



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño del sistema de drenaje pluvial en la localidad de Curgos, Distrito de
Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Monzon Ibañez, Jhon Daymer (ORCID: 0000-0002-9527-9846)

Rodriguez Tandaypan, Aldo Xavier (ORCID: 0000-0002-8881-7220)

ASESORES:

Mg. Farfán Córdova, Marlon (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

Mg. Rodriguez Beltrán, Eduar José (ORCID: 0000-0002-9289-9732)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios, quien nos brinda la salud necesaria de todos los días y porque bendice y guía nuestros pasos hasta llegar al final de nuestros objetivos.

A nuestros padres, por todo ese apoyo incondicional desde el día uno en la universidad, esos consejos y esa motivación que nos brindan a diario para seguir adelante y conseguir nuestros anhelos.

A nuestros hermanos y demás familiares por el afecto, apoyo y aliento brindados durante toda la carrera y en día a día, ya que eso nos ayuda a seguir adelante.

Los autores.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios quien nos dio la fuerza y fe para creer que lo imposible con esfuerzo y dedicación se puede lograr.

A la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos la posibilidad de desarrollarnos como profesionales en esta hermosa carrera.

A nuestros padres, hermanos, tíos y todas aquellas personas que hicieron posible este proyecto, miles de gracias por sus enseñanzas y colaboración.

Los autores.

Página del Jurado

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Monzon Ibañez Jhon Daymer, identificado con DNI N° 72242607 y Rodriguez Tandaypan Aldo Xavier con DNI N° 74451921, a efecto del cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos, Guía de Productos observables de las experiencias curriculares eje del modelo de investigación y los lineamientos de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo – Trujillo, presentamos el Proyecto de Investigación titulado, **Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial en la Localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019**. Así mismo declaramos bajo juramento que todos los datos, información y documentación que se acompaña son veraces y auténticos.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante presuntas irregularidades, falsedad, ocultamiento u omisión de la información que conlleve a su invalidación ante lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, Diciembre del 2019.



Monzon Ibañez Jhon Daymer
DNI N° 72242607



Rodriguez Tandaypan Aldo Xavier
DNI N° 74451921

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	11
2.2. Operacionalización de variables	11
2.3. Población, muestra y muestreo	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	13
2.5. Procedimiento	13
2.6. Métodos de análisis de datos	14
2.7. Aspectos éticos	14
III. RESULTADOS.....	15
3.1. Estudio Topográfico.....	15
3.1.1. Generalidades	15
3.1.2. Instrumentación y recursos	15
3.1.3. Procedimiento de trabajo	16
3.1.4. Trabajo de gabinete	17
3.2. Estudio de Mecánica de Suelos	19
3.2.1. Generalidades	19
3.2.2. Trabajo de campo.....	19
3.2.3. Exploración y muestreo de suelos	19
3.2.4. Trabajos de laboratorio	20
3.3. Estudio Hidrológico e Hidráulico	32
3.3.1. Generalidades	32
3.3.2. Estudio Hidrológico.....	32
3.3.3. Estudio Hidráulico	46
IV. DISCUSIÓN.....	89
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS	93
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata 01	21
Tabla 02. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata 02	22
Tabla 03. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata 03	23
Tabla 04. Límites de consistencia de la calicata 01	24
Tabla 05. Límites de consistencia de la calicata 02	25
Tabla 06. Límites de consistencia de la calicata 03	26
Tabla 07. Contenido de humedad de la calicata 01	28
Tabla 08. Contenido de humedad de la calicata 02	29
Tabla 09. Contenido de humedad de la calicata 03	30
Tabla 10. Clasificación de los suelos según SUCS y AASHTO	31
Tabla 11. Procesamiento de las intensidades máximas anuales de 24 horas, registros de datos hidrológicos de la estación “Huamachuco - 000374”	33
Tabla 12. Resumen de las precipitaciones máximas anuales registradas cada 24 horas de la estación “Huamachuco”	36
Tabla 13. Cálculos de la precipitación en (mm)	44
Tabla 14. Cálculos de la Intensidad en (mm/hr).....	44
Tabla 15. Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Sánchez Carrión”	47
Tabla 16. Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Manuel Prado”	51
Tabla 17. Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “San Pedro”	54
Tabla 18. Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Abelardo Gamarra”	57
Tabla 19. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Humberto Ledesma”	61
Tabla 20. Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje transversal “Pasaje Antaño”	62
Tabla 21. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Inca Garcilazo de la Vega”	63
Tabla 22. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “8 de Febrero”	64
Tabla 23. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “San Martín”	65
Tabla 24. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Unión”	67
Tabla 25. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Juan Velasco Alvarado”	68
Tabla 26. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Progreso”	68
Tabla 27. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Independencia”	69
Tabla 28. Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Pasaje 1”	70
Tabla 29. Cálculo de Áreas y Pendientes de la acequia	71
Tabla 30. Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje “Gerardo Castillo 1”	72
Tabla 31. Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje “Gerardo Castillo 1.1”	73

Tabla 32. Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo de las avenidas longitudinales	75
Tabla 33. Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo de las calles transversales.....	76
Tabla 34. Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo terciarios.....	77
Tabla 35. Ancho de soleras (b) en función del caudal en metros lineales.....	78
Tabla 36. Borde libre en relación al caudal	78
Tabla 37. Valores de coeficiente de Manning (n)	79
Tabla 38. Cálculo de la geometría hidráulica del canal en la Calle Humberto Ledesma	80
Tabla 39. Cálculo de la geometría hidráulica del canal del Pasaje Antaño	80
Tabla 40. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Inca Garcilazo de la Vega	81
Tabla 41. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle 8 de Febrero	81
Tabla 42. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle San Martín	82
Tabla 43. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Juan Velasco Alvarado....	82
Tabla 44. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Unión.....	83
Tabla 45. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Progreso.....	83
Tabla 46. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Independencia	84
Tabla 47. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Acequia, Pj. Gerardo Castillo 1.1 y 1.2.....	85
Tabla 48. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Sánchez Carrión, hasta el Río Curgos	86
Tabla 49. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Manuel Prado Ugarte.....	86
Tabla 50. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. San Pedro	87
Tabla 51. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Abelardo Gamarra	87
Tabla 52. Cálculo de la geometría hidráulica del canal de Evacuación Final en la Av. Abelardo Gamarra.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 01.....	21
Figura 02. Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 02.....	22
Figura 03. Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 03.....	23
Figura 04. Diagrama de fluidez de la calicata 01.....	25
Figura 05. Diagrama de fluidez de la calicata 02.....	26
Figura 06. Diagrama de fluidez de la calicata 03.....	27
Figura 07. Cálculo del valor de una probabilidad dada	34
Figura 08. Cálculo de la precipitación máxima en 24 horas.....	34
Figura 09. Fórmula de Ven Te Chow para determinar la contante “K”	35
Figura 10. Fórmula para determinar la precipitación total en mm	35
Figura 11. Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Intensidades en mm/hr	45
Figura 12. Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas, de 5 y 10 años de Periodo de Retorno	74

RESUMEN

El presente desarrollo de investigación, tuvo como objetivo general: diseñar el sistema de drenaje pluvial para la localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, el cual se realizó con la finalidad de resolver una de las problemáticas más urgentes para dicha localidad, siendo necesaria la gestión de un sistema de infraestructura hidráulica, que permitirá la evacuación de las aguas pluviales en la localidad de Curgos. En la investigación se hizo uso de una metodología no experimental - descriptiva y se abarcó la localidad de Curgos en su totalidad. Mediante el desarrollo del objetivo general, se tuvieron que desarrollar los objetivos específicos correspondientes a los estudios básicos de la ingeniería, tales como: el estudio topográfico, donde se determinó que la localidad presenta una planimetría de 429,572.898 m², 2,952.53 m de perímetro, y su topografía es accidentada, además, el estudio de mecánica de suelos, determinó que el terreno es tipo arena limosa – arcillosa, por medio del estudio hidrológico se calculó la intensidad de diseño, para un periodo de retorno de 10 años , y una duración de 5 minutos el valor de 146.89 mm/hr, así mismo, el estudio hidráulico se realizó usando el método racional para la determinación geométrica de los canales de evacuación.

Se determinó los resultados más importantes que fueron los 05 tipos de secciones que evacuarán el agua de las lluvias, los cuales se resumen en: Sección 01: $b = 0.30 \text{ m} \times H = 0.40$, Sección 02: $b = 0.50 \text{ m} \times H = 0.40 \text{ m}$, Sección 03: $b = 0.50 \text{ m} \times H = 0.50 \text{ m}$, Sección 04: $b = 0.75 \text{ m} \times H = 0.60 \text{ m}$ y la evacuación final de Sección 05: $1.00 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}$.

Palabras claves: drenaje pluvial en sierra, caudal, precipitación, diseño de drenaje superficial.

ABSTRACT

The current research development, had as a general objective: to design the storm drainage system for the town of Curgos, Curgos District, Sánchez Carrión, La Libertad, which was carried out in order to solve one of the most urgent problems for this town, the management of a hydraulic infrastructure system, which will allow the evacuation of stormwater in the town of Curgos, is necessary. In the research a non-experimental methodology was made - descriptive and covered the town of Curgos in its entirety. Through the development of the general objective, the specific objectives corresponding to the basic engineering studies had to be developed, such as: the topographic study, where it was determined that the town presents a planimetry of 429,572,898 m², 2,952.53 ml of perimeter, and its topography is rugged, in addition, the study of soil mechanics, determined that the terrain is loamy-clayey sand, through the hydrological study the design intensity was calculated, for a return period of 10 years, and a duration of 5 minutes the value of 146.89 mm / hr, likewise, the hydraulic study was carried out using the rational method for the geometric determination of the evacuation channels.

The most important results were determined to be the 05 types of sections that will evacuate rainwater, which are summarized in: Section 01: $b \times 0.30 \text{ m} \times H \times 0.40$, Section 02: $m \times b \times 0.50 \text{ m} \times H \times 0.40 \text{ m}$, Section 03: $b \times 0.50 \text{ m} \times H \times 0.50 \text{ m}$, Section 04: $b \times 0.75 \text{ m} \times H \times 0.60 \text{ m}$ and the final evacuation of Section 05: $1.00 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}$.

Keywords: stormwater drainage system in sierra, flow, precipitation, design of surface drainage.

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de drenaje pluvial son uno de los sistemas más complejos y a la vez poco conocidos en las infraestructuras que componen una urbanización o localidad en comparación con otros servicios públicos, es por ello que hace falta realizar los cálculos necesarios del volumen de agua que escurre superficialmente a través de la cuenca o micro cuenca que contenga a la localidad, de esa manera poder diseñar las obras hidráulicas de direccionamiento, que son necesarias para una mejor distribución del agua pluvial, para poder tener una correcta evacuación de las mismas. (Gómez, Manuel, 2007).

La localidad de Curgos del Distrito de Curgos, que pertenece a la Provincia de Sánchez Carrión en el departamento de La Libertad, se encuentra ubicada al norte del Perú a 3225 m.s.n.m. en los 7° 51' 22" de Latitud Sur y 77° 56' 28" de Latitud Oeste de Greenwich, con una población aproximada de 7822 habitantes, conteniendo un clima templado-frío, con temperatura media anual de aproximadamente 15°C (máxima media 21.9° y mínima media 5°C), una estación de lluvias que oscila entre los meses de noviembre y abril. (INEI, 2017).

Esto genera anualmente altas precipitaciones de lluvias, en su mayoría son intensas y los niveles alcanzan índices muy elevados, lo que causa serios problemas de inundación y erosión a las calles de la localidad del distrito, debido a que no existe un adecuado y eficiente sistema de drenaje pluvial, esta sobrecarga de lluvias propicia que diferentes zonas topográficamente bajas sean afectadas debido al curso del agua y a su velocidad de escorrentía; impactando desfavorablemente en las estructuras expuestas, como las viviendas y otros espacios públicos. Dicho fenómeno se puede observar mayormente en tiempos de lluvias máximas, afectando a toda la localidad urbana del distrito, las inundaciones producidas en las calles y avenidas afectan de manera negativa la calidad de vida de las personas, donde materialmente llega al derrumbe de sus estructuras, ya que muchas de estas son de tapial y de adobe con barro, es decir son deterioradas rápidamente tornándose una situación extremadamente crítica por toda la acumulación de las aguas pluviales y la escasa capacidad de drenaje de estas. (INEI, 2017).

La evacuación pluvial que actualmente se maneja es de manera superficial, ubicada al costado de las veredas de manera de cunetas naturales no revestidas, cabe mencionar que la localidad cuenta con el 60% de calles de afirmado, un 35% de pavimento rígido y un 5% de adoquinado, las cunetas del drenaje existentes no están verdaderamente definidas

provocando erosión y el rebalse en muchas de estas, siendo esta la situación actual de la localidad, por lo cual se requiere definir un buen diseño de evacuación de las aguas provocadas por las precipitaciones. (INEI, 2017).

Visto la problemática existente en la localidad Curgüina y en otras de similar condición, incluso en zonas urbanas de las grandes ciudades, donde últimamente se está presenciando frecuencia las lluvias, lugares que en años anteriores no se tenía presencia de precipitaciones y mucho menos en grados intensos, entonces se vuelve un factor a considerar en las futuras urbanizaciones, prevenir con sistemas que sean capaces de drenar el agua pluvial, evitando así, inundaciones y destrucción de las infraestructuras locales. Es ahí en donde diversos autores e instituciones a nivel internacional, nacional y local, evalúan las datas y sucesos registrados durante las lluvias, para luego aplicar los conocimientos básicos de la ingeniería y llegar a un diseño o alternativa de solución con respecto a un mejor manejo de las aguas producto de las lluvias, como los que se presentan a continuación.

En el plano internacional, Brewer, Esteban y Herrera, José, (2015), en su tesis denominada, “Evaluación del drenaje pluvial existente con descarga al Mar Caribe frente a la alternativa solución con descarga sobre la Bahía de Cartagena, en el área comprendida entre las Avenidas Primera y San Martín”, el cual tuvo como objetivo general, evaluar una mejor alternativa de solución desde el punto de vista técnico, mediante un sistema de drenaje pluvial de funcionalidad gravitatoria, frente a la red de evacuación ya existente en Bocagrande entre la Avenida Primera, y Avenida San Martín y una zona de la carrera tercera, proponiendo un nuevo diseño y nueva orientación de las aguas en la Bahía de Cartagena, evacuadas cerca al Hospital Naval, el motivo fue mitigar en lo mayor posible retrasos en la evacuación urbana el cual evite los daños en las estructural viales y las construcciones urbanas. Concluyendo que, en efecto el volumen del flujo que se debería evacuar sobrepasaba la capacidad en diferentes puntos del sistema existente, dándose así inundaciones en el 36.98% del total de las vías. La nueva propuesta de drenaje que se consideró es viable, y cumple de manera satisfactoria con los mínimos requisitos plasmados en las normas vigentes aplicadas.

Abbas, Alaa [et al], (2019), en su artículo, “Datos de modelo de un diseño de drenaje urbano utilizando una base de datos del Sistema de Información Geográfica (Gis)”, nos mencionan que, una manera de desarrollar modelamientos de diseño de sistemas de drenaje urbano, es mediante el uso del Sistema de Información Geográfica “Gis”, esta herramienta es un

software de diseño, el cual sirve para tomar decisiones para una planificación urbana referente a un sistema de drenaje, finalmente se concluyó que, los resultados brindados tienen una eficaz precisión, ya que se puede visualizar la correcta funcionalidad y operatividad que brinda el diseño hidráulico y una ubicación panorámica de distribución de las aguas pluviales.

Domingos, Divaldo, (2015), en su tesis titulada, “Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda”, quien consideró como objetivo general, elaborar una estrategia para diseñar y verificar las redes de drenaje pluvial empleando una modelación matemática para su aplicación en la ciudad de Luanda, para luego aplicarla al barrio Marçal. Lo cual en primera instancia, concluyó en elaborar una estrategia para diagnosticar, diseñar y verificar las sistemas de drenaje de las aguas de las lluvias, basándose en el uso de los modelos del terreno, además de aplicar las herramientas de modelación matemática, siendo apta para que se pueda aplicar en la ciudad de Luanda, además se elaboró el modelo digital del terreno para el barrio, partiendo de datos de distintas fuentes, en combinación con herramientas especiales de modelación, lo cual le permitió lograr una simulación de los escurrimientos en la cuenca donde se incluye el barrio Marçal y de esa forma poder conducirlos de una manera más segura hacia los cauces naturales. También se procesó el diseño con SewerUp, en cual arrojó resultados más racionales y económicos con respecto a diámetros y precios, siendo una mejor propuesta a comparación de la que presento la Unidad Técnica de Gestión y Saneamiento de Luanda (UTGSL).

Rjeily, Yves [et al], (2018), en su artículo, “Modelo de control predictivo para optimizar el funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano”, nos relatan que, el desarrollar un modelo de control predictivo, contribuye a la mejora de los sistemas de drenaje urbano, puesto que, el objetivo principal es aplicar estrategias que aporten significativamente al desarrollo urbano y además reducir los problemas por inundaciones, no obstante, la simulación hidrológico-hidráulico EPA-SWMM y un algoritmo GA, sirven para optimizar el tiempo y estado actual, junto a características que permiten evaluar estados actuales.

Orozco, Tatiana y Tapia, Jessica, (2017), en su proyecto, “Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el Centro Parroquial Quimiag”, que como objetivo fue diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, pluvial en el C. Parroquial Quimaig, Quito-Ecuador, considerando aspectos socioeconómicos, ambientales y técnicos en su estudio, concluyeron

que el 25% de la población aún no cuenta con un sistema de alcantarillas que pueda evacuar las aguas de las lluvias y el resto, cuenta con tales estructuras pero que ya cumplieron con su vida útil, lo cual se necesitó del diseño, cuyos datos que se obtuvieron fueron que el periodo de diseño es de 25 años, dotación media en futuro de 120 lt/hab/día, y una tasa de crecimiento de la población del 1%, obteniéndose una población futura de diseño de unos 875 habitantes, por otro lado las redes del diseño fueron de tuberías PVC de un diámetro igual a 200 mm y trabajando a gravedad, evacuando un caudal de diseño pluvial para el C. Parroquial de 64.52 lt/s, para luego ser evacuando con un caudal combinado de 72.33 lt/s hasta un planta de tratamiento, utilizando una tubería de 300 mm de diámetro. También se calculó el presupuesto referencial para tal sistema, el cual ascendió a 478,951.57 dólares un tiempo de ejecución estimado de 6 meses, finalmente para el estudio de Impacto Ambiental se detalló la matriz causa-efecto, determinándose diez impactos positivos en el tema de salubridad y desarrollo, Cuarenta y tres impactos negativos los cuales con el Plan de Manejo Ambiental se pudieron corregir.

Rivadeneira, Jessica, (2012). En su tesis titulada como, “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio La Campiña del Inca, cantón Quito, provincia de Pichincha”, la cual considero su objetivo, diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para el barrio “La Campiña del Inca” en la parroquia San Isidro del Inca, y concluyendo que el material para las redes del alcantarillado pluvial en la zona es PVC, considerándose así un proceso para la construcción más eficiente, esto porque se reduce los volúmenes de excavación, relleno y compactación que se tienen que realizar en el proceso constructivo, así mismo, el transporte de los materiales hacia el proyecto se facilita, así como la instalación y el mantenimiento. Gracias al desarrollo de la obra de Alcantarillado Pluvial se proyectó dar una buena calidad de vida a los habitantes del presente y futuro, creándose fuentes de trabajo para los mismos y sus estructuras serán menos afectadas. Ya que el Barrio La Campiña del Inca es una zona de creación reciente, tiene una elevada necesidad de realizar un Sistema de drenaje para las precipitaciones, convirtiendo así al proyecto en viable.

Padilla, Mayra, (2009), en tesis que titulada como, “Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la Mesa - Cesar”, realizada en la Universidad de Salle, Colombia, tuvo como objetivo, diseñar la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la Mesa, departamento del Cesar, tesis de tipo de investigación de acción, que conlleva a los análisis sobre prácticas de la sociedad y de metodología inductiva, tuvo

como conclusiones, se llevó a cabo mediante la manera más convencional, contemplando las normas vigentes, partiendo de los parámetros propuestos en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico, destinando a esta red de alcantarilla pluvial hacia una laguna de oxidación que se encuentra muy cerca de la zona del proyecto.

En lo que concierne al plano nacional, Quispe, Juan y Rojas, Efraín, (2015), en su tesis denominada, “Diseño del sistema de drenaje pluvial de la comunidad 3 de Mayo de Pucarumi del Distrito de Ascensión – Huancavelica”, el cual tuvo como objetivo general, diseñar el sistema de drenaje pluvial en la zona urbana de la Comunidad 3 De Mayo, lo cual se buscó principalmente obtener el escurrimiento superficial que afecta a dicha comunidad, para luego diseñar las obras hidráulicas que puedan distribuir el agua de las lluvias de tal manera que se tenga una correcta evacuación y deje sin efecto los problemas que puedan causar. Lo cual se concluyó, que debido a que las aguas discurren de forma desordenada por todas las calle de la zona, el sistema tenga que ser con colectores de tubería PVC, con depósitos que puedan retener las aguas en los tramos de fuertes pendientes y con sumideros que puedan captar las escorrentías, en el estudio de topografía se logró determinar que en la zona también existen pendientes mínimas que tienen una variación de 0.9 a 1%, estando estas propensas a inundaciones, pero que el sistema constructivo se le dará un desnivel mayor para que el agua discurra sin problema alguno, finalmente se menciona que dicho sistema está correctamente dimensionado para poder evacuar hacia el río Ichu, un caudal total de 2.65 m³/s.

Mori, Jarol, (2018), realizó un estudio pre-experimental, “Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbanza, San Martín”. Partiendo desde la problemática de la extensión poblacional, así como también el incremento de lluvias, lo cual origina problemas de inundación en dicha localidad, ya que no cuenta con un correcto diseño de sistema de drenaje, es por eso que el autor realiza los estudios básicos de Ingeniería tales como la Topografía, Mecánica de suelos y estudio Hidrológico e hidráulico, para llegar finalmente al diseño. Concluyó que, luego de calcular las intensidad de las lluvias con un periodo de retorno de 50 años, y aplicando el método racional se obtuvo que para la Cuenca 01 un caudal de 9.63 m³/seg, la Cuenca 02 de 6.42 m³/seg, la Cuenca 03 de 3.84 m³/seg, la Cuenca 04 de 7.10 m³/seg, luego procedió con el diseño de las cunetas hasta de tres tipos; Tipo I = 0.40 m x 0.40 m, Tipo II = 0.40 m x 0.60 m y Tipo III = 0.60 m x 0.60 m. teniendo en cuenta las consideraciones del R.N.E., además del diseño de cinco tipos de alcantarillas tales como, Tipo I= 0.60 m x 0.60 m, Tipo II = 1.00 m x 1.00m, Tipo III =

1.50m x 1.00m, Tipo IV= 2.00m x 1.00m y Tipo V= 3.00m x 1.50m. La Cuenca URMANA es de 34.79 m³/seg y la Cuenca Misquiyaquillo es de 27.57 m³/seg.

Así mismo, García, Stalin y Gonzáles, Osmán, (2018), partiendo del gran problema de crecimiento de población a nivel mundial y local, que durante los últimos años, las demandas de necesidad de un sistema de drenaje pluvial, que abastezca sus necesidades, por ese motivo, realizó el “Diseño del drenaje pluvial en la localidad de Parco Distrito de Parco Provincia de Bagua Región Amazonas”, donde en su búsqueda de encontrar solución a los problemas de deterioro de estructuras existentes, realizó estudios importantes para poder diseñar adecuadamente el diseño de drenaje pluvial, tales como, levantamiento topográfico de la zona de estudio, estudios hidrológicos e hidráulicos, donde determinó el caudal de diseño, escorrentía, pendiente adecuada y sobre todo la rugosidad, así mismo, la geometría de secciones de las estructuras hidráulicas, la intensidad con un tiempo de retorno de 25 años. Concluyó, que con los datos obtenidos se puede tener un diseño óptimo y de calidad, ya que, las características que presentan son adecuadas y de acorde a la realidad.

Peña, Jimmy y Rocha, Alfredo, (2018), en su trabajo de tesis, “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del pasaje Anturio, Urbanización Palmira, Independencia Huaraz 2018”. Quienes tuvieron como objetivo principal, diseñar el sistema de alcantarillado pluvial del pasaje Anturio Urbanización Palmira, Independencia en Huaraz, para determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa. Lo cual se concluyó en el diseño de las dimensiones de una alcantarilla pluvial, los cuales están compuestos por un borde libre de 30cm, tirante normal de 0.06m, altura del alcantarillado pluvial de 0.36m y una altura de construcción de 0.50m. Además, que se logró determinar los elementos geométridos del alcantarillado pluvial donde, el borde libre es $B_l = 0.30$ m, tirante normal $y = 0.058$ m, altura $H = 0.50$ m y un ancho de solera $b = 0.50$ m.

Zambrano, Julio, (2017), en su tesis, “Diseño de drenaje pluvial del pueblo joven Muro, Chiclayo, Lambayeque – 2017”, el que tuvo por objetivo principal diseñar el sistema de drenaje pluvial para el pueblo joven Muro, Chiclayo, Lambayeque, llegando a la conclusión, que contaba con un suelo arenoso de clasificación SUCS: SP, SC, SM. CL. ML, SW, incluyendo un nivel freático a 0.70m, además logró diseñar (06) seis secciones diferentes cuyas características hidráulicas fueron; sección 01: $b=0.30$ m, $y = 0.20$ m, $n = 0.012$; sección 02: $b = 0.30$ m $y = 0.20$ m, $n=0.012$; sección 03: $b = 0.30$ m $y = 0.20$ m, $n = 0.012$; sección 04: $b = 0.15$ m $y = 0.20$ m, $n=0.012$; Sección 05: $b = 0.40$ m $y = 0.50$ m, $n = 0.012$; y sección

06: $b = 0.45$ m y $y = 0.55$ m, $n = 0.012$; con una intensidad promedio de 7.66mm/hr en la zona de estudio, además del cálculo total del costo total del proyecto con una suma de S/. 8'180,701.06 (Ocho Millones Ciento Ochenta Mil Setecientos Uno con 06/100 Soles). Un cronograma de ejecución de 90 días calendario.

García, Roger, (2018), en su tesis, “Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en el Asentamiento Humano La Florida, Banda de Shilcayo, San Martín”. Con un objetivo general de, diseñar el drenaje pluvial en las calles del asentamiento humano La Florida, del Distrito de la Banda de Shilcayo, para evitar los daños que puedan ocasionar las lluvias de gran intensidad en dicha zona. Concluyendo que al analizar estadísticamente las precipitaciones máximas en 24 horas que corresponden a los 20 años (1998 – 2013) de la estación pluviométrica del distrito de Tarapoto, y luego de aplicar las fórmulas de Gumbel, se calculó el mayor tiempo de concentración, una intensidad de diseño para una hora equivalente a 316.11 mm/h para Jr. Las Begonias, 345.22 mm/h para Jr. Amapolas, 321.28 mm/h para Jr. Los laureles y 553.08 mm/h para Jr. Nelson Gil.

