



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO DE
LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SANTA
CRUZ, PROVINCIA DE SANTA CRUZ,
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2017”.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor(es):

Bach. Izquierdo Pérez, Anderson Hernán

Bach. Zeña Sampén, Junior Leandro

Asesor:

Mg. Cabanillas Campos, Wilder Alejandro

Línea De Investigación:

Ingeniería De Procesos

Pimentel – Perú

2019

**“DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO DE LA ZONA URBANA DEL
DISTRITO DE SANTA CRUZ, PROVINCIA DE SANTA CRUZ,
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2017”.**

APROBADO POR:

Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta
Presidente de Jurado de Tesis

Mg. Idrogo Pérez César Antonio
Secretario de Jurado de Tesis

Ing. Guillermo G. Arriola Carrasco
Vocal de Jurado de Tesis

DEDICATORIA

El presente informe de investigación se lo dedico esencialmente a Dios, quien me ha otorgado la vida, la salud y la sabiduría para lograr mis objetivos planteados en esta tesis. Además, agradecerle infinitamente a Dios, por haber puesto en mi camino personas que me han ayudado a desarrollarme como persona y que me han apoyado incondicionalmente para cumplir mis metas trazadas.

Anderson Hernán Izquierdo Pérez.

Dedico esta tesis principalmente a Dios por otorgarme la paciencia, la dedicación y la constancia para lograr culminar mi proyecto de tesis. Esta tesis también se la dedico, especialmente a mi madre, por ser la persona que más me apoyado para no darme por vencido, creo que sin su apoyo esto no hubiese sido posible. Agradecerle por todas las enseñanzas recibidas, por su paciencia, por su perseverancia, por su amor infinito, y por muchas razones más.

Junior Leandro Zeña Sampén.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento en primer lugar a nuestros padres que han sabido en todo momento apoyarnos de la mejor manera posible, aquellos que nos han educado con principios y valores para ser unas personas integrales ante la sociedad. Simultáneamente agradecer a nuestra casa de estudios la Universidad Señor de Sipán, quien nos abrió las puertas para nuestra vida universitaria y nos brindó los conocimientos que se necesita para ser profesionales competitivos en este mundo globalizado. Finalmente agradecer a todos los docentes de la carrera por brindarnos su amistad, sus conocimientos aprendidos a través de una enseñanza de calidad y además del apoyo incondicional. De la misma manera agradecer al Mg. Wilderd A. Cabanillas Campos por brindarnos su asesoría metodológica en transcurso de estos meses para el desarrollo de nuestra investigación.

Anderson Hernán Izquierdo Pérez.

Junior Leandro Zeña Sampén.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo esencial la de diseñar la red de drenaje pluvial de la zona urbana del Distrito de Santa Cruz, esto se realizará teniendo en cuenta los estudios topográficos, los estudios de mecánica de suelos y estudios hidrológicos. De igual manera será necesario elaborar un presupuesto del proyecto, así como también una evaluación de impacto ambiental. Como se había mencionado previamente los estudios topográficos e hidrológicos servirán para desarrollar el diseño del caudal por cada calle. En consecuencia, se obtendrán los caudales de salida necesarios para el diseño del canal principal. Asimismo, los estudios geotécnicos serán necesarios para clasificar el tipo de suelo del proyecto. Por último, se elaborará el presupuesto y la evaluación de impacto ambiental de acuerdo a la topografía del lugar. Para desarrollar los puntos antes mencionados se ha realizado el levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio, determinación de caudal por métodos estadísticos y el diseño del caudal por calle. Simultáneamente el presupuesto se elaboró en S10 y Excel Finalizando este resumen, es importante señalar que para el diseño se ha tomado en cuenta criterios de Reglamento Nacional de Edificaciones y el manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje, la zona de estudio es en Cajamarca, y que se ha seguido un diagrama de flujo para la recolección de datos. Los resultados y conclusiones se encuentran en la parte final y algunos puntos se expresan en tablas para su mejor entendimiento.

Palabras Claves

Ensayos, suelos, pendiente, precipitaciones, caudales, drenaje, canal, diseño, costos unitarios, presupuesto, mitigación.

ABSTRACT

The main objective of this research is to design the storm drainage network of the urban area of the Santa Cruz District, this will be done taking into account topographic studies, soil mechanics studies and hydrological studies. In the same way it will be necessary to elaborate a project budget as well as an environmental impact assessment. As previously, mentioned, topographic and hydrological studies will be used to develop the flow design for each street. Consequently, the output flows necessary for the design of the main channel will be obtained. Likewise, geotechnical studies will be necessary to classify the soil type of the project. Finally, the budget and the environmental impact assessment are prepared according to the topography of the place. To develop the aforementioned points, the topographic survey, laboratory tests, determination of flow by statistical methods and the design of the flow per street have been carried out. Simultaneously the budget was elaborated in S10 and Excel Finalizing this summary, it is important to point out that for the design the criteria of the National Building Regulations and the Hydraulic and Drainage Hydrology manual have been taken into account, the study area is in Cajamarca, and that a flow chart has been followed for data collection. The results and conclusions are in the final part and some points are expressed in tables for better understanding.

Key Word

Tests, soils, slope, rainfall, flow, drainage, channel, design, unit costs, budget, mitigation

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Realidad Problemática	2
1.1.1. A Nivel Internacional.....	2
1.1.2. A Nivel Nacional.....	4
1.1.3. A Nivel Local.....	5
1.2. Antecedentes de Estudio.	6
1.3. Teorías relacionadas al tema	7
1.3.1. Suelos	9
1.3.1.1. Propiedades Físicas	10
A. Tamaño de partículas del suelo	10
B. Consistencia del suelo	10
C. Humedad del suelo	11
1.3.1.2. Propiedades Químicas.....	11
A. Salinidad del suelo	12
1.3.2. Precipitaciones	13
1.3.2.1. Altura de Precipitación.....	13
1.3.2.2. Intensidad de la lluvia	13
1.3.2.3. Tiempo de Duración.....	14
1.3.3. Sistema de Drenaje Pluvial Urbano	14
1.3.3.1. Generalidades.....	14

A. Introducción	14
B. Definiciones.....	15
C. Clasificación.....	16
D. Tipos.....	17
E. Ventajas y Desventajas	17
1.3.3.2. Estudios de Mecánica de Suelos	18
A. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	18
B. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	20
C. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos.....	21
D. Ensayo para determinar el Límite Plástico e Índice de Plasticidad...23	
E. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	23
F. Ensayo de CBR de suelos (Laboratorio).....	24
1.3.3.3. Estudios Hidrológicos	25
A. Factores Hidrológicos y Geológicos	25
B. Estudios de Campo	25
C. Evaluación de la Información Hidrológica.....	25
D. Área del Proyecto - Estudio de la Cuenca Hidrográfica	25
E. Selección del Período de Retorno.....	26
F. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.....	26
G. Determinación de la Tormenta de Diseño.....	30
H. Tiempo de Concentración	32
I. Estimación del Caudal de Diseño	33
1.3.3.4. Levantamiento Topográfico	34
A. Definiciones	34
B. Planimetría Del Terreno	34
C. Altimetría Del Terreno	34
D. Clasificación por orografía.....	34

1.3.3.5. Diseño Hidráulico	35
A. Consideraciones del caudal de diseño	35
B. Captación de Aguas Pluviales en Edificaciones.....	36
C. Captación en zona vehicular-pista.....	37
D. Depresiones para drenaje	47
E. Tuberías ranuradas.....	48
F. Evacuación de las aguas recolectadas.....	48
G. Sistemas de evacuación.....	49
1.3.3.6. Costos y Presupuesto.....	49
A. Componentes de Precios Unitarios	49
B. Costos Básicos De Materiales Y Mano De Obra	50
C. Análisis De Precios Unitarios.....	50
D. Presupuesto de Obra.....	50
1.3.3.7. Impacto Ambiental.....	51
A. Evaluación de Impacto Ambiental	51
B. Mitigación de Impacto Ambiental.....	52
1.4. Formulación del Problema	53
1.5. Justificación e importancia del estudio	53
1.6. Hipótesis.....	53
1.7. Objetivos	53
1.7.1. Objetivo General	53
1.7.2. Objetivos Específicos.....	53
II: MATERIAL Y MÉTODO	55
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	55
2.1.1. Tipo de Investigación	55
2.1.2. Diseño de Investigación	55
2.2. Población y Muestra.....	55

2.3. Variables, Operacionalización	55
2.3.1. Variable Dependiente.....	55
2.3.2. Variable Independiente	55
2.3.3. Operacionalización.....	56
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .58	
2.4.1. Técnicas de recolección de datos	58
2.4.1.1. Observación.....	58
2.4.1.2. Análisis de Documentos.....	58
2.4.2. Instrumentos de recolección de Datos.....	58
2.4.2.1. Guía de Observación	58
2.4.2.2. Guía de Análisis de Documentos	58
2.5. Procedimientos de Análisis de Datos	59
2.6. Descripción de Procesos	60
2.6.1. Estudios topográficos	60
2.6.2. Estudios de Mecánica de Suelos	60
2.6.3. Estudios hidrológicos.....	63
2.6.4 Determinación de la intensidad de diseño.....	64
2.6.5 Diseño del canal del drenaje pluvial.	64
2.6.6 Elaboración del presupuesto.	64
2.6.7 Evaluación del impacto ambiental.	64
2.6. Criterios Éticos.....	65
2.7. Criterios de Rigor Científico.....	65
III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
3.1. Resultados en tablas y figuras	67
3.1.1. Resultados del levantamiento topográfico	67
3.1.2. Resultados de los ensayos de mecánica de suelos	68
3.1.3 Resultados de la intensidad de diseño.....	70

3.1.4 Resultados del diseño del canal.....	74
3.1.5 Resultados de los costos unitarios del Proyecto.....	75
3.1.6 Resultados del presupuesto del Proyecto	76
3.1.7 Resultados de la evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto	78
3.2. Discusión de resultados.....	79
3.2.1 Discusión de los Resultados del Estudio Topográfico.....	79
3.2.2 Discusión de los Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.....	79
3.2.4 Discusión de los Resultados del diseño del canal	79
3.2.5 Discusión de los Resultados de los costos unitarios del Proyecto	80
3.2.6 Discusión de los Resultados del presupuesto del Proyecto.....	80
3.2.7 Discusión de los Resultados de la EIA del Proyecto	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1. Conclusiones	82
5.2. Recomendaciones.....	83
REFERENCIAS	85
ANEXOS	89

Lista De Figuras

Figura 1. Épocas De Lluvia En La Provincia De Santa Cruz, 2017.	6
Figura 2. Colapso De Las Calles De Piura Debido A La Inexistencia De Un Drenaje Pluvial Después De Un Desastre Natural.....	15
Figura 3.Sistema de Drenaje Pluvial, alcantarilla de cruce.....	16
Figura 4. Secciones Transversales De Las Cunetas Según El RNE. (Parte 01)....	38
Figura 5. Secciones Transversales De Las Cunetas Según El RNE. (Parte 02)....	38
Figura 6. Sección Triangulo Rectángulo.....	39
Figura 7. Sección Triangulo en V	39
Figura 8. Sección Compuesta	40
Figura 9. Sumidero De Ventana Con Depresión.....	40
Figura 10. Sumideros Laterales En Sardinela O Solera.....	41
Figura 11. Sumideros De Fondo.	41
Figura 12. Sumideros Mixtos o Combinados.....	41
Figura 13. Tipo S1: Tipo Grande Conectado A La Cámara. Corresponde A Sumideros Del Tipo Mixto.....	42
Figura 14. Tipo S2: Tipo Grande Conectado A La Tubería. Corresponde A Sumideros Del Tipo Mixto.....	42
Figura 15. Tipo S3: Tipo Chico Conectado A La Cámara.....	43
Figura 16. Tipo S4: Tipo Chico Conectado A La Tubería.....	43
Figura 17.Ubicación de los sumideros	44
Figura 18. Rejilla En Drenaje Pluvial.	45
<i>Figura 19. Diagrama del Procesos del Proyecto.....</i>	<i>59</i>
Figura 20. Ubicación de calicatas.	60
Figura 21. Tamizado granulométrico de las muestras de suelo.	61
Figura 22.Ensayo de contenido de humedad para las muestras de suelo.....	62
Figura 23. Ensayos de límite líquido de las muestras de suelo.....	62
Figura 24. Ensayos de límite plástico de las muestras de suelo.....	62
Figura 25. Precipitaciones máximas de la estación Chancay Baños.....	63
Figura 26.Curvas de nivel obtenidas como resultado de la topografía realizada. .	67
Figura 27.Resumen del Análisis de Consistencia de los datos hidrológicos.	70
Figura 28.Resumen las pruebas de bondad de ajuste.....	70
Figura 29. Resumen del análisis estadístico de datos hidrológicos	71
Figura 30. Análisis estadístico de las distribuciones teóricas	71

Figura 31. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método del Manual.....	72
Figura 32. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Merrill Bernard.	72
Figura 33. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Frederich Bell.	73
Figura 34. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Dyck y Peschke.	73
Figura 35. Resultados de los caudales de salida a su canal de derivación.	74
Figura 36. Parámetros hidráulicos de los caudales de salida.	74
Figura 37. Metrados del presupuesto del diseño de drenaje pluvial.	75
Figura 38. Resultados del presupuesto del diseño del drenaje pluvial. Parte 1	76
Figura 39. Resultados del presupuesto del diseño del drenaje pluvial. Parte 2	77
Figura 40. Matriz de Resultados de la Evaluación de Impacto Ambiental de la Provincia de Santa Cruz según la Matriz de Leopold.	78

