

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE
GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE
ALTO ALIANZA - TACNA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Wuilliam Angel Ancachi Hualpa

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA- PERÚ

2022

PÁGINA DE JURADOS



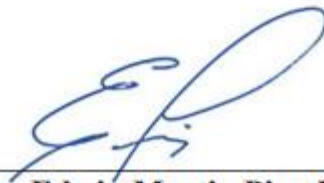
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga
Presidente



Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero
Secretario



Mtro. Ing. Dennys Geovanni Calderón Paniagua
Vocal



Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas
Asesor de tesis

DEDICATORIA

A Dios por permitirme tenerme con vida,
salud y poder realizar mis metas y a mi
familia por el apoyo incondicional para
que tenga una profesión.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi alma mater, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por la oportunidad de formarme ética y profesionalmente y los docentes que en toda la etapa de formación académica profesional me han compartido sus conocimientos y experiencias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1.1 Problema General.....	7
1.1.2 Problemas Específicos	7
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.2.1 Objetivo General	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
1.3 FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.4 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11

2.1.1	Ámbito Internacional	11
2.1.2	Ámbito Nacional	11
2.1.3	Ámbito Local	12
2.2	BASES TEÓRICAS.....	15
2.2.1	Aspectos Hidrológicos	15
2.2.1.1	Hidrología.....	16
2.2.1.2	Cuenca hidrológica.....	16
2.2.2	Sistema Drenaje Urbano	17
2.2.3	Precipitación.....	17
2.2.4	Características Geomorfológicas de la Cuenca.....	18
2.2.5	Estudio y Análisis de una tormenta.....	19
2.2.5.1	Importancia del análisis de las tormentas.....	19
2.2.5.2	Elementos del análisis y Estudio de las Tormentas..	20
2.2.5.3	Tiempo de Concentración	23
2.2.5.4	Determinación del Coeficiente de Escorrentía	25
2.2.5.5	Cálculo de la Tormenta de Diseño	27
2.2.5.6	Modelos de distribución para la determinación de intensidades	27
2.2.5.7	Prueba de Bondad de Ajuste	33

2.2.6	Curva Intensidad – Duración – Frecuencia.....	33
2.2.6.1	Modeló de Dick Peschke	34
2.2.7	Hietograma de Diseño.....	37
2.2.8	Modelamiento Hidrológico	39
2.2.8.1	Descripción del programa.....	39
2.2.8.2	Usos Típicas del SWMM.	40
2.2.8.3	Metodología de Cálculo hidráulico del programa	41
2.2.8.4	Componentes Hidrológicos	44
2.2.8.4.1	Pluviómetros (Rain Gages)	44
2.2.8.4.2	Subcuenca (subcatchment)	44
2.2.8.5	Componentes Hidráulicos	45
2.2.8.5.1	Nudos (Nodes).....	46
2.2.8.6	Modeló de Simulación SWMM 5 EPA	48
2.3	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	49
2.3.1	Estructura de Captación	49
2.3.2	Resistencia de las Tuberías	55
2.3.3	Colector y Subcolector	56
2.3.4	Registro	57
2.4	DEFINICIONES CONCEPTUALES	60

2.5	ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS.....	63
2.5.1	Hipótesis General.....	63
2.5.2	Hipótesis Específicas.....	63
2.6	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	64
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		65
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	65
3.2.1	Población.....	65
3.2.2	Muestra.....	65
3.3	PROCEDIMIENTOS.....	66
3.4	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	66
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	67
3.6	FLUJO DE TRABAJO.....	67
CAPÍTULO IV ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....		68
4.1	RECURSOS HUMANOS.....	68
4.2	PRESUPUESTO.....	68
4.3	CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	69
CAPÍTULO V RESULTADOS.....		70

5.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	70
5.1.1	Ubicación Geográfica.....	71
5.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	71
5.2.1	Recolección de Planos.....	71
5.2.2	Recolección de datos hidrológicos y meteorológicos	72
5.3	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	74
5.3.1	Análisis Hidrológico de la Zona de Estudio	74
5.3.1.1	Perímetro y Área de la Cuenca.....	74
5.3.1.2	Índice de Compacidad	74
5.3.1.3	Pendiente del Cauce Principal	75
5.3.1.4	Tiempo de Concentración	77
5.3.1.5	Cálculo de la intensidad máxima.....	78
5.3.1.6	Análisis de datos Dudosos (Outlier) en Precipitaciones Máximas de 24 Horas	80
5.3.1.7	Prueba de Bondad de Ajuste (Kolmogorov – Smirnov).....	82
5.3.1.8	Precipitación Máxima Anual	84
5.3.1.9	Curva IDT (Intensidad – Duración – Periodo de Retorno)85	

5.3.1.9.1	Intensidad	86
5.3.1.10	Análisis de la Tormenta de Diseño.....	91
5.3.2	Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial.....	94
5.3.2.1	Criterios de Diseño	94
5.3.2.2	Aplicación del software SWMMM, en la modelación y diseño del Sistema de Drenaje Pluvial.	96
5.3.2.3	Resultado del Modelado del Sistema de Drenaje Pluvial. 103	
5.3.2.4	Características Geométricas del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano	115
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS		117
CONCLUSIONES		121
RECOMENDACIONES		123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		125
ANEXOS		131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Materiales para Tuberías	56
Tabla 2 Presupuesto para la Ejecución del Proyecto de Investigación	68
Tabla 3 Cronograma de Ejecución del Proyecto de Investigación.....	69
Tabla 4 Perímetro y Área de la cuenca urbana.....	74
Tabla 5 Índice de Compacidad.....	75
Tabla 6 Valores Topográficos para Determinar la Pendiente del Cauce Vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann	76
Tabla 7 Resumen Obtenidos de las Fórmulas Empíricas del Tiempo de Concentración	77
Tabla 8 Precipitaciones Máximas en Anuales de 24 horas	81
Tabla 9 Resultados de la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov – Smirnov Excel.....	82
Tabla 10 Resultado de la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov – Smirnov con software	83
Tabla 11 Precipitaciones máximas según la distribución LogPearson III	84
Tabla 12 Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempos de Duración de lluvias	85
Tabla 13 Intensidad de la lluvia (mm/hr) según Periodo de Retorno.....	87

Tabla 14 Estadística de la Regresión Potencial.....	89
Tabla 15 Cálculo de Parámetros de Ajuste K,m,n	89
Tabla 16 Distribución de Intensidad – Duración – Frecuencia para las Curvas IDT	90
Tabla 17 Datos del Hietograma para T=10 años con Duración de 6 Horas.....	92
Tabla 18 Clase de la Rejilla Tipo R-121	116
Tabla 19 Precipitaciones Máximas de 24 h Logarítmica	142
Tabla 20 Parámetros Estadísticos.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Inundación y Colapso de Desagües en la Av. Jorge Basadre G. y Calles Aledañas	6
Figura 2 Récorde de Precipitación Registrado en el Periodo de Lluvias 2019-2020.	15
Figura 3 Tipo de Cuencas	16
Figura 4 Periodos de Retorno por Tipos de Estructuras	22
Figura 5 Fórmula de Cálculo del Tiempo de Concentración	24
Figura 6 Coeficiente de Escorrentía Utilizados en el Método Racional	26
Figura 7 Características de un Hietograma	38
Figura 8 Coeficiente de Escorrentía por Tipo de Suelo	40
Figura 9 Sumidero Lateral de Sardinel o Solera	50
Figura 10 Sumidero de Fondo.....	51
Figura 11 Sumidero Mixto o Combinado	52
Figura 12 Ubicación de los Sumideros en Intersección de Calles	53
Figura 13 Localización Típica de Sumideros	54
Figura 14 Diagrama de Flujo Metodológico.....	67
Figura 15 Zona de Estudio - Sector V del Plano Catastral	70

Figura 16 Visita a la Página del SENAMHI.....	73
Figura 17 Datos para el caculo del tiempo de concentración	77
Figura 18 Registro de precipitación máximas de 24 horas (mm)	79
Figura 19 Gráfico de distribución de LogNormal y Log Pearson.....	83
Figura 20 Gráfico Intensidad - Duración - Frecuencia	91
Figura 21 Hietograma de Diseño	94
Figura 22 Modelación del Sistema de Drenaje	98
Figura 23 Características de Subcuencas	99
Figura 24 Características de los Nudos.....	100
Figura 25 Características de Conductos.....	101
Figura 26 Características de la Serie Temporal de lluvia	102
Figura 27 Resultado de la Escorrentía Superficial.....	103
Figura 28 Resultado del Cálculo Hidráulico.....	104
Figura 29 Resultado del Resuenen de la Escorrentía en Subcuencas	104
Figura 30 Resultado del nivel de nudos.....	105
Figura 31 Resultado de Sobrecarga en nudos	106
Figura 32 Resultado de inundación en nudos	106
Figura 33 Resultado del Resumen de Vertidos.....	107
Figura 34 Resultado del Resumen de Caudal en Conductores	107

Figura 35 Resultado del Resumen de Sobrecarga de Conductos.....	108
Figura 36 Planteamiento Final en Planta del Sistema de Drenaje Pluvial	109
Figura 37 Perfil de Lámina de Agua de la Red Principal	110
Figura 38 Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-9 al N-5.....	111
Figura 39 Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-10 al N-6.....	112
Figura 40 Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-7 al N-11	113
Figura 41 Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-7 al N-12.....	114
Figura 42 Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-15.....	115
Figura 43 Valores Kn para la Prueba de Datos Dudosos.....	141
Figura 44 Valores Máximo y Mínimo para Control de Datos Dudosos	144
Figura 45 Verificación de Datos Dudosos	145
Figura 46 Inserción de Datos de Máximas Precipitaciones de 24h Software Hydrognomon	146
Figura 47 Ajustes de Diferentes Funciones de Distribución de Probabilidad	147
Figura 48 Gráfico del Ajuste de Datos- Log Pearson III.....	148
Figura 49 Gráfico del Ajuste de Datos- Log Normal.....	148
Figura 50 Gráfico del Ajuste de Datos- Pearson III.....	149
Figura 51 Gráfico del Ajuste de Datos- Gumbel	149
Figura 52 Gráfico del Ajuste de Datos-Normal.....	150

Figura 53 Gráfico del Ajuste de Datos- Gamma.....	150
Figura 54 Precipitación Máxima Anual para T=2años según la Distribución LogPearsonIII.....	151
Figura 55 Precipitación Máxima Anual para T=5años según la Distribución LogPearsonIII.....	152
Figura 56 Precipitación Máxima Anual para T=10años según la Distribución LogPearsonIII.....	152
Figura 57 Precipitación Máxima Anual para T=25años según la Distribución LogPearsonIII.....	153
Figura 58 Precipitación Máxima Anual para T=50años según la Distribución LogPearsonIII.....	153
Figura 59 Precipitación Máxima Anual para T=100años según la Distribución LogPearsonIII.....	154
Figura 60 Precipitación Máxima Anual para T=200años según la Distribución LogPearsonIII.....	154
Figura 61 Precipitación Máxima Anual para T=500años según la Distribución LogPearsonIII.....	155
Figura 62 Precipitación Máxima Anual para T=1000años según la Distribución LogPearsonIII.....	155

Figura 63 Factor de Ajuste de la Frecuencia de Observaciones Diaria	156
Figura 64 Precipitación Máxima 24h para Diferentes Periodos de Retorno	156
Figura 65 Cálculo de Incógnitas para un T= 2 años	158
Figura 66 Cálculo de Incógnitas para T=5 años	159
Figura 67 Cálculo de Incógnitas para T=10 años	160
Figura 68 Cálculo de Incógnitas para T=25 años	161
Figura 69 Cálculo de incógnitas pata T=50 años.....	162
Figura 70 Cálculo de Incógnitas para T=100 años	163
Figura 71 Cálculo de Incógnitas para T=200 años	164
Figura 72 Cálculo de Incógnitas para T=500 años	165
Figura 73 Cálculo de incógnitas para T=1000 años.....	166
Figura 74 Desarrollo del Análisis Regresión Múltiple	167
Figura 75 Precipitaciones de la Ecuación Intensidad para 6h.....	168
Figura 76 Hietograma de Diseño de 6h	169

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano en la Avenida Jorge Basadre Grohmann haciendo uso del software SWMM 5 vE, para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, teniendo de referencia las precipitaciones de lluvia del 2019 y 2020, en el sector V el distrito Alto Alianza según el plano catastral vigente. Según la metodología de investigación, es de nivel descriptivo-explicativo, el estudio tuvo en enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de orden transversal y descriptivo.

La información fue obtenida por la web SENAMHI y observación del lugar en estudio, para su posterior análisis y gestión de datos, a fin determinar parámetros hidrológicos, requeridos para el diseño, teniendo en consideración lo contemplado en la norma técnica actual CE.040 (Drenaje Pluvial), así mismo para determinar los componentes del diseño, es acusa del modelado y ajustes iterativos en el software SWMM 5vE. Cuyo resultado, para un caudal captado de una duración de 6h de lluvia constante fue de 111.62 LPS, para un periodo de retorno de 10 años.

En conclusión, el diseño se realizó de manera éxitos, teniendo como componentes finales del sistema de drenaje pluvial urbano, como tubería PVC de

diámetros de 300 mm a 600mm, sumideros de tipo rejilla R-121 y profundidad de buzón de registro de 1.10 mts hasta 11.75 mts, para un correcto funcionamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial urbano, dando solución a la problemática planteada.

Palabras Clave: Drenaje pluvial urbano, Parámetros Hidrológicos, Diseño.

ABSTRACT

The present research project aims to design the urban storm drainage system in Jorge Basadre Grohmann Avenue using SWMM 5 vE software, to improve vehicular and pedestrian trafficability, taking as reference the rainfall of 2019 and 2020, in sector V of the Alto Alianza district according to the current cadastral plan. According to the research methodology, the study had a quantitative approach, descriptive-explanatory level, with a non-experimental design of cross-sectional and descriptive order.

The information was obtained from the SENAMHI website and observation of the study site, for subsequent analysis and data management, in order to determine hydrological parameters required for the design, taking into consideration the provisions of the current technical standard CE.040 (Rainwater Drainage), as well as to determine the components of the design, it is accused of modeling and iterative adjustments in the SWMM 5vE software. The result, for a captured flow for a duration of 6 hours of constant rainfall, was 111.62 LPS, for a return period of 10 years.

In conclusion, the design was carried out successfully, having as final components of the urban storm drainage system, such as PVC pipes with diameters from 300 mm to 600 mm, R-121 grating type drains and manhole depths from 1.10 m

to 11.75 m, for a correct hydraulic operation of the urban storm drainage system, providing a solution to the problems posed.

Key words: Urban storm drainage, Hydrological parameters, Design

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación, está orientado al diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Avenida Jorge Basadre Grohmann del distrito de Alto de Alianza, Tacna; ya que con las precipitaciones ocurridas en los meses enero y febrero de los años 2019 y 2020, presentándose gran cantidad de volumen de escorrentía superficial a lo largo del tramo en estudio; no obstante, el incremento del volumen de escorrentía también se ve reflejado por el ingreso del caudal pluvial en las instalaciones domiciliarias del desagüe residual, por la impermeabilización de la superficie y las lluvias intensas de cortas duraciones.

A consecuencia de lo anunciado, surgen la problemática de inundación que afectan a infraestructuras, vehículos y peatones. Es por ello que se propuso mejorar el encauzamiento de las aguas pluviales con el objetivo de diseñar un sistema de drenaje pluvial, y así poder evitar daños que pueden ocasionar los problemas de inundación en la Avenida Jorge Basadre del distrito Alto de Alianza, Tacna.

Para el presente proyecto de investigación, comprende de la obtención de parámetros hidrológicos y en el campo hidráulico se modeló y diseño el sistema de drenaje pluvial urbano mediante el apoyo del software SWMM 5vE. Los criterios considerados para diseño son los indicados en la norma técnica vigente CE040 (drenaje

pluvial), apoyada por la anterior norma OS.060(drenaje pluvial urbano) y normas internacionales vigentes.

Este proyecto de investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Descripción del problema, se desarrollará el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, viabilidad y limitaciones del proyecto de investigación.

Marco teórico de la investigación, se desarrolla los antecedentes de investigación, bases teóricas, componentes de un sistema de drenaje pluvial, definiciones conceptuales y elaboración de hipótesis.

Metodología; se desarrolla el tipo de investigación, población y muestra, método de análisis de datos, técnicas e instrumentos de recolección de datos y el flujo de trabajo.

Aspectos administrativos; se desarrolla los recursos humanos, presupuesto y cronograma de trabajo para el proyecto de investigación.

Resultados; se desarrolla los resultados obtenidos, mostradas mediante tablas y figuras.

Discusión de resultados; se desarrolla la discusión de los resultados obtenidos a fin de que se verifique si es posible el diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano.

Conclusiones; se desarrolla las conclusiones finales.

Por último, se desarrolla las recomendaciones de la investigación, referencias bibliografías que utilizadas para desarrollo para el presente desarrollo de investigación y anexos que incluyen paneles fotográficos, matriz de consistencia, procedimiento de cálculo para determinar los resultados y planos.

Finalmente, para culminar esta introducción, es propicio indicar que, si no desarrollamos proyectos que contribuyan a solucionar problemas como el drenaje pluvial urbano, en la ciudad de Tacna, seguiremos viviendo las consecuencias de lo que se vivió en los años 2019 y 2020.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los modelos de drenaje urbano se desarrollaron para comprender y aprovechar los recursos hídricos de las ciudades. Los estudios sobre los sistemas tradicionales de drenaje urbano se centran en la comprensión de los procesos hidráulicos en las redes subterráneas de alcantarillado y, más recientemente, en calidad y cantidad de la descarga de agua de lluvias en las masas de agua receptoras (Tsihrintzis & Hamid, 1997; Lee & Bang 2000; Gilbert & Clausen 2006).

Las hipótesis de los modelos tradicionales de drenaje urbano son justificables por el conocimiento de su época y los recursos técnicos y económicos durante su desarrollo. Sin embargo, han sido puestas a prueba con los cambios en la dinámica urbanizadora de las ciudades y el aumento de las magnitudes y frecuencias de los eventos extremos. (Gill et al. 2017; Praskievicz & Chang 2009; Willems et. al. 2002)

En el Perú, la temporada de lluvias ocurre entre la primavera y el verano de todos los años. Asimismo, la intensidad máxima de lluvias que alcanza el territorio peruano, es el comprendido entre el mes de diciembre hasta el mes de marzo (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2019)

Según información de Senamhi (Análisis del Periodo Lluvioso 2019/2020 a nivel nacional), en los meses de verano, entre enero y marzo de 2020, la costa norte presento lluvias frecuentes y acumulados diarios dentro de lo esperado. Sin embargo, para la costa sur (Arequipa y Tacna) se reportó para los días del 22 al 24 de enero acumulados diarios calificados como “extremadamente lluvioso”: 32.4 mm en Camaná (Arequipa), 16.4mm en Jorge Basadre (Tacna). Estos días extremadamente lluviosos se volvieron a registrar el 12,21,22 de febrero y el 13,15 y 20 de marzo, en algunas estaciones meteorológicas ubicadas en Camaná, La Yarada, Ite, Sama Grande, Jorge Basadre y Calana. (Instituto Geofísico del Perú;2021)

La inundación ingreso principalmente por la calle san Antonio, arrastrando vehículos y todo lo que las fuerzas de las aguas podían mover. El agua y lodo se esparció por el terminal terrestre, el mercado la Rotonda, la Av. Jorge Basadre entre otras calles en las partes bajas (Instituto Geofísico del Perú;2021)

La falta de infraestructura de drenaje pluvial de las vías no se puede brindar un normal desarrollo de la actividad urbana, producida por precipitaciones pluviales que originan inundaciones, el no contar con una infraestructura de eliminación rápida eficaz de aguas pluviales, convierte forzosamente las calles en canales abiertos de evacuación pluvial inundando viviendas y colapsando alcantarillas, a consecuencia de esto urge la

necesidad de implementar un sistema de drenaje adecuado para la Av. Jorge Basadre Grohmann, empleando el software SWMM 5vE(Storm Wáter Management Model).

En la figura 1 se muestra la problemática de la transitabilidad peatonal y vehicular producto de las precipitaciones del enero 2020.

Figura 1

Inundación y Colapso de Desagües en la Av. Jorge Basadre G. y Calles Aledañas



Fuente: Noticia del Diario “La Republica del 26 de enero del 2020.

1.1.1 Problema General

¿Es posible diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, de manera que permita mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en la Av Jorge Basadre Grohmann en el Distrito Alto de Alianza – Tacna?

1.1.2 Problemas Específicos

¿Cuáles serán los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna?

¿Sera posible establecer los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial empleando el software SWMM 5vE en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito Alto de alianza - Tacna.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza - Tacna

- Establecer los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza - Tacna.

1.3 FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Si bien es cierto, en tiempos de lluvia como las de 2019 y 2020 en la ciudad de Tacna, ese pudo apreciar gran cantidad de agua de lluvias que generan daños a la infraestructura vial , vehículos y civiles que circulan, por ende, es prioridad encontrar una solución óptima que impida la concentración masiva de aguas pluviales en pistas, redes de desagüe, y que no se afecten en su periodo de vida útil en un futuro.

En este contexto, se realizará una propuesta de un diseño del sistema de drenaje pluvial urbano usando el software SWMM 5vE en la Av. Jorge Basadre Grohmann en el distrito de Alto de Alianza en la ciudad de Tacna, con la finalidad de obtener soluciones para mejorar el tránsito vehicular y peatonal para precipitaciones consideradas extremadamente lluvioso.

1.4 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente de proyecto de investigación se puede considerar viable por contar con los siguientes recursos necesarios:

Recurso Humano:

Se tuvo presencia como recurso humano, un investigador (tesista), un Asesor de tesis con experiencia en la rama de la Ingeniería Hidráulica y en como asesor de cantidades tesis referentes a la rama del presente proyecto de investigación.

Recurso Financiero:

Es considerado viable, en el aspecto económico, debido a que se tiene todo lo necesario para lograr los objetivos y la obtención de los resultados del proyecto de investigación

Recurso de Tiempo

Es considerado viable, en el aspecto tiempo, debido a que el investigador (tesista) tiene la disponibilidad de tiempo necesaria para terminar y cumplir los plazos de entrega y sustentar en las fechas programadas.

Recurso Bibliográfico

Es considerado viable, en el aspecto bibliográfico, debido a que se tiene disponibilidad y al alcance bibliografías de autores especialistas de la rama relacionada al presente proyecto de investigación. De la misma manera, se encontró información y material físico como expedientes técnicos relacionado de la zona en estudio.

Para la información de la data de lluvias se obtuvo de la misma página web del senamhi.

Recurso tecnológico

Se considera viable, en el aspecto de tecnológico, debido a que en la actualidad se puede hacer uso de diversos softwares para el diseño en el ámbito de la ingeniería hidráulica, que nos ayude en procesar datos e información recolectada a menor tiempo y obtener resultados más aproximados a la realidad. En el presente proyecto de investigación se hizo uso de los softwares Earth Pro, Hydrognomon, Autocad, AutoCad Civil 3D, SWMM 5vE, etc.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación presento las siguientes limitaciones:

* En el proceso del proyecto de investigación se trabajó con la información hidrológica procesada de la estación meteorológica “Jorge Basadre”, que brinda el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

* La investigación se limitó a la aplicación del software SWMM 5vE(Storm Wáter Management Model), únicamente para el modelado y el diseño.

* Para el proyecto de investigación solo se planteó el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en la Avenida Jorge Basadre Grohmann, en la ciudad de Tacna.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Ámbito Internacional

Cely-Calixto et al. (2020) desarrolla una investigación en el diseño y optimización de una red de drenaje pluvial, con el objetivo de encontrar soluciones a posibles eventos de inundación en 3 sectores de la ciudad de San José de Cucuta, Colombia. La red de drenaje pluvial se modeló utilizando el software del modelo de manejo de aguas pluviales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA SWMM), se desarrolló una comparación costo-beneficio para las dos alternativas. Al concluir la investigación, se encontró que al elaborar la estructura de costos para las diferencias condiciones tanto del diseño inicial como del optimizado, se obtuvo un ahorro del 17,8% en la pendiente alta, 22.4% en la pendiente media y 24.6% en la pendiente baja.

2.1.2 Ámbito Nacional

Carbajal L. & Córdova W. (2021) Desarrollan un sistema de alcantarillado combinado tomando como base la modelación dual en el modelo matemático SWMM, que consiste en el movimiento simultáneo del flujo en las calles como en las redes de

alcantarillado. Obteniendo valores mediante el diseño del sistema de alcantarillado, incluyendo el sistema de drenaje pluvial en la Asociación del Asentamiento Humano Yanacota, ubicada en la jurisdicción de distrito de Lurigancho-Lima, ha cumplido con los estándares mínimos de diseño según Reglamento Nacional de Edificaciones, donde los valores de velocidad se encuentran dentro de lo establecido de 0.6 m/s y 5.00 m/s en tuberías de PVC, caudales no menores a 1.50 m/s; dando como resultado un análisis hidráulico adecuado para evitar inundaciones por la presencia de lluvias.

Ramos-Vigilio (2021) Realiza el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, haciendo uso sedimentos en la Av. 28 de agosto del distrito de amarilis, en la ciudad de Huánuco; para lo cual realizo inspección minuciosa del comportamiento de lluvia-escorrentía, trabajos topográficos, hidrológicos e hidráulicos, con la finalidad de determinar los parámetros requeridos para diseño. Concluyendo que la simulación realizada en el software SWMM 5VE, el desarrollo fue positiva una vez determinada los componentes finales del sistema, para una duración de 6 horas en una precipitación, asimismo el programa SWMM arrojó un error de continuidad de -0.07% para la escorrentía y de 0.07% para el cálculo hidráulico.

2.1.3 Ámbito Local

Pino-Vargas, et al. (2022) Desarrolló el análisis los efectos potenciales del cambio climático y la variabilidad en la precipitación máxima, la temperatura y

régimen hidrológico de la Quebrada del Daiblo, Tacna, Perú; obteniendo como resultados de precipitación y temperatura diaria de quince modelos climáticos regionales se utilizaron para los escenarios de emisión RCP4.5 y RCP8.5. En un conjunto multi modeló muestran que la precipitación máxima anual probablemente aumentara en más del 30% para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 para el periodo 2021-2050 en relación con el periodo 1981-2005.

Asimismo, como se esperaba, los caudales máximos podrían incrementarse en 220% y 154% para los escenarios RCP4.5 para los plazos 2021-2050 y 2051-2080, respectivamente, y 234 % y 484% para los escenarios RCP8.5 y para el plazo 2021-2050 y 2051-2080, respectivamente, respecto del valor histórico registrado, aumentando la probabilidad de eventos de inundaciones y daños en las poblaciones ubicadas aguas abajo.

SENAMHI (2020) En un Informe Técnico de lluvias de los años 2019 y 2020, llega a la conclusión que, en el periodo de máximas lluvias, de enero a marzo de 2020, se caracterizó por presentar un marcado déficit de lluvias en el tercio norte y centro occidental del país del orden de -15% a -60% y -60% a -100%; mientras que un panorama contrario, con excesos de lluvias, predominó en la región sur – occidental con superávits de +60% a +150%, registrándose récords de acumulados diarios en la costa sur.

Asimismo, por segundo año consecutivo la vertiente sur – occidental ha presentado un ciclo de lluvias intensas. El 22,23 y 29 de enero y el 21 de febrero de 2020, algunas estaciones de los departamentos de Ica (Tacama y Copara), Arequipa (La Hacienda, Aplao, Pampa Blanca y Camaná) y Tacna (Calana y Jorge Basadre), todas ella ubicadas entre los 8 m.s.n.m. y 620 6 m.s.n.m., registraron récords de lluvias. Otros récords de precipitación se registraron en la región andina (Sierra Norte, Centro y sur) y en la Amazonia Peruana.

Figura 2

Récords de Precipitación Registrado en el Periodo de Lluvias 2019-2020

SECTOR	ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	ALTITUD (msnm)	RÉCORD MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS EN MM	FECHA	POSICIÓN DEL ACUMULADO DE LLUVIA EN LA SERIE HISTORICA DE LA ESTACIÓN
COSTA SUR	LA-HACIENDITA	AREQUIPA	282	6.5	20200123	1
	APLAO	AREQUIPA	618	9.5	20200122	3
	PAMPA-BLANCA	AREQUIPA	106	11.2	20200123	3
	CAMANA	AREQUIPA	8	32.4	20200122	1
	TACAMA	ICA	429	10.2	20200129	1
	COPARA	ICA	587	17.3	20200123	1
	CALANA	TACNA	871	21.1	20200221	1
	JORGE-BASADRE	TACNA	538	23.8	20200221	1
SIERRA NORTE	HUAMACHUCO	LA LIBERTAD	3186	52.8	20200301	2
	CUSICANCHA	HUANCAVELICA	3253	39.6	20200114	3
SIERRA CENTRO	SAN-PEDRO-DE-PILAS	LIMA	2707	38.5	20200121	3
	RUNATULLO	JUNIN	3690	38.2	20191217	2
	CERRO-DE-PASCO	PASCO	4260	60	20191203	1
SIERRA SUR	CARAVELI	AREQUIPA	1755	40.2	20200122	2
	LA-JOYA	AREQUIPA	1278	10.9	20200123	2
	PAMPA-DE-MAJES	AREQUIPA	1498	16	20200324	2
	CHIGUATA	AREQUIPA	2902	45.5	20200224	2
	YANAQUIHUA	AREQUIPA	3130	55.1	20200224	3
	CHAPARRA	AREQUIPA	1033	14.1	20200317	1
	PUQUIO	AYACUCHO	3168	37	20200210	3
	CORACORA	AYACUCHO	3156	63	20200302	1
	UBINAS	MOQUEGUA	3380	42.8	20200315	1
	CALIENTES	TACNA	1200	14.8	20200221	1
	CAYLLOMA	AREQUIPA	4318	43.2	20191225	3
	SANTO-TOMAS	CUSCO	3253	50.3	20191225	3
	MUÑANI	PUNO	3948	44.2	20200310	2
	RINCON-DE-LA-CRUZ	PUNO	3935	48	20200213	3
SELVA CENTRAL	TOURNAVISTA	HUANUCO	213	159.1	20200122	3
SELVA NORTE	RIOJA	SAN MARTIN	880	103.2	20191110	3
	NARANJILLO	SAN MARTIN	890	101.2	20191019	3
SELVA SUR	SAN-GABAN	PUNO	635	441.7	20200120	2

Fuente: Informe Técnico de lluvias 2019-2020 del SENAMHI.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Aspectos Hidrológicos

2.2.1.1 Hidrología

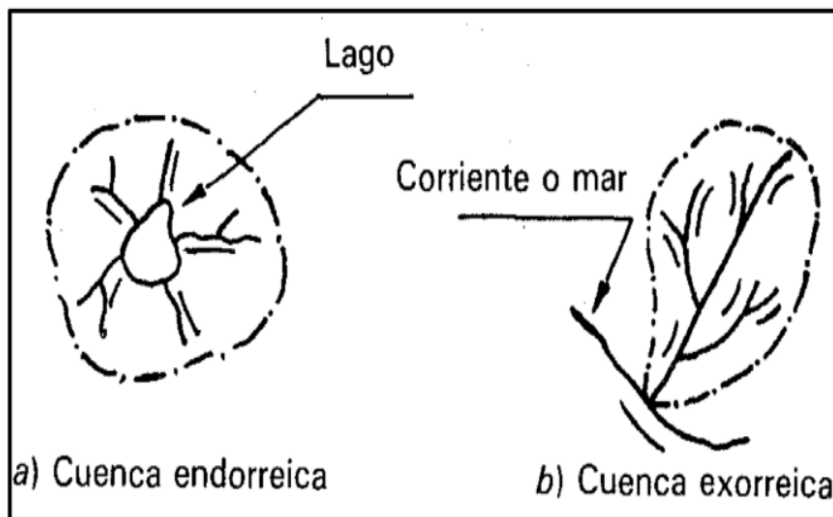
La hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. (Aparicio, 1992)

2.2.1.2 Cuenca hidrológica

La cuenca como una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvias que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Por lo tanto, si la superficie es impermeable, la definición es válida (Aparicio,1992)

Figura 3

Tipo de Cuencas



Fuente: Elaborado por Ramos-Vigilio,2021.

2.2.2 Sistema Drenaje Urbano

Es lograr una rápida evacuación del escurrimiento de las aguas pluviales de la vía pública durante un evento de lluvia, evitando así la afectación del tránsito vehicular y peatonal, y al mismo tiempo reduciendo el riesgo de inundación en un determinado sector. (Cely-Calixto et al.,2020)

Es importante que las zonas urbanas cuenten con sistema de drenaje adecuado, ya que pueden verse afectadas por inundaciones y a consecuencia de estas, sufrir daños de salud como

Con el avance de la tecnología en el mundo, se han implementado modelos matemáticos numéricos de libre acceso, que permiten predecir con mayor precisión la respuesta de un sistema de drenaje a diferentes eventos de lluvia. Dentro de estos modelos numéricos se encuentran el Storm Wáter Management Model (SWMM), el cual se va a emplear en el presente trabajo de investigación. (Rincón & Fabiana, 2013)

El contenido del trabajo se va a elaborar teniendo en cuenta las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), sector de obras de saneamiento y drenaje pluvial, como también el uso del modelo numérico SWMM 5vE para la modelación del sistema de alcantarillado combinado.

2.2.3 Precipitación

La precipitación se refiere al agua líquida (llovizna y lluvia) o sólida (escarcha, nieve, granizo) que cae sobre la superficie de la tierra y procede de la humedad de la atmosfera. La precipitación es uno de los procedimientos meteorológicos de mayor relevancia en la hidrología y junto con la evaporación, incorporan la forma en la que la atmosfera y el agua superficial interactúan en el ciclo hidrológico del agua. (Chow et al., 1994)

2.2.4 Características Geomorfológicas de la Cuenca

Según (Villon, 2002), las cuencas se pueden ver por:

* **índice de compacidad (Índice de Gravelious)**: el índice de compacidad de la cuenca definido por Gravelious, representa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca, entonces, se representa de esta manera.

$$K = \frac{\text{Perímetro de la cuenca}}{\text{Perímetro de un círculo de igual área}}$$

De la fórmula, se puede deducir con los valores, teniendo la siguiente ecuación.

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Perímetro de la cuenca (m).

A: Área de la cuenca (m²).

El índice de compacidad intenta exponer la influencia del perímetro y el área de la cuenca en la escorrentía, especialmente en términos de características del hidrograma. Si $k=1$, la cuenca será circular, generalmente para cuencas más alargadas se espera obtener un $k>1$. Las cuencas alargadas reducen la posibilidad de ser completamente cubiertas por las tormentas, lo que afectara el tipo de respuesta del río.

2.2.5 Estudio y Análisis de una tormenta

Una tormenta se sabe cómo una serie de lluvias que siguen a la misma perturbación meteorológica y tiene el mismo parámetro claramente establecidas. Según este concepto, las tormentas se pueden prolongar desde unos minutos hasta horas o incluso días, y pueden cubrir grandes extensiones de tierras muy variables. (Villon, 2002)

2.2.5.1 Importancia del análisis de las tormentas

Según (Villon, 2002), el análisis de las tormentas está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos al diseño de obras de Ingeniería Hidráulica, como son:

- * Estudio de drenaje.
- * Determinación de caudales máximos, que deben pasar por el aliviadero de una respuesta, o que deben encausarse, para impedir las inundaciones.

* Determinación de la Luz de un puente.

* Conservación de suelos.

* Cálculo del diámetro de alcantarillas.

Los parámetros de este proyecto de investigación dependen de la intensidad de las tormentas, la concurrencia, la concurrencia y periodo de retorno, que a su vez establece el factor de seguridad dado al proyecto o la posible vida la obra.

2.2.5.2 Elementos del análisis y Estudio de las Tormentas

a) La Intensidad

Es la altura máxima de agua caída por la unidad de tiempo , quiere decir , que el volumen del agua que cae por unidad de tiempo. Lo realmente interesante de toda tormenta, es la magnitud máxima presentada. Por tanto, la magnitud se expresa como:

$$i_{max} = \frac{P}{t}$$

Donde:

i_{max} : Intensidad máxima (mm/hora)

p : Precipitación en altura de agua (mm).

T: Tiempo (horas).

b) La Duración

Es el lapso temporal transcurrido entre el inicio y el final de la tormenta. Es idóneo plantear un periodo de duración, el cual es un lapso temporal específico dentro de la duración total de la tormenta, tomando en horas o minutos. Saber el dato de la duración es de suma importancia para calcular la intensidad máxima.

c) La Frecuencia

Es la numero de veces que se repita la tormenta, y tiene la característica de que la intensidad o duración es un promedio prolongado en años.

d) Periodo de retorno

Es el periodo correspondiente al intervalo medio durante el cual un evento de magnitud media x puede ser igualado o superado al menos una vez. Esto se expresa por la frecuencia inversa, es decir:

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

Donde:

T: Periodo de retorno.

F: Frecuencia.

Además, según (Villon, 2002), si un intervalo igual o mayor a “ x ” ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P , es igual a 1 en T años, es decir:

$$P = \frac{1}{T} \quad \text{ó} \quad T = \frac{1}{P}$$

Donde:

P: Probabilidad de ocurrencia.

T: Periodo de retorno.

Figura 4

Periodos de Retorno por Tipos de Estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	PERIODO DE RETORNO (Años)
Puente sobre carreteras importate	50-100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 - 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duracion	1 - 2
Drenaje de aeropuerto	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje agricola	5 - 10
Muro de encauzamiento	2 - 50
Nota: Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia	

Fuente: Del libro hidrología de Villon, 2002

En la figura 4 se muestran los valores del periodo de recuperación para diferentes estructuras hidroeléctricas, las cuales, luego de determinar el tipo de obra considerada, se puede determinar la probabilidad de ocurrencia mediante las siguientes fórmulas descritas anteriormente.

2.2.5.3 Tiempo de Concentración

Esta es la cantidad de tiempo que tarda la gota en llegar al punto hidráulico más lejano antes de salir de la piscina. Una vez transcurrido el tiempo de concentración, se puede tener en cuenta que todo el tanque contribuye a la salida. Dado que existe una relación inversa entre la duración de la tormenta y su intensidad (a mayor tiempo, menor intensidad), se supone que el tiempo crítico es igual al tiempo de foco, y así sucesivamente. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2011)

El tiempo de concentración real tiene en cuenta varios aspectos, incluida la forma del plano de la piscina (cuanto más larga sea la piscina, mayor será el tiempo de concentración), la pendiente, ya que una mayor pendiente conduce a una corriente más rápida y un tiempo de enfoque más corto. Cobertura, características del suelo, etc. Los patrones de repetición más frecuentes tienen en cuenta únicamente la pendiente, la longitud del canal principal desde el área de captación y la superficie. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2011)

Además, según la norma OS.060 RNE (Sistema Urbano de Drenaje de Aguas Pluviales), el tiempo de recogida no debe ser inferior a 10 minutos.

Figura 5

Fórmula de Cálculo del Tiempo de Concentración

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$ <p>Donde: L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S: Pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \cdot \frac{(1.1 - C) \cdot L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>Donde: C: Coeficiente de escorrentía del método racional. L: Longitud del flujo superficial, m. S: Pendiente de la superficie, m/m.</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{0.0136 \cdot L^{0.80} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.70}}{S^{0.50}}$ <p>Donde: L: Longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria del flujo), m. CN: Número de curva SCS S: Pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 810 has; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67$ veces el retardo de la cuenca.