Con los trabajos previos citados anteriormente logramos tener un enfoque más claro sobre nuestro proyecto descrito, además fue necesario el conocimiento de los conceptos teóricos referentes al tema y que se desarrollaron durante todo el proceso del proyecto. En ingeniería, es importante realizar el cálculo de los estudios hidrológicos e hidráulicos, primordialmente para obtener los caudales máximos de las precipitaciones y la definición de las estructuras hidráulicas. (Ray, Linsley, 1975. p.357).

Teóricamente la hidrología tiene como objetivo, estimar los datos con aproximaciones certeras en lo referente a las precipitaciones provocadas por la evaporación de agua suspendida en forma gaseosa a las nubes. (Villón, Máximo, 2007). Otro concepto refiere que, la hidrología es el conjunto de evoluciones que sufre el agua en estado de naturaleza pura, pasando de su estado sólido, líquido y gaseoso, así mismo, cabe resaltar que dicho ciclo presenta irregularidades en cuanto a estado líquido se refiere. (Chereque, Wendor, 1991).

En cuanto a las cuencas hidrológicas, son superficies terrestres, donde las precipitaciones que actúan sobre una determinada área delimitada, tienden a ser conducidas por un sistema de corrientes con dirección hacia un punto de salida. (Aparicio, Francisco, 1989 p.19). Las precipitaciones, son la descarga de grandes cantidades de agua, causada originalmente por la presencia de humedad en la atmósfera, y que, por diversos mecanismos presentes,

producen enfriamientos de grandes masas que están en suspensión, esto se lleva a cabo por medio de sistemas conectivos o convergentes, resultado de radiaciones irregulares, los cuales generan calor y frío de la superficie terrestre a la atmósfera. (Ray, Linsley, 1975. p.45).

Las precipitaciones también son toda clase o forma de humedad que, llegado a la atmósfera, se condensa a tal punto de convertirse en nube que contiene grandes volúmenes de agua. Existen tres tipos de precipitaciones, los cuales son: precipitaciones convectivas, precipitaciones orográficas y las precipitaciones ciclónicas. La primera se caracteriza por originarse debido al ascenso de aire en estado cálido, de manera más liviano que el aire frío, así mismo, el segundo tipo, son el resultado del ascenso del aire cálido con dirección a montañas, y el último se originan cuando las nubes con diferentes temperaturas tienden a encontrarse. (Chereque, Wendor, 1991, p.15).

Luego se produce lo que referimos como intensidad, que se trata de la acción de lluvia que tiene una proporción inversa con la duración de dicho evento. (Arocha, Simón, 1983, p.207). Por otro lado, el valor de la intensidad es obtenido mediante un estudio hidrológico de la zona de estudio, de donde se puede obtener la duración y la frecuencia de la lluvia. (López, Ricardo, 1995, p.312).

La frecuencia de las lluvias se entiende como, el número de veces que se repite la lluvia con una intensidad determinada y en un periodo de tiempo definido. (Norma OS. 060). El rango de frecuencias más utilizadas varía entre 3 años, como mínimo y hasta 100 años. De modo que, existen valores referenciales a utilizar en diferentes tramos de alcantarillado, tales como, zona residencial (3 – 10 años), zona comercial e industrial (10 - 50 años), y Colectores principales (10 – 100 años). (López, Ricardo, 1995, p.312).

Otro de los conceptos más importante es el coeficiente de escorrentía, es decir, la cantidad de agua excedente que escurre sobre la superficie por acción de lluvia, ya que el resto de estas cantidades se llegan a perder producto la vegetación, infiltración y la evaporación. (López, Ricardo, 1995, p.318). También, definido como el factor que convierte toda el agua de las lluvias en una cantidad que solo escurrirá superficialmente. (Zapperi, Paula, 2014).

La teoría principal en la presente investigación es el drenaje pluvial, definido como, un sistema para la evacuación de caudales que se presentan producto de la frecuencia de las lluvias. (Norma OS. 060). El sistema de alcantarillado de aguas pluviales, está conformado por un conjunto de colectores y canales, que son necesarios para evacuar la escorrentía

producida por la acción de lluvias. (López, Ricardo, 1995, p.311). La recolección de aguas pluviales se puede dar mediante un sistema de cunetas, que vendrían a ser estructuras abiertas con un modelo definido, y se ubicaran en tramos específicos donde se las requiera, esto ayudara a una mejor conducción de flujo hasta los cauces existentes de la zona. (Arocha, Simón, 1983, p. 203).

Existen tres tipos de sistemas de drenaje urbano, la primera es el sistema de alcantarillado sanitario, el cual su funcionalidad es explosiva para llevar aguas residuales industriales y domésticas, la segunda es el sistema de alcantarillado pluvial, encargada de la evacuación de escorrentía superficial producidas por las lluvias, y por último el sistema de alcantarillado combinado, el cual se encarga de conducir el agua de las lluvias y las aguas residuales de manera simultánea. (Norma OS. 060).

Importante definir también el tipo de sistema de evacuación del agua que podría ser por gravedad, por bombeo y mixto, usualmente se define por la topografía del terreno. Luego de ello se obtendrá el caudal de diseño que servirá para definir las características hidráulicas del canal, para ello se puede emplear cualquier modelo de lluvia-escorrentía, el Reglamento Nacional de Edificaciones propone que superficies de territorios menores a 13 Km², se puede realizar mediante el Método Racional, si la superficie del territorio supere 13 Km², se debe hacer uso del modelo de simulación u otro más apropiado a las características de la zona de estudio. (Norma OS. 060). No obstante, si el canal es diseñado con la finalidad de transportar y evacuar excedencias de aguas pluviales, el caudal de diseño se calcula cumpliendo todos los parámetros hidrológicos. (Villón, Máximo, 2007, p. 19).

Para la presente investigación se estimó en caudal de diseño a partir de la precipitación mediante el método racional, para ello la descarga máxima se obtuvo mediante la siguiente expresión: $Q = 0.278 C \cdot I \cdot A$; siendo: Q, el caudal superficial de diseño en unidades de m³/s, C el coeficiente de escorrentía adimensional, I la intensidad de la lluvia máxima horaria en mm/hr y A el área de la cuenca en Km². (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, 2015, p. 42).

El actual diseño del sistema que se llevó a cabo, fue mediante conductos que permitieron la circulación del agua, por acción de gravedad y sin contar con ningún tipo de presión o bombeo, ya que, la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Al determinar las secciones geométricas de los canales para la evacuación, se pueden considerar

de tipo: trapezoidal, rectangular, triangular, parabólicas, cerradas y circulares, es así que, los elementos más comunes son las de sección de tipo trapezoidal y rectangular. Todo tipo de canal contiene características como, el tirante normal de agua, que viene a ser la profundidad total del agua en el canal, el ancho de plantilla o base de canal, espejo de agua, ancho de corona, profundidad total del canal, bordo libre, ángulo de inclinación y respectivo talud. Así mismo, el área hidráulica, que viene a ser la superficie total que ocupa el líquido, el perímetro mojado que sería el contorno del conducto con el agua, el radio hidráulico es la relación entre el área hidráulica y el espejo de agua. (Villón, Máximo, 2007, p.11).

El correcto diseño hidráulico queda bien definido cuando se calcula los siguientes parámetros: “Q” caudal en m^3/s , “V” velocidad media del agua en m/s, “n” coeficiente de rugosidad, “S” pendiente en m/m), “b” ancho de plantilla o base en m, “z” talud, y” tirante de agua en m, “B.L” bordo libre en m, “A” área hidráulica en m^2 , “C” ancho de corona y “H” profundidad total desde la corona al fondo en m. (Solorzano, Gilbert y Vásquez, Pablo, 2018).

Tomando en cuenta la problemática y los estudios previos para las posibles soluciones ante una eventualidad como las fuertes lluvias en las localidades y un eficiente manejo de las mismas, en la presente investigación consideramos formularnos la siguiente interrogante, ¿Cuál debe ser el diseño del sistema de drenaje pluvial de la localidad de Curgos, distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019?, entonces de aquí el inicio de los estudios básicos correspondiente para una solución efectiva.

Justificamos la investigación por su importancia en la gestión de los sistemas de drenaje urbano en las localidades con este tipo de problemáticas. Para lo cual el objetivo principal se describió como, Diseñar el sistema de drenaje pluvial para la localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019, para ello se deberán trabajar objetivos específicos tales como: realizar el estudio topográfico de la localidad; efectuar el estudio de mecánica de suelos, determinando así sus características físicas y mecánicas de los suelos; realizar el estudio hidrológico e hidráulico definiendo las características geométricas de las secciones para el sistema de drenaje pluvial. Si realizamos todos los estudios básicos mencionados se logrará diseñar el sistema de drenaje pluvial de la localidad de Curgos, logrando evacuar las aguas producidas por las lluvias de una manera eficiente.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de nivel descriptivo, ya que se describen datos y características técnicas para el diseño del sistema de drenaje pluvial tales como, pendientes, dimensiones, precipitación, caudal, etc. (Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar, 2010, p.120).

La investigación refiere a un diseño no experimental con un corte transversal, ya que se recolecto datos en un solo momento de tiempo en la localidad de estudio, además de ello las variables determinadas no se manipularon, ni tampoco fueron modificadas. (Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar, 2010, p.151).

El esquema utilizado en la presente Investigación fue:

M ===== O

Dónde:

M: Representa la variable en estudio, es decir el lugar en donde se realizó los estudios básicos para el proyecto y la población que se beneficiará.

O: Representa la información que se recogió del proyecto.

2.2. Operacionalización de variables

La variable independiente se describe como, Diseñar el sistema de drenaje pluvial en la Localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V1: Diseño del sistema de drenaje pluvial	Un sistema de drenaje pluvial se constituye mediante una red de conductos, además de estructuras que captan el agua y las estructuras que las complementan. El objetivo de este sistema es el manejar, controlar y conducir el flujo que se acumula de las precipitaciones que caen sobre las estructuras de la población, calles, avenidas, jardines, veredas, entre otras, evitando así que dichas aguas se acumulen y afecte los lugares de donde discurre. Finalmente, de este modo se reducen las molestias por acumulación e inundaciones que puedan causar daños materiales y humanos. (SIAPA, 2014)	Se logró mediante el reconocimiento in situ del terreno, recolectando los datos necesarios para los diferentes estudios, en primera instancia se realizó el levantamiento topográfico para la definición de las pendientes y perfiles, seguido del recojo de muestras de las calicatas, para el estudio de la características físicas y mecánicas del suelo, siendo esto necesarios para el diseño, también se realizó el estudio hidrológico e hidráulico, evaluando las precipitaciones y caudales, Además de ello la determinación de las características geométricas de las secciones que evacuaran las aguas pluviales.	Estudio Topográfico	Altimetría	Razón
				Planimetría	Razón
				Perfiles	Razón
				Pendientes	Razón
			Estudio de Mecánica de Suelos	Granulometría	Razón
				Contenido de Humedad	Razón
				Limite Líquido	Razón
				Limite Plástico	Razón
				Clasificación de suelos SUCS	Ordinal
			Estudio Hidrológico e Hidráulico definiendo las características geométricas de las secciones	Clasificación de suelos AASHTO	Ordinal
				Cuencas	Razón
				Precipitación	Razón
				Caudales	Razón
Tirante de agua (y)	Razón				
Base de sección (b)	Razón				
Espejo de agua (T)	Razón				
Profundidad total (H)	Razón				
Borde libre (BL)	Razón				

Fuente: Los investigadores, 2019.

2.3. Población, muestra y muestreo

La población corresponde a la Localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, donde se llevó a cabo el diseño de drenaje pluvial, en toda su área de influencia, ya que carece de tal diseño. (Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar, 2010, p.174)

La muestra comprende el mismo tamaño de la población, que corresponde a la Localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, en donde se llevó a cabo el diseño de drenaje pluvial. (Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar, 2010, p.175)

En el caso del muestreo, la investigación no la contiene ya que las características técnicas obtenidas en una parte del área de influencia no representaron el mismo diseño en toda la localidad.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Las técnicas para la obtención de datos fueron; la Observación No Experimental, se recolectó datos in situ para realización de los estudios básicos de ingeniería, el cálculo y análisis para definir el diseño del sistema de drenaje pluvial, mediante la validación de las Normativas Nacionales Vigentes, tales como la Norma OS. 060, y la Norma E. 050, del Reglamento Nacional de Edificaciones y el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Respecto a la técnica de la Observación; se visitó in situ la Localidad de Curgos y se observó la situación crítica actual. Se siguió visitando de manera constante, para la recolección de datos que sirvieron para realizar los Estudios Básicos de Ingeniería tales como: Estudio Topográfico, Mecánica de Suelos, Hidrológico e Hidráulico.

2.5. Procedimiento

Para llevar a cabo el estudio se planificó el procedimiento para la recolección de datos, correspondientes a los estudios básicos de ingeniería, para el caso de la topografía se realizó el levantamiento topográfico con una estación total Topcon ES 105, totalmente calibrada, esto debido a que, es una herramienta de precisión en el registro de datos, para luego ser procesado en el software Civil 3D y AutoCAD, definiendo los planos necesarios, para el diseño del sistema de drenaje pluvial, tales como: pendientes, áreas,

perfiles de secciones, así mismo el estudio de mecánica de suelos, el cual se recolectó las muestras de (03) calicatas diferentes ubicadas en un punto bajo, medio y alto, finalmente siendo estudiadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad César Vallejo, obteniendo así las características y propiedades de las muestras. Para el estudio hidrológico, se accedió a la data de precipitaciones máximas anuales en 24 horas de los años (1993-2014) de la estación pluviométrica “Huamachuco”, la más cercana a la zona de estudio, dichos datos fueron proporcionados por la página web del SENAMHI, y en lo que corresponde al estudio hidráulico se llevó a cabo a través del método racional para áreas menores a 13 Km², obteniendo datos importantes como los caudales en cada tramo de las avenidas y calles de la localidad, utilizando los criterios de las normas E.050, E.060, OS.010 y el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, finalmente las secciones geométricas de los canales para la evacuación de las aguas pluviales, mediante el software H-Canales.

2.6. Métodos de análisis de datos

El procesamiento y análisis, es lo que describe a todos los procesos realizados, es decir, el estudio topográfico mediante el Software AutoCAD y Civil 3D, el análisis de los datos hidrológicos mediante un modelo estadístico y la aplicación del método racional para el cálculo de los caudales necesarios en el diseño. Además de la aplicación del software H-Canales para la definición de las secciones del canal de evacuación, finalmente se usó de las hojas de cálculo del software estadístico Microsoft Excel, dando como resultado los Grafico de barras, cuadros de cálculo, diagramas de dispersión, etc.

2.7. Aspectos éticos

Los datos recolectados se trataron en lo posible que sean lo más cercanos a la realidad y que cumplan con las normativas técnicas peruanas vigentes, como la Norma OS 060, Norma E 050 del Reglamento Nacional de Edificaciones y el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Además, se tuvo en cuenta la veracidad de resultados evitando así el plagio de los conocimientos científicos y el proyecto en general, el respeto por el medio ambiente y la biodiversidad, proteger la identidad de las personas que intervinieron en el estudio, etc.

III. RESULTADOS

3.1. Estudio Topográfico

3.1.1. Generalidades

El presente estudio consta del levantamiento topográfico de las calles y avenidas de la localidad de Curgos, Distrito de Curgos, donde se detallaron los tramos, la morfología y manzaneo de la superficie natural de terreno, siendo esta información de vital importancia para el planteamiento del sistema de drenaje pluvial urbano realizado, es así que se podrá ubicar las cunetas con su respectivo sentido de flujo, así mismo los ramales principales por donde se conducirán las aguas producidas por las lluvias, que tendrán fin el río Curgos.

3.1.2. Instrumentación y recursos

a) **Equipos y materiales utilizados:** los equipos y materiales que se usaron en el presente estudio fueron los aparatos mencionados a continuación:

- 01 Estación total TOPCON ES 105, aproximación de $\pm (7\text{mm}+7\text{ppmxD})$ mm
- 02 prismas.
- 01 wincha.
- 01 GPS Garmin Etrex 20x
- 01 cámara fotográfica Sony.
- 01 cinta métrica de 50 metros.
- 02 radios comunicadores.
- 01 pintura esmalte
- 01 brocha pequeña
- Estacas de acero

b) **Cuadrilla de trabajo:** se le denominará cuadrilla, al número de personas ya sea sola o en grupo, que son necesarias según el procedimiento de construcción que se adopte, para que se logre alcanzar el rendimiento establecido o cumplir con un determinado trabajo. (CAPECO, 2018). La cuadrilla de trabajo que se requirió en campo para los trabajos del levantamiento topográfico, estuvo conformada por:

- 01 operador de estación total
- 02 ayudantes de topógrafo
- 01 asistente de topografía

c) Calles comprendidas en el levantamiento topográfico: se consideró recolectar los datos en todas las calles y avenidas de la localidad, estas estuvieron definidas de la siguiente manera:

- Tramos Longitudinales (Flujos Primarios)
 - Av. Sánchez Carrión.
 - Av. Manuel Prado Ugarte.
 - Av. San Pedro.
 - Av. Abelardo Gamarra.
- Tramos Transversales (Flujos Secundarios)
 - Calle Humberto Ledesma
 - Pasaje Antaño
 - Calle Inca Garcilazo de la vega
 - Calle 8 de febrero
 - Calle San Martín
 - Calle Juan Velasco Alvarado
 - Calle Unión
 - Calle Progreso
 - Calle Independencia
- Tramos Adicionales (Flujos Terciarios)
 - Pasaje 1
 - Acequia (Calle San Martín - Juan Velasco Alvarado)
 - Pasaje Gerardo Castillo Vásquez 1.1
 - Pasaje Gerardo Castillo Vásquez 1.2

3.1.3. Procedimiento de trabajo

Ubicación de BMs

Se ubicó un punto base de referencia BM principal, este punto fue geo-referenciado, mediante un GPS (Marca Garmin modelo Etrex 20x), para lo cual se tomó dos puntos en forma recta de manera repetitiva, esta línea sirvió como la base para los posteriores puntos de BMs, los cuales se denominaron como BMs auxiliares.

Levantamiento topográfico

Una vez ubicado todos los puntos de referencia BMs, se procedió a realizar el levantamiento topográfico de manzanas, puntos de terreno natural, centro de calles, veredas, cunetas existentes, etc., esta toma de datos permitió reflejar la topografía, morfología y geografía del lugar de estudio, dichos puntos fueron registrados de manera representativa con sus debidas descripciones bajo criterios topográficos, además se logró reflejar el cambio de las pendientes del terreno y los puntos de inflexión. Los datos registrados de BMs, estaciones y puntos topográficos se encuentran en la parte de anexos. Ver anexo 02.

3.1.4. Trabajo de gabinete

Procesamiento de la información de Campo

Antes de empezar con el procesamiento de datos de campo, se realizó una evaluación minuciosa de todos los datos tomados, con el único fin de que estos no se hayan repetido, ni se hayan colocado las mismas nomenclaturas, medidas de precauciones para evitar anomalías y distorsiones de los planos realizados.

Del hecho anterior, se procedió a transferir los datos registrados a la hoja de cálculo del software Microsoft Excel, desde donde se importó los puntos a otro del software debidamente acondicionado para este tipo de trabajos como el Civil 3D, encargado de generar lo planos con curvas de nivel a cada 1.00 m, además se diseñó los perfiles longitudinales de cada una de las calles y venidas, entre otras acotaciones topográficas requeridas en la investigación.

Los planos de planta se encuentran dibujados en una escala de 1:2,000. Apreciando características geométricas de las calles en toda el área total de estudio. Los planos de los perfiles longitudinales, se dibujaron a una escala vertical de 1:10 y una horizontal 1:100. Las progresivas se han dibujado a cada 20 metros en tangente y curvas en el eje de las calles, de acuerdo con las consideraciones para el dibujo de planos de la Norma OS 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Planimetría: Poligonal Cerrada

En proyectos de drenaje pluvial, en primer lugar, hay que delimitar el área de estudio en donde se llevará a cabo los estudios básicos de ingeniería, la delimitación debe ser topográficamente definida, evaluando estrategias para la evacuación del agua, para ello, en el estudio topográfico se denomina como planimetría. (López, Ricardo, 1995.p. 312).

Este tipo de poligonal es referencial en un levantamiento de planimetría, basado específicamente en poligonales cerradas o abiertas, para servir como referencia a la ubicación relativa de los puntos tomados en un terreno. Realizar la poligonal es importante antes de proceder con un levantamiento topográfico, ya que su exactitud, depende mucho de cómo se posiciona los puntos en el terreno, áreas y linderos que se encuentra sujetos a condiciones legales, la ubicación tiene que ser tal que pueda abarcar todos los puntos en el levantamiento, es por eso que se definieron con estacas de fierro, piedras inmóviles a lo largo de las calles y avenidas de la localidad, etc. (Navarro, Sergio, 2008)

El procedimiento que se realizó fue el siguiente, en primer lugar, se ubicó el primer punto al inicio del tramo 1 de la Av. Sánchez Carrión, teniendo en cuenta la visualización de la zona, luego se procedió a determinar el ángulo que formaban el punto 1 y 2 tomados con la estación total. Segundo se midió el azimut del lado 1-2 para que finalmente a partir del tercer punto, se continúe con el mismo procedimiento para todos los puntos de la poligonal cerrada, siempre con la visualización del punto anterior y el posterior de la estación.

3.2. Estudio de Mecánica de Suelos

3.2.1. Generalidades

Es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, es por eso que se realizó el estudio de mecánica de suelos, además esto ayudará a determinar con qué tipo de suelo estamos tratando para el diseño estructural de los elementos proyectados y el material a usar en el diseño.

Según el área de estudio y la disposición del diseño del sistema de drenaje de pluvial, se estableció estudiar (03) muestras de tres calicatas diferentes, que fueron excavadas a cielo abierto de manera manual y a una profundidad de 1.50 m, cumpliendo con los requisitos mínimos del muestreo de suelos.

3.2.2. Trabajo de campo

Se recorrió el lugar de estudio para determinar y marcar el lugar específico donde se tenía que excavar y extraer las muestras, la primera calicata “C1” se encuentra ubicada en una cota baja de la localidad entre la Av. Abelardo Gamarra y la Calle Progreso en las coordenadas Norte: 9129811.130, este: 175189.450, la segunda “C2” a una altura media de la localidad entre la Calle San Pedro y la Calle San Martín en las coordenadas Norte: 9129875.010, este: 175497.730, la última en la parte alta de la localidad entre la Av. Sánchez Carrión y Calle 8 de Febrero en las coordenadas Norte: 9129950.22, este: 175717.19. Las herramientas utilizadas para el trabajo fueron:

- 01 barreta de acero
- 01 picota de acero
- 02 palanas
- 06 bolsas herméticas.

3.2.3. Exploración y muestreo de suelos

La norma establece diferentes técnicas para la extraer las muestras, la que se usó para la presente investigación fue la perforación manual, la cual permitió conocer la naturaleza y localización de las capas del terreno, así como facilitar la extracción de las muestras, se establece que la profundidad de excavación es hasta los 10 metros. De esa manera se pudo lograr una clasificación geológica y geotécnica del suelo. (Norma E. 050).

Las (03) tres calicatas de donde se extrajo el material, se tuvieron que excavar a una profundidad de 1.50 m, la recolección en general fueron utilizados para obtener los perfiles estratigráficas, los ensayos de contenido de humedad, límite líquido y plástico, análisis de granulometría y su debida clasificación en los sistemas AASHTO Y SUCS.

3.2.4. Trabajos de laboratorio

El proceso que se llevó acabo en el laboratorio, donde se tiende a completar las labores de que realizaron en campo, según el Estudio de Mecánica de Suelos, las muestras que llegaron al laboratorio fueron analizadas, clasificadas y seleccionadas siguiendo el procedimiento de la ASTM D-2487 “método para la clasificación suelos”, ASTM D-442 “Análisis granulométrico por tamizado”, ASTM D-4318 “Límites de consistencia” y ASTM D-2216 “Contenido de humedad”. (Norma E. 050). A continuación, se muestran cada uno de ensayos de laboratorio que permitieron determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

a) Método de ensayo para el análisis granulométrico

La finalidad de este método fue obtener la distribución de acuerdo al tamaño de las partículas que se encuentran en la muestra. Dando también su clasificación mediante los sistemas como el AASHTO y SUCS. Para la obtención de la distribución de los tamaños de las partículas se emplearon tamices normalizados y numerados, dispuesto en orden decreciente. Los resultados obtenidos en la calicata 01, 02 y 03 al realizar esta prueba se enmarcan en la Tabla 01, 02 y 03, cada una con su respectiva curva granulométrica mostradas en las figuras 01, 02 y 03 respectivamente.

Tabla 01

Análisis granulométrico por tamizado de la Calicata 01.

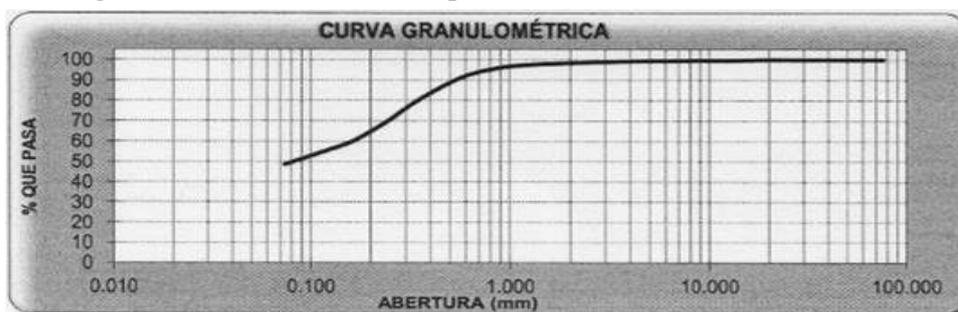
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	6.46	0.32	0.32	99.68
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.32	99.68
1/4"	6.350	3.88	0.19	0.52	99.48
No4	4.178	3.42	0.17	0.69	99.31
No8	2.360	14.81	0.74	1.43	98.57
No10	2.000	5.15	0.26	1.69	98.31
No16	1.180	18.94	0.95	2.63	97.37
No20	0.850	34.35	1.72	4.35	95.65
No30	0.600	73.52	3.68	8.03	91.97
No40	0.420	145.53	7.28	15.30	84.70
No50	0.300	172.63	8.63	23.93	76.07
No60	0.250	111.14	5.56	29.49	70.51
No80	0.180	166.55	8.33	37.82	62.18
No100	0.150	71.59	3.58	41.40	58.60
No200	0.074	199.09	9.95	51.35	48.65
<No200		972.94	48.65	100.00	0.00
Total		2000.00	100.00		

Fuente: Los investigadores, 2019.