Lista De Tablas

Tabla 1. Valores de cada tamiz según las aberturas cuadradas de cada malla.	20
Tabla 2. Pesos mínimos para cada diámetro nominal de partícula más grande.	20
Tabla 3. Cantidades mínimas de especímenes de material húmedo seleccionado	20
Tabla 4. Factor para determinar el límite líquido según el número de golpes	22
Tabla 5. Tabla de Estimación de precisión para el Ensayo de Límite Líquido.	23
Tabla 6. Estimación de precisión para el ensayo de Límite Plástico.....	23
Tabla 7. Valores Críticos D para la prueba Smirnov Kolmogorov	30
Tabla 8. Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora.	31
Tabla 9. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.	32
Tabla 10. Coeficientes de escorrentía método racional.....	33
Tabla 11. Valores Del Coeficiente De Rugosidad De Manning.....	39
Tabla 12. Diámetros Mínimos De Tuberías En Colectores De Agua De Lluvia	46
Tabla 13. Coeficientes De Rugosidad Para Cada Tipo De Material De Tubería.	46
Tabla 14. La Velocidad Máxima En Los Colectores Con Cantidades No Significantes De Sedimentos En Suspensión.....	47
Tabla 15. Cuadro de Variables Independientes.....	56
Tabla 16. Cuadro de Variables Dependientes.	57
Tabla 17. Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 01	68
Tabla 18. Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 02	68
Tabla 19. Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 03	68
Tabla 20. Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 06.....	69
Tabla 21. Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 07	69

Lista De Ecuaciones

(1) Ecuación de la Distribución Normal.....	26
(2) Ecuación de la Distribución Log.2 Parámetros.....	26
(3) Ecuación de la Media de la Muestra.....	26
(4) Ecuación de la Desviación Estandar de la Muestra.....	27
(5) Ecuación de la Coeficiente de Oblicuidad.....	27
(6) Ecuación de la angulo de Probabilidad.....	27
(7) Ecuación de la Distribución Log. Normal 3 Parametros.....	27
(8) Ecuación de la Distribución Gamma 2 parámetros.....	27
(9) Ecuación de la Distribución Gamma 3 parámetros.....	27
(10) Ecuación de la Distribución Log Pearson tipo 3.....	28
(11) Ecuación de la Distribución Gumbel.....	28
(12) Ecuación del parametro de concentración.....	28
(13) Ecuación del parametro de localización.....	28
(14) Ecuación del valor con probabilidad dada.....	28
(15) Ecuación de la Distribución Log. Gumbel.....	28
(16) Ecuación de la funcion acumulada reducida.....	28
(17) Ecuación de la Distribución Gumbel.....	29
(18) Ecuación del número esperado de eventos.....	29
(19) Ecuación del parametro D.....	29
(20) Ecuación de Smirnov Kolmogorov.....	29
(21) Ecuación de la distribución de probabilidad observada.....	30
(22) Ecuación de la intensidad.....	31
(23) Ecuación de la intensidad de lluvia de diseño.....	31
(24) Ecuación de la precipitación total.....	31
(25) Ecuación de la intensidad máxima.....	32
(26) Ecuación de descarga máxima de diseño.....	33
(27) Ecuación de Manning para una sección triangulo rectangulo.....	39
(28) Ecuación de Manning para triángulo en V.....	39
(29) Ecuación de Manning para sección compuesta para perimetro.....	40
(30) Ecuación de Manning para sección compuesta para caudal.....	40

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. A Nivel Internacional

Europa

Actualmente en Europa, se tienen un progresivo interés en la aplicación de sistemas de drenaje para el aprovechamiento de las aguas de lluvias; esto debido al alto precio de consumo de agua. Sin embargo, en varios países de vienen tomando medidas en programas y aplicación de tecnología referentes al problema en cuestión. Por, ejemplo en Suiza, el cual mantiene al agua como un recurso abundante, ha logrado implementar sistema de captación de agua para cumplir con su compromiso en el aprovechamiento y manejo de recursos hídricos. (Guzman, 2015, p.61-62)

Sin embargo, cabe mencionar que no solo en Europa se tiene ésta problemática que está relacionado con el aprovechamiento de aguas pluviales, sino también en el continente asiático, como lo mencionaremos a continuación.

Asia

El continente más grande del mundo, muchos de los países que actualmente lo conforman, viven entre inundaciones y sequías dependiendo en la zona en que se sitúen. Asimismo, las áreas metropolitanas más conocidas de Asia, también están confrontando la escasez de agua; para contrarrestar esta problemática están considerando como solución, el aprovechamiento de agua de lluvia. Además, existen otros factores como el aumento de temperatura, que viene afectando a la biodiversidad del planeta y la escasez de agua. (Guzman, 2015, p.58)

Como se ha estado mencionando en los párrafos anteriores establecer una red de drenaje de aguas de lluvia implica ayudar con la problemática de la escasez de agua en distintas partes del mundo; analizando la situación de esta forma es necesario conocer más sobre este tema. A continuación, se mencionará algunos puntos referentes al sistema de drenaje pluvial en los demás continentes.

África

Como se sabe la problemática de suministro de agua potable es un tema latente de carácter general, especialmente en África, esto debido a la pobreza extrema y la falta de recursos para el uso de tecnología eficiente en el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de sistemas de drenaje. Además, hay que tener en cuenta

que este continente por diversos factores, principalmente las sequías, carecen de fuente de agua; esto se ha agravado a causa del cambio climático. (Guzman, 2015, p.57)

Australia

Australia, es el país menos denso en cuanto a población de Oceanía, esto es un problema al momento de dotar agua potable a la población debido a la dispersión de habitantes; por lo tanto, para solucionar el problema, se ha optado por utilizar el aprovechamiento de agua como una alternativa de solución. En 1994 se realizó estudios estadísticos referente al uso de aguas de lluvia, mostrando que un 30.4% lo utiliza en áreas rurales y un 6.5% en áreas urbanas. Además, el 13% de las viviendas que han aplicado este sistema de aprovechamiento de aguas pluviales lo utiliza para uso doméstico. (Guzman, 2015, p.60)

Como se ha comentado en los párrafos previos, estos sistemas pluviales son netamente necesarios para la captación de agua, y en efecto para el abastecimiento de agua potable; en algunos casos será así, en otros; se tendrá en cuenta la evacuación del agua de lluvias puesto que causan serios daños a la infraestructura urbana.

Venezuela

El gobierno de Caracas mediante el Plan Estratégico Caracas 2020 se proyecta a mejorar el sistema de drenaje pluvial, esto desde su planificación hasta su mantenimiento. De esta manera, se tratará de mantener el sistema de aguas pluviales óptimo para el aprovechamiento del recurso y la operación de la red de suministro de agua potable, teniendo en cuenta el manejo de sus fuentes, el traslado hacia las plantas de tratamiento, distribuidas en las líneas de conducción, el almacenamiento en reservorios y el flujo en las redes de distribución. (Caracas, 2014)

Por ello, para dar solución ante la problemática vigente se ha previsto aplicar medidas convenientes, ya que se informó según el diario Universal, mediante una evaluación por el sector de ingeniería hidráulica de la UCV, que el sistema de drenaje pluvial contiene diversas fallas; estas en conjunto suman un 90% de su red de distribución; eso debido a la falta de mantenimiento, mala ubicación, y otros por obstrucción de residuos. Por lo tanto, analizando técnicamente, el sistema opera a un 10% de su capacidad. En algunos casos las tuberías han disminuido su diámetro, esto debido a la obstrucción que tiene por la acumulación de desperdicios. En otros casos, las tuberías que sirven para el escurrimiento de agua pluviales se contaminan con las aguas

servidas de algunas viviendas que han realizado la instalación en laderas y retiros viales de las autopistas. (Cañizález, 2014)

México

Según estudios en México, alrededor del 70 % de aguas de lluvias se desaprovecha, entre aquella que se va al drenaje y la que se evapora; esto debido a la falta de importancia necesaria que permitan explotar este recurso. Cada año México recibe cerca de 500 millones de metros cúbicos de precipitación; de la cual el 50% se evapora, el 20% va al drenaje, esto según las informaciones obtenidas del CONAGUA. Además, menciona que el 67% de precipitaciones cae entre junio y Septiembre; y que solo el 21% desemboca en ríos o arroyos y un 5% se infiltra en el suelo hasta llegar a los acuíferos subterráneos y así recargar los manantiales. (Castillejos, 2014)

Argentina

En cuanto al aprovechamiento de recursos hídricos y el suministro de agua potable, Argentina ha obtenido resultados muy satisfactorios. Del mismo modo se están invirtiendo en proyectos hídricos para el control y prevención antes desastres naturales, en este caso inundaciones. Sin embargo, pese al planteamiento estratégico para contrarrestar estos desastres; en las zonas urbanas, aún siguen teniendo problemas considerables relacionados a las inundaciones y a la calidad del agua. Actualmente se viene realizando modelos para gestionar las aguas de lluvias en las zonas urbanas, pero siguen siendo deficientes debido a las inundaciones, la erosión y la contaminación entre otros daños. (Sánchez , 2010, p.5)

1.1.2. A Nivel Nacional

En nuestro país debido a las inundaciones acontecidas este año por el Fenómeno El Niño es necesario que, por lo menos, las provincias donde ocurren estos desastres naturales, tenga a su disposición una red de drenaje pluvial eficiente y adecuado. Por ello es preciso señalar algunos puntos relacionados al drenaje pluvial.

El trágico acontecimiento de un huaico, que trajo como consecuencia la muerte de 9 individuos en la ciudad de Huamanga (Ayacucho) en el año 2009, ha sido la causa para que el Gobierno de esa región y el Ministerio de Vivienda, construya un sistema de drenaje pluvial eficiente y vanguardista, el cual ha cumplido con su objetivo ante las avenidas que han acontecido en temporada de lluvias. (RPP, 2017, p.1)

Con 91 votos a favor, el parlamento aprobó el proyecto de ley N° 1028/2016-CR, que declara como una medida necesaria la construcción de una red integral de drenaje

pluvial y mejoramiento del saneamiento, en la ciudad de Chiclayo y distritos aledaños a la Región Lambayeque. (Gaceta Ucayalina, 2017, p.1)

El decano del CIP, de la región de la Libertad, Marco Cabrera Huamán, menciona que es momento de que Trujillo cuente con un sistema de drenaje pluvial completo, esto con la finalidad de evitar inundaciones, ante desastres naturales, especialmente en lugares críticos de la ciudad. (Redacción La República, 2013, p.5)

Como se tiene conocimiento, Piura es uno de los Departamentos del Perú que ha sufrido grandes daños en la infraestructura urbana, como consecuencia del fenómeno natural de El Niño; que ha acontecido recientemente. Según (El Tiempo, 2017) afirma que: “Roberto Sandoval, gerente encargado de la EPS, advierte que si no se construye una red de drenaje pluvial integral, el sistema de saneamiento colapsará en algún momento porque toda el agua de las lluvias, incluyendo lodo y piedras, va al desagüe”.

1.1.3. A Nivel Local

Santa Cruz, como provincia del Cajamarca, tiene un clima frío con lluvias constantes en temporada de invierno y lluvias frecuentes en época de verano, de las cuales la mayoría tiene un volumen de precipitación considerable.

Topográficamente la zona urbana de este distrito, es gradualmente accidentada con dirección hacia la parte más baja (de este a oeste) donde se encuentra relativamente la quebrada del pueblo, en la cual se vierten la mayoría de aguas de lluvia que acontecen dentro del área urbana, de la ciudad de Santa Cruz.

Desacuerdo a los registros y pobladores las calles más afectadas por las precipitaciones y las que quedan intransitables son (Jr. Atahualpa, Jr. José Olaya, Jr. Napoleón Puga, Jr. Bolognesi, Jr. Juan Ugaz, Jr. Cuervo, Jr. Santa Rosa) las cuales van de (Este a Oeste), y las calles (Domingo Negrón, Simón Bolívar, Jr. Zarumilla y Jr. Miguel Grau) las cuales van de sur a norte.

La problemática más frecuente en las calles es la cantidad de agua que escurren por las ellas al punto de generar riachuelos por las mismas y generando la intransitabilidad sobre éstas. Esta problemática se viene dando desde muchos años atrás, motivo por el cual en algunas zonas los ciudadanos no pueden salir de sus viviendas.

Hacia 8 años las fuertes lluvias afectaron el sistema de agua potable, por lo que toda la población de la zona urbana fue afectada y no tuvieron agua limpia durante dos semanas, esto generó un pesar y un problema de enfermedades diarreicas en niños y adultos mayores.

La localidad provincial de Santa Cruz necesita actualmente un sistema de drenaje pluvial en zonas críticas, motivo que produjo en muchas zonas e intersecciones de algunas calles sufran inundaciones constantes por las lluvias.



Figura 1. Épocas De Lluvia En La Provincia De Santa Cruz, 2017.
Fuente: Elaboración Propia

1.2. Antecedentes de Estudio.

Granda Acha (2013) en su tesis consideró como objetivo principal la de verificar entre el diseño de la red de drenaje pluvial realizado por la Universidad de Piura, con los resultados obtenidos del modelamiento, usando el software SWMM para el diseño, usando datos del diseño antes mencionado. Esta verificación se usó para comparar el funcionamiento hidráulico y eficiencia de la red de drenaje existente entre los dos métodos. La metodología utilizada fue el uso del programa de ingeniería SWMM, para la simulación del drenaje pluvial. Con estos resultados se llegó a la conclusión que el programa propone estimaciones más precisas que el Método Racional; esto se debe a que superpone ciertas limitaciones. Sin embargo, hay que tomar en consideración que para usar el programa se debe tener un estudio previo; ya que, si no es así, se obtendrá resultados erróneos. Esta tesis es relevante porque realiza un diseño relacionado a mi tema de estudio, un diseño de manera convencional y adicionalmente utilizando un software para luego realizar la comparación.