Fuente: En base Norma Técnica CE.0.40, Drenaje Pluvial

2.2.5.4 Determinación del Coeficiente de Escorrentía

La escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones y se representa con la letra C. (Villon, 2002)

El valor de C depende de factores topográficos, edatológicos, cobertura vegetal, etc.

En la siguiente figura, se muestra los coeficientes de escorrentia para ser utilizados en el Metodo Racional.

Figura 6

Coefficiente de Escorrentía Utilizados en el Método Racional

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condicion pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del area)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condicion promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del area)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Área de cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Elaboración propia en base al Reglamento Nacional de Edificaciones

(OS.060),2019

2.2.5.5 Cálculo de la Tormenta de Diseño

Uno de los pasos clave en muchos proyectos de diseño es determinar qué eventos de lluvia aplicar. Las tormentas de diseño son patrones de lluvia específicos utilizados en el diseño de sistemas hidrológicos. Por lo general, el agua de lluvia se diseña para convertirse en una entrada al sistema y el flujo resultante a través de él, se realizan cálculos de los procesos de precipitación y escurrimiento. Una tormenta de diseño se puede definir por el valor de la velocidad de la lluvia en un punto y el diagrama de diseño que explica la variación en la duración de la lluvia durante la tormenta.

Las tormentas de diseño se pueden basar en datos históricos de lluvia para un área o se pueden construir usando factores de precipitación típicos en áreas vecinas.

Para determinar la tormenta de diseño, se recomienda obtener datos utilizando un pluviómetro ya que el campo puede brindar información de manera inmediata. Sin embargo, la mayoría de los pluviómetros en las estaciones de medición dan solo valores promedio (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2011)

Para la presentación investigación solo se cuenta con información pluviométrica obtenida del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) perteneciente a la Estación Meteorología de Tacna, para un registro histórico de 28 años (1994-2021).

2.2.5.6 Modelos de distribución para la determinación de intensidades

Según el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2011), El análisis de frecuencias tiene por objeto estimar la precipitación, la intensidad o, en su caso, la escorrentía máxima para diferentes periodos de recurrencia mediante la aplicación de modelos probabilísticos que pueden ser discretos o continuos habituales.

Hay varias funciones teóricas de distribución de probabilidad en estadística. Se recomienda utilizar las siguientes funciones.

*** Distribución Normal**

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \dots (\alpha)$$

Donde:

$f(x)$: Función densidad normal de la variable x .

x : Variable independiente.

μ : Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S : Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

*** Distribución Log Normal 2 Parámetros**

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-\frac{(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} \cdot dx$$

Donde X y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación (α) se reemplaza por una función $y = f(x)$, tal que $y = \log x$, la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, $N(Y, S_i)$. los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a $y = \log x$, tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log \frac{x_i}{n}$$

Donde \bar{Y} es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Donde s_i es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = \frac{a}{S^3 y}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

*** Distribución Log Normal 3 Parámetros**

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0)-u_y}{s_y}\right)^2}$$

Para $x > x_0$

Donde:

$f(x)$: Función densidad normal de la variable x .

x : Variable independiente.

μ : Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S : Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

*** Distribución Log Pearson Tipo III**

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} \cdot e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \cdot \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$X_0 \leq X < \infty$$

$$-\infty < X_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

X_0 : Parámetro de posición.

γ : Parámetro de forma.

β : Parámetro de escala.

*** Distribución Gumbel**

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización

Además, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k \cdot \sigma_x$$

Donde:

X : Valor con una probabilidad data.

\bar{X} : Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

* **Distribución LogGumbel**

La variable aleatoria reducida LogGumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida LogGumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Para este proyecto de investigación, el análisis de distribución se realizará utilizando el software HYDROGNOMON que incluye varios modelos de análisis de distribución de probabilidad descritos anteriormente; por lo que debes conocer las fórmulas que lo determinarán.

2.2.5.7 Prueba de Bondad de Ajuste

Esta es una prueba de hipótesis utilizada para evaluar si el conjunto de datos es una muestra independiente de una distribución seleccionada (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2011).

***Prueba de Kolmogorov – Smirnov**

Es una forma de comprobar la coherencia de la distribución, así como la posibilidad de elegir el representante más representativo, es decir, el más adecuado.

Esta prueba compara el valor absoluto máximo de la diferencia "D" entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$.

2.2.6 Curva Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa de lluvia instantánea, que es la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser instantáneo o de intensidad moderada cuando llueve. Por lo general, se utiliza la fuerza promedio, que se puede expresar como:

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

Donde:

i: Intensidad de lluvia de diseño (mm/h).

p: Precipitación (mm).

Td: Duración (horas).

La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño. (Chow et al., 1994)

El valor de frecuencia nos proporciona opciones para los criterios que se pueden tomar antes del diseño de la obra de Ingeniería. Por tanto, es conveniente expresar estos valores de maneras que sean de fácil interpretación.

2.2.6.1 Modeló de Dick Peschke

Este método Dick u Peschke o criterio de Grobe, nos permite, a partir de datos de precipitaciones máximas diarias P_{24h} , medidas en los pluviómetros, generar las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno.

Según el criterio de precipitación de corta duración D, P_b es función de la precipitación diaria, es decir, este criterio se puede aplicar a la precipitación máxima

diaria P_{24h}, según la siguiente ecuación empírica, puede producir la curva Intensidad-tiempo-período de retorno:

$$P_D = P_{24h} * \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25} \quad mm-$$

Donde:

P_D=Precipitación máxima de duración D, en el intervalo 15min <D<1440 min, en mm.

D=Duración de la Luvia, en min.

P_{24h}=Precipitación máxima diaria (en 24 horas), en mm.

Si la duración D>24 h (1440 min), lo cual son necesarias para cuencas con áreas grandes P_D, se calcula con la siguiente ecuación emperica.

$$P_D = P_{24h} * (D)^{0.40} \quad , \quad mm$$

Estimación de las curvas IDT, a partir de Datos de Precipitación Máximas Diarias.

Para obtener la ecuación general de las curvas IDT, usamos la ecuación ya mencionada:

$$I_{max} = \frac{K * T^a}{D^b}$$

Donde:

I_{max}= Intensidad máxima, en mm/hr

T= Periodo de retorno, en años

D= Duración en minutos

A partir de los datos de precipitación diaria, el proceso a seguir es como se indica:

1. Recopilar información de precipitaciones de 24 horas.
2. Descomponer la precipitación de 24 horas, en diferentes duraciones (15,30,60,120,180, etc).
3. Transformar las lluvias máximas en mm a intensidades en mm/hr.
4. Ordenar las 1 max y calcular sus periodos de retorno con la fórmula de Weibull.

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

Donde:

T: Periodo de retorno, en años.

n: Número de años.

m: Numero de orden.

5. Reordenar los datos de las tripletas I_{max}, T y D en forma adecuada.
6. Calcular los parámetros K, m, n, de la correlación potencial múltiple.

$$I_{max} = K * \frac{T^m}{D^n}$$

Donde:

I: Intensidad máxima, en mm/hr.

K,m,n: Parámetros de ajuste características de la zona de estudio.

T: Periodo de retorno, en años.

D=Duración de la lluvia en minutos.

Realizamos los siguientes cambios de variables:

$$\log I_{max} = \log K \times T^m \times D^{-n}$$

$$\log I_{max} = \log K + \log T^m + \log D^{-n}$$

$$y = X_1 + mX_2 - nX_3$$

Se obtiene la ecuación de la regresión múltiple con 2 variables independientes, encontrando el valor estimado de m,n,K.

2.2.7 Hietograma de Diseño

En este proyecto de investigación se va usar el método del bloque alterno, para analizar el comportamiento de la lluvia de 6 horas.

Método del Bloque Alterno

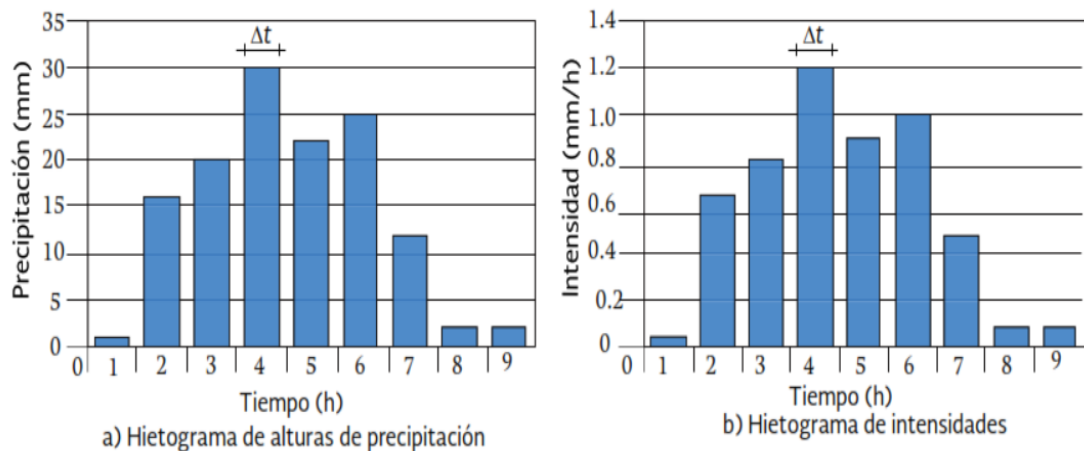
El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva IDT. El hietograma de diseño producido por este método especifica la altura de precipitación que ocurre en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n * \Delta t$. Después de

seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDT para las duraciones $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots, n\Delta t$ y la altura de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de altura de precipitación entre valores sucesivos de altura de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los demás bloques queden en orden descendente alternadamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño (Comisión Nacional del Agua, 2005).

Figura 7

Características de un Hietograma



Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

2.2.8 Modelamiento Hidrológico

2.2.8.1 Descripción del programa

El programa permite simular el ciclo hidrológico e hidráulico en una lluvia particular, recreando así la trayectoria del flujo y su comportamiento.

La modernización hidrológica nos permite representar la cuenca de estudio y todas sus subcuencas, teniendo en cuenta sus características como: el tipo de suelo, los coeficientes de escorrentía (figura 05), pendientes, área total, etc. Las características del terreno influirán en gran medida para determinar qué cantidad lluvia se convierte en escorrentía efectiva(drenada) y que cantidad se infiltra en el suelo o se pierde.

El modeló hidráulico se encarga de mapear el movimiento del agua a través de la red de drenaje, por lo que se puede obtener una simulación completa del comportamiento y fuerza del agua que fluye en cada punto de nuestro sistema de drenaje y en los diferentes momentos de lluvia. .

Para lograr una correcta modelización en el programa, será necesario contar con la información siguiente. (Rincon & Muñoz, 2013)

* Información actual e histórico de lluvias máximas para distintas duraciones, registradas dentro de la zona de estudio, curva IDF y determinar la intensidad de diseño para distintos periodos de retorno.

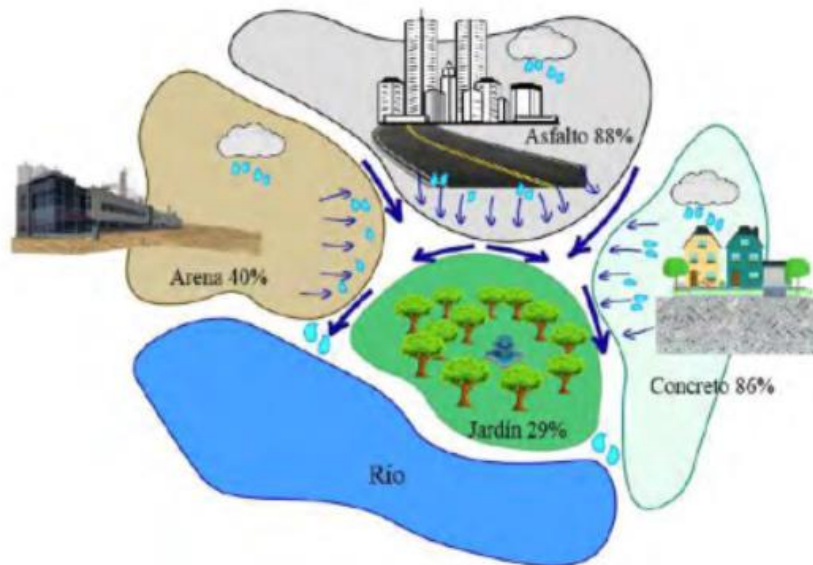
*Datos de cobertura para las distintas superficies que incluye la piscina: arena, asfalto, vegetación, hormigón, etc.

* Terreno, tanto urbano como rural, parques, calles, etc. Información sobre la profundidad del drenaje, si está disponible.

* Datos sobre elementos y estructuras para la captación de aguas pluviales e información sobre la capacidad de drenaje a fluir según su diseño.

Figura 8

Coefficiente de Escorrentía por Tipo de Suelo



Fuente: En base de la norma O.S.060 Drenaje pluvial urbano

2.2.8.2 Usos Típicos del SWMM.

De un inicio, SWMM se ha utilizado en miles de redes de drenaje de aguas residuales y pluviales. Los usos típicos son:

- * Diseño y dimensionamiento de los componentes de la red de drenaje para evitar inundaciones.

- * Dimensiones de la estructura de protección y accesorios asociados para evitar inundaciones y proteger la calidad del agua.

- * Designación de zonas inundables de quebradas y cauces naturales.

- * Desarrollar una estrategia de administración de red para minimizar el número de descargas de sistemas individuales.

- * Evaluar el impacto de los insumos y la ósmosis en las aguas residuales.

- * Generación de contaminantes a partir de fuentes difusas para investigar la acumulación de residuos.

2.2.8.3 Metodología de Cálculo hidráulico del programa

El programa dispone de tres tipos de algoritmo de cálculo hidráulico. Estos permiten calcular considerando la variabilidad que se presenta en el sistema de drenaje (Cateriano & Menacho, 2019).

a. Régimen uniforme.

La primera es que el modo de constante uniforme permite tener una idea aproximada de los cálculos hidráulicos, mientras que el resultado del caudal se aleja un

poco del valor real, esto se debe a que no utiliza el tiempo de evolución del tiempo de precipitación, similar a un racional método que no resulte en flujos fluctuantes a medida que se desarrolla la precipitación.

Por otro lado, al ser uniforme considera que no existe alteración en la forma ni en la pendiente del canal, tanto la pendiente de fondo, la pendiente energética y la del tirante de agua son iguales, la velocidad se mantiene constante en todo el recorrido y no consideran fenómenos como remansos, resaltos hidráulicos, etc (Cateriano & Menacho, 2019).

b. Onda cinemática

El segundo algoritmo de cálculo, es el de onda cinemática, el cual trabaja en régimen no permanente, es decir que el caudal de la escorrentía varia (aumenta o disminuye) con respecto al tiempo de lluvia, por lo tanto, se presenta variación de tirantes del flujo en los distintos puntos de nuestro sistema en cada periodo de simulación (Cateriano & Menacho, 2019).

Para el desarrollo de este algoritmo se usan las ecuaciones básicas de Saint venat, precisamente las relacionadas a la ecuación de continuidad y se toman en cuenta variables como, el peso del flujo y fricción en las paredes del conducto, fuerzas que al equilibrarse mantienen constante el área y la velocidad a lo largo de los tramos en los que se desplaza el flujo (Cateriano & Menacho, 2019).

Una de sus principales ventajas es que tiene un tiempo de cómputo mínimo en el programa y brinda resultados confiables cuando el sistema de drenaje incluye tuberías que conducen a la superficie libre del agua. No obstante, no considera las variaciones en el flujo debido al cambio de pendientes y secciones (remasos y resaltos hidráulicos), es decir trabaja a flujo uniforme y en segundo lugar no considera en el modeló, la presión en tuberías (Cateriano & Menacho, 2019).

c. Onda dinámica

El algoritmo de onda dinámica es adecuado para modelar cualquier tipo de sistema de drenaje, es completo, tiene en cuenta parámetros como la sobrepresión y el amortiguamiento en la tubería, al mismo tiempo que tiene en cuenta los cambios en la velocidad y las superficies hidráulicas debido a cambios en la geometría de la sección transversal. y taludes, en la calle, en canales o tuberías. Este modeló de cálculo trabaja con las ecuaciones completas de Sant Venant, es decir, con todas las variantes de las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento, por lo tanto, generara resultados más precisos (Cateriano & Menacho, 2019).

Por tal motivo, este modeló de transporte hidráulica logra contemplar efectos como el almacenamiento, las perdidas localizadas, el flujo inverso y presurizado en tuberías (Cateriano & Menacho, 2019).

El presente proyecto de investigación se va elaborar teniendo en cuenta las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), sector de obras de saneamiento y drenaje pluvial como también el uso del modeló numérico SWMM 5vE para la modelación del sistema de alcantarillado combinado.

2.2.8.4 Componentes Hidrológicos

2.2.8.4.1 Pluviómetros (Rain Gages)

(Ramos-Vigilio, 2021)Proporciona datos de entrada para la precipitación que ocurre en una o más subcuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser datos de series de tiempo o pueden provenir de archivos fuera del programa.

Los principales atributos de estrada son:

- Tipo de datos de lluvias.
- Intervalo de tiempo de los datos de lluvia.
- Origen de los datos de lluvia (serie temporal).
- Nombre del origen de los datos de lluvia.

2.2.8.4.2 Subcuenca (subcatchment)

(Ramos-Vigilio, 2021)Son las unidades hidrobiológicas del terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje dirigen la escorrentía al punto de descarga. Se pueden dividir en zonas permeables y zonas impermeables. La escorrentía superficial puede ingresar al sobrenadante de la zona de permeación, la zona de

permeación debe dividirse en dos subzonas; uno con área de almacenamiento en depresión y otro sin área de almacenamiento en depresión.

Las siguientes tres modelós describen la infiltración de agua de lluvia en la zona permeable:

- Modeló de infiltración de Horton.
- Modeló de infiltración de Green – Ampt.
- Modeló de infiltración basado en el Numero de curva del SCS.

Los parámetros principales de entrada son:

- Pluviómetro asignado.
- Nudo de descarga.
- Área Tributaria.
- Porcentaje de impermeabilidad.
- Ancho de la cuenca.
- Valor del coeficiente de Manning “n” para el flujo superficial tanto para áreas permeables como para áreas impermeables.
- el almacenamiento en depresión tanto para áreas permeables como para áreas impermeables.
- El porcentaje de suelo impermeable carente de almacenamiento en depresión.

2.2.8.5 Componentes Hidráulicos

2.2.8.5.1 Nudos (Nodes)

(Ramos-Vigilio, 2021) Las conexiones son nudos en el sistema de drenaje y las diferentes líneas de tuberías están conectadas entre sí. Físicamente pueden ser canales naturales de tierra, bocas de hombre en sistemas de drenaje o elementos de tubería. Los cargos van al sistema a través de conexiones. Cuando las tuberías conectadas están bajo carga, el exceso de agua en los nudos provoca una presión local en el flujo. Además, el exceso de agua puede drenarse completamente del sistema o viceversa, por lo que se detendrá en la parte superior y luego volverá a ingresar a la conexión.

Los principales parámetros de entrada de la conexión son:

- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión.
- Profundidad del pozo.
- Datos de aportes extremos de caudal. Es también otro parámetro opcional.

De acuerdo con (Yañez, 2014), los elementos que se pueden asignar a los nudos pueden ser:

Conexiones (Junctions): Son los nudos que conectan diferentes tuberías en el sistema, pueden representar canales superficiales naturales, registros o la convergencia de elementos de conexión de tuberías.

Vertidos (Outfalls): Son los nudos terminales del sistema y definen las condiciones límites finales abajo del sistema.

Divisor (Dividers): Este es un grupo que se usa para dividir un flujo en dos tubos de salida de una manera definida por el usuario, donde solo puede haber dos tubos de salida.

Depositos (Storage Units): Este es un grupo que se usa para dividir un flujo en dos tubos de salida de una manera definida por el usuario, donde solo puede haber dos tubos de salida.

Conductos (links)

Un conducto es una tubería o conducto a través del cual fluye agua de un nodo a otro en un sistema de transporte. Puede seleccionar secciones transversales de diferentes formas de apertura y cierre definidas en el programa. Además, el programa te permite definir áreas de sección transversal irregular para representar canales naturales.

SWMM 5vE utiliza la ecuación de Manning para establecer la relación entre caudal que circula por el conducto (Q), su sección transversal (A), su radio hidráulico R y pendiente (s) para resolver el problema de tuberías abiertas y cerradas (parcialmente llenas).

Los principales parámetros de entrada para las conducciones son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.

- Alturas del conducto respecto de la cota de fondo de los nodos inicial y final.
- Longitud del conducto.
- Coeficiente de Manning.
- Geometría de la sección transversal del conducto.
- Coeficiente de pérdidas tanto para la entrada como para la salida del conducto.
- Presencia de una válvula de compuerta para prevenir el flujo inverso.

2.2.8.6 Modeló de Simulación SWMM 5 EPA

Modeló dinámico de simulación de lluvia y escorrentía para calcular la cantidad y calidad del agua, especialmente en áreas urbanas Este software puede ser utilizado para simular eventos aislados, como para simulación continua. (Fattorelli & Fernández, 2011).

Tenga en cuenta la siguiente información para obtener la simulación correcta en 5vE SWMM. Data presente e histórico de lluvias máximas para diferentes duraciones, producidas dentro del área de investigación, curvas IDF y establecer la intensidad de diseño para diferentes periodos de retorno. (Rincón & Muñoz, 2013)

La frecuencia de la lluvia se refiere al número de veces que se repite con una determinada intensidad y en un determinado período de tiempo. El rango de frecuencia más utilizado es de 3 años a por lo menos 100 años. Por lo tanto, existen estándares que deben usarse en diferentes ubicaciones de alcantarillado, como residencial (3-10

años), comercial e industrial (10-15 años) y de red (10-15 años -100 años). (Lopez, 1995)

El software SWMM de la EPA requiere información adicional para cada subcuenca, como la pendiente y la anchura medias, se utilizará un base topográfico para usa la ecuación (1) y la ecuación (2). (U.S. Environmental Protection Agency , 2005)

$$\text{Pending} = \frac{\text{Upper and lower elevation}}{\text{Length}} * 100, \quad (1)$$

$$\text{Average width} = \frac{\text{Tax area}}{\text{Length}}. \quad (2)$$

2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

El drenaje pluvial está compuesto por estructura por estructura hidráulicas, tales como sumideros, cunetas, cámaras de conexión y de inspección, tuberías, entre otros.

2.3.1 Estructura de Captación

Sumidero

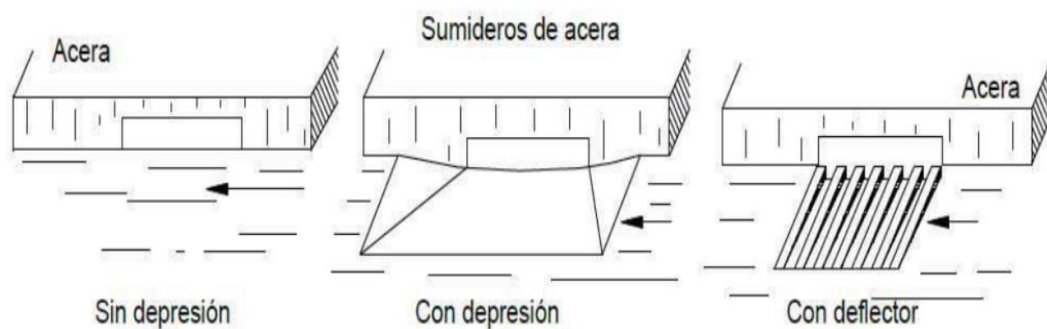
Los sumideros son mediante el cual se evacua el agua de lluvia que es llevado por red de conductos subterráneos a un depósito. La elección del tipo sumidero depende de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación. (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

Sumidero Lateral de Sardinel o Solera: Consiste en una abertura vertical del sardinel a través de la cual pasa el flujo de las cunetas al alcantarillado pluvial, por lo

que su utilización se limita a aquellos tramos donde se tenga pendientes longitudinales menores que 3%. (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

Figura 9

Sumidero Lateral de Sardinela o Solera



Fuente: Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial.

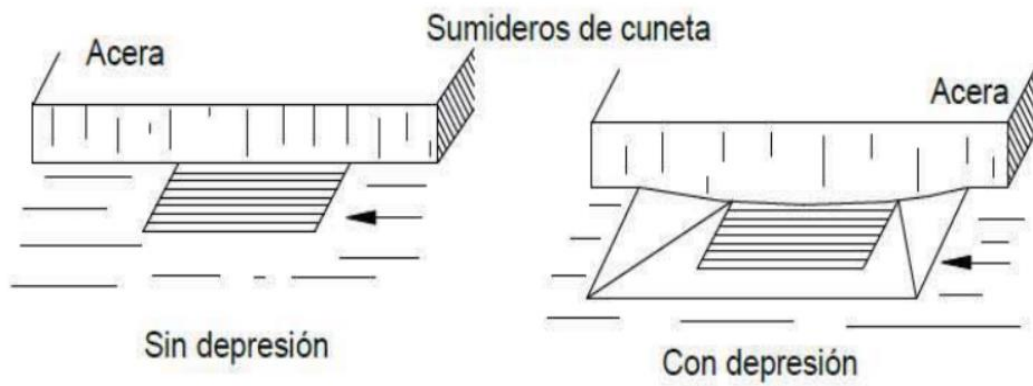
Sumidero de Fondo: Consiste en una abertura en la cuneta cubierta por uno o más sumideros, los que deben cumplir con las siguientes características: (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

Se utilizan cuando las pendientes longitudinales de las cunetas sean mayores que 3%.

Los canales para este tipo de drenaje deben ser barras paralelas a la canaleta. Por razones de diseño, se pueden agregar barras, pero deben permanecer en la parte inferior de las barras verticales. Los sumideros de agua inferiores se pueden retraer para aumentar el área de captación.

Figura 10

Sumidero de Fondo



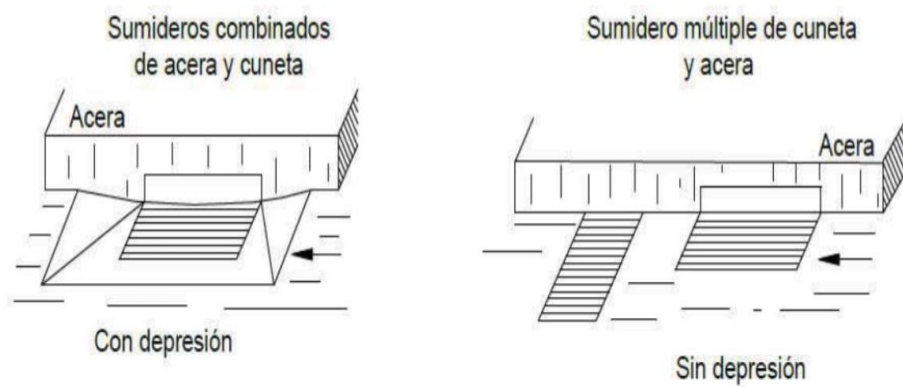
Fuente: Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial.

Sumideros Mixtos o Combinados: Consiste en un sumidero lateral de sardinel y sumidero de fondo actuando como una unidad, siendo el diámetro mínimo de los tubos de descarga al buzón de reunión de 250 mm. (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

Figura 11

Sumidero Mixto o Combinado

SUMIDERO MIXTO O COMBINADO



Fuente: Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial.

Sumideros de Rejilla en Pista o Calzada: Consisten en una canalización transversal a la pista o calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas. (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

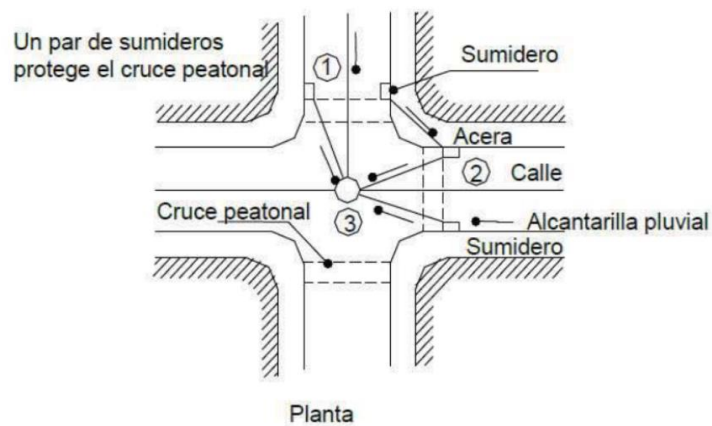
Ubicación de los Sumideros

La ubicación del sumidero depende del caudal, la pendiente, la ubicación y la geometría de las intersecciones, la amplitud del flujo permitido del sumidero, la cantidad de desechos sólidos, acceso de vehículos y pasos de peatones. (Castañeda, 2004)

Como regla general, el tanque debe estar en el punto más bajo. Su posición habitual es en la esquina de una intersección, pero para detenerse, tienen que comenzar en el momento equivocado desde la altitud.

Figura 12

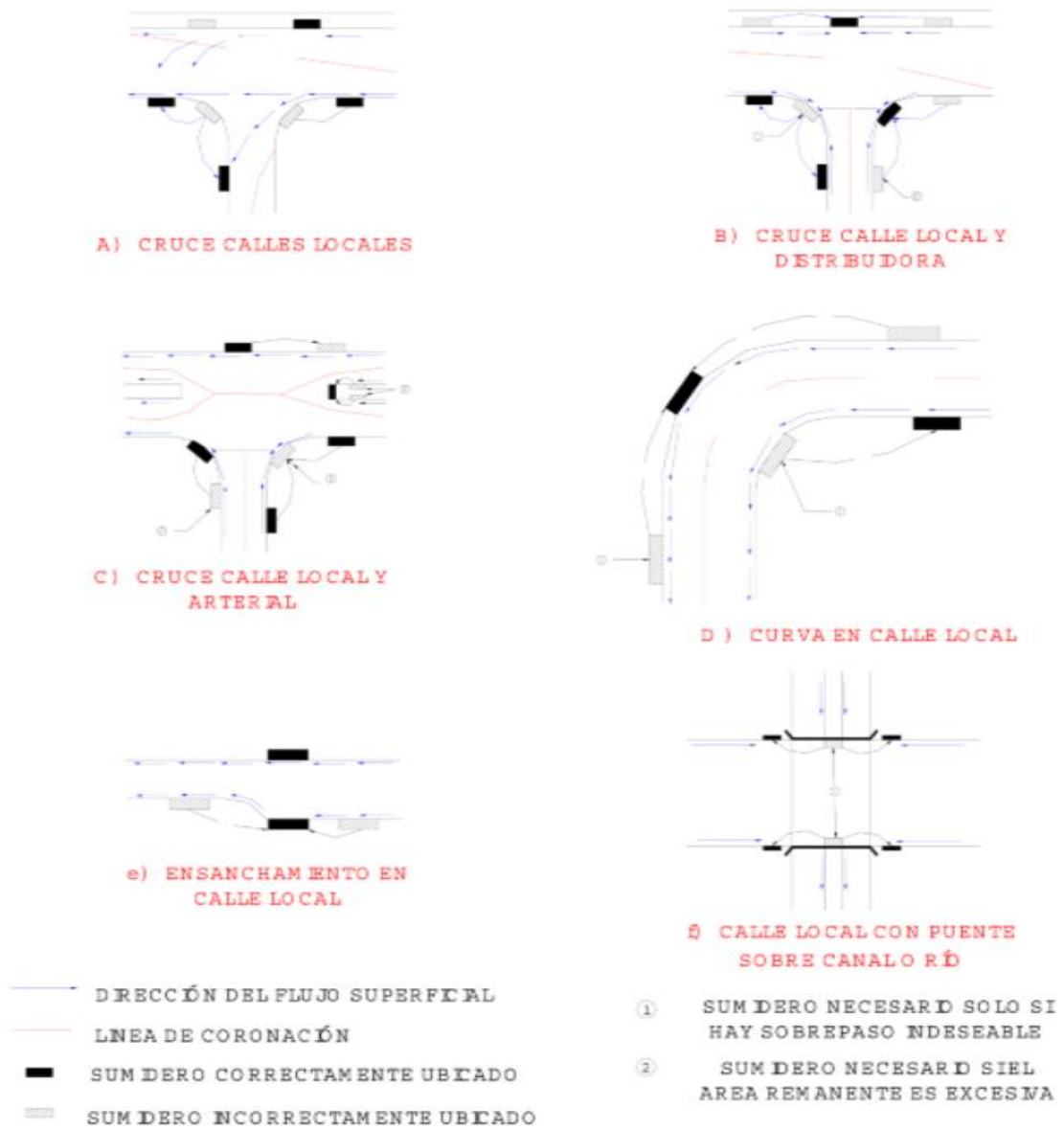
Ubicación de los Sumideros en Intersección de Calles



Fuente: Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial.

Figura 13

Localización Típica de Sumideros



Fuente: Elaboración Propia en base a Castañeda,2004.

2.3.2 Resistencia de las Tuberías

Según (Norma Técnica CE.0.40, 2021), Las tuberías a usar en colectores de agua de lluvia tienen que dar cumplimiento, en primer orden, en la edición vigente de una Norma técnica peruana (NPT) y en reglamento técnicos emitidos por las autoridades competentes. En caso de no existir, se deben aplicar suplementariamente las normas en el orden siguiente:

Las normas internacionales de IEC o ISO

Las normas regionales (Unión Europea, COPANT, Mercosur o equivalente)

Las normas nacionales (IRAM, NBR, NCh, entre otros)

Y las normas de instituciones o asociaciones reconocidas a nivel internacional, en su edición más reciente.

Los tipos de tubería a usarse según la norma técnica CE. 040 son:

Tabla 1

Tipos de Materiales para Tuberías

TIPOS MATERIALES PARA TUBERIA
Asbesto Cemento
Hierro Fundido Dúctil
<u>Poly</u> (Cloruro de vinilo) (PVC)
Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio GRP
Concreto Armado Centrifugado
Concreto Pretensado Centrifugado
Concreto Armado Vibrado con Recubrimiento Interno de Polietileno PVC
Arcila Vitrificada

Fuente: En base a la NTP 0.40 Drenaje Pluvial

Altura de relleno

La profundidad mínima desde la rasante de la calzada hasta la clave de la tubería deberá ser de 1 metro.

2.3.3 Colector y Subcolector

Para, (Norma Técnica CE.0.40, 2021), los colectores deben aumentar su sección a medida que aumenta el área de drenaje y en base al cálculo del proyectista.

La velocidad mínima de flujo de agua en la tubería es de 0,90 m/s para evitar la sedimentación causada por el agua de lluvia como la arena y la grava.

En la sección circular, el tirante es inferior al 80% del diámetro para proporcionar un margen de seguridad en caso de obstrucción o flujo atrapado que exceda el diámetro calculado.

2.3.4 Registro

(Norma Técnica CE.0.40, 2021) , El registro instalado debe tener la capacidad suficiente para permitir el acceso de una persona y la instalación de un dispositivo de limpieza. El diámetro mínimo de registro del colector es de 1,20 m.

La instalación del registro no es necesaria si el canal es lo suficientemente grande para mover a una persona, en cuyo caso se aplica el criterio de aprobación.

El registro debe ubicarse fuera de la pista o calzada, excepto cuando se instalan en caminos de servicio o en calles en este caso, aplican los criterios de espaciamiento.

El registro debe estar ubicado en: (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

- Convergencia de dos o más drenes.
- Puntos intermedios de tuberías muy larga.
- En zonas donde se presente cambios de diámetro de los conductos.
- En curvas de deflexiones de alineamiento, no sienta necesario colocar registros en cada curva o deflexión.

- En puntos donde se produce una brusca disminución de la pendiente.

El espaciamiento se determina en la siguiente manera: (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

- Para tuberías de diámetro igual o mayor que 1,20 m, o conductos de sección transversal equivalente, el espaciamiento de los registros debe ser de 200 a 350 m.
- Para diámetros menores que 1,20 m, el espaciamiento de los registros debe ser de 100 a 200 m
- En caso de conductos pequeños, cuando no se posible lograr velocidades de auto limpieza, se coloca registro cada 100 m.
- Con velocidades de auto limpieza y alineamiento desprovisto de curvas aguadas, la distancia entre registros corresponde al rango mayor de los limites mencionados en los párrafos anteriores.

En el caso de buzones se deben cumplir con lo siguiente: (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

- Para colectores de diámetro menor que 1,20 m, el buzón de acceso esta centrado sobre el eje longitudinal del colector.

- Cuando el diámetro del conducto es mayor que el diámetro del buzón, se desliza hasta tocar un lado del conducto para posicionar mejor la escalera de acceso.
- En colectores mayores de 1,20 m de diámetro, con entradas laterales para ambos registros, el desplazamiento lateral es menor. • Construidos en ladrillo u hormigón, prefabricados o vaciados en el lugar. Puede o no tener un revestimiento de plástico.
- Su separación se basa en el diámetro de los conductos para facilitar la inspección, limpieza y mantenimiento general de la tubería y asegurar una adecuada ventilación. En el exterior, tiene una visera de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación.

La disposición de los subcolectores debe cumplir con lo siguiente: (Norma Técnica CE.0.40, 2021)

- *Los laterales que llegan a un punto convergen formando un ángulo favorable con la dirección del flujo principal.
- *Si la conservación de la carga es crítica, se proveen canales de encauzamiento en el radier de la cámara.

2.4 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Alcantarillado: Son tuberías subterráneas utilizadas para dirigir el agua de lluvia, agua servidas o su combinación. (OS.060, 2006).

Aguas Pluviales: Son aguas de lluvia que fluyen sobre la superficie de la tierra. (OS.060, 2006)

Alcantarillado Pluvial: Grupo de alcantarillas que transportan aguas de lluvia. (OS.060, 2006)

Berma: Son áreas laterales pavimentadas de la vía para el estacionamiento de emergencia y que estos mismos no causaran una interrupción del tráfico en las calzadas. (OS.060, 2006).