El peso de la muestra seca fue de 2,000.00 gr, luego del lavado de la muestra seca el peso fue de 1,027. 06 gr, dando un peso perdido por lavado de 927.94 gr, además de la tabla anterior se aprecia que por el Tamiz n° 200 pasa el 48.65% de muestra.

Figura 01

Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 01.



Fuente: Los investigadores, 2019.

Mediante el método gráfico, los valores de los diámetros efectivos fueron, D₁₀ igual a 0.0152, D₃₀ igual 0.0456, D₆₀ igual a 0.1617, dando un coeficiente de uniformidad Cu de 10.63 y el coeficiente de curvatura Cc de 0.85.

Tabla 02

Análisis granulométrico por tamizado de la Calicata 02.

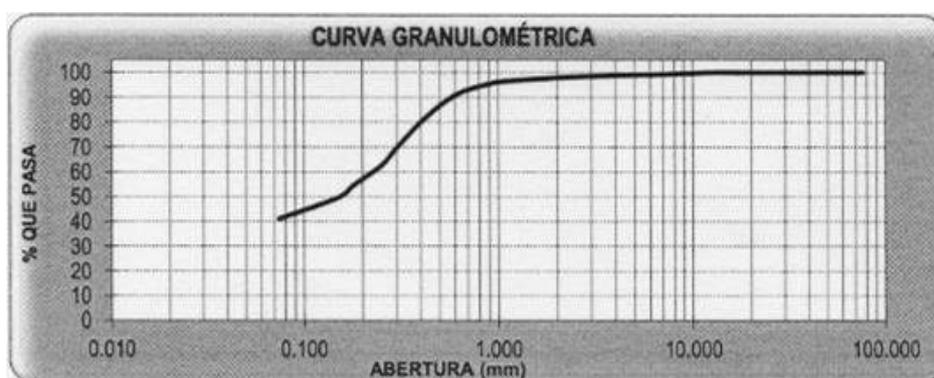
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	7.06	0.35	0.35	99.65
1/4"	6.350	8.41	0.42	0.77	99.23
No4	4.178	5.46	0.27	1.05	98.95
No8	2.360	17.23	0.86	1.91	98.09
No10	2.000	5.23	0.26	2.17	97.83
No16	1.180	22.15	1.11	3.28	96.72
No20	0.850	35.52	1.78	5.05	94.95
No30	0.600	83.81	4.19	9.24	90.76
No40	0.420	185.96	9.30	18.54	81.46
No50	0.300	239.10	11.96	30.50	69.50
No60	0.250	140.60	7.03	37.53	62.47
No80	0.180	158.60	7.93	45.46	54.54
No100	0.150	98.23	4.91	50.37	49.63
No200	0.074	170.42	8.52	58.89	41.11
<No200		822.22	41.11	100.00	0.00
Total		2000.00	100.00		

Fuente: Los investigadores, 2019.

El peso de la muestra seca fue de 2,000.00 gr, luego del lavado de la muestra seca el peso fue de 1,177.78 gr, dando un peso perdido por lavado de 822.22 gr, además de la tabla anterior se aprecia que por el Tamiz n° 200 pasa el 41.11 % de muestra.

Figura 02

Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 02



Fuente: Los investigadores, 2019.

Mediante el método gráfico, los valores de los diámetros efectivos fueron, D_{10} igual a 0.0180, D_{30} igual 0.0540, D_{60} igual a 0.2282, dando un coeficiente de uniformidad C_u de 12.68 y el coeficiente de curvatura C_c de 0.71.

Tabla 03

Análisis granulométrico por tamizado de la Calicata 03.

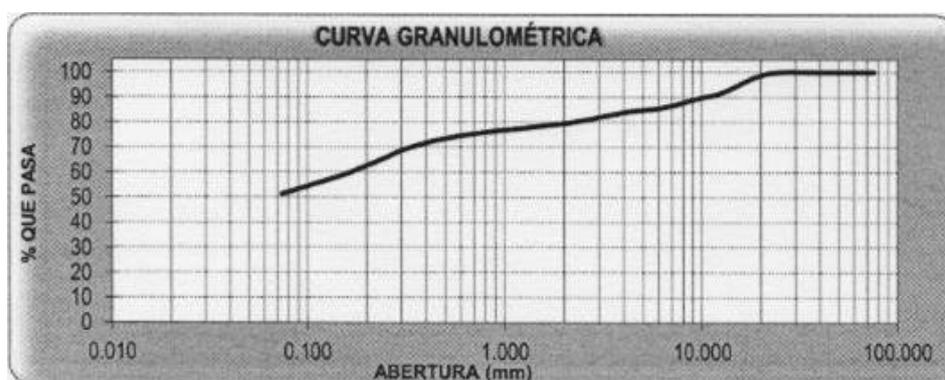
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	36.94	1.85	1.85	98.15
1/2"	12.700	127.61	6.38	8.23	91.77
3/8"	9.525	48.16	2.41	10.64	89.36
1/4"	6.350	72.12	3.61	14.24	85.76
No4	4.178	34.12	1.71	15.95	84.05
No8	2.360	76.73	3.84	19.78	80.22
No10	2.000	16.45	0.82	20.61	79.39
No16	1.180	40.79	2.04	22.65	77.35
No20	0.850	24.79	1.24	23.89	76.11
No30	0.600	33.51	1.68	25.56	74.44
No40	0.420	49.01	2.45	28.01	71.99
No50	0.300	67.99	3.40	31.41	68.59
No60	0.250	57.19	2.86	34.27	65.73
No80	0.180	92.72	4.64	38.91	61.09
No100	0.150	48.28	2.41	41.32	58.68
No200	0.074	149.37	7.47	48.79	51.21
<No200		1024.29	51.21	100.00	0.00
Total		2000.00	100.00		

Fuente: Los investigadores, 2019.

El peso de la muestra seca fue de 2,000.00 gr, luego del lavado de la muestra seca el peso fue de 975.71 gr, dando un peso perdido por lavado de 1,024.29 gr, además de la tabla anterior se aprecia que por el Tamiz n° 200 pasa el 41.11 % de muestra.

Figura 03

Curva granulométrica del análisis por tamizado de la calicata 03.



Fuente: Los investigadores, 2019.

Mediante el método gráfico, los valores de los diámetros efectivos fueron, D_{10} igual a 0.0144, D_{30} igual 0.0433, D_{60} igual a 0.1664, dando un coeficiente de uniformidad C_u de 11.51 y el coeficiente de curvatura C_c de 0.78.

b) Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

Este método también es conocido como los límites de Atterberg o límites de consistencia, usados especialmente para caracterizar los comportamientos de los suelos finos, así mismo el comportamiento también puede variar de acuerdo al tiempo. Los límites están basados en un concepto de que en un grano fino solo pueden existir cuatro estados, es decir si a un suelo se le encuentra en estado sólido, al agregarle agua este poco a poco va pasando por un estado semisólido, plástico y por último en líquido. Los contenidos de la humedad justo en los puntos de transición de un estado y otro se les denomina límites de Atterberg, estos límites:

- Límite Líquido (LL): Este es cuando el suelo pasa del estado plástico al estado líquido y para la determinación de este tipo de límite se usa la cuchara de Casagrande.
- Límite Plástico (LP): Este se da cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un plástico.
- Límite de retracción o contracción: Pasa cuando el suelo está en un estado semisólido y pasa a un estado sólido y al perder su humedad se contrae.

Por último, relacionando estos límites, nace el índice de plasticidad que vendría a hacer la resta del límite líquido con el límite plástico: $IP=LL-LP$. (Norma Técnica Peruana 339.129, 1999). De acuerdo con el análisis para determinar los límites de consistencia de las calicatas, están descritas en la Tabla 04, 05 y 06, con cada diagrama de fluidez mostrada en las Figuras 04, 05 y 06 respectivamente.

Tabla 04

Límites de consistencia de la Calicata 01.

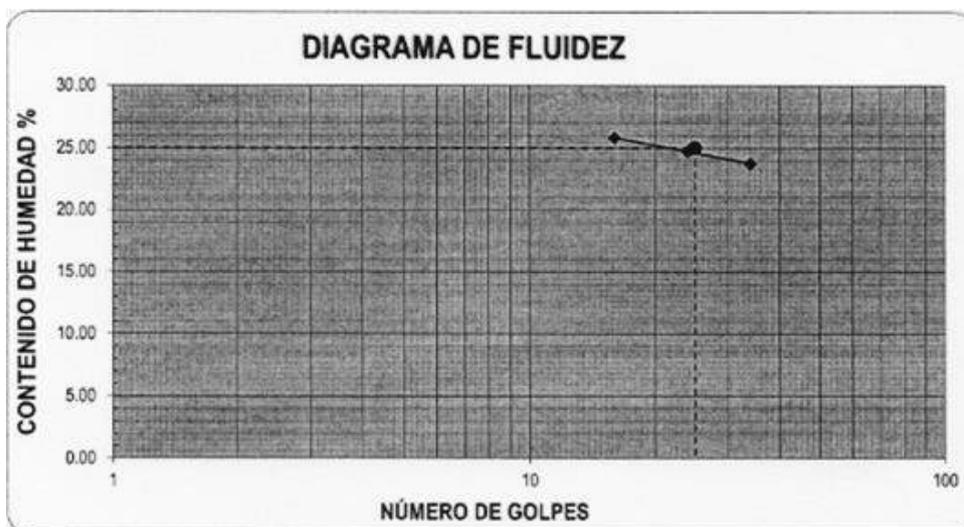
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
Nº de golpes	16	24	34	-	-
Peso de tara (g)	11.32	10.51	9.81	10.6	10.46
Peso de tara + suelo húmedo (g)	17.95	15.1	14.66	11.06	10.86
Peso tara + suelo seco (g)	16.59	14.19	13.73	10.99	10.80
Contenido de Humedad %	25.81	24.73	23.72	17.95	17.65
Límites %	25			18	

Fuente: Los investigadores, 2019.

El número de golpes que se aplicó fue de 16, 24 y 34 veces para el límite líquido dando como resultado el 25%, y un 18% para el límite plástico.

Figura 04

Diagrama de fluidez de la calicata 01.



Fuente: Los investigadores, 2019.

Del diagrama de fluidez que fue elaborado a partir de los ensayos de límites de consistencia mantiene la ecuación de la recta $y = -2.759 \ln(x) + 33.470$.

Tabla 05

Límites de consistencia de la Calicata 02.

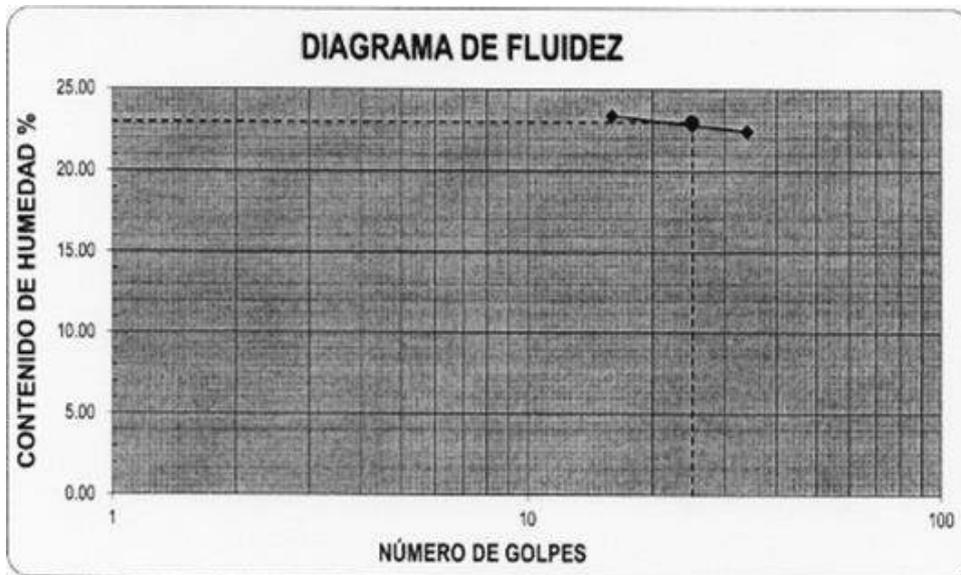
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
Nº de golpes	16	25	34	-	-
Peso de tara (g)	10.28	9.85	9.71	10.04	10.23
Peso de tara + suelo húmedo (g)	16.35	15.02	14.95	10.34	10.55
Peso tara + suelo seco (g)	15.20	14.06	13.99	10.29	10.50
Contenido de Humedad %	23.37	22.80	22.43	20.00	20.75
Límites %	23			20	

Fuente: Los investigadores, 2019.

El número de golpes que se aplicó fue de 16, 25 y 34 veces para el límite líquido dando como resultado el 23%, y un 20% para el límite plástico.

Figura 05

Diagrama de fluidez de la calicata 02.



Fuente: Los investigadores, 2019.

Del diagrama de fluidez que fue elaborado a partir de los ensayos de límites de consistencia mantiene la ecuación de la recta $y = -1.254 \ln(x) + 26.849$.

Tabla 06

Límites de consistencia de la Calicata 03.

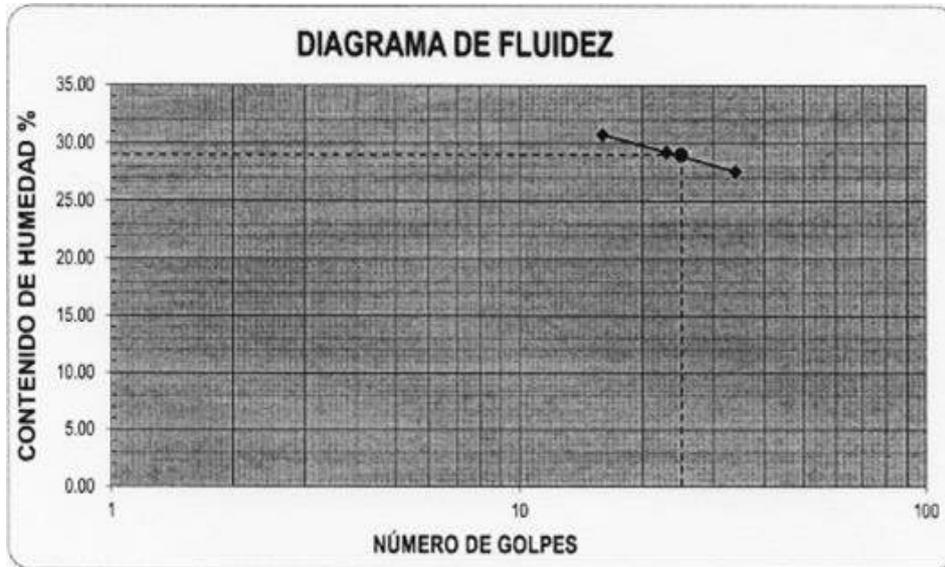
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	16	23	34	-	-
Peso de tara (g)	10.25	11.13	9.84	10.76	10.14
Peso de tara + suelo húmedo (g)	15.28	15.95	14.24	11.06	10.43
Peso tara + suelo seco (g)	14.10	14.86	13.29	11.00	10.37
Contenido de Humedad %	30.73	29.22	27.54	25.00	26.09
Límites %	29			26	

Fuente: Los investigadores, 2019.

El número de golpes que se aplicó fue de 16, 23 y 34 veces para el límite líquido dando como resultado el 29%, y un 26% para el límite plástico.

Figura 06

Diagrama de fluidez de la calicata 03.



Fuente: Los investigadores, 2019.

Del diagrama de fluidez que fue elaborado a partir de los ensayos de límites de consistencia mantiene la ecuación de la recta $y = -4.237 \ln(x) + 42.487$.

c) Método de ensayo para la determinación del contenido de humedad

Este método de ensayo determina en peso del agua eliminada, al secar el suelo en estado húmedo hasta que se logre un peso contante, este suelo tiene que estar sometido a un horno controlado a $100 \pm 5^\circ\text{C}$. El peso que se adquiere después de haber secado en el horno, es usado como el peso de las partículas solidadas, está perdida debido al secado se considera como peso del agua. (Norma E. 050). En la presente investigación se realizó los ensayos respectivos para la determinación del contenido de humedad de las 03 calicatas y se puede apreciar en las siguientes Tablas.

Tabla 07

Contenido de humedad de la calicata 01.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de tarro (g)	48.61	51.81	52.33
Peso de tarro + suelo humedo (g)	177.7	172.25	174.94
Peso de tarro + suelo seco (g)	163.5	159.11	161.47
Peso suelo seco (g)	114.89	107.3	109.14
Peso del agua	14.2	13.14	13.47
% de humedad (%)	12.36	12.25	12.34
% de humedad promedio (%)	12.32		

Fuente: Los investigadores, 2019.

De la tabla anterior apreciamos que el contenido de humedad para la muestra 01, 02 y 03, extraídas de la calicata 01 es igual a 12.32%.

Tabla 08

Contenido de humedad de la calicata 02.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de tarro (g)	51.53	49.77	49.47
Peso de tarro + suelo humedo (g)	179.50	1726.38	179.58
Peso de tarro + suelo seco (g)	166.26	163.07	166.16
Peso suelo seco (g)	114.73	113.30	116.69
Peso del agua	13.24	13.31	13.42
% de humedad (%)	11.54	11.75	11.50
% de humedad promedio (%)	11.60		

Fuente: Los investigadores, 2019.

De la tabla anterior apreciamos que el contenido de humedad para la muestra 01, 02 y 03, extraídas de la calicata 01 es igual a 11.60%.

Tabla 09

Contenido de humedad de la calicata 03.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de tarro (g)	51.49	50.98	50.94
Peso de tarro + suelo humedo (g)	187.93	183.55	187.99
Peso de tarro + suelo seco (g)	173.86	170.21	173.55
Peso suelo seco (g)	122.37	119.23	122.61
Peso del agua	14.07	13.34	14.44
% de humedad (%)	11.50	11.19	11.78
% de humedad promedio (%)	11.49		

Fuente: Los investigadores, 2019.

De la tabla anterior apreciamos que el contenido de humedad para la muestra 01, 02 y 03, extraídas de la calicata 01 es igual a 11.49 %.

d) Clasificación de los suelos

Una vez que se determine las características de los suelos, se logrará estimar con mucha más aproximación el comportamiento de las partículas de los suelos, en especial con el conocimiento de la granulometría, índice de grupos y después se pueda clasificar según corresponda mediante las tablas de SUCS o AASHTO. (Norma E. 050). La clasificación de los suelos para la presente investigación fue la que se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Clasificación de los suelos según SUCS y AASHTO.

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FISICAS							CLASIFICACIÓN	
N°	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO
C-1	E-1	MUESTRA 1	1.50 m	12.32	48.65	50.67	0.69	25	18	7	SM-SC	A-4 (1)
C-2	E-2	MUESTRA 2	1.50 m	11.6	41.11	57.84	1.05	23	20	3	SM-SC	A-4 (0)
C-3	E-3	MUESTRA 3	1.50 m	11.49	51.21	32.84	15.95	29	26	3	ML	A-4 (0)

Fuente: Los investigadores, 2019.

Se aprecia que la calicata 01, se clasificó mediante SUCS como, SM-SC por tener un porcentaje de finos mayor al 12% que corresponderían a una arena limosa y arcillosa, en el caso de la calicata 02 el porcentaje de finos es de 41.11% es cual se clasifica como SM que vendría a ser una arena limosa, por último, para la calicata 03 clasificada como ML que sería una arcilla con ligera plasticidad. Finalmente, en el caso de la clasificación AASTHO, todas las calicatas se clasifican en el grupo A-4, correspondiente a un material limo-arcilloso.

3.3. Estudio Hidrológico e Hidráulico

3.3.1. Generalidades

Para el diseño de drenaje pluvial, se obtuvieron los datos pluviométricos registrados en la base de datos “HUAMACHUCO – 000374”, mediante solicitud a la página web del Servicio Meteorológico e Hidrológico del Perú (SENAMHI), la información de precipitación máxima en 24 horas desde el año 1993 al 2014, por considerarse la más cercana al lugar de estudio, ubicada en las coordenadas geográficas 7°49’49” de latitud sur y 78°3’3” de latitud oeste, con una altitud de 3290 msnm. Los datos de la estación escogida tienden a ser representativos en las zonas de la provincia de Sánchez Carrión, gracias a ello se estimó las curvas de intensidad de las lluvias. Así mismo se realizó el estudio de la hidráulica para determinar los caudales de escurrimiento mediante el método racional, ya que el área de estudio no excede los 13 Km² de extensión. Por último, una vez definido el caudal de diseño, se logró determinar las características geométricas de las secciones para la evacuación, dando como resultado el sistema de drenaje pluvia para la localidad de Curgos.

3.3.2. Estudio Hidrológico

3.3.2.1. Determinación de las curvas I-D-F

Para confeccionar las curvas I-D-F primero se obtuvo la información de las fajas pluviográficas de la estación “HUAMACHUCO – 000374”, proporcionadas por el SENAMHI. Se realizó la determinación de las intensidades máximas anuales suscitadas en 24 horas, estas intensidades en milímetros se muestran en la Tabla 11 que está a continuación.

Tabla 11

Procesamiento de las intensidades máximas anuales de 24 horas, registros de datos hidrológicos de la estación “Huamachuco - 000374”.

N°	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN (mm)												Máx
		MESES												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1993	21.00	22.20	26.30	22.50	9.50	0.00	8.90	1.20	20.80	18.10	30.50	22.20	30.50
2	1994	15.50	52.20	25.50	30.00	7.50	2.70	2.50	12.00	7.50	21.30	32.60	27.10	52.20
3	1995	15.00	37.60	13.70	39.20	11.90	7.90	2.50	0.90	3.30	24.10	26.60	18.10	39.20
4	1996	11.10	34.70	20.70	14.30	6.20	2.80	1.40	4.90	9.80	24.30	14.40	20.20	34.70
5	1997	24.70	23.80	30.80	9.30	16.30	6.10	0.00	12.80	26.00	35.10	23.10	33.50	35.10
6	1998	25.40	35.70	29.10	21.10	9.10	6.40	0.80	3.90	5.90	19.00	24.60	8.90	35.70
7	1999	28.20	49.40	24.20	10.80	12.90	17.30	1.10	3.90	19.30	10.90	34.10	22.40	49.40
8	2000	30.50	32.10	23.00	12.10	22.10	12.40	2.10	8.40	9.60	16.60	14.60	19.50	32.10
9	2001	22.30	19.30	29.60	5.70	11.10	2.50	3.70	0.60	5.50	31.90	20.80	34.00	34.00
10	2002	20.60	16.90	27.00	20.90	13.20	5.70	7.70	0.00	11.40	22.70	25.70	31.20	31.20
11	2003	16.40	18.00	24.00	21.10	4.90	5.90	2.60	7.20	14.20	18.60	24.80	19.20	24.80
12	2004	13.60	14.40	12.10	15.20	8.30	1.30	10.90	10.40	12.40	21.00	43.30	13.20	43.30
13	2005	23.30	34.80	43.10	28.20	7.80	5.70	0.00	13.00	10.40	27.10	6.20	28.20	43.10
14	2006	51.10	17.20	31.40	22.10	19.10	17.50	7.50	28.00	12.80	21.40	17.80	14.70	51.10
15	2007	24.50	23.20	25.20	22.90	20.70	0.00	6.70	3.40	8.60	38.90	18.00	23.10	38.90
16	2008	25.60	22.70	16.00	28.00	27.40	16.90	6.20	5.20	26.40	19.80	17.00	17.70	28.00
17	2009	29.90	12.50	31.50	30.00	28.60	8.10	10.60	10.20	8.20	23.00	21.20	24.20	31.50
18	2010	19.30	33.90	47.30	29.90	19.50	13.40	10.80	6.70	6.60	15.10	17.70	32.50	47.30
19	2011	26.40	17.90	24.10	30.50	8.30	0.40	9.80	0.60	26.40	13.00	16.90	29.10	30.50
20	2012	35.20	40.60	19.90	23.70	12.60	2.60	0.00	40.20	3.40	17.00	25.10	27.30	40.60
21	2013	23.00	24.40	21.20	51.30	21.00	3.80	10.10	6.80	4.80	23.00	10.50	24.80	51.30
22	2014	26.40	53.80	40.00	24.20	19.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.80

Fuente: Registros procesados SENAMHI (1993 – 2014), por los investigadores, 2019.

Procedimiento de cálculo:

En primer lugar, para el análisis de los datos hidrológicos proporcionados por el SENAMHI, se calculó estadísticamente mediante la aplicación del modelo de distribución Gumbel, estipulada en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, donde menciona que:

Según Ven te Chow, la distribución puede expresarse como:

Figura 07

Cálculo del valor de una probabilidad dada.

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \quad (10)$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.
 \bar{x} : Media de la serie.
 k : Factor de frecuencia.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, pág. 30.

Para este caso, como los valores dados son las precipitaciones máximas en 24 horas. La fórmula determinaría la Precipitación máxima en 24 horas, de toda la serie denominada como “PP”, se daría la nueva expresión:

Figura 08

Cálculo de la precipitación máxima en 24 horas.

$$PP = P_{\text{promedio}} + K * S$$

Donde,

PP: Precipitación máxima de la serie.
Ppromedio: El promedio o la media de la serie.
 σ_x : La desviación estándar de la serie
K: Factor de frecuencia

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, pág. 30.

Para el cálculo del factor de frecuencia Vente Chow propone:

Figura 09

Fórmula de Ven Te Chow para determinar la contante “K”

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

Fuente: Ven Te Chow, pág.,365.

Luego de la aplicación del método de análisis estadístico de Gumbel, y la determinación de la precipitación máxima en 24 horas, se procedió al cálculo de la precipitación total de 24 hora en milímetros en función a la duración en minutos, mediante la fórmula propuesta por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC:

Figura 10

Fórmula para determinar la precipitación total en mm

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (16)$$

Donde:
Pd = precipitación total (mm)
d = duración en minutos
P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, pág., 37.

Por ultimo sólo, sería transformar las precipitaciones totales de un período de retorno determinado, a las intensidades que no sería más que la precipitación entre la duración. para luego obtener la gráfica I-D-F.