Chávez Aguilar (2006) elabora una tesis relacionado al proyecto. Dicho objetivo primordial de esta tesis es realizar un diseño óptimo de un sistema de drenaje pluvial existente, teniendo como criterio la parte económica y adicionalmente cumpla con su función, y se analizará mediante un modelamiento, usando el software SWMM. La metodología utilizada fue la utilización del programa SWMM y el Método Racional. En la conclusión de resultados obtenidos, se ha determinado que la propuesta aplicada, no ha

cumplido con los objetivos planteados y no refleja resultados reales que por criterio se debe tener. Tomando en cuenta los parámetros para el diseño es necesario realizar otros estudios para determinar cuándo es conveniente utilizar el software SWMM. Esta tesis es relevante debido a que se diseña un drenaje pluvial con el fin de que sea más económica y además se le utiliza alternativamente el software SWMM para su diseño.

Alejandro Hernández & Macea (2006) en su tesis se precisó como fin de este estudio la de formular un diseño de una red de drenaje integral a partir de un análisis previo del funcionamiento de la red de drenaje existente. Esta investigación es relevante debido a que la red de drenaje pluvial debe ser óptimo y funcional, dos criterios interesantes e importantes, teniendo en cuenta que ya tiene un sistema de drenaje. Este tipo de tesis tiene un contenido más detallado en cuanto al diseño.

Consultoria FEM S.A. (2008) en su tesis toma como punto esencial la de elaborar el catastro de la infraestructura pluvial ya existente, y a la vez un análisis integral de la misma para resolver la problemática de las inundaciones y plantear eficientemente la ejecución de las obras y las medidas necesarias para dar solución a la problemática en cuestión. Esta investigación tiene relevancia debido a que se realiza un proyecto referente al Drenaje pluvial en donde implica la elaboración de memoria descriptiva, especificaciones técnicas, presupuesto y planos.

Silva Mercedes & Pachar Cando (2012) en su tesis describe ciertos puntos. El objetivo de la tesis fue realizar un diseño integral eficiente del sistema de drenaje superficial para un lugar de estudio en específico. tomando en consideración las normas y reglas vigentes de drenaje pluvial. Finalizando se llega a la conclusión que, como efecto positivo del diseño del drenaje pluvial, una población considerable será beneficiada con la ejecución. Asimismo, al realizar la simulación con el programa SWMM se consideró que es un programa de ingeniería fundamental para la comparación de regímenes del flujo. Cabe mencionar que el programa debe ser utilizado por un profesional capacitado para que de esta manera se evite errores. Esta investigación es relevante, porque nos muestra, técnicamente como elaborar el diseño de drenaje, también se utiliza un programa para comparar con el diseño convencional.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Si bien es cierto diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial Urbano es el principal objetivo del proyecto de investigación y que además éste, es considerado actualmente como un Sistema Convencional debido a que es lo más habitual que se utiliza para estos casos.

Sin embargo, según Perales (2017) “existe un nuevo enfoque innovador acerca de los paradigmas del drenaje urbano y que se les denomina Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible; éstos ya se encuentran dentro del Marco Nacional y Local de España. Los beneficios de este sistema van más allá del cumplimiento de la regulación de las aguas de lluvias, convirtiendo las amenazas en oportunidades”.

Por otro parte el Principio de la Conservación de la Materia es otra teoría que se relaciona con el tema de fluidos y consecuentemente con el drenaje pluvial simultáneamente. Se dice que: “La masa de un fluido al entrar en contacto con otro fluido que se encuentre en un volumen determinado produce una reacción, la cual implica que una parte del flujo se quede dentro del volumen y le resto salga del volumen.”. (Loayza , 2005, p.110)

Según lo citado anterior se entiende que, si el volumen de un fluido es de forma y magnitud constante, el almacenamiento puede ser definido. También se puede expresar como: “El incremento de un fluido, en un tiempo determinado, sobre un fluido contenido que estará en un volumen dado, será equivalente a la sumatoria de las masas del fluido que entran a este volumen dado, reducido de las que salen.” (Loayza , 2005, p110)

También es importante mencionar el famoso Teorema de Bernoulli, que se concluye de la aplicación de la Ecuación de Euler, el cual indica a los fluidos relacionados a la acción de la gravedad.

Para la interpretación del Teorema de Bernoulli, Nave (2005) afirma que:

El efecto Bernoulli el cual según se menciona teóricamente en los libros de ingeniería, describe la disminución de la presión del fluido en las zonas donde la velocidad de flujo aumenta. De acuerdo a lo mencionado, este descenso se caracteriza por la contracción de una vía de flujo; sin embargo, varía cuando se analiza a la presión como una densidad de energía. Por otro lado, cuando el flujo es de alta velocidad mediante un estrechamiento, la energía cinética incrementa, a costa de la energía de presión.

Dentro del análisis de las teorías también es necesario hablar sobre El principio de la cantidad de movimiento y la manera como se relaciona con los fluidos. Según Loayza (2005), en su libro de Mecánica de Fluidos I, señala que:

Según se indica en la mecánica clásica, la cantidad de movimiento de un elemento, es el resultado de la masa por su velocidad. La ecuación para determinar la cantidad de movimiento de un cuerpo libre u otros casos volumen de control deriva de la segunda ley de Newton, que indica lo siguiente: La sumatoria vectorial de todas las fuerzas es equivalente a la rapidez del cambio de vector. (p. 119)

Además, es importante mencionar un fenómeno que es muy frecuente en el diseño hidráulico denominado resalto hidráulico. Según Rocha (2007) menciona que:

En Hidráulica, el resalto hidráulico se define como el salto brusco de un régimen de flujo en este caso de supercrítico a subcrítico, este movimiento se describe como una actividad rápidamente variada, con líneas de corriente intensas en la curvatura. Algunos autores lo consideran como un fenómeno tridimensional que expresan los fluidos que describen los parámetros hidráulicos en cualquier punto analizado; en otras palabras, su grado de turbulencia depende de la capacidad de la mezcla. (p.382)

Para concluir, el Teorema de Torricelli es un punto muy importante en el análisis de Mecánica de Fluidos I. Según Loayza (2005) “Nace como base del principio de Bernoulli y estudia el flujo de un fluido contenido en un volumen dado, mediante un simple orificio, considerando la gravedad”.

Con el teorema en estudio se puede estimar el caudal de diseño de un fluido a través de una actividad en cuestión. La velocidad es un punto importante a tener en cuenta para determinar el cálculo, el líquido en estudio debe ensayarse en un recipiente y se debe tener en cuenta la gravedad para estimar correctamente el valor.

1.3.1. Suelos

Como se sabe, es frecuente pensar que el suelo es un conjunto de elementos orgánicos e inorgánicos, pero en realidad el suelo sostiene para la ingeniería un concepto más detallado. Según Braja M. (2013) en su libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica lo define así:

En un marco global referente a la ingeniería geotécnica, el suelo se conceptualiza como una aglomeración de minerales y elementos sólidos; y que adicionalmente contienen en los espacios vacíos líquidos y gases; esto en conjunto forman un agregado sin compactar. Por otra parte, el suelo se utiliza generalmente como un material de construcción en diversas obras civiles, desde una vivienda hasta una megaconstrucción; y tienen por objetivo soportar las cimentaciones. Para que el suelo resista estas cargas es necesario que se conozca ciertos parámetros y se realicen los ensayos convenientes para clasificar que tipo de suelo se tiene. (p.1)

Por otra parte, Juárez Badillo (2005) afirma lo siguiente:

El término suelo de por sí, abarca distintos puntos de vista, esto de acuerdo a la aplicación que lo amerite, relativo a la rama de ingeniería. En agronomía, por ejemplo, se define como una fracción superficial de la capa terrestre, la cual generalmente alberga la vegetación del planeta; este concepto para el ingeniero no le sirve de mucho.

Por otra parte, en geología, lo describe como un material transformado, que pasa por un proceso químico, de roca a suelo; y a su vez contiene elementos orgánicos e inorgánicos. Este concepto no completa aún una definición clara de ingeniería. Finalmente, luego de un análisis se llega a la conclusión que el suelo, se define como todo material que se encuentra en la tierra, desde un relleno sanitario hasta una roca sedimentaria, conocidas como areniscas. (p.34)

1.3.1.1. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de aquellos materiales sedimentados, se describen de una manera que contenga, la capacidad necesaria para las distintas aplicaciones en ingeniería. La condición física de un suelo en estudio, se caracteriza por la consistencia y la fuerza de sostenimiento del suelo, la resistencia, entre otros parámetros hidráulicos.

Es prioridad de cada persona involucrarse en el uso correcto de la tierra, tener un concepto referencial sobre las propiedades físicas del suelo, para dar solución ante los diversos problemas que pueden suceder referente al uso agrícola y optar en gran medida por mejorar las condiciones físicas del suelo, según sea necesario utilizarlo. (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2004, p. 2)

A. Tamaño de partículas del suelo

Las partículas del suelo se caracterizan por su tamaño; entre ellas están las arenas, los limos y las arcillas; este tipo de partículas minerales no deben ser mayor a 2 mm. Por otra parte, las partículas de dimensiones mayores a 2 mm, se consideran como fragmentos gruesos del suelo, y pueden ser: grava, piedra o roca; según su tamaño.

El conjunto de partículas de distintos tamaños y algunos elementos orgánicos de proporciones variables; forman el suelo. Se destaca que, la textura y las propiedades de éstas depende de las dimensiones de las partículas; es decir que, mientras mayor sea el tamaño de éstas, mayor será el espacio entre ellas; y como efecto el suelo será más poroso; así también mientras menor sea el tamaño de las partículas, menor será el espacio entre ellas y el suelo menos poroso. (The Phantom of the opera, 2009)

B. Consistencia del suelo

Se describe como la cualidad a resistir la deformación o ruptura sobre el suelo en estudio, cuando se aplican fuerzas físicas internas como la cohesión y adhesión; estas fuerzas varían de acuerdo al contenido de humedad del suelo, es por esta razón que la resistencia se puede clasificar en: seca, húmeda y mojada. Esta definición se

complementa con las propiedades del suelo como: la compresión, la plasticidad, la viscosidad entre otros. Según investigaciones realizadas en laboratorios con ensayos y estudios de campo; afirman que, la consistencia del suelo varía de acuerdo a las propiedades del suelo como: la textura, la estructura del suelo, contenido de humedad entre otros. (Osorio, 2010)

C. Humedad del suelo

Dentro de las propiedades esenciales para el suelo, la humedad juega un papel muy importante al momento de describir el comportamiento del suelo; esto se refleja, en la estratigrafía del suelo, el agua fluye y transporta agua acompañada de sustancias forma parte de la humedad del suelo. El tipo de vegetación que crece en el suelo, dependerá de las propiedades del suelo húmedo. La variación del contenido de humedad es rápida y puede estar en minutos u horas. Por el contrario, el proceso de secado toma semanas hasta meses. El porcentaje del contenido de humedad se caracteriza por estar entre 5 a 50% de su capacidad de retención. (ISO, 1993)

El análisis de la curva de humedad superficial del suelo es esencial para determinar problemas relativos a las necesidades de riego hídricas, aspectos ambientales y determinación de los excedentes hídricos para su aprovechamiento.

De manera excepcional, para la determinación del escurrimiento de agua de lluvia, durante acontecimientos naturales, se pueden adoptar modelos simplificados, que relaciona la infiltración como un perjuicio o modelos de cálculo de infiltración, que modela la infiltración de agua y menciona además los procesos de infiltración escorrentía. Estos modelos son indispensables para determinación de la humedad.

Actualmente, existen variedad de simulaciones numéricas que permiten entender el movimiento hídrico y los químicos que fluyen mediante las partículas del suelo como son: HYDRUS (programa que modela el flujo del agua); UNSATCHEM (módulo geoquímico de infiltración bidimensional); CHAIN-2D (programa para diseñar estrategias para optimizar recursos); MODFLOW (programa para modelar agua subterránea); entre otros.

1.3.1.2. Propiedades Químicas

El agua es un elemento importante, que ayuda a determinar la composición química del suelo mediante la lixiviación. Con ello, ciertas sustancias se lixivian en las capas del suelo inferiores, acumulando; al mismo tiempo otras sustancias son menos solubles y en efecto quedan en la capa superiores del suelo. Los cloruros y los sulfatos son aquellas sustancias

químicas que eliminan con ms rapidez en el suelo; en segundo plano están los elementos como: el sodio, el magnesio, el potasio y el calcio.

Existen otros elementos químicos que entran en contacto con el suelo tenemos las sustancias siguientes: el silicato, el óxido de hierro y el aluminio que demoran considerablemente en descomponerse y que a las justas se procede de extracción o lixivian. Por otra parte, al estar en contacto con el aire del ambiente, estos elementos tienen una transformación o reacción química muy potente, a esta cambio o transformación se le conoce como oxidación del elemento, diferente a su estado inicial. En efecto, si se produce este cambio, la lixiviación aumenta y se producen otros cambios químicos del suelo. Por ejemplo, cuando los suelos contienen elementos como los sulfuros ferruginosos y se exponen al aire, estos se convierten en suelos ácidos sulfáticos, lo que provoca la oxidación del elemento y la acidificación del terreno. Por lo tanto, el aire que se mezcló con el suelo, contienen dióxido de carbono. Al mezclarse el agua con este gas se forman ácidos leves como el ácido de carbónico, y que posteriormente se pueden mezclar con algunas sustancias químicas del suelo para formar otras sustancias.