Bombeo de la Pista: Es la pendiente transversal contada desde el eje de la pista al final de la superficie del vehiculó, expresada como porcentaje. (OS.060, 2006)

Calzada: Es la parte de una vía destinada al tránsito de vehículos. (OS.060, 2006)

Caudal. Es el volumen de agua por unidad de tiempo que escurre por un cauce. (Pilan & Fernández; 2007)

Coefficiente de Escorrentía: Es el coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente. (OS.060, 2006)

Coefficiente de Fricción: Es el parámetro que representa la resistencia al flujo causada por la fricción entre la pared de la tubería y la pared de las canalizaciones, de los caudales el más común es el de Manning. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Cuenca: Es la unidad básica de la investigación hidrológica, se define como el agua de lluvia que desciende a la superficie y que no se infiltra, sino que se dirige al punto de salida (cuenca abierta) o de áreas de almacenamiento como presas, lagos, estanques, entre otros; teniendo en cuenta que el tamaño depende de la ubicación de salida. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Cunetas: Estructura hidráulica abierta, estrecha y longitudinal. Es utilizada para transportar aguas de lluvia, generalmente ubicada a ambos lados de una vía. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Drenaje: Método para eliminar el exceso de agua del terreno. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Drenaje Pluvial Urbano: Incluye una red de tuberías e instalaciones que brindan una operación, mantenimiento y reparación completos; Su finalidad es redirigir el escurrimiento pluvial por calles y avenidas, evitando así la acumulación pluvial y facilitando el drenaje del área de servicio. Además, también evita la acumulación de agua y la propagación de enfermedades. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Frecuencia de lluvias: Es el número de veces de una precipitación repetida, de una intensidad dada en un periodo de tiempo dado, es decir, el periodo de ocurrencia de una lluvia dada. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Hietograma: Es la distribución temporal de una lluvia que se representa gráficamente (diagrama de barras), y que consta de intervalos de tiempo previamente determinados. El tiempo se registra en el núcleo de las abscisas, y la altura e intensidad de la precipitación se registran en el eje de las ordenadas, generalmente se expresan en (mm), o mm/h respectivamente. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Intensidad de lluvia: Es la precipitación en superficie, es decir, la precipitación por unidad e tiempo en milímetros hasta la sección considerada. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Lluvia efectiva: Se refiere a la cantidad de agua perdida de la superficie por infiltración, evaporación, almacenamiento, en un charco o después de ser intervenida y retenida por la vegetación. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Precipitación: Es el fenómeno atmosférico que incluye la contribución de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Rejilla: Es una estructura metálica con aberturas de tamaño generalmente uniforme, que se utiliza para mantener solidos suspendidos o flotantes en el agua de

lluvia o aguas residuales, y no permite que dichos solidos ingresen al sistema. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Sumidero o Coladera: Estructura para recolectar aguas de lluvia, generalmente ubicadas en las esquinas para interceptar el agua de las zonas de tránsito peatonal. (Comisión Nacional del Agua., 2019)

Tiempo de Concentración: Se define como el tiempo que tardan las gotas de agua que caen en el extremo más alejado de la piscina en llegar al primer desagüe y desde allí por el conducto hasta el punto indicado. El tiempo de concentración se divide en dos partes: tiempo en el tiempo y tiempo de ascenso.

El tiempo de entrada de agua se refiere al momento en que el agua de lluvia ingresa al suelo desde el punto más alejado, es decir, el momento en que el agua de lluvia ingresa al barranco o arroyo (Norma OS.060, 2006).

2.5 ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis General

Es puede diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, que permita mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito de Alto de Alianza – Tacna.

2.5.2 Hipótesis Específicas

Se puede conocer los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna

Los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial se pueden establecerlo empleando el software SWMM en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente: Transitabilidad,

Variable Dependiente: Sistema de drenaje urbano

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación, se va desarrollar bajo un enfoque cuantitativo; dado que se utilizó la recolección y el análisis de datos para probar la hipótesis establecida, en base a la medición numérica y al análisis estadístico con el fin de establecer las pautas de comportamiento, y finalmente probar la teoría planteada. (Hernandez et al., 2014)

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La población corresponde a la Avenida Jorge Basadre Grohmann y calles adyacentes a esta en el distrito de Alto de alianza, dentro de la ciudad de Tacna

3.2.2 Muestra

La muestra correspondió al muestro no probabilístico por conveniencia. Siendo así, la muestra perteneció a la Avenida Jorge Basadre Grohmann comprendida entre Av. Tarata y el Ovalo León; así mismo, la muestra corresponde a algunos tramos adyacentes a la avenida Jorge Basadre Grohmann, dentro del distrito de Alto de Alianza, Tacna.

3.3 PROCEDIMIENTOS

- a. Recopilación de información hidrológico y otras datas acerca del área de estudio (Av. Jorge Basadre Grohmann)
- b. Trabajo de campo, básicamente para realizar reconocimiento del área en estudio y los estudios topográficos para conocer el relieve.
- c. Trabajos en el gabinete, consistente en el procesamiento de datos, topográficos, hidrología y diseño hidráulico.
- d. Análisis e interpretación de la información resultante del gabinete.
- e. Elaboración de la tesis.
- f. Presentación de la tesis.
- g. Sustentación de la tesis.

3.4 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Estudio topográfico: Estos estudios topográficos se da por medio de equipos especializados, por hallar las curvas de nivel y su perfil.

Estudio hidrológico: Para determinar datos mediante el método racional y método estadísticos.

Presentación de datos: Para procesar en tablas o cuadros para inserta al software SWMM 5vE.

Para el diseño hidráulico: Se revisará la norma OS.060 Drenaje Pluvial y normas internacionales.

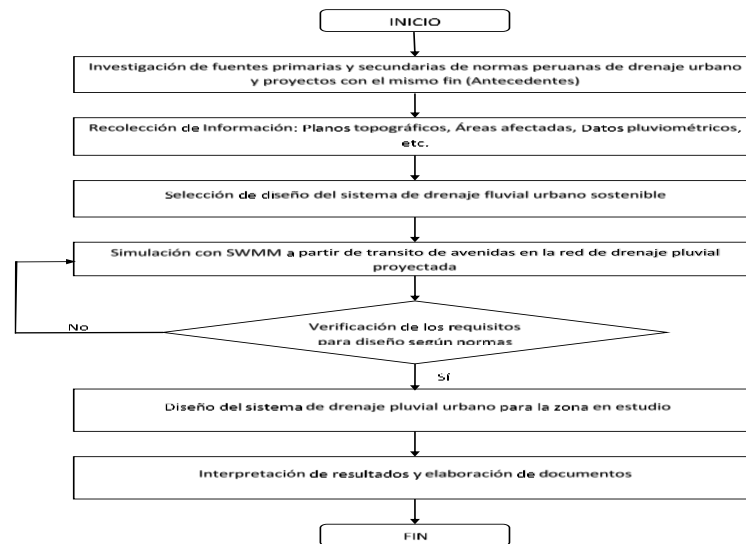
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

El instrumento de recolección de datos, es el medio o formato donde será recopilado la información obtenida para que pueda ser estudiada y analizada por el investigador. (Arias,2016). Entonces, a información recolectada se realizará mediante revisión documental, observación insitu, inspección, fichas bibliográficas, informes técnicos, artículos de investigación.

3.6 FLUJO DE TRABAJO

Figura 14

Diagrama de Flujo Metodológico



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1 RECURSOS HUMANOS

En el presente trabajo de investigación, se dispone del tesista como investigador principal, y del asesor, como personal profesional guía para la realización del mismo, por parte de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – UNJBG.

4.2 PRESUPUESTO

Tabla 2

Presupuesto para la Ejecución del Proyecto de Investigación

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Subtotal (S/)
1	Recursos Humanos		1		900
1.1	Investigador	und	1	S/ -	S/ -
1.2	Asesor de Tesis	und	1	S/ -	S/ -
1.3	Asistente Cadista	und	1	S/ 900.00	S/ 900.00
2	Equipos y bienes				S/ 1,200.00
2.2	Impresora	und	1	S/ 800.00	S/ 800.00
2.3	Intalacion de Programas	und	2	S/ 75.00	S/ 150.00
2.4	RNE actualizado	und	1	S/ 50.00	S/ 50.00
2.5	Otros	glb	1	S/ 200.00	S/ 200.00
3	Servicios, gastos operativos.				S/ 3,350.00
3.1	Movilidad Local	glb	1	S/ 250.00	S/ 250.00
3.2	Impresión de material bibliografica	glb	1	S/ 100.00	S/ 100.00
3.3	Capacitacion de usa programas	und	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
3.4	Capacitacion en curso de especializacion	und	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
3.5	Otros	glb	1	S/ 500.00	S/ 500.00
TOTAL DEL PRESUPUESTO					S/ 5,450.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Respecto al costo, se ha estimado un monto que se encuentra dentro de las posibilidades económicas a cubrir durante el desarrollo de la investigación, elaboración propia. }

4.3 CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tabla 3

Cronograma de Ejecución del Proyecto de Investigación

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ELABORACION Y APROBACION DE PLAN DE TESIS																				
Determinación de línea de investigación y tema	■	■																		
Investigación relacionada al proyecto de investigación			■	■																
Elaboración del plan de tesis				■																
Trámites para aprobación del plan de tesis					■															
DESARROLLO DE INVESTIGACION																				
Reconocimiento físico de la zona de investigación					■	■	■	■												
Aprendizaje de uso del software SWMM 5 vE						■	■	■	■	■										
Recopilación de datos topográficos, hidráulicos, etc.							■	■	■	■	■									
Análisis e interpretación de la información resultante del gabinete										■	■	■	■							
ELABORACION DE TESIS																				
Desarrollo de las conclusiones de los resultados.														■	■					
Redacción de tesis						■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Revisión de borrador															■					
Documentación previa a la sustentación final																■				
Sustentación final del proyecto de investigación ante jurado																		■		

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Tiempo de ejecución total del proyecto de investigación es 4 meses con 1 semana, elaboración propia.

CAPÍTULO V

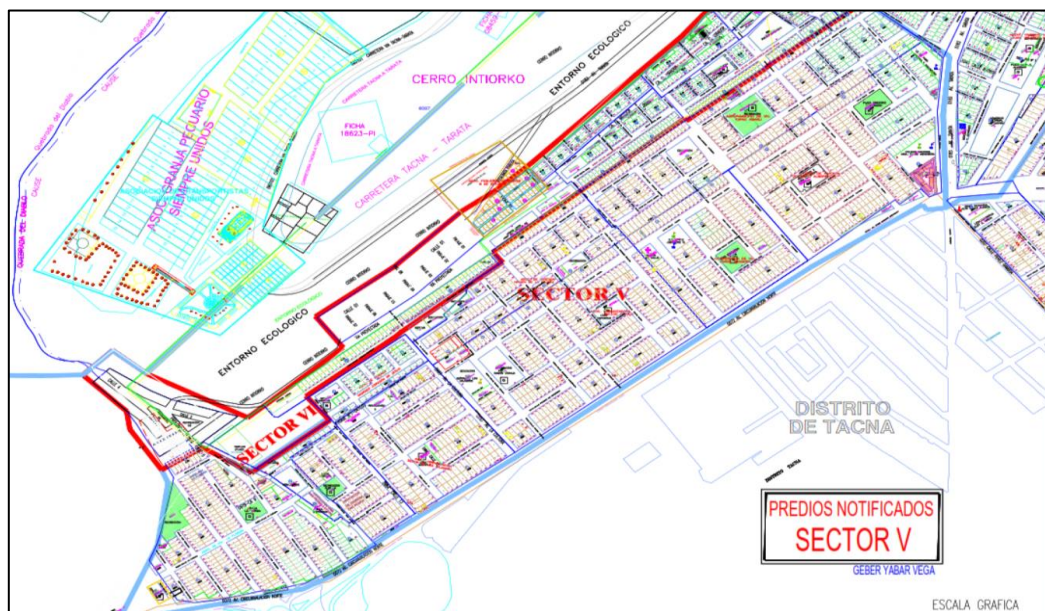
RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Alto de Alianza – Región Tacna, comprende de una superficie terrestre de 371 km², dividido en 7 sectores según el plan catastral. Para el proyecto de investigación se va considerar el SECTOR V de 0.52 km², ya que se encuentra adyacente de la Avenida Jorge Basadre Grohmann. **Anexo 04 PLANOS**

Figura 15

Zona de Estudio - Sector V del Plano Catastral



Fuente: Plano Catastral 2018 del Distrito Alto de Alianza – Tacna.

El sector V está comprendida por las Agrupamiento de vivienda Tupac Amaruc, Cooperativa de vivienda Jorge Basadre, Cooperativa de vivienda Gregorio Albarracín, Asociación de vivienda Virgen de la Asunta, Asociación urbanizada Ramon Copaja, Asociación Urbanizada Señor de los Milagros, Asociación de vivienda Sagrado Corazón de Jesús, Asociación de vivienda San Pedro, Asociación Urbanizada San Pedro II Etapa y Asociación de vivienda La Florida.

5.1.1 Ubicación Geográfica

Políticamente está ubicada en:

Distrito : Alto de Alianza

Provincia : Tacna

Departamento : Perú

Geográficamente se ubica determinado por las coordenadas geográficas:

Latitud : 17°59'56'' S

Longitud : 70°14'44'' W

Altitud : 607 m.s.n.m

5.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

5.2.1 Recolección de Planos

Para la recopilación de planos, se visitó a la obra **MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA CARRETERA TACNA-TARATA PE-38, TRAMO KM**

0+000 – KM 02+000 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA – TACNA,
ejecutado por el consorcio dorado.

Dicho consorcio hizo entrega de juego de planos para la ejecución del proyecto mencionado. ANEXO 02 PLANOS DE TOPOGRÁFICOS

Para los trabajos de delimitaciones de la cuenca se solicitó el plano catastral sectorizado del 2018 en Distrito Alto de Alianza de la ciudad de Tacna. Siendo de interés de sector V para el desarrollo del proyecto de investigación. ANEXO 04 PLANOS

5.2.2 Recolección de datos hidrológicos y meteorológicos

Para efectuar la recolección de datos hidrológicos y meteorológicos, se tuvo que investigar al portal web <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/index.html?Set-Language=es>, en referente a la estación Jorge Basadre ubicada en la Ciudad de Tacna. Con la información recabada se llevará acabo el estudio hidrológico de la zona de estudio.

Figura 16

Visita a la Pagina del SENAMHI



Fuente: Elaboración Propia.

(Organizacion Meteorológica Mundial, 2017), los servicio meteorológicas “Se basa en la entrega de información y asesoramiento sobre el estado de la atmosfera en el pasado, presente y futuro, que incluye también la información concerniente a la temperatura, el viento, la nubosidad, la cantidad de lluvia, calidad del aire y otras variables atmosféricas, así también como sobre la incidencia y las consecuencias de los fenómenos meteorológicos y climáticos importantes.

Se reviso la data SENAMI HSR PISCO con la última actualización 23 Jul 2020
17:30:21 GMT.

5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

5.3.1 Análisis Hidrológico de la Zona de Estudio

Las características hidrológicas han sido obtenidas con la ayuda de los planos topográficos, plano catastral, información del SENAMHI, etc. Los resultados obtenidos fueron a partir de:

5.3.1.1 Perímetro y Área de la Cuenca

Para el perímetro y área de la cuenca urbana, estos mismos han sido delimitados gracias al programa computacional AutoCad, presentando las siguientes propiedades obtenidas:

Tabla 4

Perímetro y Área de la cuenca urbana

Descripción	Área			Perímetro
	m2	has	km2	ml
Cuenca Sector V	515909.50	51.59	0.5159	4066.72

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 Índice de Compacidad

El índice de compacidad fue obtenido a partir y perímetro de la cuenca en análisis, cuyo parámetro está estrechamente relacionado con el tiempo de

concentración del sistema hidrológico. En la tabla 05 se muestra el resultado correspondiente.

Tabla 5

Índice de Compacidad

Descripción	Índice de compacidad		
	K	Evaluación	Resultado
Cuenca Sector V	1.59	K > 1	Cuenca de forma alargada

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Pendiente del Cauce Principal

Existen diferentes métodos para determinar la pendiente del canal principal.

En nuestro caso, la pendiente se determina por el método de Taylor-Schwartz porque es más aproximado y además tiene en cuenta que la inclinación de la zona de estudio

tiene un rango diferente. Por lo tanto, se utilizará la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^{1/2}}} \right)^2$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce (m/m).

L_i: Longitud del tramo i (m).

S_i: Pendiente del tramo i (m/m).

Tabla 6*Valores Topográficos para Determinar la Pendiente del Cauce Vial de la Av. Jorge**Basadre Grohmann*

	Longitud "L" (m)	Pendiente "S" (%)	Pendiente "S" (m/m)	L/\sqrt{s}
	5.44	2.69	0.0269	33.168
	55.59	6.22	0.0622	222.896
	44.62	1.32	0.0132	388.367
	88.92	1.77	0.0177	668.364
	80.00	0.96	0.0096	816.497
	52.12	1.53	0.0153	421.365
	67.83	2.09	0.0209	469.190
	80.00	2.48	0.0248	508.001
	60.00	2.61	0.0261	371.391
	80.00	2.22	0.0222	536.925
	51.40	1.81	0.0181	382.053
	48.60	0.75	0.0075	561.184
	89.53	1.22	0.0122	810.567
	50.47	1.21	0.0121	458.818
	56.89	2.07	0.0207	395.413
	63.01	2.18	0.0218	426.758
	40.00	2.04	0.0204	280.056
	80.00	1.93	0.0193	575.853
	69.20	0.06	0.0006	2825.078
	90.64	0.06	0.0006	3700.363
	40.00	0.69	0.0069	481.543
	57.74	1.36	0.0136	495.116
	350.61	9.18	0.0918	1156.934
Sumatoria	1702.61	1.785	0.0211	16985.900

Fuente: Elaboración propia en base al perfil longitudinal topográfico.

Sustituyendo en la ecuación de Taylor Schwarz se determinan la pendiente media del cauce de la Avenida Jorge Basadre Grohmann del distrito Alto de Alianza.

Figura 17

Datos para el caculo del tiempo de concentración

L=	1702.61	m
H=	33	m
S=	0.01005	m/m

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.4 Tiempo de Concentración

Se define como el tiempo que tarda una gota de agua para ir desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Según la (Norma Técnica CE.0.40, 2021),este tiempo no debe ser menor a 10 minutos.

Para su Cálculo, en la tabla N°02 del (Norma Técnica CE.0.40, 2021) se muestran distintos metodos para determinar este parametro. En esta ocasión, se empleara por metodos empiericos siguientes:

Tabla 7

Resumen Obtenidos de la Fórmulas Empíricas del Tiempo de Concentración

Descripción	Kirpich (min)	California Culverts Practice (min)	Federal Aviation Administration (min)	Tc Promedio (min)
Cuenca	27.374	35.199	36.266	32.947

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 7, el tiempo de concentración promedio 32.947 minutos, de las 2 fórmulas empíricas.

En todos los estudios hidrológicos cuando se trabaja con datos de precipitación e intensidad, es común trabajar con intervalos de duración y periodos de retorno múltiplos de 5, por lo mismo se puede utilizar para el tiempo de concentración según las condiciones de prueba para ello. Por lo tanto, se puede suponer que el tiempo de concentración de 30 minutos.

Cabe mencionar que, para 30 minutos, para el análisis de tormenta con la condición más crítica en magnitud de precipitaciones e intensidades, por lo dicho según (Granda, 2013), se calcula el tiempo de concentración el mismo que nos permite obtener el máximo valor de intensidad y que utilizaremos como el tiempo de registro de datos de intensidad.

5.3.1.5 Cálculo de la intensidad máxima

Para realizar el cálculo de la intensidad máxima, se usó data de las precipitaciones máximas de 24 horas (máximas Anuales), considerándose data de 28 años (1993-2020) de la estación Jorge Basadre.

Figura 18

Registro de precipitación máximas de 24 horas (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)													
Estación: Jorge basadre (codigo: 000901)							Latitud: -18.0267			Dpto: Tacna			
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm)							Longitud: -70.2507			Prov: Tacna			
							Altitud 560 msnm			Dist: Tacna			
Año	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	PP MAX
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.00
1994	5.40	0.00	0.00	1.30	0.70	0.80	1.00	2.00	0.40	0.30	0.50	0.20	5.40
1995	0.30	0.00	5.50	0.00	0.10	0.00	0.50	0.50	0.90	0.20	0.00	0.00	5.50
1996	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.30	0.30	1.20	0.50	0.00	0.10	0.00	1.30
1997	5.00	2.10	0.00	0.00	2.70	1.50	3.80	2.90	2.70	1.50	1.80	2.30	5.00
1998	2.90	0.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.70	2.60	0.70	0.40	0.00	0.40	2.90
1999	0.40	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	1.20	1.00	0.80	2.60	2.60
2000	3.40	0.20	1.10	0.10	0.00	2.00	4.20	4.80	0.80	2.20	0.20	0.00	4.80
2001	1.90	5.80	4.20	0.50	0.00	1.20	0.40	1.60	1.00	0.30	0.00	0.70	5.80
2002	0.00	0.50	1.20	0.80	0.00	0.10	6.70	1.40	0.50	0.90	0.10	0.00	6.70
2003	1.80	0.10	0.00	0.20	0.20	0.00	2.20	1.10	3.20	0.20	0.30	0.00	3.20
2004	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.10	0.50	0.40	0.00	0.00	1.10
2005	0.30	0.10	0.00	0.50	0.50	0.00	0.20	1.30	0.80	0.00	0.00	0.40	1.30
2006	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.10	1.80	0.80	0.00	0.00	0.00	1.80
2007	0.00	0.60	0.00	0.00	0.30	0.70	0.40	2.10	1.20	0.40	0.80	0.00	2.10
2008	1.20	0.00	1.00	0.00	0.00	1.10	0.20	1.10	1.10	1.00	0.30	0.70	1.20
2009	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	1.70	0.80	0.80	1.90	2.50	2.50
2010	0.10	0.00	0.00	0.90	0.70	1.00	0.00	0.30	0.50	0.10	0.00	0.10	1.00
2011	0.60	4.00	0.00	0.00	0.40	2.00	1.40	2.20	1.50	0.10	0.50	0.90	4.00
2012	3.90	1.10	0.50	0.20	0.00	0.40	0.60	1.90	1.80	1.30	0.00	0.00	3.90
2013	0.00	0.20	0.80	0.00	0.20	0.20	0.50	0.50	0.40	0.10	0.20	0.00	0.80
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.40	1.20	0.50	2.90	0.50	0.90	0.80	2.90
2015	0.40	0.50	1.30	0.00	2.10	0.00	1.40	2.60	1.10	2.10	1.20	0.90	2.60
2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	1.80	1.10	0.50	0.10	0.00	0.00	1.80
2017	0.10	1.80	0.00	0.00	0.10	1.80	3.70	1.30	2.30	0.80	5.50	0.00	5.50
2018	0.10	0.20	0.00	0.00	0.20	1.30	1.10	0.50	0.10	1.60	0.30	0.80	1.60
2019	9.80	3.10	0.00	0.20	0.30	0.60	1.80	0.30	1.10	1.50	0.50	0.00	9.80
2020	16.40	23.80	0.00	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	23.80
PROM	1.94	1.64	0.58	0.18	0.33	0.71	1.59	1.42	1.09	0.66	0.59	0.51	4.10
DESV. ESTA.	3.641	4.558	1.293	0.336	0.639	0.692	1.591	1.051	0.829	0.662	1.116	0.779	4.399
MAXIMO	16.40	23.80	5.50	1.30	2.70	2.00	6.70	4.80	3.20	2.20	5.50	2.60	23.80
MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
Nº DATOS	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00

Fuente: Elaboración Propia en base a la data de SENAMHI-PISCO.

5.3.1.6 Análisis de datos Dudosos (Outlier) en Precipitaciones Máximas de 24 Horas

Para el análisis de Datos Dudosos (Oulier), según (Interagency Advisory Committee on Water Data, 1982), se debe considerar los siguiente para ajustar la data de registro de precipitaciones máximas de 24 horas.

- Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.
- Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos.
- Cuando la asimetría de la estación esta entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. (Interagency Advisory Committee On Water Data, 1982)

Del análisis de datos dudosos para las precipitaciones máximas de 24h de la estación de Jorge Basadre, se tiene en la tabla 8 de las precipitaciones máximas de 24h, que se va considerar en el resto del proyecto de investigación.

Tabla 8*Precipitaciones Máximas en Anuales de 24 horas*

PRECIPITACION MAXIMA 24 H		
N°	Año	Ppmax (mm)
1	1993	4.00
2	1994	5.40
3	1995	5.50
4	1996	1.30
5	1997	5.00
6	1998	2.90
7	1999	2.60
8	2000	4.80
9	2001	5.80
10	2002	6.70
11	2003	3.20
12	2004	1.10
13	2005	1.30
14	2006	1.80
15	2007	2.10
16	2008	1.20
17	2009	2.50
18	2010	1.00
19	2011	4.00
20	2012	3.90
21	2013	0.80
22	2014	2.90
23	2015	2.60
24	2016	1.80
25	2017	5.50
26	2018	1.60

27	2019	9.80
28	2020	23.80

Fuente: Elaboración propia procesado de la data de Senamhi.

5.3.1.7 Prueba de Bondad de Ajuste (Kolmogorov – Smirnov)

Para determinar qué distribución teórica se ajusta mejor a los datos procesado de precipitación máxima anual, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Simirnov, los resultados se obtuvieron mediante una planilla Excel y el software HIDROGNOMOM.

Tabla 9

Resultados de la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov – Smirnov Excel

DISTRIBUCIÓN PROBABILISTICA	PRUEBA: SMIRNOV - KOLMOGOROV		
	Dc	Dt	¿Se ajusta?
Normal	0.140	0.257	SI
Log Normal 2 Parámetros	0.075	0.257	SI
Pearson Tipo III	0.085	0.257	SI
Log Pearson Tipo III	0.077	0.257	SI
Gumbel	0.120	0.257	SI
Log Gumbel	0.123	0.257	SI

Nota: Dc: Delta Teórica, Dt: Delta Tabular

Fuente: Elaboración Propia, en base a la planilla de Excel.

Tabla 10

Resultado de la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov – Smirnov con software

PRUEBA KOLGOMOROV - SMIRNOV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.60%	0.06925
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.82%	0.07623

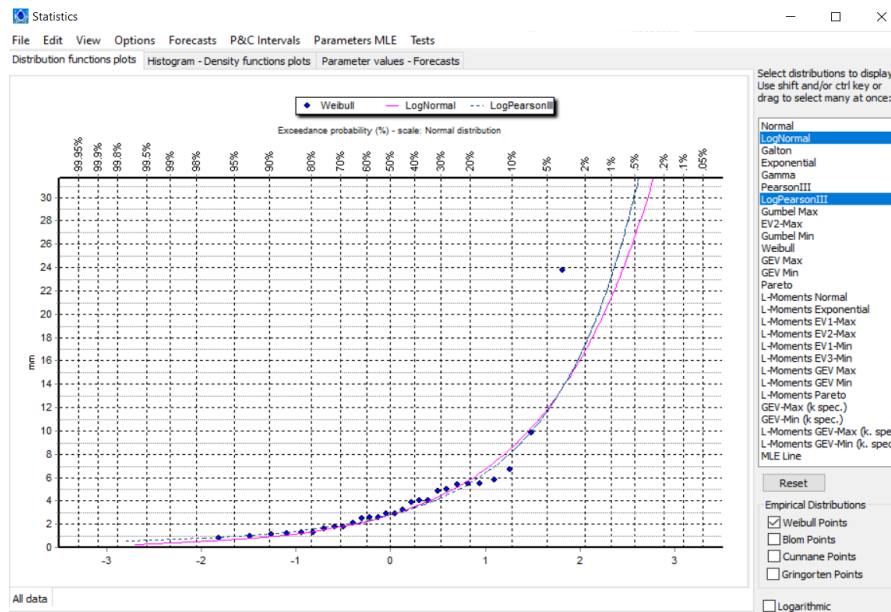
Nota: Para los datos analizados, los que tienen mayor porcentaje de ajuste son

los que indica

Fuente: Elaboración Propia, en base al software HIDROGNOMON.

Figura 19

Gráfico de distribución de LogNormal y Log Pearson



Fuente: Elaboración Propia, en base al software HIDROGNOMON.

Analizando los resultados obtenidos de la planilla Excel y Software HIDROGNOMON; la distribución **LogPearson III** es la que se ajusta apropiadamente al análisis de datos de Precipitaciones Máximas Anuales de 24 horas.

5.3.1.8 Precipitación Máxima Anual

Con el software HYDROGNOMON también se pudo determinar la precipitación máxima probable con la distribución probabilística de LogPearson para diferentes tiempos de retorno, como se muestra en la tabla 11.

Cabe mencionar, por recomendaciones de la (Organización Meteorológica Mundial, 2017), se usó el valor 1.13 como factor de ajuste de la frecuencia de observaciones diarias.

Tabla 11

Precipitaciones máximas según la distribución LogPearson III

ESTACION “JORGE BASADRE		
Distribución	Periodo de Retorno (T)	Precipitación Máxima (mm)
	2	3.172
	5	6.276
	10	9.293
	25	14.522
LogPearson III	50	19.681
	75	26.145
	100	34.209
	500	47.933
	1000	61.192

Fuente: Elaboración Propia, en base a los datos del software hydrognomon.

5.3.1.9 Curva IDT (Intensidad – Duración – Periodo de Retorno)

Los resultados de las curvas IDT parten de determinado la ecuación de intensidad máximas para un periodo de retorno y una duración establecida.

En este proyecto de investigación, se consideró la curva IDT correspondiente al periodo de retorno de T=10 años, ya que se propuso diseñar un sistema de drenaje pluvial de tipo menor.

Tabla 12

Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempo de Duración de lluvias

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	3.17	6.28	9.29	14.52	19.68	26.14	34.21	47.93	61.19
	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	Precipitación (mm)								
5	0.77	1.52	2.26	3.53	4.78	6.35	8.30	11.64	14.85
10	0.92	1.81	2.68	4.19	5.68	7.55	9.88	13.84	17.66
15	1.01	2.01	2.97	4.64	6.29	8.35	10.93	15.31	19.55
20	1.09	2.15	3.19	4.99	6.76	8.98	11.74	16.45	21.01
25	1.15	2.28	3.37	5.27	7.14	9.49	12.42	17.40	22.21
30	1.21	2.38	3.53	5.52	7.48	9.93	13.00	18.21	23.25
35	1.25	2.48	3.67	5.73	7.77	10.32	13.51	18.93	24.16
40	1.30	2.56	3.79	5.93	8.03	10.67	13.97	19.57	24.98
45	1.33	2.64	3.91	6.11	8.27	10.99	14.38	20.15	25.73
50	1.37	2.71	4.01	6.27	8.50	11.29	14.77	20.69	26.41
55	1.40	2.77	4.11	6.42	8.70	11.56	15.12	21.19	27.05
60	1.43	2.84	4.20	6.56	8.89	11.81	15.46	21.66	27.65
120	1.70	3.37	4.99	7.80	10.57	14.05	18.38	25.75	32.88

180	1.89	3.73	5.53	8.64	11.70	15.55	20.34	28.50	36.38
240	2.03	4.01	5.94	9.28	12.57	16.71	21.86	30.63	39.10
300	2.14	4.24	6.28	9.81	13.30	17.66	23.11	32.38	41.34
360	2.24	4.44	6.57	10.27	13.92	18.49	24.19	33.89	43.27
420	2.33	4.61	6.83	10.67	14.46	19.21	25.14	35.23	44.97
480	2.41	4.77	7.06	11.03	14.95	19.87	25.99	36.42	46.50
540	2.48	4.91	7.27	11.36	15.40	20.46	26.77	37.51	47.88
600	2.55	5.04	7.47	11.67	15.81	21.01	27.48	38.51	49.16
660	2.61	5.16	7.65	11.95	16.19	21.51	28.15	39.44	50.35
720	2.67	5.28	7.81	12.21	16.55	21.99	28.77	40.31	51.46
780	2.72	5.38	7.97	12.46	16.88	22.43	29.35	41.12	52.50
840	2.77	5.49	8.12	12.69	17.20	22.85	29.90	41.89	53.48
900	2.82	5.58	8.26	12.91	17.50	23.25	30.42	42.62	54.41
960	2.87	5.67	8.40	13.12	17.78	23.62	30.91	43.31	55.29
1020	2.91	5.76	8.53	13.32	18.06	23.99	31.38	43.97	56.14
1080	2.95	5.84	8.65	13.51	18.32	24.33	31.84	44.61	56.95
1140	2.99	5.92	8.77	13.70	18.56	24.66	32.27	45.21	57.72
1200	3.03	6.00	8.88	13.88	18.80	24.98	32.68	45.80	58.47
1260	3.07	6.07	8.99	14.05	19.03	25.29	33.09	46.36	59.18
1320	3.10	6.14	9.09	14.21	19.26	25.58	33.47	46.90	59.87
1380	3.14	6.21	9.19	14.37	19.47	25.87	33.85	47.43	60.54
1440	3.17	6.28	9.29	14.52	19.68	26.14	34.21	47.93	61.19

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1.9.1 Intensidad

Para obtener las intensidades máximas de la lluvia, partimos de procesos anteriores. Sin embargo, los datos de entrada están preestablecidos, como se muestra en la siguiente tabla.

Mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P(mm)}{t_{duración}(hr)}$$

Donde:

P = Precipitación de lluvia (mm).

T_{duracion}=Tiempo de duración (hr).

Tabla 13

Intensidad de la lluvia (mm/hr) según Periodo de Retorno

Duración (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	200.00	500.00	1000.00
		Intensidad (mm/hr)								
0.083	5	9.24	18.28	27.07	42.30	57.33	76.16	99.65	139.63	178.25
0.167	10	5.49	10.87	16.10	25.15	34.09	45.28	59.25	83.02	105.99
0.250	15	4.05	8.02	11.88	18.56	25.15	33.41	43.72	61.25	78.20
0.333	20	3.27	6.46	9.57	14.96	20.27	26.93	35.23	49.36	63.02
0.417	25	2.76	5.47	8.10	12.65	17.15	22.78	29.80	41.76	53.31
0.500	30	2.41	4.77	7.06	11.03	14.95	19.87	25.99	36.42	46.50
0.583	35	2.15	4.25	6.29	9.83	13.32	17.70	23.16	32.44	41.42
0.667	40	1.94	3.84	5.69	8.89	12.05	16.01	20.95	29.35	37.47
0.750	45	1.78	3.52	5.21	8.14	11.03	14.66	19.18	26.87	34.30
0.833	50	1.64	3.25	4.81	7.52	10.19	13.54	17.72	24.83	31.70
0.917	55	1.53	3.03	4.48	7.00	9.49	12.61	16.50	23.12	29.51
1.000	60	1.43	2.84	4.20	6.56	8.89	11.81	15.46	21.66	27.65
2.000	120	0.85	1.69	2.50	3.90	5.29	7.02	9.19	12.88	16.44
3.000	180	0.63	1.24	1.84	2.88	3.90	5.18	6.78	9.50	12.13
4.000	240	0.51	1.00	1.48	2.32	3.14	4.18	5.46	7.66	9.77
5.000	300	0.43	0.85	1.26	1.96	2.66	3.53	4.62	6.48	8.27
6.000	360	0.37	0.74	1.10	1.71	2.32	3.08	4.03	5.65	7.21
7.000	420	0.33	0.66	0.98	1.52	2.07	2.74	3.59	5.03	6.42
8.000	480	0.30	0.60	0.88	1.38	1.87	2.48	3.25	4.55	5.81
9.000	540	0.28	0.55	0.81	1.26	1.71	2.27	2.97	4.17	5.32

10.000	600	0.25	0.50	0.75	1.17	1.58	2.10	2.75	3.85	4.92
11.000	660	0.24	0.47	0.70	1.09	1.47	1.96	2.56	3.59	4.58
12.000	720	0.22	0.44	0.65	1.02	1.38	1.83	2.40	3.36	4.29
13.000	780	0.21	0.41	0.61	0.96	1.30	1.73	2.26	3.16	4.04
14.000	840	0.20	0.39	0.58	0.91	1.23	1.63	2.14	2.99	3.82
15.000	900	0.19	0.37	0.55	0.86	1.17	1.55	2.03	2.84	3.63
16.000	960	0.18	0.35	0.52	0.82	1.11	1.48	1.93	2.71	3.46
17.000	1020	0.17	0.34	0.50	0.78	1.06	1.41	1.85	2.59	3.30
18.000	1080	0.16	0.32	0.48	0.75	1.02	1.35	1.77	2.48	3.16
19.000	1140	0.16	0.31	0.46	0.72	0.98	1.30	1.70	2.38	3.04
20.000	1200	0.15	0.30	0.44	0.69	0.94	1.25	1.63	2.29	2.92
21.000	1260	0.15	0.29	0.43	0.67	0.91	1.20	1.58	2.21	2.82
22.000	1320	0.14	0.28	0.41	0.65	0.88	1.16	1.52	2.13	2.72
23.000	1380	0.14	0.27	0.40	0.62	0.85	1.12	1.47	2.06	2.63
24.000	1440	0.13	0.26	0.39	0.61	0.82	1.09	1.43	2.00	2.55

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la curva de Intensidad – Duración – Frecuencia, se tiene que realizar mediante la Ecuación de la Intensidad Máxima.

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Donde:

I= Intensidad (mm/hr)

D=Duración de lluvia (min).

T= Periodo de retorno (años)

K,m,n= Parámetros de Ajuste.

Del ANEXO 3, donde se muestra el procedimiento del análisis de regresión múltiple para determinar los valores de los parámetros de ajuste K,m,n.

Tabla 14

Estadística de la Regresión Potencial

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99721236
Coefficiente de determinación R ²	0.9944325
R ² ajustado	0.99439681
Error típico	0.05057621
Observaciones	315

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15

Cálculo de Parámetros de Ajuste K,m,n

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>
Intercepción	1.4550063	0.01110149
Variable X 1	-0.75	0.00393087
Variable X 2	0.45997241	0.00330892

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Ecuación de la Intensidad Máxima, es:

$$I = \frac{28.511 * T^{0.460}}{t^{0.750}}$$

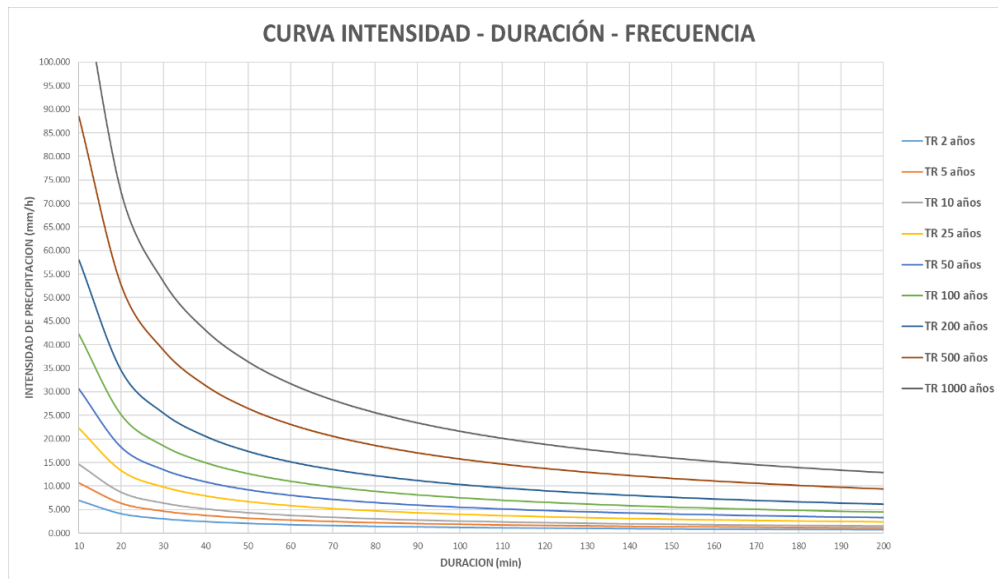
Tabla 16*Distribución de Intensidad – Duración – Frecuencia para las Curvas IDT*

INTENSIDAD - TIEMPO DE DURACION - PERIODO DE RETORNO									
Duración (t min)	Frecuencia (T años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
10	6.974	10.630	14.622	22.288	30.658	42.171	58.008	88.418	121.622
20	4.147	6.321	8.694	13.252	18.229	25.075	34.492	52.573	72.317
30	3.059	4.663	6.415	9.777	13.449	18.500	25.448	38.788	53.355
40	2.466	3.758	5.170	7.880	10.839	14.910	20.509	31.260	43.000
50	2.086	3.179	4.373	6.666	9.169	12.612	17.348	26.443	36.373
60	1.819	2.773	3.814	5.814	7.997	11.000	15.131	23.064	31.725
70	1.621	2.470	3.398	5.179	7.124	9.799	13.479	20.545	28.261
80	1.466	2.235	3.074	4.685	6.445	8.865	12.195	18.588	25.568
90	1.342	2.046	2.814	4.289	5.900	8.116	11.164	17.016	23.406
100	1.240	1.890	2.600	3.963	5.452	7.499	10.315	15.723	21.628
110	1.155	1.760	2.421	3.690	5.076	6.982	9.604	14.638	20.136
120	1.082	1.649	2.268	3.457	4.755	6.541	8.997	13.714	18.864
130	1.019	1.553	2.136	3.255	4.478	6.160	8.473	12.915	17.765
140	0.964	1.469	2.020	3.079	4.236	5.827	8.015	12.216	16.804
150	0.915	1.395	1.918	2.924	4.022	5.533	7.611	11.600	15.957
160	0.872	1.329	1.828	2.786	3.832	5.271	7.251	11.052	15.203
170	0.833	1.270	1.747	2.662	3.662	5.037	6.929	10.561	14.527
180	0.798	1.216	1.673	2.550	3.508	4.826	6.638	10.118	13.917
190	0.766	1.168	1.607	2.449	3.369	4.634	6.374	9.716	13.364
200	0.737	1.124	1.546	2.357	3.242	4.459	6.134	9.349	12.860
210	0.711	1.084	1.491	2.272	3.125	4.299	5.913	9.013	12.398
220	0.687	1.046	1.439	2.194	3.018	4.151	5.710	8.704	11.973
230	0.664	1.012	1.392	2.122	2.919	4.015	5.523	8.419	11.580
240	0.643	0.980	1.349	2.055	2.827	3.889	5.350	8.154	11.216

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20

Gráfico Intensidad - Duración - Frecuencia



Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.10 Análisis de la Tormenta de Diseño

Una manera de averiguar la variabilidad de las precipitaciones e intensidades durante un periodo de una tormenta es a través del método del bloque alternante, cuyo método considera la distribución a partir de una curva IDT conocida, para precipitaciones en N intervalos del tiempo total de la lluvia. Para el tiempo de duración de tormenta elegido es de 6 horas por los informes y noticias que emitió el senamhi para los años 2019 y 2020 y a su vez corroborado por datos de precipitaciones por hora, descargado de NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Hourly Data.