Todos los cálculos realizados para la determinación de intensidades y la construcción de la Curva Intensidad Duración y Frecuencia se muestran en las páginas siguientes:

Cálculos mediante el análisis estadístico de Gumbel

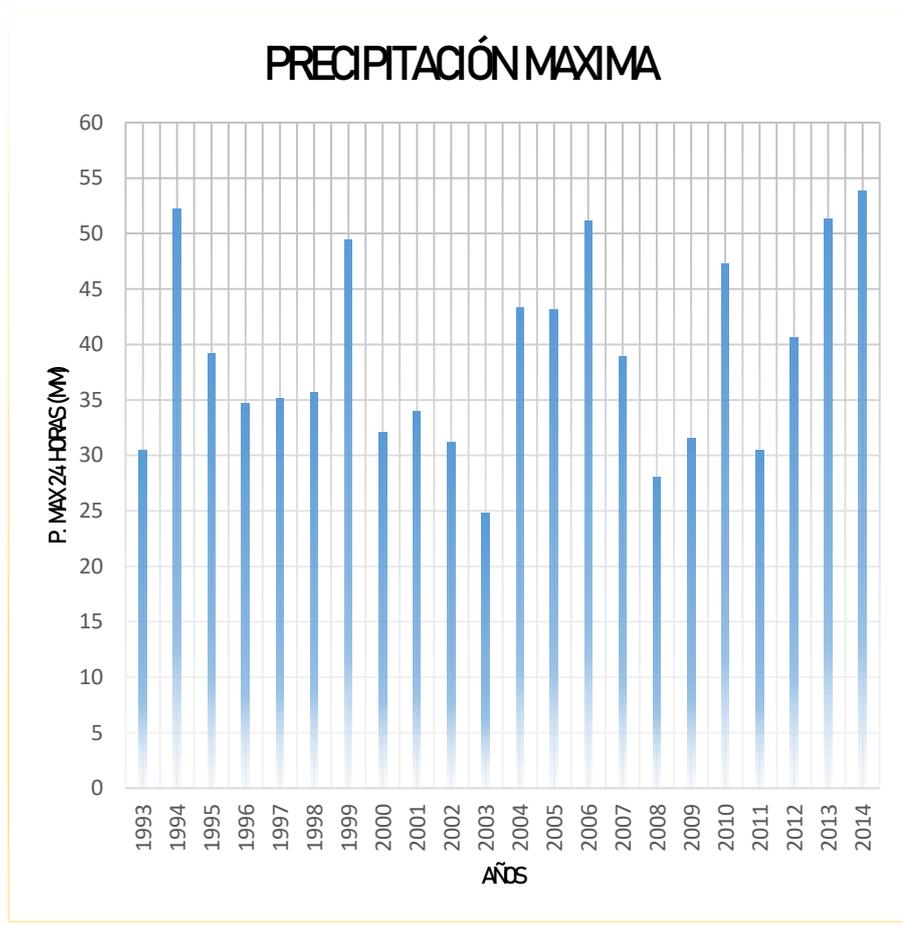
Estos se realizaron siguiendo el procedimiento de cálculo antes propuesto.

Tabla 12

Resumen de las precipitaciones máximas anuales registradas cada 24 horas de la estación “Huamachuco”.

ESTACIÓN:	HUAMACHUCO - 000374			3290 msnm
Latitud Sur	Longitud Oeste	Distrito	Provincia	Región
7 49' 49"	78 3' 3"	CURGOS	SÁNCHEZ CARRIÓN	LA LIBERTAD

AÑO	P máx. 24 hr (mm)
1993	30.5
1994	52.2
1995	39.2
1996	34.7
1997	35.1
1998	35.7
1999	49.4
2000	32.1
2001	34
2002	31.2
2003	24.8
2004	43.3
2005	43.1
2006	51.1
2007	38.9
2008	28
2009	31.5
2010	47.3
2011	30.5
2012	40.6
2013	51.3
2014	53.8



Fuente: Los investigadores, 2019.

1. Cálculo del promedio y/o media, y la desviación estándar:

N°	Año	Precipitación (mm)	
		Xi	(Xi- \bar{X}) ²
1	1993	30.50	72.48
2	1994	52.20	173.88
3	1995	39.20	0.03
4	1996	34.70	18.61
5	1997	35.10	15.32
6	1998	35.70	10.98
7	1999	49.40	107.88
8	2000	32.10	47.80
9	2001	34.00	25.14
10	2002	31.20	61.05
11	2003	24.80	202.03
12	2004	43.30	18.37
13	2005	43.10	16.70
14	2006	51.10	146.08
15	2007	38.90	0.01
16	2008	28.00	121.30
17	2009	31.50	56.45
18	2010	47.30	68.66
19	2011	30.50	72.48
20	2012	40.60	2.52
21	2013	51.30	150.95
22	2014	53.80	218.64
Σ		858.3	1607.4

Cálculo de variables probabilísticas:

Promedio:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Entonces;

$$\bar{x} = \frac{858.30}{22}$$

$$\bar{x} = 39.01 \text{ mm}$$

Desviación Estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Entonces;

$$S = \sqrt{\frac{1607.40}{22 - 1}}$$

$$S = 8.75 \text{ mm}$$

2. Cálculo del factor de frecuencia, la precipitación máxima en 24 horas y la precipitación total en función a la duración, finalmente la determinación de las Intensidades:

Períodos de retorno:

TR = 10 años, TR = 25 años, TR = 50 años, TR = 75 años, TR = 100 años y TR = 200 años

Cálculo de Factor de Frecuencia “K”, según Ven Te Chow:

a) Para TR = 10 años:

Cálculo del factor de frecuencias:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{10}{10 - 1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 1.305$$

Cálculo de Precipitación máxima en 24 hr, según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 1.305$$

$$PP = 50.43 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación Total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 12.24 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 14.56 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 16.11 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 17.31 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 18.30 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 19.16 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 19.91 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 20.59 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 21.20 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 21.77 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.29 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 50.43 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.78 \text{ mm}$$

Cálculo de la Intensidad para TR 10 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{12.24 * 60}{5}$$

$$P = 146.89 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{14.56 * 60}{10}$$

$$P = 87.34 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{16.11 * 60}{15}$$

$$P = 64.44 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{17.31 * 60}{20}$$

$$P = 51.93 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{18.30 * 60}{25}$$

$$P = 43.93 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{19.16 * 60}{30}$$

$$P = 38.32 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{19.91 * 60}{35}$$

$$P = 34.13 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{20.59 * 60}{40}$$

$$P = 30.88 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{21.20 * 60}{45}$$

$$P = 28.27 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{21.77 * 60}{50}$$

$$P = 26.12 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.29 * 60}{55}$$

$$P = 24.32 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.78 * 60}{60}$$

$$P = 22.78 \text{ m/hr}$$

Los cálculos demostrados paso a paso anteriormente para la determinación de las precipitaciones totales e intensidades para un periodo de retorno de 10 años, se encuentran resumidos en la tabla 13 y 14, adicional a ello se calculó para los demás periodos de retorno. Ver Anexo 04.

Tabla 13

Cálculos de la precipitación en (mm)

TR	K	PP	Precipitación (mm)											
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	1.305	50.43	12.24	14.56	16.11	17.31	18.30	19.16	19.91	20.59	21.20	21.77	22.29	22.78
25	2.044	56.89	13.81	16.42	18.18	19.53	20.65	21.62	22.46	23.23	23.92	24.56	25.15	25.71
50	2.592	61.69	14.98	17.81	19.71	21.18	22.39	23.44	24.36	25.19	25.94	26.63	27.27	27.87
75	2.911	64.48	15.65	18.61	20.60	22.14	23.41	24.50	25.46	26.32	27.11	27.83	28.51	29.13
100	3.137	66.46	16.13	19.18	21.23	22.81	24.12	25.25	26.24	27.13	27.94	28.69	29.38	30.02
200	3.679	71.20	17.28	20.55	22.75	24.44	25.85	27.05	28.11	29.07	29.94	30.74	31.48	32.17

Fuente: los investigadores, 2019.

Tabla 14

Cálculos de la Intensidad en (mm/hr).

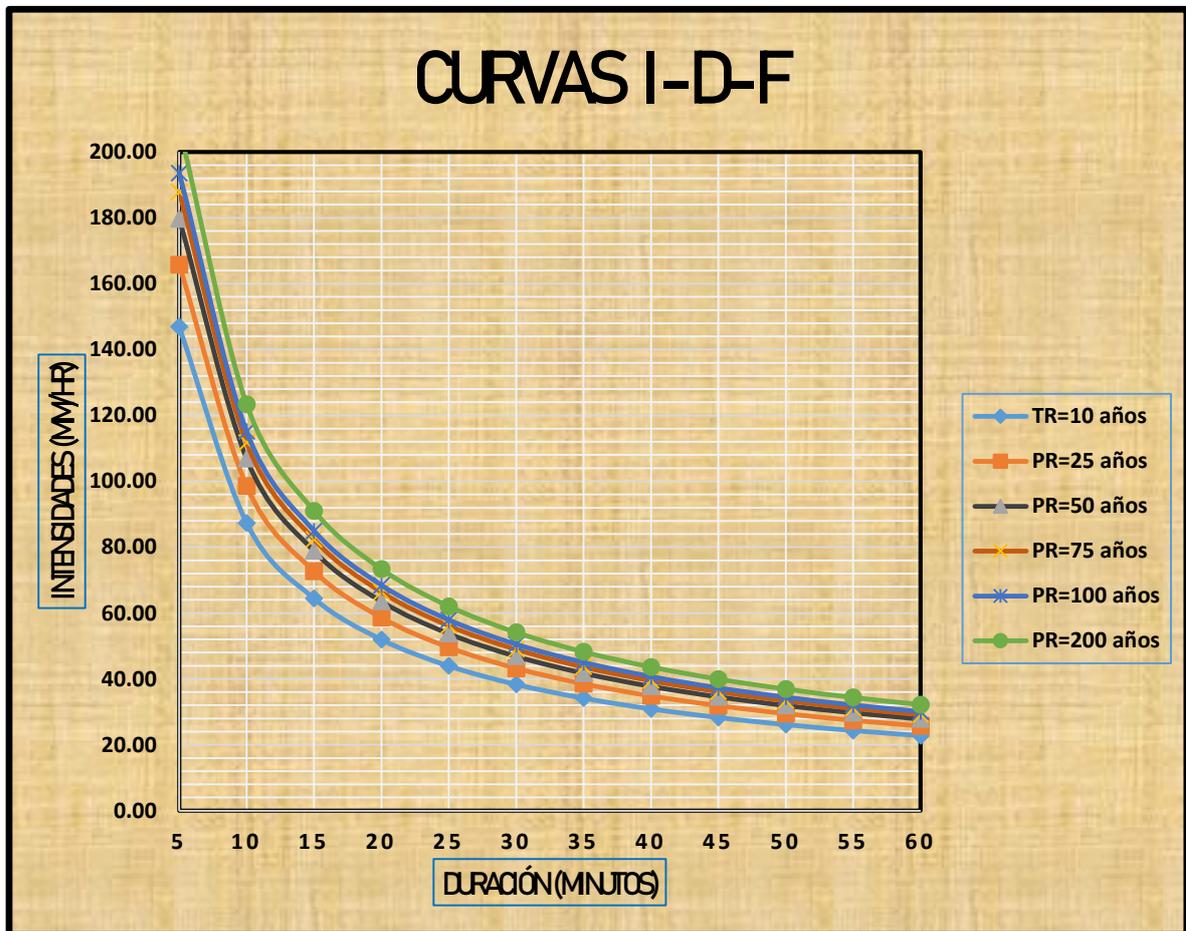
TR	K	PP	Intensidad (mm/hr)											
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	1.305	50.43	146.89	87.34	64.44	51.93	43.93	38.32	34.13	30.88	28.27	26.12	24.32	22.78
25	2.044	56.89	165.73	98.54	72.71	58.60	49.57	43.23	38.51	34.84	31.90	29.47	27.44	25.71
50	2.592	61.69	179.71	106.86	78.84	63.54	53.75	46.88	41.76	37.78	34.58	31.96	29.75	27.87
75	2.911	64.48	187.83	111.69	82.40	66.41	56.18	49.00	43.65	39.49	36.15	33.40	31.10	29.13
100	3.137	66.46	193.58	115.10	84.92	68.44	57.89	50.50	44.98	40.70	37.25	34.42	32.05	30.02
200	3.679	71.20	207.41	123.32	90.99	73.33	62.03	54.10	48.19	43.60	39.92	36.88	34.34	32.17

Fuente: los investigadores, 2019.

Finalmente se logró determinar el cuadro anterior “Tabla 14”, de donde se procedió a diseñar las curvas de intensidad, duración y frecuencia, “Curvas I-D-F”:

Figura 11

Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Intensidades en mm/hr.



Fuente: los investigadores, 2019.

3.3.3. Estudio Hidráulico

3.3.3.1. Determinación de los caudales de escurrimiento

Para la determinación de los caudales de escurrimiento se empleó la ecuación del Método Racional, el cual es aplicable para áreas menores a 13Km², cuya expresión es la siguiente:

$$Q = 0,278 CIA$$

Dónde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/hr)

A: Área de la cuenca (Km²)

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC

Como se puede observar, el caudal de escurrimiento depende de los factores como, el coeficiente de escorrentía, la precipitación y el área de la zona. A continuación, se determinan todos estos parámetros más el cálculo de los caudales por evacuar en cada tramo de las Avenidas y Calles.

a) Determinación de áreas y pendientes por tramos en las avenidas y calles.

En la tabla 15 al 31 se realizó el cálculo de las áreas y pendientes de las avenidas y calles por cada uno de los tramos, con el fin de la aplicación en el método racional.

Tabla 15

Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Sánchez Carrión” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

AVENIDA SANCHEZ CARRIÓN							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	588.28	0.000588	3266.35	2.60	3266.34	0.01	0.0035
			3264.31	8.90	3264.28	0.03	0.0037
			3263.51	4.40	3263.49	0.02	0.0039
			3263.09	11.00	3263.05	0.04	0.0040
			3262.66	11.75	3262.61	0.05	0.0042
			3262.21	21.00	3262.13	0.08	0.0036
2	1215.08	0.001215	3261.72	35.00	3261.60	0.12	0.0034
			3261.21	23.00	3261.13	0.08	0.0035
			3260.73	28.00	3260.62	0.11	0.0038
			3260.22	29.00	3260.10	0.12	0.0041
			3259.70	5.00	3259.68	0.02	0.0040
			3259.28	4.00	3259.27	0.01	0.0036
3	1570.52	0.001571	3258.87	3.50	3258.85	0.01	0.0039
			3258.45	4.60	3258.44	0.02	0.0035
			3258.04	3.40	3258.02	0.01	0.0037
			3257.62	3.00	3257.61	0.01	0.0042
			3257.21	2.80	3257.20	0.01	0.0036
			3256.80	9.40	3256.77	0.03	0.0034
			3256.37	1.60	3256.36	0.01	0.0041
			3255.96	2.40	3255.95	0.01	0.0039
			3255.55	1.95	3255.55	0.01	0.0037
			3255.15	1.70	3255.14	0.01	0.0035
			3254.74	2.50	3254.73	0.01	0.0037
			3254.33	2.80	3254.32	0.01	0.0039
			3253.92	2.60	3253.91	0.01	0.0040
			3253.51	3.00	3253.50	0.01	0.0042
			3253.10	2.90	3253.09	0.01	0.0036
			3252.69	2.30	3252.68	0.01	0.0034
			3252.28	3.70	3252.27	0.01	0.0035
			3251.87	2.90	3251.86	0.01	0.0038
3251.46	3.75	3251.44	0.02	0.0041			
3251.04	3.20	3251.03	0.01	0.0040			

			3250.63	3.45	3250.62	0.01	0.0036
			3250.22	3.30	3250.20	0.01	0.0039
			3249.80	3.20	3249.79	0.01	0.0035
			3249.39	3.20	3249.38	0.01	0.0037
			3248.98	34.00	3248.84	0.14	0.0042
			3248.44	30.00	3248.33	0.11	0.0036
			3247.13	10.00	3247.09	0.03	0.0034
4	1659.48	0.001659	3246.69	10.75	3246.65	0.04	0.0041
			3246.25	4.80	3246.23	0.02	0.0039
			3245.83	3.25	3245.82	0.01	0.0037
			3245.42	3.00	3245.41	0.01	0.0035
			3245.01	2.95	3245.00	0.01	0.0037
			3244.60	2.80	3244.59	0.01	0.0039
			3244.19	1.90	3244.18	0.01	0.0040
			3243.78	1.60	3243.77	0.01	0.0042
			3243.37	2.00	3243.36	0.01	0.0036
			3242.96	1.90	3242.96	0.01	0.0034
			3242.56	1.80	3242.55	0.01	0.0035
			3242.15	1.60	3242.15	0.01	0.0038
			3241.75	2.10	3241.74	0.01	0.0041
			3241.34	3.40	3241.32	0.01	0.0037
			3240.92	3.85	3240.91	0.02	0.0042
			3240.51	4.00	3240.49	0.01	0.0036
			3240.09	3.50	3240.08	0.01	0.0034
			3239.68	3.20	3239.67	0.01	0.0041
			3239.27	2.40	3239.26	0.01	0.0039
			3238.86	3.45	3238.85	0.01	0.0041
			3238.45	3.50	3238.43	0.01	0.0040
			3238.03	3.60	3238.02	0.01	0.0036
			3237.62	3.40	3237.60	0.01	0.0039
			3237.20	10.40	3237.17	0.04	0.0035
			3236.77	4.50	3236.75	0.02	0.0037
			3235.95	2.30	3235.94	0.01	0.0039
			3235.54	4.60	3235.52	0.02	0.0040
			3235.12	4.70	3235.10	0.02	0.0042
			3234.70	3.80	3234.69	0.01	0.0036
			3234.29	3.60	3234.28	0.01	0.0034
			3233.88	3.30	3233.87	0.01	0.0035
			3233.47	13.00	3233.42	0.05	0.0038
			3233.02	4.40	3233.00	0.02	0.0041
			3231.80	1.90	3231.79	0.01	0.0040
			3231.39	2.00	3231.39	0.01	0.0036
			3230.99	1.95	3230.98	0.01	0.0039

			3230.58	1.10	3230.57	0.00	0.0035
			3230.17	4.00	3230.16	0.01	0.0037
5	771.82	0.000772	3229.76	11.00	3229.71	0.05	0.0042
			3229.31	20.00	3229.24	0.07	0.0036
			3228.84	5.00	3228.82	0.02	0.0034
			3228.42	3.30	3228.41	0.01	0.0041
			3228.01	9.60	3227.97	0.04	0.0039
			3227.57	3.20	3227.56	0.01	0.0037
			3227.16	16.00	3227.10	0.06	0.0035
			3226.30	4.00	3226.29	0.01	0.0037
			3225.89	4.50	3225.87	0.02	0.0039
			6	1069.08	0.001069	3225.47	4.00
3225.06	2.20	3225.05				0.01	0.0042
3224.65	1.25	3224.64				0.005	0.0036
3224.24	2.50	3224.23				0.01	0.0034
3223.83	1.20	3223.83				0.00	0.0035
3223.43	1.10	3223.43				0.00	0.0038
3223.03	19.00	3222.95				0.08	0.0041
3222.55	22.00	3222.46				0.09	0.0040
3222.06	7.50	3222.03				0.03	0.0036
3221.63	6.50	3221.61				0.03	0.0039
3221.21	6.00	3221.19				0.02	0.0035
3220.79	5.30	3220.77				0.02	0.0037
3220.37	6.00	3220.34				0.02	0.0039
3219.94	6.50	3219.92				0.03	0.0040
3219.52	4.50	3219.50				0.02	0.0042
3217.50	2.00	3217.49				0.01	0.0036
3217.09	1.70	3217.09				0.01	0.0034
3216.69	1.40	3216.68	0.00	0.0035			
7	1302.43	0.001302	3214.68	2.20	3214.67	0.01	0.0038
			3214.27	2.00	3214.26	0.01	0.0041
			3213.86	2.10	3213.86	0.01	0.0040
			3213.46	2.40	3213.45	0.01	0.0036
			3213.05	2.00	3213.04	0.01	0.0037
			3212.64	3.50	3212.63	0.01	0.0042
			3212.23	3.75	3212.21	0.01	0.0036
			3211.81	3.70	3211.80	0.01	0.0034
			3211.40	2.80	3211.39	0.01	0.0041
			3210.99	3.00	3210.98	0.01	0.0039
			3210.58	4.50	3210.56	0.02	0.0036
			3210.16	4.40	3210.14	0.02	0.0039
			3209.74	4.30	3209.73	0.02	0.0035
3209.33	4.60	3209.31	0.02	0.0037			

		3208.91	2.50	3208.90	0.01	0.0042
		3208.50	1.60	3208.49	0.01	0.0036
		3208.09	1.50	3208.09	0.01	0.0034
		3207.69	1.40	3207.68	0.01	0.0041
		3207.28	1.85	3207.28	0.01	0.0039
		3206.88	1.50	3206.87	0.01	0.0041
		3206.47	2.10	3206.46	0.01	0.0040
		3206.06	2.00	3206.05	0.01	0.0036
		3205.65	2.40	3205.65	0.01	0.0039
		3205.25	2.20	3205.24	0.01	0.0035
		3204.84	2.50	3204.83	0.01	0.0037
		3204.43	3.40	3204.41	0.01	0.0042
		3204.01	3.60	3204.00	0.01	0.0036
		3203.60	3.20	3203.59	0.01	0.0034
		3203.19	3.30	3203.18	0.01	0.0041
		3202.78	3.50	3202.76	0.01	0.0039
		3202.36	4.80	3202.35	0.02	0.0037
		3201.95	4.60	3201.93	0.02	0.0035
		3201.53	4.20	3201.51	0.02	0.0037
		3201.11	4.70	3201.10	0.02	0.0039
		3200.70	4.80	3200.68	0.02	0.0040
		3200.28	3.85	3200.26	0.02	0.0042
		3199.86	4.20	3199.84	0.02	0.0036
		3199.44	3.45	3199.43	0.01	0.0034
		3199.03	3.10	3199.02	0.01	0.0035
		3198.62	2.80	3198.61	0.01	0.0038
		3198.21	2.00	3198.20	0.01	0.0041

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 16

Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Manuel Prado” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

AVENIDA MANUEL PRADO UGARTE							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	337.42	0.000337	3271.65	4.70	3271.64	0.01	0.0025
			3271.24	3.65	3271.23	0.01	0.0028
			3270.83	4.00	3270.82	0.01	0.0032
			3270.42	4.50	3270.40	0.02	0.0035
			3270.00	6.00	3269.98	0.02	0.0038
			3269.58	7.10	3269.55	0.03	0.0040
2	1217.95	0.001218	3271.65	3.00	3271.64	0.01	0.0043
			3271.24	19.00	3271.19	0.05	0.0026
			3270.79	14.00	3270.75	0.04	0.0029
			3270.35	7.90	3270.32	0.03	0.0033
			3269.92	5.00	3269.90	0.02	0.0036
			3269.50	3.20	3269.49	0.01	0.0039
			3269.09	8.70	3269.05	0.04	0.0042
			3268.65	9.80	3268.61	0.04	0.0045
			3268.21	7.50	3268.19	0.02	0.0027
			3267.79	6.60	3267.77	0.02	0.0030
			3267.37	16.00	3267.32	0.05	0.0031
			3266.92	21.00	3266.85	0.07	0.0034
3	325.52	0.000626	3266.45	12.60	3266.40	0.05	0.0037
			3266.00	5.20	3265.98	0.02	0.0041
			3265.58	7.60	3265.55	0.03	0.0044
			3265.15	17.00	3265.10	0.04	0.0025
			3264.70	13.00	3264.65	0.06	0.0045
			3264.25	5.80	3264.23	0.02	0.0037
			3263.83	1.90	3263.82	0.01	0.0030
			3263.42	1.00	3263.42	0.00	0.0027
3263.02	13.50	3262.96	0.05	0.0040			
4	1731.84	0.001732	3262.56	25.00	3262.49	0.07	0.0029
			3262.09	88.00	3261.80	0.29	0.0033
			3261.40	24.00	3261.31	0.09	0.0036
			3260.91	5.60	3260.89	0.02	0.0039
			3260.49	4.80	3260.48	0.02	0.0034

			3260.08	1.70	3260.07	0.01	0.0037
			3259.67	1.00	3259.66	0.004	0.0041
			3259.26	1.00	3259.26	0.004	0.0044
			3258.86	8.70	3258.84	0.02	0.0025
5	1981.53	0.001982	3258.44	6.00	3258.41	0.03	0.0045
			3258.01	3.60	3258.00	0.01	0.0037
			3257.60	7.00	3257.58	0.02	0.0029
			3257.18	9.50	3257.15	0.03	0.0033
			3256.75	9.50	3256.71	0.03	0.0036
			3256.31	1.50	3256.31	0.01	0.0039
			3254.71	6.00	3254.68	0.03	0.0042
			3254.28	3.60	3254.27	0.02	0.0045
			3253.87	3.00	3253.86	0.01	0.0027
			3253.46	1.40	3253.45	0.004	0.0030
			3253.053	1.45	3253.048	0.004	0.0031
			3252.65	1.50	3252.64	0.01	0.0034
			3252.24	2.00	3252.24	0.01	0.0037
			3251.84	1.95	3251.83	0.01	0.0041
			3251.43	21.00	3251.34	0.09	0.0044
			3250.94	24.00	3250.88	0.06	0.0025
			3250.48	6.40	3250.46	0.02	0.0026
			3250.06	6.45	3250.04	0.02	0.0028
			3249.64	4.20	3249.63	0.01	0.0032
			3249.23	3.95	3249.21	0.01	0.0035
			3248.81	4.00	3248.80	0.02	0.0038
			3248.40	2.45	3248.39	0.01	0.0040
			3247.99	2.60	3247.98	0.01	0.0043
3247.58	2.40	3247.57	0.01	0.0045			
3245.97	5.65	3245.95	0.02	0.0027			
6	1846.27	0.001846	3245.55	15.00	3245.51	0.05	0.0030
			3245.11	4.30	3245.09	0.01	0.0031
			3244.69	10.00	3244.66	0.03	0.0034
			3244.26	3.30	3244.25	0.01	0.0037
			3243.85	2.70	3243.84	0.01	0.0041
			3243.44	2.30	3243.43	0.01	0.0044
			3243.03	4.00	3243.02	0.01	0.0025
			3242.62	2.65	3242.60	0.01	0.0045
			3242.20	6.00	3242.18	0.02	0.0037
			3241.78	4.40	3241.77	0.01	0.0030
			3241.37	3.80	3241.36	0.01	0.0027
			3240.96	4.20	3240.94	0.02	0.0037
			3240.54	4.00	3240.53	0.01	0.0029
3240.13	4.70	3240.12	0.02	0.0033			

