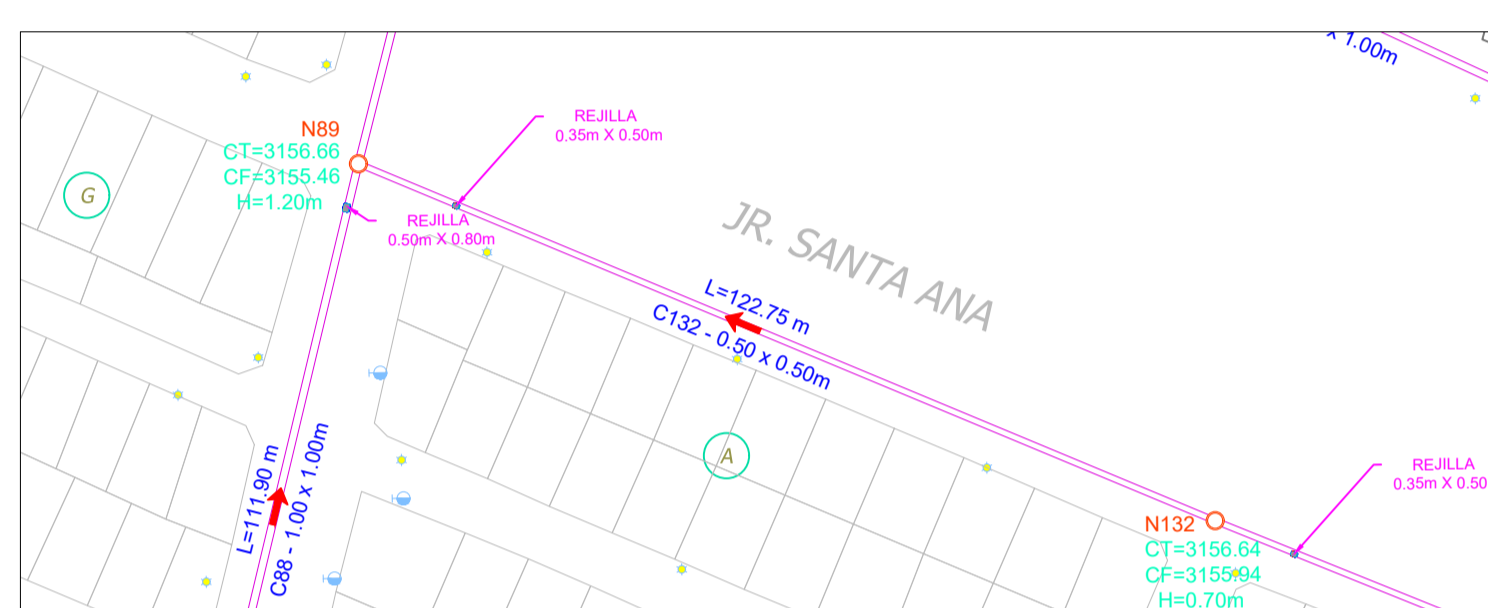
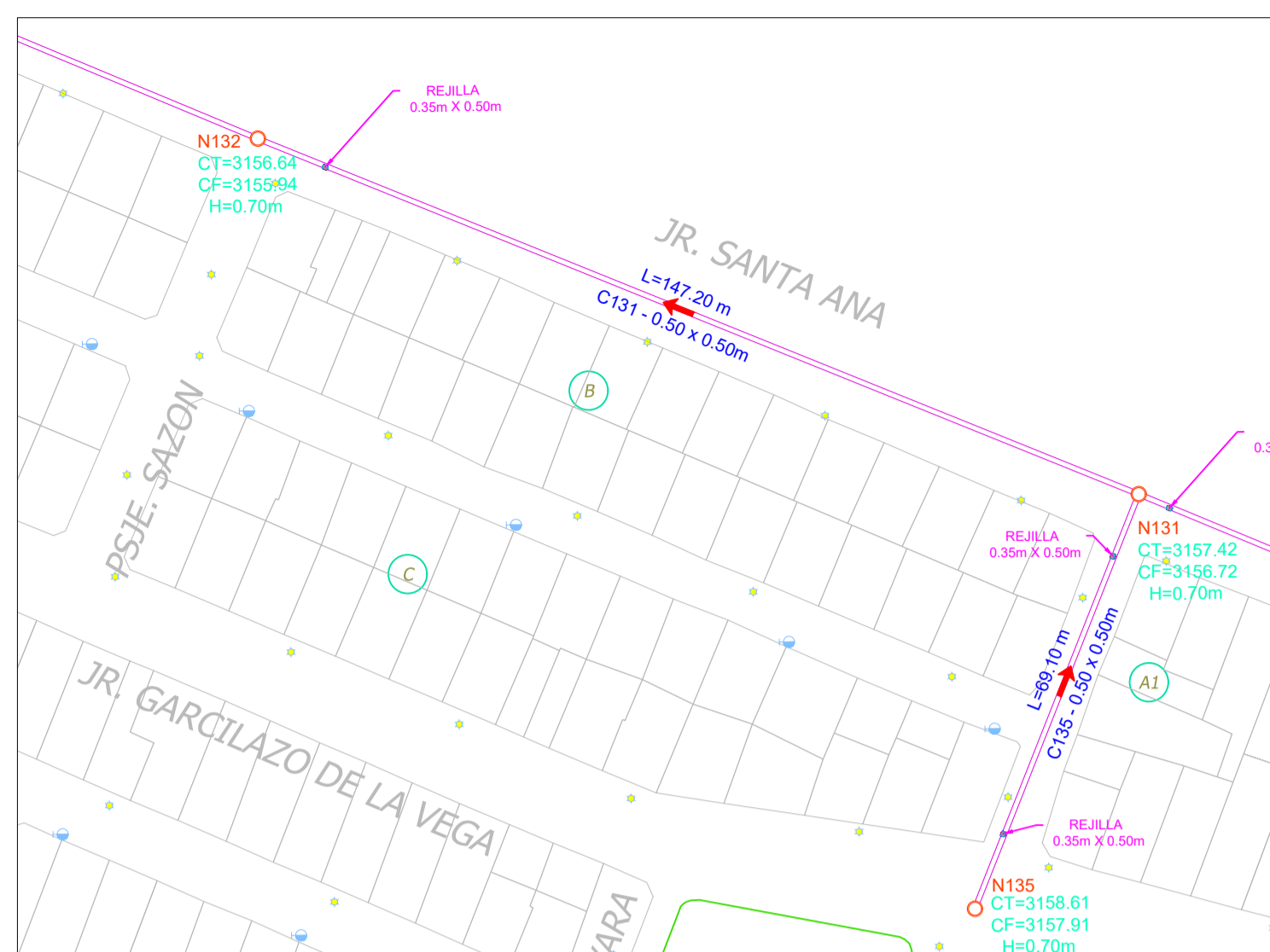
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA
SETIEMBRE - 2022

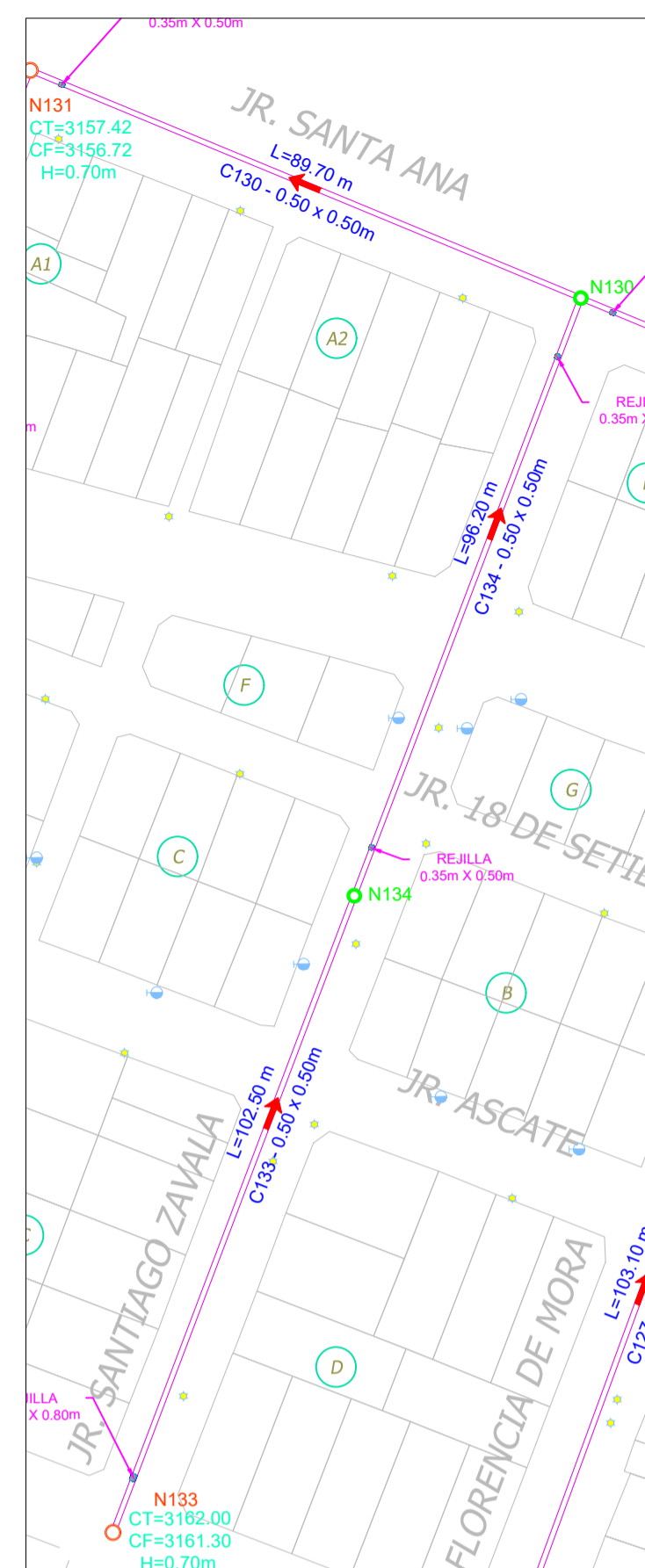
LÁMINA:
12



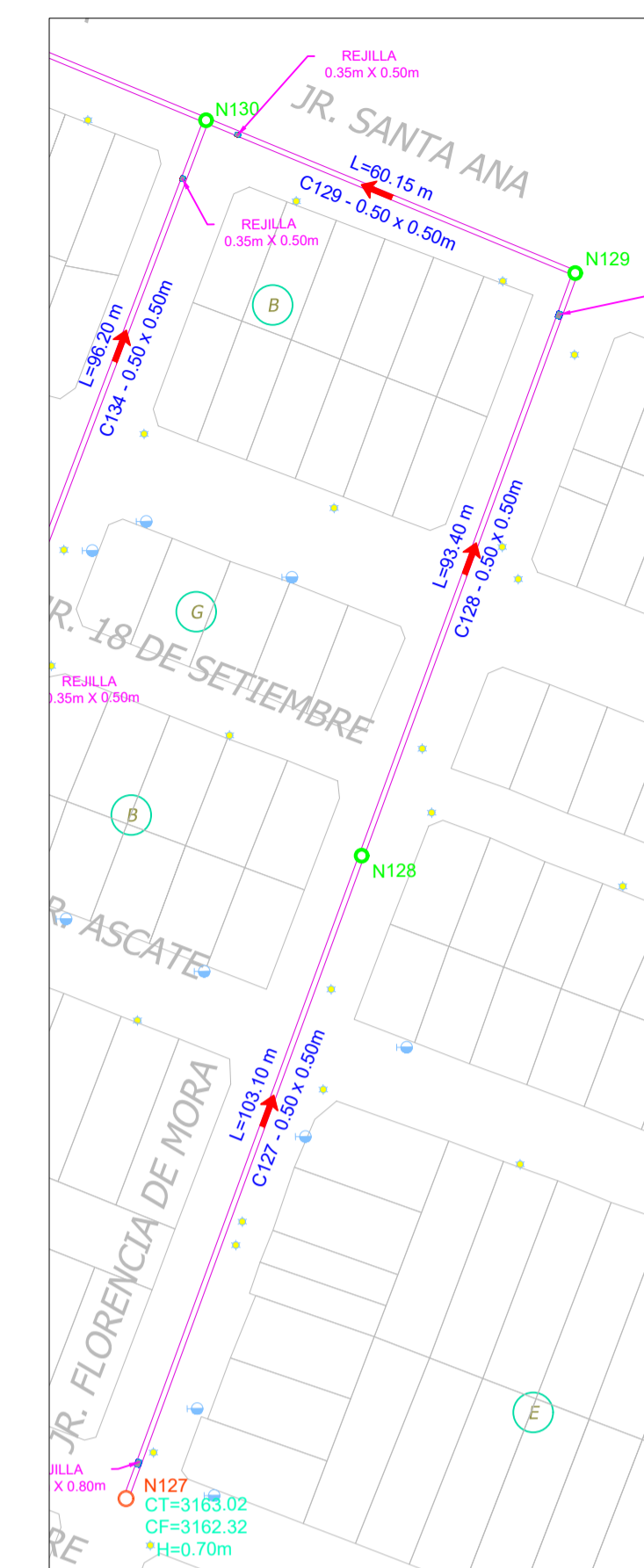
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO



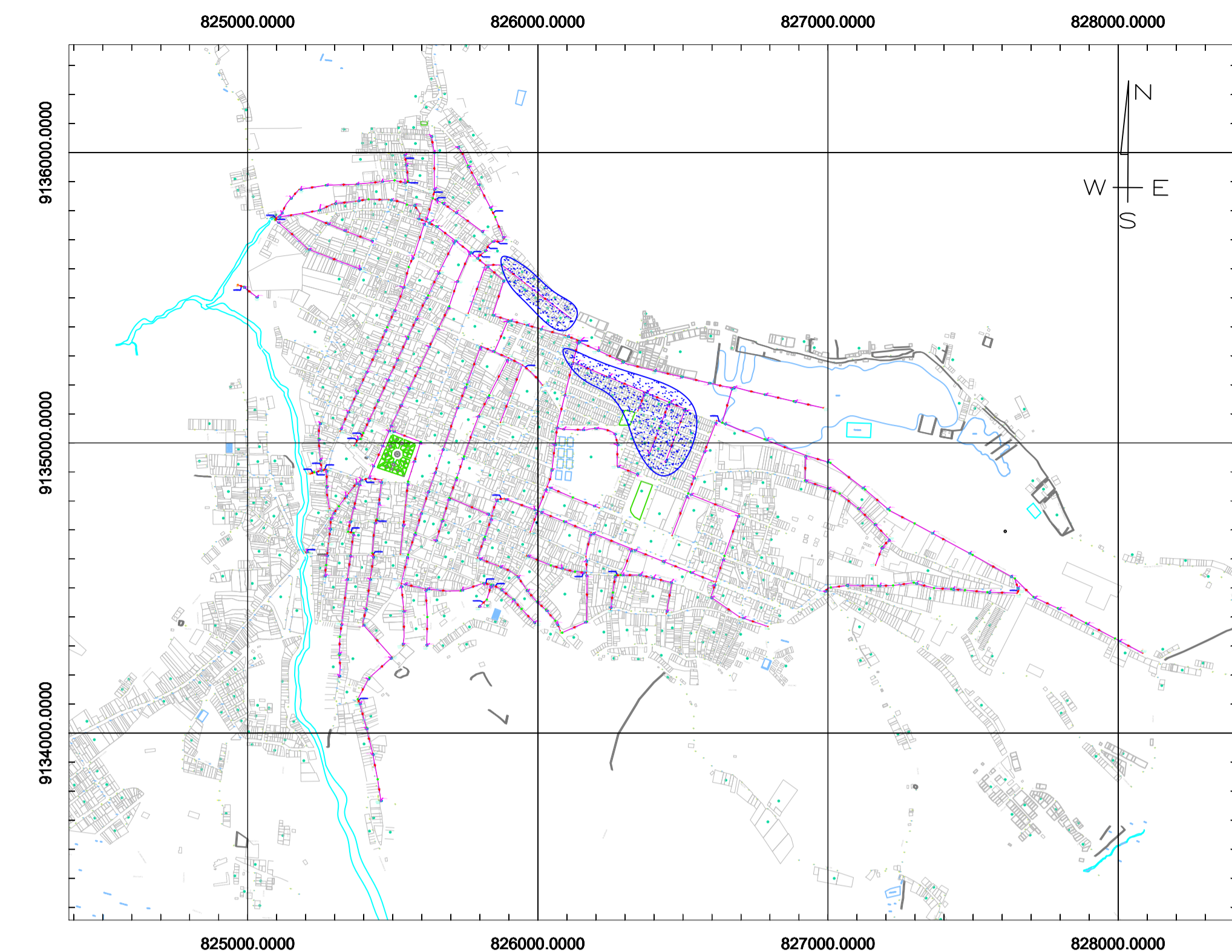
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



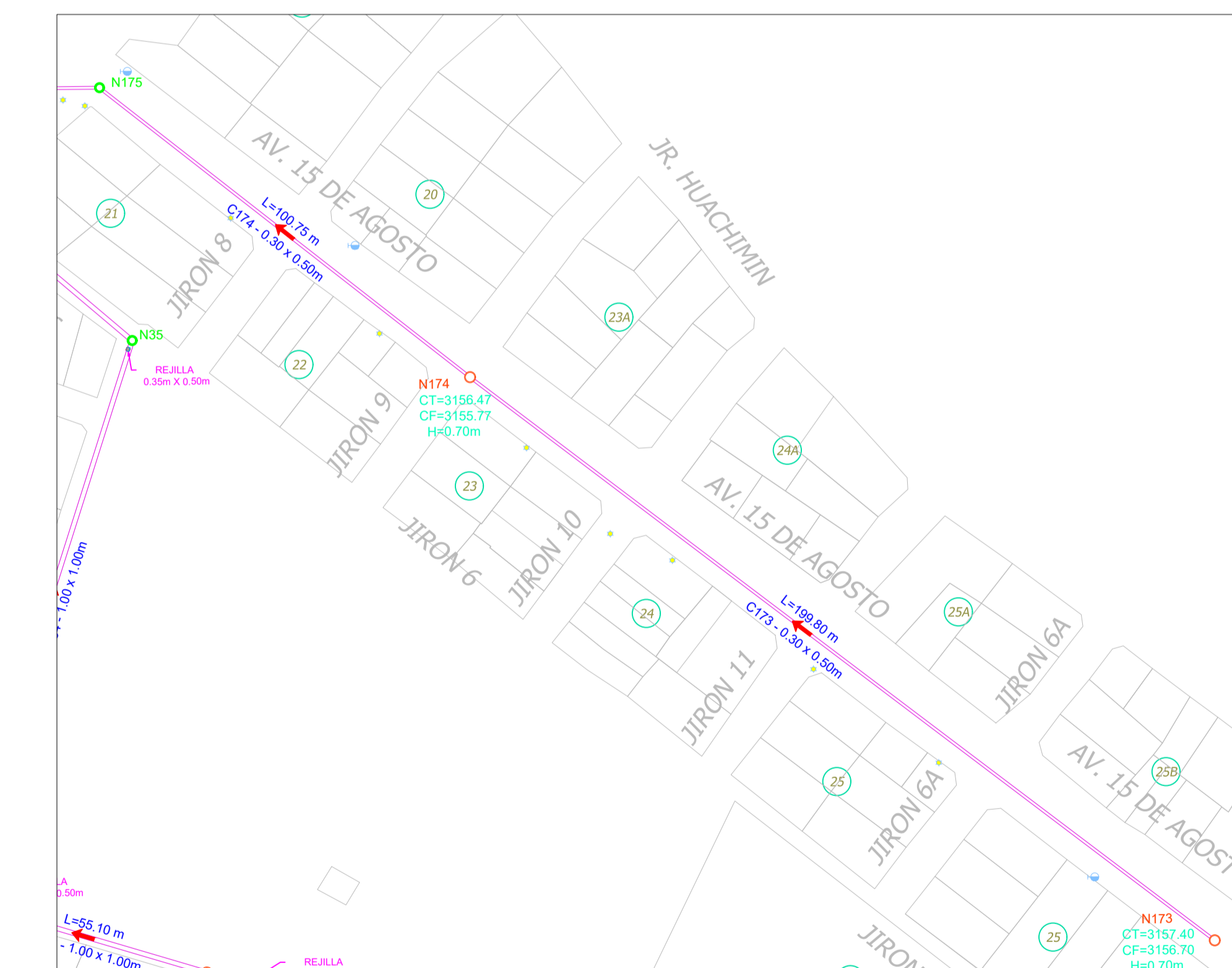
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



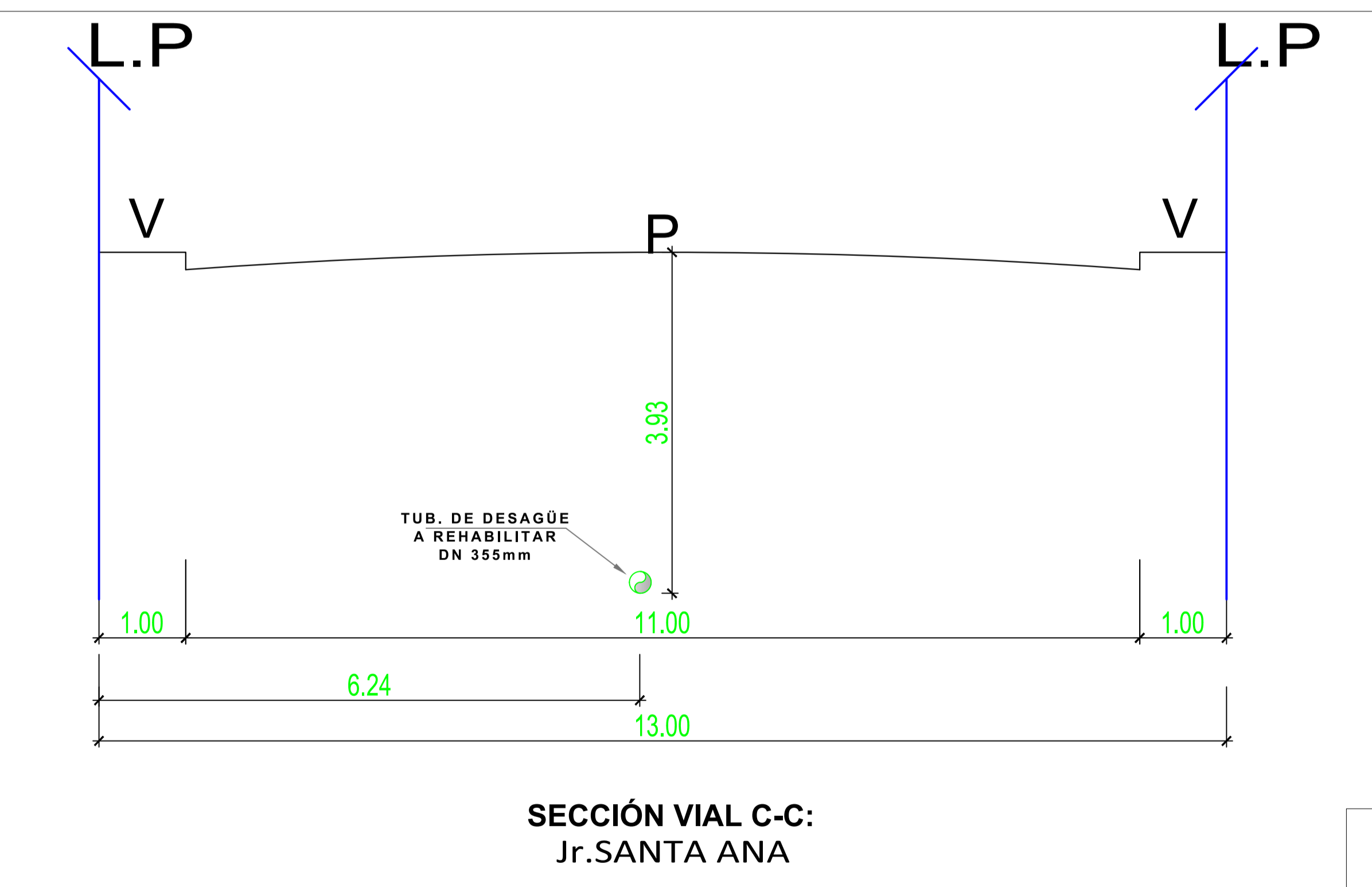
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



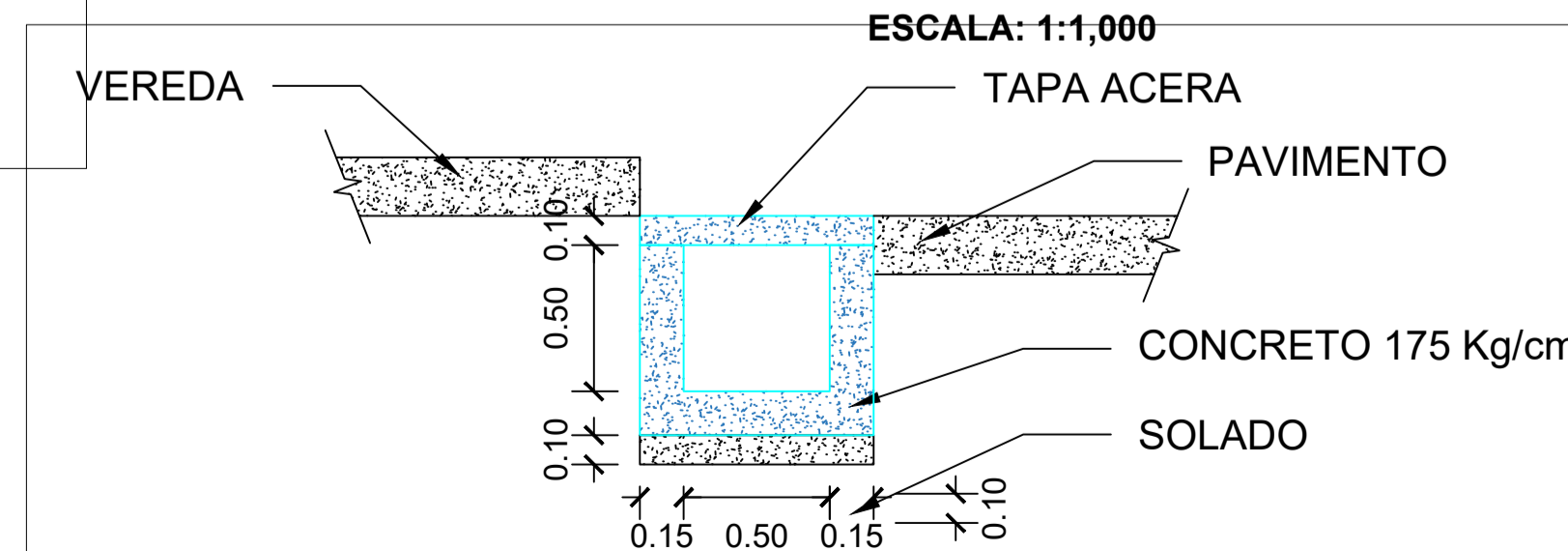
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000