En la tabla 17 se muestra los resultados de los cálculos de precipitaciones e intensidades para una duración de tormenta de 6 horas de lluvia constante y para un periodo de retorno de 10 años. El criterio de reordenar los resultados de precipitación, se da de la manera que el de mayor magnitud ocupe en el centro de la duración, mientras que los restantes ha sido arreglados de manera alternante en orden descendente, primero hacia la derecha y luego hacia la izquierda según la magnitud de la precipitación e intensidad.

Tabla 17

Datos del Hietograma para T=10 años con Duración de 6 Horas

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
15	10.787	2.697	2.697	0-15	0.063
30	6.414	3.207	0.510	15-30	0.068
45	4.732	3.549	0.342	30-45	0.073
60	3.814	3.814	0.265	45-60	0.079
75	3.226	4.033	0.219	60-75	0.086
90	2.814	4.221	0.188	75-90	0.096
105	2.507	4.387	0.166	90-105	0.108
120	2.268	4.535	0.149	105-120	0.125
135	2.076	4.671	0.136	120-135	0.149
150	1.918	4.796	0.125	135-150	0.188
165	1.786	4.911	0.116	150-165	0.265

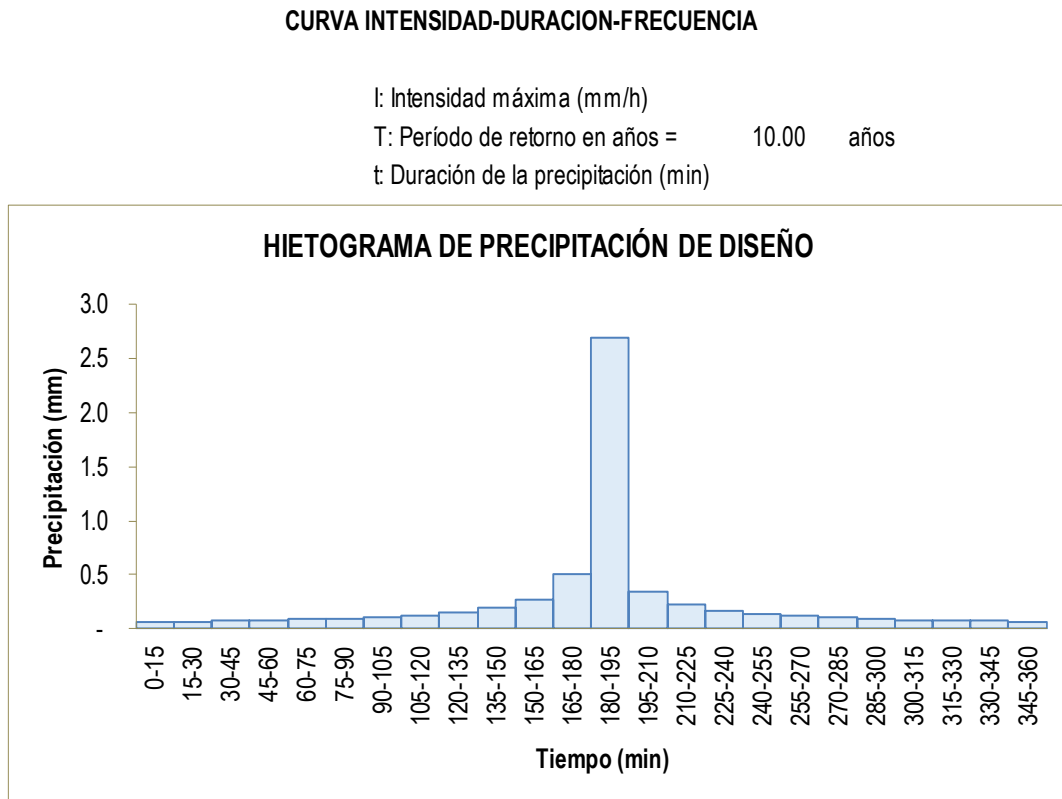
180	1.673	5.019	0.108	165-180	0.510
195	1.576	5.121	0.101	180-195	2.697
210	1.490	5.217	0.096	195-210	0.342
225	1.415	5.307	0.091	210-225	0.219
240	1.348	5.394	0.086	225-240	0.166
255	1.288	5.476	0.082	240-255	0.136
270	1.234	5.555	0.079	255-270	0.116
285	1.185	5.630	0.076	270-285	0.101
300	1.141	5.703	0.073	285-300	0.091
315	1.100	5.773	0.070	300-315	0.082
330	1.062	5.841	0.068	315-330	0.076
345	1.027	5.906	0.065	330-345	0.070
360	0.995	5.969	0.063	345-360	0.065

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, de la tabla 17, se obtiene el hietograma de la Figura 21, en función de la precipitación alternada y la duración total de la tormenta de 6 horas en intervalos de 15 minutos.

Figura 21

Hietograma de Diseño



Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial

5.3.2.1 Criterios de Diseño

Para el diseño hidráulico de las líneas de conducción, se utilizaron el método racional comúnmente usados en el diseño de líneas con flujo por Gravedad.

Ubicación de tuberías colectoras evitando la intersección con redes de agua y desagüe.

Para el diseño del sistema de drenaje, se trabajó con la norma OS-060 Drenaje Urbano, donde hace mención que el tipo de sumidero a utilizar es el fondo sin depresión, con rejillas en la calzada de tipo R-121 (Tipo chico conectado a la tubería); cuyo fin es captar el agua superficial para luego ser llevada por los conductos (alcantarilla pluvial). Así mismo en el SWMM 5vE, el sumidero estará representado como nudo que será visualizado en el perfil de lámina de agua.

El tirante originado por el caudal de diseño, será del 80 % del diámetro como máximo para secciones circulares y el que represente 80 % del área para otras secciones.

La separación máxima entre cajas para tuberías de diámetros menores a 1.20 metros, será de 200 metros entre las mismas.

Colocar cajas de inspección cada cambio de dirección, pendiente o diámetro de tuberías, además cuando llegan otras tuberías y se conectan a la línea principal.

Tuberías de materiales normados: Arcilla Vitrificada, C°A°, Hierro Fundido Dúctil, PVC, GRP y HDPE.

Se deberá tener por lo menos 1 metro de profundidad entre la clave de la tubería y el nivel natural del terreno (Superficie de Calzada).

La velocidad de auto limpieza: Aquella que garantice el arrastre de partículas evitando la sedimentación de las mismas en las líneas de conducción $V_{min}=0.90$ m/s.

5.3.2.2 Aplicación del software SWMMM, en la modelación y diseño del Sistema de Drenaje Pluvial.

El software SWMM 5vE, permitirá a partir de los datos de precipitaciones para periodos variables con un determinado caudal de ingreso; diseñar y dimensionar los componentes de una red de drenaje pluvial urbano.

Delimitación de Áreas Tributarias

La delimitación de las áreas permite observar las subcuencas pertenecientes a la cuenca en estudio, como también analizar las características que SWMM 5vE utiliza para transformar la precipitación en escorrentía de la zona en estudio.

Para la evaluación del fenómeno de **infiltración** del escurrimiento superficial en el sistema, SWMM 5vE dispone de 3 métodos: La ecuación de Horton, el Método de Green – Ampt y el Método del Numero de Curva. Siendo el modeló de Numero de curva, el elegido para el modeló de drenaje urbano para la zona en estudio.

Se **coeficiente de Manning** para escorrentía superficial en las cuencas impermeables como asfalto – Hormigón (vías de transito), teniendo como valor $n=0.012$ y $n=0.13$ para cuencas permeables como el caso áreas verdes.

Datos utilizados para el modelamiento y diseño

Los datos utilizados fueron:

*Subcuencas (Estudio Topográfico, Estudio Hidrológico).

*Nudos (Estudio Topográfico).

*Vertidos (Estudio Topográfico).

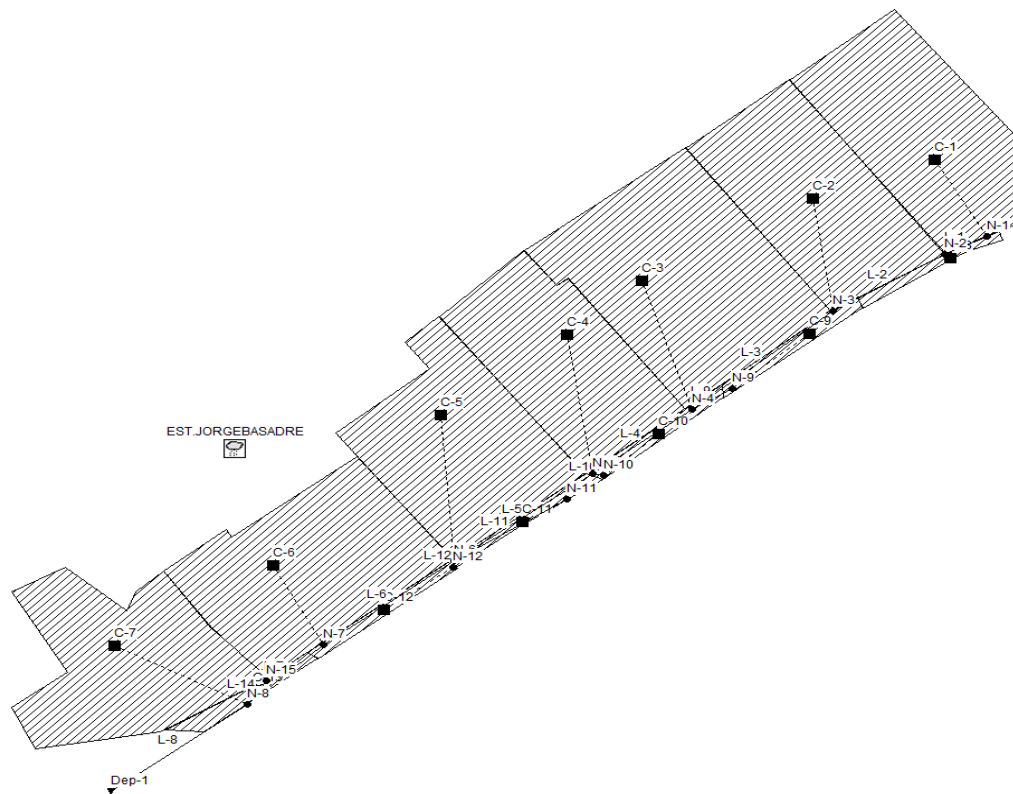
*Conductos (Estudio Topográfico y Estudio Hidrológico).

*Serie Temporal de Lluvia (Estudio Hidrologico).

Previo al proceso de modelación, se añadió la información obtenida en los puntos mencionado en párrafos arriba, en el SWMM 5vE. Además, una vez realizado el modelamiento se tuvo que reajustar el sistema planteado obedeciendo los criterios de diseño que establece la norma técnica C.E.(Drenaje Pluvial Urbano).

Figura 22

Modelación del Sistema de Drenaje



Fuente: Elaboración Propia.

Características Físicas de los Objetos para cada Cuenca.

Las características físicas de cada objeto en el SWMM 5vE, permiten evaluar el escurrimiento del flujo en cada cuenca desde la infiltración, hasta la pendiente para permite el trabajo de flujo.

a) Subcuencas

Se utilizo en plano catastral para las áreas pertenecientes de cada subcuenca y el plano topográfico. En figura 23 se muestra las características usado para el modelado de las subcuencas.

Figura 23

Características de Subcuencas

[SUBCATCHMENTS]						
;;			Área	Porcent.	Anchura	Pend.
;;Nombre	Pluviómetro	Salida	Total	Imperm.	Width	Percent.
;;	-----					
C-1	EST.JORGEBASADRE	N-1	5.969	80	173.03	6.22
C-2	EST.JORGEBASADRE	N-3	5.752	80	172.90	6.22
C-3	EST.JORGEBASADRE	N-4	7.857	80	247.16	5.22
C-4	EST.JORGEBASADRE	N-5	4.924	80	150.39	4.85
C-5	EST.JORGEBASADRE	N-6	5.780	80	216.06	4.28
C-6	EST.JORGEBASADRE	N-7	6.262	80	303.01	3.25
C-7	EST.JORGEBASADRE	N-8	5.680	80	196.01	2.3
C-8	EST.JORGEBASADRE	N-2	0.2967	80	7.48	0.92
C-9	EST.JORGEBASADRE	N-9	0.5707	80	7.48	1.1
C-10	EST.JORGEBASADRE	N-10	0.4225	90	7.48	1.25
C-11	EST.JORGEBASADRE	N-11	0.3952	80	7.48	2.21
C-12	EST.JORGEBASADRE	N-12	0.4404	80	7.48	1.36
C-13	EST.JORGEBASADRE	N-15	0.4052	80	7.48	1.32

Fuente: Informe del software SWMM 5 vE.

b) Nudos

Los nudos (buzones) en el software SWMM representa ser los componentes de sumidero y buzones de registro. Los cuales poseen información de cota de fondo y profundidad. En la figura 24 se muestra las características usado para el modelado de los nudos.

Figura 24

Características de los Nudos

[JUNCTIONS]		
;;	Cota del	Prof.
;;Nombre	Fondo	Máxima
;;	-----	-----
N-1	583.126	1.20
N-2	582.66	1.20
N-3	582.17	1.20
N-4	577.82	1.20
N-5	575.88	1.10
N-6	575.48	4.91
N-7	575.08	9.81
N-8	574.69	11.75
N-9	578.45	1.10
N-10	576.55	1.10
N-11	575.95	1.10
N-12	575.72	4.10
N-15	577.05	8.10

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

c) Conductos

Los conductos poseen un nudo de ingreso y otro de salida, donde se traslada el flujo. Se identifica la longitud de cada uno, considerando también que tienen un coeficiente de Manning de 0.01 (Tubería plástico liso). En la figura 25 se muestra los conductos modelado con sus características.

Figura 25

Características de Conductos

[CONDUITS]	Nudo	Nudo		Coef. n	Desnivel	Desnivel
;;Nombre	Entrada	Salida	Longitud	Manning	Entrada	Salida
;;-----						
L-1	N-1	N-2	66.37	0.01	0.0	0
L-2	N-2	N-3	170.613	0.01	0	0
L-3	N-3	N-4	237.291	0.01	0	0
L-4	N-4	N-5	164.26	0.01	0	0
L-5	N-5	N-6	223.863	0.01	0	0
L-6	N-6	N-7	214.216	0.01	0	0
L-7	N-7	N-8	134.583	0.01	0	0
L-8	N-8	Dep-1	158.25	0.01	0	0
L-9	N-9	N-4	52.36	0.01	0	0.1
L-10	N-10	N-5	34.59	0.01	0	0.1
L-11	N-11	N-6	176.66	0.01	0	0.15
L-12	N-12	N-6	25.30	0.01	0	0.10
L-14	N-15	N-8	36.50	0.01	0	0.10

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

d) Serie temporal de lluvia

Con la serie del hietograma de intensidades visto en el análisis de tormentas, nos permite insertar la precipitación para el modelamiento. En la figura 26 se muestra los datos de intensidad insertado para un registro de duración de 6 horas.

Figura 26

Características de la Serie Temporal de lluvia

[TIMESERIES]			
;;Nombre	Fecha	Hora	Valor
;;	-----	-----	-----
ST-JORGEBASADRE_6H		00:15	0.063
ST-JORGEBASADRE_6H		00:30	0.068
ST-JORGEBASADRE_6H		00:45	0.073
ST-JORGEBASADRE_6H		01:00	0.079
ST-JORGEBASADRE_6H		01:15	0.086
ST-JORGEBASADRE_6H		01:30	0.096
ST-JORGEBASADRE_6H		01:45	0.108
ST-JORGEBASADRE_6H		02:00	0.125
ST-JORGEBASADRE_6H		02:15	0.149
ST-JORGEBASADRE_6H		02:30	0.188
ST-JORGEBASADRE_6H		02:45	0.265
ST-JORGEBASADRE_6H		03:00	0.510
ST-JORGEBASADRE_6H		03:15	2.697
ST-JORGEBASADRE_6H		03:30	0.342
ST-JORGEBASADRE_6H		03:45	0.219
ST-JORGEBASADRE_6H		04:00	0.166
ST-JORGEBASADRE_6H		04:15	0.136
ST-JORGEBASADRE_6H		04:30	0.116
ST-JORGEBASADRE_6H		04:45	0.101
ST-JORGEBASADRE_6H		05:00	0.091
ST-JORGEBASADRE_6H		05:15	0.082
ST-JORGEBASADRE_6H		05:30	0.076
ST-JORGEBASADRE_6H		05:45	0.070
ST-JORGEBASADRE_6H		06:00	0.065

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

5.3.2.3 Resultado del Modelado del Sistema de Drenaje Pluvial.

En las figuras 27 y 28 se muestra los resultados la magnitud de la precipitación total de un análisis de una serie temporal de 6 horas y se tiene la infiltración y la escorrentía total producida, de modo que el software SWMM vE calcula el coeficiente de escorrentía teniendo en cuenta los datos insertado de cada subcuenca.

Figura 27

Resultado de la Escorrentía Superficial

*****	Volumen	Altura
Escorrentía Superficial	ha·m	mm
*****	-----	-----
Precipitación Total	0.066	1.482
Pérdidas Evaporación	0.000	0.000
Pérdidas Infiltración	0.013	0.288
Escorrentía Superficial ..	0.044	0.988
Almacen. Final en Sup. ...	0.009	0.207
% Error Continuidad	-0.127	

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

Figura 28

Resultado del Cálculo Hidráulico

***** Cálculo Hidráulico *****	Volumen ha·m	Volumen 10 ³ m3
	-----	-----
Aporte Tiempo Seco	0.000	0.000
Aporte Tiempo Lluvia	0.044	0.440
Aporte Ag. Subterranea ...	0.000	0.000
Aportes dep. Lluvia	0.000	0.000
Aportes Externos	0.000	0.000
Descargas Externas	0.043	0.426
Descargas Internas	0.000	0.000
Perdidas Almacenamiento ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Inicial ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Final	0.001	0.015
% Error Continuidad	-0.194	

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

Figura 29

Resultado del Resuena de la Escorrentía en Subcuencas

-----	Precip Total mm	Infil Total mm	Escor. Total mm	Escor. Total 10 ⁶ ltr	Escor. Punta LPS	Coef. Escor.
Subcuenca	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C-1	1.482	0.290	1.067	0.064	20.037	0.720
C-2	1.482	0.290	1.070	0.062	19.655	0.722
C-3	1.482	0.290	1.066	0.084	26.298	0.719
C-4	1.482	0.290	1.060	0.052	15.940	0.715
C-5	1.482	0.290	1.073	0.062	20.050	0.724
C-6	1.482	0.290	1.082	0.068	22.977	0.730
C-7	1.482	0.290	0.521	0.030	8.054	0.352
C-8	1.482	0.290	0.881	0.003	0.500	0.595
C-9	1.482	0.290	0.755	0.004	0.635	0.510
C-10	1.482	0.145	0.926	0.004	0.644	0.625
C-11	1.482	0.290	0.933	0.004	0.756	0.629
C-12	1.482	0.290	0.854	0.004	0.653	0.576
C-13	1.482	0.290	0.870	0.004	0.633	0.587

Sistema	1.482	0.288	0.988	0.442	136.832	0.667

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

En la figura 30, se muestra el nivel medio y máximo que alcanza el flujo; así mismo el software SWMM vE permite identificar el instante en el que se desarrolla el tirante máximo de los componentes.

Figura 30

Resultado del nivel de nudos

Nudo	Tipo	Nivel Medio Metros	Nivel Máximo Metros	Altura Máxima Metros	Instante Nivel Máx. días hr:min
N-1	JUNCTION	0.03	0.09	583.21	0 03:30
N-2	JUNCTION	0.04	0.11	582.77	0 03:31
N-3	JUNCTION	0.03	0.10	582.27	0 03:32
N-4	JUNCTION	0.04	0.14	577.96	0 03:32
N-5	JUNCTION	0.07	0.24	576.12	0 03:34
N-6	JUNCTION	0.08	0.24	575.72	0 03:36
N-7	JUNCTION	0.07	0.23	575.31	0 03:38
N-8	JUNCTION	0.07	0.20	574.89	0 03:39
N-9	JUNCTION	0.01	0.02	578.47	0 03:31
N-10	JUNCTION	0.01	0.02	576.57	0 03:31
N-11	JUNCTION	0.01	0.03	575.98	0 03:37
N-12	JUNCTION	0.01	0.02	575.74	0 03:31
N-15	JUNCTION	0.00	0.01	577.06	0 03:30
Dep-1	OUTFALL	0.06	0.20	574.32	0 03:39

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

En la figura 31, se muestra el resultado de que ningún nudo presento sobrecarga, ya que el nivel del flujo (Agua pluvial) no tiende a subir por encima de los conductos.

Figura 31

Resultado de Sobrecarga en nudos

```
*****  
Resumen de Sobrecarga en Nudos  
*****  
  
No hay ningún nudo en carga.
```

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

En la figura 32, se muestra el resultado de que ningún nudo presento el fenómeno de inundación, ya que el agua no rebosa en algún nudo.

Figura 32

Resultado de inundación en nudos

```
*****  
Resumen de Inundación en Nudos  
*****  
  
No hay inundación en ningún nudo.
```

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

En la figura 33, se muestra los caudales medio y maximo de aguas pluviales que cada vertido o descarga que evacua hacia un cuerpo receptor.

Figura 33

Resultado del Resumen de Vertidos

Nudo de Vertido	Frec. Vertido % Porc.	Caudal Medio LPS	Caudal Máximo LPS	Volumen Total 10 ⁶ ltr
Dep-1	88.66	22.27	111.62	0.426
Sistema	88.66	22.27	111.62	0.426

Fuente: Informe del software SWMM 5vE.

En la figura 34, se muestra el instante que ocurre los caudales máximos, velocidad máximas en los conductores de la red de drenaje pluvial.

Figura 34

Resultado del Resumen de Caudal en Conductores

Línea	Tipo	Caudal Máximo LPS	Instante Caudal Máx días hr:min	Veloc. Máxima m/sec	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno
L-1	CONDUIT	19.82	0 03:30	0.97	0.19	0.33
L-2	CONDUIT	19.55	0 03:32	0.89	0.29	0.35
L-3	CONDUIT	37.54	0 03:32	1.44	0.22	0.40
L-4	CONDUIT	61.85	0 03:33	1.33	0.45	0.63
L-5	CONDUIT	75.49	0 03:34	0.97	0.66	0.60
L-6	CONDUIT	89.37	0 03:37	1.05	0.56	0.53
L-7	CONDUIT	104.97	0 03:38	1.40	0.53	0.48
L-8	CONDUIT	111.62	0 03:39	1.38	0.23	0.33
L-9	CONDUIT	0.63	0 03:32	0.48	0.01	0.15
L-10	CONDUIT	0.64	0 03:31	0.50	0.01	0.38
L-11	CONDUIT	0.68	0 03:37	0.26	0.04	0.30
L-12	CONDUIT	0.65	0 03:31	0.31	0.01	0.27
L-14	CONDUIT	0.63	0 03:30	0.70	0.00	0.13

Fuente: Informe del software SWMM vE.

En la figura 35, muestra que no se presentó sobrecarga de flujo en los conductos.

Figura 35

Resultado del Resumen de Sobrecarga de Conductos

```
*****  
Resumen de Sobrecarga de Conductos  
*****
```

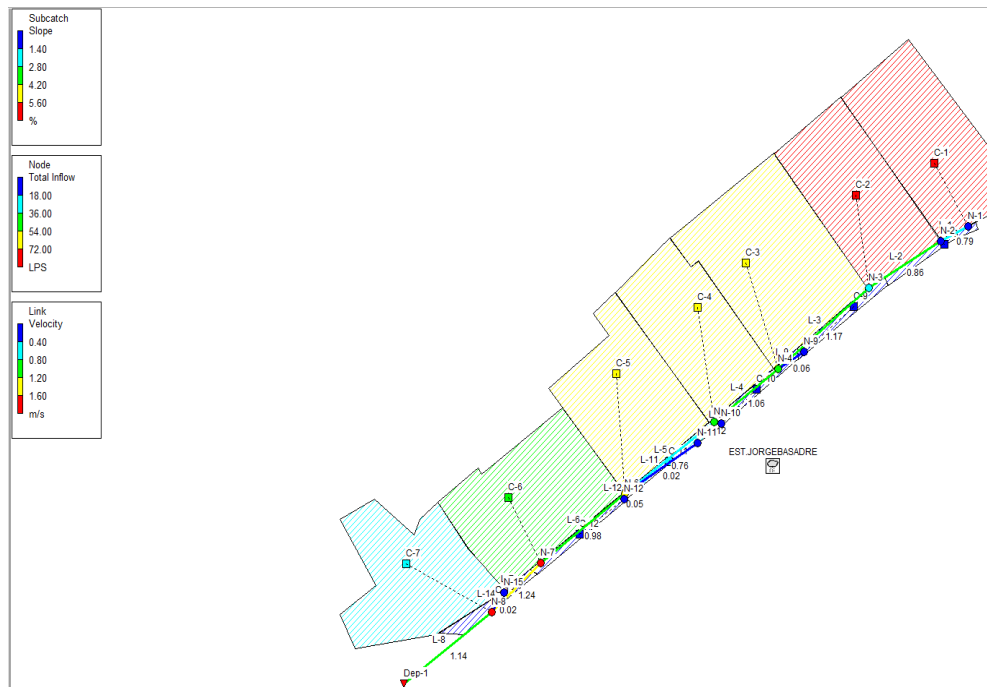
Ningún conducto ha entrado en carga.

Fuente: Informe del software SWMM vE.

En la figura 36, se observa la representación del modelado en planta del sistema de drenaje pluvial urbano propuesto, una vez realizado el modelado y el ajuste de diseño del sistema de drenaje, según los requerimientos de la norma OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del RNE.

Figura 36

Planteamiento Final en Planta del Sistema de Drenaje Pluvial



Fuente: Elaboracion Propia.

Perfiles longitudinales de las laminas de agua.

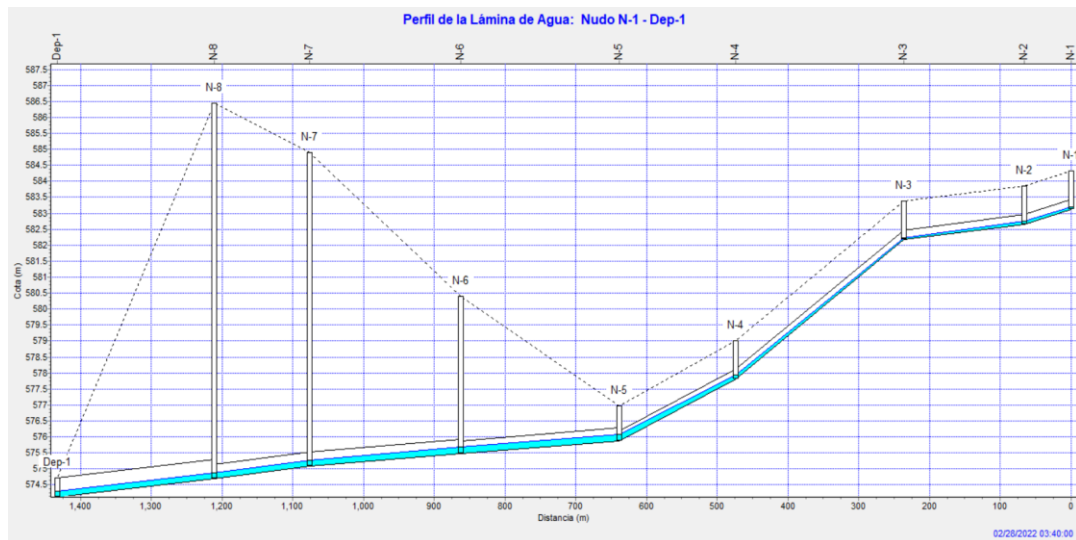
El visor de mapa del SWMM 5 vE, permite conocer la variacion de niveles de agua en transcurso del tiempo de 6 horas, durante la simulacion. Se logra observar la animacion de todo el sistema de drenaje urbano, mostrando la evolucion la lluvia.

Vale mencionar, que en las siguientes figuras, se muestran, según el proceso de simulacion del evento de lluvia, el instante el cual se produjo la intensidad maxima.

A continuación en la figura 37 se presenta el perfil de lamina de agua de la red principal del drenaje pluvial urbano propuesto, donde se evidencia la variación del flujo en la simulación respecto a la profundidad de los nudos y las distancia de los conductos.

Figura 37

Perfil de Lámina de Agua de la Red Principal

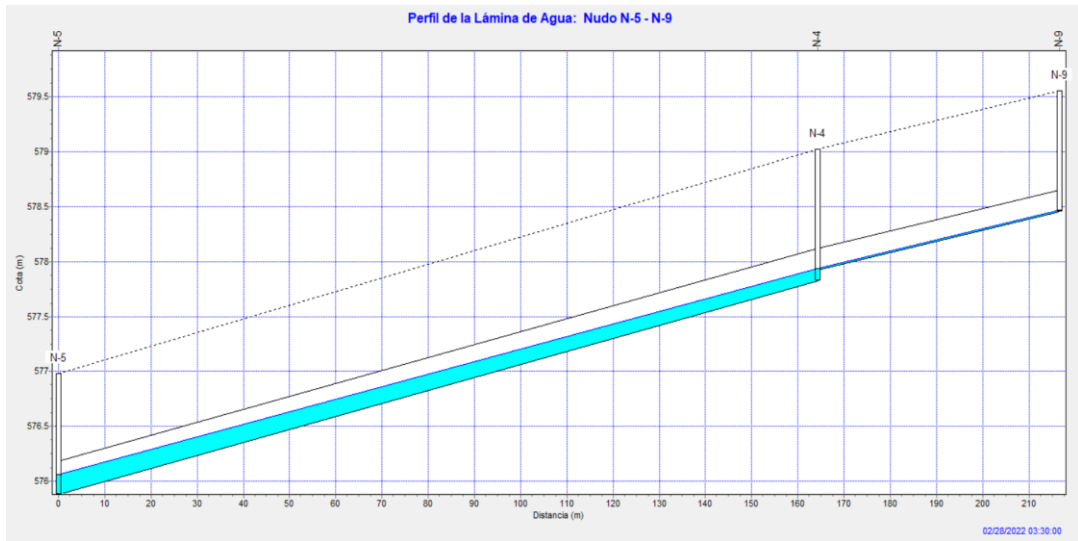


Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 38 se muestra el perfil de agua de 2 tramos de tubería. Asimismo, de la figura el N-4 presenta un desnivel de salida igual a 0.10 m del conducto L-9.

Figura 38

Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-9 al N-5

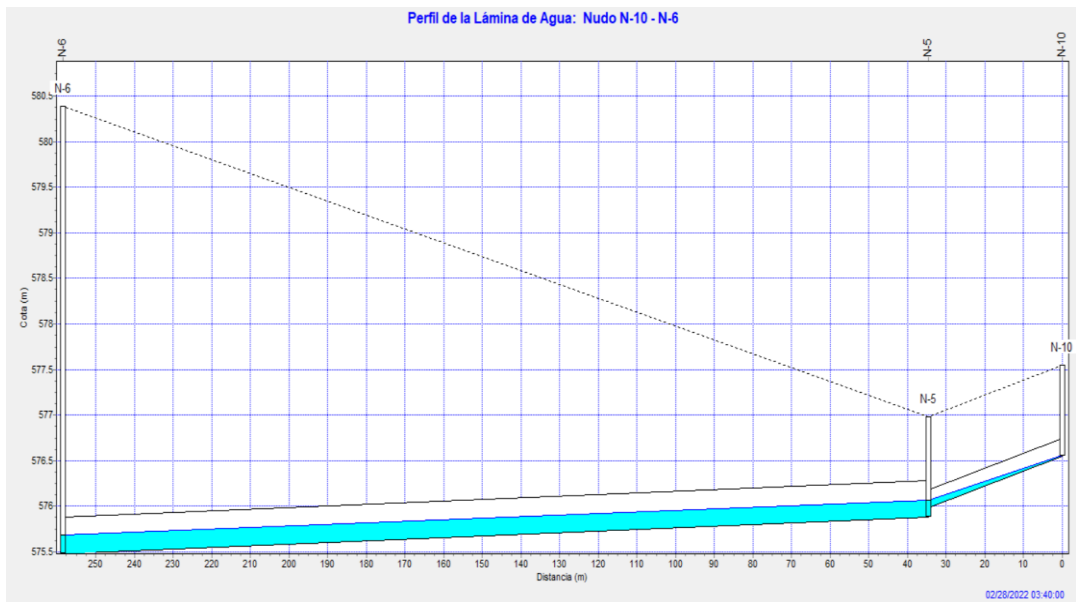


Fuente: Elaboracion Propia.

En la figura 39 se muestra el perfil de agua de 2 tramos de tubería. Asimismo, de la figura el N-5 presenta un desnivel de salida igual a 0.10 m del conducto L-10.

Figura 39

Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-10 al N-6



Fuente: Elaboracion Propia.

En la figura 40 se muestra el perfil de agua de 2 tramos de tubería. Asimismo, en la figura el N-6 presenta un desnivel de salida igual a 0.15 m del conducto L-11.

Figura 40

Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-7 al N-11

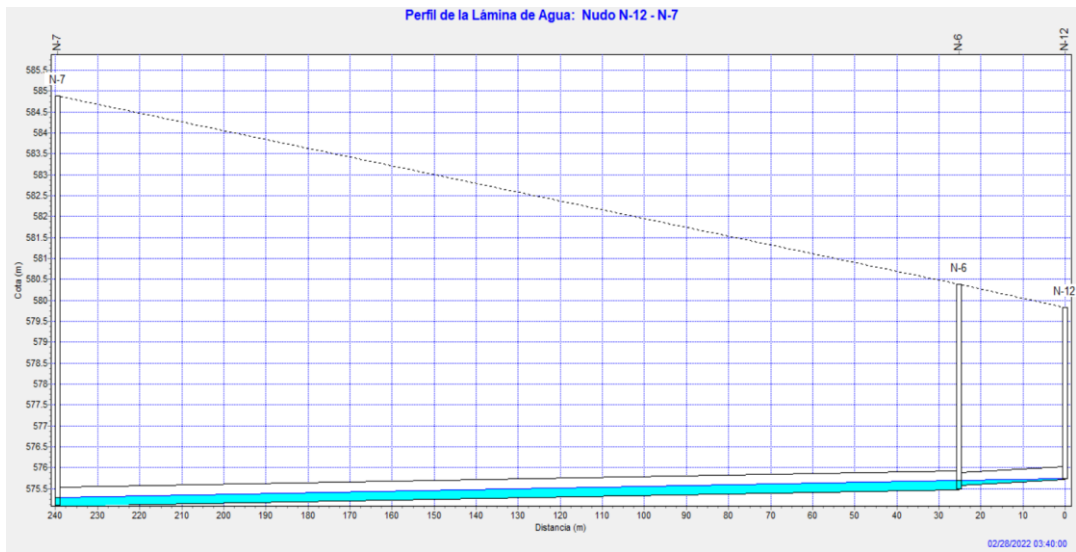


Fuente: Elaboracion Propia.

En la figura 41 se muestra el perfil de agua de 2 tramos de tubería. Asimismo, en la figura el N-6 presenta un desnivel de salida igual a 0.10 m del conducto L-12.

Figura 41

Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-7 al N-12

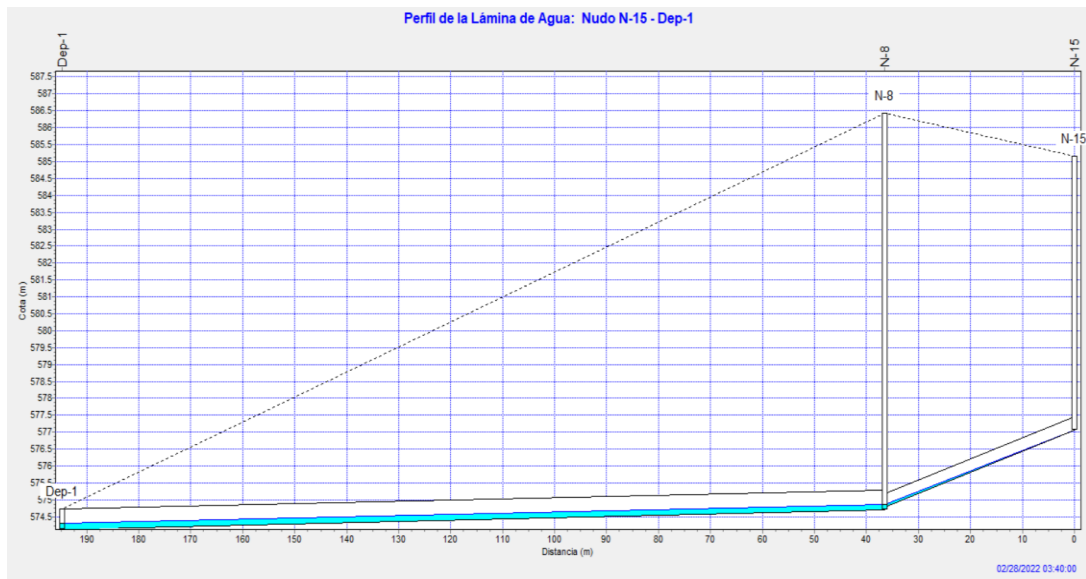


Fuente: Elaboracion Propia.