A. Salinidad del suelo

Los efectos del suelo con sustancias químicas tal como las sales solubles en altas dosis, produce la salinidad del suelo. Las características de estos efectos se distinguen en la fase sólida y fase líquida. De acuerdo a ello depende su movilidad del suelo. Esta consecuencia del suelo, es un problema latente para el sector agrícola; no solo en América sino en todo el mundo; entre los más afectados están los países latinoamericanos. Este problema es determinante para la producción de alimentos a nivel global, debido a que estos los alimentos pierden su potencial; y por consiguiente el rendimiento de la producción. (Castellanos, 2004, p. 131)

Esta propiedad química del suelo, mencionada previamente, suele producirse generalmente por efectos naturales, pero, según algunos estudios e investigaciones en campo, proyectan la causa como el mal manejo de riego, drenaje del suelo ineficiente, aplicación de abono a la cosecha, y otros factores convencionales. La salinidad como propiedad química tiene como característica, efectos negativos en la agricultura ya que limita a las plantas la entrada de energía a la raíz, también se puede dar la absorción ínfima de nutrientes, afecta directamente la translocación, y la relación de iones en la planta. Su exceso de iones llega a intoxicar a la planta, por ejemplo, acumulando ciertos compuestos como CL, Na y B (Cloro, sodio, boro respectivamente) desde las

semillas dentro del suelo, el desarrollo del tallo; hasta las hojas. En consecuencia, de esta acumulación de compuestos químicos producen variaciones del pH, que como mencionamos anteriormente afecta a los nutrientes y alternamente provoca presencia de exceso de algunos elementos los cuales tenemos; el nitrato de cloruro, potasio-sodio, calcio-sodio entre otros. (Castellanos, 2004, p. 132)

1.3.2. Precipitaciones

Según la norma, es un fenómeno físico relativo a la Hidrología, que consiste la distribución de agua sobre el suelo en forma de lluvia. (RNE, 2016, p. 138)

La precipitación se refiere básicamente a las aguas de lluvia que aportan fluido al suelo, estas pueden ser en forma líquida o sólida. Las mediciones de precipitaciones se realizan de manera ineficiente para determinar la equivalencia del agua. En términos generales la hidrología es fundamental, para poder entender el origen de las avenidas, el conocimiento de las distribuciones teóricas tomando en cuenta el tiempo y el espacio para aplica estos métodos estadísticos. (Segerer & Villodas, 2006, p. 1)

1.3.2.1. Altura de Precipitación

En cuanto a las mediciones para comprobar las alturas de las precipitaciones se debe en cuenta el área del proyecto en estudio para la selección de la estación pluviométrica, luego saber medir la altura de tal modo que especifique aquella altura que no filtre ni se evapore. Existen pluviómetros o pluviógrafos los cuales son los instrumentos para medir las precipitaciones. Ala vez se utilizan instrumentos estandarizados para comparan los valores en las estaciones hidráulicas. (Wikipedia, 2015)

1.3.2.2. Intensidad de la lluvia

Se denomina a este término, como la precipitación de una superficie por un lapso determinado; este elemento se mide generalmente en milímetros por hora según la norma. (RNE, 2016, p. 139)

Es importante saber analizar la intensidad de lluvia, conocer la variación del tiempo, conocer qué tipo de intensidad se haya dado, según sea el caso. Hay que mencionar que es impredecible realizar un estudio de caudal sin antes tener un registro ya que es la única manera de predecir un caudal de diseño y con ello ver la capacidad que soportara la red pluvial. Es conveniente decir que para lluvias ordinarias son más fáciles de predecir que aquellos que tienen como registro avenidas extraordinarias. Para estimar estos valores existen una variedad de fórmulas empíricas; y para diseñar

correctamente es necesario tener un conocimiento previo antes de aplicar estos métodos de acuerdo a la zona de estudio o la cuenca hidrológica del proyecto. (Almazán Gárate, 2005)

1.3.2.3. Tiempo de Duración

Se refiere a estimar un intervalo de tiempo promedio entre el inicio y el final respectivamente de la avenida y se representa en minutos. (RNE, 2016, p. 140)

Se sabe tanto en la teoría como en la práctica que cuando se produce un evento extraordinario intenso la duración es bajo, por otro lado, si la intensidad es baja la duración es prolongada. Por lo tanto, se dice que son inversamente proporcionales. En cuanto si la intensidad de lluvia relativo al periodo de retorno; en este caso se produce lo contrario y son directamente proporcionales. (Bateman, 2007)

1.3.3. Sistema de Drenaje Pluvial Urbano

1.3.3.1. Generalidades

A. Introducción

El Drenaje Pluvial surge en Europa en el siglo XIX, pero se tiene conocimiento que ya habían existido desde tiempos muy remotos y que han ayudado al ser humano a lo largo de su historia, y que en efecto en la actualidad es muy importante dentro de los Sistema Urbanos. Según (Yañez, 2014) señala que:

La evacuación de las aguas pluviales es lo más relevante a realizar cuando ocurre algún evento extraordinario como son las lluvias durante una avenida; esta actividad ocurre en la gran mayoría de ciudades del mundo, con el objetivo de evitar daños en la infraestructura tanto públicas como privadas; e inundaciones en las edificaciones y zona urbana. Por ello, la manera más factible de realizar una adecuada evacuación de aguas de lluvia es contar con un sistema de drenaje pluvial urbano. De la misma forma, es necesario mencionar que debido a la urbanización de un sector de la población ha implicado modificaciones en la superficie del suelo, haciéndola poco permeables y en efecto reducir la capacidad de evacuar las aguas pluviales por gravedad o evaporación. El pavimento rígido y flexible que conforman la zona urbana también incrementan la impermeabilidad del suelo evitando el drenaje de las aguas pluviales. Por lo tanto, los sistemas de drenaje pluviales y de alcantarillado respectivamente, son la mejor alternativa para realizan la labor de desalojar los volúmenes de las precipitaciones; y

derivar a ríos o canales el desecho o aprovechamiento de los escurrimientos, según sea el caso. Realizar un diseño eficiente es la mejor opción para evacuar las aguas de lluvia en cualquier proyecto. (p.16)

Sin embargo, estos sistemas de drenaje suelen colapsar debidos a la problemática planteada anteriormente relacionado al desarrollo urbano de la población y que implica que ha futuro ocurrirán problemas sobre el Sistema de Drenaje Pluvial Urbano existente. Es por ello que más adelante se detallará cómo se debe diseñar este sistema.



Figura 2. Colapso De Las Calles De Piura Debido A La Inexistencia De Un Drenaje Pluvial Después De Un Desastre Natural
Fuente: (RPP, 2017)

B. Definiciones

Se define a un sistema de drenaje como aquel conformado por un conjunto de canaletas de concreto que transportan las aguas pluviales, hacia un lugar donde previamente se ha acordado y desembocará para evitar problemas de inundaciones especialmente en las zonas críticas. Dentro del plan estratégico de una ciudad, es de prioridad tener como proyecto el drenaje pluvial de la zona, teniendo en cuenta un presupuesto considerado de acuerdo a la topografía y que sea viable para que después se ejecute sin inconvenientes. (Palacios, 2008, p.193)



Figura 3. Sistema de Drenaje Pluvial, alcantarilla de cruce.
Fuente: La voz del Sandinismo (2013)

Drenaje pluvial significa para la ingeniería hidráulica, evacuar el exceso de aguas de lluvia después de una avenida, con el fin de evitar daños públicos e inundaciones en la ciudad. (RNE, 2016, p.163)

Según el reglamento y las normas peruanas, actualizado el año pasado, se tiene las definiciones necesarias para el Diseño de Drenaje Pluvial y las cuales se tendrá en consideración para la elaboración de la tesis de drenaje y el diseño integral pertinente a considerar.

C. Clasificación

Si bien es cierto el RNE no tiene una clasificación sobre el Sistema hídrico pluvial; en efecto éste se encuentra dentro de uno que es el Sistema de Drenaje del cual deriva el Sistema de Alcantarillado Global y lo menciona el Reglamento de esta manera citaremos a continuación.

Según el reglamento y las normas de nuestro país, con relación a la clasificación del sistema de drenaje, que:

En una zona donde no cuenta con drenaje, la escorrentía fluirá naturalmente de acuerdo al ciclo del agua. Según se afirma este tipo de drenaje natural está en cambio constante debido a las condiciones del ambiente. En consecuencia, los cambios del área, dependerán de la intensidad de las tormentas que se produzcan en la zona hidrográfica de la cuenca y por consiguiente su evacuación. Considerando las observaciones anteriores, un sistema de drenaje puede clasificarse de la siguiente manera: Están los drenajes urbanos, luego le siguen los drenajes agrícolas, después están los drenajes de

carreteras; y por ultimo están los drenajes de aeropuertos. Cada sistema de drenaje es importante. (RNE, 2016, p.163)

D. Tipos

Según el (RNE, 2016, p.163) afirma que:

En una zona urbana el drenaje está formado por los sistemas de alcantarillado, estos se pueden clasificar en función al fluido que transporte, en otras palabras, si transporta agua de lluvia es necesario un sistema de drenaje pluvial; por lo tanto, a continuación, se describen los siguientes tipos:

- a. **Sistema de alcantarillado sanitario.** Drenaje diseñado para evacuar únicamente aguas servidas públicas y privadas.
- b. **Sistema de alcantarillado pluvial.** Este tipo de drenaje se relaciona a la evacuación de aguas de lluvias producidas durante una avenida.
- c. **Sistema de alcantarillado combinado.** Sistema de drenaje mixto que evacua tanto aguas pluvias como aguas residuales de manera simultánea.

E. Ventajas y Desventajas

Las ventajas del Sistema de Drenaje Urbano, según (Borlongan, 2017) nos presenta las siguientes ventajas del Sistema:

- a. La aplicación de sistemas de drenaje permite básicamente prevenir inundaciones en zona críticas.
- b. Las plagas que se producen en los jardines debido a las aguas de lluvia que se acumulan son perjudiciales para las plantas.
- c. Debido a las precipitaciones, el suelo por efectos del fenómeno se erosiona, y produce posteriormente que se estanque el agua.
- d. El drenaje sostenible hace que las aguas de lluvia escurran y evitando de esta manera la humedad del suelo.
- e. Las lluvias intensas y prolongadas tienen la ventaja de evacuar junto con ella, los materiales tóxicos y algunos organismos dañinos. Las inundaciones se pueden producir por ineficiencia del suelo.
- f. Las inundaciones traen consigo en los ríos agua contaminada y por efecto contaminan al suelo, para ello los sistemas de drenaje ayudan a la evacuación.

Las Desventajas del Sistema de Drenaje Urbano, según (Borlongan, 2017) también se presentan desventajas del sistema que mencionan a continuación:

- a. El costo por la instalación de un sistema de drenaje es muy elevado. Tanto la instalación como la mano de obra son caras por lo que no muy recomendable usarla. Además de solicitar permiso para construir.
- b. El mantenimiento de sistema de drenaje de un proyecto, ayudará a funcionar de manera óptima y correcta según el diseño para el que fue creado. Para ello se tiene que verificar también que los sistemas subterráneos se encuentren sin obstrucciones debido a diversos factores hidrológicos u otros afines. Los desechos también suelen estancarse en el sistema de drenado por lo que se recomienda en algunos casos colocar tapas para un mejor rendimiento y esta actividad de limpieza tiene que hacerse en menor tiempo posible.
- c. Según estudios, los sistemas de evacuación de aguas pluviales pueden directa o indirectamente perjudicar a los cuerpos de agua, llámese ríos o lagunas sobre todo cuando no se realiza mantenimiento en cunetas.

1.3.3.2. Estudios de Mecánica de Suelos

A. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado

La principal finalidad de esta prueba de laboratorio es básicamente el cálculo cuantitativo de la distribución de dimensiones de partículas del suelo. Para obtener esta distribución se recurre al manual, que define al método para obtener los valores estimados por los diferentes tamices estandarizados que inicia con el tamiz de 3” y finaliza con el tamiz N° 200.

Antes de iniciar el procedimiento del ensayo se debe considerar las propiedades de los materiales finos de la muestra, ya que de ello dependerá el tipo de análisis granulométrico, que puede ser con el global de la muestra. Tomando en cuenta lo anterior se procede a tomar una cantidad específica de suelo seco, esta cantidad dependerá del diámetro de las partículas, y luego hacerlo pasar por un conjunto de tamices con aberturas que disminuirán en cada tamiz que pasen. En su parte inferior cuenta con una charola que retendrá la parte final del suelo cuando pase por todos los tamices.

A.1. Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz N° 4.

Este primer análisis granulométrico se utiliza los tamices de 3” y sucesivos hasta llegar al tamiz N° 4. Si el tamizado se realiza manualmente, los tamices se mueven de manera continua, hasta cuando no pase más del 1% de la porción retenida. En caso de usar

tamizadora mecánica el tiempo de uso es 10 minutos. Luego de terminado esta operación se estima el peso de cada fracción.

Para el cálculo se considera el valor obtenido que pasa el tamiz N° 4 (4,760 mm), partiendo el peso del tamiz especificado por el peso del suelo tomado inicialmente y se multiplica por 100. Luego se obtiene el peso de la parte retenida en el tamiz especificado solo le resta el peso tomado inicialmente con el peso que pasa el tamiz N° 4 (4,760 mm). Se realiza luego una comprobación detallada en el manual y se determinan los porcentajes.

A.2. Análisis granulométrico de la fracción fina

Para este segundo análisis, se toma en cuenta dos partes. La primera parte se realiza cuando la fracción de muestra pasa el tamiz N° 4 (4,760 mm), se aplica el tamizado y/o sedimentación según sea las características propias de la muestra y además, según sea la información que se requiera. Por otro lado, la segunda parte se realiza cuando la parte de la muestra queda sobre el tamiz N° 4 (4,760 mm), Esta parte se aplica por lavado, el análisis abarca la realización del cuarteo de la muestra dependiendo del tipo de suelo, luego el peso y secado del material y posteriormente anotación de datos. Después se coloca en un recipiente la muestra cubriéndola con agua y dejándola remojar, ya finalizando se lava, se recoge lo retenido en un recipiente y se seca. Por último, se tamiza en seco y se procede a calcular los datos.