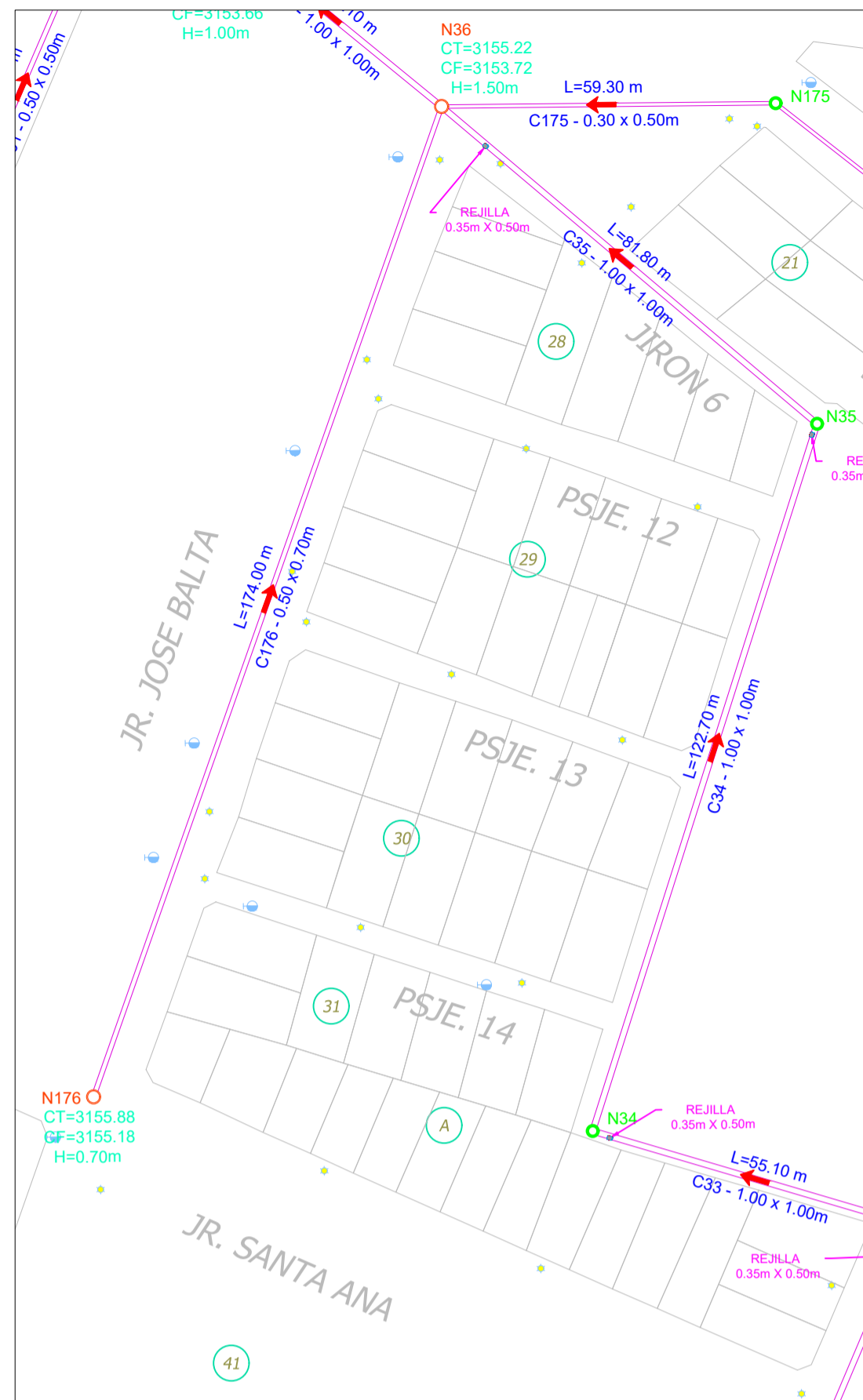
CORTE
ESCALA: 1:50



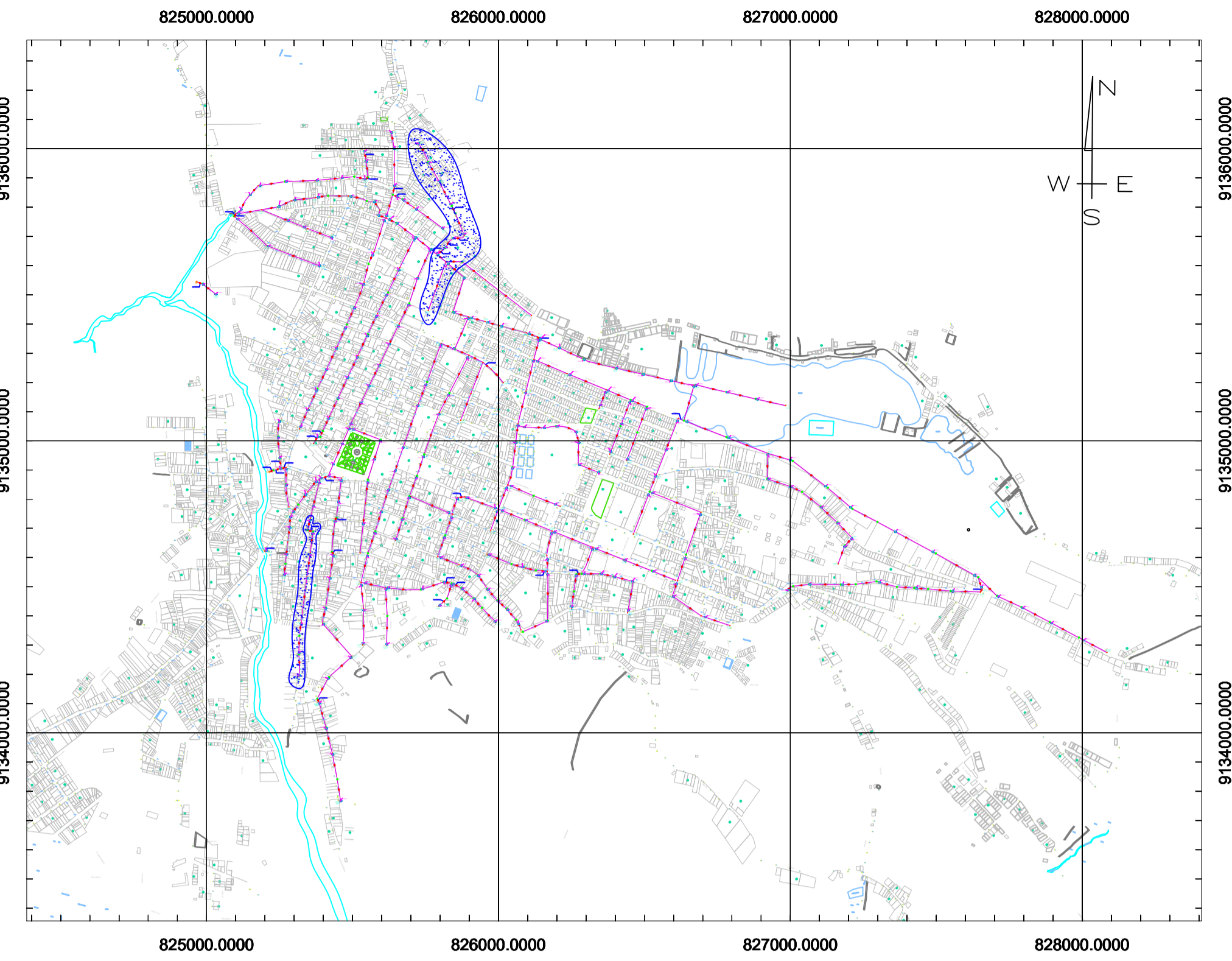
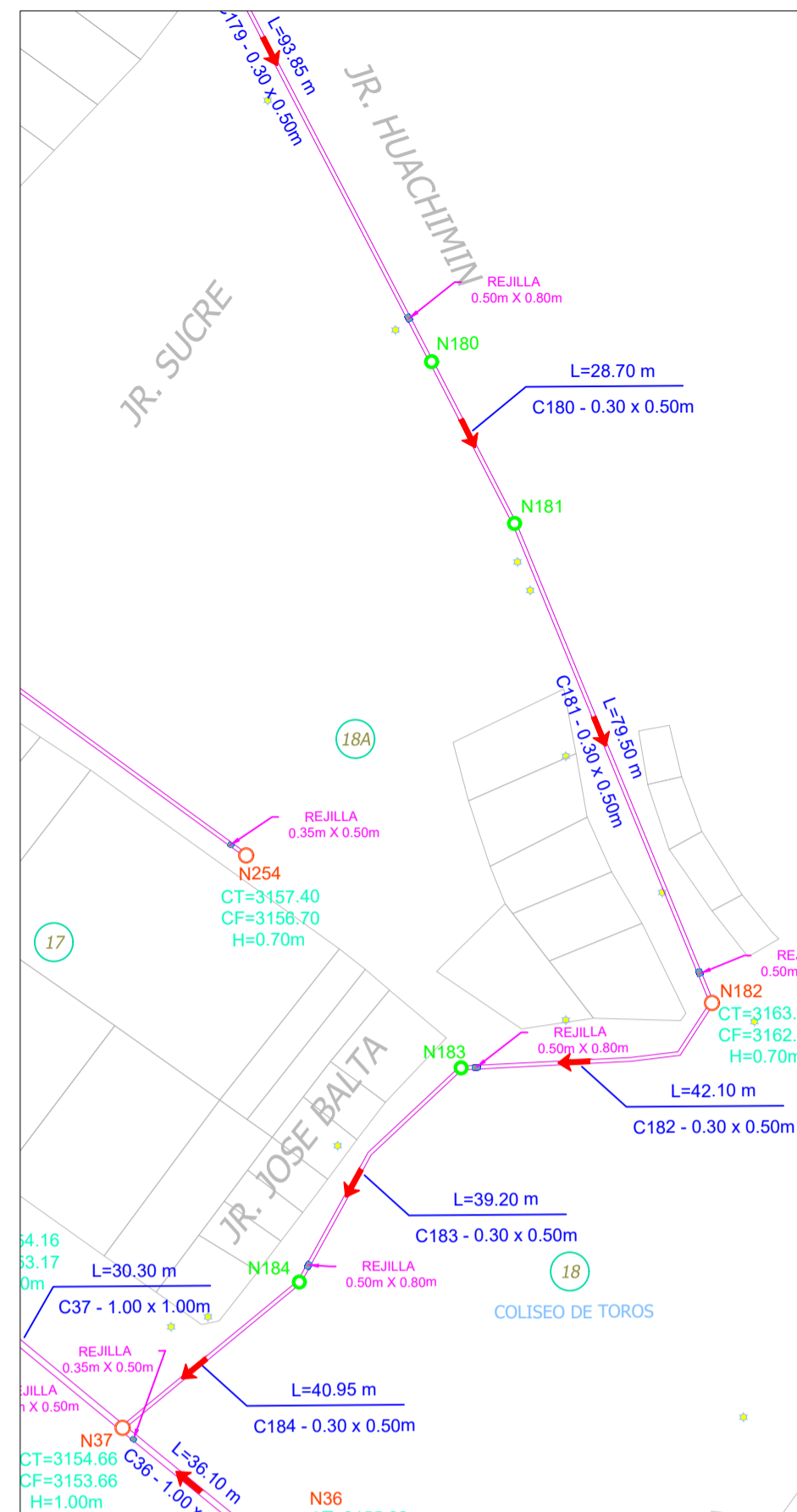
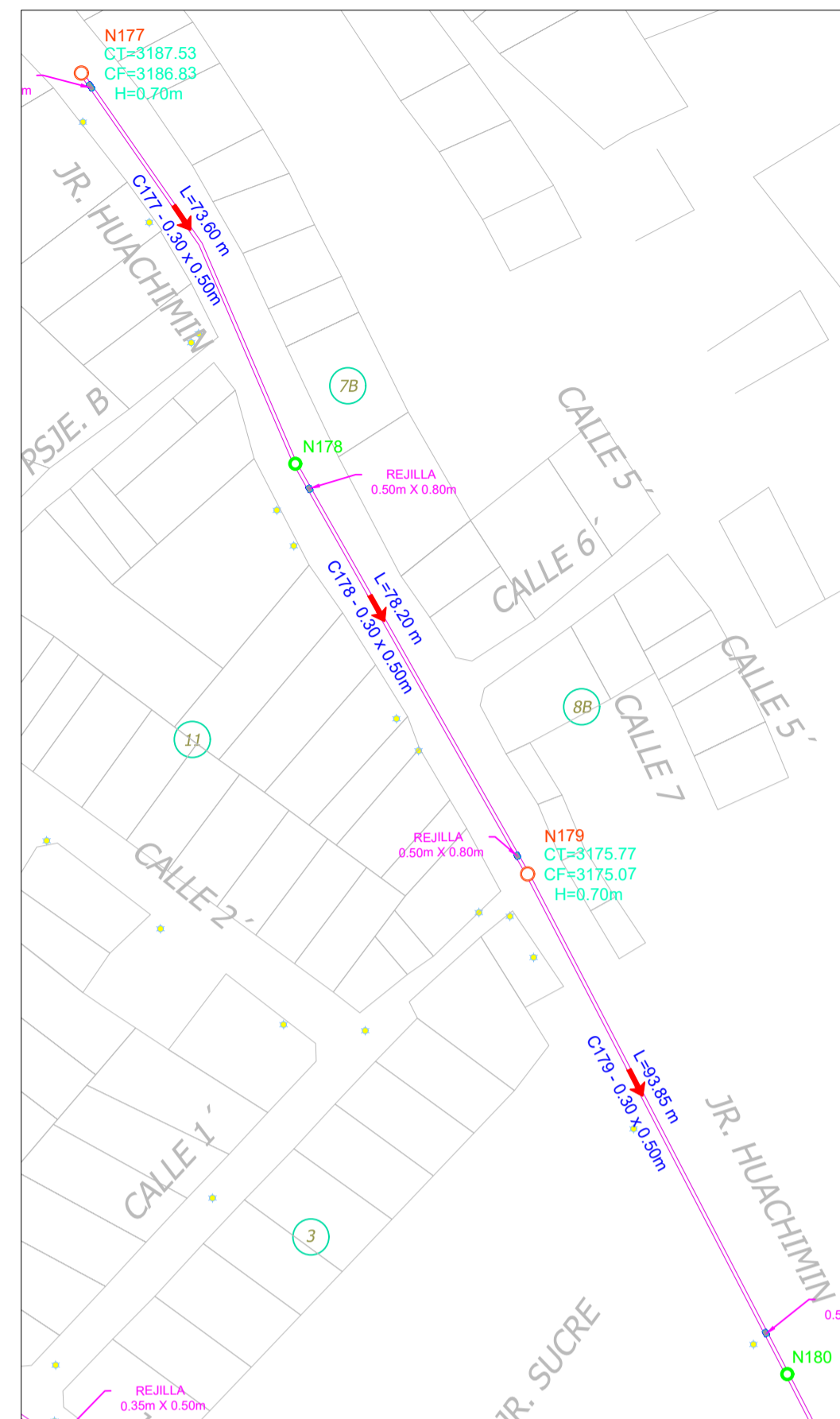
CORTE
ESCALA: 1:25

SECCIÓN C-C
CANAL 0.50m x 0.50m

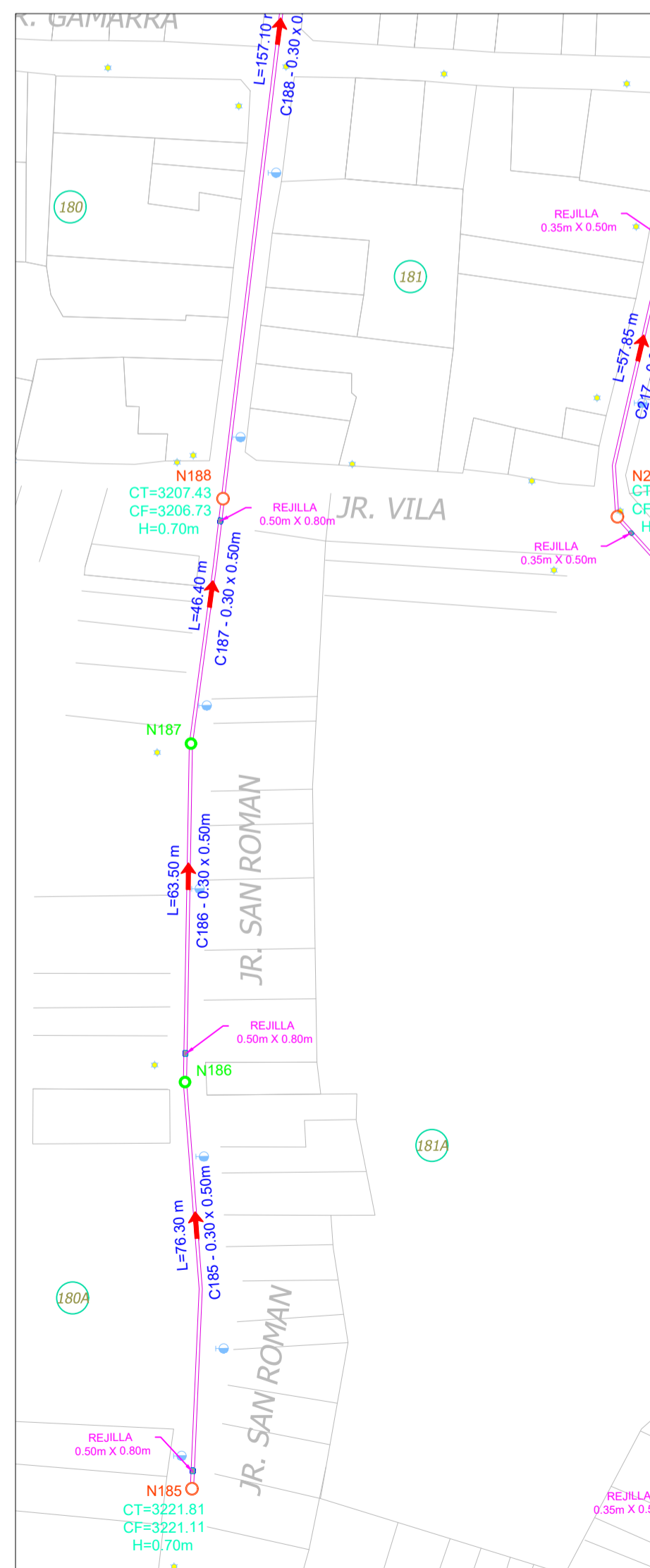
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



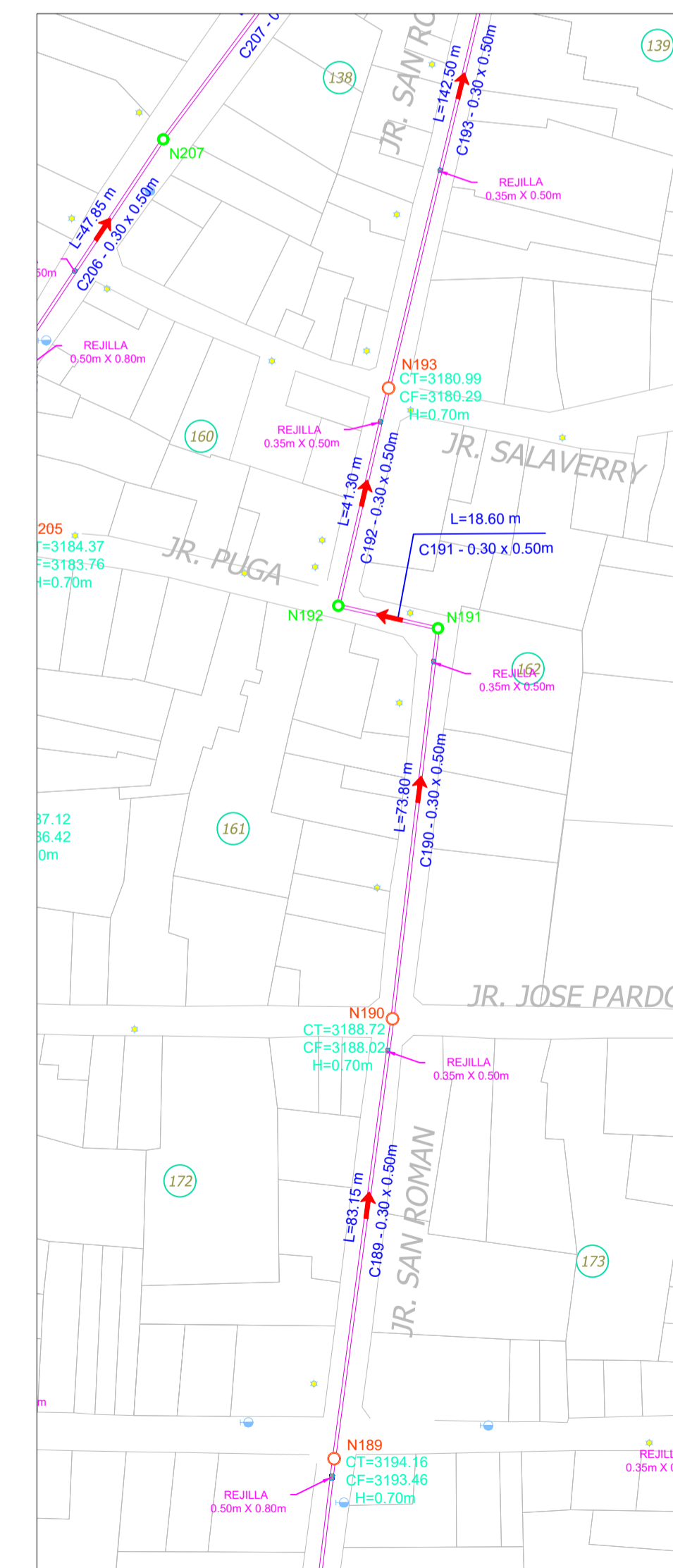
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