En la figura 42, se muestra el perfil de agua de 2 tramos de tubería. Asimismo, en la figura el N-8 presenta un desnivel de salida igual a 0.10 m del conducto L-14.

Figura 42

Perfil de Lámina de Agua del Nudo N-15



Fuente: Elaboracion Propia.

5.3.2.4 Características Geométricas del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano

La elección del tipo de sumidero depende de las condiciones hidráulicas y económicas necesarias para una óptima captación de agua. Para el presente proyecto de investigación, se puede señalar, que según lo dispuesto en la norma vigente y la oferta que presenta actualmente en el mercado peruano, se empleará la rejilla tipo R-121.

Tabla 18

Clase de la Rejilla Tipo R-121

Tipo	Anchura	Longitud	Área	Área de Huecos
R-121	36.40 cm	78 cm	2,839 cm ²	1,214 cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

La eficiencia de captación de las rejillas dependerá directamente de las condiciones del flujo, la geometría de la calle, el caudal transportado y el tipo de rejilla. Al ser condiciones difícilmente controlables y ser materia de otro tipo de investigación, solo se va verificar la que sea posible continuidad del flujo suponiendo la captación total del caudal máximo.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Apartir de los resultados determinados en el ítem anterior, se puede discutir los resultados del diseño de drenaje pluvial urbano de la cuenca urbana (sector V del plan de catastro), en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito de Alto Alianza en Tacna.

Por lo mismo, la magnitud de la precipitación de la estación Jorge Basadre, de cercana ubicación a la cuenca urbana (sector V), para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre del distrito Ato Alianza, es de gran ayuda obtener los parámetros hidrológicos.

Los mencionados de la tabla 4, tabla 5 y tabla 6, permiten saber las características geomorfológicas de la cuenca urbana en estudio, por lo tanto, del área y perímetro se puede decir que la cuenca es de forma alargada con un índice de compacidad de $k > 1$. De la misma manera, la tabla 7 se muestra la determinación de T_c para métodos de autores Kirpch, California Culverts Practice y Federal Aviation Administration, para luego ser promediado, teniendo como tiempo de concentración de 30 minutos.

Para el análisis hidrológico se desarrollado mediante una plantillas de cálculo (xls) y el software Hydrognomon, para iniciar se realiza análisis de datos dudosos

(outlier) de los datos precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Jorge Basadre de la figura 18, por tanto, la tabla 8 son datos de precipitaciones máximas anuales de 24 horas, el mismo, al realizar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogrov – Smirnov, la cual la función de distribución probabilística que mejor se ajustó es LogPearsonIII, teniendo como criterio la tabla 9 (Cálculo por plantilla de Excel), tabla 10 (software hydrognomon) y figura 19 (grafica). Por recomendaciones de la organización meteorológica mundial se usó el valor 1.13 como factor de ajuste de la frecuencia de observaciones diarias, por lo tanto, en la tabla 11, se muestra las precipitaciones máximas (mm), para diferentes periodos de retorno.

Por lo tanto, en base a lo mencionado en párrafos anteriores, se determinaron la ecuación de intensidad máxima y curva IDT, mediante el método Dick Peschke, como se observa en la tabla 12, tabla 13, tabla 14, tabla 15 y tabla 16; finalmente se en la figura 20 se muestra la curva IDT y en la tabla 17 se presenta en análisis de tormenta para determinar el Gráfico de hietograma mediante el método del bloque alterno para una duración de tormenta de 6 horas por intervalos de cada 15 minutos.

Los resultados de (Choque, 2021), tienen similares procedimientos de obtención de datos hidrológicos, por lo mismo que tiene un enfoque en realizar un diseño de sistema de drenaje pluvial urbano, para evitar problemas de inundación existentes. En el proyecto determinan los aspectos hidrológicos por ser importancia en su estudio, los

cuales consistes en análisis de datos inicia con el uso de método de Polígonos de Thiessen para el rango de influencia de estaciones meteorológica, precipitaciones máximas, curva IDT, intensidad de lluvias, escorrentía ponderado.

Sin embargo, la diferencia con el presente proyecto de investigación son: la precipitaciones máximas anuales no hace uso del factor de ajuste de la frecuencia de observaciones diarias, y al no determinar el hietograma de diseño, por lo mismo, el autor determina de caudal de diseño mediante el método de racional, por el hecho de que no hace uso de un software de cálculo para diseño.

Para el presente proyecto de caso se utilizó el software SWMM 5vE (Storm Water Managemet Model) para el modelado y diseño de drenaje pluvial urbano de la cuenca urbana (Sector v) en estudio, en un proceso iterativo. Los resultados del diseño obtenidos de informe de estado del modelado que nos facilita el software SWMM 5vE. Los resultados de la figura 29, nos muestra la precipitación total la que fue 1.482 mm y una escorrentía total en promedio de 0.988 mm, como también un coeficiente de escorrentía de un valor de 0.667 en promedio de todas las 13 subcuencas.

De la misma manera en la figura 30 nos muestran los niveles máximos y medio en cada nudo; así mismo el minuto donde se produce los niveles máximos. En consecuencia, en la figura 31 y figura 32 nos indica que en ningún nudo se presenta sobre carga e inundación por al software SWMM 5vE.

Asimismo, en la figura 33, se muestra al caudal medio con un valor de 22.27 LPS y el caudal máximo con un valor de 111.62 LPS, para una tormenta de duración de 6 horas. Los caudales mencionados son los que van a ser vertido a un pozo de percolación para drenar al subsuelo ubicado en el ovalo león de la ciudad de Tacna.

Para los conductos propuesto para el diseño de la figura 34, donde se nos muestra caudal máximo por cada conducto; asimismo la velocidad máxima. En la figura 35 nos indica que no existe sobrecargas en los conductos.

Habiendo mencionado los párrafos anteriores, en la figura 35 del planteamiento final del sistema de drenaje pluvial. Por lo tanto, desde la figura 37 hasta figura 42, se muestra perfiles longitudinales de láminas de agua en el tiempo de registro crítico con el propósito de apreciar la variación de niveles las conexiones entre nudo y conductores.

Finalmente, en la tabla 18 se muestran detalles del sumidero para el sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Alto Alianza de Tacna.

CONCLUSIONES

Para el Objetivo General: En esta tesis se realizó el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano por gravedad, para eventos de lluvia con un periodo de retorno de 10 años, con caudal máximo acumulado de 111.62 LPS y la descarga de la escorrentía de lluvia e infiltrarlo lentamente, mediante un pozo de infiltración (Dry well). Así mismo el sistema de drenaje pluvial contempla tuberías de PVC de diámetros nominales 300mm, 450mm,600mm, conectados mediante buzones de registro y inspección, sumideros de fondo de 4 tipos diferentes según sean el encuentro con las tuberías, con rejillas R-121.

Para el Objetivo Especifico N°1: Se determinó los aspectos hidrológicos necesario y requeridos, mediante la recolección de datos topográficos de la Av. Jorge Basadre G., precipitaciones mensuales máximas de 24 horas obtenidas por la estación meteorológica “Jorge Basadre” e inspecciones a la zona de estudio. Por consiguiente, la cuenca urbana (Sector V) en estudio es considerada como cuenca alargada por su índice de compacidad de $K > 1$ con un tiempo de concentración de $T_c = 30$ minutos. Asimismo, el registro de la precipitación máxima anual de 24 es de 23.50mm ocurrido en mes de febrero del 2020. También mediante la distribución probabilística

LogPearsonIII, se determinó de precipitación máximas anuales y la ecuación de la intensidad para distintos periodos de retorno y las curva IDT.

Para terminar, se determinó el diseño de tormenta de una duración de 6 horas, con la finalidad de obtener un hietograma de diseño de intervalos cada 15 minutos, siendo necesario para el proceso del modelado de la cuenca urbana (Sector V) en el software SWMM 5vE.

Para el Objetivo Especifico N°2: Se pudo establecer los componentes para el diseño, haciendo uso del SWMM 5vE, debido al modeló de onda dinámica, se podría decir que los valores obtenidos se acercan a la realidad. Por lo tanto, se, puede decir, que la intensidad de precipitación de la cuenca urbana (Sector V) y los parámetros que establecen las normas vigentes peruanas, tiene relación directa y significativa con el modeló de drenaje pluvial urbano del SWMM 5 vE, con el fin de determinar el tipo de sumideros, diámetros de tuberías, profundidad de buzones, entre otros, para dar solución a la problemática de transitabilidad vehicular y peatonal para lluvias extraordinaria en la cuidad de Tacna.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, tener un criterio y conocimiento claro del comportamiento del flujo para poder advertir incongruencias en el proceso de simulación en SWMM 5ve, por lo mismo, la cantidad de variables que puede usar el software SWMM 5vE, es susceptible a los datos que ingresamos a resultado erróneos.

Se recomienda, desarrollar para todo Tacna un Plan de Implementación de drenaje Urbano que considere el ciclo de evacuación desde los predios, las secciones de vías que incluyan cunetas que permitan la correcta evacuación de agua pluvial y los tipos de descargas reguladas.

Se recomienda, por parte de las autoridades de la ciudad de región de Tacna promueva charlas de información y concientización a la población, del evacuado aguas pluviales provenientes de sus viviendas hacia las calzadas, por lo tanto, las aguas de lluvia no ingresaran a las instalaciones de desagüe domiciliaria, evitando un sobrecargas o colapso.

Se recomienda, tener como referencia el presente proyecto de investigación, para proporcionar la información necesaria en futuras y similares proyectos de investigación.

Se recomienda, la implementación y modernización de una estación meteorológico automático para contar con registros de datos más completos, por lo mismo, que estas estaciones pueden tomar datos en intervalos de hora en periodos de lluvia e idealmente un periodo de 10 minutos o menores, para mejorar la gestión de patrones de precipitaciones en la ciudad de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de hidrologia de superficie*. Mexico: Limusa S.A. de C.V.
- Arias, F. (2016). *El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica. 6ta Edicion*. Caracas-Venezuela: Editorial episteme.
- Carbajal Robles, L., & Cordova Anyosa, w. (2021). Modelacion Hidraulica de la red de alcantarillado y drenaje pluvial mediante el uso del metodo numerico SWMM. *Revista Ingeniria Hidraulica y ambiental (RIHA)*, 21-25.
- Castañeda, L. (2004). *Propuesta metodologica para la ubicacion y dimensionamiento de sumideros de captacion de escorrentia superficial y analisis de su comportamiento hidraulico*. Bucaramanga,Colombia: Universiad Industrial de Santander.
- Cateriano Huatuco, F., & Menacho Giron, L. (2019). Diseño de drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura usando el programa SWMM. *Repositorio de la Unicersiad de Piura. Facultad de Ingeniería*, 206 pag.
- Cely-Calixto, N., Carrillo-Soto, G., & Bonilla-Granados, C. (2020). Optimizacion de una Red de drenaje de aguas pluviales utilizando el software del modeló de gestion de aguas pluviales en diferentes escenarios. *Grupo de investigación en*

- Hidrologia y Recursos Hidricos (HYDROS), Universidad Francisco de Paula Santander, San Jose de Cucuta, Colombia, 10-15.*
- Chereque Moran, W. (1989). *Hidrologia para Estudiantes de Ingenieria Civil*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Catolica del Perú.
- Choque P., J. (2021). Diseño del sistema de drenaje pluvial entre las urbanizaciones las palmeras, las guindas y mateo pumacahua, en el distrito de miraflores, provincia y departamento de arequipa. *Universidad Catolica de Santa Maria, Arequipa, 207.*
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrologia Aplicada*. Bogota, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Civil, I. N. (Marzo de 2020). Diagnostico de la temporada de lluvias 2019-2020.
- Comisión Nacional del Agua. (2005). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Drenaje Pluvial Urbano*. D.F., Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento-Datos Basicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Mexico .
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). Diseño Hidrologico 2da Edicion. *Biblioteca virtual WASA-GN, 602 pag.*

- Fernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación. 6ta Edicion*. Mexico: McGraw-Hill/ Interamericana editores.
- Gilbert, J., & Clausen, J. (2005-2006). Calidad y cantidad de la escorrentia de las aguas pluviales procedentes de las calzadas de asfalto, adoquines y piedras triturada en Connecticut. *Water Reserch*, 826-832.
- Gill, S., Handley, J., Ennos, A., & Pauleit. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Buit environment*, 115-133.
- Granda, R. (2013). Análisis numerico de la Red de Drenaje Pluvial de la Urb. Angamos . *Universidad de Piura, Piura, Perú*, 320.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Inestigación*. D.F., Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Instituto Geofisico del Perú. (Diciembre de 2021). Analisis y evaluacion Historica de lluvias . *Informe Tecnico N°043-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SOLIDA*, pág. 60.
- Interagency Advisory Committee On Water Data. (1982). *Flood Flow Frequency*. Virginia 22092: Corrections March 1982.
- lee, J., & Bang, K. (2000). Caracterizacion of urban stormwater run off. *Water Research*, 1773-1780.

- López, J., Delgado, O., & Campo, M. (2018). Determination of the IDF in Ifueldo-San Sebastián. Comparison of different methods. *Ingenieria del Agua*, 209-223.
- Lopez, R. (1995). Diseño para acueductos y alcantarillas. *Centro editorial de Escuela Colombiana de Ingenieria*, 383 pag.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2011). *Manual de Hidrologia, Hidraulica y Drenaje*. Lima, Perú: MTC.
- Norma Tecnica CE.0.40. (2021). *Drenaje Pluvial - Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Resolucion Ministerial N° 126-2021-Vivienda.
- Organizacion Meteorológica Mundial, O. (2017). *Guía del Sistema Manual de Observación*. Ginebra, Suiza: Junta de Publicacion de la OMM.
- OS.060, R.-N. (2006). *Drenaje urbano*. Lima - Perú.
- Pino Vargas, E., Chavarri Velardez, E., Ingol Blanco, E., Mejia, F., Cruz, A., & Vera, A. (2022). Impacts of Climate Change and Variability on Precipitation and Maximun flows in Devil's Creek, Tacna, Perú. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI-Hydrology)*, 36.
- Praskievicz, S., & Chang, H. (2009). A review of hydrological modelling of basin-scale climate change anf urban development impacts. *Progress in Physical Geography*, 650-671.

- Ramos-Vigilio, J. w. (2021). Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Avenida 28 de Agosto del distrito de amarilis,Huanuco - 2019. *Repositorio de la Universidad de Huanuco*, 449.
- Rincon , C., & Muñoz, M. (2013). Diseño hidraulico de sistemas de drenaje dual a través del modeló SWMM. *CIX- Ingeniería Hidráulica y Ambiental VOL XXXIV*, 15-18.
- Rincón, J., & Fabiana, M. (2013). *Diseño hidráulico de sistemas de drenaje dual a través del modeló SWMM*. La Habana, Venezuela: Depto. de Ing. Hidraulica y Sanitaria,UCLA,Venezuela.
- SENAMHI. (2020). Informe Técnico: Análisis del periodo de lluvia 2019/2020 a nivel nacional. *Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú*, 63.
- Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrología, S. (2010). Escenario Climatico en el Perú para el año 2030. *Ministerio del Ambiente - MINAM*, 26.
- Tsihrintzis, V., & Hamaid, R. (1997). Modeling and management of urban stormwater run off quality. *Kluwer Academic Publishers*, 164.
- U.S. Environmental Protection Agency , E. (2005). *Storm Water Management Model (SWMM) Manual*. Estados Unidos: GMMF, Trad.
- Villon, M. (2002). *Hidrologia*. Lima-Perú: Editorial Villon.

- Willems, P., Arnbjerg-nilsen, K., Olsson, J., & Nguyen, V. (2012). climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: methods and shortcomings. *Atmospheric Research*, 106-118.
- Yañez, E. (2014). Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en Av. Angamos y Jr. Santa Rosa. *Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.*

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO



Tramo final de Av. Jorge Basadre G. – Ovalo león



Entrada del Ovalo león.



Salida del Ovalo león – Av. Jorge Basadre G.



Pendiente de vía, antes del ingreso del Ovalo León.



Pendiente de vía cercano a Mercado Micaela B.



Av. Cultura con cruce de la Av. Jorge Basadre G.



El punto más profundo Av. Jorge Basadre G. en el fondo.



Presencia de Viviendas con evacuación de agua pluvial



Cruce prolongación Patricio M. con Av. Jorge Basadre G.



Calle Sta. María con pendiente pronunciada.



Av. Jorge Basadre G.



Portada de sol con Av. Jorga Basadre G.



Viviendas y tiendas comerciales aledañas con Av. Jorge Basadre G.



Av. Jorge Basadre G. – 1er Tramo del proyecto investigación



Calle Ramon Castilla con cruce Av. Jorge Basadre G.



Av. Tarata con cruce Av. Jorge Basadre G.




Tramo inicial de Av. Jorge Basadre G.

senamhi - Tacna x DESCARGA DE DATOS SENAMHI x +

senamhi.gob.pe/main.php?idp=tacna&p=prensa&n=913

Aplicaciones Gmail YouTube Maps Noticias Traducir Registro Nacional d... Consultar - gita... Vachal Contenido... Resultados de b... INFOBRAS - FICHA...



- **La lluvia más intensa y persistente inició la noche del martes y finalizó alrededor de la madrugada de hoy miércoles.**

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú informó que la ciudad de Tacna presentó un record histórico de lluvia, desde la noche del martes hasta la madrugada del miércoles 30 de enero.

En la Estación meteorológica Jorge Basadre ubicada en Tacna, se reportó que la lluvia fue más intensa y persistente durante la madrugada, acumulando 9,8 mm/día, este valor es el más alto desde que se tiene registro. Este comportamiento se advirtió en el Aviso N° 11 emitido por el SENAMHI.

La lluvia que duró más de seis horas, se generó por el incremento de la humedad en la vertiente occidental, que favoreció el desarrollo de nubosidad en la cuenca media de Tacna y posteriormente, debido a los vientos, se desplazó hacia la costa.

El SENAMHI informó que las condiciones para Tacna, es de cielo nublado a cubierto que continuarán hasta el jueves 31 de enero, con probable lluvia ligera en horas de la noche.

Noticia del portal web SENAMHI-indica 6h de duración de lluvias.

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

“Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en la av. Jorge Basadre Grohmann utilizando el software SWMM , en el distrito de alto alianza - Tacna.”

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿Es posible diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, de manera que permita mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en la Av Jorge Basadre Grohmann en el Distrito Alto de Alianza – Tacna?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito Alto de Alianza - Tacna.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Es posible diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, que permita mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito de Alto de Alianza – Tacna.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Transitabilidad</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>ENFOQUE Cuantitativo ALCANCE O NIVEL Descriptivo – Explicativo DISEÑO Diseño no experimental de orden transversal y descriptivo</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles serán los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna?</p> <p>¿Sera posible establecer los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial empleando el software SWMM en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Determinar los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza - Tacna. •Establecer los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza - Tacna. 	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Se puede conocer los aspectos hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna</p> <p>Los componentes de diseño del sistema de drenaje pluvial se pueden establecerlo empleando el software SWMM en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito Alto de Alianza-Tacna.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Sistema de Drenaje Pluvial</p>	<p>Muestra y Población</p> <p>POBLACION La población corresponde a la que transita en la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito de Alto de Alianza-Tacna. MUESTRA Se trabaja con un diseño de sistema de drenaje pluvial urbano en la Av. Jorge Basadre Grohmann a través del cual se realiza la evacuación de aguas pluviales.</p>

ANEXO 3: PROCESO PARA EL ANALISIS DE TORMENTA

Análisis de Datos Dudosos (Outlier)

Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de información restante; la retención o eliminación de estos parámetros puede variar significativamente en muestras pequeñas.

- Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.
- Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos
- Cuando la asimetría de la estación esta entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos

Figura 43

Valores K_n para la Prueba de Datos Dudosos

Valores K_n para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra 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: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Tabla 19*Precipitaciones Máximas de 24 h Logarítmica*

PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS			
N°	Año	P24hr	Log(P24hr)
1	1993	4	0.602
2	1994	5.4	0.732
3	1995	5.5	0.740
4	1996	1.3	0.114
5	1997	5	0.699
6	1998	2.9	0.462
7	1999	2.6	0.415
8	2000	4.8	0.681
9	2001	5.8	0.763
10	2002	6.7	0.826
11	2003	3.2	0.505
12	2004	1.1	0.041
13	2005	1.3	0.114
14	2006	1.8	0.255
15	2007	2.1	0.322
16	2008	1.2	0.079
17	2009	2.5	0.398
18	2010	1	0.000
19	2011	4	0.602
20	2012	3.9	0.591
21	2013	0.8	-0.097
22	2014	2.9	0.462

23	2015	2.6	0.415
24	2016	1.8	0.255
25	2017	5.5	0.740
26	2018	1.6	0.204
27	2019	9.8	0.991
28	2020	23.8	1.377

Fuente: Elaboracion Propia.

Tabla 20

Parámetros Estadísticos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	28	28
Sumatoria	114.9	13.2921
Valor Máximo	23.8	1.377
Valor Mínimo	0.8	-0.097
Media:	4.104	0.475
Varianza:	19.347	0.111
Desviación Estándar:	4.399	0.333
Coficiente Variación:	1.072	0.702
Coficiente de Sesgo:	3.577	0.478
Coficiente de Curtosis:	8.2977	4.5876

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 44

Valores Máximo y Mínimo para Control de Datos Dudosos



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 45, se muestra la verificación de de los datos de precipitaciones máximas de 24 horas mediante el análisis de datos dudosos. No indica que existe datos dudosos de alto de la muestra, sin embargo considerándose la precipitación máximas del 2020 un fenómeno extraordinario y de ser dato acreditado por informes de SENAMHI, por lo que, se va mantener el dato del año 2020, para los demás Cálculos.

Figura 45

Verificación de Datos Dudosos

n= 28.00	numero de datos
Kn= 2.53	
Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)	

Umbral de datos dudosos altos (**xH: unidad. Logaritmicas**)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad xH= \quad 1.32$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= \quad 20.7798 \text{ mm}$$

EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (**xL: unidad. Logaritmicas**)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad xL= \quad -0.37$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= \quad 0.43 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

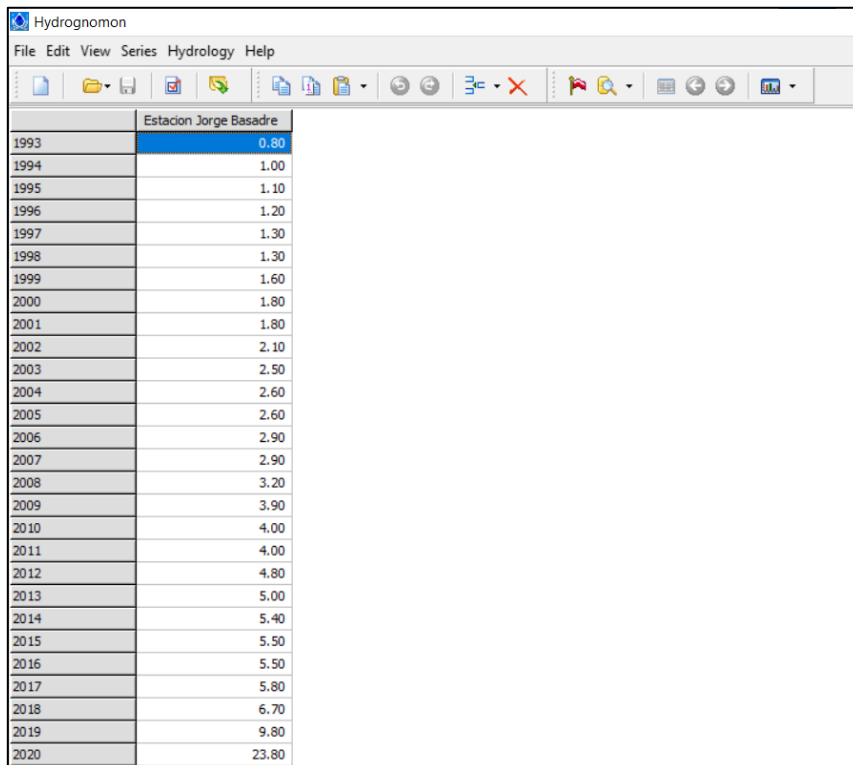
Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de Distribución Probabilística de los Datos de Precipitación Máxima Diaria.

Teniendo los datos de precipitaciones máximas de 24 horas verificados por el análisis de datos dudosos; se va a realizar el cálculo de Análisis de Distribución Probabilístico. Se va a ser uso del software HYDROGNOMON

Figura 46

Inserción de Datos de Máximas Precipitaciones de 24h Software Hydrognomon



The screenshot shows the Hydrognomon software interface. The window title is 'Hydrognomon'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Series', 'Hydrology', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations and data management. The main data table is titled 'Estacion Jorge Basadre' and lists precipitation values for each year from 1993 to 2020. The 1993 row is highlighted in blue.

Year	Precipitation (mm)
1993	0.80
1994	1.00
1995	1.10
1996	1.20
1997	1.30
1998	1.30
1999	1.60
2000	1.80
2001	1.80
2002	2.10
2003	2.50
2004	2.60
2005	2.60
2006	2.90
2007	2.90
2008	3.20
2009	3.90
2010	4.00
2011	4.00
2012	4.80
2013	5.00
2014	5.40
2015	5.50
2016	5.50
2017	5.80
2018	6.70
2019	9.80
2020	23.80

Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

En la figura 47, se observa el análisis de varias funciones de distribución de probabilidad que contiene el software Hydrognomon, donde nos muestra el porcentaje de ajuste y el valor del delta teórico. Cabe mencionar que método que se va usar es Kolmogorov-Smirnov.

Figura 47

Ajustes de Diferentes Funciones de Distribución de Probabilidad

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.2163%	0.21194
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.9561%	0.16789
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.5969%	0.06925
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.1168%	0.10105
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.0653%	0.18606
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.3079%	0.09362
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	28.3553%	0.17832
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.1494%	0.16473
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.8212%	0.07623
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.6051%	0.19529
EV2-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.75061%	0.25012
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.51180%	0.26035
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.1532%	0.17214
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.4179%	0.13039
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.0709%	0.12060
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.7370%	0.09273
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.8474%	0.08115
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.1249%	0.09592
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.3603%	0.11793
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.8903%	0.13323
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.69370%	0.23798
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.0235%	0.10704
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.9966%	0.08051
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.0503%	0.15805
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.50277%	0.23903
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.1708%	0.08947
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	17.5111%	0.20020

Select distributions to display. Use shift and/or ctrl key or drag to select many at once:

- Normal
- LogNormal
- Galton
- Exponential
- Gamma
- PearsonIII
- LogPearsonIII
- Gumbel Max
- EV2-Max
- Gumbel Min
- Weibull
- GEV Max
- GEV Min
- Pareto
- L-Moments Normal
- L-Moments Exponential
- L-Moments EV1-Max
- L-Moments EV2-Max
- L-Moments EV1-Min
- L-Moments EV3-Min
- L-Moments GEV Max
- L-Moments GEV Min
- L-Moments Pareto
- GEV-Max (k spec.)
- GEV-Min (k spec.)
- L-Moments GEV-Max (k. sc.)

Reset

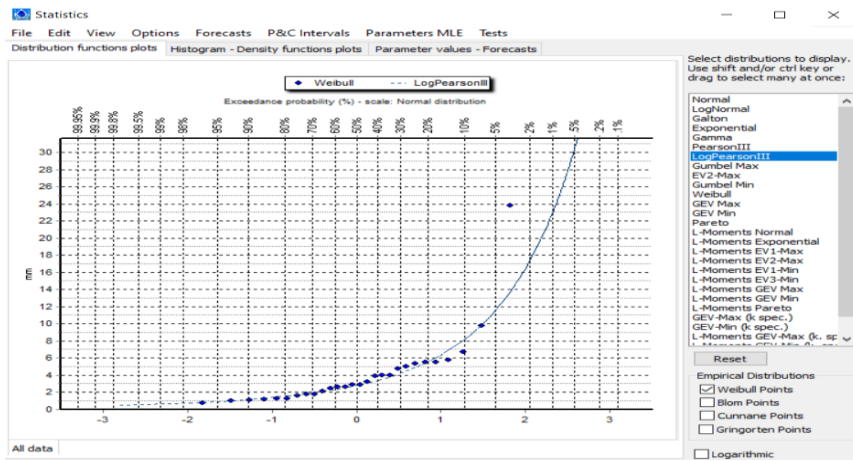
Empirical Distributions

- Weibull Points
- Blom Points
- Cunnane Points
- Gringorten Points
- Logarithmic

Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 48

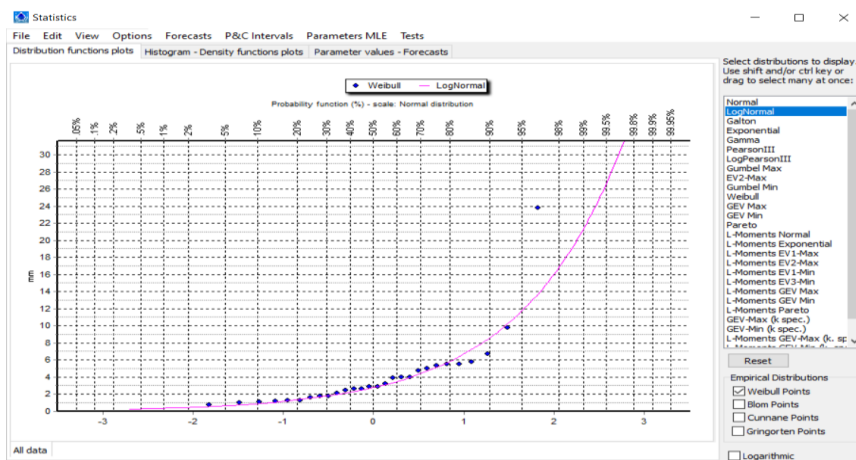
Gráfico del Ajuste de Datos- Log Pearson III



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 49

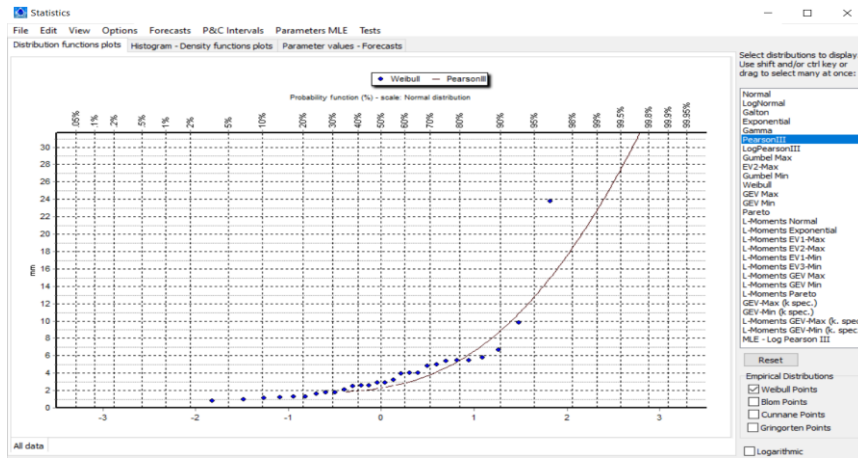
Gráfico del Ajuste de Datos- Log Normal



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 50

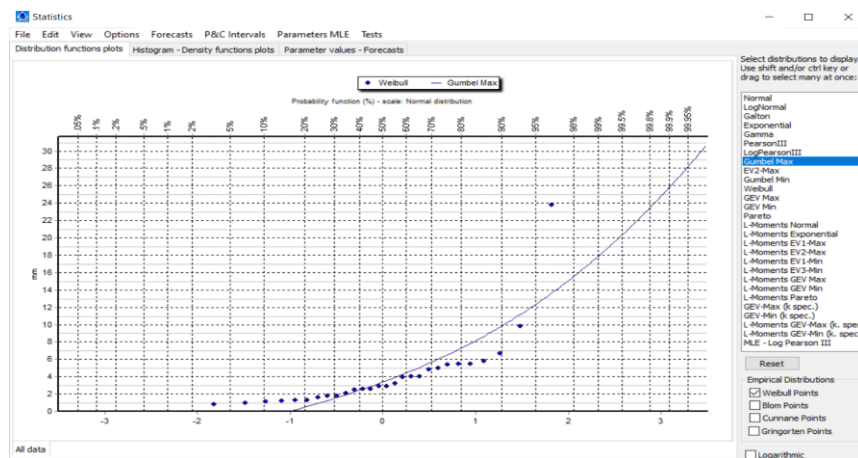
Gráfico del Ajuste de Datos- Pearson III



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 51

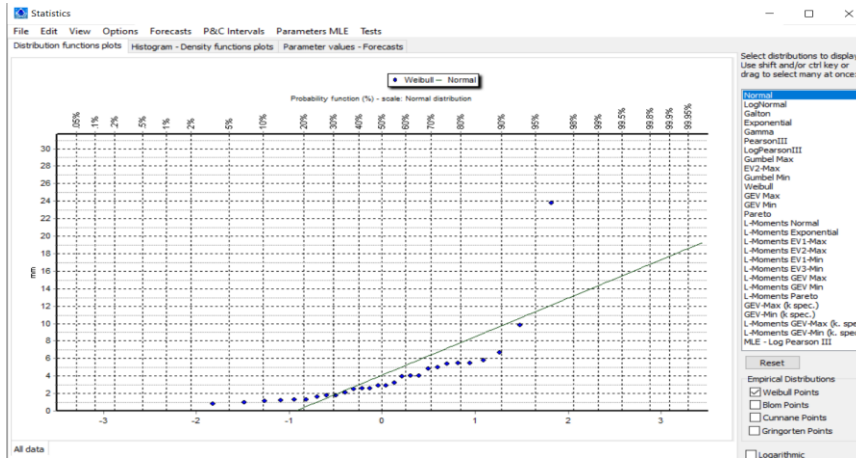
Gráfico del Ajuste de Datos- Gumbel



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 52

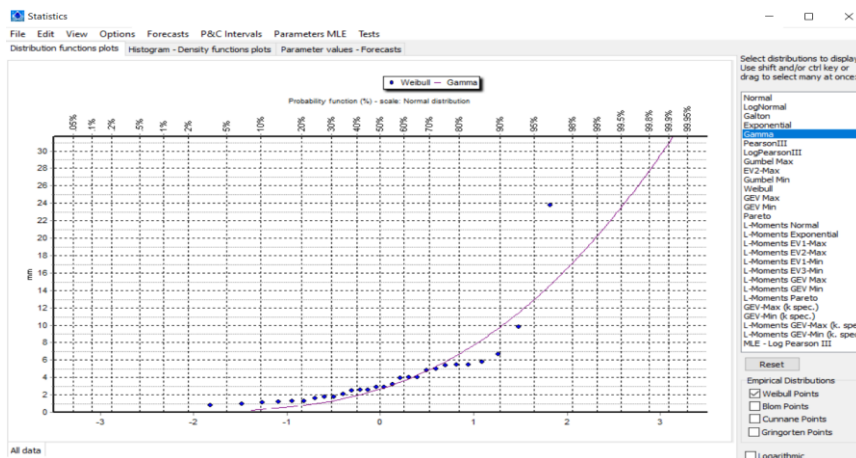
Gráfico del Ajuste de Datos-Normal



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 53

Gráfico del Ajuste de Datos- Gamma



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

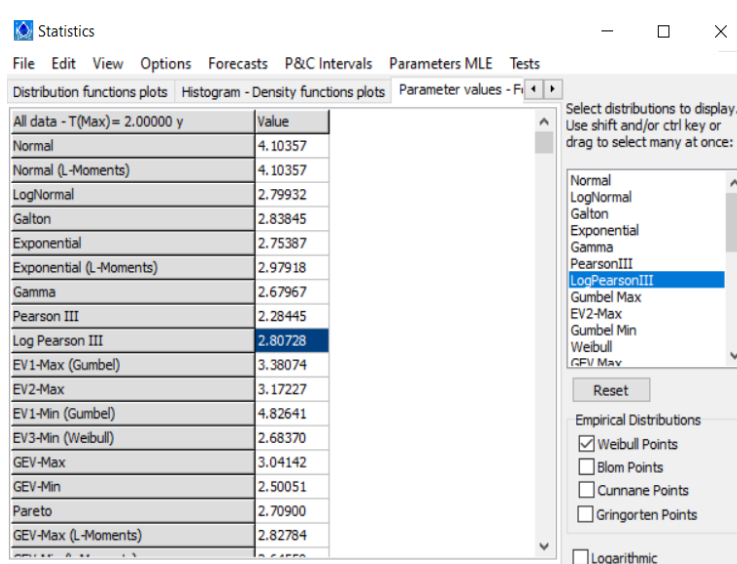
Precipitación Máxima Anual según el Periodo de Retorno

Luego de la seleccionar la función de distribución probabilística, que se ajusta de la mejor manera para los datos de precipitaciones máximas de 24h.