			3239.72	3.75	3239.70	0.01	0.0036
			3239.30	6.50	3239.28	0.03	0.0039
			3238.88	7.00	3238.85	0.03	0.0042
			3238.45	7.20	3238.41	0.03	0.0045
			3238.01	8.00	3237.99	0.02	0.0027
			3237.59	5.70	3237.58	0.02	0.0030
			3237.18	3.90	3237.16	0.01	0.0031
			3236.76	3.20	3236.75	0.01	0.0034
			3236.35	3.00	3236.34	0.01	0.0037
			3235.94	3.65	3235.93	0.01	0.0041
			3235.53	3.40	3235.51	0.01	0.0044
			3235.112	1.70	3235.108	0.004	0.0025
			3234.708	1.40	3234.704	0.004	0.0026
			3234.304	1.35	3234.300	0.004	0.0028
			3233.900	1.18	3233.897	0.004	0.0032
			3233.497	1.00	3233.493	0.003	0.0035
			3231.89	1.50	3231.89	0.01	0.0038
			3231.49	4.50	3231.47	0.02	0.0040
			3231.07	41.00	3230.89	0.18	0.0043
7	847.25	0.000847	3230.49	2.70	3230.48	0.01	0.0045
			3230.081	1.25	3230.078	0.003	0.0027
			3229.68	1.80	3229.67	0.01	0.0038
			3229.27	1.45	3229.26	0.01	0.0040
			3228.86	4.65	3228.84	0.02	0.0043
			3228.44	5.00	3228.43	0.01	0.0026
			3228.032	1.15	3228.029	0.003	0.0029
			3227.63	3.40	3227.62	0.01	0.0033
			3227.22	15.00	3227.16	0.05	0.0036
8	902.28	0.000902	3226.76	5.10	3226.74	0.02	0.0039
			3226.34	11.00	3226.30	0.05	0.0042
			3225.90	8.40	3225.86	0.04	0.0045
			3225.46	5.00	3225.45	0.01	0.0027
			3225.05	2.25	3225.04	0.01	0.0030
			3223.84	7.30	3223.82	0.02	0.0031
			3223.42	5.15	3223.40	0.02	0.0034
			3223.00	6.50	3222.98	0.02	0.0037
			3222.58	10.00	3222.53	0.04	0.0041
			3222.13	5.60	3222.11	0.02	0.0044
			3221.71	4.55	3221.70	0.01	0.0025
			3221.30	3.00	3221.28	0.01	0.0045
			3220.88	2.50	3220.88	0.01	0.0037
			3220.48	2.40	3220.47	0.01	0.0030
			3220.07	1.86	3220.06	0.01	0.0027

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 17

Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “San Pedro” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

AVENIDA SAN PEDRO							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	1044.33	0.001044	3270.73	12.00	3270.69	0.03	0.0026
			3270.29	33.00	3270.22	0.08	0.0024
			3269.82	37.00	3269.69	0.13	0.0035
			3269.29	2.85	3269.28	0.01	0.0036
			3268.88	1.30	3268.87	0.005	0.0038
			3268.47	4.00	3268.45	0.02	0.0040
			3268.05	4.20	3268.04	0.02	0.0042
2	819.68	0.00082	3267.64	30.00	3267.56	0.07	0.0025
			3267.16	11.30	3267.14	0.02	0.0021
			3266.74	18.00	3266.70	0.04	0.0023
			3266.30	3.45	3266.29	0.01	0.0030
			3265.89	1.30	3265.88	0.004	0.0031
			3265.483	1.00	3265.481	0.002	0.0020
			3265.081	1.00	3265.079	0.002	0.0022
			3264.68	1.70	3264.67	0.01	0.0041
3264.27	12.80	3264.22	0.06	0.0043			
3	2124.53	0.002125	3263.82	10.50	3263.79	0.03	0.0029
			3263.39	5.50	3263.37	0.01	0.0027
			3262.97	6.40	3262.95	0.02	0.0033
			3262.55	11.50	3262.51	0.04	0.0039
			3262.11	4.30	3262.09	0.01	0.0034
			3261.69	7.00	3261.67	0.02	0.0032
			3261.27	13.00	3261.22	0.05	0.0037
			3260.82	36.00	3260.70	0.12	0.0033
			3260.30	32.00	3260.18	0.12	0.0039
			3259.78	6.70	3259.75	0.02	0.0034
			3259.35	23.00	3259.27	0.09	0.0038
			3258.87	4.50	3258.85	0.02	0.0040
			3258.45	3.80	3258.43	0.02	0.0042
3258.03	24.00	3257.97	0.06	0.0025			
4	1517.83	0.001518	3257.57	14.00	3257.54	0.03	0.0021
			3257.14	8.70	3257.12	0.02	0.0023

			3256.72	7.00	3256.70	0.03	0.0040
			3256.30	6.50	3256.27	0.03	0.0042
			3255.87	5.70	3255.85	0.01	0.0025
			3255.45	4.00	3255.45	0.01	0.0021
			3255.05	4.60	3255.03	0.01	0.0023
			3254.63	10.00	3254.60	0.03	0.0030
			3254.20	9.50	3254.18	0.03	0.0031
			3253.78	4.00	3253.77	0.01	0.0024
			3253.37	3.90	3253.35	0.01	0.0035
			3252.95	17.00	3252.89	0.06	0.0036
			3252.49	14.00	3252.44	0.05	0.0038
			3252.04	6.00	3252.01	0.02	0.0040
			3251.61	5.20	3251.59	0.02	0.0042
			3251.19	6.30	3251.18	0.02	0.0025
			3250.78	3.00	3250.77	0.01	0.0023
			3247.47	1.20	3247.46	0.005	0.0040
			3247.06	14.00	3247.01	0.06	0.0042
			3246.61	1.25	3246.60	0.003	0.0025
			3246.202	1.00	3246.200	0.002	0.0021
			3243.400	1.00	3243.398	0.002	0.0023
			3242.998	1.10	3242.993	0.005	0.0043
			3242.593	1.45	3242.589	0.004	0.0029
			3242.189	1.85	3242.184	0.005	0.0027
			3241.78	1.75	3241.78	0.01	0.0033
			3241.38	1.90	3241.37	0.01	0.0042
			3240.97	2.00	3240.97	0.01	0.0025
			3240.565	1.85	3240.561	0.004	0.0021
			3240.161	1.20	3240.158	0.003	0.0023
			3239.758	1.15	3239.755	0.003	0.0030
			3239.355	1.40	3239.351	0.004	0.0031
			3238.951	1.25	3238.948	0.003	0.0023
			3238.548	1.10	3238.544	0.003	0.0030
			3238.144	1.30	3238.140	0.004	0.0031
			3237.74	2.10	3237.74	0.004	0.0020
			3237.34	3.20	3237.33	0.01	0.0022
			3236.93	3.40	3236.92	0.01	0.0041
			3236.52	3.10	3236.50	0.01	0.0043
			3236.102	1.60	3236.097	0.005	0.0029
			3235.697	1.05	3235.694	0.003	0.0027
			3235.294	1.00	3235.291	0.003	0.0033
			3234.891	1.10	3234.887	0.004	0.0039
			3234.487	1.00	3234.483	0.003	0.0034
			3234.083	1.05	3234.080	0.003	0.0032
5	1686.95	0.001687					

			3233.68	1.80	3233.67	0.01	0.0037
			3233.27	7.80	3233.25	0.03	0.0033
			3232.85	6.30	3232.83	0.02	0.0024
			3232.43	12.50	3232.39	0.04	0.0035
			3231.99	11.80	3231.95	0.04	0.0036
			3231.55	15.40	3231.49	0.06	0.0038
			3231.09	24.00	3230.99	0.10	0.0040
			3230.59	23.40	3230.49	0.10	0.0042
6	778.79	0.000779	3230.094	1.20	3230.091	0.003	0.0025
			3229.691	1.10	3229.688	0.002	0.0021
			3229.29	10.00	3229.27	0.02	0.0023
			3228.87	4.80	3228.85	0.01	0.0027
			3228.45	4.65	3228.44	0.02	0.0033
			3228.04	17.00	3227.97	0.07	0.0039
			3227.57	11.00	3227.54	0.03	0.0024
			3227.14	1.50	3227.14	0.01	0.0035
			3226.74	2.00	3226.73	0.01	0.0036
			3226.33	6.85	3226.31	0.03	0.0038
7	880.03	0.000880	3225.91	6.50	3225.88	0.03	0.0040
			3225.48	2.90	3225.47	0.01	0.0042
			3225.07	2.80	3225.06	0.01	0.0025
			3224.66	2.75	3224.65	0.01	0.0021
			3224.25	4.20	3224.25	0.01	0.0023
			3223.85	4.10	3223.83	0.01	0.0030
			3223.43	6.55	3223.41	0.03	0.0042
			3223.01	7.50	3222.99	0.02	0.0025
			3222.59	5.60	3222.57	0.01	0.0023
			3222.17	6.30	3222.15	0.03	0.0040
			3221.75	6.75	3221.72	0.03	0.0042
			3221.32	7.00	3221.30	0.02	0.0025
			3220.90	7.80	3220.89	0.02	0.0021
3220.49	16.75	3220.45	0.04	0.0023			

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 18

Cálculo de Áreas y Pendientes de la avenida longitudinal “Abelardo Gamarra” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

AV. ABELARDO GAMARRA							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	1393.60	0.001394	3272.073	3.00	3272.069	0.005	0.0015
			3271.669	2.00	3271.665	0.003	0.0017
			3271.265	1.00	3271.263	0.002	0.0018
			3270.863	1.00	3270.861	0.002	0.0020
			3270.46	11.00	3270.43	0.03	0.0025
			3270.034	2.30	3270.030	0.004	0.0016
			3269.63	2.45	3269.62	0.01	0.0032
			3269.22	11.50	3269.19	0.03	0.0029
			3268.79	6.35	3268.77	0.02	0.0033
			3268.37	6.30	3268.36	0.01	0.0019
			3267.96	6.00	3267.94	0.02	0.0034
			3267.54	36.00	3267.40	0.13	0.0037
			3267.00	17.00	3266.97	0.04	0.0021
			3266.57	11.30	3266.52	0.05	0.0040
			3266.12	3.45	3266.11	0.01	0.0035
			3265.71	4.35	3265.70	0.01	0.0027
3265.30	4.95	3265.28	0.02	0.0031			
2	2258.99	0.002259	3264.88	10.00	3264.85	0.04	0.0036
			3264.45	5.45	3264.43	0.02	0.0030
			3264.03	6.00	3264.00	0.03	0.0042
			3263.60	28.50	3263.53	0.07	0.0026
			3263.13	12.00	3263.10	0.03	0.0022
			3262.70	15.45	3262.65	0.06	0.0038
			3262.25	3.70	3262.24	0.01	0.0024
			3261.84	6.70	3261.81	0.03	0.0041
			3261.41	25.00	3261.34	0.07	0.0028
			3260.94	19.00	3260.90	0.04	0.0023
			3260.50	26.00	3260.39	0.10	0.0039
			3259.99	8.90	3259.96	0.03	0.0034
			3259.56	13.80	3259.51	0.05	0.0037
			3259.11	13.00	3259.09	0.03	0.0021
3258.69	14.60	3258.63	0.06	0.0040			

			3258.23	14.90	3258.17	0.05	0.0035
3	1763.36	0.001763	3257.77	9.90	3257.75	0.03	0.0027
			3257.35	25.00	3257.27	0.08	0.0031
			3256.87	20.00	3256.80	0.07	0.0036
			3256.40	8.30	3256.37	0.02	0.0030
			3255.97	3.85	3255.96	0.01	0.0038
			3255.56	4.00	3255.55	0.01	0.0024
			3255.15	3.75	3255.13	0.02	0.0041
			3254.73	7.45	3254.71	0.02	0.0028
			3254.31	7.85	3254.30	0.01	0.0015
			3253.90	3.60	3253.90	0.01	0.0017
			3253.50	7.15	3253.48	0.01	0.0018
			3253.08	4.00	3253.07	0.01	0.0020
			3252.67	3.90	3252.66	0.01	0.0025
			3252.26	5.30	3252.26	0.01	0.0016
			3251.86	4.90	3251.84	0.02	0.0032
			3251.44	3.40	3251.43	0.01	0.0029
			3251.03	3.25	3251.02	0.01	0.0024
			3250.62	3.45	3250.61	0.01	0.0041
			3250.21	3.85	3250.20	0.01	0.0028
			3249.80	4.70	3249.79	0.01	0.0023
			3249.39	1.65	3249.38	0.01	0.0039
			3247.981	1.00	3247.977	0.003	0.0034
			3247.28	4.50	3247.26	0.01	0.0029
3246.86	9.70	3246.84	0.02	0.0025			
4	594.21	0.000594	3246.440	2.00	3246.437	0.003	0.0016
			3246.037	1.55	3246.032	0.005	0.0032
			3245.632	1.30	3245.628	0.004	0.0029
			3245.228	1.20	3245.224	0.004	0.0033
			3244.824	1.40	3244.822	0.003	0.0019
			3244.42	1.75	3244.42	0.01	0.0034
			3244.02	2.25	3244.01	0.01	0.0037
			3243.607	2.50	3243.604	0.004	0.0015
			3243.204	2.30	3243.200	0.004	0.0017
			3242.800	1.50	3242.797	0.003	0.0018
			3242.397	1.40	3242.394	0.003	0.0020
			3241.994	1.15	3241.991	0.003	0.0025
			3241.591	1.20	3241.589	0.002	0.0016
			3241.189	1.18	3241.187	0.002	0.0021
			3240.79	1.25	3240.78	0.01	0.0040
			3240.382	1.00	3240.378	0.003	0.0035
			3239.978	1.20	3239.975	0.003	0.0027
3239.275	1.00	3239.272	0.003	0.0031			

			3238.872	1.30	3238.867	0.005	0.0036
			3238.467	1.50	3238.463	0.005	0.0030
			3238.06	1.90	3238.06	0.01	0.0038
			3237.66	1.70	3237.65	0.01	0.0033
			3237.250	2.00	3237.246	0.004	0.0019
			3236.85	2.10	3236.84	0.01	0.0034
			3236.439	1.00	3236.435	0.004	0.0037
5	1096.55	0.001097	3233.04	6.50	3233.02	0.01	0.0021
			3232.62	10.70	3232.58	0.04	0.0040
			3232.18	4.00	3232.16	0.01	0.0035
			3231.76	15.00	3231.72	0.04	0.0027
			3231.32	30.00	3231.23	0.09	0.0031
			3230.83	25.00	3230.74	0.09	0.0036
			3230.34	10.00	3230.31	0.03	0.0030
			3229.91	1.30	3229.91	0.01	0.0042
			3229.51	1.00	3229.50	0.003	0.0026
			3229.10	13.40	3229.07	0.03	0.0022
6	675.12	0.000675	3228.67	22.00	3228.59	0.08	0.0038
			3228.19	16.00	3228.15	0.04	0.0024
			3227.75	20.00	3227.67	0.08	0.0041
			3227.270	1.65	3227.265	0.005	0.0028
			3226.87	1.10	3226.86	0.004	0.0039
			3226.461	1.00	3226.458	0.003	0.0034
			3226.06	3.00	3226.05	0.01	0.0037
			3225.65	9.00	3225.63	0.02	0.0021
7	916.79	0.000917	3225.23	1.50	3225.22	0.01	0.0040
			3224.822	1.20	3224.817	0.004	0.0035
			3224.417	1.18	3224.414	0.003	0.0027
			3224.014	1.15	3224.011	0.004	0.0031
			3223.61	1.45	3223.61	0.01	0.0036
			3223.21	1.70	3223.20	0.01	0.0030
			3222.80	1.65	3222.79	0.01	0.0038
			3222.394	1.48	3222.391	0.003	0.0022
			3221.99	1.40	3221.99	0.01	0.0038
			3221.585	1.70	3221.581	0.004	0.0024
			3221.18	2.00	3221.17	0.01	0.0041
			3220.77	6.00	3220.76	0.02	0.0028
			3220.36	9.50	3220.33	0.02	0.0023
			3219.93	4.00	3219.92	0.02	0.0039
			3219.52	15.00	3219.47	0.05	0.0034
			3219.07	5.30	3219.05	0.02	0.0037
			3218.65	4.20	3218.64	0.01	0.0021
3218.24	11.00	3218.20	0.04	0.0040			

			3217.80	2.00	3217.79	0.01	0.0035
			3217.39	1.80	3217.38	0.005	0.0027
			3216.98	3.20	3216.97	0.01	0.0031
8	2692.64	0.002693	3216.57	14.10	3216.54	0.04	0.0026
			3216.137	1.50	3216.135	0.002	0.0013
			3215.74	1.38	3215.73	0.003	0.0019
			3215.333	2.80	3215.330	0.003	0.0010
			3214.93	3.10	3214.92	0.01	0.0017
			3214.52	12.00	3214.50	0.03	0.0023
			3214.10	7.00	3214.07	0.03	0.0038
			3213.67	11.00	3213.63	0.05	0.0041
			3213.23	9.30	3213.22	0.01	0.0011
			3212.82	20.00	3212.79	0.02	0.0012
			3212.39	12.00	3212.37	0.02	0.0018
			3211.97	25.00	3211.93	0.04	0.0015
			3211.53	26.00	3211.47	0.06	0.0022
			3211.07	40.00	3210.95	0.12	0.0030
			3210.55	65.00	3210.34	0.21	0.0033
			3209.94	43.00	3209.76	0.18	0.0042
3209.36	5.10	3209.34	0.02	0.0039			

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 19

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Humberto Ledesma” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE HUMBERTO LEDESMA							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	970.76	0.000971	3272.36	1.60	3272.35	0.01	0.0047
			3272.25	2.85	3272.24	0.01	0.0030
			3272.14	3.50	3272.13	0.01	0.0035
			3272.03	8.50	3272.00	0.03	0.0039
			3271.90	9.70	3271.87	0.03	0.0031
			3271.77	4.50	3271.75	0.01	0.0032
			3271.65	6.00	3271.63	0.02	0.0034
			3271.53	5.60	3271.51	0.02	0.0038
			3271.41	2.65	3271.40	0.01	0.0043
			3271.30	3.50	3271.29	0.01	0.0036
			3271.19	7.50	3271.15	0.03	0.0045
			3271.05	12.00	3271.00	0.05	0.0042
			3270.90	11.30	3270.85	0.05	0.0044
			3270.75	6.80	3270.73	0.03	0.0037
			3270.63	4.30	3270.61	0.02	0.0046
3270.51	4.00	3270.49	0.02	0.0040			
3270.39	8.45	3270.36	0.03	0.0041			
2	1315.52	0.001316	3272.36	5.00	3272.34	0.02	0.0031
			3272.24	4.30	3272.23	0.01	0.0032
			3272.13	8.50	3272.10	0.03	0.0034
			3272.00	6.00	3271.98	0.02	0.0038
			3271.88	2.65	3271.87	0.01	0.0043
			3271.77	11.00	3271.73	0.04	0.0036
			3271.63	15.00	3271.56	0.07	0.0047
			3271.46	27.00	3271.37	0.08	0.0030
			3271.27	21.00	3271.20	0.07	0.0035
			3271.10	2.00	3271.09	0.01	0.0039
			3270.993	1.00	3270.989	0.004	0.0042
			3270.89	7.15	3270.86	0.03	0.0044

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 20

Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje transversal “Pasaje Antaño” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

PASAJE ANTAÑO							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	743.42	0.000743	3268.55	1.80	3268.54	0.01	0.0057
			3268.44	3.60	3268.42	0.01	0.0036
			3268.32	1.40	3268.32	0.01	0.0045
			3268.22	2.40	3268.20	0.01	0.0056
			3268.10	7.00	3268.08	0.02	0.0031
			3267.98	15.00	3267.93	0.05	0.0032
			3267.83	22.00	3267.76	0.07	0.0034
			3267.66	20.00	3267.58	0.08	0.0038
			3267.48	19.00	3267.39	0.09	0.0049
			3267.29	11.50	3267.23	0.06	0.0053
			3267.13	5.40	3267.10	0.03	0.0048
2	678.28	0.000678	3267.00	14.00	3266.95	0.05	0.0035
			3266.85	18.00	3266.77	0.08	0.0044
			3266.67	15.00	3266.62	0.06	0.0037
			3266.52	17.80	3266.44	0.08	0.0046
			3266.34	15.00	3266.28	0.06	0.0040

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 21

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Inca Garcilazo de la Vega” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE INCA GARCILAZO DE LA VEGA							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	1313.49	0.001313	3265.53	4.00	3265.51	0.02	0.0044
			3265.41	1.35	3265.41	0.01	0.0040
			3265.31	4.40	3265.30	0.01	0.0030
			3265.20	10.00	3265.17	0.03	0.0028
			3265.07	17.00	3264.99	0.08	0.0047
			3264.89	19.00	3264.84	0.05	0.0026
			3264.74	20.00	3264.67	0.07	0.0033
			3264.57	16.00	3264.52	0.06	0.0035
2	930.04	0.000930	3264.42	17.75	3264.34	0.07	0.0041
			3264.24	4.00	3264.23	0.01	0.0029
			3264.13	6.40	3264.11	0.02	0.0034
			3264.01	9.50	3263.99	0.02	0.0025
			3263.89	11.00	3263.84	0.05	0.0042
			3263.74	17.00	3263.68	0.06	0.0037
			3263.58	10.60	3263.53	0.05	0.0043
			3263.43	6.20	3263.41	0.02	0.0036
3	1160.380	0.001160	3263.31	4.30	3263.29	0.02	0.0045
			3263.19	12.30	3263.14	0.05	0.0039
			3263.04	16.00	3263.00	0.04	0.0027
			3262.90	21.00	3262.83	0.07	0.0032
			3262.73	16.60	3262.67	0.06	0.0038
			3262.57	17.20	3262.49	0.08	0.0046
			3262.39	23.35	3262.32	0.07	0.0031

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 22

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “8 de Febrero” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE 8 DE FEBRERO							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	484.25	0.000484	3261.09	20.00	3261.05	0.04	0.0022
			3260.95	4.00	3260.93	0.01	0.0030
			3260.833	1.20	3260.830	0.003	0.0021
			3260.730	1.30	3260.726	0.005	0.0035
			3260.626	1.10	3260.622	0.004	0.0037
			3260.522	1.00	3260.517	0.004	0.0044
			3260.417	1.40	3260.413	0.005	0.0034
			3260.31	2.60	3260.30	0.01	0.0039
			3260.20	3.00	3260.19	0.01	0.0045
			3260.09	2.90	3260.08	0.01	0.0041
			3259.98	6.00	3259.95	0.03	0.0042
			3259.85	6.60	3259.82	0.03	0.0043
			3259.72	3.30	3259.71	0.01	0.0027
			3259.61	4.58	3259.60	0.01	0.0023
2	878.820	0.000879	3260.99	8.00	3260.97	0.02	0.0024
			3260.87	11.00	3260.84	0.03	0.0025
			3260.74	14.00	3260.71	0.04	0.0026
			3260.61	3.30	3260.60	0.01	0.0020
			3260.50	1.00	3260.49	0.005	0.0046
			3260.195	1.20	3260.190	0.005	0.0040
			3259.89	1.80	3259.88	0.01	0.0039
			3259.68	1.60	3259.68	0.01	0.0047
			3259.48	1.85	3259.47	0.01	0.0033
			3259.37	9.50	3259.34	0.03	0.0031
3	575.350	0.000575	3259.85	6.00	3259.82	0.03	0.0046
			3259.90	28.00	3259.82	0.08	0.0029
			3259.90	2.10	3259.89	0.01	0.0045
			3259.900	1.00	3259.895	0.005	0.0047
			3259.75	2.50	3259.74	0.01	0.0030
			3259.80	12.00	3259.76	0.04	0.0036
			3259.80	6.80	3259.78	0.02	0.0028
			3259.800	1.00	3259.795	0.005	0.0047
3259.45	7.00	3259.42	0.03	0.0038			

4	410.680	0.000411	3259.32	7.80	3259.29	0.04	0.0046
			3259.19	20.00	3259.10	0.09	0.0044
			3259.00	16.60	3258.94	0.06	0.0038
			3258.84	19.70	3258.76	0.08	0.0039
			3258.66	2.70	3258.65	0.01	0.0040
			3258.55	2.00	3258.54	0.01	0.0045
			3258.44	1.70	3258.43	0.01	0.0037
5	309.78	0.000310	3258.59	6.00	3258.56	0.02	0.0039
			3258.462	1.20	3258.457	0.005	0.0040
			3258.357	1.00	3258.352	0.005	0.0047
			3258.25	1.80	3258.25	0.01	0.0033
			3258.15	10.00	3258.12	0.03	0.0031
			3258.02	17.50	3257.93	0.08	0.0046
			3257.83	28.00	3257.75	0.09	0.0031

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 23

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “San Martín” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE SAN MARTIN							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	1335.45	0.001335	3248.15	4.50	3248.13	0.02	0.0044
			3248.03	15.00	3247.96	0.07	0.0045
			3247.86	2.45	3247.85	0.01	0.0046
			3247.751	1.00	3247.747	0.005	0.0047
			3247.50	2.00	3247.49	0.01	0.0038
			3248.05	12.00	3248.02	0.03	0.0023
			3247.92	21.00	3247.88	0.04	0.0020
			3247.78	40.00	3247.70	0.08	0.0021
			3247.40	12.50	3247.37	0.03	0.0025
			3247.265	1.10	3247.261	0.004	0.0039
			3246.961	1.10	3246.957	0.004	0.0035
3246.607	1.30	3246.602	0.005	0.0038			
2	749.53	0.000750	3247.50	4.40	3247.48	0.02	0.0042
			3247.28	2.50	3247.27	0.01	0.0037
			3247.17	6.00	3247.16	0.02	0.0028

			3247.06	8.00	3247.03	0.03	0.0034
			3246.93	16.50	3246.85	0.08	0.0047
			3246.75	25.00	3246.69	0.06	0.0025
			3246.59	1.80	3246.58	0.01	0.0043
			3246.48	2.40	3246.47	0.01	0.0039
3	1001.10	0.001001	3247.97	4.00	3247.96	0.02	0.0040
			3247.86	1.25	3247.85	0.01	0.0041
			3247.752	1.10	3247.747	0.005	0.0042
			3247.647	1.35	3247.642	0.005	0.0036
			3247.542	1.10	3247.538	0.005	0.0042
			3247.438	1.00	3247.433	0.005	0.0045
			3247.87	16.00	3247.80	0.07	0.0043
			3247.70	19.60	3247.62	0.08	0.0041
			3247.52	14.00	3247.47	0.05	0.0037
			3247.37	7.50	3247.35	0.03	0.0036
			3247.25	4.00	3247.23	0.01	0.0035
			3247.13	11.00	3247.10	0.03	0.0028
			3247.00	10.00	3246.96	0.04	0.0040
			3246.86	3.40	3246.85	0.01	0.0033
4	747.66	0.000748	3247.45	1.20	3247.45	0.01	0.0045
			3247.30	1.40	3247.29	0.01	0.0038
			3247.14	3.75	3247.13	0.01	0.0034
			3247.03	20.00	3246.97	0.06	0.0028
			3246.87	25.00	3246.81	0.06	0.0025
			3246.71	14.75	3246.66	0.05	0.0036