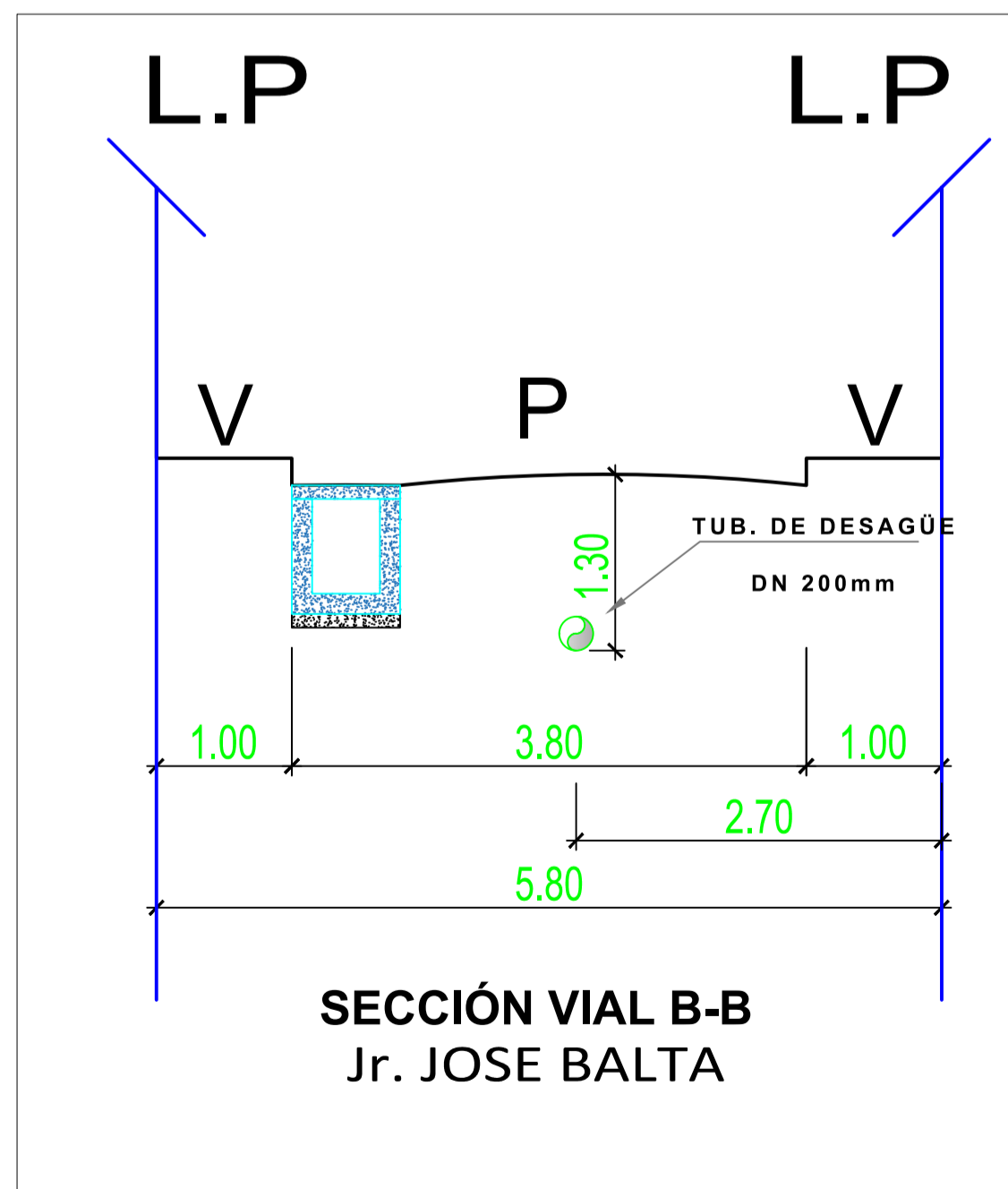


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

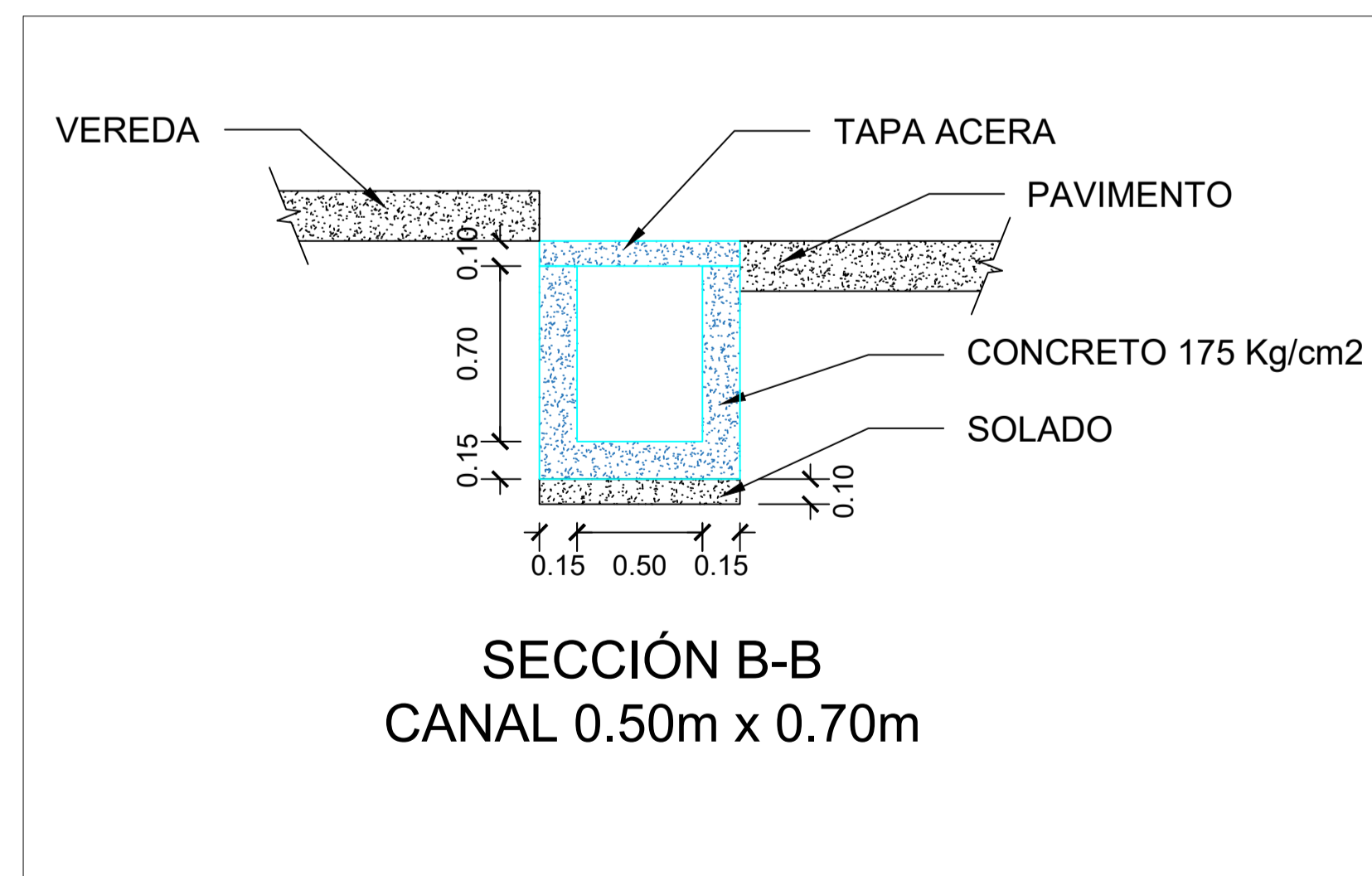


PLANTA
ESCALA: 1:1,000

LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25

UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

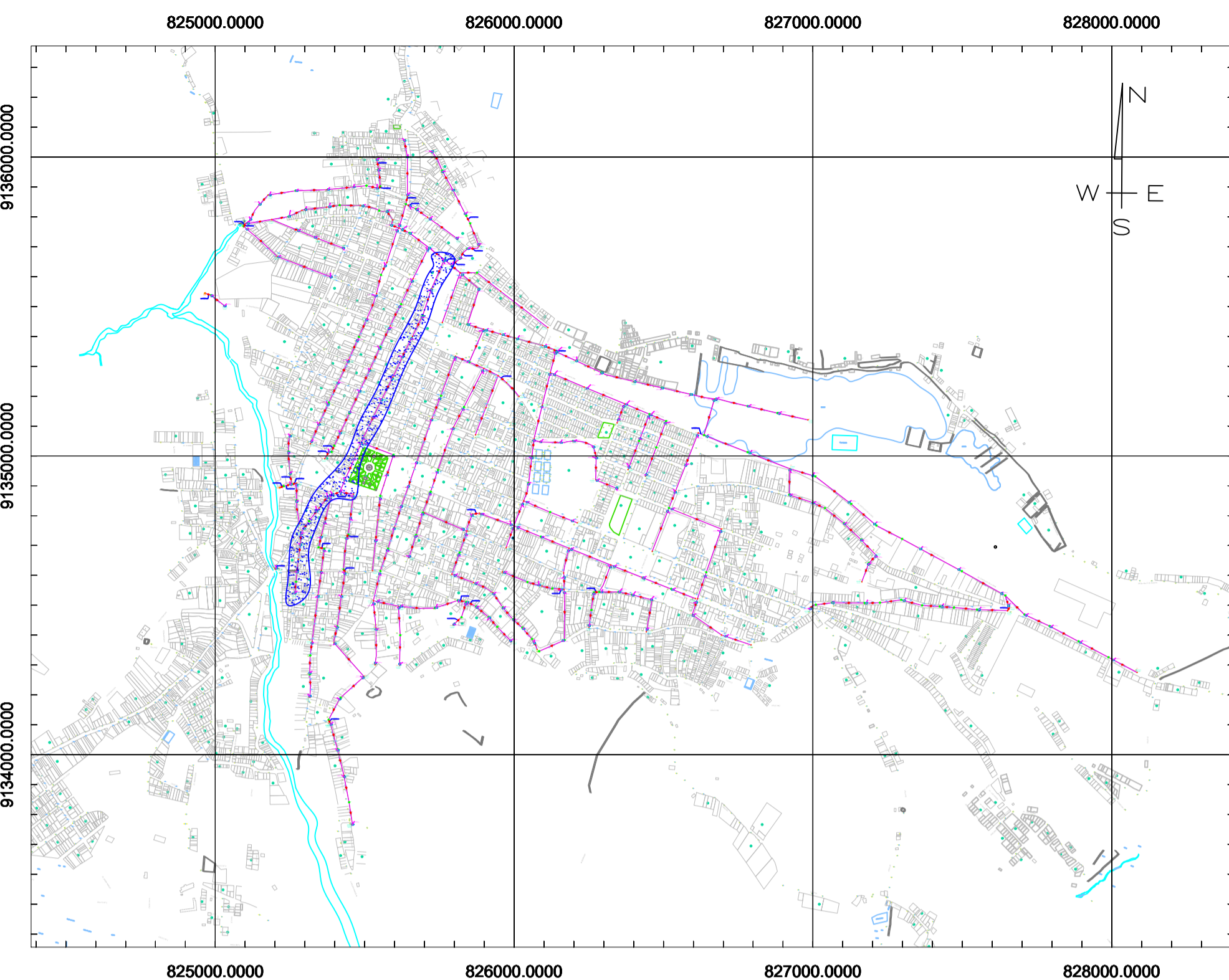
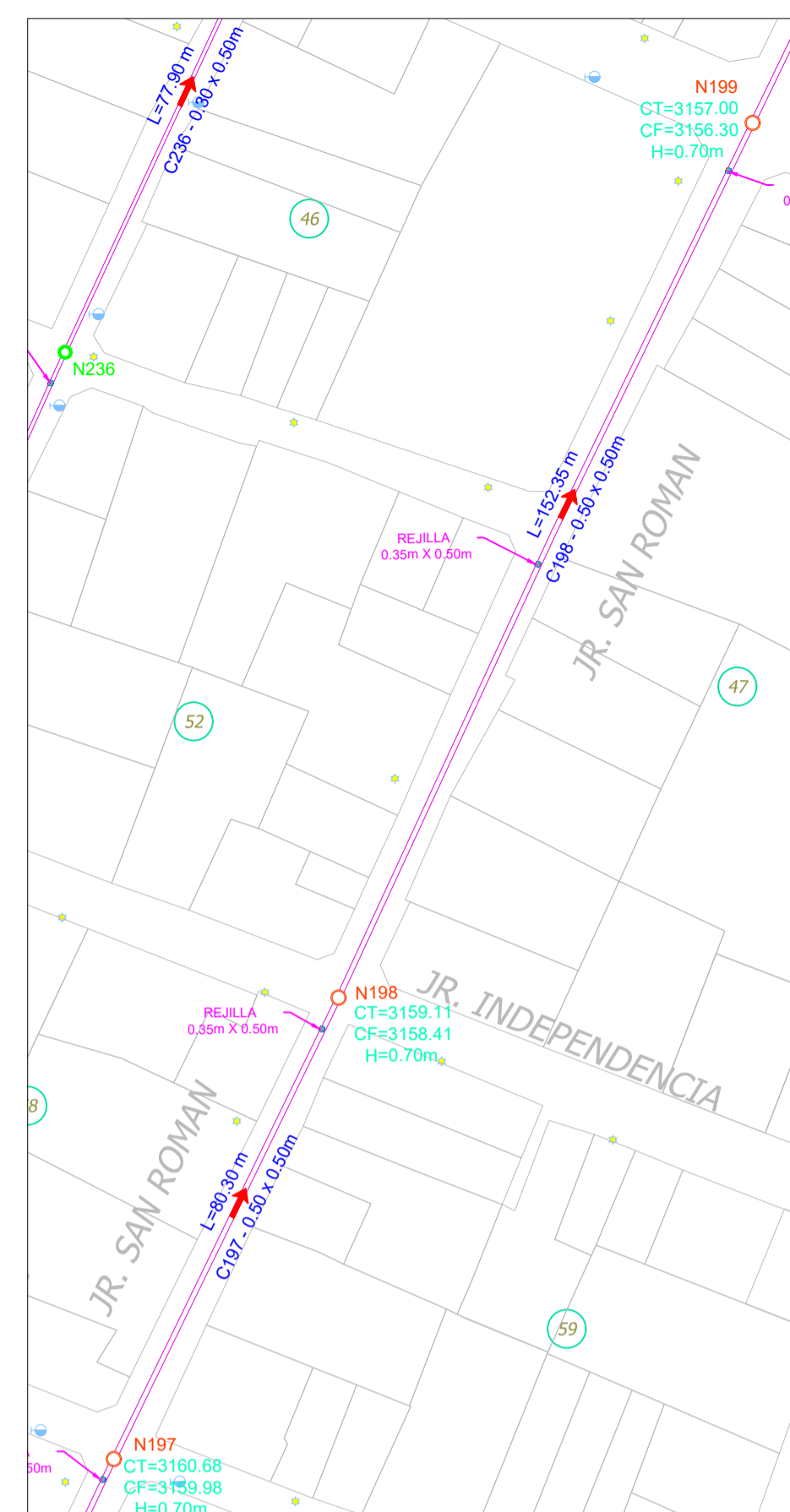
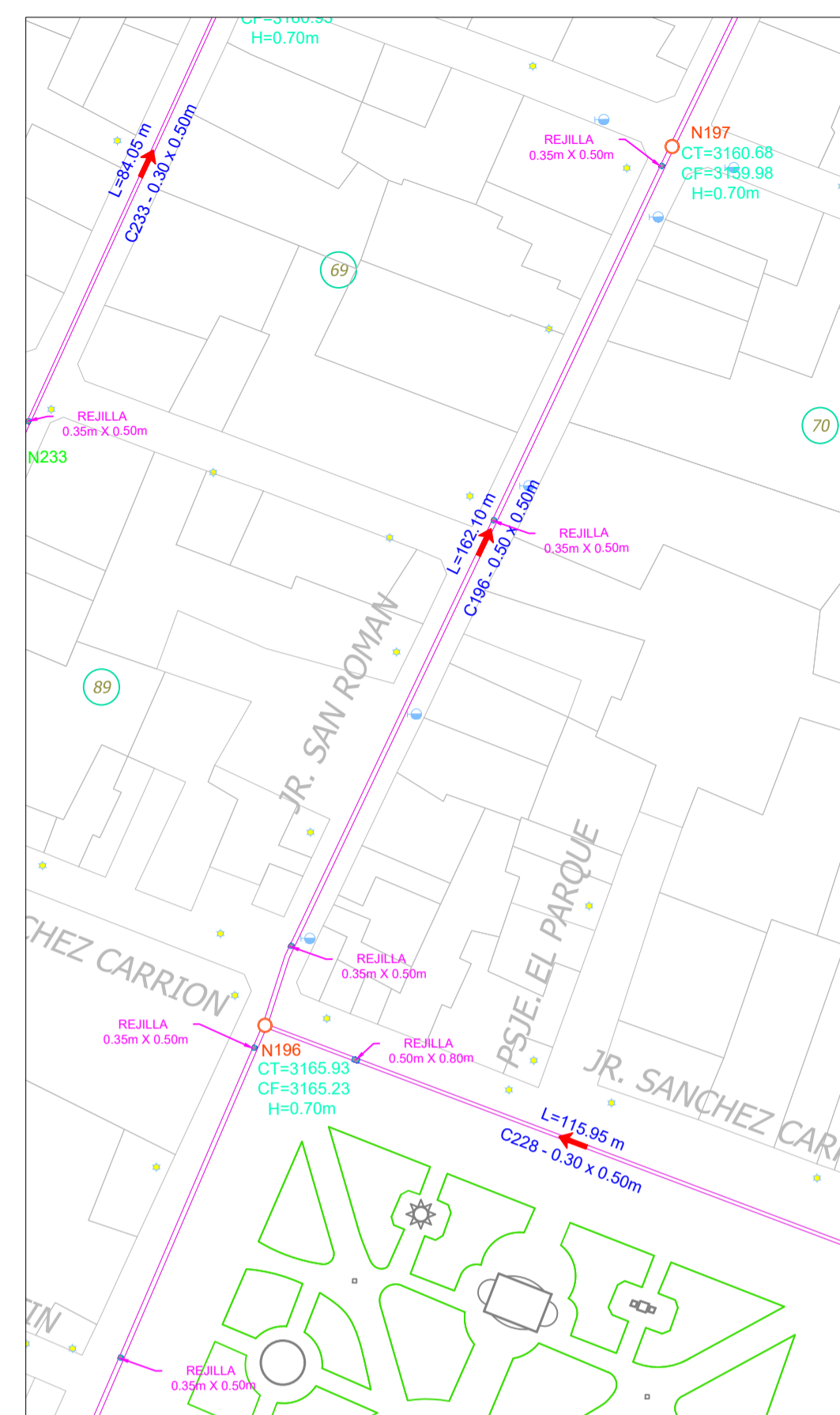
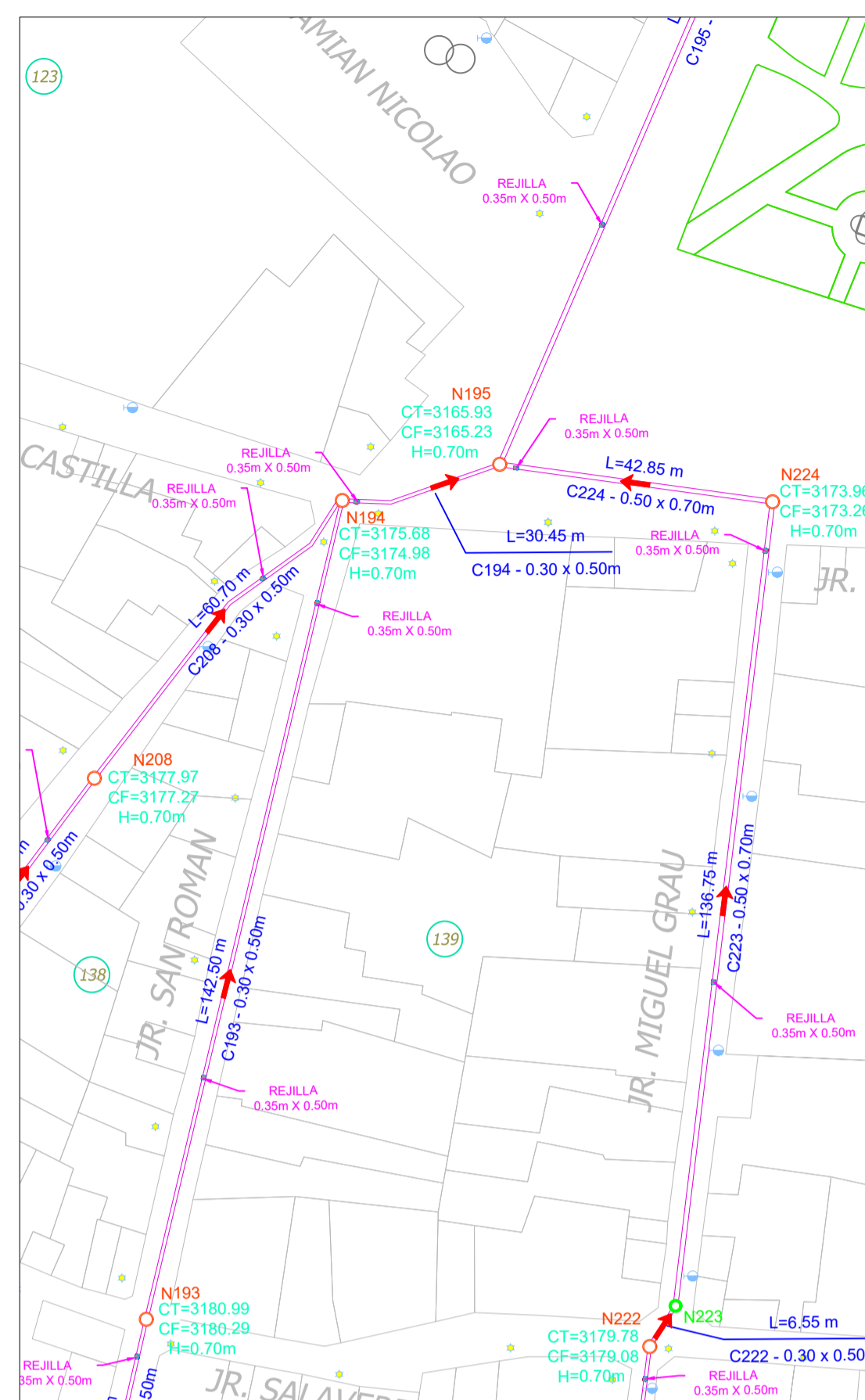
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA
SETIEMBRE - 2022

LÁMINA:
14



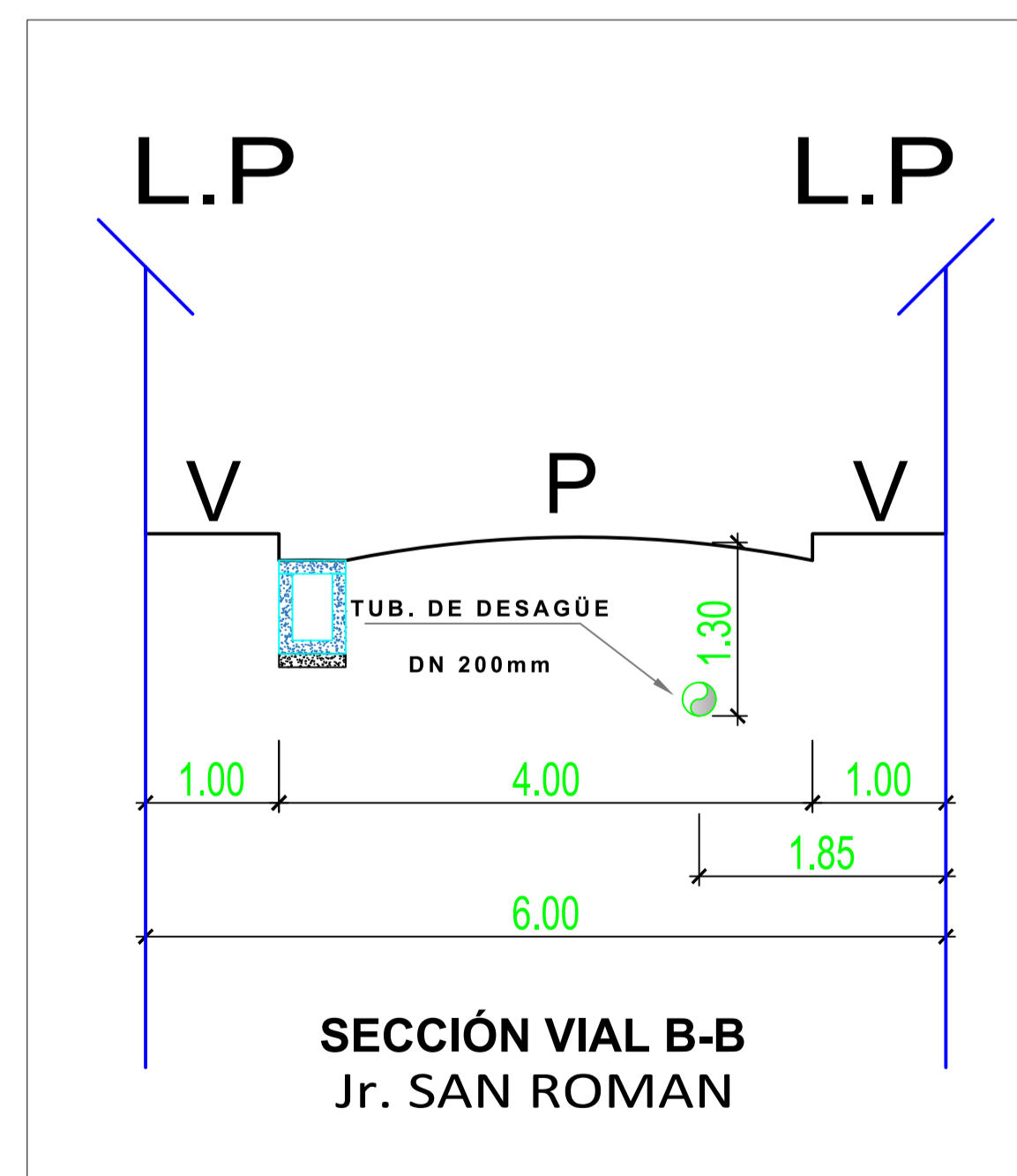
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO



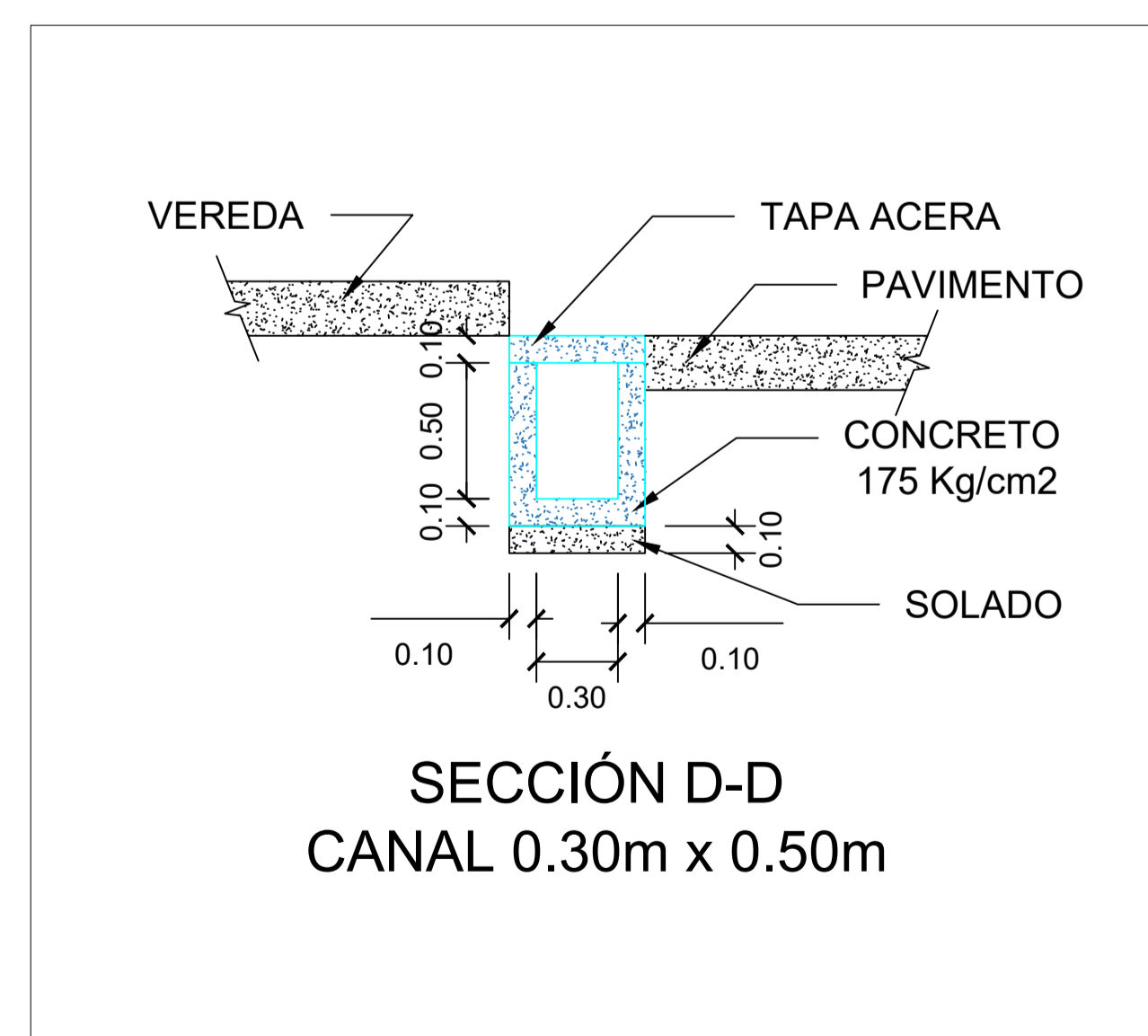
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

PLANTA
ESCALA: 1:1,000

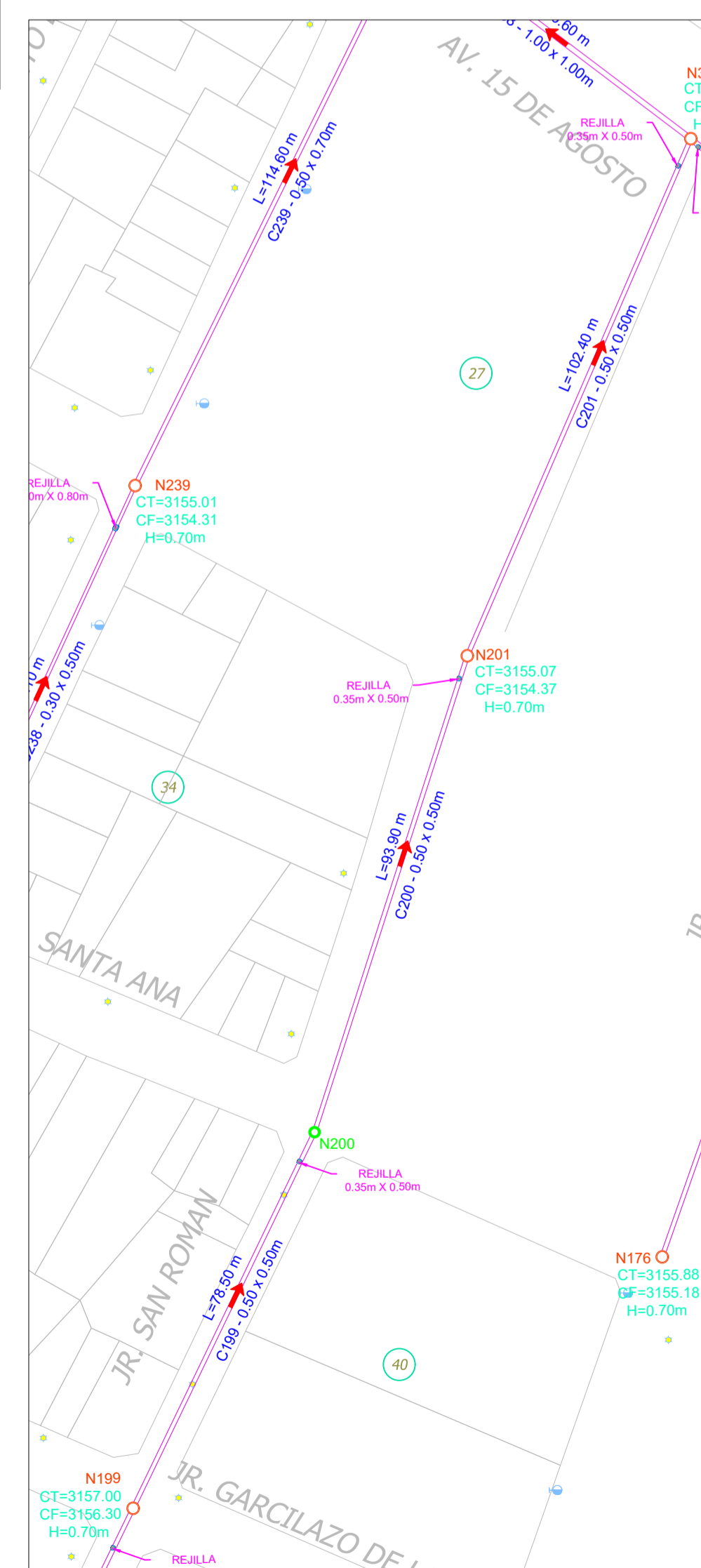
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