Por lo tanto, se procede a determinar la precipitación anual para periodos de retorno con la función de distribución probabilística de LogPearsonIII, mediante el software Hydrognomon, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 54

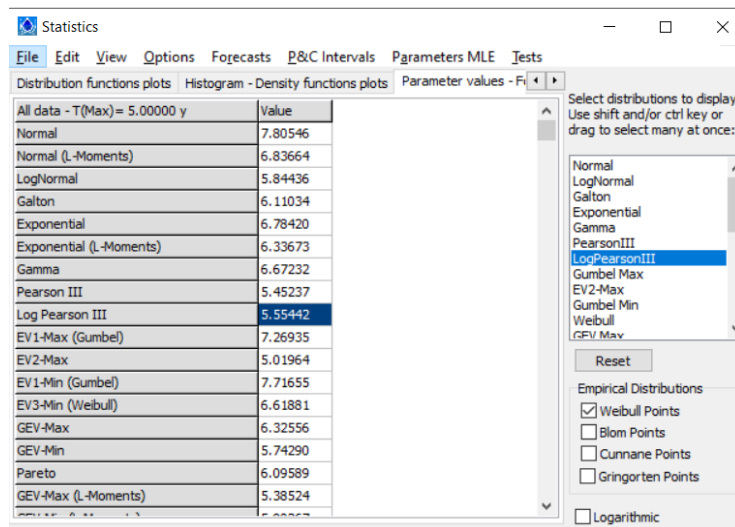
Precipitación Máxima Anual para $T=2$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 55

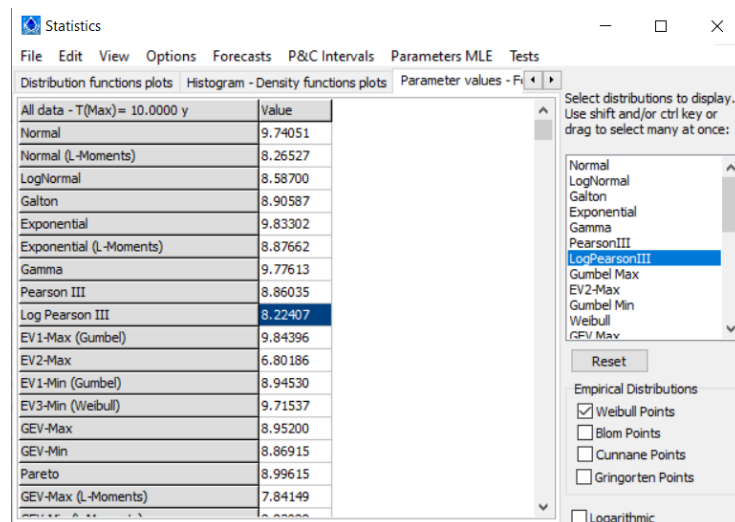
Precipitación Máxima Anual para $T=5$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 56

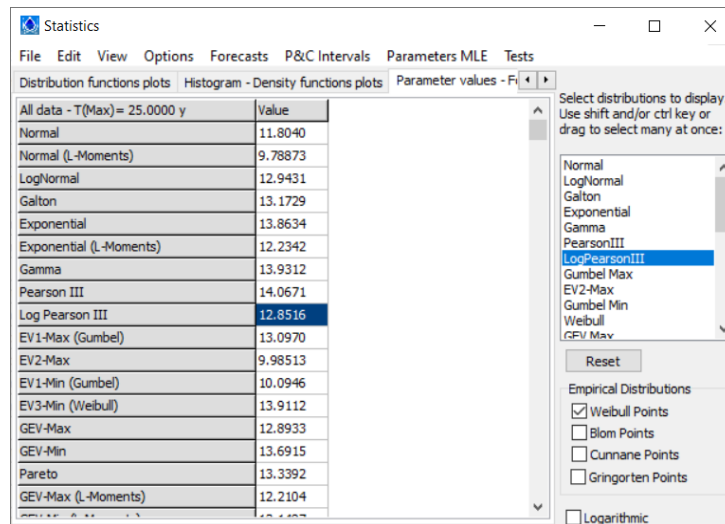
Precipitación Máxima Anual para $T=10$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 57

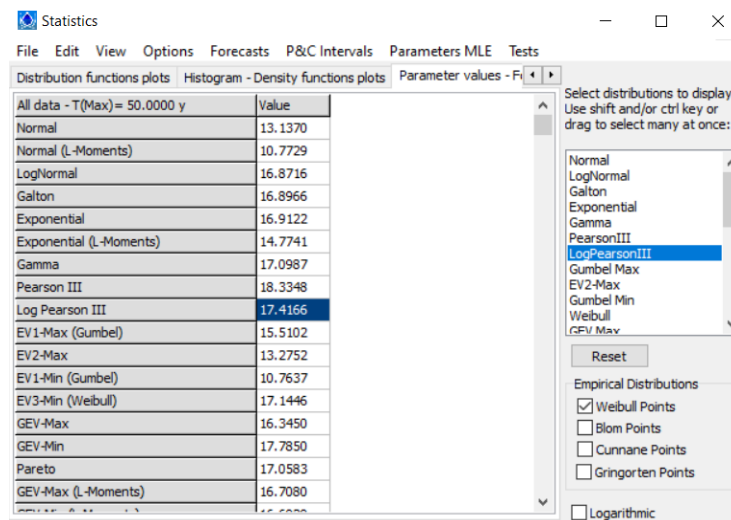
Precipitación Máxima Anual para $T=25$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 58

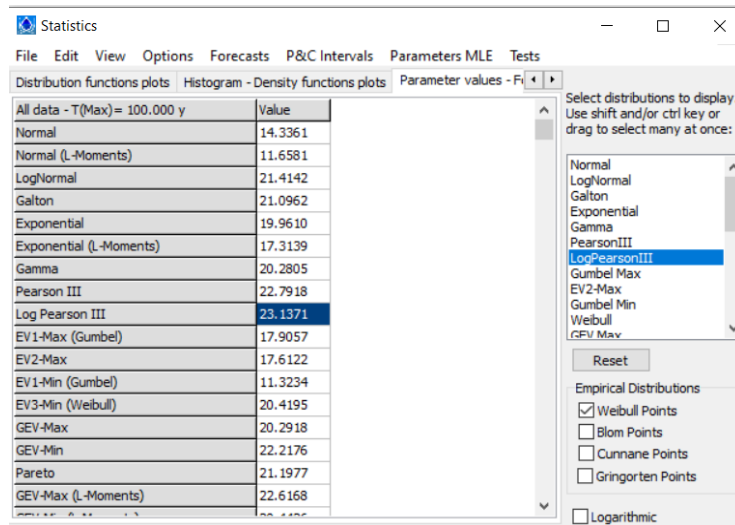
Precipitación Máxima Anual para $T=50$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 59

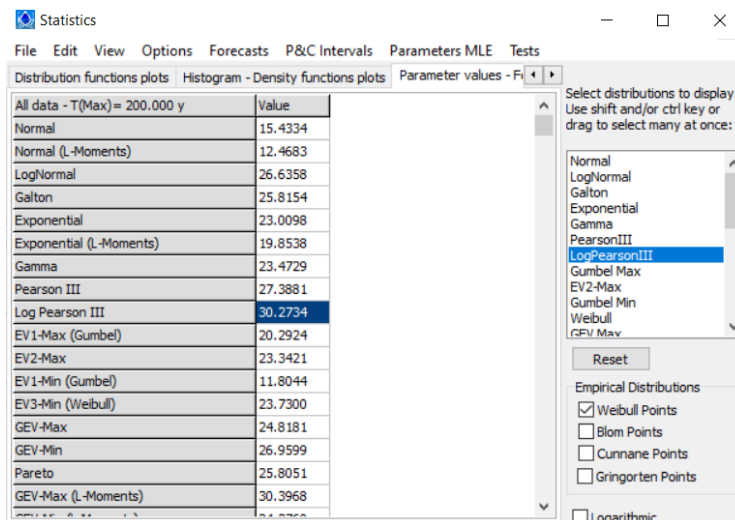
Precipitación Máxima Anual para $T=100$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 60

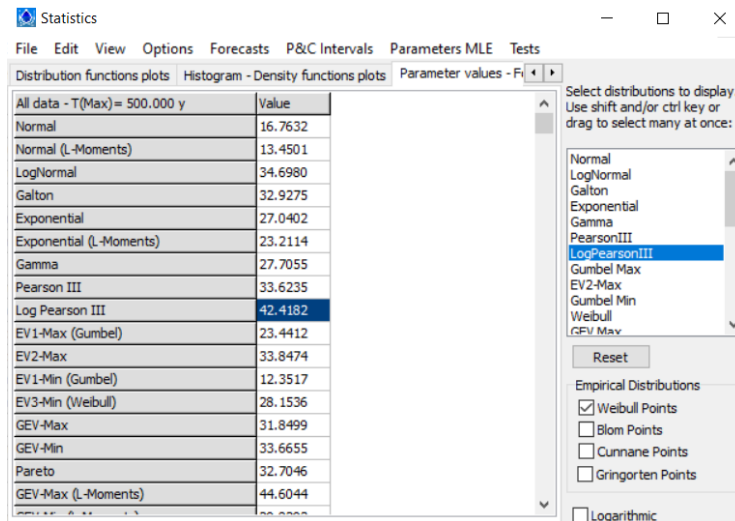
Precipitación Máxima Anual para $T=200$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon.

Figura 61

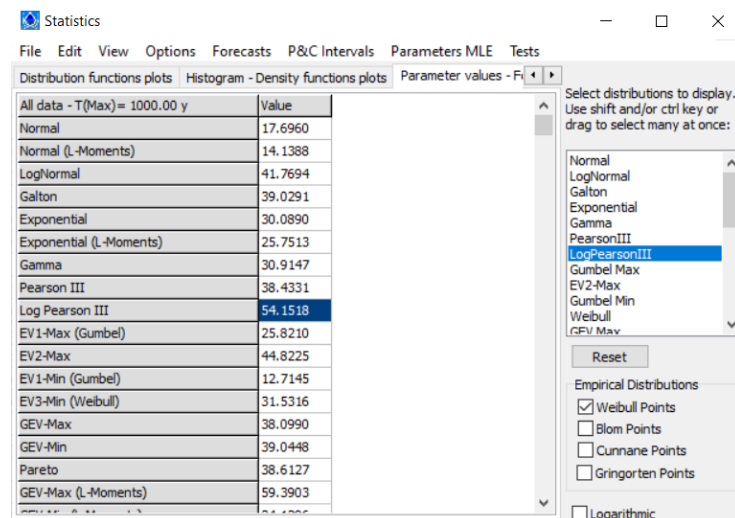
Precipitación Máxima Anual para $T=500$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon

Figura 62

Precipitación Máxima Anual para $T=1000$ años según la Distribución LogPearsonIII



Fuente: Elaboración Propia en base de software Hydrognomon

Después de haber determinar las precipitaciones por periodos de años con la distribución de LogPearsonIII, se le va multiplicar por un factor según la figura 63, por recomendación de la Organización Meteorológica Mundial considerando por la cantidad observaciones diarias.

Figura 63

Factor de Ajuste de la Frecuencia de Observaciones Diaria

Tabla II.5.5. Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria

Número de observaciones /día	1	2	3-4	5-8	9-24	> 24
Factor de ajuste	1,13	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00

Fuente: Organización Meteorológica Mundial.

Figura 64

Precipitación Máxima 24h para Diferentes Periodos de Retorno

Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste (OMM)	1.13	Número de observaciones por día = 1	
Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	2.807	3.172	0.500000
5	5.554	6.276	0.800000
10	8.224	9.293	0.900000
25	12.852	14.522	0.960000
50	17.417	19.681	0.980000
100	23.137	26.145	0.990000
200	30.273	34.209	0.995000
500	42.418	47.933	0.998000
1000	54.152	61.192	0.999000
10000	115.959	131.034	0.999900

Fuente: Elaboración Propia.

Para elaboración del hietograma es necesario conocer los valores de la ecuación de la intensidad.

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

$$\log I_{max} = \log K \times T^m \times D^{-n}$$

$$\log I_{max} = \log K + \log T^m + \log D^{-n}$$

$$y = X_1 + mX_2 - nX_3$$

Donde:

Imax =Intensidad máxima de lluvia, mm/hr.

T =Periodo de retorno, años.

D =Duración, min

Para determinar los coeficientes de la ecuación de la intensidad se va ser uso de un análisis de regresión lineal por lo que en las figuras siguientes se muestra cálculo de incógnitas X1, X2 y X3 para los periodos de tiempos para el posterior análisis de la regresión múltiple.

Figura 65

Cálculo de Incógnitas para un T= 2 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.4593	n -0.7511	k 25.4553
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	2.0	8.18	0.70	0.30	0.91
10	2.0	4.86	1.00	0.30	0.69
15	2.0	3.59	1.18	0.30	0.55
20	2.0	2.89	1.30	0.30	0.46
25	2.0	2.45	1.40	0.30	0.39
30	2.0	2.13	1.48	0.30	0.33
35	2.0	1.90	1.54	0.30	0.28
40	2.0	1.72	1.60	0.30	0.24
45	2.0	1.57	1.65	0.30	0.20
50	2.0	1.45	1.70	0.30	0.16
55	2.0	1.35	1.74	0.30	0.13
60	2.0	1.27	1.78	0.30	0.10
120	2.0	0.75	2.08	0.30	-0.12
180	2.0	0.56	2.26	0.30	-0.25
240	2.0	0.45	2.38	0.30	-0.35
300	2.0	0.38	2.48	0.30	-0.42
360	2.0	0.33	2.56	0.30	-0.48
420	2.0	0.29	2.62	0.30	-0.53
480	2.0	0.27	2.68	0.30	-0.57
540	2.0	0.24	2.73	0.30	-0.61
600	2.0	0.23	2.78	0.30	-0.65
660	2.0	0.21	2.82	0.30	-0.68
720	2.0	0.20	2.86	0.30	-0.71
780	2.0	0.19	2.89	0.30	-0.73
840	2.0	0.18	2.92	0.30	-0.76
900	2.0	0.17	2.95	0.30	-0.78
960	2.0	0.16	2.98	0.30	-0.80
1020	2.0	0.15	3.01	0.30	-0.82
1080	2.0	0.15	3.03	0.30	-0.84
1140	2.0	0.14	3.06	0.30	-0.86
1200	2.0	0.13	3.08	0.30	-0.87
1260	2.0	0.13	3.10	0.30	-0.89
1320	2.0	0.12	3.12	0.30	-0.90
1380	2.0	0.12	3.14	0.30	-0.92
1440	2.0	0.12	3.16	0.30	-0.93

Fuente: Elaboración propia.

Figura 66

Cálculo de Incógnitas para T=5 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	5.0	16.18	0.70	0.70	1.21
10	5.0	9.62	1.00	0.70	0.98
15	5.0	7.10	1.18	0.70	0.85
20	5.0	5.72	1.30	0.70	0.76
25	5.0	4.84	1.40	0.70	0.68
30	5.0	4.22	1.48	0.70	0.63
35	5.0	3.76	1.54	0.70	0.58
40	5.0	3.40	1.60	0.70	0.53
45	5.0	3.11	1.65	0.70	0.49
50	5.0	2.88	1.70	0.70	0.46
55	5.0	2.68	1.74	0.70	0.43
60	5.0	2.51	1.78	0.70	0.40
120	5.0	1.49	2.08	0.70	0.17
180	5.0	1.10	2.26	0.70	0.04
240	5.0	0.89	2.38	0.70	-0.05
300	5.0	0.75	2.48	0.70	-0.12
360	5.0	0.65	2.56	0.70	-0.18
420	5.0	0.58	2.62	0.70	-0.23
480	5.0	0.53	2.68	0.70	-0.28
540	5.0	0.48	2.73	0.70	-0.32
600	5.0	0.45	2.78	0.70	-0.35
660	5.0	0.42	2.82	0.70	-0.38
720	5.0	0.39	2.86	0.70	-0.41
780	5.0	0.37	2.89	0.70	-0.44
840	5.0	0.35	2.92	0.70	-0.46
900	5.0	0.33	2.95	0.70	-0.48
960	5.0	0.31	2.98	0.70	-0.50
1020	5.0	0.30	3.01	0.70	-0.52
1080	5.0	0.29	3.03	0.70	-0.54
1140	5.0	0.28	3.06	0.70	-0.56
1200	5.0	0.27	3.08	0.70	-0.58
1260	5.0	0.26	3.10	0.70	-0.59
1320	5.0	0.25	3.12	0.70	-0.61
1380	5.0	0.24	3.14	0.70	-0.62
1440	5.0	0.23	3.16	0.70	-0.64

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 67

Cálculo de Incógnitas para T=10 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	10.0	23.96	0.70	1.00	1.38
10	10.0	14.24	1.00	1.00	1.15
15	10.0	10.51	1.18	1.00	1.02
20	10.0	8.47	1.30	1.00	0.93
25	10.0	7.16	1.40	1.00	0.86
30	10.0	6.25	1.48	1.00	0.80
35	10.0	5.57	1.54	1.00	0.75
40	10.0	5.04	1.60	1.00	0.70
45	10.0	4.61	1.65	1.00	0.66
50	10.0	4.26	1.70	1.00	0.63
55	10.0	3.97	1.74	1.00	0.60
60	10.0	3.72	1.78	1.00	0.57
120	10.0	2.21	2.08	1.00	0.34
180	10.0	1.63	2.26	1.00	0.21
240	10.0	1.31	2.38	1.00	0.12
300	10.0	1.11	2.48	1.00	0.05
360	10.0	0.97	2.56	1.00	-0.01
420	10.0	0.86	2.62	1.00	-0.06
480	10.0	0.78	2.68	1.00	-0.11
540	10.0	0.72	2.73	1.00	-0.15
600	10.0	0.66	2.78	1.00	-0.18
660	10.0	0.62	2.82	1.00	-0.21
720	10.0	0.58	2.86	1.00	-0.24
780	10.0	0.54	2.89	1.00	-0.27
840	10.0	0.51	2.92	1.00	-0.29
900	10.0	0.49	2.95	1.00	-0.31
960	10.0	0.46	2.98	1.00	-0.33
1020	10.0	0.44	3.01	1.00	-0.35
1080	10.0	0.43	3.03	1.00	-0.37
1140	10.0	0.41	3.06	1.00	-0.39
1200	10.0	0.39	3.08	1.00	-0.41
1260	10.0	0.38	3.10	1.00	-0.42
1320	10.0	0.37	3.12	1.00	-0.44
1380	10.0	0.35	3.14	1.00	-0.45
1440	10.0	0.34	3.16	1.00	-0.47

Fuente: Elaboración propia.

Figura 68

Cálculo de Incógnitas para T=25 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	25.0	37.44	0.70	1.40	1.57
10	25.0	22.26	1.00	1.40	1.35
15	25.0	16.42	1.18	1.40	1.22
20	25.0	13.24	1.30	1.40	1.12
25	25.0	11.20	1.40	1.40	1.05
30	25.0	9.77	1.48	1.40	0.99
35	25.0	8.70	1.54	1.40	0.94
40	25.0	7.87	1.60	1.40	0.90
45	25.0	7.20	1.65	1.40	0.86
50	25.0	6.66	1.70	1.40	0.82
55	25.0	6.20	1.74	1.40	0.79
60	25.0	5.81	1.78	1.40	0.76
120	25.0	3.45	2.08	1.40	0.54
180	25.0	2.55	2.26	1.40	0.41
240	25.0	2.05	2.38	1.40	0.31
300	25.0	1.74	2.48	1.40	0.24
360	25.0	1.51	2.56	1.40	0.18
420	25.0	1.35	2.62	1.40	0.13
480	25.0	1.22	2.68	1.40	0.09
540	25.0	1.12	2.73	1.40	0.05
600	25.0	1.03	2.78	1.40	0.01
660	25.0	0.96	2.82	1.40	-0.02
720	25.0	0.90	2.86	1.40	-0.05
780	25.0	0.85	2.89	1.40	-0.07
840	25.0	0.80	2.92	1.40	-0.10
900	25.0	0.76	2.95	1.40	-0.12
960	25.0	0.73	2.98	1.40	-0.14
1020	25.0	0.69	3.01	1.40	-0.16
1080	25.0	0.66	3.03	1.40	-0.18
1140	25.0	0.64	3.06	1.40	-0.20
1200	25.0	0.61	3.08	1.40	-0.21
1260	25.0	0.59	3.10	1.40	-0.23
1320	25.0	0.57	3.12	1.40	-0.24
1380	25.0	0.55	3.14	1.40	-0.26
1440	25.0	0.54	3.16	1.40	-0.27

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 69

Cálculo de incógnitas para T=50 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	50.0	50.73	0.70	1.70	1.71
10	50.0	30.17	1.00	1.70	1.48
15	50.0	22.26	1.18	1.70	1.35
20	50.0	17.94	1.30	1.70	1.25
25	50.0	15.17	1.40	1.70	1.18
30	50.0	13.23	1.48	1.70	1.12
35	50.0	11.79	1.54	1.70	1.07
40	50.0	10.67	1.60	1.70	1.03
45	50.0	9.76	1.65	1.70	0.99
50	50.0	9.02	1.70	1.70	0.96
55	50.0	8.40	1.74	1.70	0.92
60	50.0	7.87	1.78	1.70	0.90
120	50.0	4.68	2.08	1.70	0.67
180	50.0	3.45	2.26	1.70	0.54
240	50.0	2.78	2.38	1.70	0.44
300	50.0	2.35	2.48	1.70	0.37
360	50.0	2.05	2.56	1.70	0.31
420	50.0	1.83	2.62	1.70	0.26
480	50.0	1.65	2.68	1.70	0.22
540	50.0	1.51	2.73	1.70	0.18
600	50.0	1.40	2.78	1.70	0.15
660	50.0	1.30	2.82	1.70	0.11
720	50.0	1.22	2.86	1.70	0.09
780	50.0	1.15	2.89	1.70	0.06
840	50.0	1.09	2.92	1.70	0.04
900	50.0	1.03	2.95	1.70	0.01
960	50.0	0.98	2.98	1.70	-0.01
1020	50.0	0.94	3.01	1.70	-0.03
1080	50.0	0.90	3.03	1.70	-0.05
1140	50.0	0.86	3.06	1.70	-0.06
1200	50.0	0.83	3.08	1.70	-0.08
1260	50.0	0.80	3.10	1.70	-0.10
1320	50.0	0.77	3.12	1.70	-0.11
1380	50.0	0.75	3.14	1.70	-0.13
1440	50.0	0.73	3.16	1.70	-0.14

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 70

Cálculo de Incógnitas para T=100 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	100.0	67.40	0.70	2.00	1.83
10	100.0	40.07	1.00	2.00	1.60
15	100.0	29.57	1.18	2.00	1.47
20	100.0	23.83	1.30	2.00	1.38
25	100.0	20.16	1.40	2.00	1.30
30	100.0	17.58	1.48	2.00	1.25
35	100.0	15.66	1.54	2.00	1.19
40	100.0	14.17	1.60	2.00	1.15
45	100.0	12.97	1.65	2.00	1.11
50	100.0	11.99	1.70	2.00	1.08
55	100.0	11.16	1.74	2.00	1.05
60	100.0	10.45	1.78	2.00	1.02
120	100.0	6.22	2.08	2.00	0.79
180	100.0	4.59	2.26	2.00	0.66
240	100.0	3.70	2.38	2.00	0.57
300	100.0	3.13	2.48	2.00	0.50
360	100.0	2.73	2.56	2.00	0.44
420	100.0	2.43	2.62	2.00	0.39
480	100.0	2.20	2.68	2.00	0.34
540	100.0	2.01	2.73	2.00	0.30
600	100.0	1.86	2.78	2.00	0.27
660	100.0	1.73	2.82	2.00	0.24
720	100.0	1.62	2.86	2.00	0.21
780	100.0	1.53	2.89	2.00	0.18
840	100.0	1.44	2.92	2.00	0.16
900	100.0	1.37	2.95	2.00	0.14
960	100.0	1.31	2.98	2.00	0.12
1020	100.0	1.25	3.01	2.00	0.10
1080	100.0	1.20	3.03	2.00	0.08
1140	100.0	1.15	3.06	2.00	0.06
1200	100.0	1.11	3.08	2.00	0.04
1260	100.0	1.07	3.10	2.00	0.03
1320	100.0	1.03	3.12	2.00	0.01
1380	100.0	1.00	3.14	2.00	0.00
1440	100.0	0.96	3.16	2.00	-0.02

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 71

Cálculo de Incógnitas para T=200 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	200.0	88.18	0.70	2.30	1.95
10	200.0	52.44	1.00	2.30	1.72
15	200.0	38.69	1.18	2.30	1.59
20	200.0	31.18	1.30	2.30	1.49
25	200.0	26.37	1.40	2.30	1.42
30	200.0	23.00	1.48	2.30	1.36
35	200.0	20.49	1.54	2.30	1.31
40	200.0	18.54	1.60	2.30	1.27
45	200.0	16.97	1.65	2.30	1.23
50	200.0	15.68	1.70	2.30	1.20
55	200.0	14.60	1.74	2.30	1.16
60	200.0	13.68	1.78	2.30	1.14
120	200.0	8.13	2.08	2.30	0.91
180	200.0	6.00	2.26	2.30	0.78
240	200.0	4.84	2.38	2.30	0.68
300	200.0	4.09	2.48	2.30	0.61
360	200.0	3.57	2.56	2.30	0.55
420	200.0	3.18	2.62	2.30	0.50
480	200.0	2.88	2.68	2.30	0.46
540	200.0	2.63	2.73	2.30	0.42
600	200.0	2.43	2.78	2.30	0.39
660	200.0	2.26	2.82	2.30	0.35
720	200.0	2.12	2.86	2.30	0.33
780	200.0	2.00	2.89	2.30	0.30
840	200.0	1.89	2.92	2.30	0.28
900	200.0	1.79	2.95	2.30	0.25
960	200.0	1.71	2.98	2.30	0.23
1020	200.0	1.63	3.01	2.30	0.21
1080	200.0	1.57	3.03	2.30	0.19
1140	200.0	1.50	3.06	2.30	0.18
1200	200.0	1.45	3.08	2.30	0.16
1260	200.0	1.39	3.10	2.30	0.14
1320	200.0	1.35	3.12	2.30	0.13
1380	200.0	1.30	3.14	2.30	0.11
1440	200.0	1.26	3.16	2.30	0.10

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 72

Cálculo de Incógnitas para T=500 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	500.0	123.56	0.70	2.70	2.09
10	500.0	73.47	1.00	2.70	1.87
15	500.0	54.21	1.18	2.70	1.73
20	500.0	43.69	1.30	2.70	1.64
25	500.0	36.95	1.40	2.70	1.57
30	500.0	32.23	1.48	2.70	1.51
35	500.0	28.71	1.54	2.70	1.46
40	500.0	25.98	1.60	2.70	1.41
45	500.0	23.78	1.65	2.70	1.38
50	500.0	21.97	1.70	2.70	1.34
55	500.0	20.46	1.74	2.70	1.31
60	500.0	19.16	1.78	2.70	1.28
120	500.0	11.40	2.08	2.70	1.06
180	500.0	8.41	2.26	2.70	0.92
240	500.0	6.78	2.38	2.70	0.83
300	500.0	5.73	2.48	2.70	0.76
360	500.0	5.00	2.56	2.70	0.70
420	500.0	4.45	2.62	2.70	0.65
480	500.0	4.03	2.68	2.70	0.61
540	500.0	3.69	2.73	2.70	0.57
600	500.0	3.41	2.78	2.70	0.53
660	500.0	3.17	2.82	2.70	0.50
720	500.0	2.97	2.86	2.70	0.47
780	500.0	2.80	2.89	2.70	0.45
840	500.0	2.65	2.92	2.70	0.42
900	500.0	2.51	2.95	2.70	0.40
960	500.0	2.40	2.98	2.70	0.38
1020	500.0	2.29	3.01	2.70	0.36
1080	500.0	2.19	3.03	2.70	0.34
1140	500.0	2.11	3.06	2.70	0.32
1200	500.0	2.03	3.08	2.70	0.31
1260	500.0	1.95	3.10	2.70	0.29
1320	500.0	1.89	3.12	2.70	0.28
1380	500.0	1.82	3.14	2.70	0.26
1440	500.0	1.77	3.16	2.70	0.25

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 73

Cálculo de incógnitas para T=1000 años

Duración (min)	Tiempo de retorno(años)	Intensidad (mm/hr)	m 0.0000	n 0.0000	k 1.0000
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	1000.0	157.74	0.70	3.00	2.20
10	1000.0	93.79	1.00	3.00	1.97
15	1000.0	69.20	1.18	3.00	1.84
20	1000.0	55.77	1.30	3.00	1.75
25	1000.0	47.18	1.40	3.00	1.67
30	1000.0	41.15	1.48	3.00	1.61
35	1000.0	36.65	1.54	3.00	1.56
40	1000.0	33.16	1.60	3.00	1.52
45	1000.0	30.36	1.65	3.00	1.48
50	1000.0	28.05	1.70	3.00	1.45
55	1000.0	26.12	1.74	3.00	1.42
60	1000.0	24.47	1.78	3.00	1.39
120	1000.0	14.55	2.08	3.00	1.16
180	1000.0	10.73	2.26	3.00	1.03
240	1000.0	8.65	2.38	3.00	0.94
300	1000.0	7.32	2.48	3.00	0.86
360	1000.0	6.38	2.56	3.00	0.80
420	1000.0	5.69	2.62	3.00	0.75
480	1000.0	5.14	2.68	3.00	0.71
540	1000.0	4.71	2.73	3.00	0.67
600	1000.0	4.35	2.78	3.00	0.64
660	1000.0	4.05	2.82	3.00	0.61
720	1000.0	3.79	2.86	3.00	0.58
780	1000.0	3.57	2.89	3.00	0.55
840	1000.0	3.38	2.92	3.00	0.53
900	1000.0	3.21	2.95	3.00	0.51
960	1000.0	3.06	2.98	3.00	0.49
1020	1000.0	2.92	3.01	3.00	0.47
1080	1000.0	2.80	3.03	3.00	0.45
1140	1000.0	2.69	3.06	3.00	0.43
1200	1000.0	2.59	3.08	3.00	0.41
1260	1000.0	2.49	3.10	3.00	0.40
1320	1000.0	2.41	3.12	3.00	0.38
1380	1000.0	2.33	3.14	3.00	0.37
1440	1000.0	2.26	3.16	3.00	0.35

Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, hacemos uso una herramienta de una plantilla de Excel para desarrollar el análisis de regresión con el objetivo de determinar los parámetros k, m,

n

Figura 74

Desarrollo del Análisis Regresión Múltiple

Resumen	
Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99721236
Coefficiente de determinación R ²	0.9944325
R ² ajustado	0.99439681
Error típico	0.05057621
Observaciones	315

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	142.548335	71.27416761	27863.7505	0
Residuos	312	0.79808137	0.002557953		
Total	314	143.346417			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	1.4550063	0.01110149	131.0640892	7.449E-275	1.43316305	1.47684954	1.43316305	1.47684954
Variable X 1	-0.75	0.00393087	-190.7976887	0	-0.75773436	-0.74226564	-0.75773436	-0.74226564
Variable X 2	0.45997241	0.00330892	139.0098664	1.073E-282	0.45346179	0.46648303	0.45346179	0.46648303

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de regresamos el cambio de variable, llegando así, determinar la ecuación de intensidad para determinar el Gráfico de hietograma. En la figura 75 se muestra el Cálculo de intensidades de 6 horas de duración en intervalos de 15 minutos para un periodo de retorno de 10 años.

Figura 75

Precipitaciones de la Ecuación Intensidad para 6h

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
K =		28.511		$I = \frac{28.511 \times T^{0.460}}{D^{0.750}}$	
T =		10			
m =		0.4600			
n =		0.750			
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
15	10.787	2.697	2.697	0-15	0.063
30	6.414	3.207	0.510	15-30	0.068
45	4.732	3.549	0.342	30-45	0.073
60	3.814	3.814	0.265	45-60	0.079
75	3.226	4.033	0.219	60-75	0.086
90	2.814	4.221	0.188	75-90	0.096
105	2.507	4.387	0.166	90-105	0.108
120	2.268	4.535	0.149	105-120	0.125
135	2.076	4.671	0.136	120-135	0.149
150	1.918	4.796	0.125	135-150	0.188
165	1.786	4.911	0.116	150-165	0.265
180	1.673	5.019	0.108	165-180	0.510
195	1.576	5.121	0.101	180-195	2.697
210	1.490	5.217	0.096	195-210	0.342
225	1.415	5.307	0.091	210-225	0.219
240	1.348	5.394	0.086	225-240	0.166
255	1.288	5.476	0.082	240-255	0.136
270	1.234	5.555	0.079	255-270	0.116
285	1.185	5.630	0.076	270-285	0.101
300	1.141	5.703	0.073	285-300	0.091
315	1.100	5.773	0.070	300-315	0.082
330	1.062	5.841	0.068	315-330	0.076
345	1.027	5.906	0.065	330-345	0.070
360	0.995	5.969	0.063	345-360	0.065

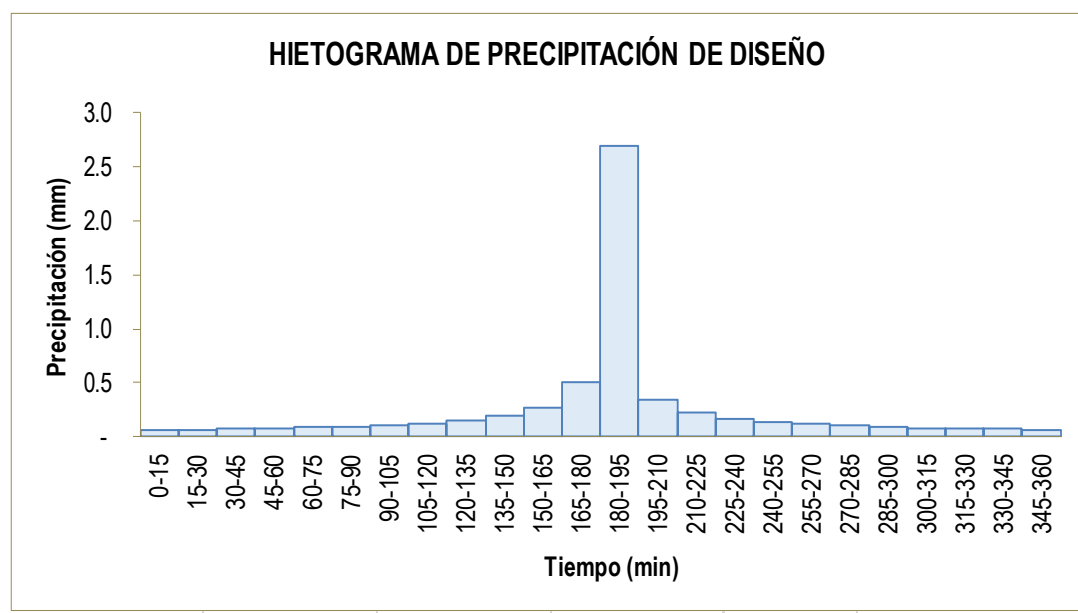
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 76

Hietograma de Diseño de 6h

CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

I: Intensidad máxima (mm/h)
T: Período de retorno en años = 10.00 años
t Duración de la precipitación (min)



Fuente: Elaboración Propia.

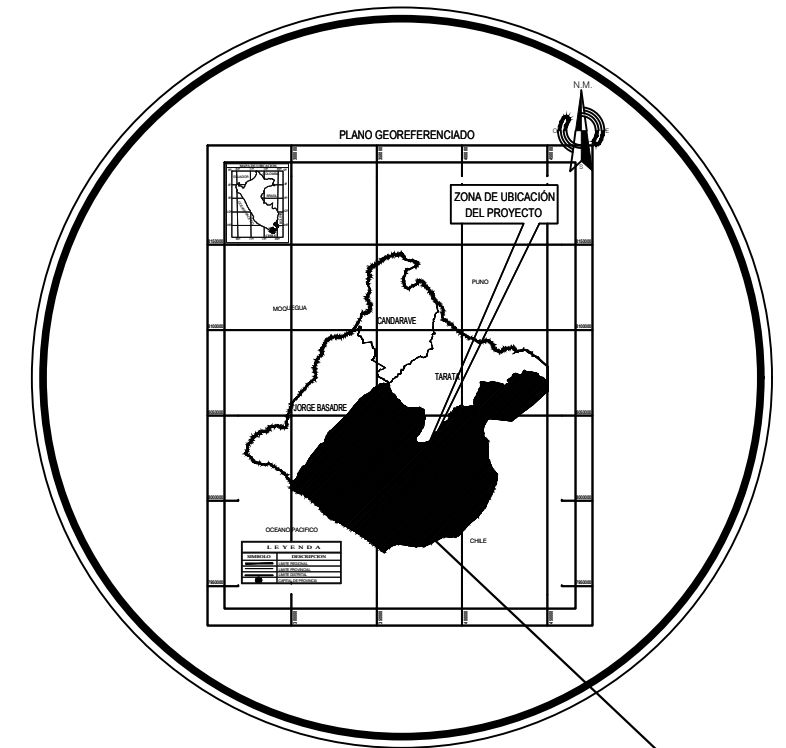
ANEXO 4: PLANOS

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN -TACNA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL




PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1/5000



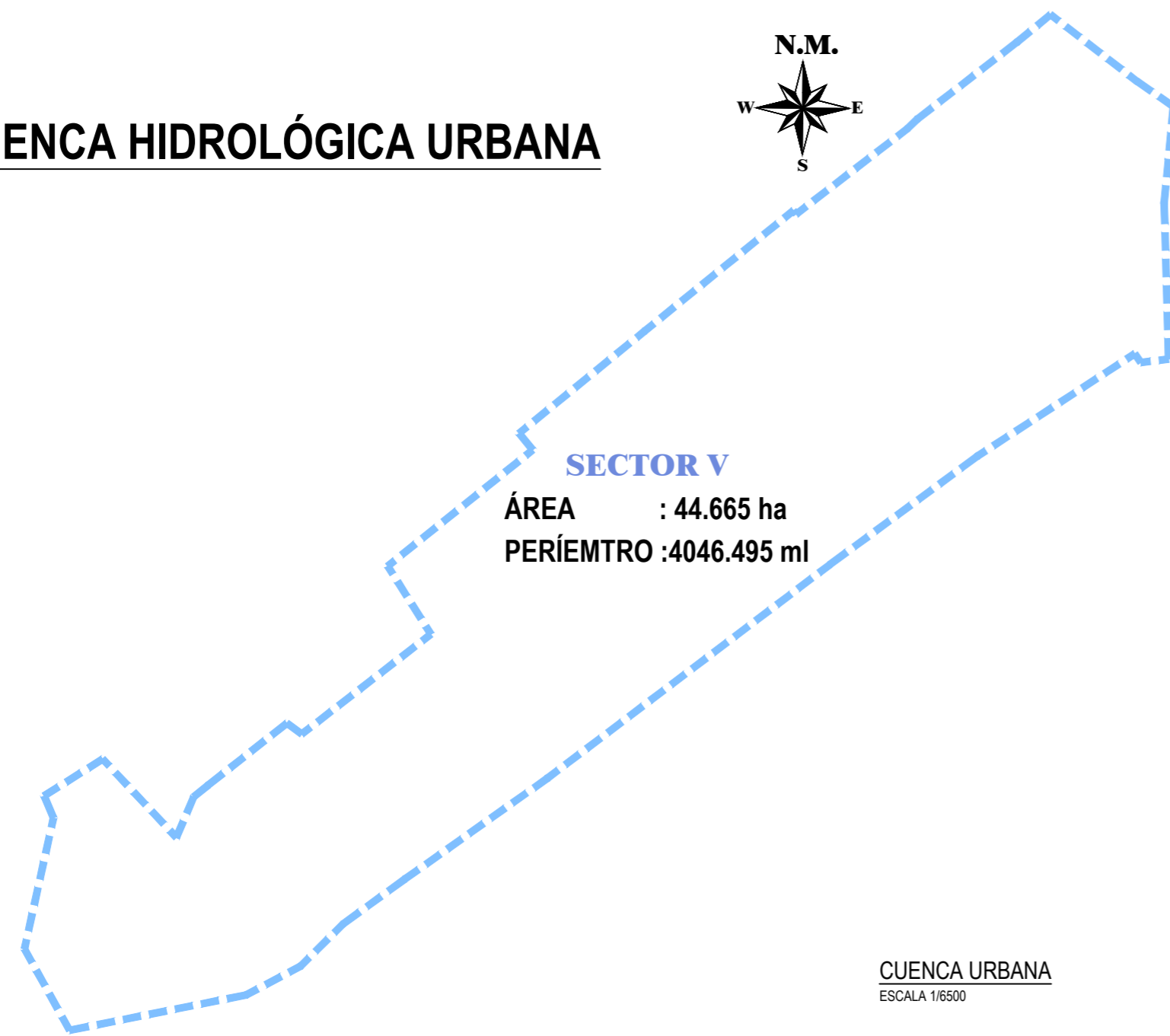
PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESCALA: 1/40000