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 24

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Unión” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE UNION							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	950.95	0.000950	3231.71	6.40	3231.68	0.02	0.0035
			3231.58	5.00	3231.56	0.02	0.0043
			3231.46	2.00	3231.46	0.01	0.0027
			3231.36	5.20	3231.34	0.02	0.0030
			3231.24	10.00	3231.21	0.03	0.0028
			3231.11	28.00	3231.04	0.08	0.0027
			3230.94	26.65	3230.86	0.08	0.0029
2	800.43	0.000800	3230.76	20.00	3230.67	0.09	0.0046
			3230.57	32.00	3230.48	0.09	0.0028
			3230.38	30.00	3230.29	0.09	0.0029
			3230.19	14.60	3230.14	0.05	0.0033
3	919.56	0.000920	3231.61	30.00	3231.51	0.09	0.0031
			3231.41	17.00	3231.36	0.05	0.0029
			3231.26	23.50	3231.19	0.07	0.0031
			3231.09	2.40	3231.08	0.01	0.0041
4	2245.02	0.002245	3230.98	1.75	3230.97	0.01	0.0040
			3230.823	1.30	3230.818	0.005	0.0038
			3230.72	8.30	3230.69	0.03	0.0032
			3230.59	20.00	3230.52	0.07	0.0037
			3230.42	22.00	3230.35	0.07	0.0030
			3230.25	19.00	3230.17	0.08	0.0044
			3230.07	32.00	3229.98	0.09	0.0029
			3229.88	30.00	3229.79	0.08	0.0027
			3229.69	20.00	3229.63	0.07	0.0034
			3229.53	29.00	3229.44	0.08	0.0028
3229.34	23.75	3229.27	0.08	0.0033			

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 25

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Juan Velasco Alvarado” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE JUAN VELASCO ALVARADO							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	922.61	0.000923	3233.14	9.00	3233.11	0.03	0.0028
			3233.01	14.00	3232.97	0.04	0.0029
			3232.87	21.50	3232.81	0.06	0.0030
			3232.71	26.00	3232.63	0.07	0.0028
			3232.53	24.45	3232.46	0.07	0.0029
2	615.06	0.000615	3233.13	7.50	3233.10	0.03	0.0040
			3233.00	2.00	3232.99	0.01	0.0034
			3232.89	4.00	3232.88	0.01	0.0035
			3232.78	11.00	3232.74	0.04	0.0036
			3232.64	25.00	3232.57	0.07	0.0029
			3232.47	22.00	3232.40	0.07	0.0030
			3232.30	7.30	3232.28	0.02	0.0031

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 26

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Progreso” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE PROGRESO							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	2382.25	0.002382	3227.72	6.40	3227.70	0.02	0.0029
			3227.60	25.00	3227.52	0.07	0.0030
			3227.42	30.00	3227.33	0.09	0.0031
			3227.23	26.00	3227.15	0.08	0.0032
			3227.05	29.00	3226.96	0.08	0.0029
			3226.86	27.00	3226.78	0.09	0.0032
			3226.68	35.00	3226.51	0.16	0.0046
			3226.41	27.40	3226.32	0.10	0.0035

2	1037.38	0.001037	3227.62	30.00	3227.53	0.09	0.0029
			3227.43	35.00	3227.26	0.16	0.0047
			3227.16	5.75	3227.14	0.02	0.0039
			3226.89	29.00	3226.81	0.09	0.0030
3	2162.63	0.002163	3226.56	32.00	3226.46	0.09	0.0029
			3226.21	40.00	3226.06	0.15	0.0037
			3225.81	33.00	3225.67	0.14	0.0043
			3225.42	39.00	3225.27	0.16	0.0040
			3225.02	58.15	3224.80	0.22	0.0038

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 27

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Independencia” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

CALLE INDEPENDENCIA							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	1483.29	0.001483	3220.86	1.50	3220.85	0.01	0.0035
			3220.75	5.40	3220.73	0.02	0.0036
			3220.63	1.45	3220.63	0.01	0.0041
			3220.48	1.60	3220.47	0.01	0.0038
			3220.37	7.00	3220.34	0.03	0.0046
			3220.24	21.00	3220.16	0.08	0.0037
			3220.06	40.00	3219.92	0.14	0.0035
			3219.82	20.00	3219.75	0.07	0.0037
			3219.65	19.00	3219.57	0.08	0.0042
			3219.47	27.00	3219.37	0.10	0.0036
2	584.41	0.000584	3219.27	35.00	3219.15	0.12	0.0035
			3219.05	40.00	3218.90	0.15	0.0037
			3218.80	25.00	3218.67	0.13	0.0050
			3218.57	14.00	3218.52	0.05	0.0039
			3218.22	1.10	3218.22	0.01	0.0048
			3217.72	1.10	3217.71	0.01	0.0047
3	556.33	0.000556	3217.51	4.05	3217.49	0.02	0.0049
			3220.76	14.00	3220.70	0.06	0.0044
			3220.60	25.00	3220.47	0.13	0.0050
			3220.37	23.50	3220.29	0.08	0.0035
			3220.19	2.45	3220.18	0.01	0.0054
			3220.08	1.00	3220.07	0.01	0.0056

			3219.82	1.00	3219.81	0.01	0.0057
			3219.71	3.60	3219.70	0.01	0.0035
4	1995.78	0.001996	3219.60	1.50	3219.60	0.01	0.0038
			3219.50	1.48	3219.49	0.01	0.0040
			3219.29	3.00	3219.28	0.01	0.0042
			3219.18	7.00	3219.15	0.03	0.0040
			3219.05	8.00	3219.02	0.03	0.0038
			3218.92	20.00	3218.83	0.09	0.0045
			3218.73	10.50	3218.68	0.05	0.0046
			3218.58	5.00	3218.56	0.02	0.0040
			3218.46	3.75	3218.45	0.01	0.0037
			3218.35	3.40	3218.33	0.01	0.0039
			3218.23	23.00	3218.15	0.08	0.0036
			3218.05	21.00	3217.97	0.08	0.0038
			3217.87	25.00	3217.78	0.09	0.0035
			3217.68	30.00	3217.57	0.11	0.0037
			3217.47	28.50	3217.32	0.15	0.0054
			3217.22	24.00	3217.09	0.13	0.0055
3216.99	21.75	3216.90	0.09	0.0040			

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 28

Cálculo de Áreas y Pendientes de la calle transversal “Pasaje 1” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

PASAJE 1							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	605.06	0.000605	3271.88	9.00	3271.84	0.03	0.0037
			3271.74	9.70	3271.70	0.04	0.0040
			3271.60	2.30	3271.59	0.01	0.0044
			3271.49	1.60	3271.49	0.01	0.0038
			3271.39	2.00	3271.38	0.01	0.0039
			3271.28	1.55	3271.27	0.01	0.0042
			3271.17	1.70	3271.17	0.01	0.0046
			3271.07	12.00	3271.01	0.06	0.0047
			3270.91	4.80	3270.89	0.02	0.0043
			3270.79	2.00	3270.78	0.01	0.0045
			3270.63	1.50	3270.62	0.01	0.0037
			3270.52	1.40	3270.52	0.01	0.0041

			3270.37	1.78	3270.36	0.01	0.0038
			3270.26	1.38	3270.26	0.01	0.0039
			3270.16	1.70	3270.15	0.01	0.0045
			3269.95	1.20	3269.94	0.01	0.0047
			3269.74	1.15	3269.74	0.00	0.0040
			3269.54	1.25	3269.53	0.00	0.0038
			3269.23	1.65	3269.23	0.01	0.0037
			3269.03	8.10	3268.99	0.04	0.0045

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 29

Cálculo de Áreas y Pendientes de la acequia de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

ACEQUIA							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	299.67	0.000300	3257.75	2.50	3257.74	0.01	0.0040
			3257.54	1.10	3257.53	0.00	0.0042
			3257.23	1.60	3257.23	0.01	0.0044
			3256.98	4.30	3256.96	0.02	0.0045
			3256.66	1.45	3256.65	0.01	0.0050
			3256.35	1.40	3256.34	0.01	0.0049
			3255.94	1.20	3255.94	0.00	0.0041
			3255.74	1.00	3255.73	0.00	0.0046
			3255.43	1.50	3255.43	0.01	0.0047
			3255.13	1.30	3255.12	0.01	0.0043
			3254.92	8.10	3254.88	0.04	0.0048
			3254.68	1.20	3254.68	0.00	0.0040
			3254.48	2.60	3254.47	0.01	0.0041
			3254.27	2.85	3254.25	0.01	0.0045
			3254.15	1.40	3254.15	0.01	0.0048
			3253.90	2.50	3253.88	0.01	0.0050
			3253.78	2.80	3253.77	0.01	0.0042
			3253.67	3.00	3253.66	0.01	0.0041
			3253.51	4.30	3253.49	0.02	0.0040
			3253.19	2.85	3253.18	0.01	0.0045
3252.98	2.80	3252.97	0.01	0.0047			
3252.77	2.70	3252.75	0.01	0.0050			
3252.35	5.75	3252.33	0.03	0.0046			

			3252.23	1.38	3252.22	0.01	0.0047
			3251.92	4.30	3251.90	0.02	0.0046
			3251.70	4.55	3251.68	0.02	0.0040
			3251.48	5.20	3251.46	0.02	0.0044
			3251.16	7.20	3251.13	0.03	0.0047
			3250.93	4.70	3250.90	0.02	0.0050
			3250.60	5.10	3250.58	0.02	0.0043
			3250.28	5.00	3250.26	0.02	0.0042
			3249.96	3.15	3249.95	0.01	0.0045
			3249.65	3.25	3249.63	0.01	0.0046
			3249.33	3.25	3249.32	0.01	0.0040
			3249.12	3.60	3249.10	0.01	0.0041
			3248.80	1.65	3248.79	0.01	0.0047
			3248.59	5.10	3248.57	0.03	0.0050
			3248.27	8.00	3248.24	0.03	0.0042
			3248.04	3.60	3248.02	0.02	0.0047
			3247.82	2.85	3247.81	0.01	0.0043
			3247.51	5.60	3247.48	0.02	0.0044
			3247.33	2.48	3247.32	0.01	0.0042

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 30

Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje “Gerardo Castillo 1” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

PASAJE GERARDO CASTILLO 1.0							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	218.57	0.000219	3246.66	2.50	3246.65	0.01	0.0045
			3246.35	1.50	3246.34	0.01	0.0046
			3245.94	2.10	3245.93	0.01	0.0047
			3245.63	1.45	3245.62	0.01	0.0048
			3245.22	2.00	3245.21	0.01	0.0049
			3244.91	1.35	3244.91	0.01	0.0050
			3244.61	2.60	3244.60	0.01	0.0045
			3244.30	2.45	3244.28	0.01	0.0047
			3244.03	1.20	3244.03	0.01	0.0048
			3243.63	1.00	3243.62	0.00	0.0046
			3243.22	1.15	3243.22	0.01	0.0050
			3242.82	1.00	3242.81	0.00	0.0045

		3242.26	1.10	3242.26	0.01	0.0050
		3241.86	1.00	3241.85	0.00	0.0048
		3241.45	1.00	3241.45	0.00	0.0045
		3240.90	1.20	3240.89	0.00	0.0040
		3240.49	1.10	3240.49	0.00	0.0043
		3240.09	1.40	3240.08	0.01	0.0049
		3239.68	1.50	3239.67	0.01	0.0050
		3239.27	1.30	3239.27	0.01	0.0046
		3238.87	1.40	3238.86	0.01	0.0044
		3238.46	1.48	3238.46	0.01	0.0040
		3237.96	1.20	3237.95	0.00	0.0041
		3237.45	1.10	3237.45	0.01	0.0050
		3236.95	1.15	3236.94	0.00	0.0040
		3236.34	1.40	3236.34	0.01	0.0042
		3235.74	1.30	3235.73	0.01	0.0043
		3235.13	1.38	3235.12	0.01	0.0045
		3234.52	1.28	3234.52	0.01	0.0040
		3233.92	1.20	3233.91	0.00	0.0041
		3233.31	1.35	3233.31	0.01	0.0043
		3232.81	1.30	3232.80	0.01	0.0049

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 31

Cálculo de Áreas y Pendientes del pasaje “Gerardo Castillo 1.1” de la localidad por cada tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico.

PASAJE GERARDO CASTILLO 1.1							
TRAMO	ÁREA		COTA FINAL (msnm)	LONGITUD (m)	COTA INICIAL (msnm)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)
	m2	km2					
1	536.7	0.000537	3232.05	3.30	3232.03	0.02	0.0046
			3231.83	3.25	3231.82	0.02	0.0048
			3231.62	11.85	3231.56	0.06	0.0049
			3231.36	23.00	3231.25	0.11	0.0047
			3231.15	22.50	3231.04	0.11	0.0050
			3230.84	9.00	3230.79	0.05	0.0051
			3230.59	3.60	3230.58	0.02	0.0052
			3230.38	8.60	3230.33	0.05	0.0054

Fuente: Los investigadores, 2019.

b) determinación del coeficiente de escorrentía. Para el caso del dato del coeficiente escorrentía, se terminó gracias a la tabla 1.b. de la Norma OS. 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que continuación se muestra.

Figura 12

Coefficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas, de 5 y 10 años de Periodo de Retorno.

Características de la superficie	Coefficiente de Escorrentia
Calles	
Pavimento Asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de Adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y Azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,05 a 0,10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,10 a 0,15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,13 a 0,17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,18 a 0,22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,25 a 0,35
Praderas	0,20

Fuente: Norma OS. 060 – RNE.

De acuerdo a la tabla mostrada los coeficientes que se usarán para el presente estudio serán, el **0.95** para pavimento de concreto, **0.85** para pavimentos de adoquines, y para el resto donde no existe pavimentación de ningún tipo será de **0.20** por ser un suelo arenoso con pendientes pronunciadas mayores a 7%.

c) Calculo de los caudales de diseño.

Una vez determinados los valores para el uso del método racional, se procedió al cálculo de los caudales de diseño para cada uno de los tramos de calles y avenidas tanto las calles definidas como longitudinales, secundarias y terciarias. Los resultados producto de la aplicación de la fórmula del Método Racional, tal y como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 32

Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo de las avenidas longitudinales.

CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS (MÉTODO RACIONAL)					
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD, 2019.					
LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA		DEPARTAMENTO	
LOCALIDAD CURGOS	CURGOS	SÁNCHEZ CARRIÓN		LA LIBERTAD	
Cuencas y Tramos		C	I (mm/hr)	Área (Km ²)	Q (m ³ /s)
TRAMOS LONGITUDINALES (FLUJOS PRIMARIOS)					
AV. SÁNCHEZ CARRIÓN	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000588	0.005
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.001215	0.010
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.001571	0.013
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.001659	0.014
	TRAMO 5	0.20	146.89	0.000772	0.006
	TRAMO 6	0.20	146.89	0.001069	0.009
	TRAMO 7	0.20	146.89	0.001302	0.011
AV. MANUEL PRADO UGARTE	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000337	0.003
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.001218	0.010
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.000626	0.005
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.001732	0.014
	TRAMO 5	0.85	146.89	0.001982	0.069
	TRAMO 6	0.85	146.89	0.001846	0.064
	TRAMO 7	0.95	146.89	0.000847	0.033
	TRAMO 8	0.20	146.89	0.000902	0.007
AV. SAN PEDRO	TRAMO 1	0.20	146.89	0.001044	0.009
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.000820	0.007
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.002125	0.017
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.001518	0.012
	TRAMO 5	0.20	146.89	0.001687	0.014
	TRAMO 6	0.95	146.89	0.000779	0.030
	TRAMO 7	0.20	146.89	0.000880	0.007
AV. ABELARDO GAMARRA	TRAMO 1	0.20	146.89	0.001394	0.011
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.002259	0.018
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.001763	0.014
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.000594	0.005
	TRAMO 5	0.20	146.89	0.001097	0.009
	TRAMO 6	0.20	146.89	0.000675	0.006
	TRAMO 7	0.20	146.89	0.000917	0.007
	TRAMO 8	0.20	146.89	0.002693	0.022

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 33

Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo de las calles transversales.

CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS (MÉTODO RACIONAL)					
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD, 2019.					
LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA		DEPARTAMENTO	
LOCALIDAD CURGOS	CURGOS	SÁNCHEZ CARRIÓN		LA LIBERTAD	
Cuencas y Tramos		C	I (mm/hr)	Área (Km ²)	Q (m ³ /s)
TRAMOS TRANSVERSALES (FLUJOS SECUNDARIOS)					
CALLE HUMBERTO LEDESMA	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000971	0.008
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.001316	0.051
PASAJE ANTAÑO	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000678	0.006
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.000743	0.006
CALLE INCA GARCILASO DE LA VEGA	TRAMO 1	0.95	146.89	0.001160	0.045
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.000930	0.036
	TRAMO 3	0.95	146.89	0.001313	0.051
CALLE 8 DE FEBRERO	TRAMO 1	0.95	146.89	0.000484	0.019
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.000879	0.034
	TRAMO 3	0.95	146.89	0.000575	0.022
	TRAMO 4	0.95	146.89	0.000411	0.016
	TRAMO 5	0.95	146.89	0.000310	0.012
CALLE SAN MARTIN	TRAMO 1	0.95	146.89	0.001335	0.052
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.000750	0.029
	TRAMO 3	0.95	146.89	0.001001	0.039
	TRAMO 4	0.95	146.89	0.000748	0.029
CALLE JUAN VELASCO ALVARADO	TRAMO 1	0.95	146.89	0.000923	0.036
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.000615	0.024
CALLE UNIÓN	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000800	0.007
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.000951	0.008
	TRAMO 3	0.95	146.89	0.000920	0.036
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.002245	0.018
CALLE PROGRESO	TRAMO 1	0.20	146.89	0.002382	0.019
	TRAMO 2	0.95	146.89	0.001037	0.040
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.002163	0.018
CALLE INDEPENDENCIA	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000584	0.005
	TRAMO 2	0.20	146.89	0.001483	0.012
	TRAMO 3	0.20	146.89	0.000556	0.005
	TRAMO 4	0.20	146.89	0.001996	0.016

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 34

Cálculo de los caudales de diseño mediante el método racional, por cada tramo terciarios.

CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS (MÉTODO RACIONAL)					
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD, 2019.					
LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA		DEPARTAMENTO	
LOCALIDAD CURGOS	CURGOS	SÁNCHEZ CARRIÓN		LA LIBERTAD	
Cuencas y Tramos		C	I (mm/hr)	Área (Km ²)	Q (m ³ /s)
TRAMOS ADICIONALES (FLUJOS TERCIARIOS)					
PASAJE 1	TRAMO 1	0.85	146.89	0.000605	0.021
ACEQUIA	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000300	0.002
PASAJE GERARDO CASTILLO VÁSQUEZ 1.1	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000219	0.002
PASAJE GERARDO CASTILLO VÁSQUEZ 1.2	TRAMO 1	0.20	146.89	0.000537	0.004

Fuente: Los investigadores, 2019.

Una vez calculado cada uno de los caudales de las avenidas y calles por tramos, se procedió a la determinación de los flujos gravitatorios de acuerdo a los desniveles del terreno, que reunirán los caudales desde los niveles con cotas más altas hasta las más bajas. Finalmente nos servirán para determinar la geometría de los canales que evacuarán las aguas pluviales.

3.3.3.2. Características hidráulicas-geométricas de los canales.

Con todos los datos determinados en los estudios anteriores, se determinó mediante el software H-CANALES las características hidráulicas de las secciones para evacuar el caudal concurrente.

Antes de ello se debe de tener en cuenta también definir algunos parámetros del canal para empezar el cálculo con el software, estos parámetros se extraen de las tablas siguientes.

- **Pendientes (m/m):** estas pendientes vendrían hacer la diferencia de cotas entre la distancia de las diferentes avenidas y calles de la localidad, los resultados de tal cálculo se muestran en las tablas 15,16 y 17.
- **Ancho de solera (b):** este viene hacer la medida de la base de nuestro canal, resultando ser muy útil para los cálculos posteriores y para empezar el diseño, y estos se expresan en funcional del caudal. (Morales, Walter, 1990).

Tabla 35

Ancho de soleras (b) en función del caudal en metros lineales.

CAUDAL Q (m ³ /s)	SOLERA b (m)
Menor de 0,100	0.30
Entre 0,100 y 0,200	0.50
Entre 0,200 y 0,400	0.75
Mayor de 0,400	1.00

Fuente: Morales, Walter, 1990. pág. 46.

El cual se escogerá según sea el caso.

- **Borde libre (H-y):** este se define como la distancia trasversal de las cunetas, o la distancia que existe entre la altura del flujo y la sección vertical total del canal, para ello también se define una tabla en función al caudal. (Morales, Walter, 1990).

Tabla 36

Borde libre en relación al caudal

CAUDAL Q (m ³ /s)	BORDE LIBRE m
Menor que 0.50	0.3
Mayores que 0.50	0.4

Fuente: Morales, Walter, 1990. pág. 46.

El cual se escogerá según sea el caso.

- **Coefficiente de rugosidad (n):** se determina como el grado de resistencia que ofrece las paredes de la cuneta, al paso de la escorrentía del agua, los coeficientes se muestran en el siguiente cuadro de rugosidad según Manning.

Tabla 37

Valores de coeficiente de Manning (n)

Cunetas de las Calles	Coefficiente de Rugosidad N
a. Cuneta de Concreto con acabado paleteado	0,012
b. Pavimento Asfáltico	
1) Textura Lisa	0,013
2) Textura Rugosa	0,016
c. Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico	
1) Liso	0,013
2) Rugoso	0,015
d. Pavimento de Concreto	
1) Acabado con llano de Madera	0,014
2) Acabado escobillado	0,016
e. Ladrillo	0,016
f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0,002

Fuente: Norma OS 060 – RNE.

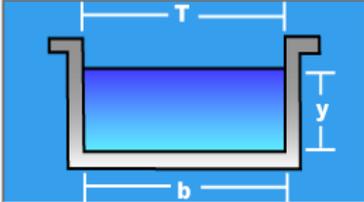
Para este caso del proyecto se acogerá para un concreto con acabado paleteado $N = 0,012$.

Finalmente se procedió al cálculo de las características hidráulica-geométricas, mediante el ingreso de datos al software H-CANALES, cuyas secciones quedaron definidas según el siguiente calculo:

En primera instancia, se diseñó las secciones geométricas del canal para las calles transversales denominados como flujos independientes, ya que estas recogerán su propio caudal y lo trasladaran hacia las Av. Longitudinales, para tal caso se acogió tramo que contiene el caudal máximo y se calculó las secciones geométricas y con el fin de uniformizar en toda la calle se tomó ese tipo de sección en tus los demás tramos. Los cálculos se muestran a continuación:

Tabla 38

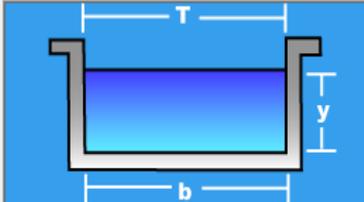
Cálculo de la geometría hidráulica del canal en la Calle Humberto Ledesma

CALLE HUMBERTO LEDESMA		TRAMO 1,2	Q=0.051	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	HUMBERTO LEDESMA	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.051	m3/s		
Ancho de solera (b):	0.5	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.1025	m	Perímetro (p):	0.7050 m
Area hidráulica (A):	0.0513	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0727 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.9951 m/s
Número de Froude (F):	0.9924		Energía específica (E):	0.1530 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 39

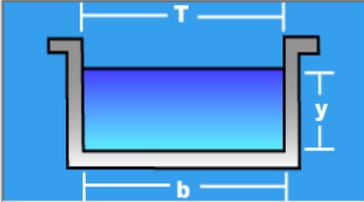
Cálculo de la geometría hidráulica del canal del Pasaje Antaño.

PASAJE ANTAÑO		TRAMO 1,2	Q=0.006	S=0.0057
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	PASAJE ANTAÑO	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.006	m3/s		
Ancho de solera (b):	0.3	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0057	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.0345	m	Perímetro (p):	0.3689 m
Area hidráulica (A):	0.0103	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0280 m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	0.5804 m/s
Número de Froude (F):	0.9983		Energía específica (E):	0.0516 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA EL PASAJE: 0.30m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 40

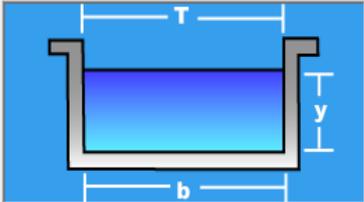
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Inca Garcilazo de la Vega.

CALLE INCA GARCILAZO DE LA V.		TRAMO 1,2,3	Q=0.051	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	INCA GARCILAZO DE LA VEGA	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.051	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.5	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.1025	m	Perímetro (p):	0.7050 m
Área hidráulica (A):	0.0513	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0727 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.9951 m/s
Número de Froude (F):	0.9924		Energía específica (E):	0.1530 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 41

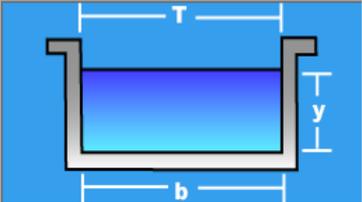
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle 8 de Febrero.

CALLE 8 DE FEBRERO		TRAMO 1-5	Q=0.034	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	8 DE FEBRERO	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.034	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.50	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.0781	m	Perímetro (p):	0.6562 m
Área hidráulica (A):	0.0390	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0595 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.8708 m/s
Número de Froude (F):	0.9949		Energía específica (E):	0.1167 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 42

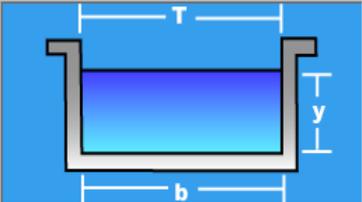
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle San Martin.

CALLE SAN MARTIN		TRAMO 1-4	Q=0.052	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	SAN MARTIN	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.052	m3/s		
Ancho de solera (b):	0.50	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.1039	m	Perímetro (p):	0.7077 m
Area hidráulica (A):	0.0519	m2	Radio hidráulico (R):	0.0734 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	1.0013 m/s
Número de Froude (F):	0.9920		Energía específica (E):	0.1550 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 43

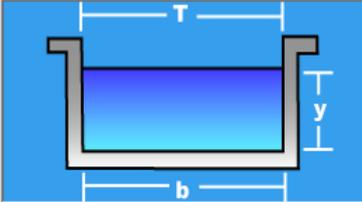
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Juan Velasco Alvarado

CALLE JUAN VELASCO ALVARADO		TRAMO 1,2	Q=0.036	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	JUAN VELASCO ALVARADO	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.036	m3/s		
Ancho de solera (b):	0.50	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.0811	m	Perímetro (p):	0.6622 m
Area hidráulica (A):	0.0406	m2	Radio hidráulico (R):	0.0612 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.8876 m/s
Número de Froude (F):	0.9951		Energía específica (E):	0.1213 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 44

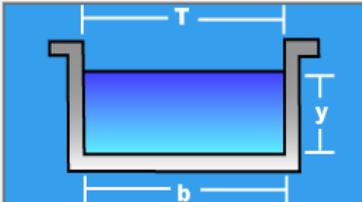
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Unión.