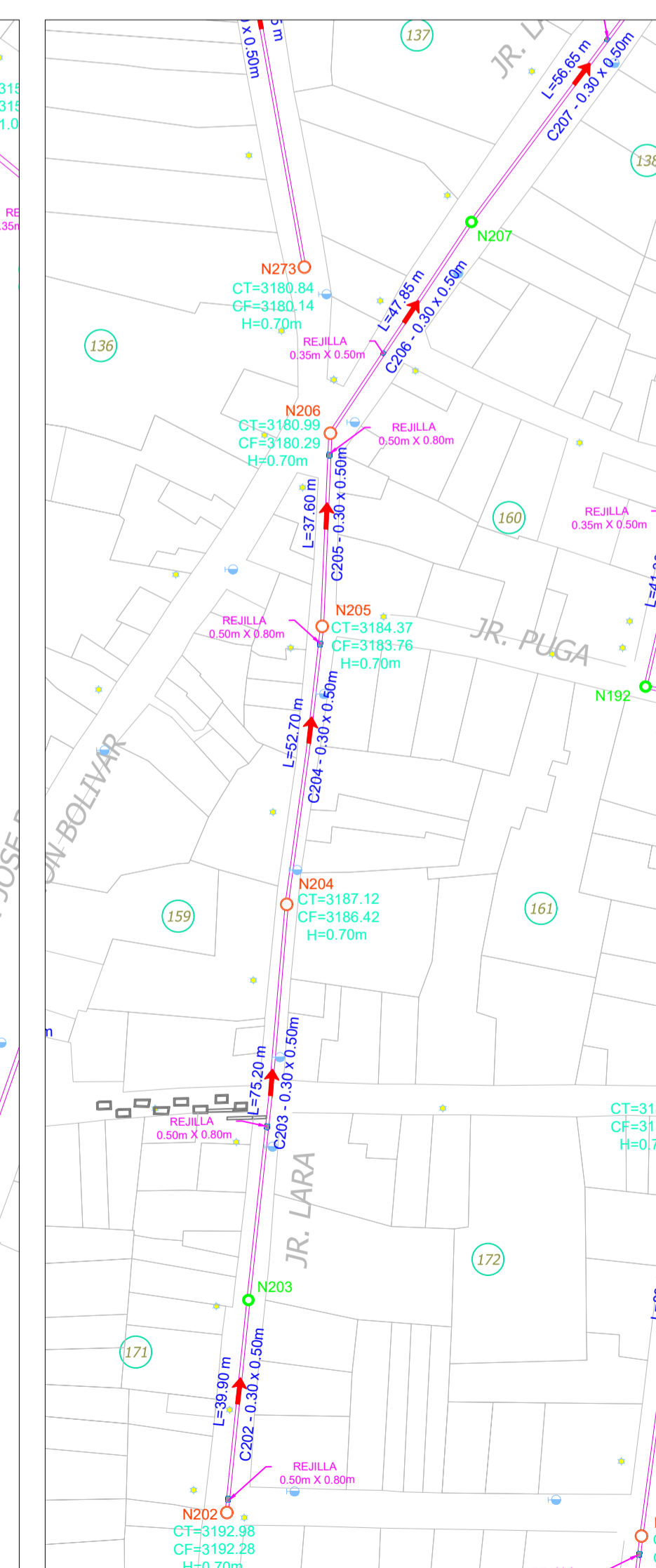
CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25



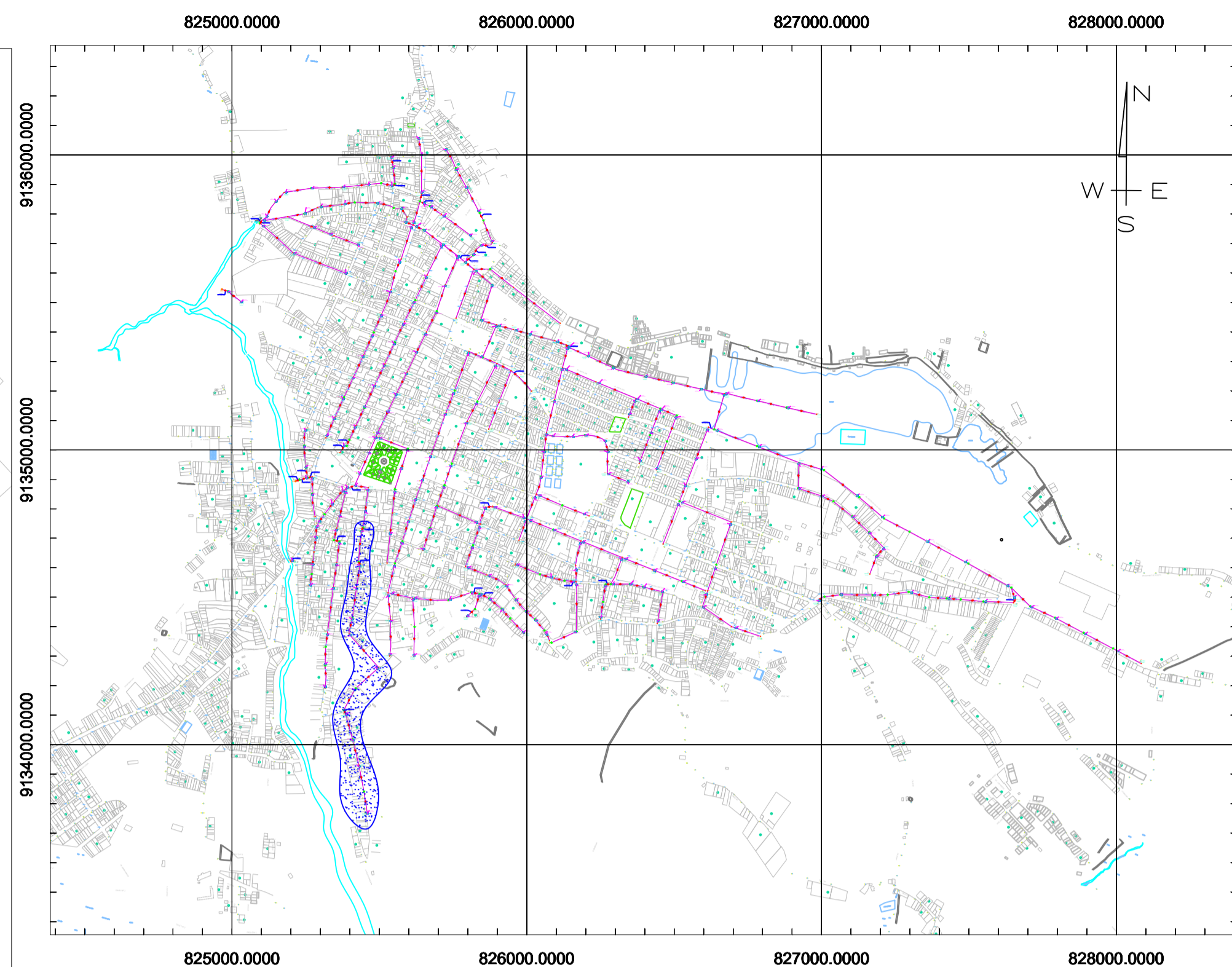
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



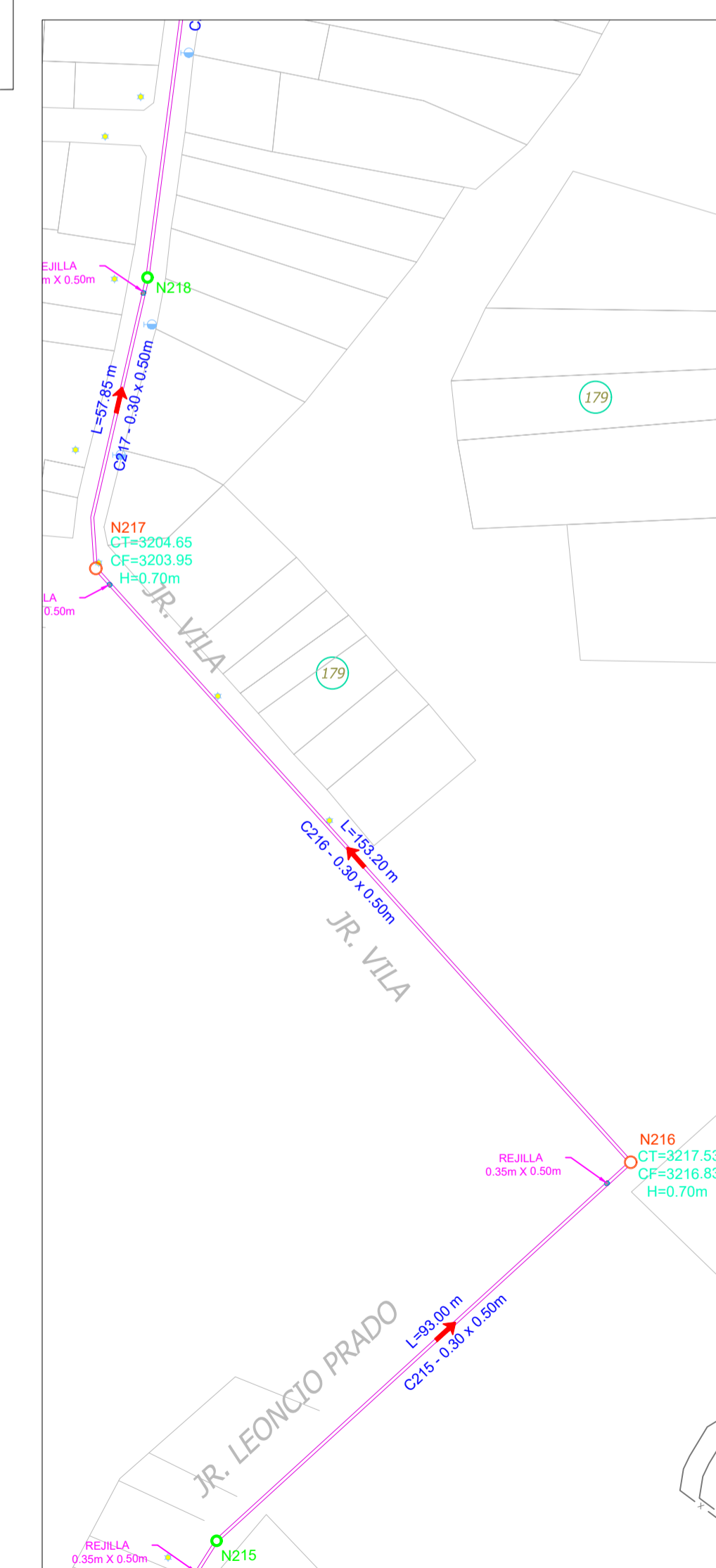
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO



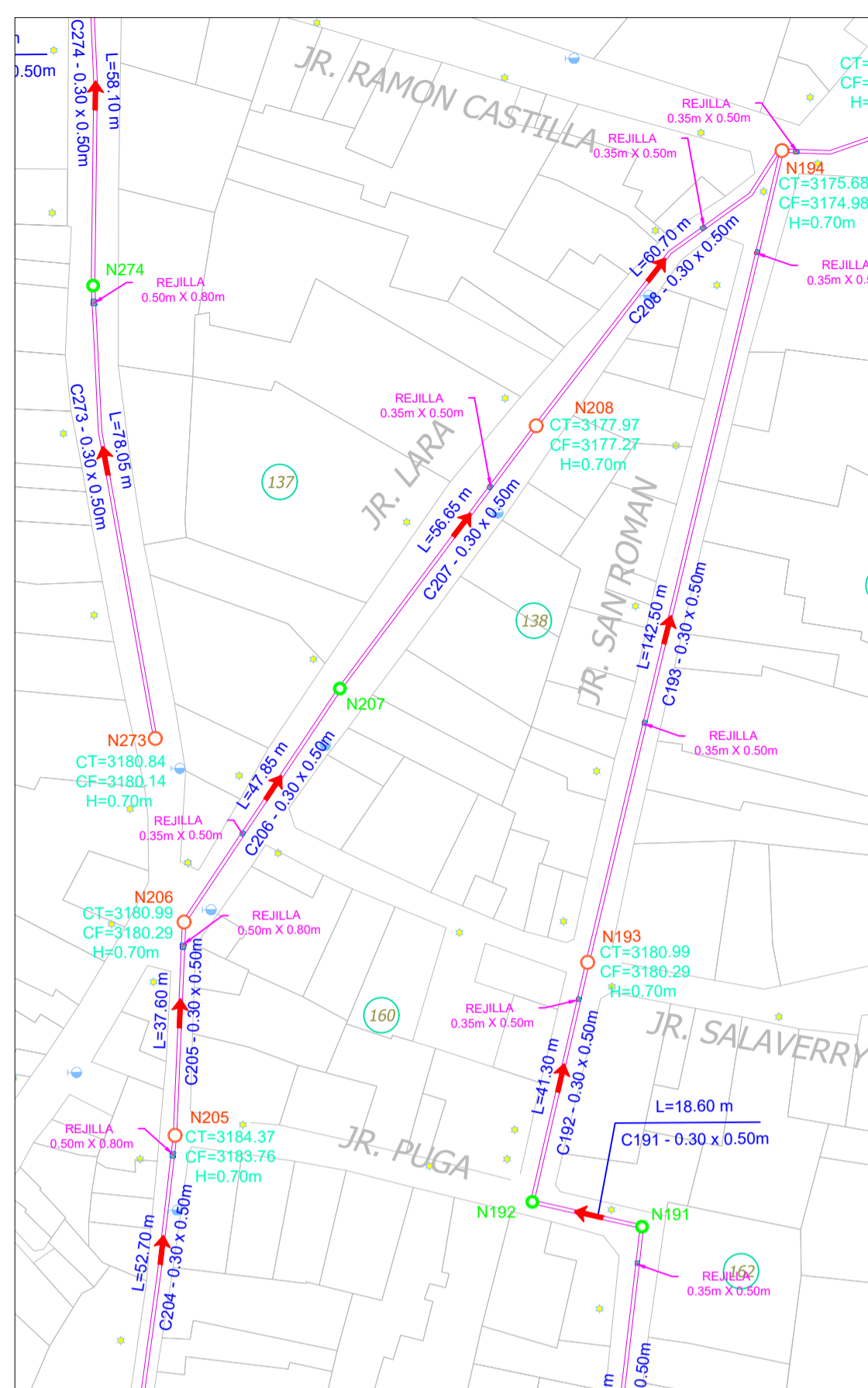
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



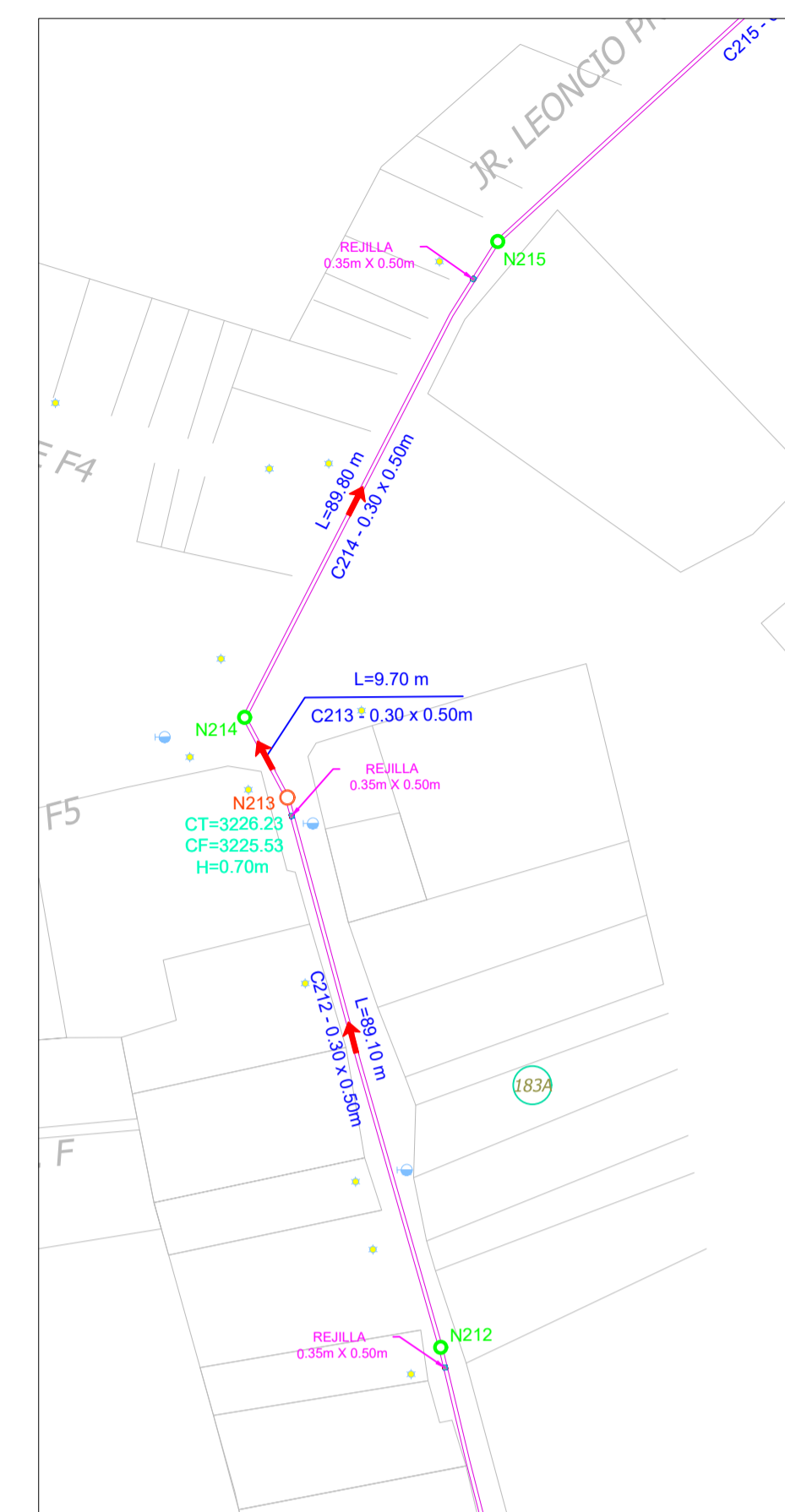
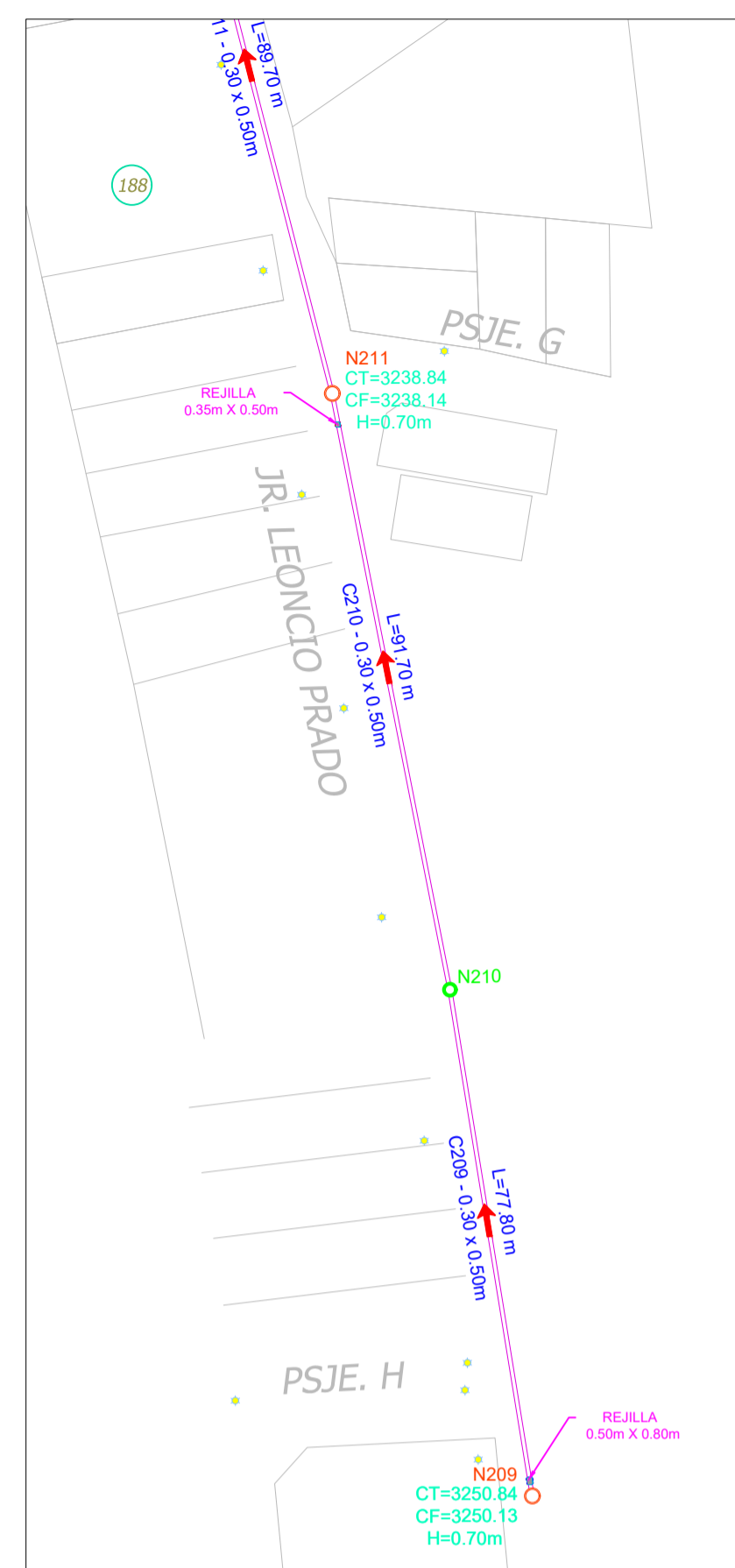
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



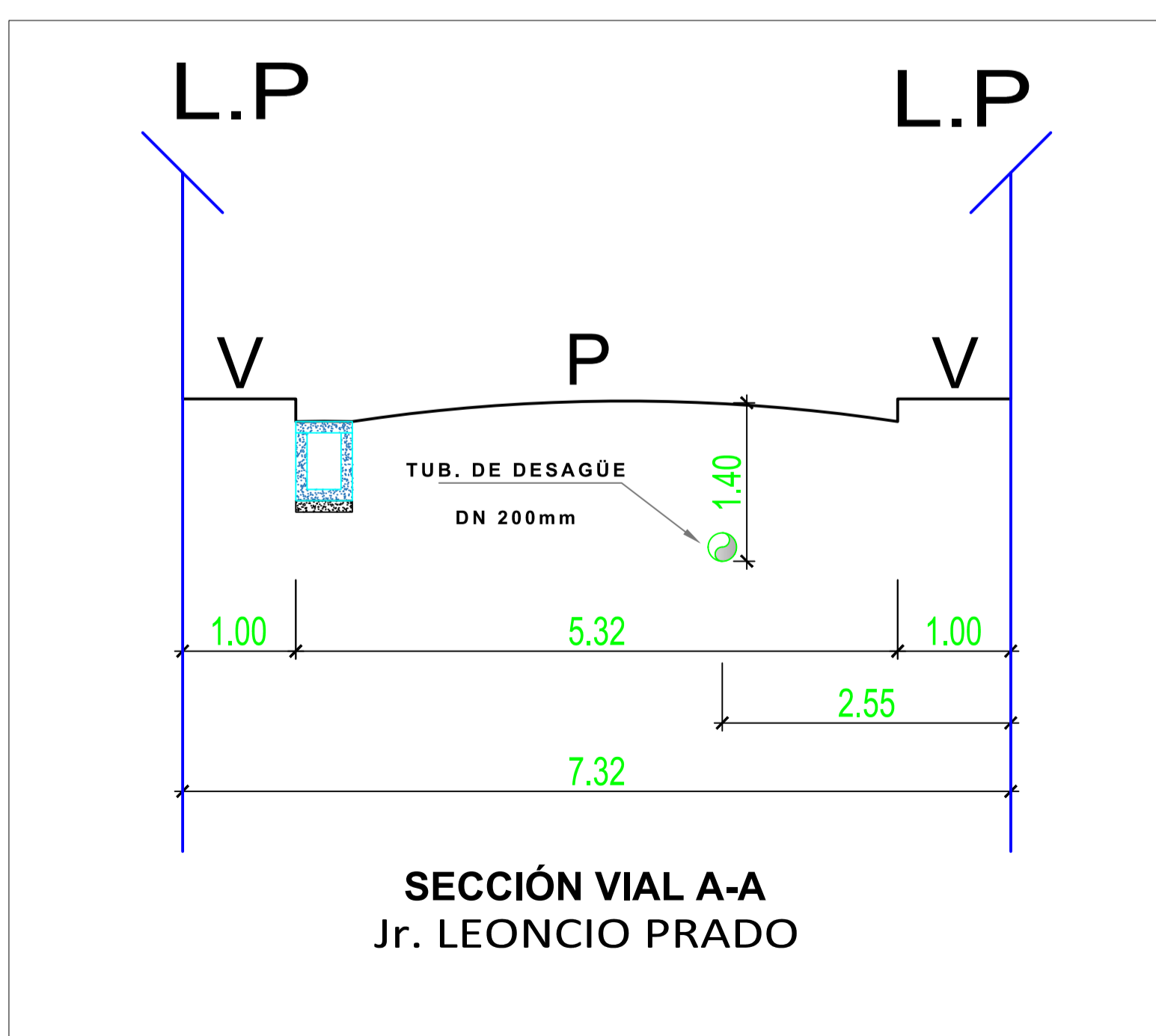
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