Para el cálculo se considera unas formulas determinadas que tiene como puntos el porcentaje que pasa y el porcentaje retenido respectivamente. Posteriormente se calcula el porcentaje más fino. Adicionalmente se puede calcular el porcentaje de humedad higroscópica.

En las siguientes tablas se especifican las series de tamices de malla cuadrada y los pesos de la muestra según su diámetro nominal.

Tabla 1.
Valores de cada tamiz según las aberturas cuadradas de cada malla.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000).

Tabla 2.
Pesos mínimos para cada diámetro nominal de partícula más grande.

Diámetro nominal de partículas más grandes mm (pulg.)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (⅜")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000).

B. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo

El objetivo fundamental del presente ensayo es evaluar el contenido de humedad del suelo para fines de calidad o uniformidad según sea el caso. Ésta debe ser expresa en porcentaje para su interpretación y análisis respectivamente.

Para iniciar con el procedimiento del ensayo se comienza con estimar y tomar valores de la masa de un contenedor. Adicionalmente si la cubierta también se considera, entonces también se registra su masa para el ensayo. Luego se selecciona la muestra de prueba que representa de acuerdo a la selección previa teniendo en cuenta lo que dice la norma. Después colocar la muestra húmeda en el contenedor, y si se utiliza la tapa, colocar la tapa en su posición establecida asegurándola. Posteriormente se determina el peso del recipiente y del ensayo húmedo simultáneamente, luego se utiliza balanza específica en función al peso del espécimen. Se registra el valor obtenido, se remueve la tapa y se coloca luego el contenedor. Seguidamente se seca el material hasta llegar a una masa uniforme. Se mantiene el secado del horno, y si se especificara algún otro tipo de temperatura mencionarla y aplicarla debidamente. El

peso constante estará en función del tiempo y variará de acuerdo al material usado, dimensiones de la muestra, tipo y capacidad del horno, y otros factores. Después que el material se haya secado, se quitará el contenedor del horno. Se enfriará el material de muestra y del contenedor a temperatura ambiente que es lo más conveniente. Se estima el peso del contenedor y la muestra secada al horno usando la misma balanza usada anteriormente. Se registra este valor. Un punto importante a tener en cuenta es que las se utilizará las tapas de los contenedores cuando el espécimen usado para el ensayo está absorbiendo humedad del aire del ambiente antes de la determinación de su peso seco.

Para los cálculos de este ensayo se considera una fórmula establecida en el manual que se describe como el peso del agua sobre el peso del suelo secado al horno y al resultado multiplicarlo por 100. Con este resultado se obtiene el contenido de humedad en porcentajes.

Hay que mencionar que los valores que tienen un asterisco adicional son considerados como valores mínimos que se usaran de manera representativa.

Tabla 3.
Cantidades mínimas de especímenes de material húmedo seleccionado

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados $a \pm 0,1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados $a \pm 1\%$
2 mm o menos	2.000 mm (N°10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N°4)	100 g	20 g*
9.50 mm	9.525 mm ($\frac{3}{8}$ ")	500 g	50 g
19.00 mm	19.050 mm ($\frac{3}{4}$ ")	2.5 kg	250 g
37.50 mm	38.100 mm (1 $\frac{1}{2}$ ")	10 kg	1 kg
75.00 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000)

C. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos

La misión de este ensayo es estimar el límite líquido representado en porcentaje. Para este desarrollo hay que tener en cuenta el estado plástico y el estado líquido simultáneamente. El valor hallado debe estar aproximado al centésimo. Este ensayo tiene dos tipos de método para el cálculo del límite líquido, estos e dependen de la preparación del espécimen de ensayo y de los cálculos. Cabe mencionar que la precisión y la exactitud son muy importantes para cumplir los objetivos de esta prueba.

C.1. Determinación del límite líquido por el método multipunto

Antes de iniciar el procedimiento se debe tener una muestra que contenga entre 150 - 200 g de una porción del material que pase el tamiz N° 40, después ajustar los aparatos (calibrar) para su uso. Para su determinación del límite líquido se procede a colocar la muestra en la vasija de porcelana, inmediatamente mezclar con 15 a 20 ml de agua destilada, simultáneamente amasar y tajar la mezcla. Realizar incrementos de 1 a 3 ml. Luego cuando después de repetir varias veces y obtener la consistencia requerida. Para el cálculo del límite líquido por el método multipunto se considera al contenido de humedad como el peso del agua sobre el peso del suelo secado al horno multiplicado por 100. Una vez calculado el porcentaje, con aproximación a un entero, se elabora la en Excel la curva de fluidez, que es la relación entre el porcentaje de humedad y el número de golpes. El límite líquido resulta de la intersección de la curva.

C.2. Determinación del límite líquido por el método de un punto

Antes de iniciar el proceso por el método de un punto se debe tener en cuenta que se usan los mismos materiales del método anterior y para la preparación hay que considerar que la consistencia este entre 20 a 30 golpes de la copa de Casagrande para cerrar la ranura. Por lo tanto, el procedimiento se realiza por el mismo método anterior, a diferencia que la proporción de contenido de humedad se ajusta a la proporción de golpes que se requiere (20 a 30 golpes) y se repetirá el proceso la veces que sea necesario. Para el cálculo del límite líquido se obtiene mediante una fórmula que esta detalla en el manual la cual está en función del número de golpes, el contenido de humedad y un factor que está en relación del número de golpes.

En la siguiente tabla se describe un factor necesario para obtener el límite líquido adecuado. Este factor está en función del número de golpes.

Tabla 4.

Factor para determinar el límite líquido según el número de golpes

N (Número de golpes)	K (Factor para el límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000).

Tabla 5.

Tabla de Estimación de precisión para el Ensayo de Límite Líquido.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio Límite Líquido	3,5	9,9

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000).

D. Ensayo para determinar el Límite Plástico e Índice de Plasticidad

Para calcularlo se debe tener necesariamente el valor de índice del límite líquido del mismo suelo. Para realizar este ensayo es conveniente realizarlo de manera detenida. Los aparatos pertinentes y la preparación de la muestra están descritas en el manual. Posteriormente para el ensayo el procedimiento se inicia moldeando la mitad de la muestra en forma de un elipsoide y seguido, se moldea manualmente sobre la superficie lisa, con la presión necesaria para formar cilindros con las dimensiones que dictaminan la norma. Si el cilindro moldeado a un diámetro de unos 3.2 mm no se desmoronado, se vuelve a hacer de nuevo el mismo proceso. La porción resultante se coloca sobre un vidrio de reloj, luego se continua el procedimiento hasta alcanzar unos 6 gramos de muestra y se estima la humedad del suelo mediante al ensayo de limite líquido.

En la siguiente tabla se especifica los estimados de precisión dependiendo del tipo de ensayo para determinar el límite plástico.

Tabla 6.

Estimación de precisión para el ensayo de Límite Plástico.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio Límite Plástico	3,7	10,6

Nota: Manual de Ensayo de Materiales MTC, (2000).

E. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)

Es conveniente mencionar que este ensayo se puede realizar para cualquier suelo, con muestras inalteradas y remoldeadas. Consiste en otras palabras, la aplicación de una carga normal y posteriormente hallar la fuerza de corte que haga fallar la muestra y así determinar su resistencia.

Los aparatos y la preparación de los especímenes o muestra se describen en el manual. Estos puntos están relacionados con el tipo de suelo a ensayar. Es importante la

calibración del dispositivo para su utilización ya que de esta manera se determina correctamente los valores de este ensayo. Con estas consideraciones se procede a ensamblar la caja de corte y aplicarla. Luego se coloca la muestra cuidadosamente, se activa el dispositivo y se realiza los ajustes necesarios del dial. Hay que tener ciertos criterios de colocación de acuerdo a la tipología del suelo. Por consiguiente, se aplica una fuerza normal adecuada, luego se llena el recipiente con agua a un nivel superior al de la muestra para el proceso de drenaje y consolidación. Se toma lectura de las deformaciones normales y luego se representa estas deformaciones en gráficas. Después se separa los marcos de la muestra para dar paso a la realización del ensayo, se aplica la fuerza de corte lentamente y de toma lectura de la velocidad de aplicación. Sucesivamente se realiza el mismo procedimiento con incrementos de esfuerzos de corte. Terminado este procedimiento se retira la muestra completa de la caja de corte, secando la muestra a temperatura de horno y tomando nota de los pesos de la muestra. Para los cálculos se considera el contenido inicial de humedad, pesos unitarios, esfuerzos de corte, relación de vacíos, grados de saturación entre otros. Estos valores deben ir efectuados mediante un informe detallado según el manual y que además es necesario elaborarlo de acuerdo al tipo de suelo usado.

F. Ensayo de CBR de suelos (Laboratorio)

Tiene como fin determinar el índice de resistencia de un suelo, suelen llamarlo comúnmente como ensayo de CBR. Para estimar los valores de este ensayo se realiza sobre una muestra preparada previamente en laboratorio, determinadas para ciertas condiciones de humedad y densidad, además se puede realizar de otra manera tomando muestras inalteradas del terreno. (Manual de Ensayo de Materiales MTC, 2000, p. 2) Este procedimiento para determinar la relación de soporte del ensayo se alcanza de acuerdo al contenido de agua y el peso unitario del terreno. Para la elaboración de la muestra se debe seguir las normas del manual y de acuerdo a ello determinar la proporción del material. Realizado esta operación se prepara la muestra requerida para el ensayo de apisonamiento y compactación. Luego se determina la humedad óptima y densidad máxima de acuerdo al número de especímenes. Luego se realiza una adición de agua para alcanza la cantidad de humedad fijada. Después se toma un molde para continuar con los ensayos. Para ciertos tipos de suelos Luego se procede realizar el periodo de inmersión y posteriormente a determinar los datos necesarios.

1.3.3.3. Estudios Hidrológicos

Estos estudios son importantes porque ayudan a estimar los caudales de diseño. En efecto, se debe tener en cuenta el análisis de hidrológica, el área de estudio, criterios de diseño y límites de aplicación, con el objetivo que el especialista seleccione la alternativa más adecuada para el diseño hidrológico. La información de las estaciones a utilizar en el estudio deberá ser proporcionada por SENAMHI. (MTC Manual de Hidrología, 2008, p.12)

A. Factores Hidrológicos y Geológicos

Son aquellos que influyen en la estimación de diseños adecuados que generen de manera óptima a la actividad del sistema de drenaje pluvial, acorde a las exigencias hidrológicas del proyecto. Las dimensiones hidrográficas son el primer factor a tener en cuenta, se afirma que el caudal aportado estará en función a las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas. (MTC Manual de Hidrología, 2008, p.13)

B. Estudios de Campo

Realizado con el fin de identificar, estimar y evaluar la información relacionada al estado actual de las obras de drenaje pluvial existentes, topografía e hidrología del área en estudio. (MTC Manual de Hidrología, 2008, p.14)

C. Evaluación de la Información Hidrológica

Debido a las limitaciones de datos hidrométricos o pluviométricos para el proyecto en estudio, y, además, según sea el método a utilizar; en este caso usar método indirecto para completar datos de registros, se determinará el caudal de diseño para las estructuras en cuestión. Cabe mencionar que la realidad de la Hidrología en el Perú en cuanto a estaciones hidrológicas es escasa e ineficientes; y que por tanto para determinar el caudal es indispensable basar el interés en determinar los datos faltantes. Es necesario verificar, estimar, observar, analizar el comportamiento de obras existentes aledañas.

D. Área del Proyecto - Estudio de la Cuenca Hidrográfica

El estudio hidrológico, está basado a estimar sus propiedades hidrológicas y geomorfológicas de la cuenca; en cuanto a su aporte y a su comportamiento hídrico. De acuerdo a los mencionado, el dinamismo de una cuenca permitirá considerar decisiones óptimas con relación a las obras de carreteras. Además, estos elementos físicos, propios de la cuenca, son los que proveen la más factible posibilidad de estimar

el cambio en el espacio respecto a elementos del régimen hidrológico. (MTC Manual de Hidrología, 2008, p.15)

E. Selección del Período de Retorno

El tiempo de retorno se representa como el tiempo promedio, representado anualmente, relacionado a una probabilidad de ocurrencia de un evento extraordinario que puede ser igualado o superado al menos una vez, según sea el caso. La probabilidad de falla de una estructura es esencial para la correcta elección del tiempo de retorno. Por tanto, para seleccionar el tipo de periodo de retorno para una obra en específica dependerá de diversos factores en relación a su Hidrología. Además, también se tendrá en cuenta su vida útil, el riesgo de falla, la excedencia de un evento, factores económicos, técnicos, etc. (MTC Manual de Hidrología, 2008, p.16)

F. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

F.1. Modelos de distribución

Esta aplicación de modelos de distribución son la base para analizar los periodos de retorno ya sea para caudales máximos, intensidades o precipitaciones; en función a las frecuencias de probabilidad. Con ello, las distribuciones teóricas se distinguen:

F.1.1. Distribución Normal

La función densidad de probabilidad normal se denota así:

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

Donde

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

F.1.2. Distribución Log Normal 2 parámetros

La función de distribución probabilística se determina de la siguiente manera:

$$P_{(x \leq x_i)} = \frac{1}{s\sqrt{(2\pi)}} * \int_{-\infty}^{x_i} e^{-\left(\frac{x - \bar{X}}{s}\right)^2 / 2} dx \quad (2)$$

Donde X y S son los parámetros de la distribución.