CALLE UNIÓN		TRAMO 1-4	Q=0.036	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	UNION	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.036	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.50	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.0811	m	Perímetro (p):	0.6622 m
Area hidráulica (A):	0.0406	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0612 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.8876 m/s
Número de Froude (F):	0.9951		Energía específica (E):	0.1213 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 45

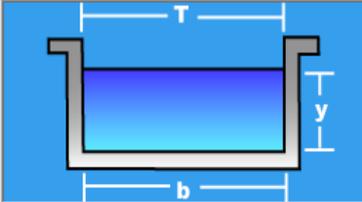
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Progreso.

CALLE PROGRESO		TRAMO 1-3	Q= 0.040	S=0.0047
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	PROGRESO	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.040	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.50	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0047	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.0870	m	Perímetro (p):	0.6740 m
Area hidráulica (A):	0.0435	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0646 m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.9193 m/s
Número de Froude (F):	0.9950		Energía específica (E):	0.1301 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.50m x 0.40m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 46

Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Calle Independencia.

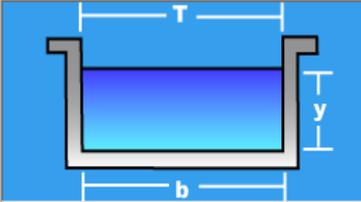
CALLE INDEPENDENCIA	TRAMO 1-2	Q=0.016	S=0.0056
Lugar: LOCALIDAD CURGOS	Tramo: INDEPENDENCIA	Proyecto: DRENAJE PLUVIAL	Revestimiento: CONCRETO TERMINADO
Datos: Caudal (Q): <input type="text" value="0.016"/> m3/s Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.3"/> m Talud (Z): <input type="text"/> Rugosidad (n): <input type="text" value="0.012"/> Pendiente (S): <input type="text" value="0.0056"/> m/m			
Resultados:			
Tirante normal (y): <input type="text" value="0.0665"/> m	Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.0200"/> m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="0.4331"/> m	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.0461"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3000"/> m	Número de Froude (F): <input type="text" value="0.9923"/>	Velocidad (v): <input type="text" value="0.8016"/> m/s	Energía específica (E): <input type="text" value="0.0993"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA CALLE: 0.30m x 0.40m			

Fuente: Los investigadores, 2019.

En segundo lugar, se diseñó los caudales para los flujos adicionales, los cuales dependerán de algunas demandas de las calles transversales. Por ejemplo, la Acequia recogerá los caudales de los TRAMOS 4 y 5 de la Calle 8 de febrero, el Pasaje Gerardo Castillo Vásquez 1.1 recibe el caudal de la Acequia más su propio caudal y así el Pasaje Gerardo Castillo Vásquez 1.2 recibe el caudal del Pasaje Gerardo Castillo Vásquez 1.1 más su propio caudal, para luego ser diseñado una sola sección de flujo. El cálculo mediante el software H-Canales se muestra a continuación:

Tabla 47

Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Acequia, Pj. Gerardo Castillo 1.1 y 1.2.

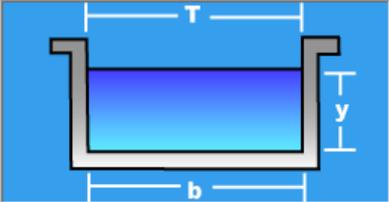
ACEQUIA, PJ. GERARDO CASTILLO 1.1 Y 1.2		Q=0.164	S=0.0054
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL
Tramo:	ACEQUIA, PJ.GERARDO CA:	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO
Datos:			
Caudal (Q):	0.164 m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.50 m		
Talud (Z):			
Rugosidad (n):	0.012		
Pendiente (S):	0.0054 m/m		
Resultados:			
Tirante normal (y):	0.2229 m	Perímetro (p):	0.9457 m
Area hidráulica (A):	0.1114 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1178 m
Espejo de agua (T):	0.5000 m	Velocidad (v):	1.4718 m/s
Número de Froude (F):	0.9954	Energía específica (E):	0.3333 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		
SECCIÓN PROPUESTA: 0.50m x 0.50m			

Fuente: Los investigadores, 2019.

Por último, para el caso de las secciones geométricas de los canales de las Avenida longitudinales, se determinaron mediante el sistema de acumulación de las demandas desde la cota más alta hasta la más baja, recogiendo caudales de las calles independientes que vendrían hacer las transversales, ya que estas como se mencionó anteriormente serán evacuadas hacía los tramos longitudinales, también recogerán las demandas de los flujos terciarios, hasta finalmente llegar al tramo de la evacuación final. Los caudales recogidos ya están sumados y luego calculados mediante el software H-Canales como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 48

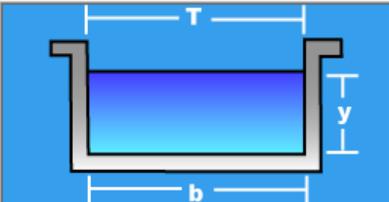
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Sánchez Carrión, hasta el Río Curgos.

AV. SÁNCHEZ CARRIÓN		TRAMO 1-7	Q=0.175	S=0.0042
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	SANCHEZ CARRION	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.175	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.75	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0042	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.1772	m	Perímetro (p):	1.1045 m
Area hidráulica (A):	0.1329	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1204 m
Espejo de agua (T):	0.7500	m	Velocidad (v):	1.3165 m/s
Número de Froude (F):	0.9984		Energía específica (E):	0.2656 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA AVENIDA: 0.75m x 0.60m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 49

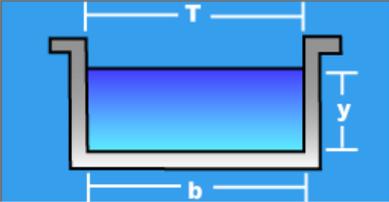
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Manuel Prado Ugarte.

AV. MANUEL PRADO UGARTE		TRAMO 1-8	Q=0.359	S=0.0045
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	MANUEL PRADO UGARTE	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.359	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.75	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0045	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.2873	m	Perímetro (p):	1.3247 m
Area hidráulica (A):	0.2155	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1627 m
Espejo de agua (T):	0.7500	m	Velocidad (v):	1.6659 m/s
Número de Froude (F):	0.9923		Energía específica (E):	0.4288 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA AVENIDA: 0.75m x 0.60m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 50

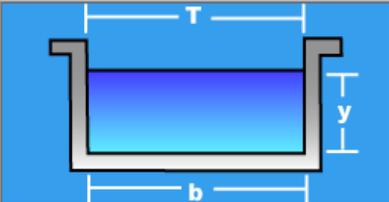
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. San Pedro.

AV. SAN PEDRO		TRAMO 1-7	Q=0.245	S=0.0043
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	SAN PEDRO	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.245	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.75	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0043	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.2222	m	Perímetro (p):	1.1944 m
Área hidráulica (A):	0.1667	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1395 m
Espejo de agua (T):	0.7500	m	Velocidad (v):	1.4701 m/s
Número de Froude (F):	0.9957		Energía específica (E):	0.3324 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA AVENIDA: 0.75m x 0.60m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 51

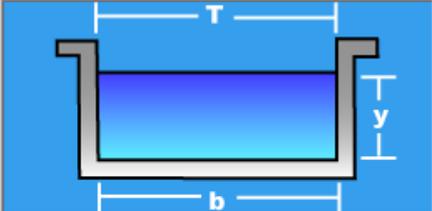
Cálculo de la geometría hidráulica del canal de la Av. Abelardo Gamarra.

AV. ABELARDO GAMARRA		TRAMO 1-7	Q=0.213	S=0.0042
Lugar:	LOCALIDAD CURGOS	Proyecto:	DRENAJE PLUVIAL	
Tramo:	ABELARDO GAMARRA	Revestimiento:	CONCRETO TERMINADO	
Datos:				
Caudal (Q):	0.213	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	0.75	m		
Talud (Z):				
Rugosidad (n):	0.012			
Pendiente (S):	0.0042	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	0.2031	m	Perímetro (p):	1.1562 m
Área hidráulica (A):	0.1523	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1317 m
Espejo de agua (T):	0.7500	m	Velocidad (v):	1.3983 m/s
Número de Froude (F):	0.9906		Energía específica (E):	0.3028 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			
SECCIÓN PROPUESTA PARA LA AVENIDA: 0.75m x 0.60m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Tabla 52

Cálculo de la geometría hidráulica del canal de Evacuación Final en la Av. Abelardo Gamarra.

AV. ABELARDO GAMARRA – RÍO CURGOS		EVAC. FINAL	Q=0.873	S=0.0042
Lugar:	<input type="text" value="LOCALIDAD CURGOS"/>	Proyecto:	<input type="text" value="DRENAJE PLUVIAL"/>	
Tramo:	<input type="text" value="EVACUACION F. ABELARDO"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="CONCRETO TERMINADO"/>	
Datos:				
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.873"/>	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.00"/>	m		
Talud (Z):	<input type="text"/>			
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.012"/>			
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0042"/>	m/m		
				
Resultados:				
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4294"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.8587"/>
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.4294"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2310"/>
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.0000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.0332"/>
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.9907"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.6401"/>
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>			
SECCIÓN PROPUESTA PARA FLUJO FINAL: 1.00m x 0.80m				

Fuente: Los investigadores, 2019.

Esta última comienza desde las intersecciones de la Calle Independencia y la Avenida Abelardo Gamarra hasta el Río Curgos, se considera la sección con un mayor ancho de solera (b) por el motivo que se convierte en un ramal que transporta demandas de desde la Av. Manuel Prado y San Pedro y de la misma Av. Abelardo Gamarra, siendo esta la evacuación final hacia el Río Curgos.

IV. DISCUSIÓN

El presente desarrollo de investigación se inició con el levantamiento topográfico, determinando así las curvas de nivel del terreno natural en la zona de estudio las cuales se encuentran dibujadas a cada 1 metro, además se logró el diseño de los perfiles longitudinales de cada una de las calles y avenidas de la localidad. Por lo que se puede apreciar, la topografía correspondería a un tipo de terreno accidentado, pero que las descendencias de sus cotas van desde mayor a menor, determinándose así una evacuación de las precipitaciones pluviales por gravedad, su curso final terminará es el Río Curgos. Al igual que (Quispe, Juan y Rojas, Efraín, 2015), que en su estudio de topografía lograron determinar que en la zona existían pendientes mínimas que tienen una variación de 0.9 a 1%, estando estas propensas a inundaciones.

Se realizó el estudio de mecánica de suelos, recogiendo muestras de tres calicatas diferentes, excavadas a un 1.50 metros de profundidad, de donde se puede evidenciar de la presencia de suelos limosos y arenosos con una clasificación SUCS: SM-SC, SM Y ML, y mediante el sistema AASHTO lo ubica a las muestras en el grupo A-4, determinándose además valores de contenido de humedad considerables casi a nivel, motivo por el cual que en épocas de lluvias no hay muchas filtraciones y tenemos un caudal mayor transcurriendo por la localidad. Se corrobora la necesidad de un sistema para la evacuación de aguas pluviales en la localidad. En el estudio que realizó (Zambrano, Julio, 2017), llegó a determinar también que contaba con un suelo arenoso de clasificación SUCS: SP, SC, SM. CL. ML, SW, incluyendo un nivel freático a 0.70m

Se llevó a cabo el cálculo de las intensidades máximas para la localidad, cabe mencionar que el Distrito de Curgos no cuenta con una estación pluviométrica, por esa razón, se tomó la estación más cercana posible a dicha localidad, esta estación está registrada en el SENAMHI como el nombre “HUAMACHUCO”, el análisis de los datos hidrológicos obtenidos de dicha estación, se llevó a cabo mediante el modelo estadístico de Gumbel, estipulado en el (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Para determinar la intensidad de diseño se recurrió a las consideraciones técnicas de la Norma OS 060 del RNE, donde menciona que, para localidades menores el período de retorno para el diseño es de 10 años y se proyectó en la curva I-D-F, dando una precipitación igual a 146.89 mm/hr. Tal como (García, Roger, 2018), determinó una intensidad de diseño para una hora equivalente a 316.11 mm/h para Jr. Las Begonias, 345.22 mm/h para Jr. Amapolas, 321.28 mm/h para Jr. Los laureles y 553.08 mm/h para Jr. Nelson Gil.

El cálculo hidráulico se realizó mediante el método racional, por considerarse un área de la zona de estudio no excedente a los 13 Km² que menciona la Norma OS 060 del R.N.E., determinando así el caudal de diseño para las calles transversales y longitudinales de la localidad. De la misma forma, (Mori, Jarol, 2018), aplicando el método racional obtuvieron, para la Cuenca 01 un caudal de 9.63 m³/seg, la Cuenca 02 de 6.42 m³/seg, la Cuenca 03 de 3.84 m³/seg, la Cuenca 04 de 7.10 m³/seg, luego procedió con el diseño de las cunetas hasta de tres tipos; Tipo I = 0.40 m x 0.40 m, Tipo II = 0.40 m x 0.60 m y Tipo III = 0.60 m x 0.60 m. teniendo en cuenta las consideraciones del R.N.E.

V. CONCLUSIONES

Se realizó el estudio topográfico, refiere una planimetría de 429,572.898 m² con un perímetro de 2,952.53 ml, además se determinó un total de 7,175 m de progresiva en calles y avenidas, la zona representa una topografía accidentada, dado esto se diseñó los planos de curvas de nivel y los perfiles longitudinales de calles y avenidas para conocer la morfología del terreno. Toda la información recaudada fue de vital importancia puesto que ayudó a definir un sistema de evacuación pluvial por gravedad, con destino hacia el Río Curgos.

Se efectuó el estudio de mecánica de suelos, realizado mediante el muestreo en campo y la recolección de las muestras de tres calicatas diferentes lo cual fueron analizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Cesar Vallejo, se determinó un suelo de tipo arena limosa- arcillosa de clasificación SUCS: SM-SC, SM, ML, y una clasificación AASTHO en el grupo A-4, presentando un porcentaje alto en finos y conteniendo una consistencia blanda.

Se realizó el estudio hidrológico, teniendo como dato calculado la intensidad de diseño con el valor de 146.89 mm/hr, para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 5 minutos, así mismo, el estudio hidráulico, el cual fue calculado mediante el método racional, determinando los caudales de diseño para las características geométricas de 05 tipos de secciones: Sección 01: $b = 0.30 \text{ m} \times H = 0.40$, Sección 02: $m \ b = 0.50 \text{ m} \times H = 0.40 \text{ m}$, Sección 03: $b = 0.50 \text{ m} \times H = 0.50 \text{ m}$, Sección 04: $b = 0.75 \text{ m} \times H = 0.60 \text{ m}$ y la evacuación final de Sección 05: $1.00 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}$.

VI. RECOMENDACIONES

Se deberá tomar en cuenta un estudio de suelos más complejo, determinando propiedades físicas y mecánicas de los suelos tales como, la capacidad portante, con el fin de construir alcantarillas de concreto armado en el cruce de las calles y avenidas, de ese modo puedan ser más resistentes ante la transitabilidad de vehículos.

Para complementar el sistema de drenaje pluvial de la localidad de Curgos, en los tramos con velocidades de flujo considerablemente bajas se deberá calcular la cantidad de sedimentaciones que recogen estos canales de evacuación, con el fin de no obstruir el curso del agua, convirtiéndolo en un sistema más eficiente.

Durante el proceso de ejecución del proyecto, se recomienda la toma de medidas necesarias en lo que concierne al replanteo, esto corregirá los desniveles de terreno para la construcción de los canales, si los tramos a construir contienen pendientes demasiado pronunciadas, es recomendable adaptar al sistema de drenaje un diseño de canal escalonado, evitando así las velocidades máximas de flujo.

REFERENCIAS

ABBAS, Alaa [*et al.*]. Modelling data of an urban drainage design using a Geographic Information System (GIS) database. Journal of Hydrology [en línea]. Julio 2019, vol 574. [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419303427>.

APARICIO, Francisco. Fundamentos de hidrología de superficie. México: Grupo Noriega Editores, 1989. 291 pp.

ISBN: 9681820148.

AROCHA, Simón. Cloacas y drenajes. Venezuela: Ediciones Vega s.r.l, 1983. 253 pp.

ISBN: 8449965470.

BREWER, Esteban y HERRERA, José. Evaluación del drenaje pluvial existente con descarga al mar Caribe frente a la alternativa solución con descarga sobre la Bahía de Cartagena, en el área comprendida entre las avenidas primera y San Martín. Tesis (Ingeniero Civil). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2015. 77 pp.

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/378583250/Evaluacion-Del-Drenaje-Pluvial-Existente-Con-Descarga-Al-Mar-Caribe-Frente-a-La-Alternativa-Soluc>.

CAPECO. Costos y presupuestos en edificaciones, Lima, 2018. 376 pp.

CHEREQUE, Wendor. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. 2ªed. Lima: Concytec, 1991. 201 pp.

ISBN: 0070909148.

CHOW, Ven Te, MAIDMENT, David y MAYS, Larry. Hidrología aplicada. Bogotá: Editorial McGraw-Hill, 577 pp.

ISBN: 9586001717

DOMINGOS, Divaldo. Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda. Tesis (Doctor en Ciencias Técnicas). La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2015. 251pp.

Disponible en: <https://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2015/05/Tesis-Completa-Ultima.pdf>

GARCÍA, Roger. Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en el Asentamiento Humano La Florida, Banda de Shilcayo, San Martín. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 74 pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27399>.

GARCÍA, Stalin y GONZÁLES, Osmán. Diseño del drenaje pluvial en la localidad de Parco Distrito de Parco Provincia de Bagua Región Amazonas. Tesis (Ingeniero Civil). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3038>.

GÓMEZ, Manuel. Hidrología urbana. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2007. 311pp.

Disponible en: <http://www.hidrojing.com/wp-content/uploads/2014/04/Seminario-de-hidrolog%C3%ADa-urbana.pdf>.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ta. ed. México: McGraw-Hill Interamericana editores. s.a., 2010. 607 pp.

ISBN: 9786071502919.

INEI. Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas [en línea]. Lima: [s.n.], 2017 [fecha de consulta: 22 de Octubre de 2019].

Disponible en: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

LÓPEZ, Ricardo. Diseño para acueductos y alcantarillas. [en línea]. Colombia: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995. 383 pp.

ISBN: 9589574203.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Lima: [s.n.], 2016. 183 pp.

MORALES, Walter. Infraestructura de Riego. Chiclayo: [s.n.], 1990 [285] pp.

MORI, Jarol. Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza, San Martín. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 39 pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27406>.

NAVARRO, Sergio. Manual de Topografía – Planimetría. Managua: [s.n.] ,2008. 130 pp.

Norma E. 050. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de junio de 2006.

Norma OS. 060. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 8 de junio de 2006.

Norma Técnica Peruana 339.129. Indecopi, Lima, Perú, 26 de enero de 1999.

OROZCO, Tatiana y TAPIA, Jessica. Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el Centro Parroquial Quimag”. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2017.130 pp.

Disponible: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3506>.

PADILLA, Mayra. Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la Mesa - Cesar. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad De La Salle, 2009. 84 pp.

Disponible en:

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15470/T40.09%20P234d.pdf>.

PEÑA, Jimmy y ROCHA, Alfredo. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del Pasaje Anturio Urbanización Palmira, Independencia Huaraz 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 51 pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/29607>.

QUISPE, Juan y ROJAS, Efraín. Diseño del sistema de drenaje pluvial de la Comunidad 3 de Mayo de Pucarumi del Distrito de Ascención – Huancavelica. Tesis (Ingeniero Civil). Lircay: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015. 107 pp.

Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNH_f326b9e5a34576ac2d7e30c7e0a91bd0.

RAY, Linsley [et al]. Hidrología para ingenieros. 2da. ed. Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana.s.a., 1975. 357 pp.

ISBN: 0070909148.

RIVADENEIRA, Jessica. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio La Campiña del Inca, cantón Quito, provincia de Pichincha. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012. 181 pp.

Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6402>.

RJEILY, Yves [et al]. Model Predictive Control for optimising the operation of Urban Drainage Systems. Journal of Hydrology [en línea]. Noviembre 2018, vol 566. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418307388>.

SIAPA. Actualización de los criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la Z.M.G [en línea]. Guadalajara: Manual de Alcantarillado Pluvial CNA, 2014. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Capítulo 3. Alcantarillado sanitario.

Disponible en: <http://www.siapa.gob.mx/transparencia/criterios-y-lineamientos-tecnicos-para-factibilidades-en-la-zmg?fbclid=IwAR0dTKMU26bjQOvBUNvUrSdnoxoJc3InMbxUVxPMkcZZ8d9V4rF3YUqaSZE>.

SOLORZANO, Gilberth y VÁSQUEZ, Pablo. Estudio de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo – La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 22 pp.

VILLÓN, Máximo. Hidráulica de canales. 2da ed. Editorial Villón. Lima: Editorial Villón, 2007. 508 pp.

ISBN: 99778660816.

ZAMBRANO, Julio. Diseño de drenaje pluvial del pueblo joven Muro, Chiclayo, Lambayeque - 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2017. 63 pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/32355>.

ZAPPERI, Paula. Caracterización del escurrimiento urbano en la ciudad de Bahía Blanca. Revista Universitaria de Geografía [en línea]. Diciembre 2014, vol. 23 n.º2 [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019].

Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/reuge/v23n2/v23n2a04.pdf>.

ISSN: 18524265.

ANEXOS

ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO

De la situación actual:



FOTOGRAFÍA N° 01: Se observa la falta de un sistema de drenaje para evacuación de aguas lluvias, ubicada en la Av. San Pedro.



FOTOGRAFÍA N° 02: La ubicación de cunetas existentes están obstruidas, puesto que, la acción de aguas lluvias, trae consigo desde la parte alta hasta la baja todo tipo de material y objetos.



FOTOGRAFÍA N° 03: Se aprecia el canal de evacuación para acción de aguas lluvias existente, ubicado en la Av. Manuel Prado, así mismo, no cuenta con un diseño optimo, ya que, no tiene características geométricas lo suficientemente adecuadas.



FOTOGRAFÍA N° 04: Se observa la retención de agua con sedimentos en las cunetas existentes, debido a que, no se tuvo en cuenta el cálculo de pendientes.



FOTOGRAFÍA N° 05: La inexistencia de un sistema para evacuación de aguas lluvias genera la necesidad de realizar continuamente limpieza en cunetas existentes.



FOTOGRAFÍA N° 06: Se puede observar la escorrentía en la Plaza de Armas de la Localidad de Curgos, que es producto de la acumulación de aguas lluvias que conduce la Av. Manuel Prado.



FOTOGRAFÍA N° 07: La escorrentía superficial acumulada en la Plaza de Armas de la Localidad de Curgos, también afecta a la Calle Progreso.



FOTOGRAFÍA N° 08: La Calle San Pedro afecta de igual modo a la Plaza de Armas, ya que trae consigo escorrentía superficial, notándose la presencia de residuos alrededor de las calles.



FOTOGRAFÍA N° 09: La escorrentía superficial de la Av. Manuel Prado, genera obstrucciones en los sistemas convencionales existentes e impide la evacuación de agua acumulada.

Del levantamiento topográfico:



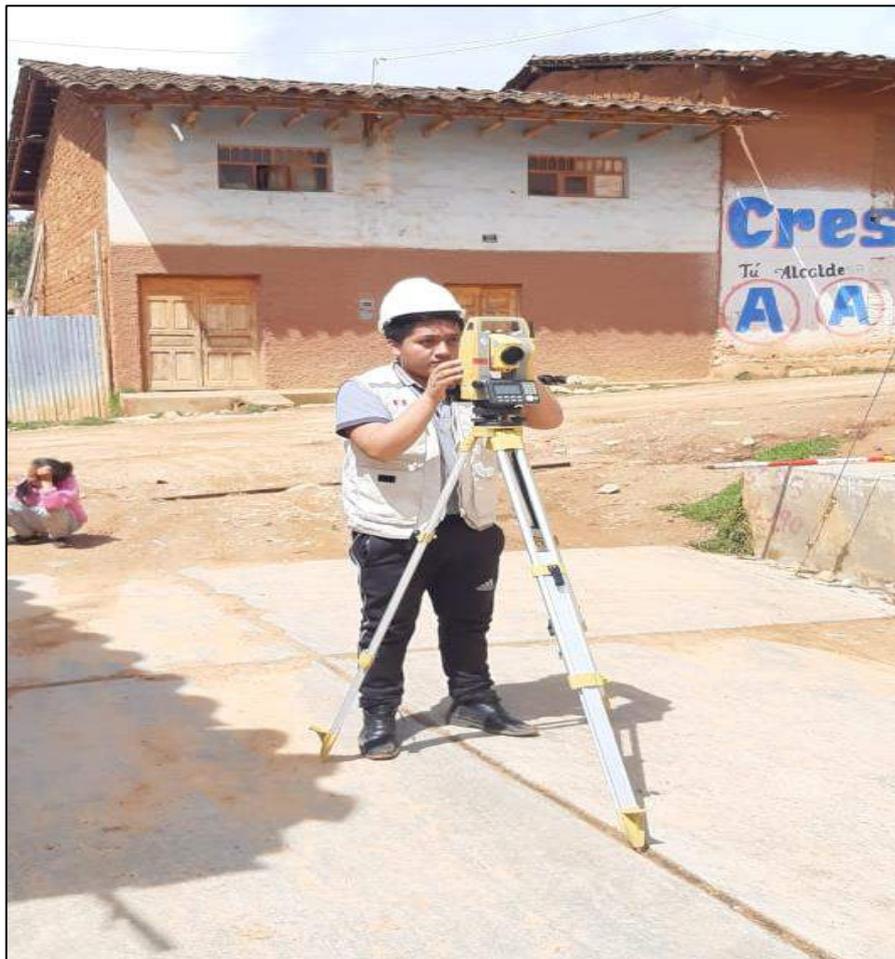
FOTOGRAFÍA N° 10: Se aprecia la toma de datos con la estación total top con ES-105, ubicado en la plaza de armas de la Localidad de Curgos.



FOTOGRAFÍA N° 11: Se observa el registro de datos para análisis en gabinete de puntos referencia.



FOTOGRAFÍA N° 12: Se observa la toma de datos con la estación total top con es-105 en la parte más baja, ubicada en el Río Curgos.



FOTOGRAFÍA N° 13: Se observa la toma de datos con la estación total top con es-105 en el Pasaje Juan Velasco Alvarado de la Localidad de Curgos.

Del estudio de mecánica de suelos:



FOTOGRAFÍA N° 14: Se aprecia la recolección de muestra en la calicata C-2, ubicada entre la Av. San Pedro y la Calle San Martín.