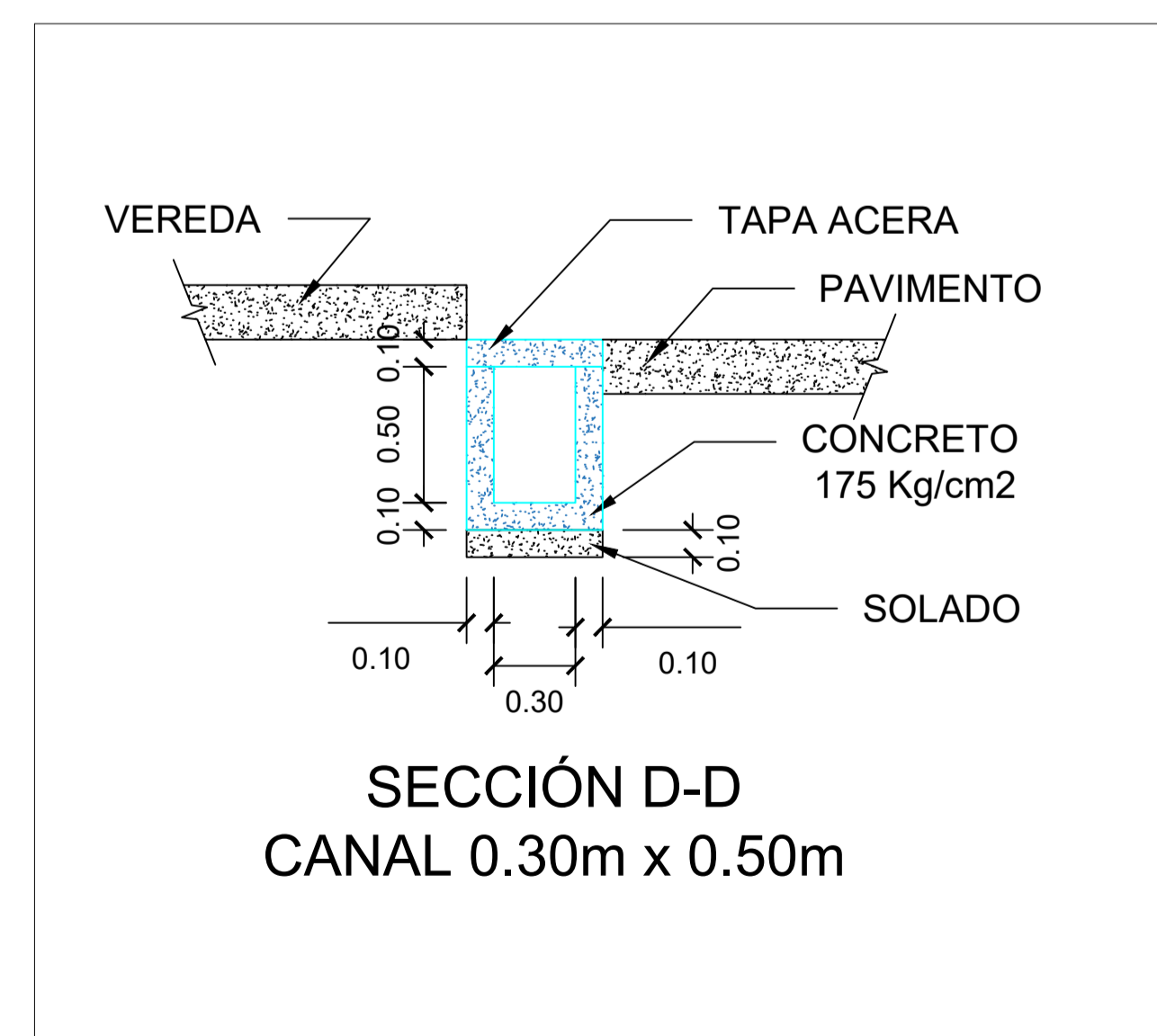
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



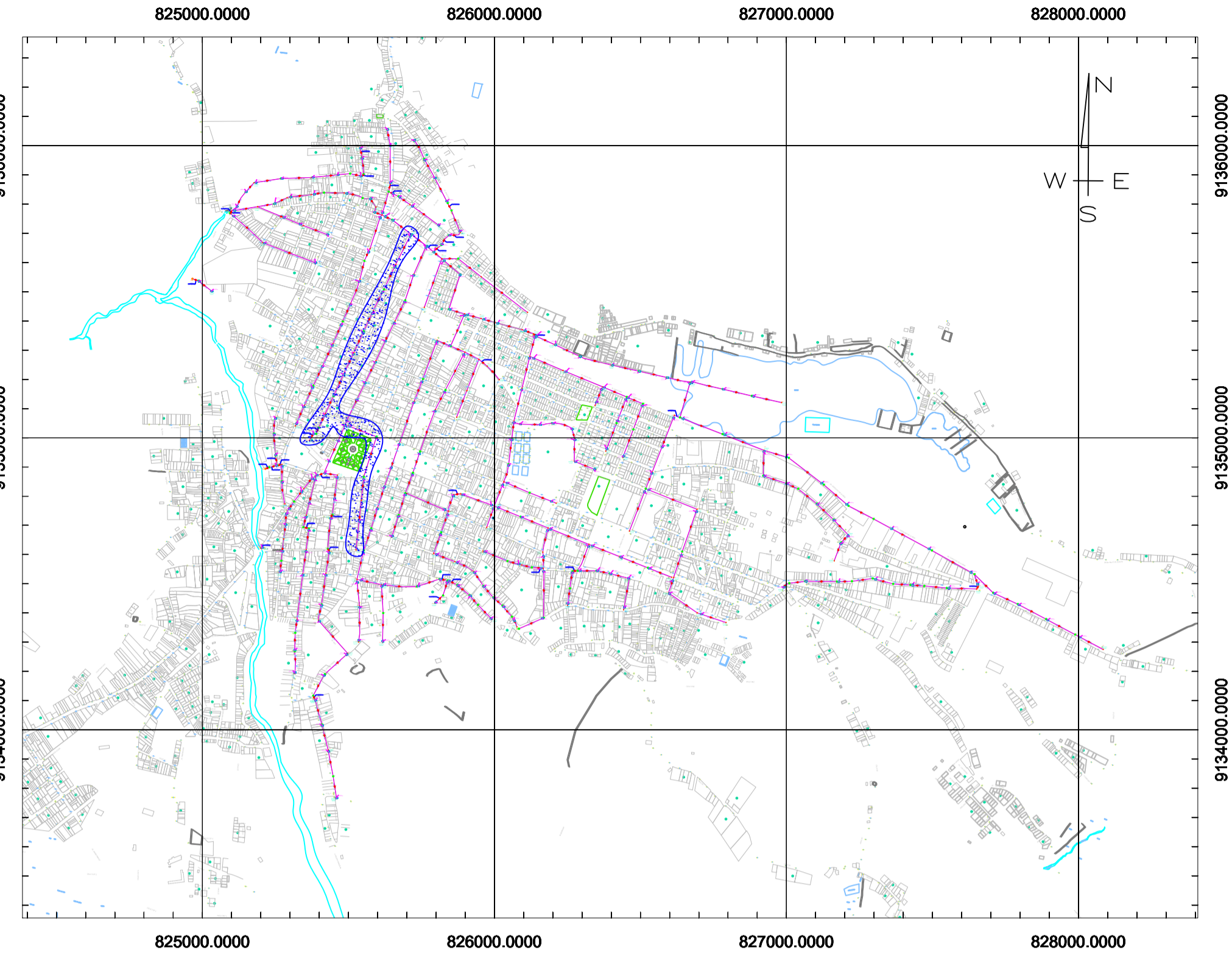
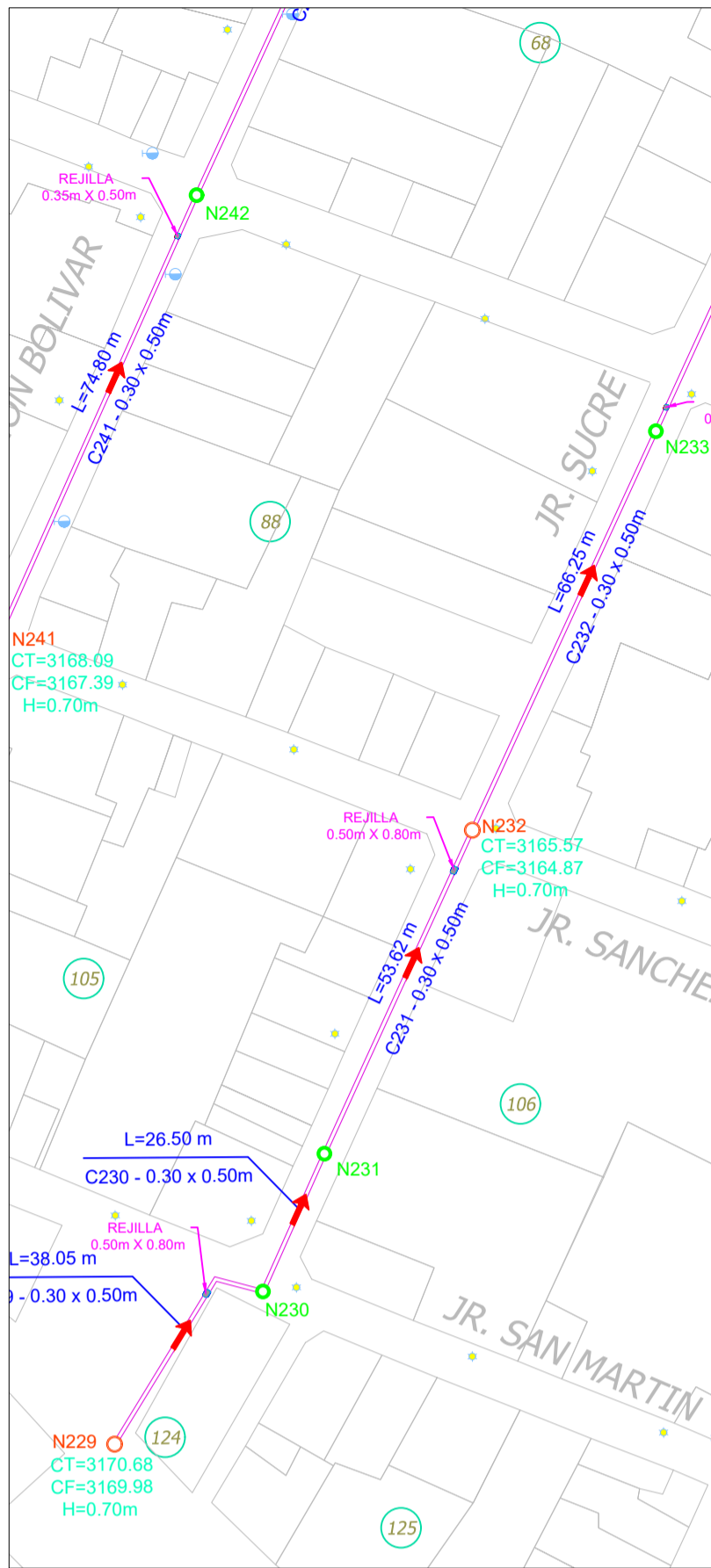
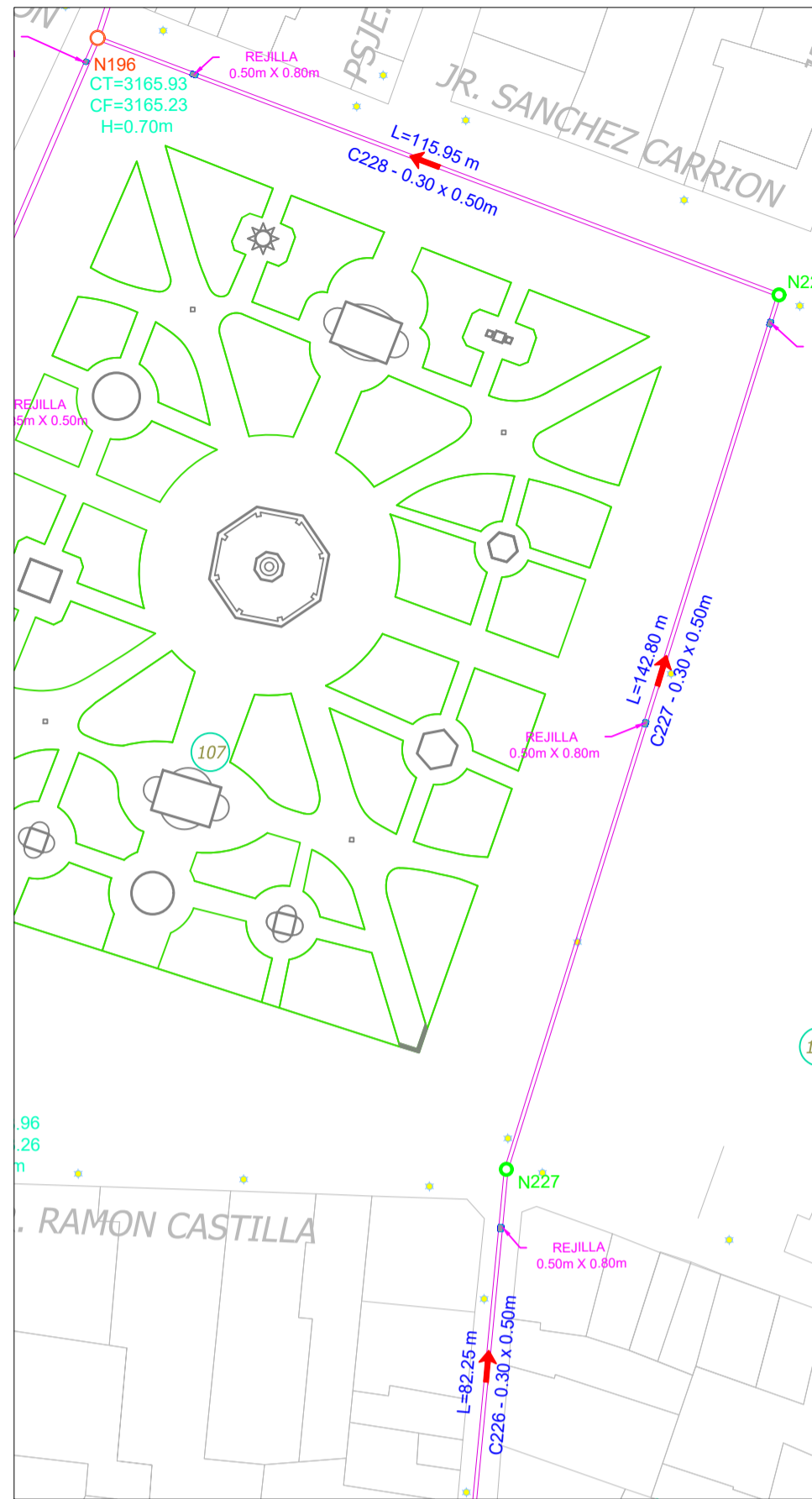
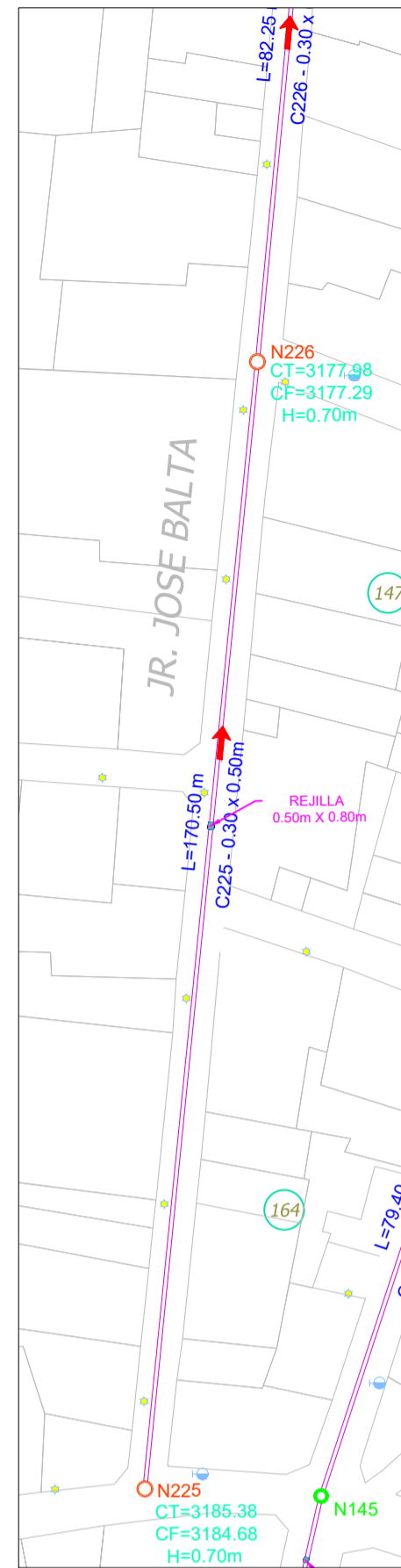
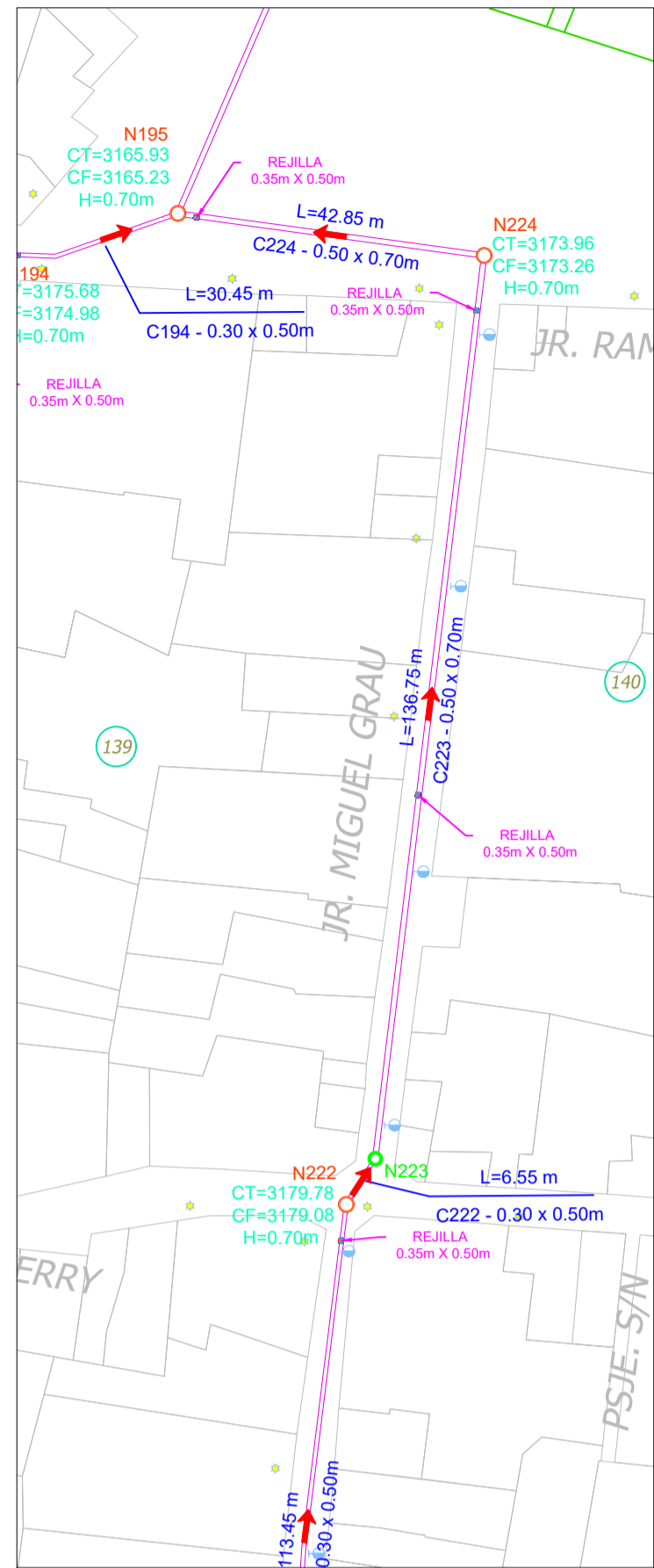
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



CORTE
ESCALA: 1:50



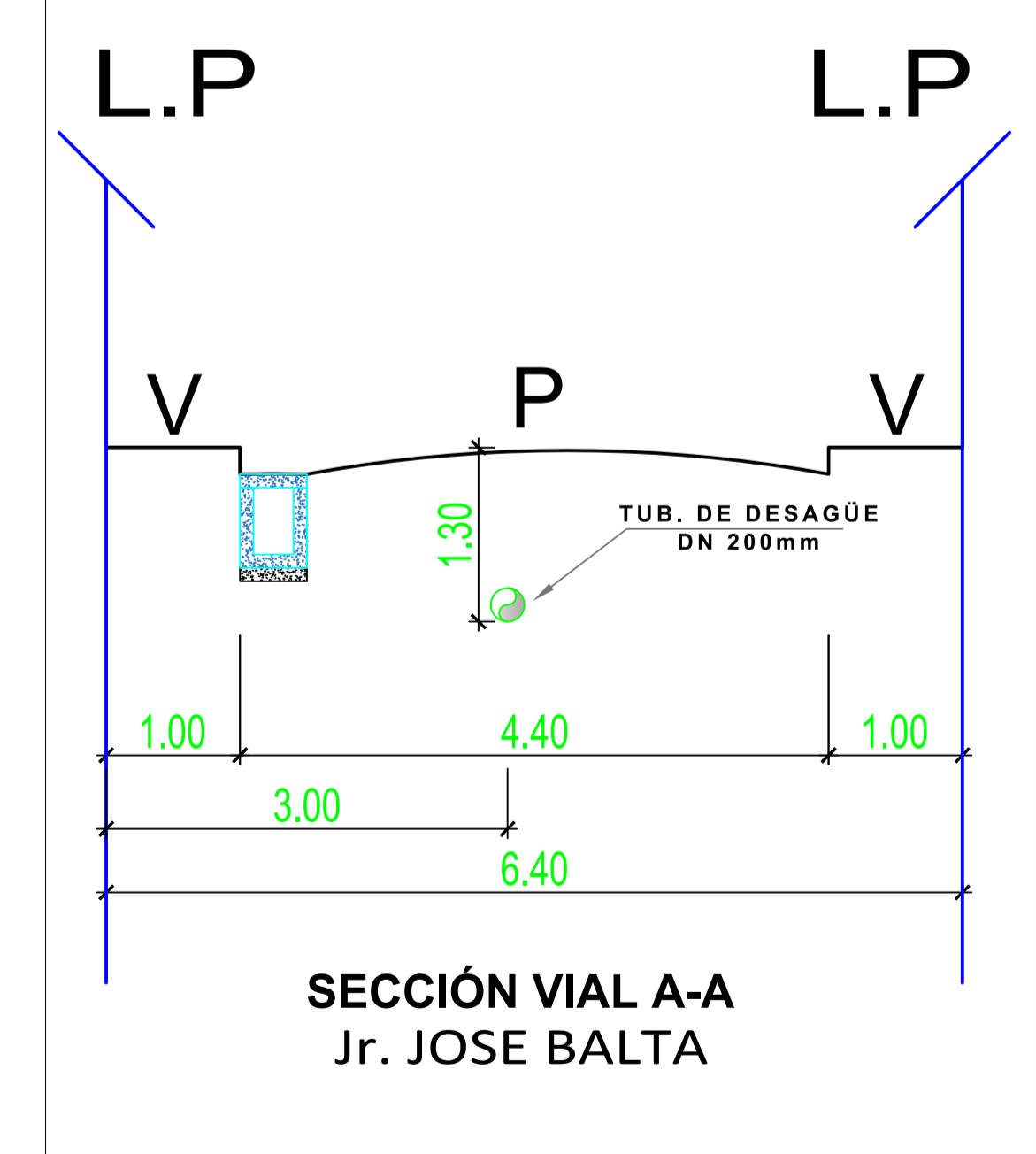
CORTE
ESCALA: 1:25



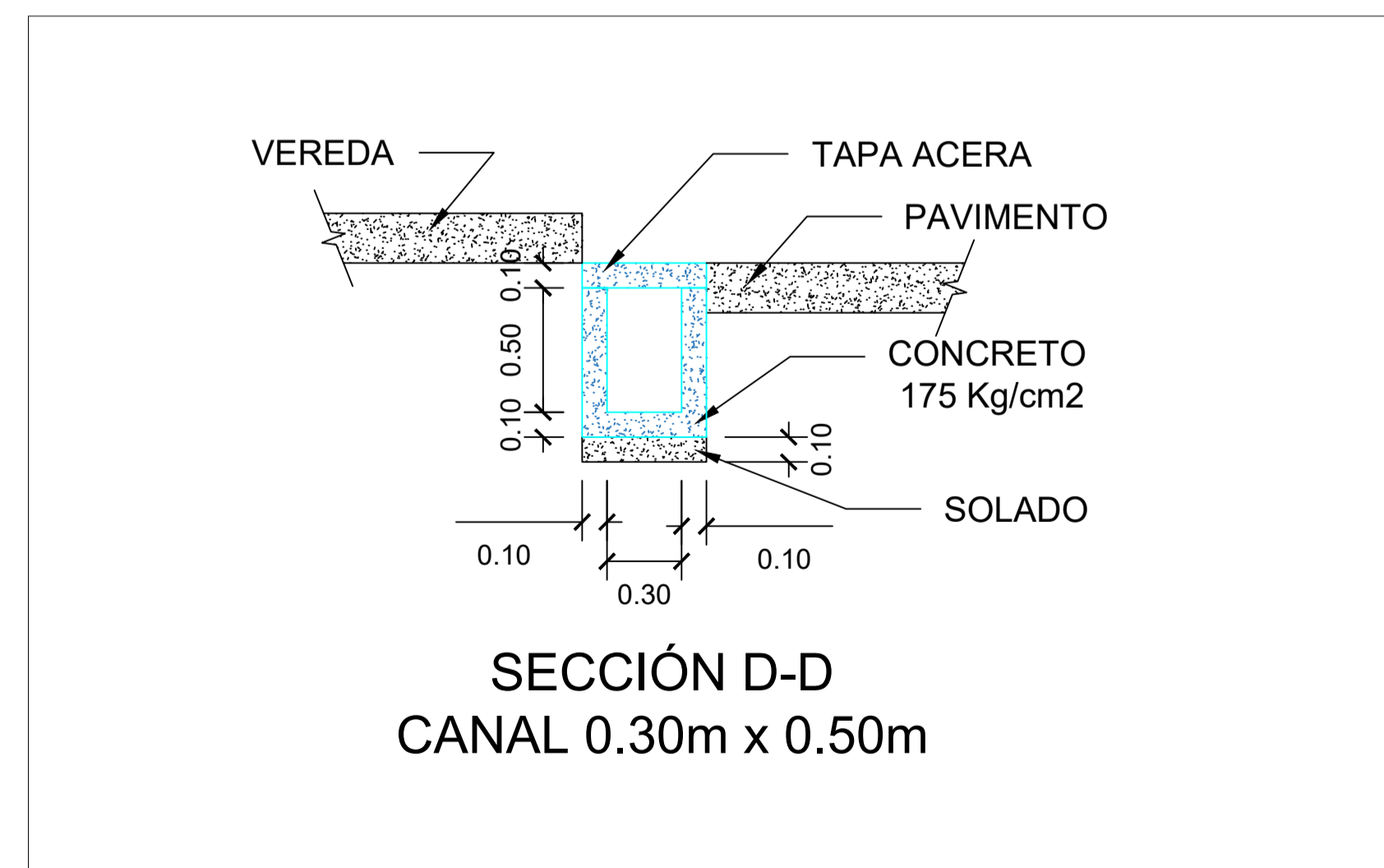
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000