En la ecuación (2), la variable se sustituye por la función $y=f(x)$, de modo que $y=\log(x)$, la función se normaliza, así:

$$\bar{Y} = \sum_{t=1}^n \log x_t / n \quad (3)$$

Donde Y es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Donde S_y es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada. Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a/S^3 y \quad (5)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3 \quad (6)$$

F.1.3. Distribución Log Normal 3 parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{n}{(x-x_0)\sqrt{2\pi}S_y} e^{-\frac{1}{2}(\ln(x-x_0)-u_y/S_y)^2} \quad (7)$$

Para $x > x_0$

Donde:

X_0 : parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza

F.1.4. Distribución Gamma 2 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (8)$$

Válido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

γ = parámetro de forma

β = parámetro de escala

F.1.5. Distribución Gamma 3 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (9)$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 = origen de la variable x , parámetro de posición

γ = parámetro de forma

β = parámetro de escala

F.1.6. Distribución Log Pearson tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (10)$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 = parámetro de posición

γ = parámetro de forma

β = parámetro de escala

F.1.7. Distribución Gumbel

La distribución de valores Tipo I, se define de la siguiente forma:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (11)$$

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

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \quad (12)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad (13)$$

Donde:

a : Parámetro de concentración.

b : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \quad (14)$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

F.1.8. Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \quad (15)$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \quad (16)$$

F.2. Pruebas de bondad de ajuste

Son básicamente verificaciones de hipótesis que comprueban si una serie de datos es una muestra independiente de la distribución escogida. Estadísticamente, son pruebas de la rama de hidrología dentro del rubro ingenieril; más conocidas son la de chi-cuadrado y la de Kolmogorov – Smirnov.

F.2.1. Prueba X^2

Propuesta por el matemático Karl Pearson en el siglo XIX, para corroborar la bondad de las distribuciones (normales y log normales). De aplicar esta prueba de bondad de ajuste, el primer punto es fraccionar los datos en un número determinado k de intervalos de clase. Después estimamos el valor D con la siguiente expresión:

$$D = \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i \quad (17)$$

El ε_i se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (18)$$

Se estimado el termino D para cada función de distribución considerada, estimada en función a la siguiente formula:

$$D \leq X^2_{1-\alpha, k-1-m} \quad (19)$$

El valor de $X^2_{1-\alpha, k-1-m}$ se obtiene de tablas de la función de distribución χ^2 .

F.2.2. Prueba Kolmogorov- Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste. Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \text{máx}|F_{o_{x_m}} - F_{x_m}| \quad (20)$$

El número de datos y el nivel de significancia seleccionado dependen del valor crítico. Si “ D ” es menor que “ d ”, es aceptable la hipótesis nula. Aplicar esta actividad tiene es aprovechable con la actividad anterior, que realiza una comparación los datos con el modelo estadístico. La función de distribución de probabilidad observada se determina con la siguiente expresión:

$$F_{O_{xm}} = 1 - m/(n + 1) \quad (21)$$

A continuación, se representa en una tabla los valores críticos D para la prueba de Kolmogorov Smirnov

Tabla 7.
Valores Críticos D para la prueba Smirnov Kolmogorov

Tamaño de la Muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Nota: Aparicio, (1999)

G. Determinación de la Tormenta de Diseño

En hidrología, una tormenta de diseño se refiere a las precipitaciones definidas en un patrón; estos datos son esenciales para diseñar. Generalmente las tormentas de diseño, forman parte del inicio del proceso, los resultados posteriores se determinan usando fórmulas para calcular el caudal. Estas precipitaciones de las tormentas de diseño suelen tener base de registros históricos de precipitación de una cuenca en estudio; también puede determinarse usando métodos alternos. Las tormentas de diseño se aplican desde valores específicos de precipitación usando el método racional y calculando los caudales picos en drenaje pluvial y carreteras; también se aplica en el uso de hietogramas de tormenta analizando la lluvia-escorrentía relacionado al diseñado de aguas pluviales. Se recomienda que para determinar las tormentas de diseño es necesario recolectar información de pluviógrafos, debido a que es información rápida y confiable, sin embargo, la mayoría de estaciones meteorológicas cuentan con pluviómetros para medir las precipitaciones y no son tan precisos estas medidas determinadas.

G.1. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Según los estudios leídos, la intensidad de lluvia es la tasa provisional de precipitación, quiere decir, como la altura por unidad de tiempo. De ser el caso, tal vez, la intensidad promedio o la intensidad instantánea sobre la profundidad de la lluvia. Generalmente se considera el primer término, que se expresa como:

$$i = \frac{P}{Td} \quad (22)$$

Las curvas IDF definidos como elementos diseñados relativos a la intensidad de la lluvia, la duración estimada y la frecuencia con la que vuelva a reincidir, es decir su probabilidad de ocurrencia o dicho de otra forma el periodo de retorno.

La representación general es la siguiente formula:

$$i = \frac{a}{(D + b)^m} \quad (23)$$

Tabla 8.
Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora.

Duración de la Precipitación en horas	Coefficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Nota: Aparicio, (1999)

Particularmente, las duraciones de tormenta inferiores a 60 minutos, o bien falte algunos registros pluviográficos que no admitan estimar las intensidades máximas, éstas posiblemente se definan aplicando el método de Dick Peschke,. Su fórmula es:

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

Donde:

P_d = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \quad (25)$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

H. Tiempo de Concentración

Precisamente, es el tiempo estimado por una gota de lluvia que pasa de un punto hidráulicamente distante hasta llegar a la salida de una cuenca. Transcurrido este tiempo estimado se considera que toda la cuenca colabora a la salida. Aceptando que la duración crítica es equivalente al tiempo de concentración, debido a que existe una relación inversamente proporcional. Además, este tiempo estimado varía de acuerdo a múltiples factores; tales como por ejemplo la geometría de la cuenca, la pendiente máxima de flujos, el área, la cobertura vegetal, las características geomorfológicas del suelo, etc. Entre los métodos más comunes solo usan la pendiente y el área de la cuenca; y en particular la longitud del cauce mayor de la cuenca. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se expresan las siguientes formulas relacionadas al tiempo de concentración:

Tabla 9.

Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

Método y Fecha	Fórmula para t_0 (minutos)
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisorio de aguas y la salida, m.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525 (0.0000276i + c)L^{0.33}}{S^{0.333} i^{0.667}}$ i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C)L^{0.5}}{S^{0.333}}$ C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m
Ecuaciones de Onda Cinemática Morgali y Linsley (1965)	$t_c = \frac{7L^{0.6}n^{0.6}}{I^{0.4} S^{0.3}}$ L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h.

S = pendiente promedio del terreno-m/m.

$$t_c = \frac{0.0136L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Ecuación de Retardo SCS (1973)
 L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m.
 CN = Número de curva SCS
 S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.

Nota: SCS Soil Conservation Service, (1972)

I. Estimación del Caudal de Diseño

El estudio eficiente de un análisis estadístico de caudales máximos instantáneos de cada año, teniendo en cuenta a la estación más cercana; va a depender de los datos de caudales que contenga dicha estación. De acuerdo al tiempo de retorno se calcularán los datos de caudales (método de distribuciones teóricas) y usando las distintas distribuciones se realizará un estudio eficiente del método a utilizar; así complementando el análisis hidráulico. Cuando no se cuenten con los datos necesarios se tendrán en cuenta métodos para completar los datos necesarios para determinar los caudales o precipitaciones según sea el caso.

I.1. Caudal de Diseño

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coeficiente escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10 \text{ Km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c . La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CIA \quad (26)$$

Donde:

Q = Descarga máxima de diseño (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla N° 08)

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = Área de la cuenca (Km²)

Tabla 10.

Coefficientes de escorrentía método racional

Cobertura Vegetal	Tipo de Suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada >50%	Alta >20%	Media >5%	Suave >1%	Despreciable <1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Pastos, Vegetación ligera	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.40	0.35

	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.20	0.15
	Impermeable	0.6	0.55	0.50	0.45	0.40
Hierba, grama	Semipermeable	0.5	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.3	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, (2006)

Según tablas, se describe el valor del coeficiente de escorrentía para el método racional, este valor adimensional dependerá de las características hidrológicas y geomorfológicas de la cuenca en estudio para el diseño de carreteras. En consecuencia, los valores adimensionales del coeficiente de escorrentía variarán según sus parámetros.

1.3.3.4. Levantamiento Topográfico

A. Definiciones

Los estudios topográficos o levantamientos topográficos se ejecutan para obtener toda la información y características necesarias del terreno y estructuras existentes; si se diese el caso, para el mejor trazo de las obras a proyectarse.

B. Planimetría Del Terreno

Se dice que la planimetría forma parte de la topografía, además se relaciona al estudio de los procedimientos y los métodos necesarios para mostrar a escala específica, los detalles de un terreno sobre un plano topográfico. En otras palabras, la planimetría lo que busca es representar el relieve y la altitud sobre un plano en dirección horizontal.

Para la realización de la tesis se utilizó planos a escala indicada en los planos donde se ubica la provincia de Santa Cruz, específicamente en la zona urbana, donde se realizó el Sistema de Drenaje Pluvial.

C. Altimetría Del Terreno

La altimetría se define como la medición de alturas y que está relacionado al ámbito de la topografía. Se caracteriza por utilizar métodos y procedimientos para representar las alturas en un plano de referencia. Esta representación considera las famosas curvas de nivel, secciones transversales y perfil de terreno.

Este relieve se vio reflejada en el levantamiento topográfico del proyecto, también fue necesario para el perfil longitudinal de la zona urbana de Santa Cruz.

D. Clasificación por orografía

Según el diseño geométrico vigente de nuestro país, las carreteras se catalogan según la orografía del terreno donde recorre el trazo. A continuación, se describen los tipos:

D.1. Terreno plano (tipo 1)

Este tipo de orografía se caracteriza por tener pendientes transversales al eje de la vía, no mayores o equivalentes al 10%; además que las pendientes longitudinales no excedan el 3%; esto implica que las excavaciones y cortes del terreno sean mínimas y por lo tanto no sea un obstáculo en el trazo geométrico.

D.2. Terreno ondulado (tipo 2)

La siguiente clase de orografía se describe por poseer pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50%; además que las pendientes longitudinales estén entre el 3% y 6%; esto implica que el movimiento de tierras sea mesurado; en consecuencia, se presentará dificultades en el trazo.

D.3. Terreno accidentado (tipo 3)

Este tipo de terreno se distingue por contener pendientes transversales y accidentales elevadas. Para el primer caso entre 51% y 100%; y para el segundo entre 6% y 8%; esto conlleva a movimiento de tierras considerables y dificultades para el trazo.

D.4. Terreno escarpado (tipo 4)

Por último, se describe un terreno cuyas pendientes transversales y longitudinales son exclusivas, en otras palabras, superan en 100% y el 8% respectivamente. El movimiento de tierra y el trazo de diseño geométrico son casos especiales.

1.3.3.5. Diseño Hidráulico

A. Consideraciones del caudal de diseño

Según el (RNE, 2016) para el diseño del Drenaje Urbano se debe tener ciertos criterios de diseño que depende esencialmente del área de estudio y por lo tanto considera que:

Para sistemas de drenaje urbano con un área de cuenca menor a 13 km² el caudal de diseño estará obligado a calcularse mediante el Método Racional; si en caso el área de la cuenca es mayor a 13 km² se calculará aplicando el método de hidrograma unitario u otros modelamientos. Además, el periodo de retorno se considerará entre los límites de 2 a 10 años. Estos criterios diseñados están estipulados en el Reglamento y los cuales se tendrá en cuenta para diseñar un drenaje pluvial urbano. (pág. 164)

De igual manera para los criterios de diseño se deben considerar también los efectos de la urbanización con relación a las inundaciones que causan los fenómenos naturales, a la ubicación de la estructura, factores de eficiencia hidráulica entre otros. Según Rodríguez, (2013) afirma que:

Para determinar el caudal de diseño se muestran a continuación 3 métodos que priorizan la selección de una intensidad de lluvia máxima y el tiempo de concentración; y que luego describen la condición de una cuenca hidrográfica. El primero, es el método racional, el más utilizado, se caracteriza por ser explícito y aplicar los parámetros que la formula racional requiere para su estimación, como por ejemplo el tiempo de concentración. El segundo y el tercer método, denominados: Método que previene la hidro planeación y el Método visión – reducción de manejo, respectivamente; son los que tienen como prevalencia la seguridad del vehículo en cuestión. Todos estos métodos se eligen de acuerdo al criterio técnico de diseñador, para determinar el caudal, según sea el tipo de proyecto. Como se puede considerar tanto el tiempo de retorno como la intensidad de lluvia, son parámetros importantes para estimar el caudal diseñado. Estos parámetros necesarios serán de acuerdo al método que se aplique por el estudio y análisis previo del proyecto. (p.58)

B. Captación de Aguas Pluviales en Edificaciones

Como se tiene conocimiento las aguas pluviales constituyen una fuente secundaria de agua, de una calidad considerable, que permiten reemplazar al agua potable como recurso hídrico en ciertas aplicaciones; y de esta manera se evita desperdiciar el agua de lluvia. Según la revista (Gestión y Aprovechamiento de Aguas Pluviales, 2010) Señala que:

En España, existe una asociación española de empresas del sector del agua llamada AQUA que; a finales del año 2008, crea una iniciativa relacionado a la recuperación de las aguas pluviales. Después de una ardua labor, la comisión de dicha asociación presenta un documento de carácter técnico el cual analiza las soluciones tecnológicas existentes y las aplica en el entorno, según sea el caso; esto con el propósito de aprovechar las aguas pluviales en las viviendas. Estos resultados son un modelo para poner a la sociedad las ventajas de conocer estas tecnologías y aplicarlas; contribuyendo de esta manera al desarrollo de un sistema de drenaje pluvial sostenible y el aprovechamiento de los recursos hídricos opcionales. Cabe mencionar que actualmente en las diversas regiones de este país, el agua de lluvia es un recurso alternativo para el sector de la construcción. (p.3)

Si bien es cierto la captación del escurrimiento de agua en edificios es importante; y además conveniente para evitar daños colaterales. Para ello necesita regirse de ciertos criterios. Por lograr esto, el RNE, (2016) afirma que:

Para el diseño del sistema de drenaje pluvial en edificaciones ubicadas en lugares donde las precipitaciones son altas; y además con características similares a las establecidas en el párrafo de Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial, se deberá tener en consideración ciertas recomendaciones. Para ello el reglamento establece algunos criterios y parámetros para el acaparamiento pluvial en zonas altas o en terrazas, asimismo evalúa algunos criterios técnicos para la evacuación de lo mencionado anteriormente; tanto en techos como en viviendas. (p.164)

C. Captación en zona vehicular-pista

La evacuación de aguas de lluvia, tanto en el pavimento como en las veredas; y además aquellas procedentes de los domicilios, cumplen una función esencial para la estabilidad de la zona urbana. Según el RNE, (2016) considera que:

Para la recolección de aguas pluviales en las calles se debe tener en cuenta: la orientación del flujo del agua, la captación y transporte de aguas pluviales en zona urbana, la evacuación de aguas transportadas por las cunetas, los sumideros, las rejillas, los colectores de aguas de lluvia, los registros y los elementos de unión. Para ello cada punto mencionado tiene ciertas consideraciones, basados en modificaciones positivas para su mayor eficiencia, y que están detalladas en el reglamento. (p.165)

C.1. Orientación del flujo

Para realizar el diseño de pavimentos, se debe tener en cuenta que la pendiente longitudinal no debe ser mayor al 0.5 % y para la pendiente transversal debe estar entre el 2% al 4%. Estas consideraciones son necesarias ya que, debido a estos cambios, la concentración del agua de lluvia que escurre sobre la calzada, se desliza hacia los bordes del pavimento. (RNE, 2016, p.165)

C.2. Captación y transporte de aguas pluviales de calzadas y aceras

Tanto los sumideros como las cunetas, cumplen un papel muy importante al momento de captar y transportar de aguas pluviales que discurren sobre el pavimento y las veredas durante una avenida.

C.2.1. Tipos de Cunetas de acuerdo a su sección

Las cunetas son esencialmente importantes para el diseño de Drenaje Longitudinal, su sección simultáneamente también es relevante. La sección de cunetas que más se utilizan comúnmente en el Perú se muestra a continuación:

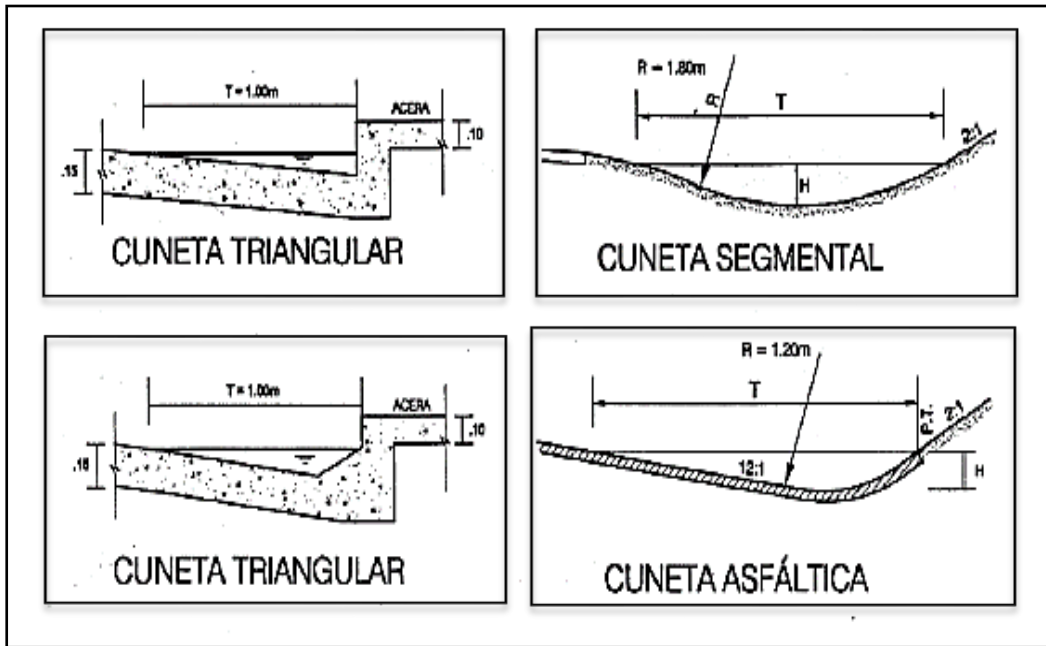


Figura 4. Secciones Transversales De Las Cunetas Según El RNE. (Parte 01)
Fuente: (RNE, 2016, p.166)

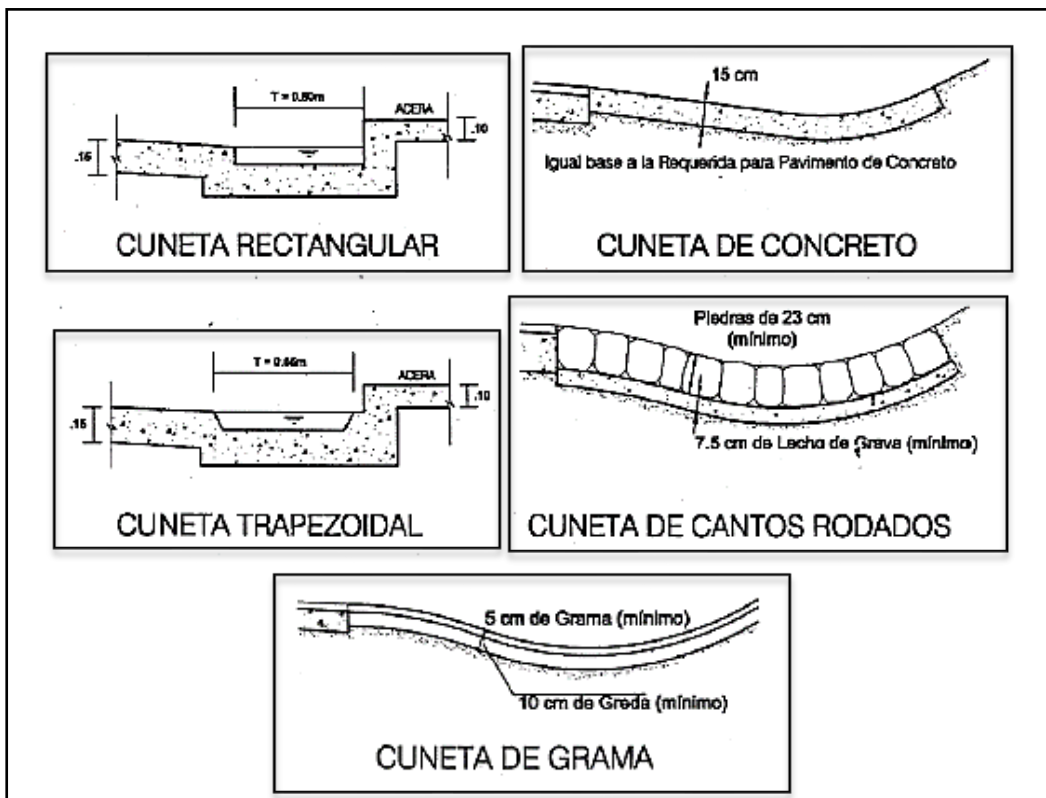


Figura 5. Secciones Transversales De Las Cunetas Según El RNE. (Parte 02)
Fuente: (RNE, 2016, p.166)

c.2.2. Determinación de la capacidad de la cuneta

Para determinar la capacidad de la cuneta, se debe tener en cuenta la sección a utilizar, la pendiente y la rugosidad del material. En la tabla se muestra los valores adimensionales del coeficiente de rugosidad, los cuales estarán en función al tipo de material a utilizar en la cuneta.

Tabla 11.
Valores Del Coeficiente De Rugosidad De Manning.

Cunetas de las calles		Coeficiente de rugosidad N
De concreto con acabado paleteado		0.012
Pavimento asfáltico	Textura lisa	0.013
	Textura rugosa	0.016
De concreto con pavimento asfáltico	Liso	0.013
	Rugoso	0.015
Pavimento de concreto	Acabado con llano de madera	0.014
	Acabado escobillado	0.016
Ladrillo		0.016

Nota: Rocha Felices, (2007)

Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares:

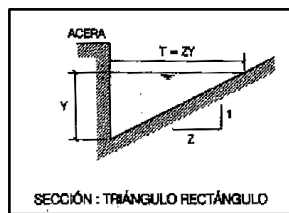


Figura 6. Sección Triangulo Rectángulo
Fuente: (RNE, 2016, p.167)

$$Q = 315 * \frac{Z}{n} * s^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (27)$$

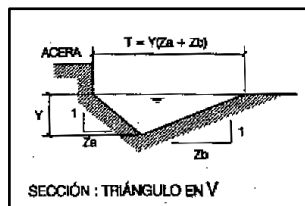


Figura 7. Sección Triangulo en V
Fuente: (RNE, 2016, p.167)

$$Q = 1000 * \frac{Z_m}{n} * s^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z_m}{1 + Z_a^2 \sqrt{1 + Z_b^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (28)$$

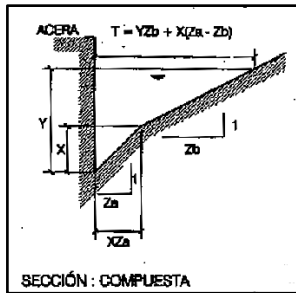


Figura 8. Sección Compuesta
Fuente: (RNE, 2016, p.167)

$$P = Y + X \sqrt{1 + \left(\frac{1}{Za}\right)^2} + \left(Y - \frac{X}{Za}\right) \sqrt{1 + Zb^2} \quad (29)$$

$$Q = 315 \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n} \left(2XY - \frac{X^2}{Za} + Zb \left(Y - \frac{X}{Za} \right)^2 \right)^{\frac{5}{3}} * P^{\frac{2}{3}} \quad (30)$$

C.2.3. Evacuación de aguas transportadas por las cunetas.

Con el fin de evacuar las aguas de lluvias por las cunetas, se deben construir elementos que faciliten dicho proceso; tomando en cuenta ciertos parámetros. (RNE, 2016, p.165)

C.2.4. Sumideros

Se define básicamente a estos elementos como estructuras de concreto u otro material, utilizadas para evacuar el escurrimiento superficial hacia los colectores. Según como se distribuya la captación de agua de lluvias en la zona, se elegirá adecuadamente y por criterio, el tipo de sumidero; entre ellos están los sumideros de rejilla, laterales, combinados y ranuradas. Cada uno de estos tipos poseerá las características necesarias según sea el caso. (Rodríguez , 2013, p.113)

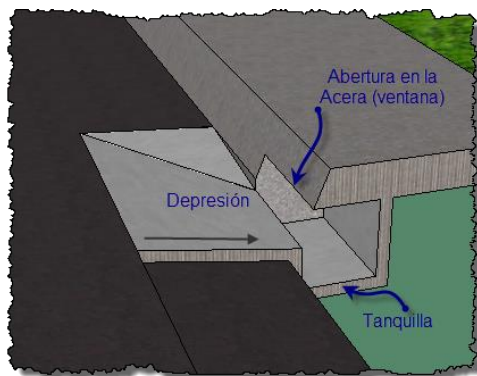


Figura 9. Sumidero De Ventana Con Depresión.
Fuente: (Blog Hidrasoftware, 2015)

C.2.4.1. Clases de sumideros de acuerdo a sus condiciones hidráulicas

Para la elección del tipo de sumidero, se tendrá en cuenta ciertos aspectos hidráulicos, económicos y de ubicación; en consecuencia, se divide en tres tipos.

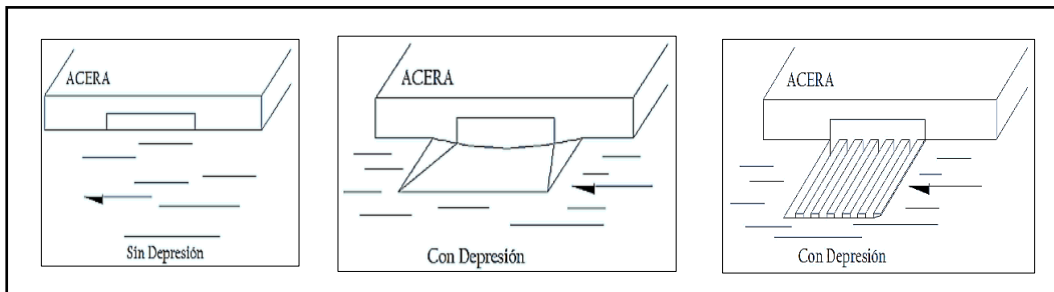


Figura 10. Sumideros Laterales En Sardinel O Solera.