FOTOGRAFÍA N° 15: Se observa la recolección de muestra de la calicata, ubicada entre la Av. Sánchez Carrión. y la Calle 8 de Febrero.

ANEXO 02: UBICACIÓN DE BMS Y ESTACIONES.

Para facilitar el replanteo topográfico se ha optado adjuntar el reporte de la data de los BMs y Estaciones del levantamiento.

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	9129830.489	175862.110	3267.012	BM1
2	9129719.748	175987.483	3272.434	BM2
3	9129604.203	175938.375	3273.041	BM3
4	9129524.328	175863.578	3192.326	BM4
5	9129707.580	175980.763	3272.059	BM5
6	9129575.383	175886.089	3272.016	BM6
7	9129651.556	175845.575	3269.003	BM7
8	9129595.779	175753.732	3266.001	BM8
9	9129675.634	175566.481	3259.035	BM9
10	9129738.497	175428.510	3248.157	BM10
11	9129757.483	175367.905	3234.072	BM11
12	9129782.621	175259.644	3230.126	BM12
13	9129812.572	175208.326	3227.204	BM13
14	9129852.909	175129.991	3218.301	BM14
15	9130088.492	175033.986	3203.089	BM15
16	9129832.597	175871.158	3267.097	E1
17	9129952.398	175720.393	3260.210	E2
18	9130058.172	175590.479	3247.240	E3
19	9130165.930	175526.461	3231.031	E4
20	9130239.877	175494.035	3226.043	E5
21	9130335.426	175431.930	3214.048	E6
22	9130398.133	175364.510	3202.207	E7
23	9129701.178	175994.384	3271.052	E8
24	9129712.217	175989.124	3272.017	E9
25	9129738.924	175941.403	3271.026	E10
26	9129735.952	175930.129	3270.425	E11
27	9129751.935	175872.925	3267.150	E12
28	9129760.076	175793.579	3264.125	E13
29	9129833.451	175700.626	3263.048	E14
30	9129846.775	175662.114	3260.179	E15
31	9129887.650	175610.250	3253.330	E16
32	9129911.293	175588.080	3252.290	E17
33	9129937.386	175547.366	3248.114	E18
34	9129981.843	175483.229	3241.340	E19
35	9130019.326	175430.318	3233.133	E20
36	9130052.726	176374.765	3229.219	E21
37	9130077.299	175343.620	3227.105	E22
38	9130100.033	175303.550	3223.030	E23

39	9129616.564	175933.233	3272.100	E24
40	9129639.665	175850.098	3270.013	E25
41	9129681.413	175788.156	3266.017	E26
42	9129725.751	175726.715	3262.069	E27
43	9129798.006	175622.324	3259.013	E28
44	9129821.934	175578.418	3256.167	E29
45	9129843.540	175545.210	3254.122	E30
46	9129872.846	175510.036	3249.106	E31
47	9129877.508	175493.120	3247.005	E32
48	9129892.722	175479.819	3241.011	E33
49	9129908.421	175445.908	3234.052	E34
50	9129949.865	175396.425	3232.087	E35
51	9129955.568	175378.249	3232.091	E36
52	9129982.787	175344.645	3229.106	E37
53	9130002.579	175325.183	3227.223	E38
54	9130014.029	175295.144	3224.077	E39
55	9130033.101	175270.746	3222.346	E40
56	9129529.854	175863.268	3272.004	E41
57	9129552.142	175849.036	3270.017	E42
58	9129579.463	175766.301	3267.173	E43
59	9129592.859	175741.076	3265.156	E44
60	9129621.058	175685.715	3263.115	E45
61	9129653.215	175609.856	3261.165	E46
62	9129675.830	175554.041	3259.046	E47
63	9129706.232	175485.670	3256.066	E48
64	9129728.844	175411.146	3248.089	E49
65	9129742.813	175362.587	3234.167	E50
66	9129767.949	175297.704	3232.179	E51
67	9129777.765	175257.160	3230.011	E52
68	9129800.510	175221.484	3229.451	E53
69	9129812.632	175202.016	3227.664	E54
70	9129826.288	175160.761	3221.627	E55
71	9129853.949	175118.909	3218.490	E56
72	9129882.019	175051.926	3214.621	E57
73	9129917.955	175027.882	3213.852	E58
74	9130003.468	174976.269	3212.286	E59
75	9130064.554	174935.553	3211.162	E60
76	9129706.019	175984.617	3272.445	E61
77	9129655.978	175960.296	3272.406	E62
78	9129605.992	175933.406	3273.114	E63
79	9129535.727	175875.270	3272.319	E64
80	9129568.830	175888.832	3272.271	E65
81	9129652.176	175851.485	3269.167	E66
82	9129745.047	175870.356	3268.227	E67

83	9129795.183	175870.649	3267.150	E68
84	9129593.609	175762.974	3266.043	E69
85	9129696.607	175785.561	3265.118	E70
86	9129751.593	175795.554	3259.904	E71
87	9129813.201	175805.879	3267.105	E72
88	9129847.844	175813.269	3267.146	E73
89	9129678.866	175562.045	3259.455	E74
90	9129734.073	175597.639	3259.559	E75
91	9129784.747	175623.835	3259.584	E76
92	9129808.095	175637.950	3259.907	E77
93	9129835.180	175653.674	3259.901	E78
94	9129863.496	175668.309	3261.177	E79
95	9129918.741	175704.004	3261.201	E80
96	9129735.804	175420.765	3248.399	E81
97	9129790.005	175451.591	3248.441	E82
98	9129827.736	175474.987	3248.381	E83
99	9129855.029	175491.908	3248.404	E84
100	9129880.423	175506.449	3248.040	E85
101	9129927.590	175534.778	3247.087	E86
102	9129984.716	175570.210	3248.042	E87
103	9130031.458	175597.913	3248.031	E88
104	9129768.514	175378.379	3233.556	E89
105	9129807.842	175398.941	3234.096	E90
106	9129883.680	175435.737	3234.163	E91
107	9129786.606	175269.715	3231.896	E92
108	9129846.520	175308.669	3231.901	E93
109	9129918.560	175353.393	3231.303	E94
110	9129969.258	175389.705	3232.216	E95
111	9130023.919	175424.052	3232.102	E96
112	9130053.525	175448.251	3231.031	E97
113	9130106.174	175483.124	3231.045	E98
114	9130150.658	175511.832	3232.101	E99
115	9129823.799	175212.475	3227.354	E100
116	9129876.245	175244.131	3227.468	E101
117	9129940.178	175287.578	3227.560	E102
118	9129990.271	175321.450	3228.067	E103
119	9130021.689	175344.088	3228.075	E104
120	9130062.319	175371.001	3228.050	E105
121	9130105.324	175398.619	3227.620	E106
122	9130194.040	175458.453	3227.550	E107
123	9130228.084	175482.240	3227.487	E108
124	9129855.164	175124.550	3218.111	E109
125	9129903.382	175156.305	3218.701	E110
126	9129947.936	175184.858	3218.713	E111

127	9130001.762	175217.690	3219.142	E112
128	9130049.557	175245.292	3220.022	E113
129	9130108.413	175287.227	3218.700	E114
130	9130152.870	175315.069	3218.728	E115
131	9130219.793	175335.004	3218.731	E116
132	9130287.016	175392.738	3218.712	E117
133	9130302.889	175403.748	3218.701	E118
134	9130316.358	175424.526	3218.733	E119
135	9130093.541	175045.281	3203.187	E120
136	9130170.183	175104.689	3202.014	E121
137	9130225.138	175117.017	3200.041	E122
138	9130319.991	175266.931	3197.047	E123
139	9130370.335	175315.806	3196.142	E124

ANEXO 03: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBAÑEZ, JHON DAYMER - RODRÍGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

Calicata	Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS					
			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm ³)	Qadm. (Kg/cm ²)
C-1	E-1	MUESTRA 1 1.50 m	12.32	48.85	50.87	0.89	25	18	7	SM-SC	A-4 (1)	-	-	-	-	-	-
C-2	E-1	MUESTRA 2 1.50 m	11.80	41.11	57.84	1.05	23	20	3	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-3	E-1	MUESTRA 3 1.50 m	11.49	51.21	32.84	15.95	29	26	3	ML	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBAÑEZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

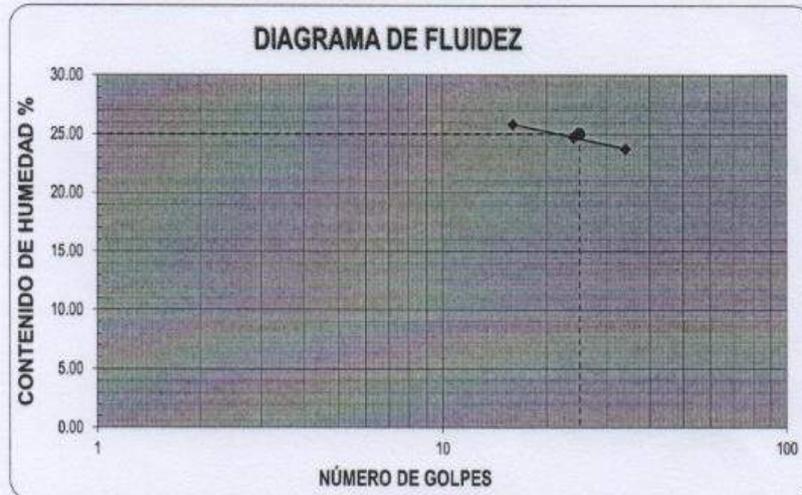
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción		Limite Líquido			Limite Plástico	
		16	24	34	-	-
N° de golpes		16	24	34	-	-
Peso de tara	(g)	11.32	10.51	9.81	10.60	10.46
Peso de tara + suelo húmedo	(g)	17.95	15.10	14.66	11.06	10.86
Peso tara + suelo seco	(g)	16.59	14.19	13.73	10.99	10.80
Contenido de Humedad	%	25.81	24.73	23.72	17.95	17.65
Límites	%	25			18	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborado a partir de los datos de los ensayos)

$y = -2.759 \ln(x) + 33.470$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBAÑEZ, JHON DAYMER - RODRÍGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	48.61	51.81	52.33
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	177.70	172.25	174.94
Peso del tarro + suelo seco (g)	163.50	159.11	161.47
Peso del suelo seco (g)	114.89	107.30	109.14
Peso del agua (g)	14.20	13.14	13.47
% de humedad (%)	12.36	12.25	12.34
% de humedad promedio (%)	12.32		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN BAREZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

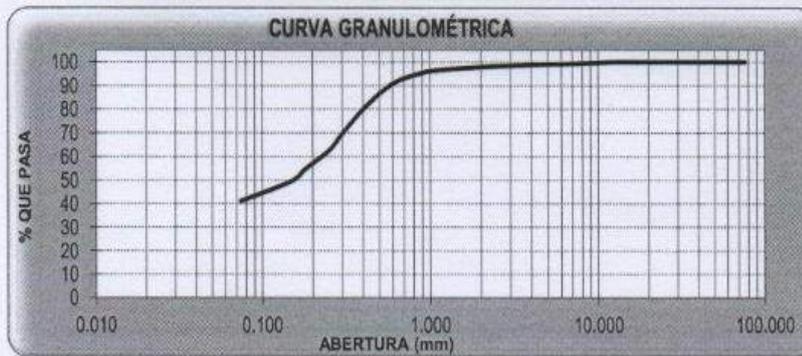
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1177.78
 Peso perdido por lavado : 822.22

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	11.80%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e índices de Consistencia	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 23
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Plástico : 20
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 3	
3/8"	9.525	7.06	0.35	0.35	99.65	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	8.41	0.42	0.77	99.23		Clas. SUCS : SM
No4	4.176	5.46	0.27	1.05	98.95		Clas. AASHTO : A-4 (0)
No8	2.360	17.23	0.86	1.91	98.09	Descripción de la Muestra	
No10	2.000	5.23	0.26	2.17	97.83		SUCS: Arena limosa
No16	1.180	22.15	1.11	3.28	96.72		AASHTO: Suelos limosos / Regular a malo
No20	0.850	35.52	1.76	5.05	94.95	Tiene un % de finos de = 41.11%	
No30	0.600	83.61	4.19	9.24	90.76		
No40	0.420	185.96	9.30	18.54	81.46		
No50	0.300	239.10	11.96	30.50	69.50	Descripción de la Calicata	
No60	0.250	140.60	7.03	37.53	62.47		
No80	0.180	158.60	7.93	45.46	54.54		
No100	0.150	98.23	4.91	50.37	49.63	C-2 : E-1	
No200	0.074	170.42	8.52	58.89	41.11		
< No200		822.22	41.11	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m	



0.075	0.150	0.300	0.600	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000	40.000	75.000	150.000	300.000	600.000	1200.000
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	----------

D10	: 0.0180
D30	: 0.0540
D60	: 0.2282
Cu	: 12.68
Cc	: 0.71

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN BAÑEZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

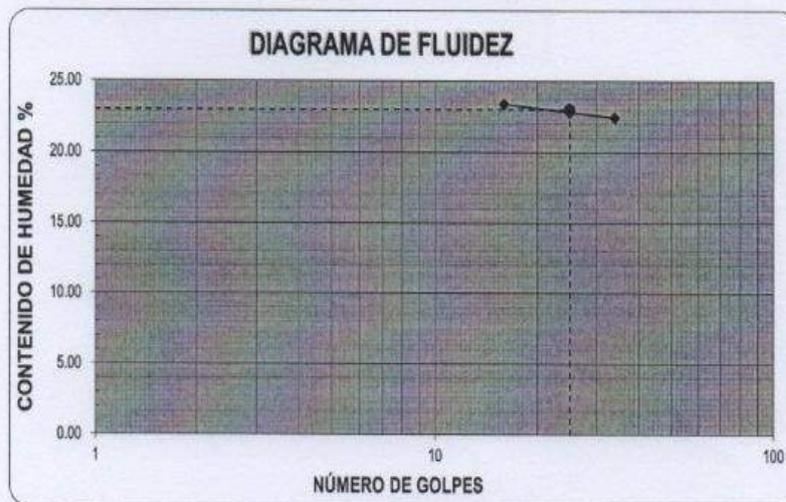
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	16	25	34	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	10.28	9.85	9.71	10.04	10.23
Peso de tara + suelo húmedo (g)	16.35	15.02	14.95	10.34	10.55
Peso tara + suelo seco (g)	15.20	14.06	13.90	10.29	10.50
Contenido de Humedad %	23.37	22.80	22.43	20.00	20.75
Límites %	23			20	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$y = -1.254 \ln(x) + 26.849$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBÁÑEZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.53	49.77	49.47
Peso del tarro + suelo humedo (g)	179.50	176.38	179.58
Peso del tarro + suelo seco (g)	166.26	163.07	166.16
Peso del suelo seco (g)	114.73	113.30	116.69
Peso del agua (g)	13.24	13.31	13.42
% de humedad (%)	11.54	11.75	11.50
% de humedad promedio (%)	11.60		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBAÑEZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

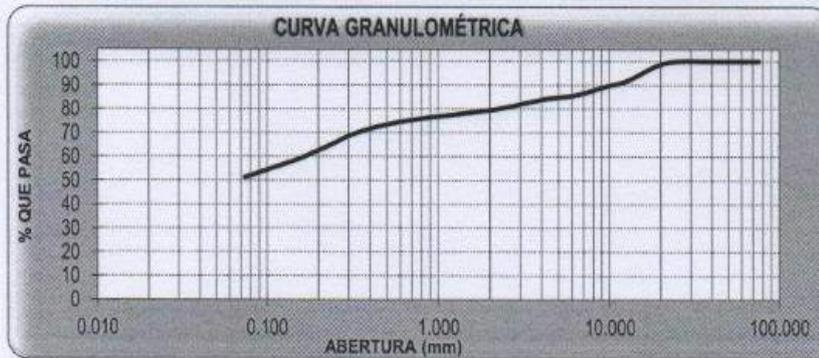
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 975.71

Peso perdido por lavado : 1024.29

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	11.49%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 29
3/4"	19.050	36.94	1.85	1.85	98.15		L. Plástico : 20
1/2"	12.700	127.61	6.38	6.23	91.77	Ind. Plasticidad : 3	
3/8"	9.525	48.16	2.41	10.64	89.36	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	72.12	3.61	14.24	85.76		Clas. SUCS : ML
No4	4.175	34.12	1.71	15.95	84.05		Clas. AASHTO : A-4 (0)
No8	2.360	76.73	3.84	19.78	80.22	Descripción de la Muestra	
No10	2.000	16.45	0.82	20.61	79.39		SUCS: Limo arenoso con grava
No18	1.180	40.79	2.04	22.65	77.35		AASHTO: Suelos limosos / Regular a malo
No20	0.850	24.72	1.24	23.88	76.12	Tiene un % de finos de = 51.21%	
No30	0.600	33.51	1.68	25.56	74.44	Descripción de la Calicata	
No40	0.420	49.01	2.45	28.01	71.99		C-3 : E-1
No50	0.300	67.99	3.40	31.41	68.59		Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
No60	0.250	57.19	2.86	34.27	65.73		
No80	0.180	92.72	4.64	38.90	61.10		
No100	0.150	48.28	2.41	41.32	58.68		
No200	0.074	149.37	7.47	48.79	51.21		
< No200		1024.29	51.21	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				



D10	: 0.0144
D30	: 0.0433
D60	: 0.1664
Cu	: 11.51
Cc	: 0.78



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBAÑEZ, JHON DAYMER - RODRIGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

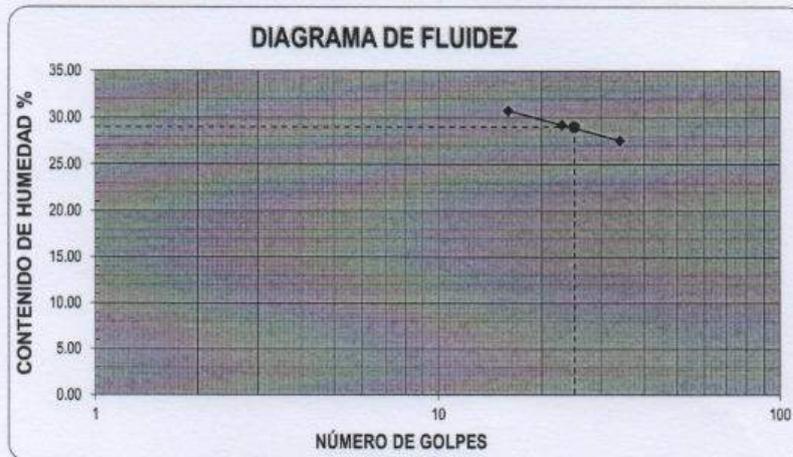
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Descripción		Límite Líquido			Límite Plástico	
		16	23	34	-	-
N° de golpes		16	23	34	-	-
Peso de tara	(g)	10.26	11.13	9.84	10.76	10.14
Peso de tara + suelo húmedo	(g)	15.28	15.95	14.24	11.06	10.43
Peso tara + suelo seco	(g)	14.10	14.86	13.28	11.00	10.37
Contenido de Humedad	%	30.73	29.22	27.54	25.00	26.09
Límites	%	29			26	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.237 \ln(x) + 42.487$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

PROYECTO : DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CURGOS, DISTRITO DE CURGOS, SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : MONZÓN IBÁÑEZ, JHON DAYMER - RODRÍGUEZ TANDAYPAN, ALDO XAVIER

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro	(g)	51.49	50.96	50.94
Peso del tarro + suelo humedo	(g)	187.93	183.55	187.99
Peso del tarro + suelo seco	(g)	173.86	170.21	173.55
Peso del suelo seco	(g)	122.37	119.23	122.61
Peso del agua	(g)	14.07	13.34	14.44
% de humedad	(%)	11.50	11.19	11.78
% de humedad promedio	(%)	11.49		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXO 04: ESTUDIO HIDROLÓGICO

Cálculo de Precipitaciones totales e intensidades.

a) Para TR = 25 años:

Calculo del factor de frecuencias:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{25}{25-1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 2.044$$

Cálculo de Precipitación máxima en 24 hr, según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 2.044$$

$$PP = 56.89 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación Total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces:
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 13.81 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 16.42 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 18.18 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 19.53 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 20.65 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 21.62 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.46 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 23.23 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 23.92 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 24.56 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.15 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 56.89 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.71 \text{ mm}$$

Calculo de la Intensidad para TR 25 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{13.81 * 60}{5}$$

$$P = 165.73 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{16.42 * 60}{10}$$

$$P = 98.54 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{18.18 * 60}{15}$$

$$P = 72.71 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{19.53 * 60}{20}$$

$$P = 58.60 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{20.65 * 60}{25}$$

$$P = 49.57 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{21.62 * 60}{30}$$

$$P = 43.23 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.46 * 60}{35}$$

$$P = 38.51 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{23.23 * 60}{40}$$

$$P = 34.84 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{23.92 * 60}{45}$$

$$P = 31.90 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{24.56 * 60}{50}$$

$$P = 29.47 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.15 * 60}{55}$$

$$P = 27.44 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.71 * 60}{60}$$

$$P = 25.71 \text{ m/hr}$$

b) Para TR = 50 años:

Cálculo del factor de frecuencias:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{50}{50-1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 2.592$$

Cálculo de Precipitación máxima en 24hr , según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 2.592$$

$$PP = 61.69 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces:
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 14.98 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 17.81 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 19.71 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 21.18 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.39 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 23.44 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 24.36 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.19 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.94 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 26.63 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.27 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 61.69 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.87 \text{ mm}$$

Calculo de la Intensidad para TR 50 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{14.98 * 60}{5}$$

$$P = 179.71 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{17.81 * 60}{10}$$

$$P = 106.86 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{19.71 * 60}{15}$$

$$P = 78.84 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{21.18 * 60}{20}$$

$$P = 63.54 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.39 * 60}{25}$$

$$P = 53.75 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{23.44 * 60}{30}$$

$$P = 46.88 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{24.36 * 60}{35}$$

$$P = 41.76 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.19 * 60}{40}$$

$$P = 37.78 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.94 * 60}{45}$$

$$P = 34.58 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{26.63 * 60}{50}$$

$$P = 31.96 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.27 * 60}{55}$$

$$P = 29.75 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.87 * 60}{60}$$

$$P = 27.87 \text{ m/hr}$$

c) Para TR = 75 años:

Calculo del factor de frecuencias:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{75}{75-1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 2.911$$

Cálculo de Precipitación Máxima en 24hr, según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 2.911$$

$$PP = 64.48 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación Total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces:
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 15.65 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 18.61 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 20.60 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.14 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 23.41 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 24.50 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.46 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 26.32 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.11 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.83 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 28.51 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 64.48 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 29.13 \text{ mm}$$

Calculo de la Intensidad para TR 75 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{15.65 * 60}{5}$$

$$P = 187.83 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{18.61 * 60}{10}$$

$$P = 111.69 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{20.60 * 60}{15}$$

$$P = 82.40 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.14 * 60}{20}$$

$$P = 66.41 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{23.41 * 60}{25}$$

$$P = 56.18 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{24.50 * 60}{30}$$

$$P = 49.00 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.46 * 60}{35}$$

$$P = 43.63 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{26.32 * 60}{40}$$

$$P = 39.49 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.11 * 60}{45}$$

$$P = 36.15 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.83 * 60}{50}$$

$$P = 33.40 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{28.51 * 60}{55}$$

$$P = 31.10 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{29.13 * 60}{60}$$

$$P = 29.13 \text{ m/hr}$$

d) Para TR = 100 años:

Cálculo del factor de frecuencias:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{100}{100-1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 3.137$$

Cálculo de Precipitación Máxima en 24hr, según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 3.137$$

$$PP = 66.46 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación Total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces:
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 16.13 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 19.18 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 21.23 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.81 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 24.12 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.25 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 26.24 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.13 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.94 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 28.69 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 29.38 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 66.46 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 30.02 \text{ mm}$$

Calculo de la Intensidad para TR 100 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{16.13 * 60}{5}$$

$$P = 193.58 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{19.18 * 60}{10}$$

$$P = 115.10 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{21.23 * 60}{15}$$

$$P = 84.92 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.81 * 60}{20}$$

$$P = 68.44 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{24.12 * 60}{25}$$

$$P = 57.89 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.25 * 60}{30}$$

$$P = 50.50 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{26.24 * 60}{35}$$

$$P = 44.98 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.13 * 60}{40}$$

$$P = 40.70 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.94 * 60}{45}$$

$$P = 37.25 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{28.69 * 60}{50}$$

$$P = 34.42 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{29.38 * 60}{55}$$

$$P = 32.05 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{30.02 * 60}{60}$$

$$P = 30.02 \text{ m/hr}$$

e) Para TR = 200 años:

Cálculo del factor de frecuencias:

$$K = - \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{200}{200 - 1} \right) \right] \right\}$$

$$K = 3.679$$

Cálculo de Precipitación Máxima en 24hr, según Ven Te Chow:

$$PP = \bar{x} + S * K$$

$$PP = 39.01 + 8.75 * 3.679$$

$$PP = 71.20 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitación Total en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

- Entonces:
- Para duración de 5 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{5}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 17.28 \text{ mm}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{10}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 20.55 \text{ mm}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{15}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 22.75 \text{ mm}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{20}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 24.44 \text{ mm}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{25}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 25.85 \text{ mm}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{30}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 27.05 \text{ mm}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{35}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 28.11 \text{ mm}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{40}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 29.07 \text{ mm}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{45}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 29.94 \text{ mm}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{50}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 30.74 \text{ mm}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{55}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 31.48 \text{ mm}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P_d = 71.20 \left(\frac{60}{1440} \right)^{0.25}$$

$$P_d = 32.17 \text{ mm}$$

Calculo de la Intensidad para TR 200 años:

- Para duración de 5 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{17.28 * 60}{5}$$

$$P = 207.41 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 10 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{20.55 * 60}{10}$$

$$P = 123.32 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 15 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{22.75 * 60}{15}$$

$$P = 90.99 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 20 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{24.44 * 60}{20}$$

$$P = 73.33 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 25 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{25.85 * 60}{25}$$

$$P = 62.03 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 30 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{27.05 * 60}{30}$$

$$P = 54.10 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 35 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{28.11 * 60}{35}$$

$$P = 48.19 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 40 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{29.07 * 60}{40}$$

$$P = 43.60 \text{ mm/hr}$$

- Para duración de 45 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{29.94 * 60}{45}$$

$$P = 39.92 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 50 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{30.74 * 60}{50}$$

$$P = 36.88 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 55 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{31.48 * 60}{55}$$

$$P = 34.34 \text{ m/hr}$$

- Para duración de 60 minutos:

$$P = \frac{P_d * 60}{d}$$

$$P = \frac{32.17 * 60}{60}$$

$$P = 32.17 \text{ m/hr}$$