PLANTA
ESCALA: 1:1,000

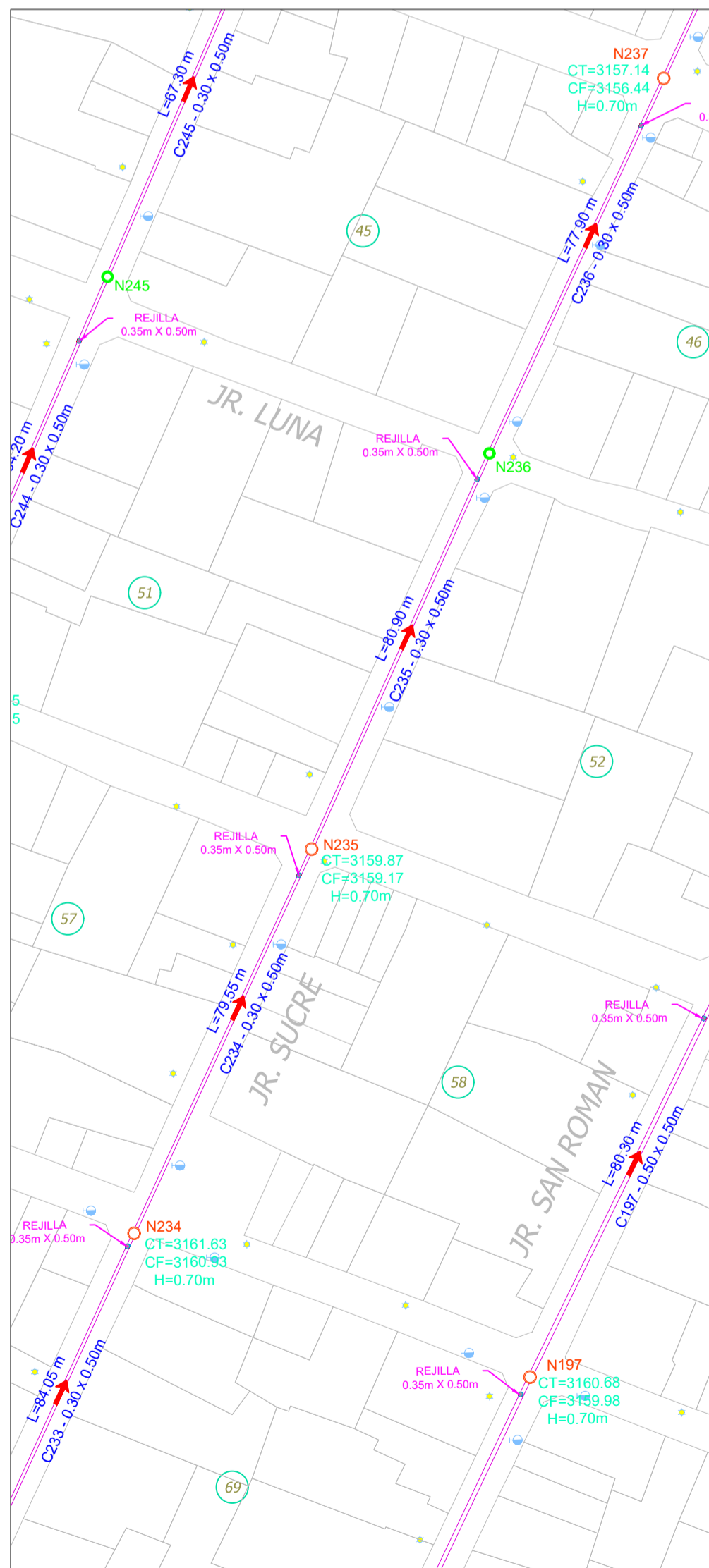
LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



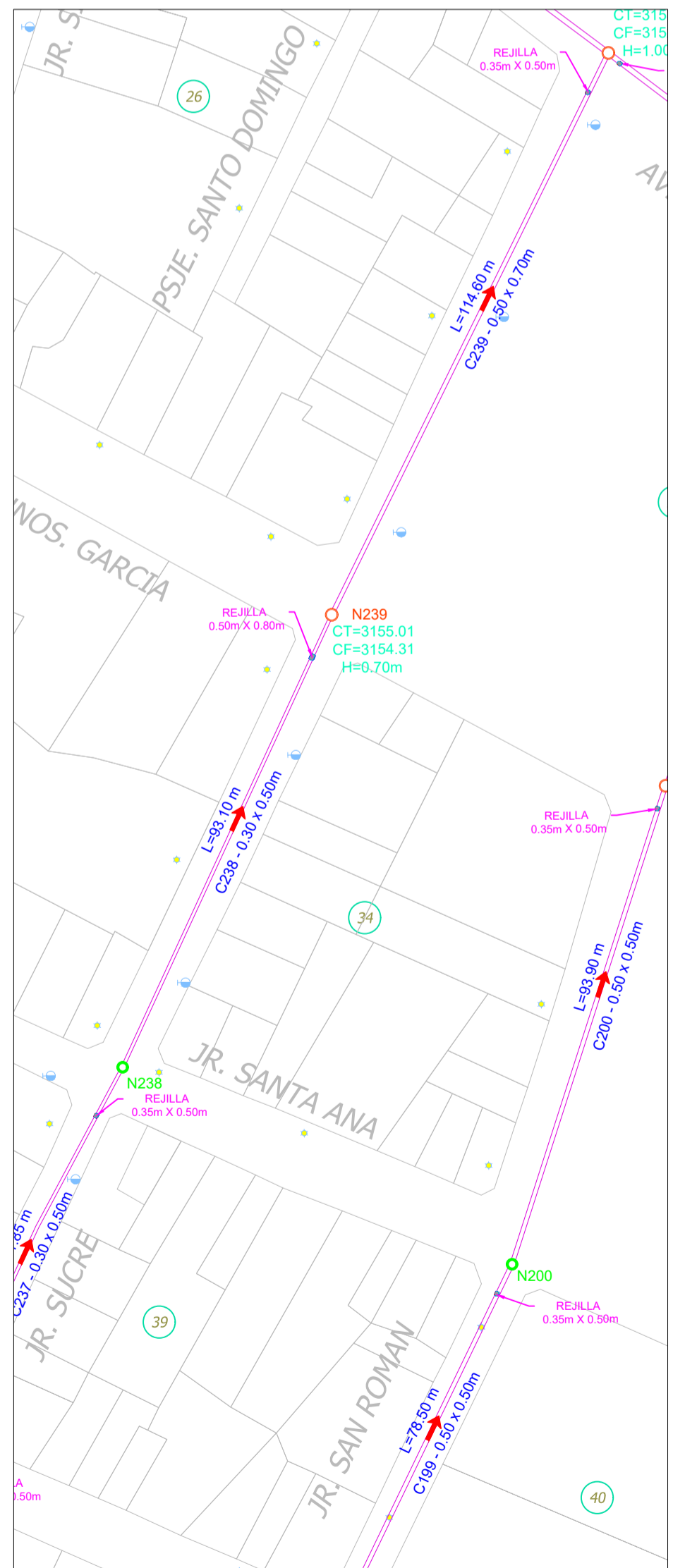
CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25



PLANTA
ESCALA: 1:1,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO HERNANDEZ

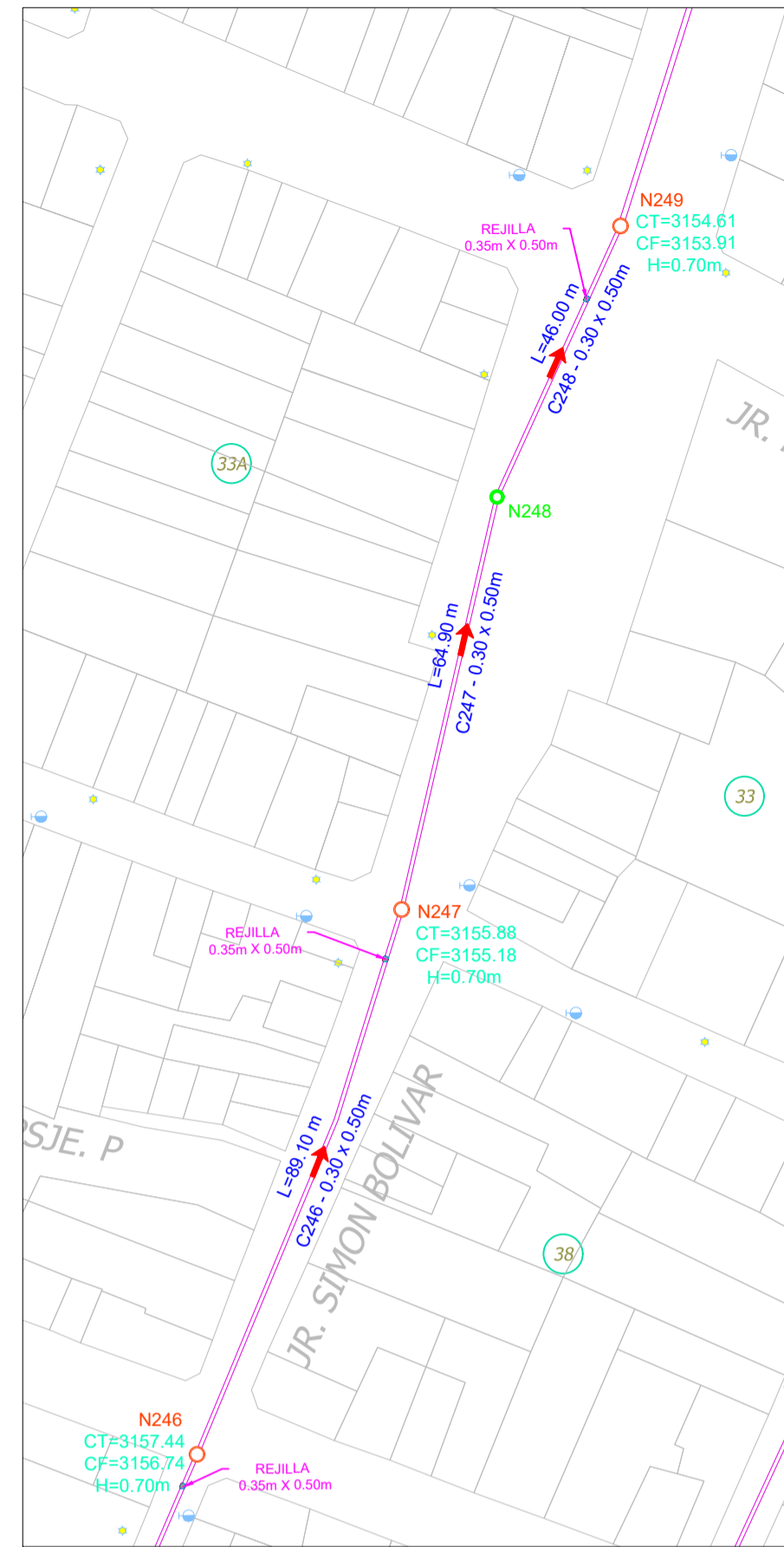
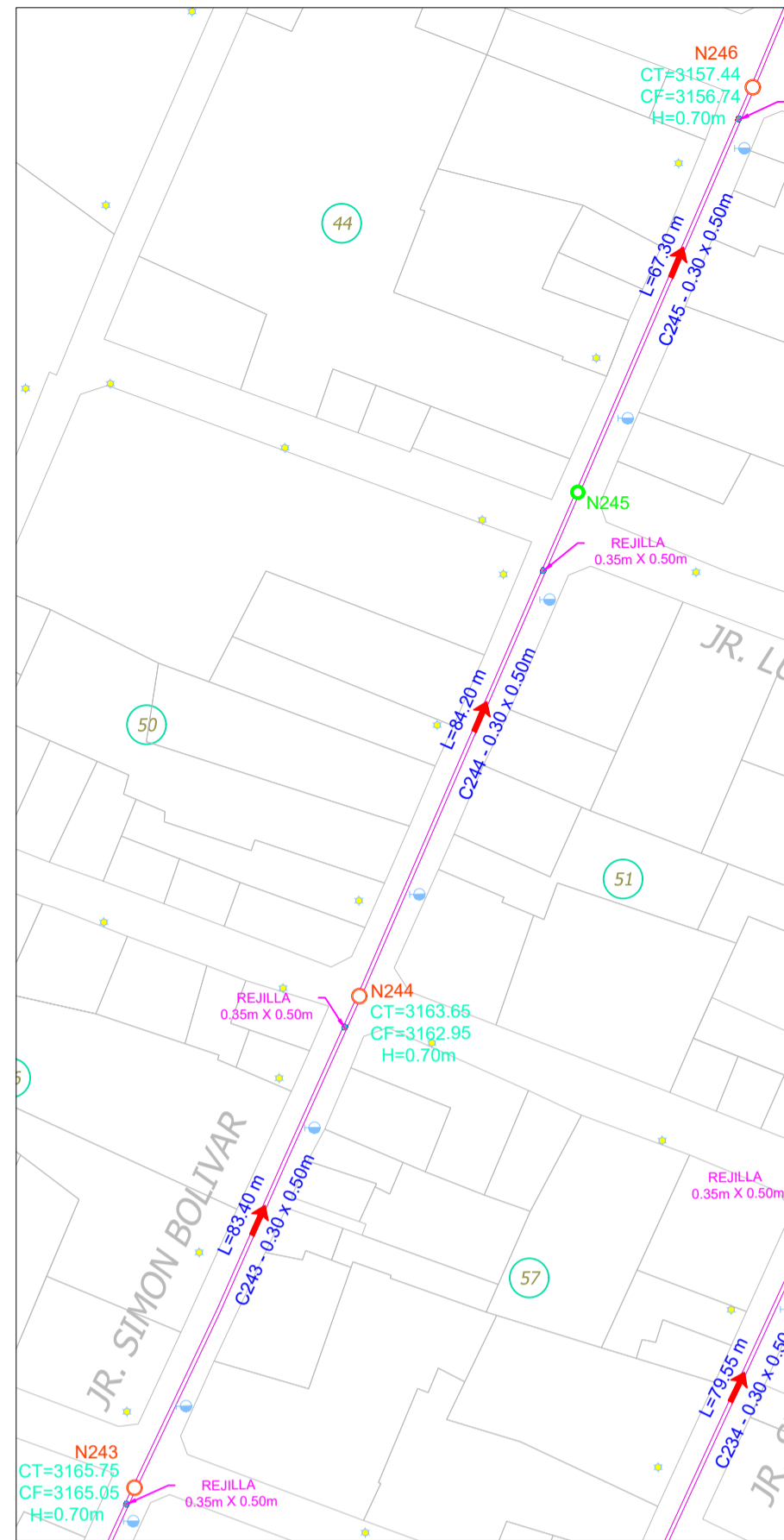
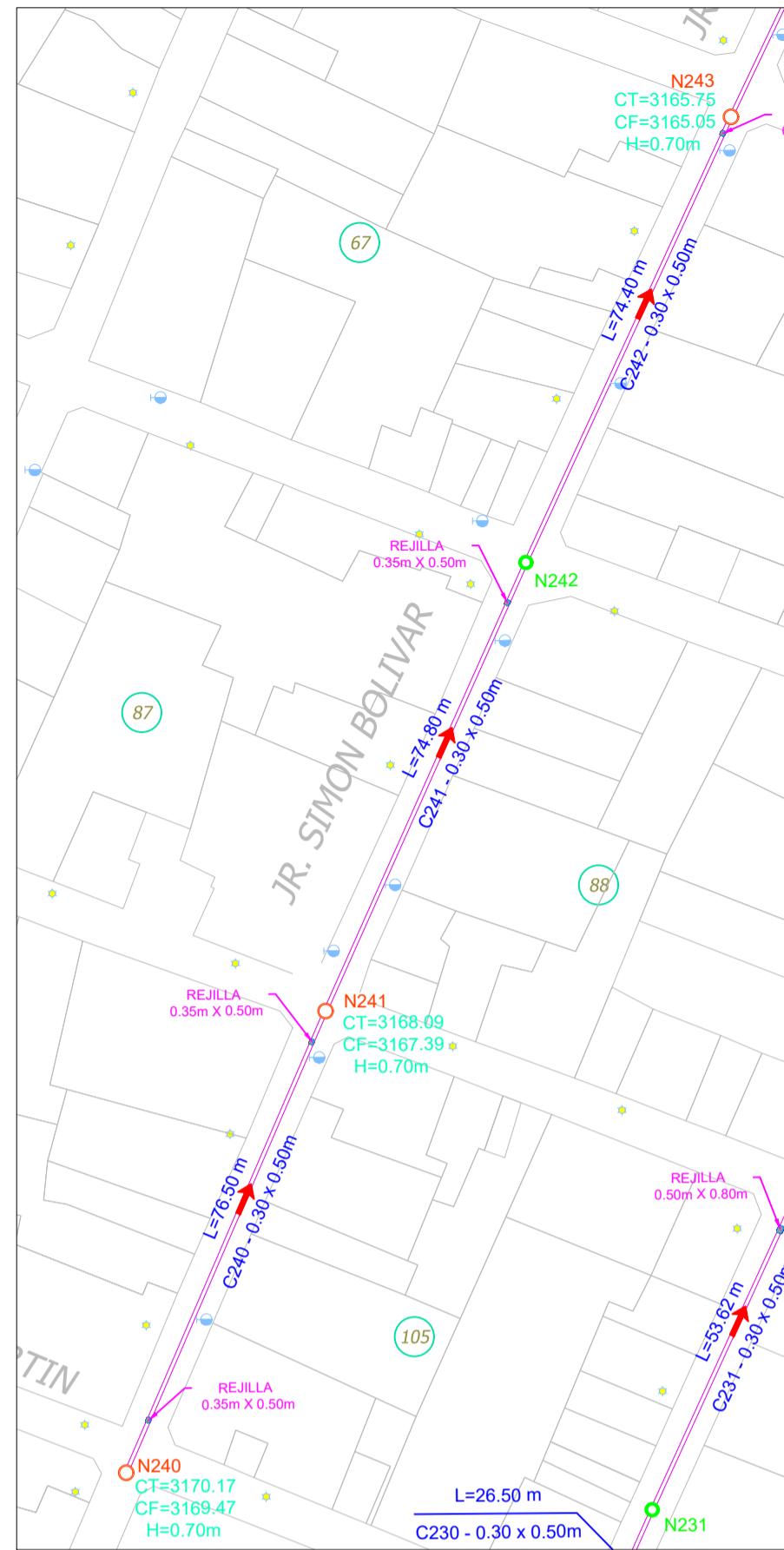
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA

SETIEMBRE - 2022

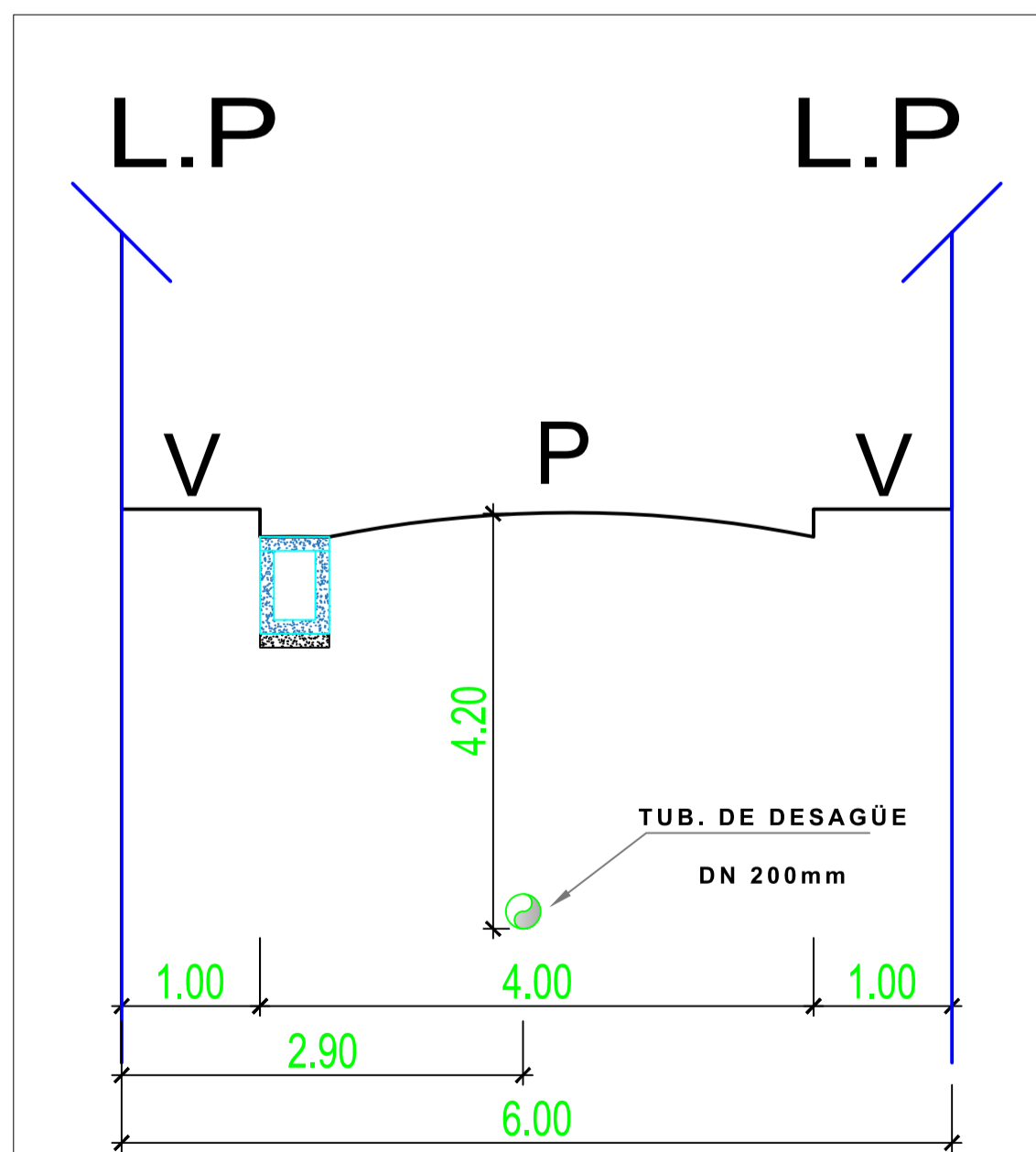
LÁMINA:

17



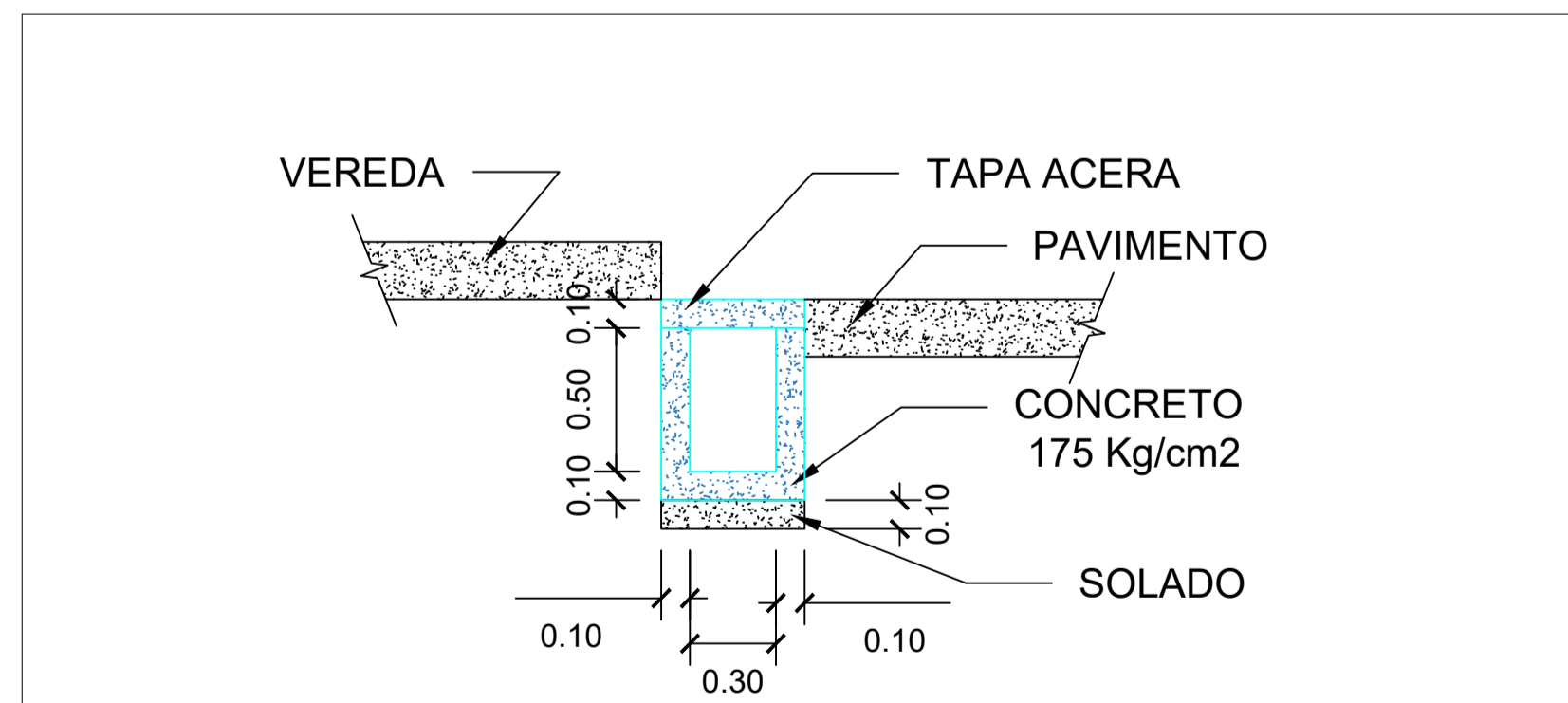
PLANTA
ESCALA: 1:1,000

LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



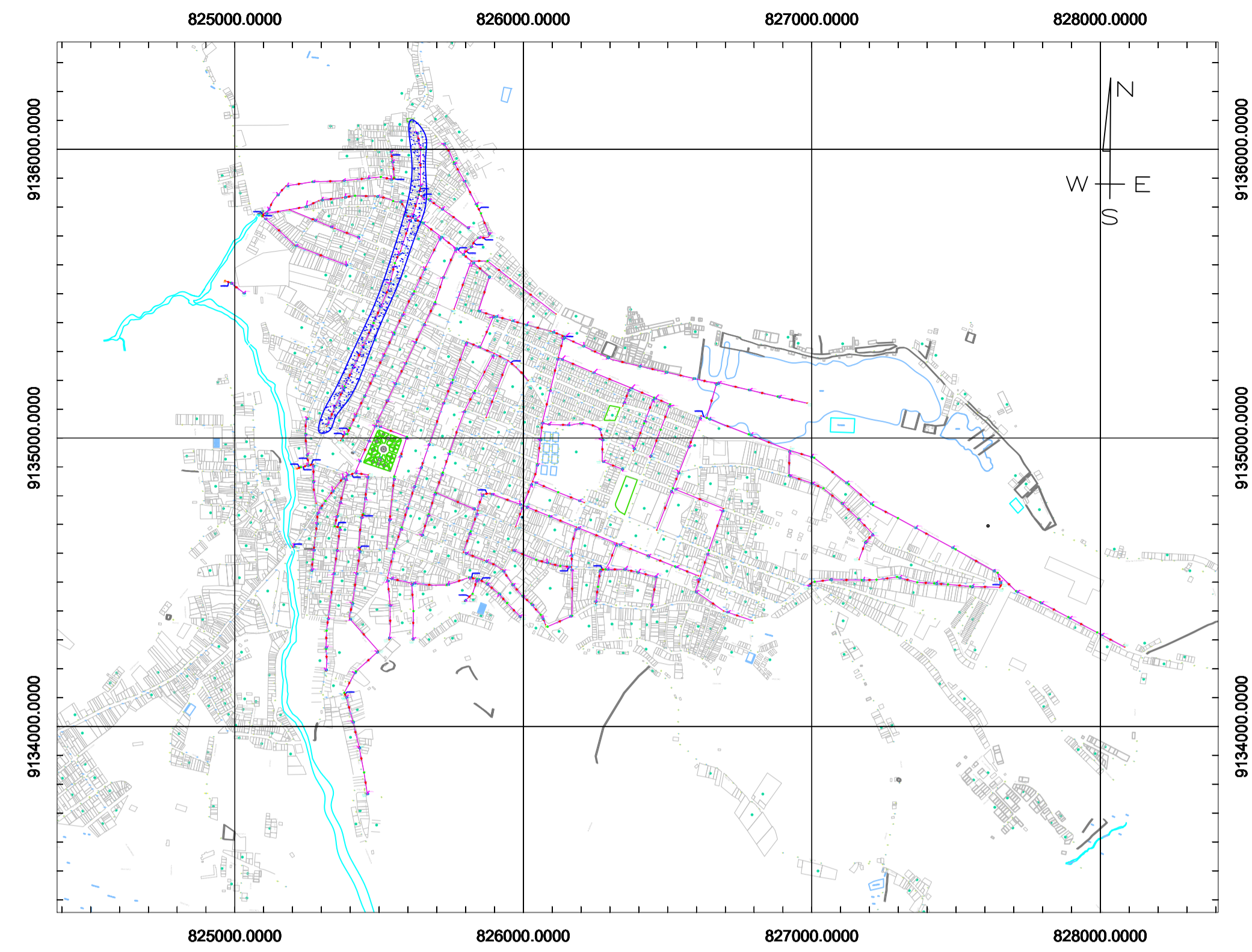
SECCIÓN VIAL B-B
Jr. SIMÓN BOLIVAR

CORTE
ESCALA: 1:50

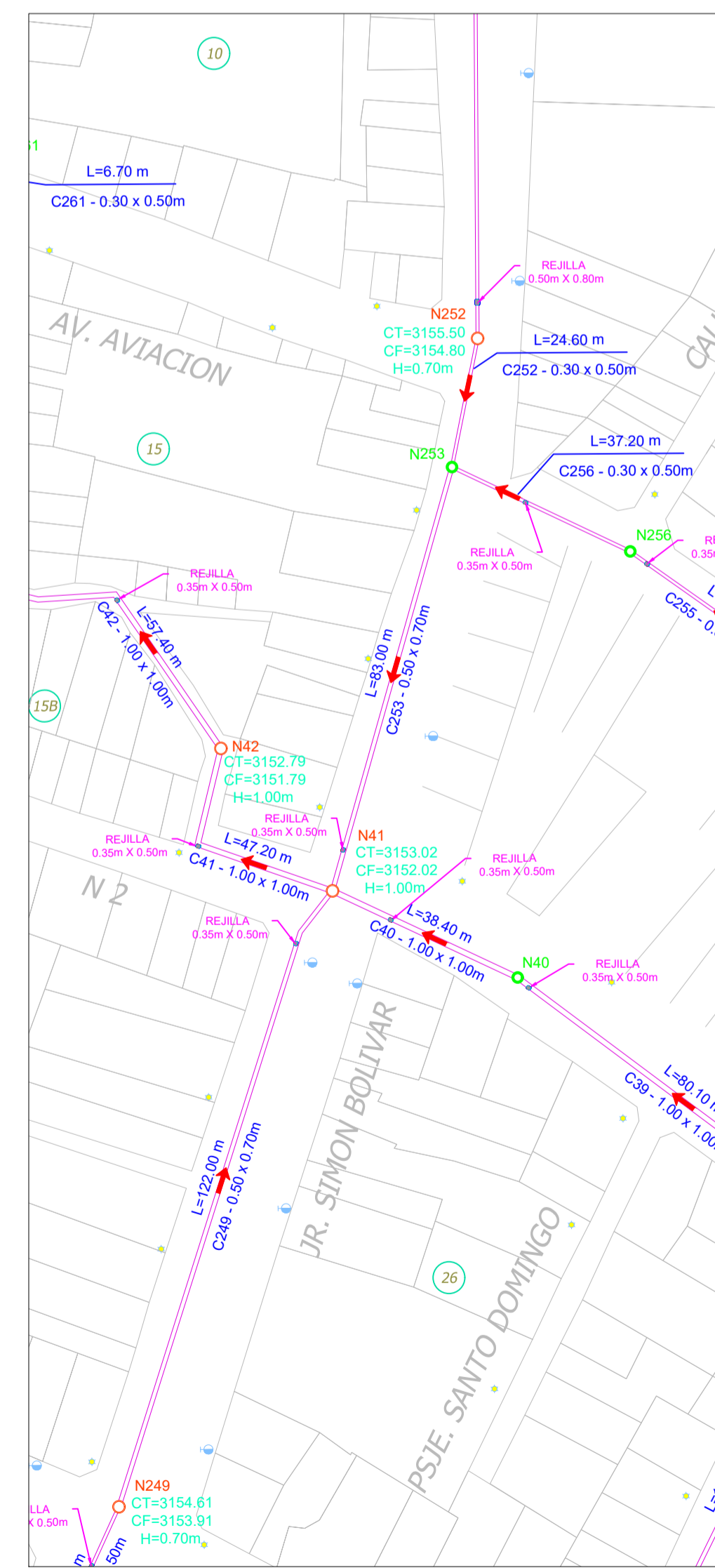


SECCIÓN D-D
CANAL 0.30m x 0.50m

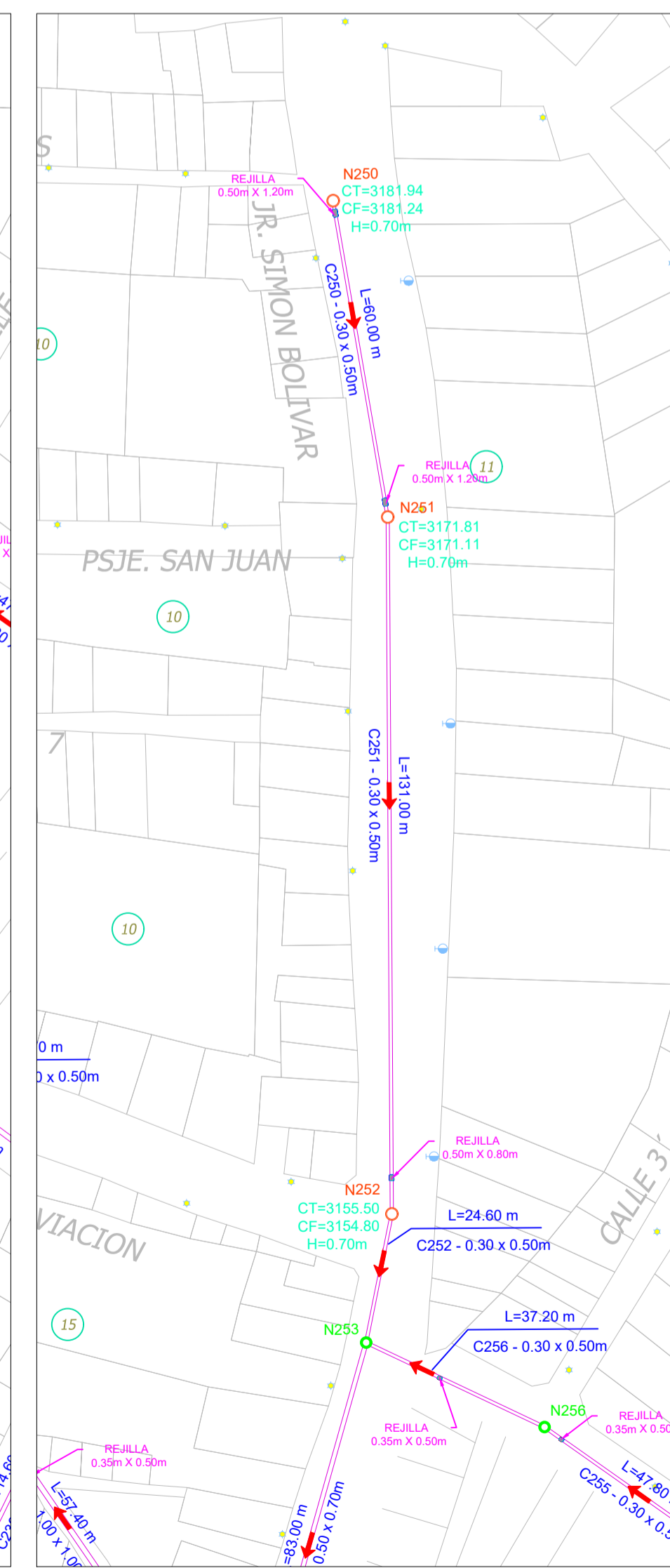
CORTE
ESCALA: 1:25



PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

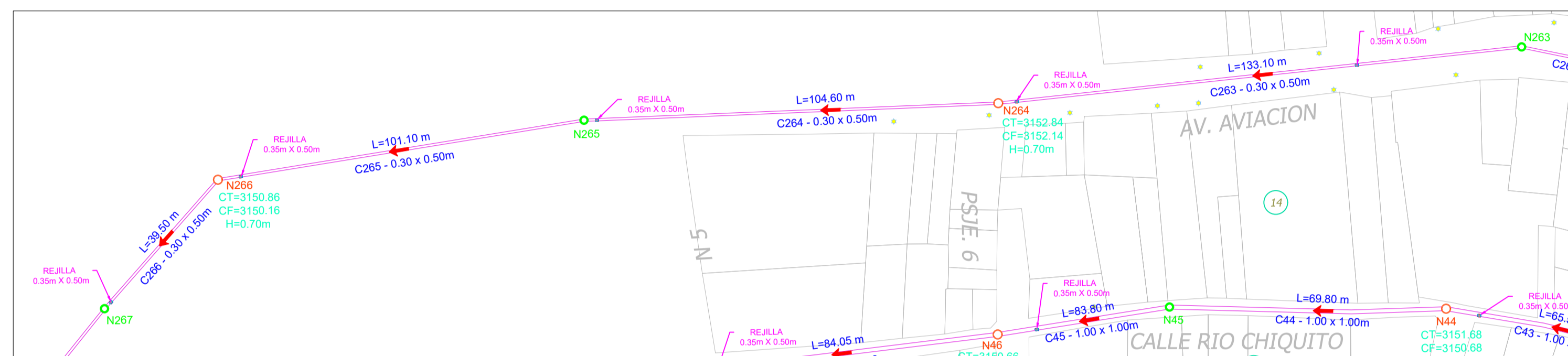
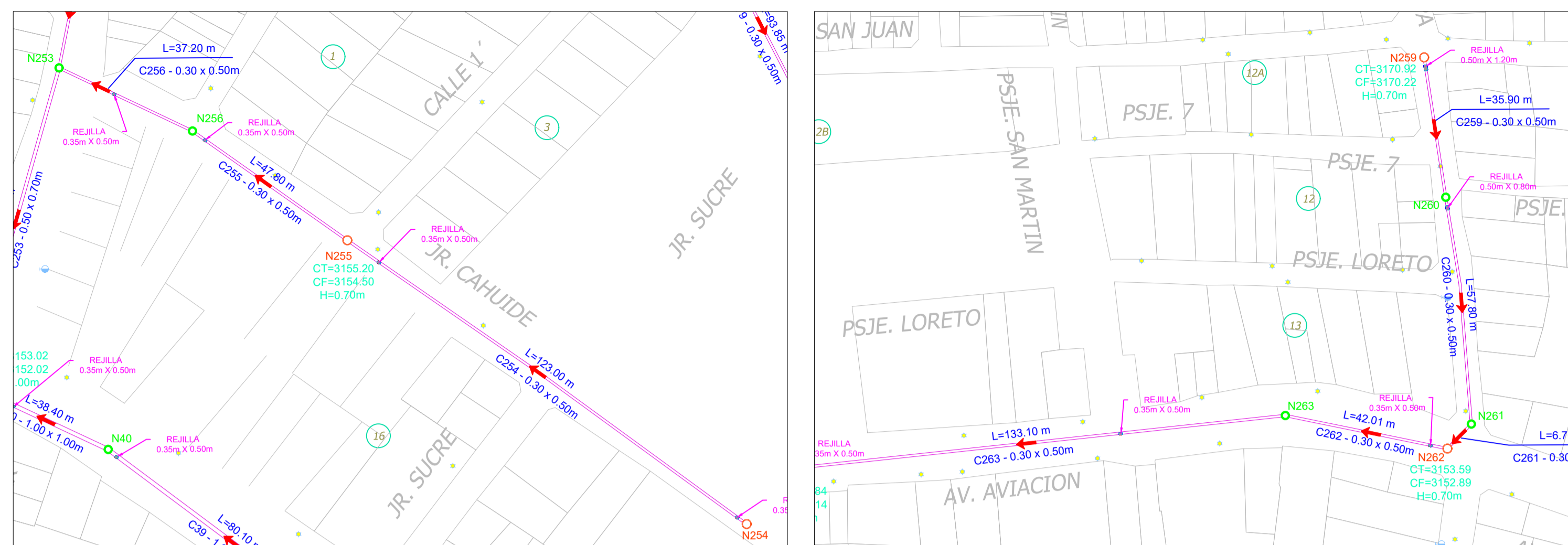
AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA
SETIEMBRE - 2022

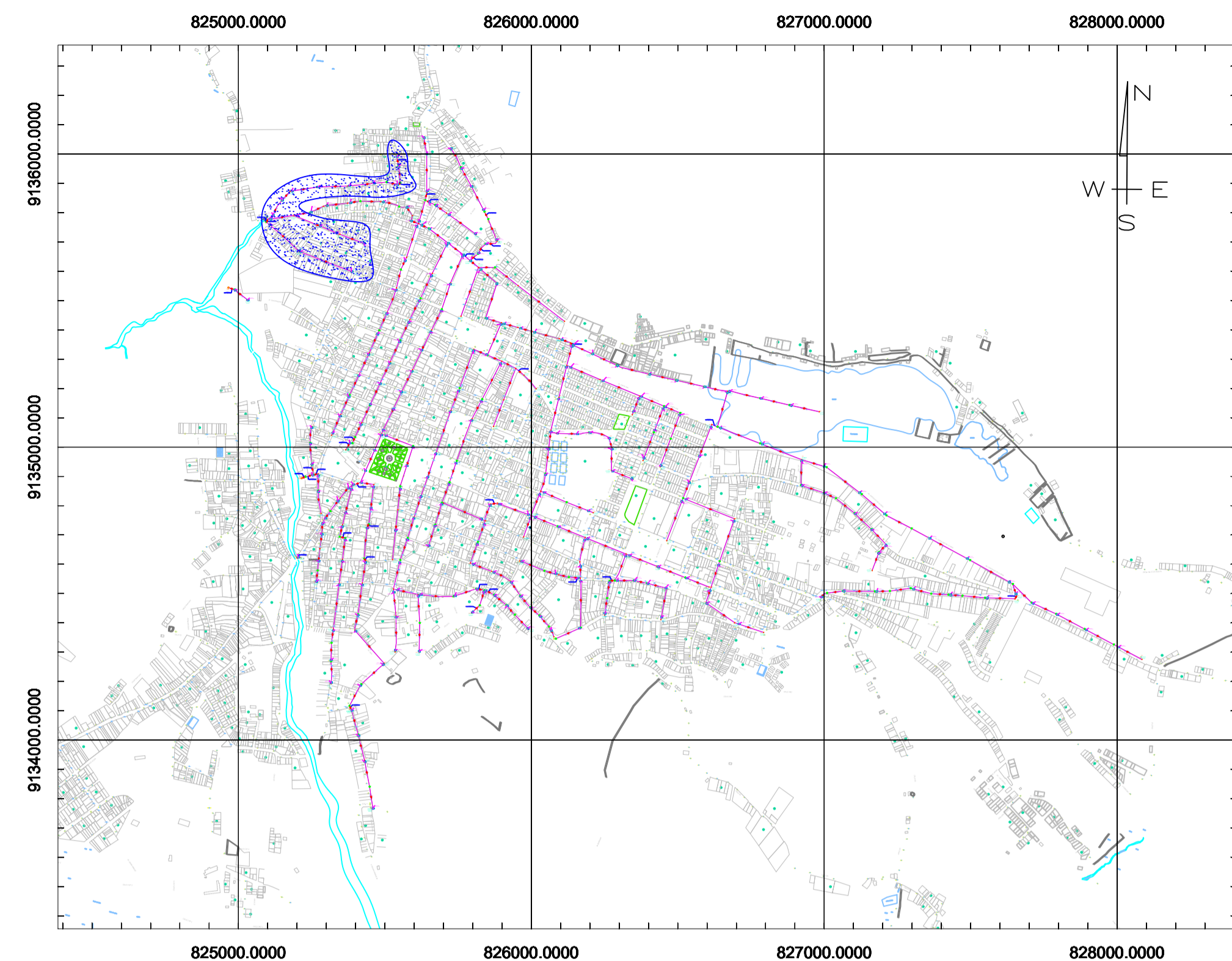
LÁMINA:
18



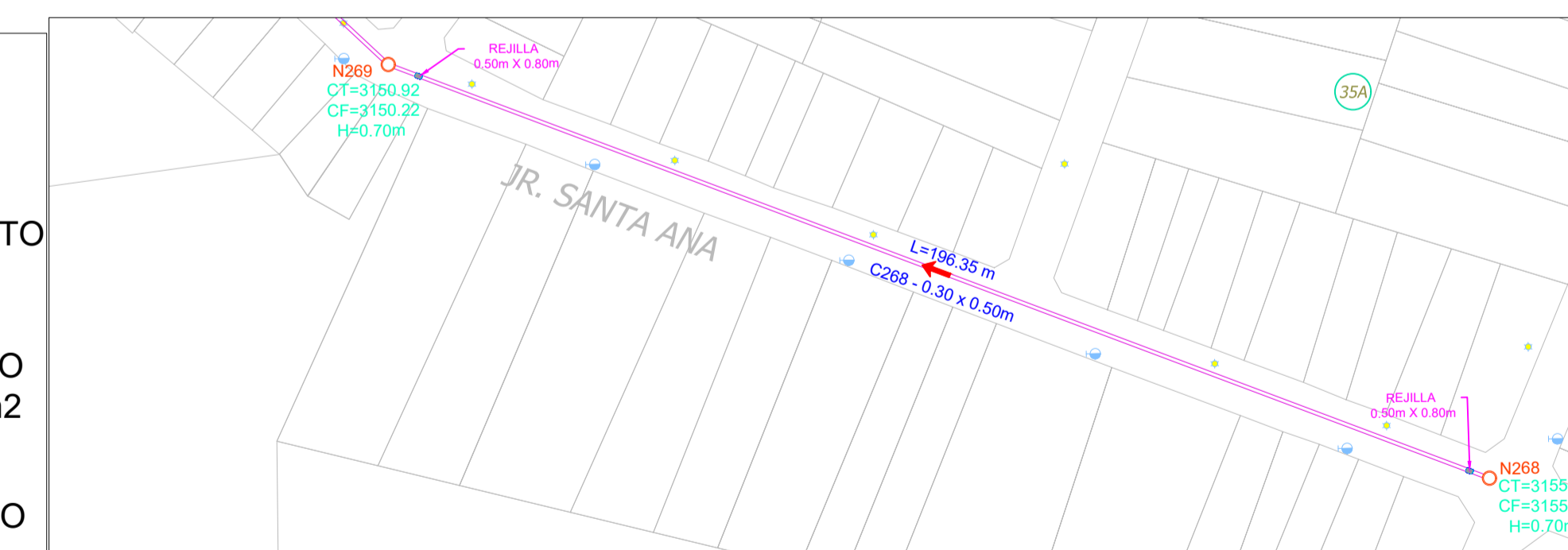
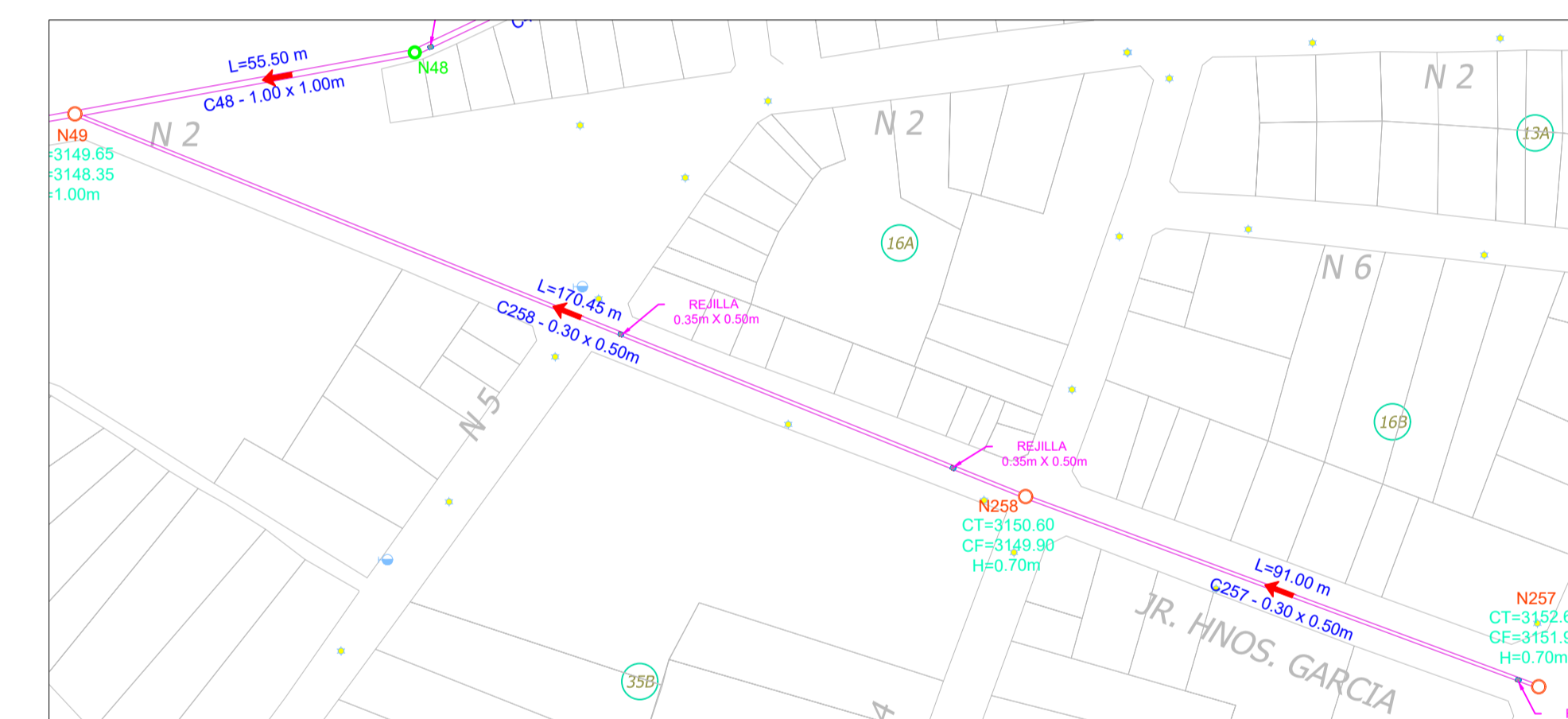
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO



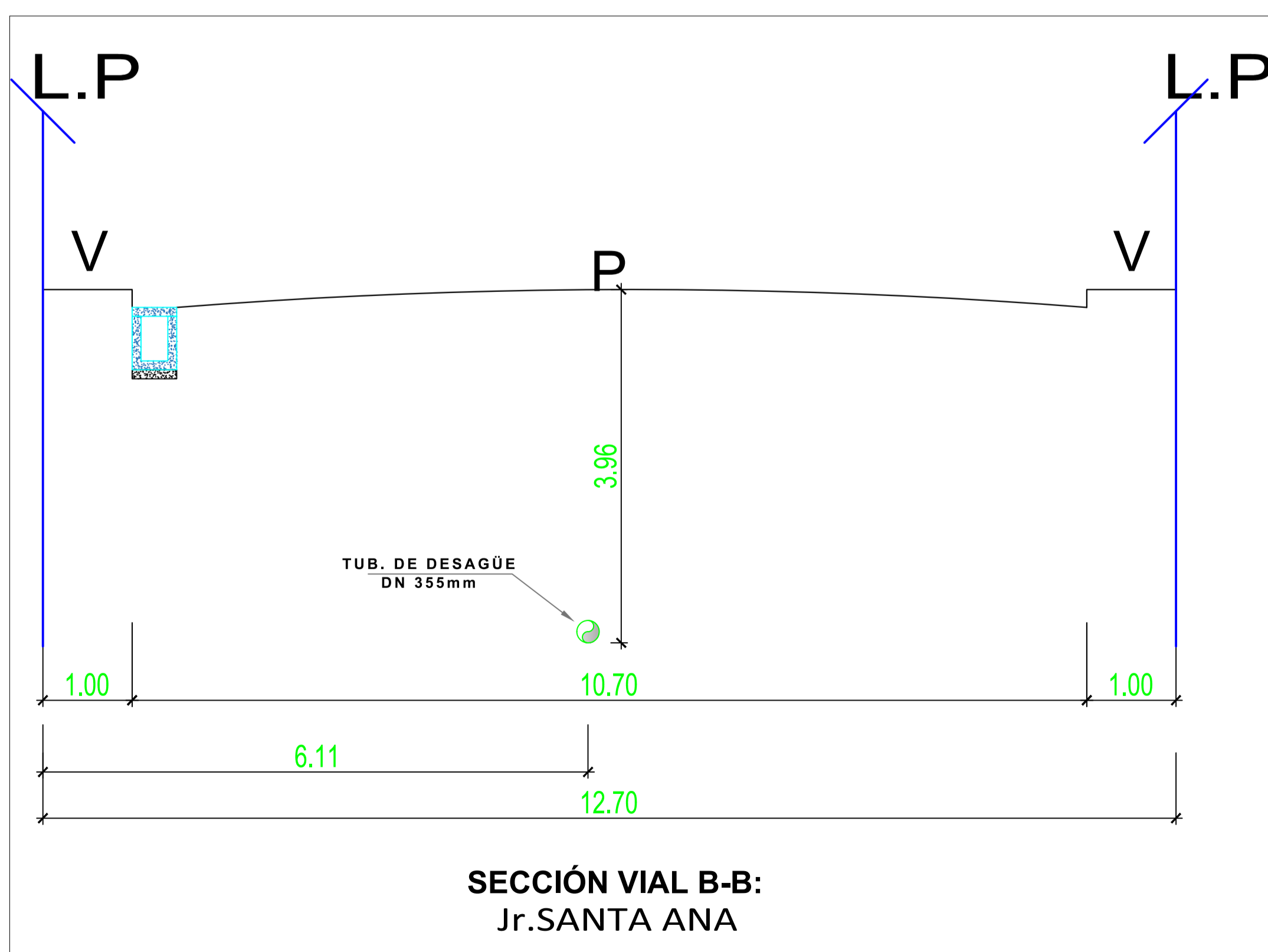
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