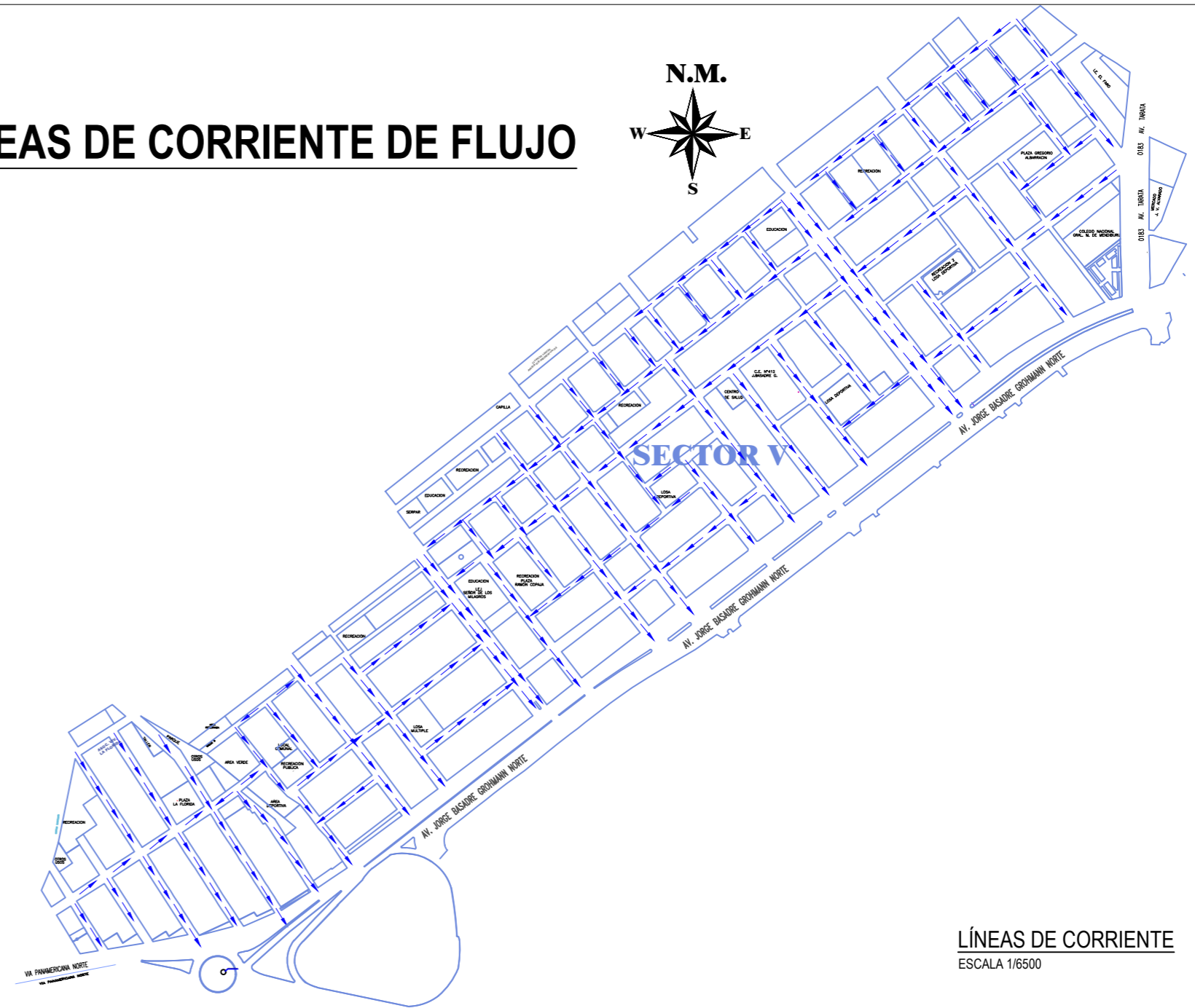
AV. JORGE BASADRE GROHMANN

 CIUDAD UNIVERSITARIA AV. MIRAFLORES S/N	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA			
	PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"			NOMENCLATURA: U-1
	UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA-TACNA			SERIE DE LÁMINA: 01
	PLANO DE: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN			
DIBUJO: WAAH	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO-2022		

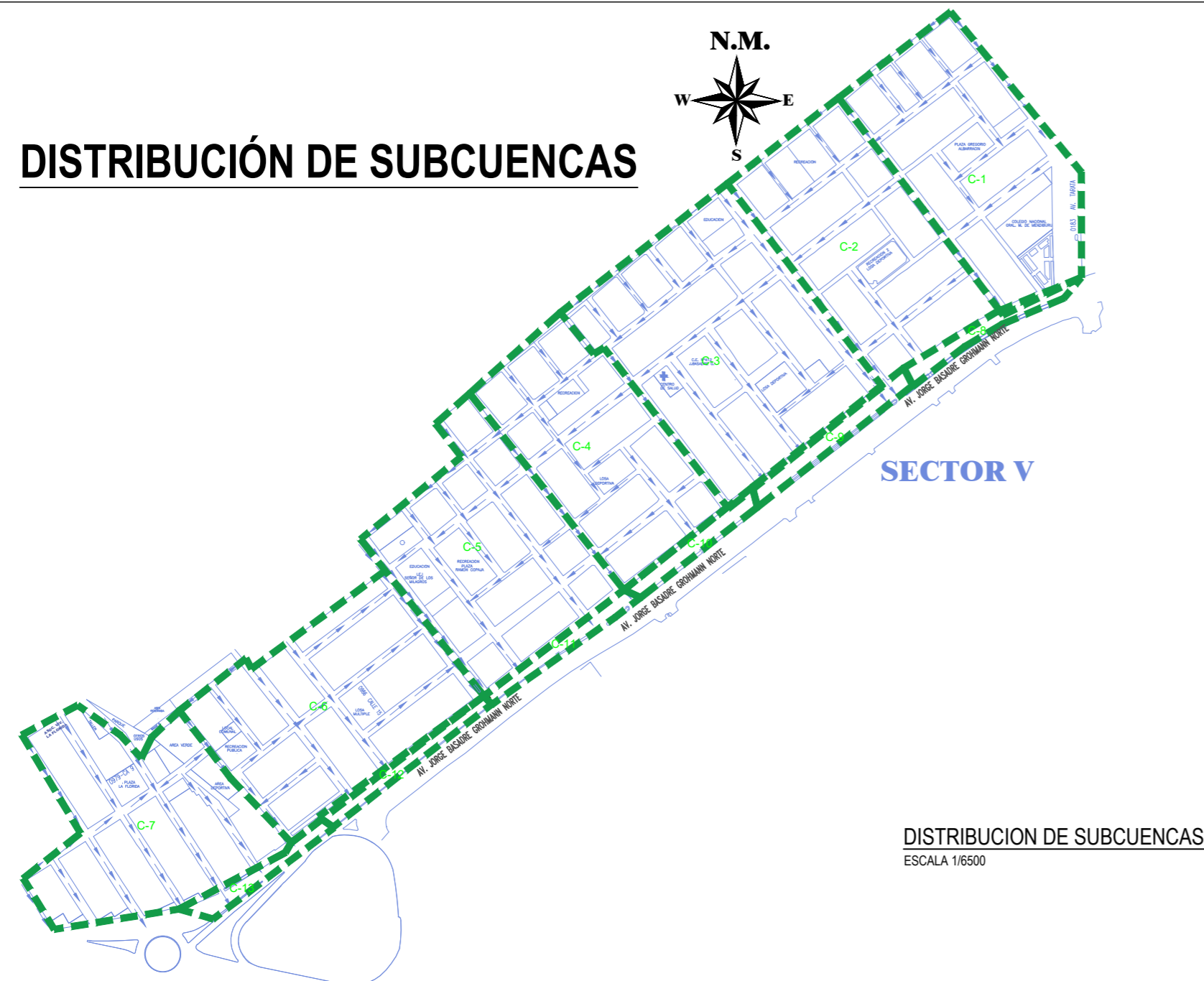
CUENCA HIDROLÓGICA URBANA



LÍNEAS DE CORRIENTE DE FLUJO



DISTRIBUCIÓN DE SUBCUENCAS



CARACTERÍSTICAS DE SUBCUENCAS

Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (ml)	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (ml)
C-1	5.969	993.72	C-8	0.297	522.80
C-2	5.752	985.64	C-9	0.571	532.77
C-3	7.857	1148.81	C-10	0.423	434.85
C-4	4.924	950.76	C-11	0.395	481.36
C-5	5.780	1043.25	C-12	0.440	537.97
C-6	6.262	1034.81	C-13	0.405	459.98
C-7	5.600	1095.08			

LEYENDA

	LÍMITE DE CUENCA URBANA
	LÍNEA DE CORRIENTE DE FLUJO
	DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS
	PUNTO DE DESFOGUE DE FLUJO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

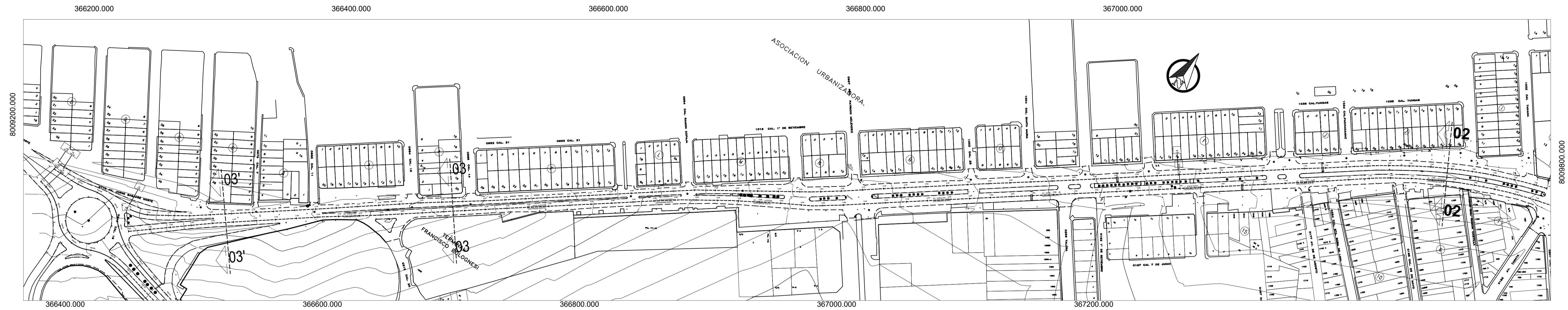
UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA

PLANO DE: CUENCA URBANA

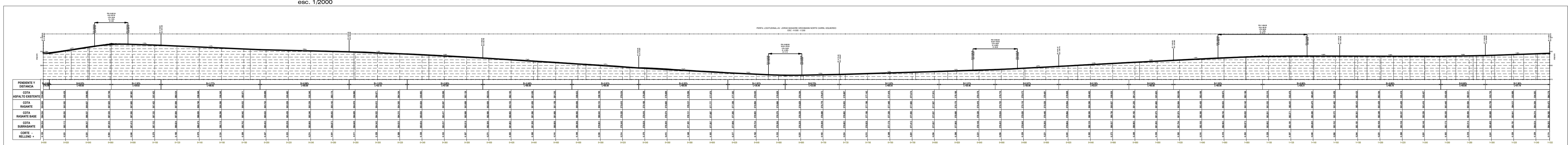
DIBUJO: WAAH ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO-2022

NOMENCLATURA:
CU-1

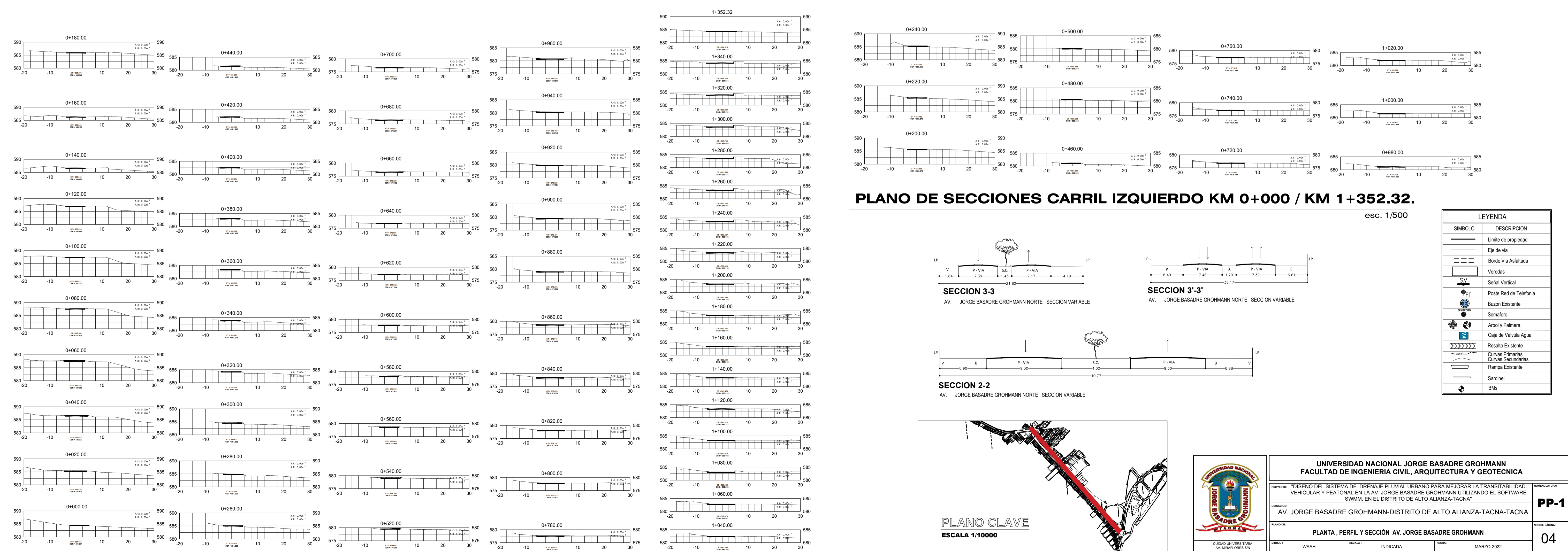
NRO DE LÁMINA:
02



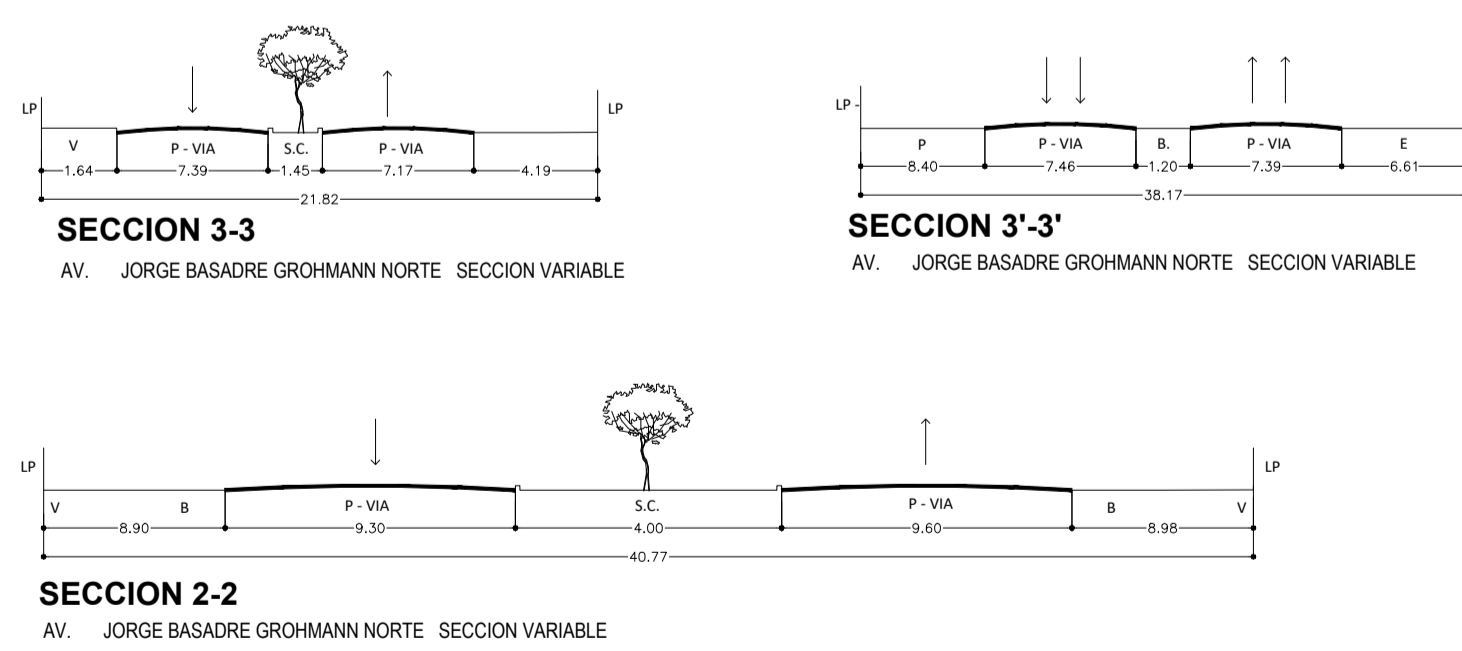
TOPOGRAFIA KM 0+000.00 / KM 1+000.00
 Esc. 1/2000



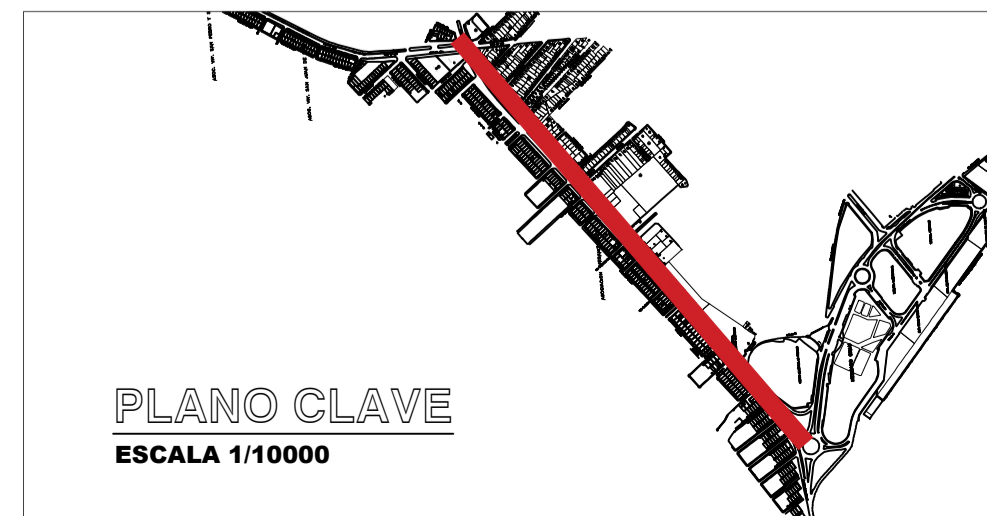
PERFIL LONGITUDINAL CARRIL IZQUIERDO KM 0+000 / KM 1+352
 Esc. = 1/1750



PLANO DE SECCIONES CARRIL IZQUIERDO KM 0+000 / KM 1+352.32.
 Esc. 1/500



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	Limite de propiedad
—	Eje de via
—	Borde Via Asfaltada
—	Veredas
SV	Señal Vertical
PT	Poste Red de Telefonía
BE	Buzon Existente
SE	Semáforo
AP	Arbol y Palmera
CA	Caja de Valvula Agua
RE	Resalto Existente
CP	Curvas Primarias
CS	Curvas Secundarias
RA	Rampa Existente
SD	Sardinel
BM	BMs



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA

PLANO DE: PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN AV. JORGE BASADRE GROHMANN

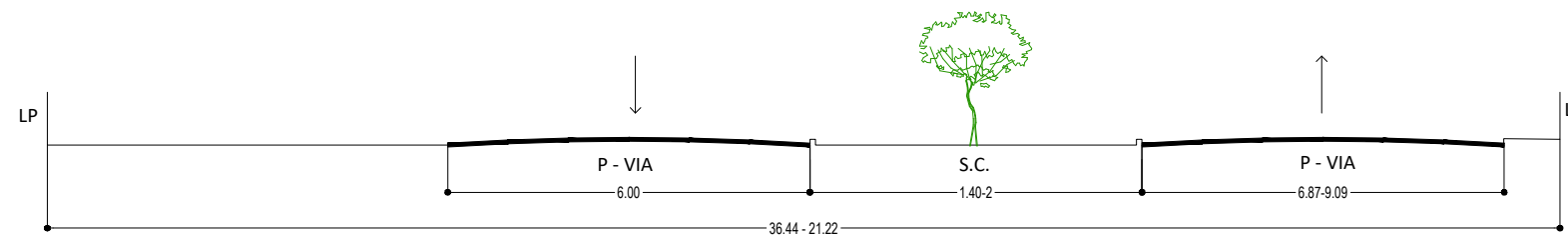
INDICADA: WAAH

FECHA: MARZO-2022

PP-1

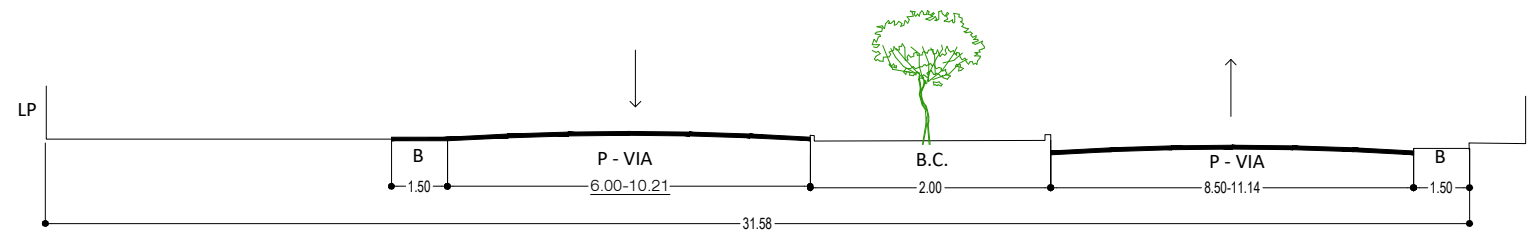
NO DE LAMINA: 04

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



SECCION VIA 1-1

AV. JORGE BASADRE GROHMANN NORTE SECCION VARIABLE
 PROG. 0+100.00 - 0+360



SECCION VIA 2-2

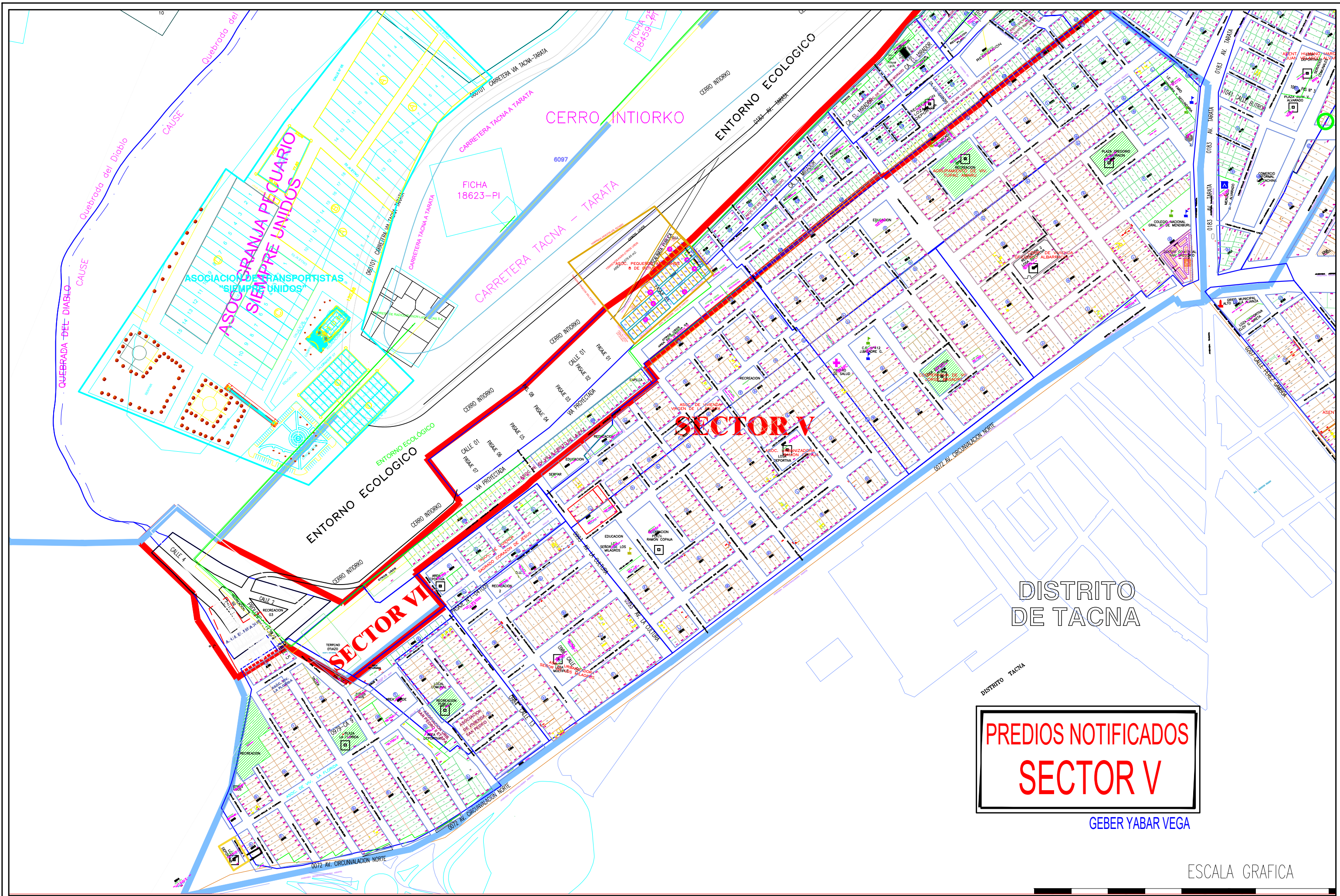
AV. JORGE BASADRE GROHMANN NORTE SECCION VARIABLE
 PROG. 0+391.21 - 1+340.81

SECCIÓN DE VIA

ESCALA 1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA		
PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"		NOMENCLATURA: SV-1
UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA-TACNA		
PLANO DE: SECCIÓN VIAL DE AV JORGE BASADRE GROHMANN		NRO DE LÁMINA: 03
DIBUJO: WAAH	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO-2022



ASOCIACION DE TRANSPORTISTAS
"SIEMPRE UNIDOS"

CERRO INTIORKO
CARRETERA TACNA - TARATA

SECTOR V

SECTOR VII

DISTRITO DE TACNA

**PREDIOS NOTIFICADOS
SECTOR V**

GEBER YABAR VEGA

ESCALA GRAFICA

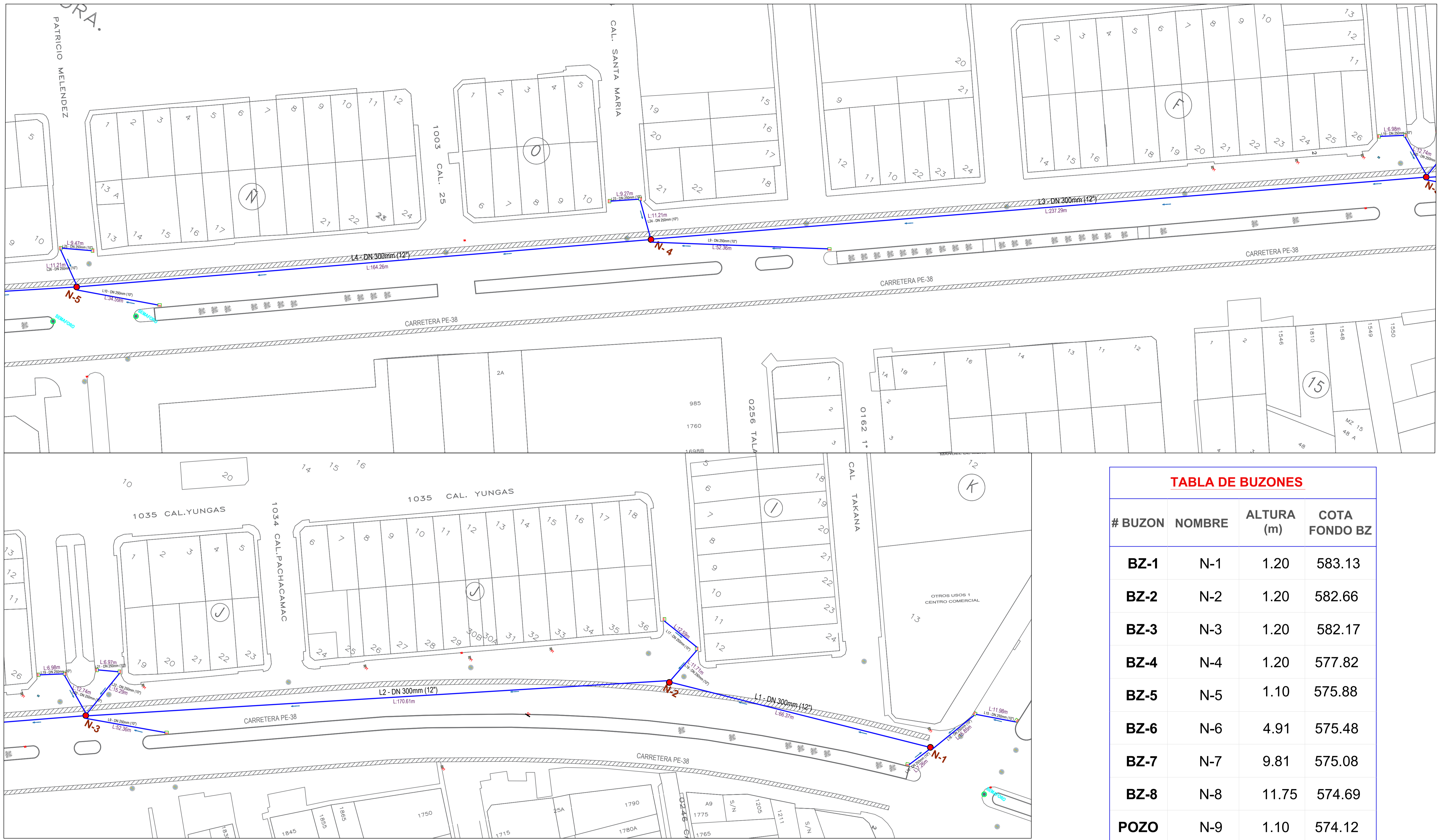


TABLA DE BUZONES

# BUZON	NOMBRE	ALTURA (m)	COTA FONDO BZ
BZ-1	N-1	1.20	583.13
BZ-2	N-2	1.20	582.66
BZ-3	N-3	1.20	582.17
BZ-4	N-4	1.20	577.82
BZ-5	N-5	1.10	575.88
BZ-6	N-6	4.91	575.48
BZ-7	N-7	9.81	575.08
BZ-8	N-8	11.75	574.69
POZO	N-9	1.10	574.12

LEYENDA

	NORTE MAGNÉTICO
	SUMIDERO DE FONDO (SF)
	COLECTOR PLUVIAL
	BUZÓN DE REGISTRO
	MANZANA Y/O INFRAESTRUCTURA

LEYENDA

	DIRECCIÓN DEL FLUJO
N-X	CÓDIGO DE NUDO (Sumidero o Buzón de registro)
L-X	TRAMO DE COLECTOR PLUVIAL
	BUZON DE INSPECCION
BI-X	CODIGO DE BUZON DE INSPECCION



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

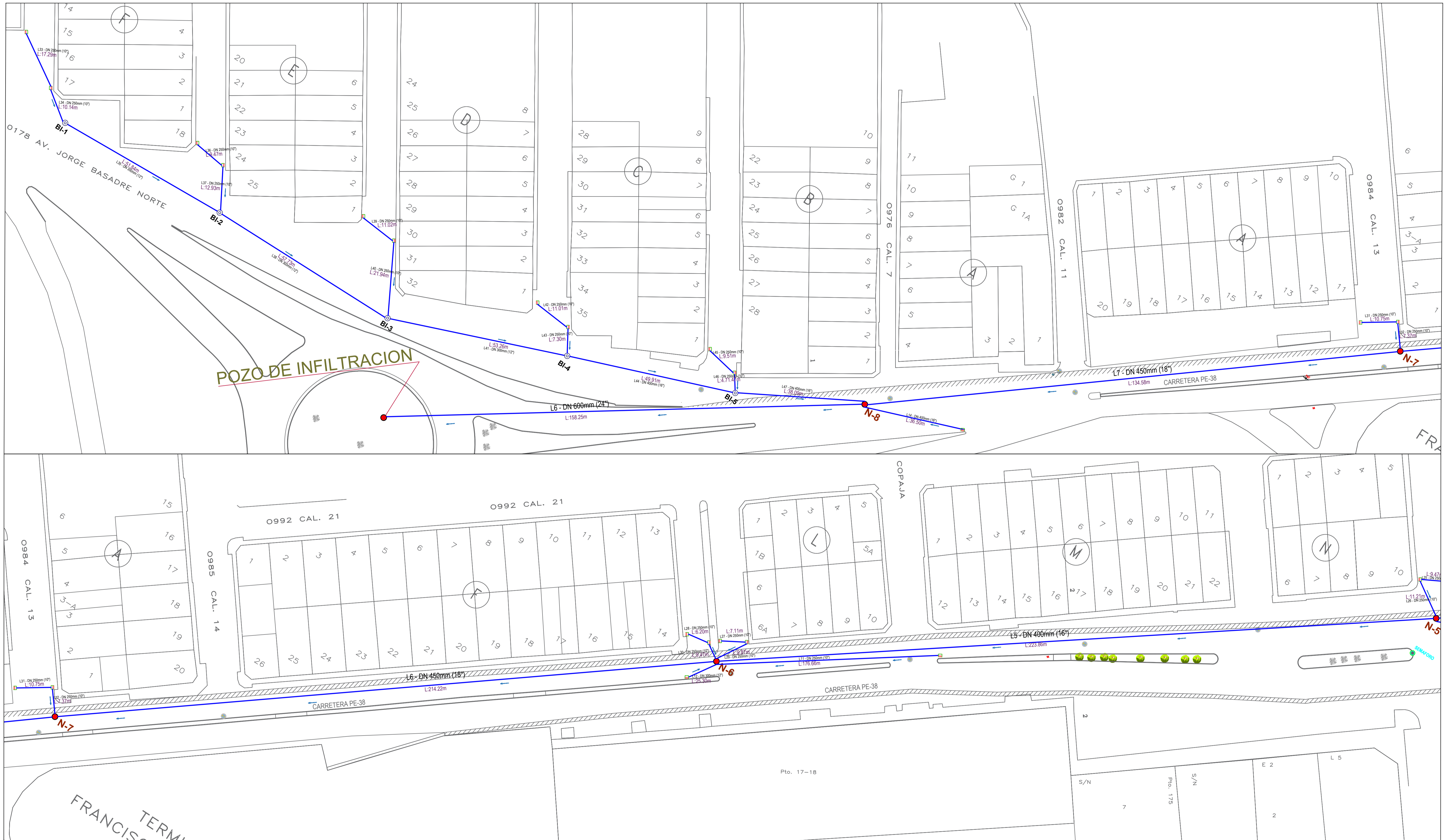
UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA-TACNA

PLANO DE: **RED DRENAJE PLUVIAL URBANO**

DIBUJO: WAAH ESCALA: 1/550 FECHA: MARZO-2022

NOMENCLATURA: **DPU-2**

NRO DE LÁMINA: **07**



LEYENDA

	NORTE MAGNÉTICO
	SUMIDERO DE FONDO (SF)
	COLECTOR PLUVIAL
	BUZÓN DE REGISTRO
	MANZANA Y/O INFRAESTRUCTURA

LEYENDA

	DIRECCIÓN DEL FLUJO
N-X	CÓDIGO DE NUDO (Sumidero o Buzón de registro)
L-X	TRAMO DE COLECTOR PLUVIAL
	BUZON DE INSPECCION
BI-X	CODIGO DE BUZON DE INSPECCION



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

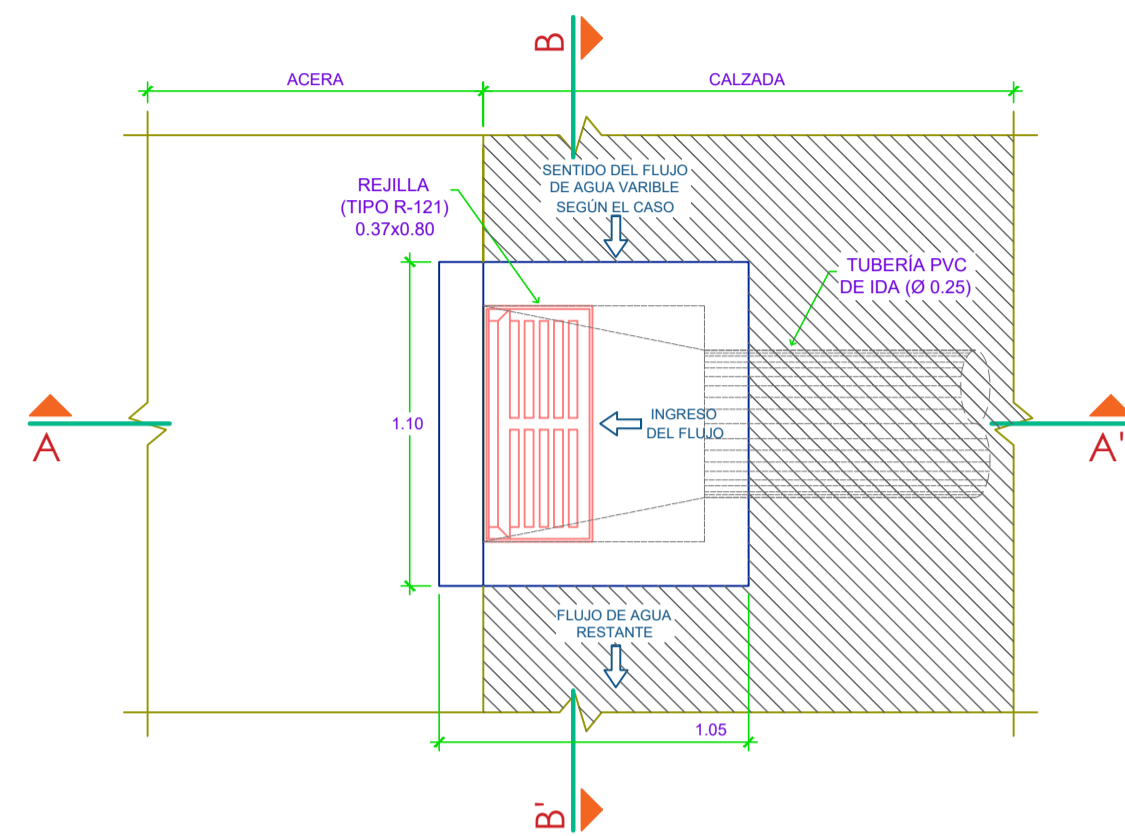
UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA

PLANO DE: **RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANA**

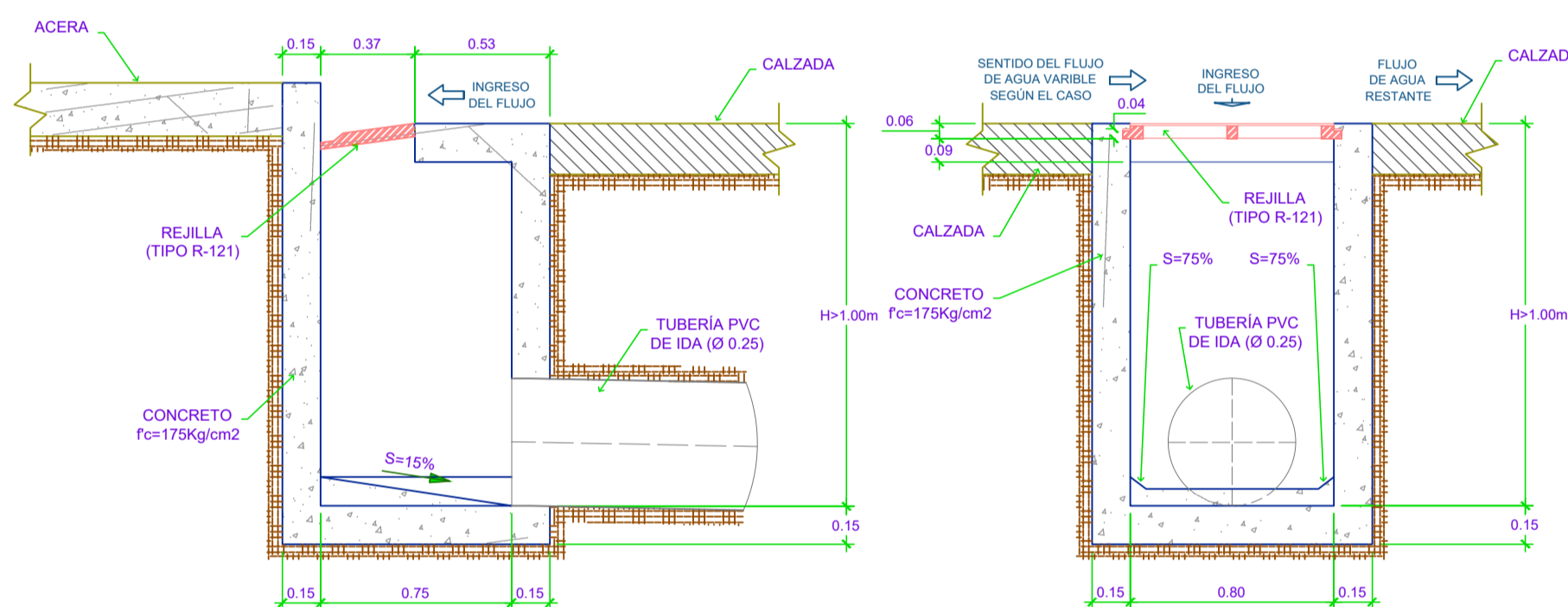
DIBUJO: WAAH ESCALA: 1/550 FECHA: MARZO-2022

NOMENCLATURA: **DPU-1**
 NRO DE LÁMINA: **06**

TIPO 1 (T1)



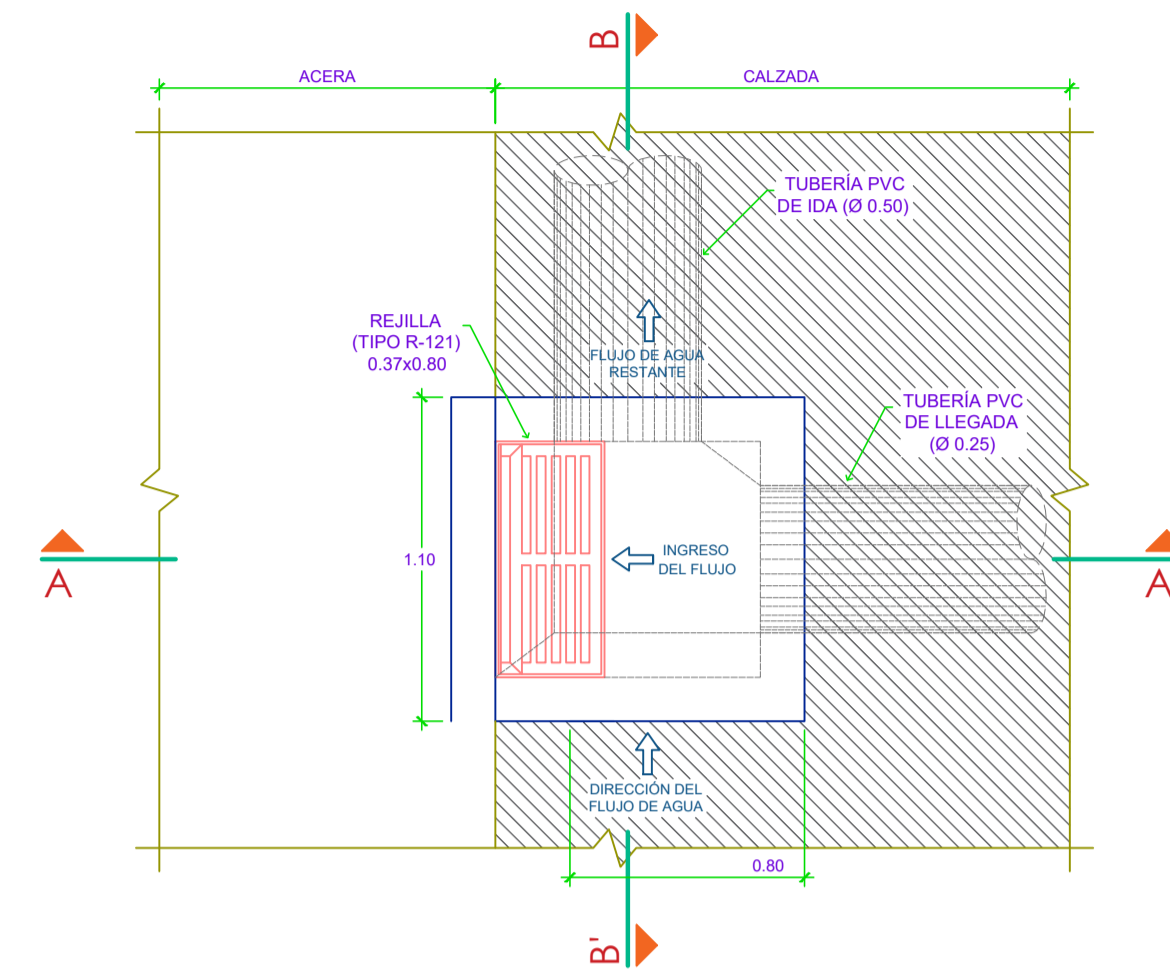
PLANTA
ESCALA: 1/25



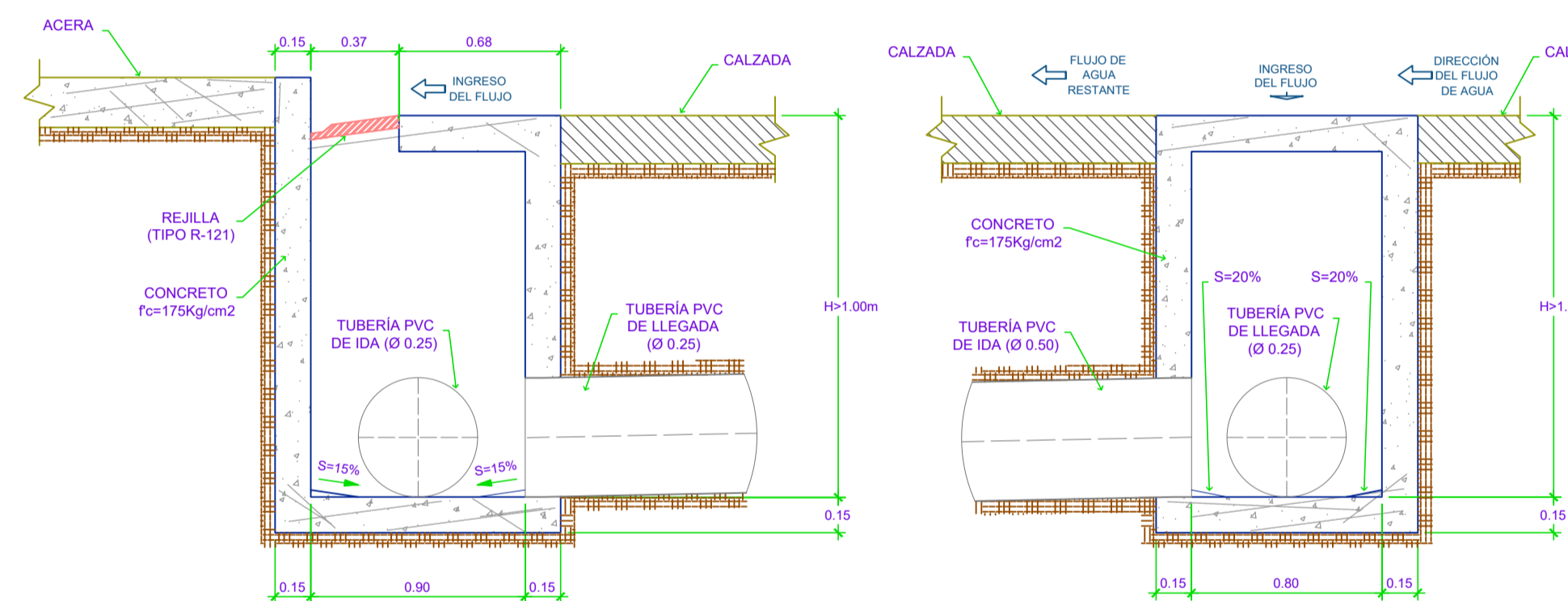
CORTE A-A'
ESCALA: 1/25

CORTE B-B'
ESCALA: 1/25

TIPO 2 (T2)



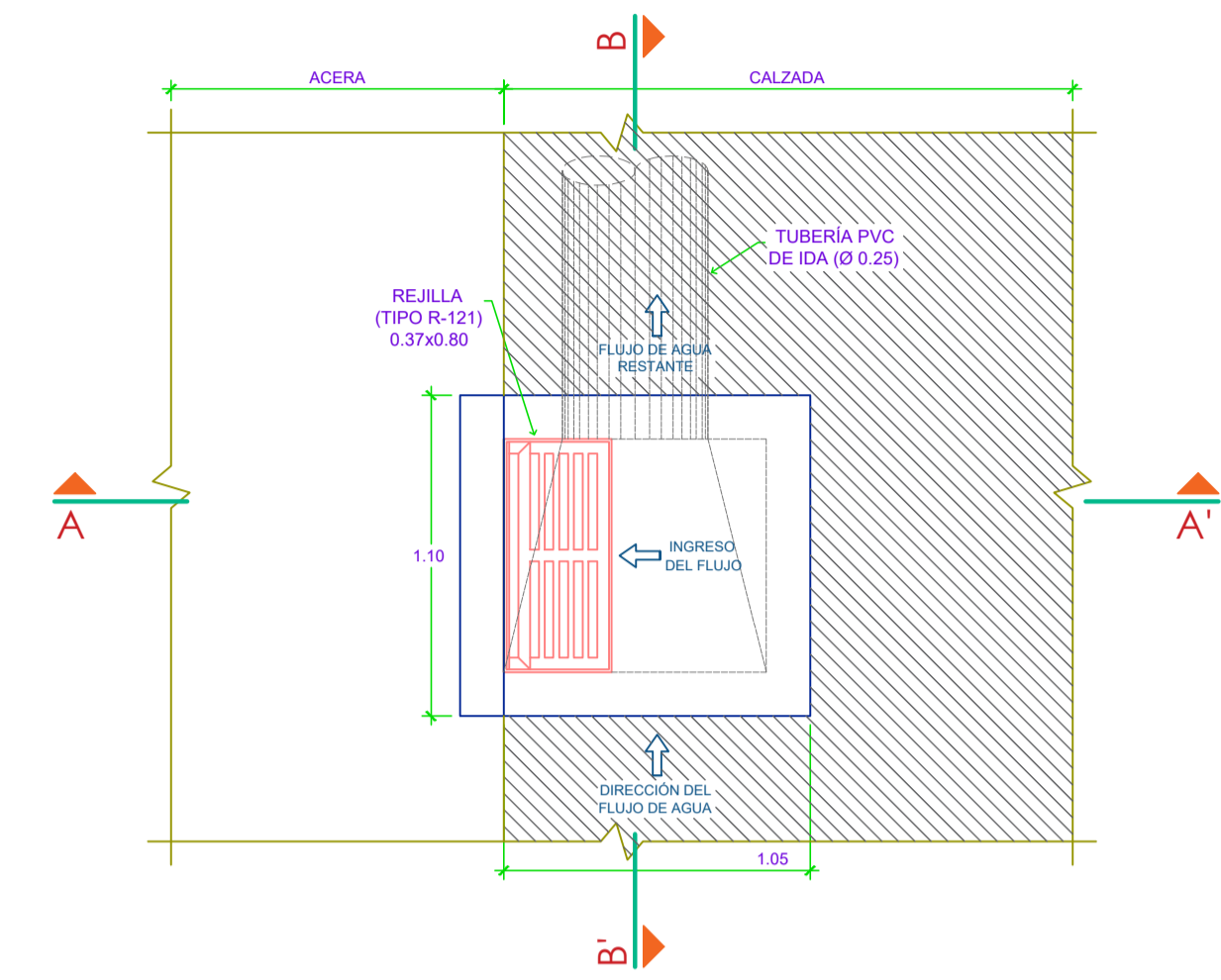
PLANTA
ESCALA: 1/25



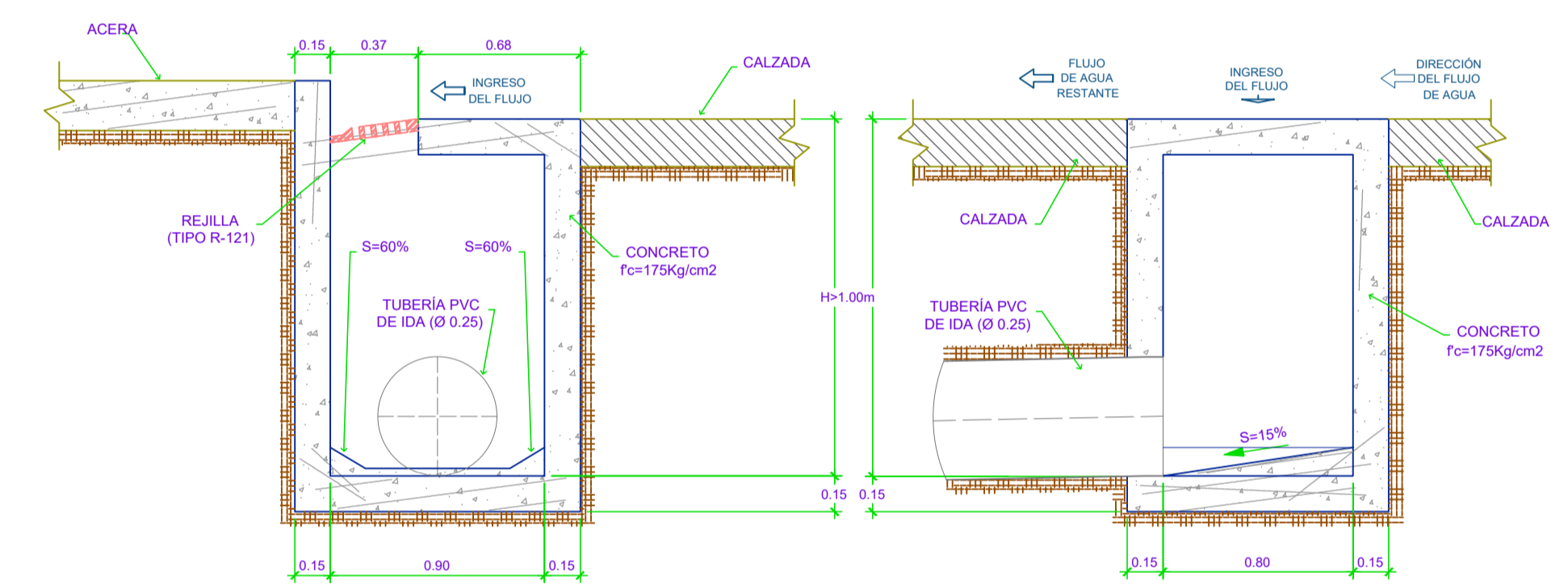
CORTE A-A'
ESCALA: 1/25

CORTE B-B'
ESCALA: 1/25

TIPO 3 (T3)



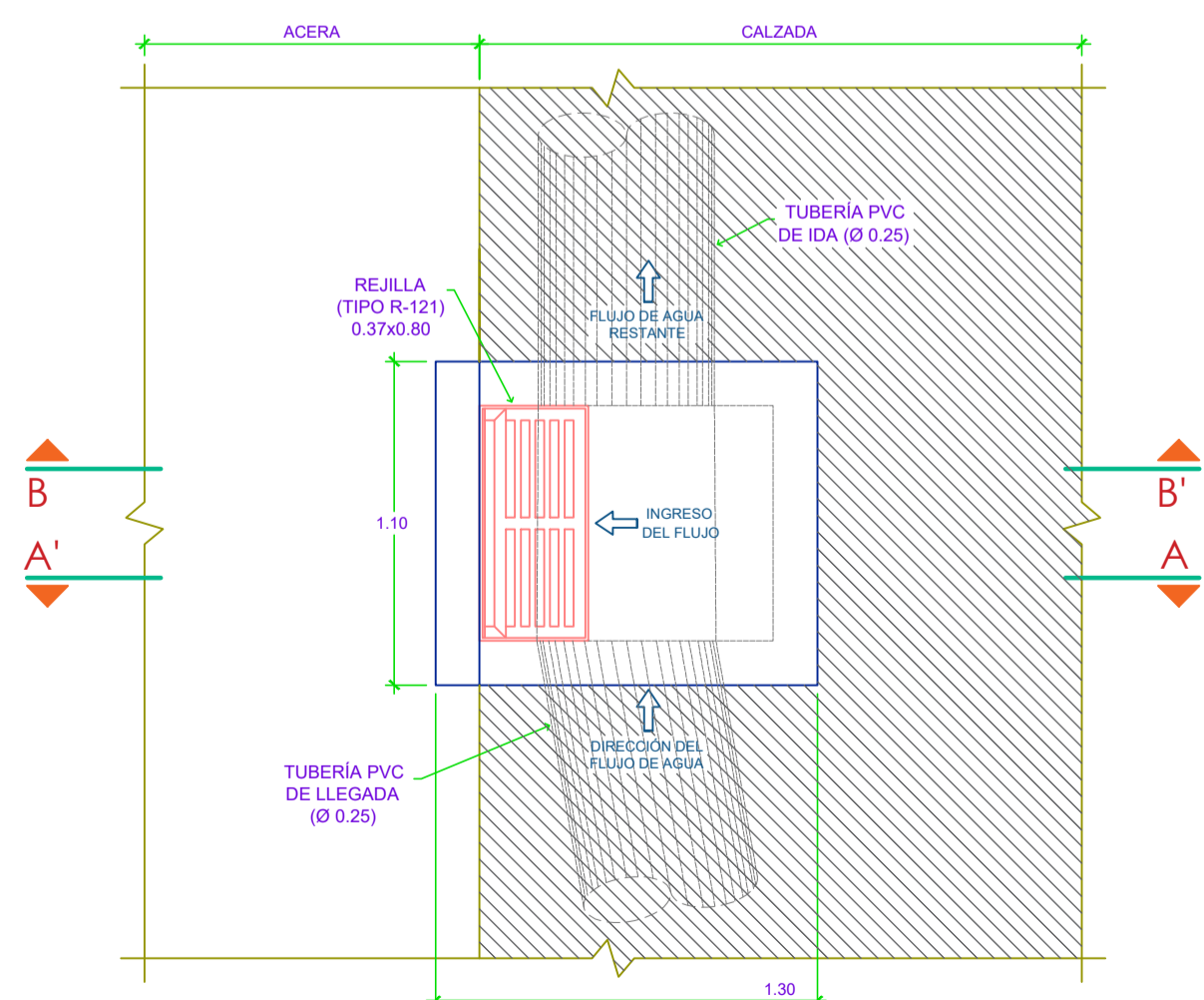
PLANTA
ESCALA: 1/25



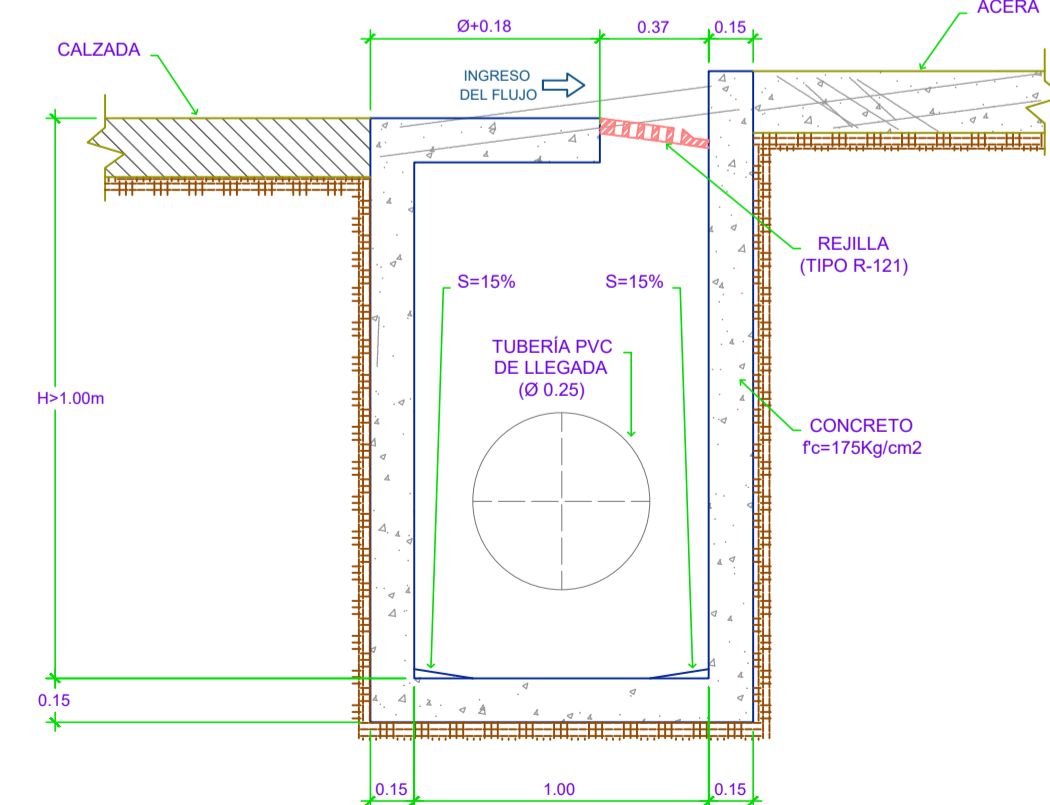
CORTE A-A'
ESCALA: 1/25

CORTE B-B'
ESCALA: 1/25

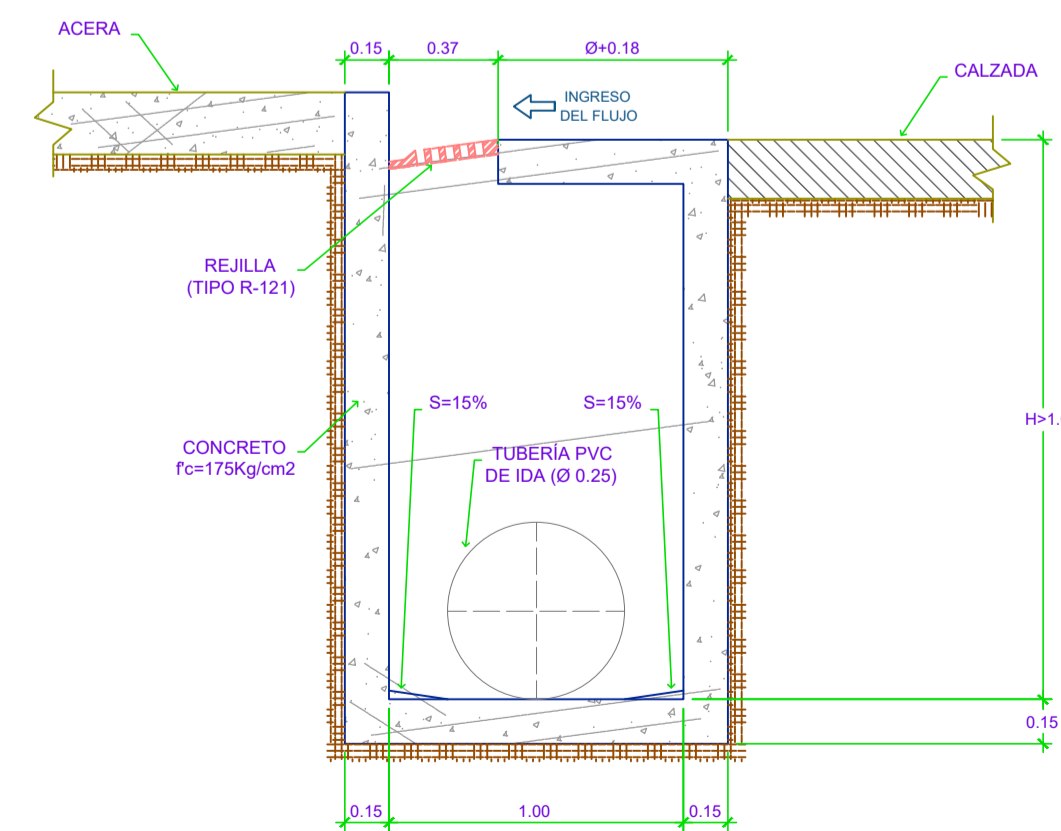
TIPO 4 (T4)



PLANTA
ESCALA: 1/25



CORTE A-A'
ESCALA: 1/25



CORTE B-B'
ESCALA: 1/25

TABLA DE BUZONES INSPECCION

# BUZON	NOMBRE	ALTURA (m)	COTA FONDO BZ
BI-1	N-1	1.10	592.11
BI-2	N-2	1.10	591.16
BI-3	N-3	1.10	588.82
BI-4	N-4	1.10	587.05
BI-5	N-5	1.10	585.29



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA

PLANO DE: DETALLE DE SUMIDEROS

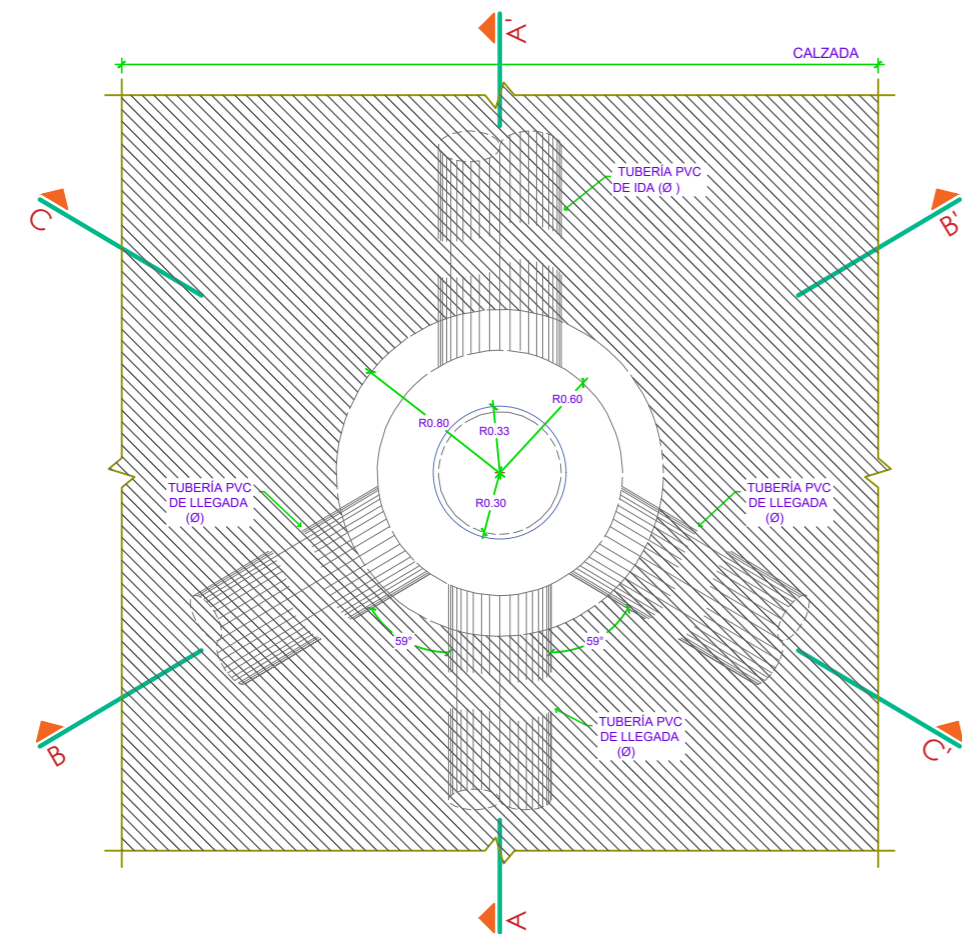
DIBUJO: WAAH ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO-2022

NOMENCLATURA:
DS-1

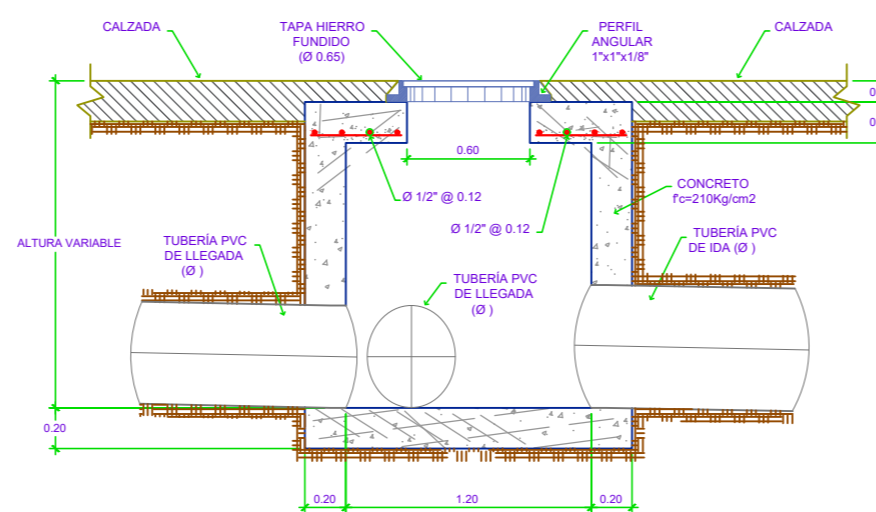
NRO DE LÁMINA:
08

BUZÓN DE REGISTRO - Di=1.20m

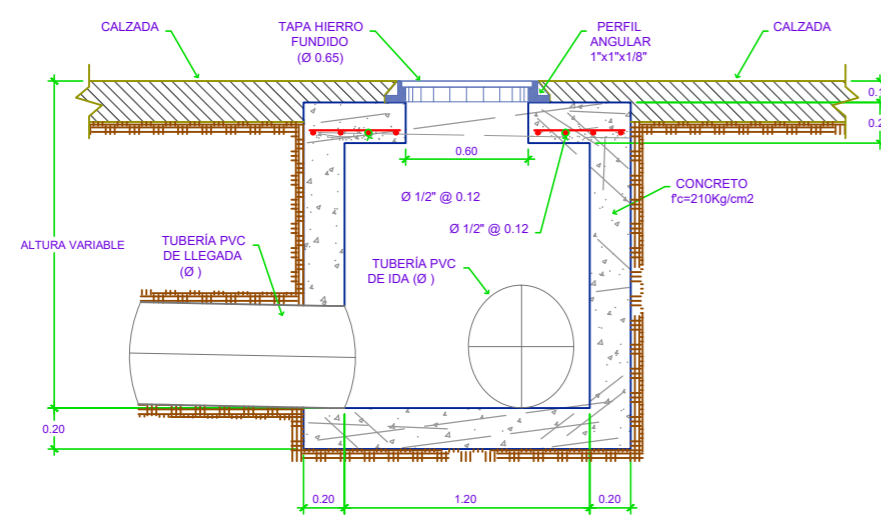
DETALLE TIPICO BUZONES



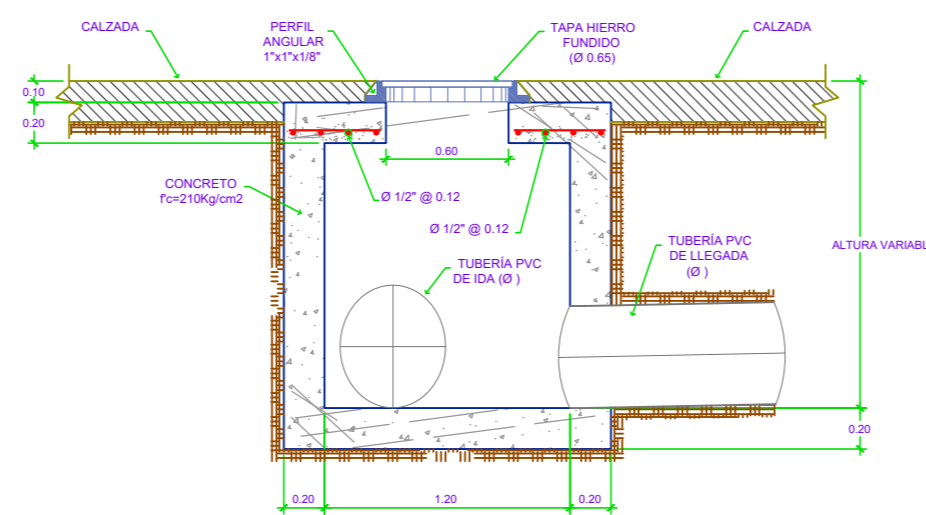
PLANTA
ESCALA: 1/25



CORTE A-A'
ESCALA: 1/25

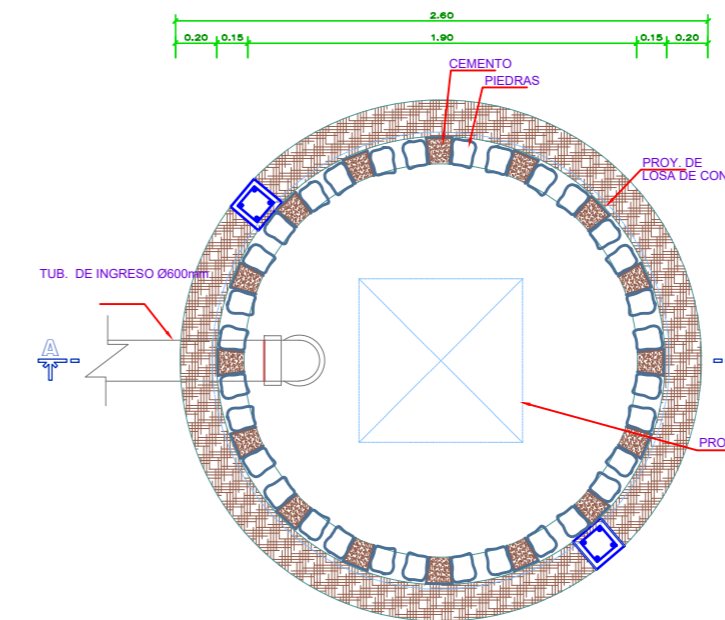


CORTE B-B'
ESCALA: 1/25

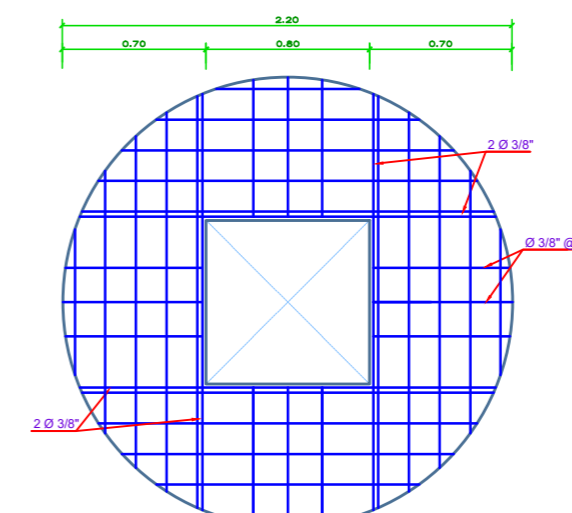


CORTE C-C'
ESCALA: 1/25

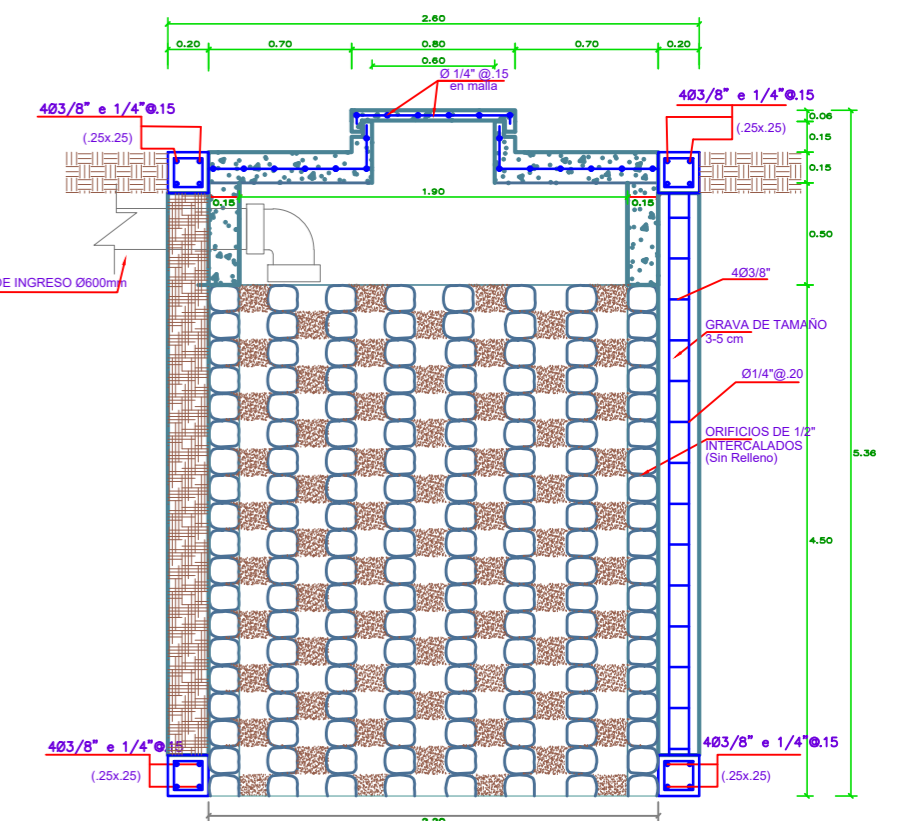
DETALLE TIPICO POZO FILTRANTE



PLANTA
ESC. 1/20



PLANTA DE LOSA
ESC. 1/20



CORTE A-A
ESC. 1/20

CARACTERÍSTICAS BUZÓN DE REGISTRO

TIPO	TIPICO	
DIAMETRO	INTERIOR	1.20 m
	EXTERIOR	1.60 m
ALTURA		1.10 m a 11.50 m
LOSA TECHO	h1	0.20
	CONCRETO	C.A. f _c = 210 Kg/cm ²
	REFUERZO	se indica
LOSA FONDO	h2	0.20
	CONCRETO	C.S. f _c = 210 Kg/cm ²
	REFUERZO	---
CUERPO	e	0.20
	CONCRETO	C.S. f _c = 210 kg/cm ²
	REFUERZO	---

DETALLE DE COMPONENTES ESCALA: INDICADA



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN UTILIZANDO EL SOFTWARE SWMM, EN EL DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA"

UBICACION: AV. JORGE BASADRE GROHMANN-DISTRITO DE ALTO ALIANZA-TACNA-TACNA

PLANO DE: DETALLE DE BUZONES Y POZO FILTRANTE

DIBUJO: WAAH ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO-2022

NOMENCLATURA:
BU-1

NRO DE LÁMINA:
09