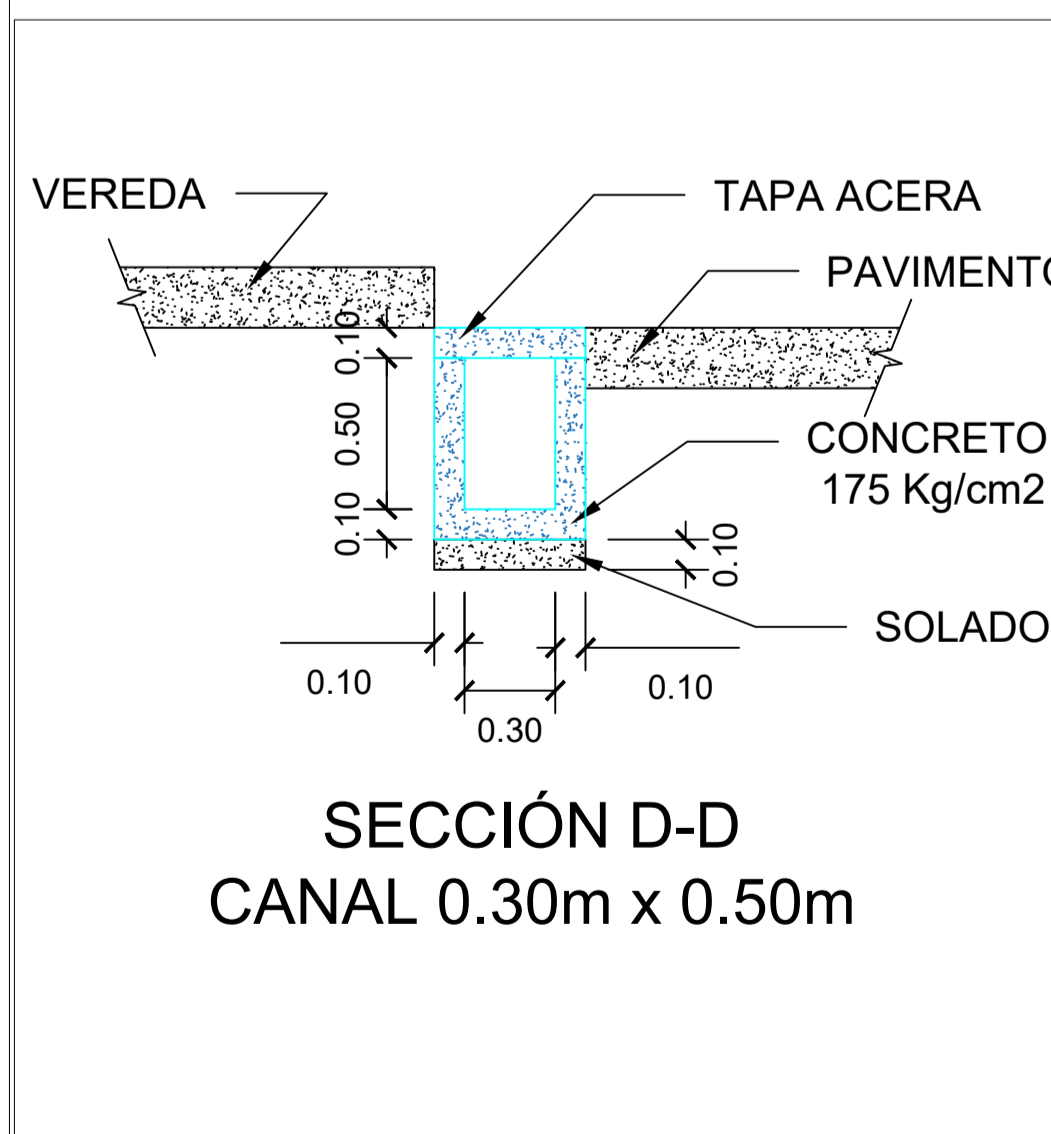
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



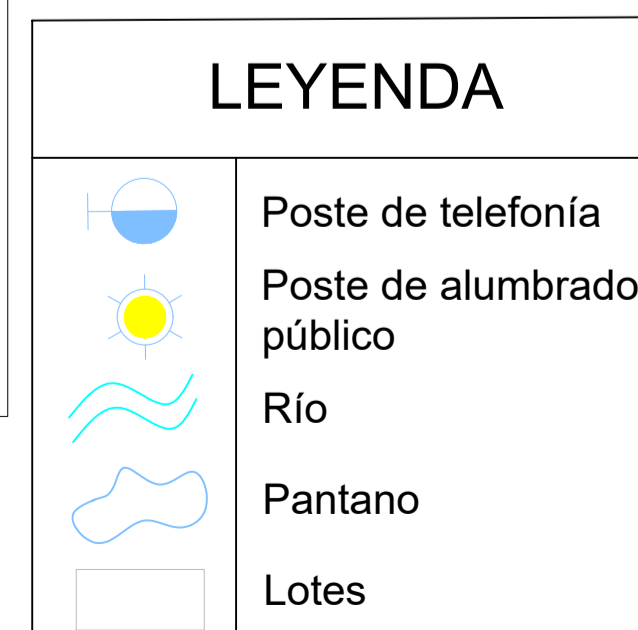
PLANTA
ESCALA: 1:1,000

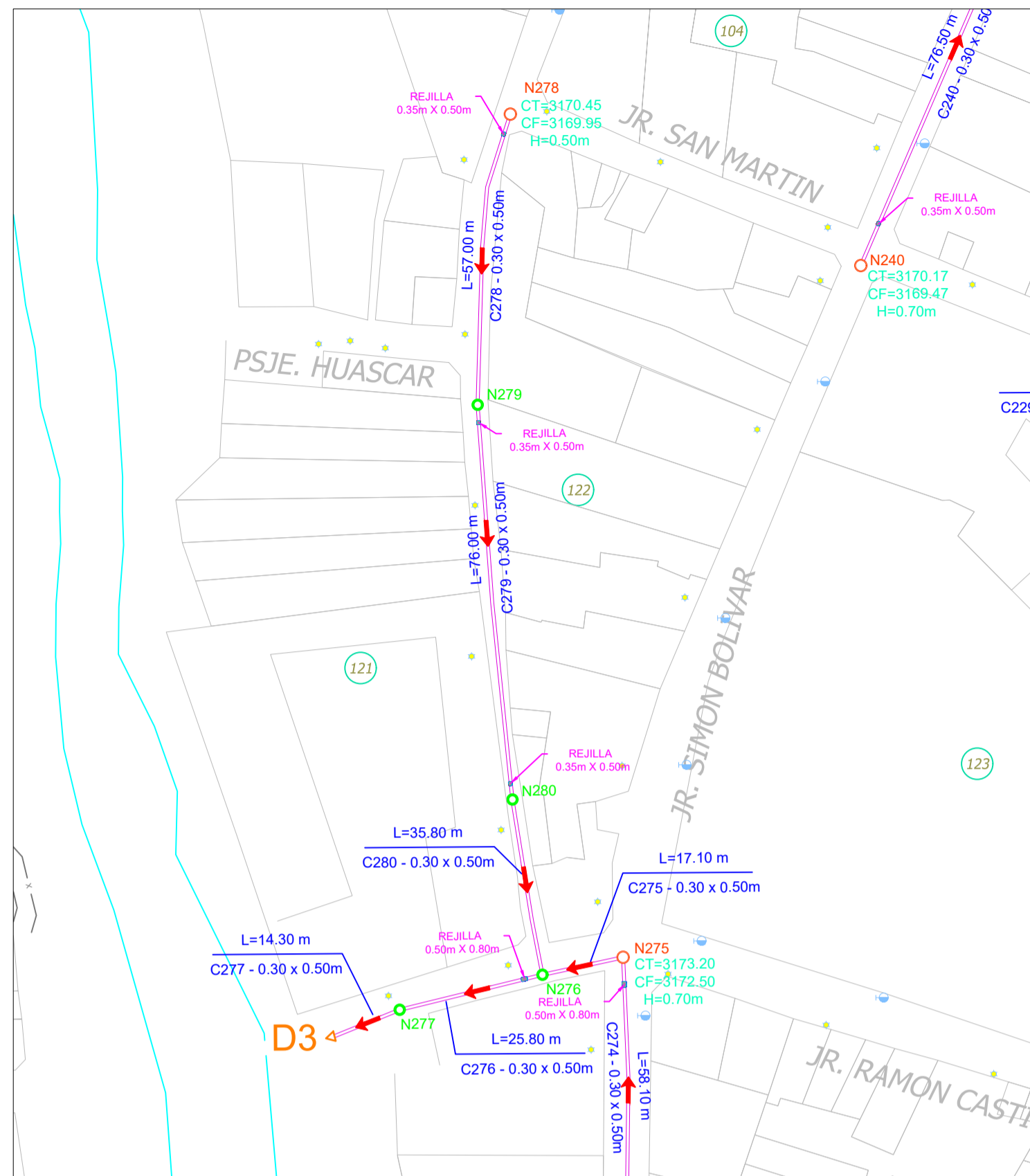


CORTE
ESCALA: 1:50

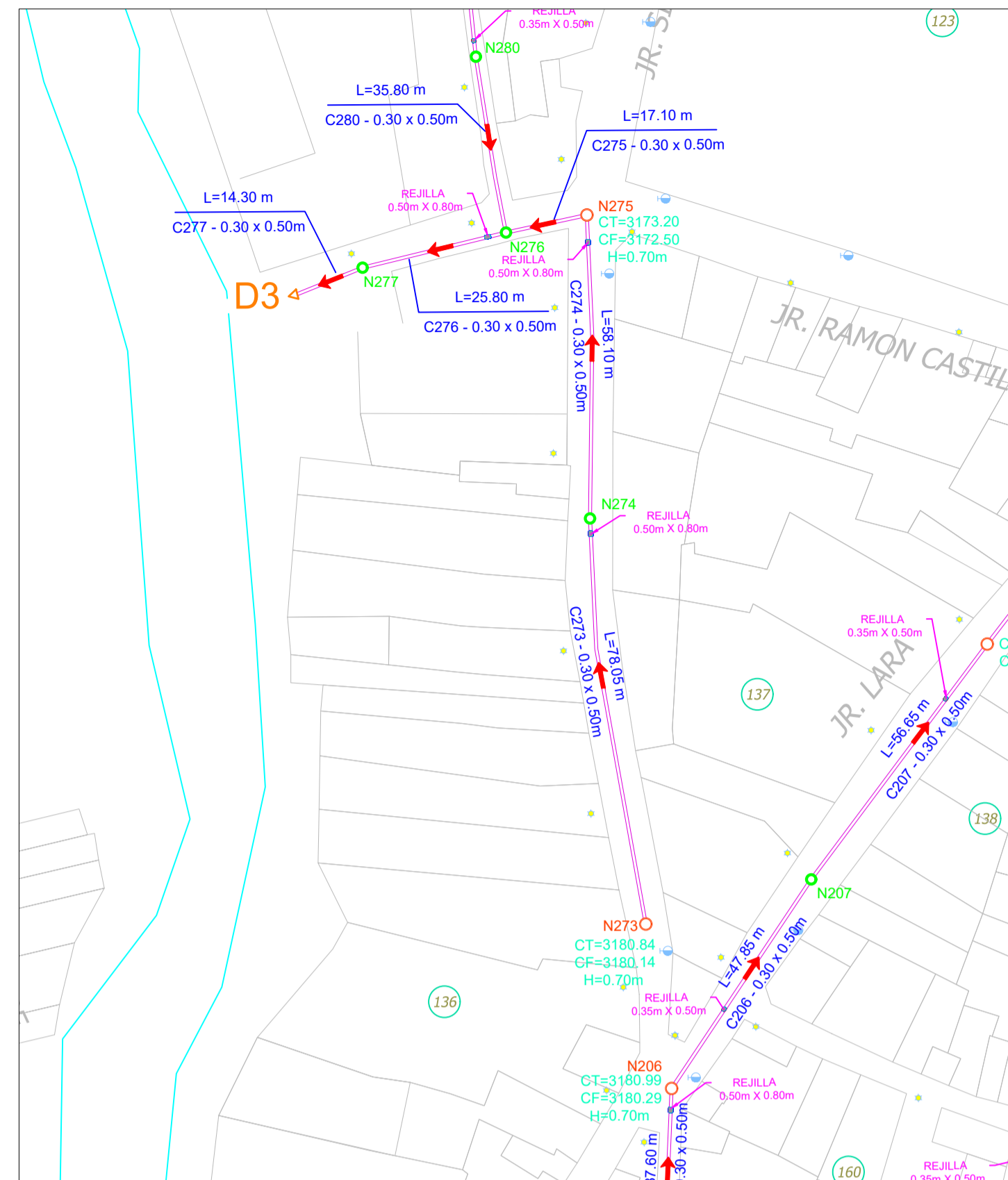


CORTE
ESCALA: 1:25

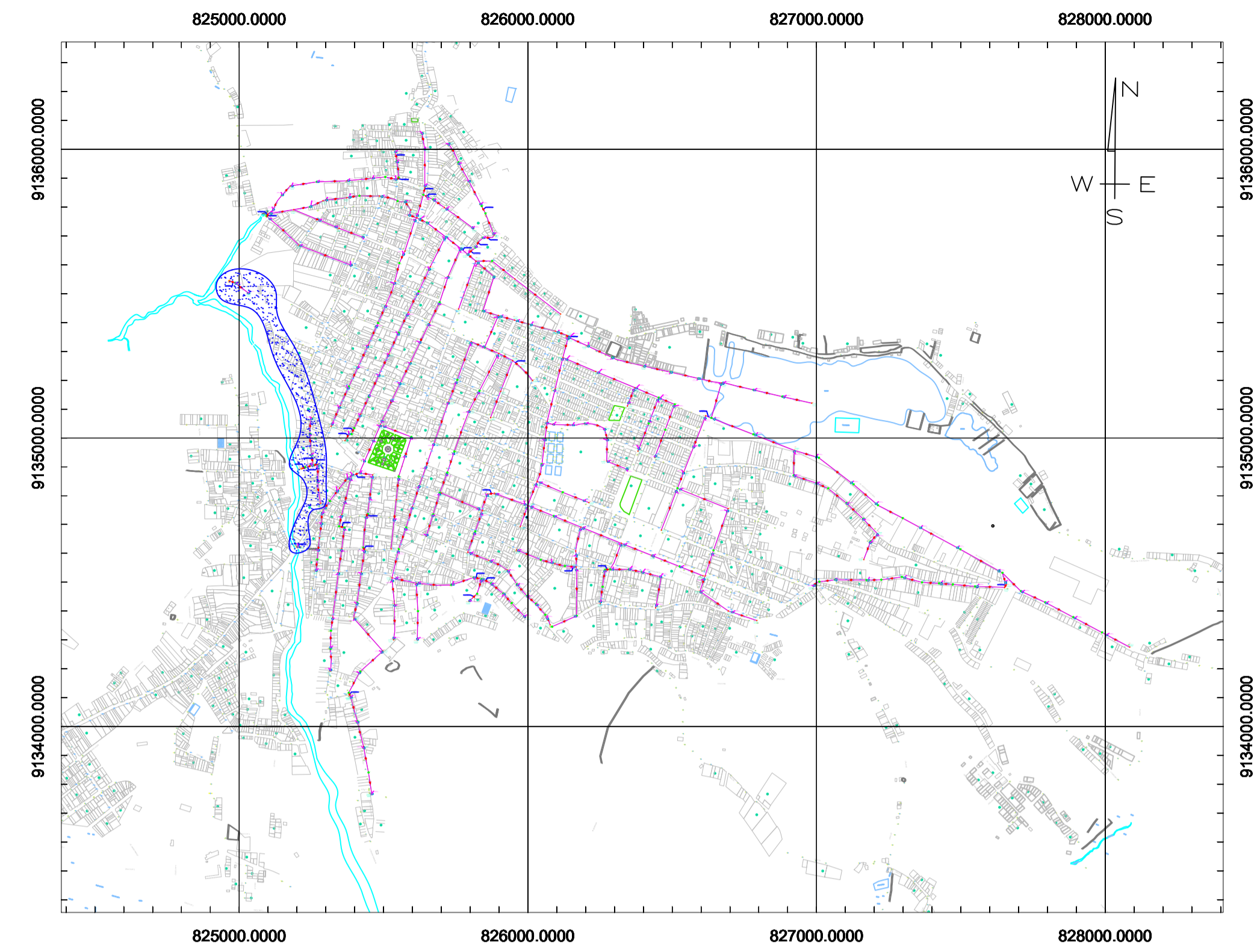




PLANTA
ESCALA: 1:1,000



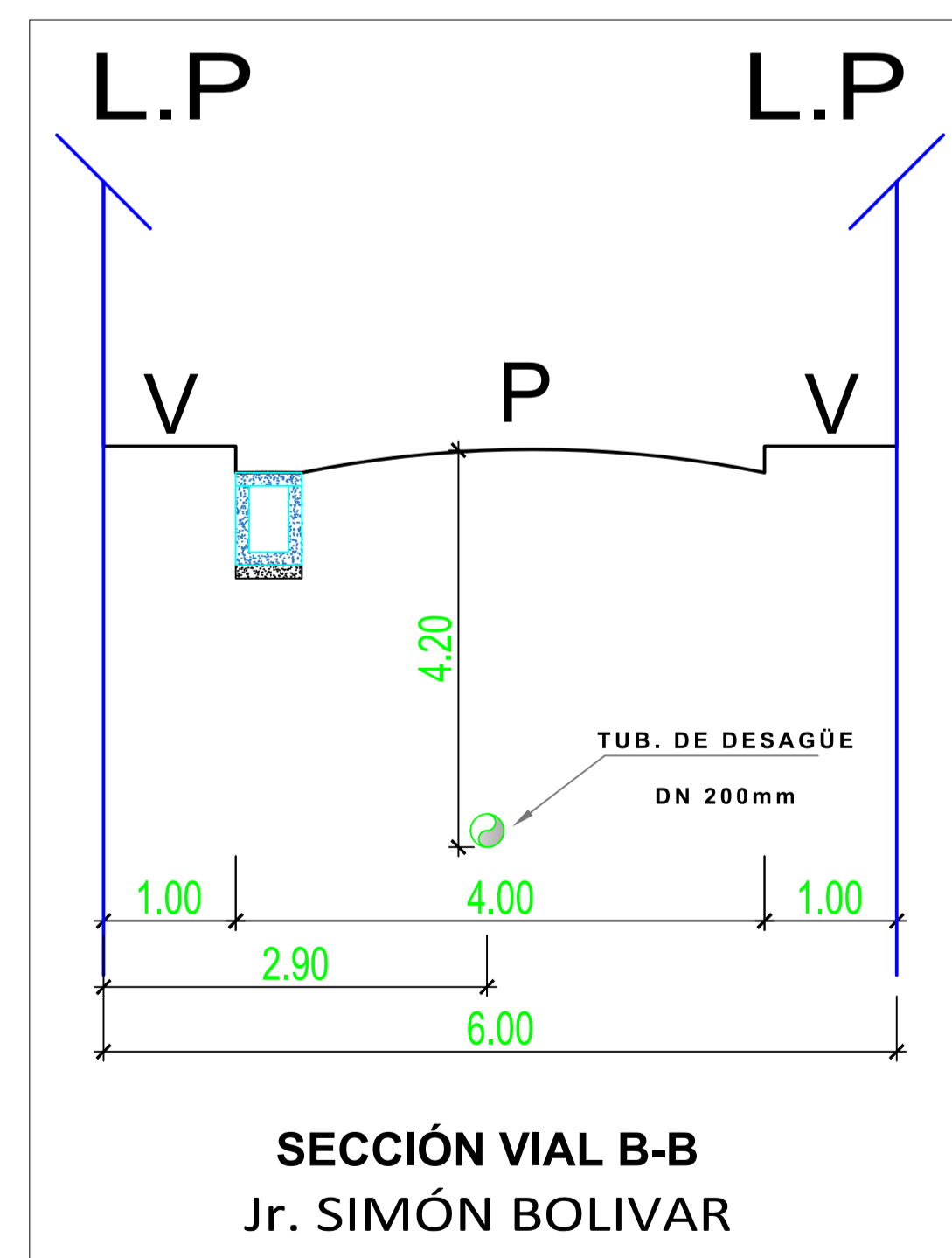
PLANTA
ESCALA: 1:1,000



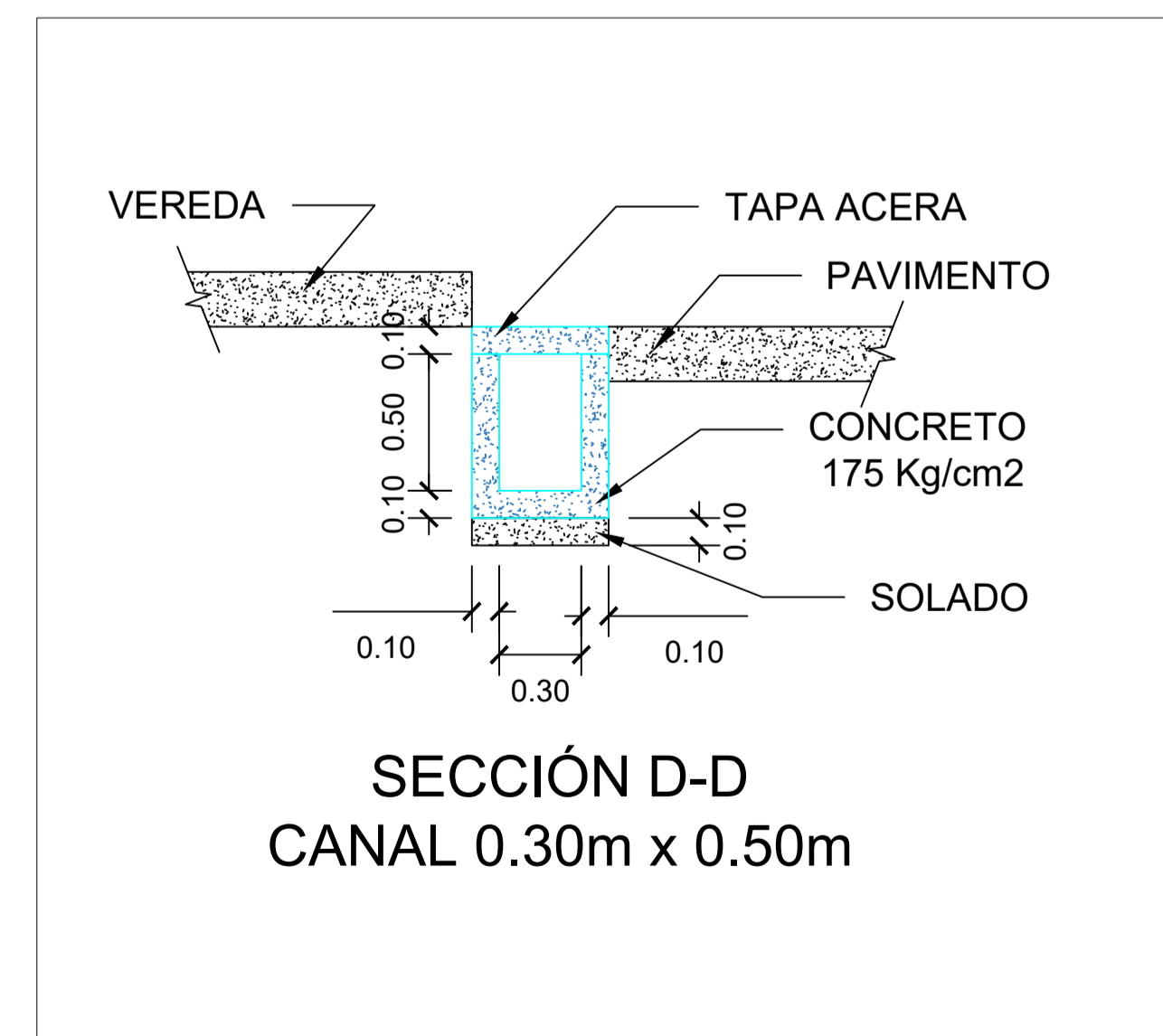
PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1:25,000



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

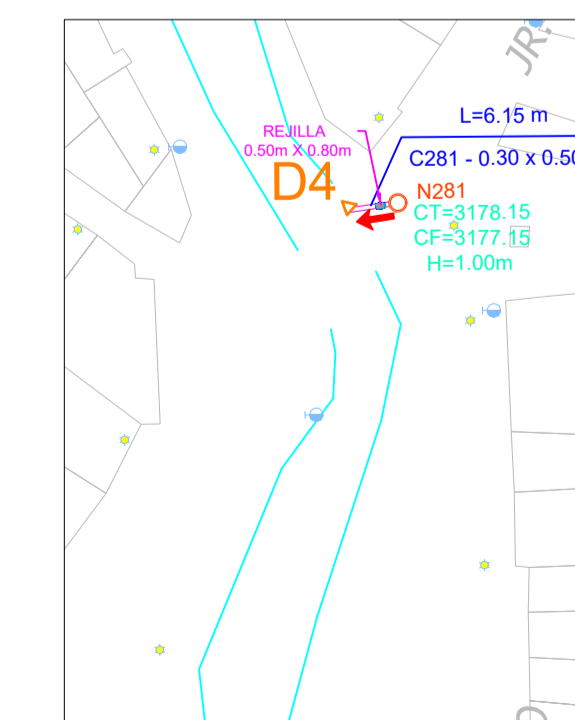


CORTE
ESCALA: 1:50



CORTE
ESCALA: 1:25

LEYENDA	
	Poste de telefonía
	Poste de alumbrado público
	Río
	Pantano
	Lotes



PLANTA
ESCALA: 1:1,000

UNIVERSIDAD
PRIVADA
ANTENOR ORREGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PROPUESTO

ING. JOSE LUIS SERRANO
HERNANDEZ

AUTORES:
BR. SIMEON ELIAS, RAUL BRYAN S.
BR. RAMIREZ SILVA, KEVIN MARLON

INDICADA	LÁMINA:
SETIEMBRE - 2022	20