Fuente: (RNE, 2016, p.168)

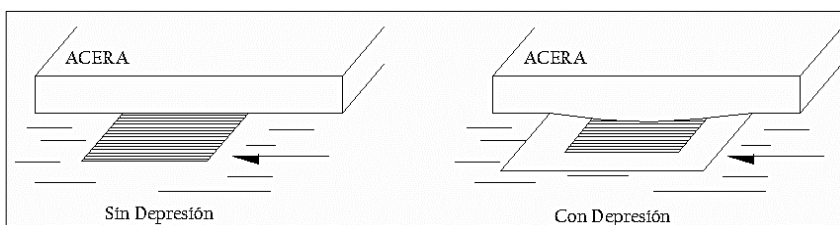


Figura 11. Sumideros De Fondo.

Fuente: (RNE, 2016, p.168)

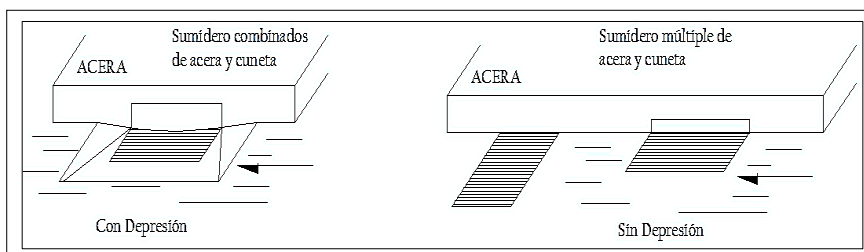


Figura 12. Sumideros Mixtos o Combinados

Fuente: (RNE, 2016, p.168)

Por otro lado, adicionalmente se puede utilizar los siguientes sumideros:

Sumideros de rejilla en calzada: Se trata básicamente de un encanallamiento perpendicular a la calzada y a todo lo ancho, con cobertura de rejillas.

C.2.4.2. Tipos de sumideros con rejillas

Se utilizarán los siguientes tipos de sumideros:

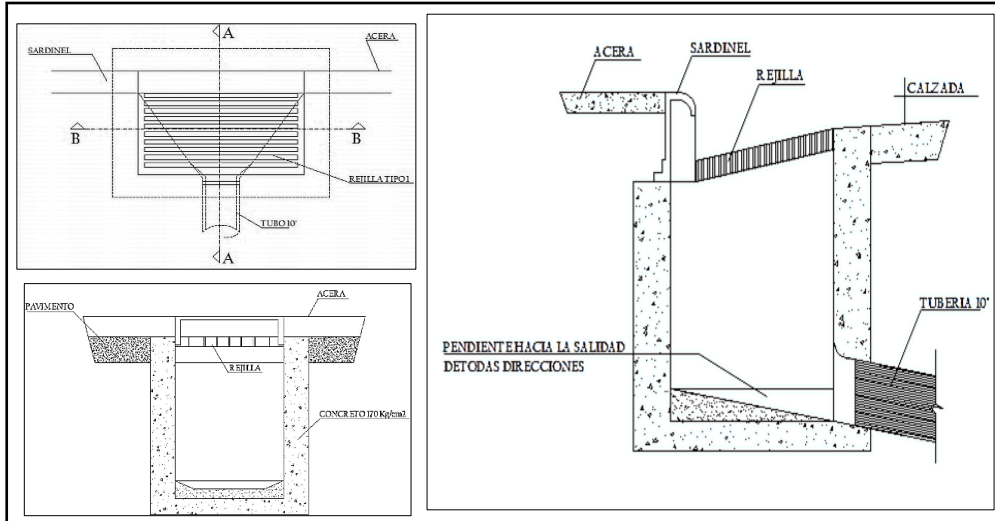


Figura 13. Tipo S1: Tipo Grande Conectado A La Cámara. Corresponde A Sumideros Del Tipo Mixto.
Fuente: (RNE, 2016, p.168)

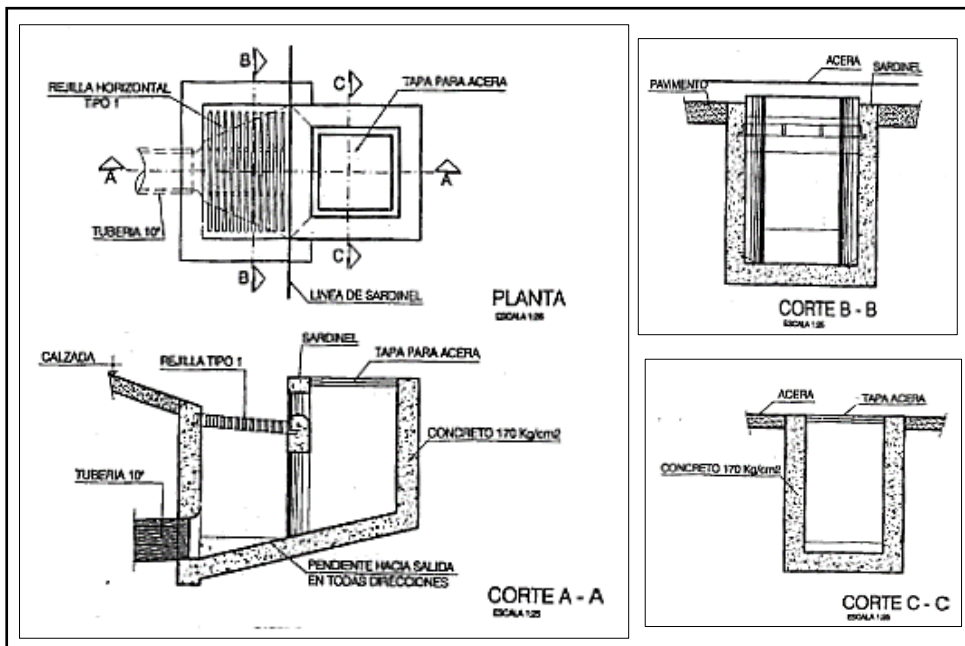


Figura 14. Tipo S2: Tipo Grande Conectado A La Tubería. Corresponde A Sumideros Del Tipo Mixto.
Fuente: (RNE, 2016, p.168)

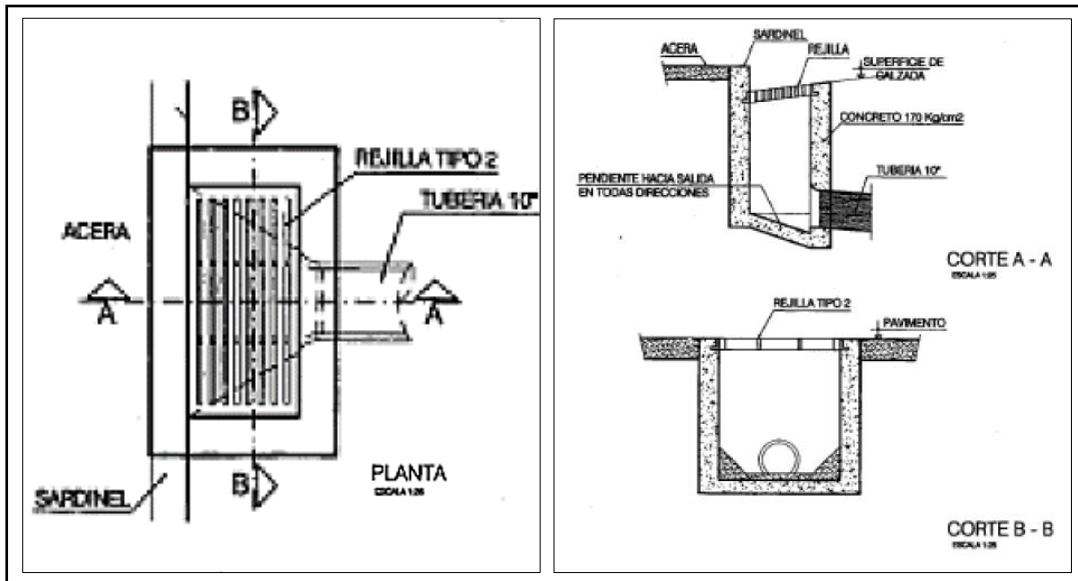


Figura 15. Tipo S3: Tipo Chico Conectado A La Cámara.
Fuente: (RNE, 2016, p.168)

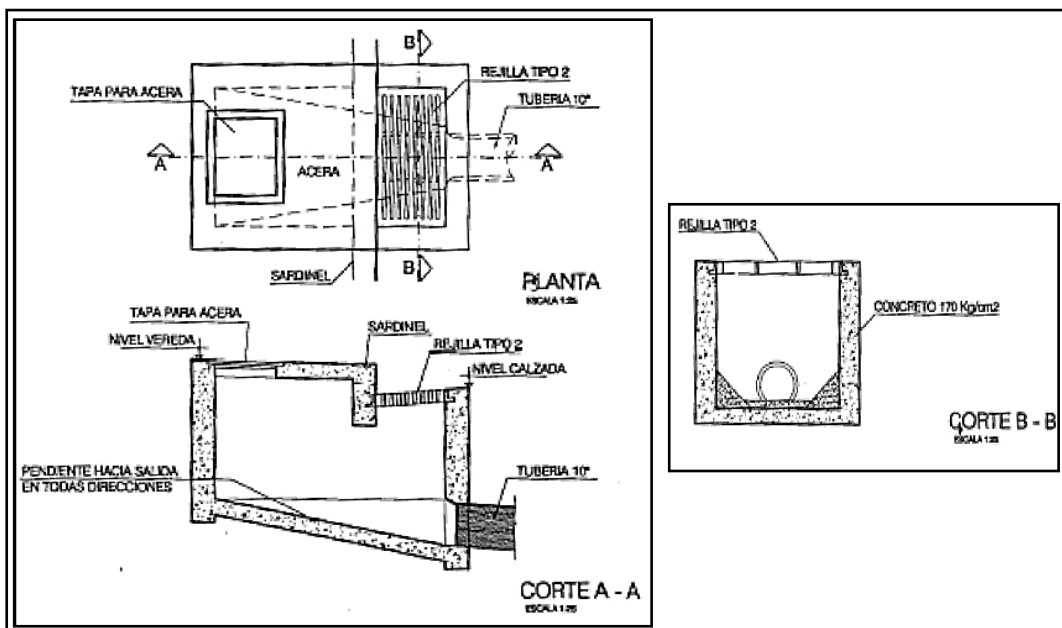


Figura 16. Tipo S4: Tipo Chico Conectado A La Tubería.
Fuente: (RNE, 2016, p.168)

- Los sumideros tipo S3 y S4 se utilizarán únicamente en los siguientes casos:
- Quando el sumidero se ubica al centro de las avenidas de doble calzada.
 - Quando se conectan en serie con tipo grande S1 o S2.
 - Para evacuar las aguas pluviales provenientes de las calles ciegas y según especificación del proyectista.

C.2.4.3. Casos Especiales

Para casos especiales que requieran un tratamiento distinto se estudiara un tratamiento distinto.

Actualmente es importante dimensionar las redes de drenaje con sumideros de forma eficiente. Por lo tanto es necesario tomar en cuenta ciertos criterios que incluyen modelos físicos y otros factores. Según (Pérez, 2009) considera que:

Teniendo en cuenta que el flujo pluvial discurre mediante una escorrentía dual, una parte de este enterrado y la otra superficial por las calzadas de las calles de la ciudad, se presenta la necesidad de controlar dicho flujo superficial para que este discurra controladamente. Aplicando estos criterios darán respuesta a necesidades económicas y de riesgo para los ciudadanos, así como predecir consultas en los diseños que perjudiquen a las estructuras existentes. (p.5)

C.2.4.4. Ubicación de los sumideros

Como criterio de diseño las parrillas serán colocados en los puntos con mayor depresión, normalmente se ubicarán en las esquinas de las calles, más teniendo en cuenta el tráfico y su libre circulación se tendrá en cuenta la colocación un poco retrasada.

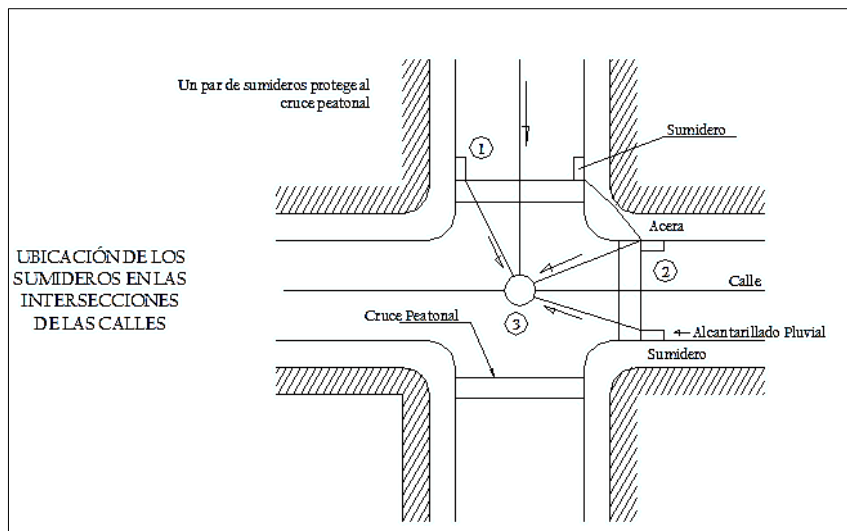


Figura 17. Ubicación de los sumideros
Fuente: (RNE, 2016, p.168)

C.2.4.4. Espaciamiento de los sumideros

El espaciamiento de los sumideros será según el tipo de cunetas medianeras considerando siempre la permeabilidad del selo y de qué forma se erosiona este, por lo que se requiere la estalación múltiple y en serie de estos o serie de sumideros, el espaciamiento mínimo será de 6m.

C.2.4.4. Diseño Hidráulico de los Sumideros

Se deberá tener en cuenta las siguientes variables:

- a. Perfil de la pendiente.
- b. Pendiente transversal de cunetas con solera.
- c. Depresiones locales.
- d. Retención de Residuos Sólidos.
- e. Altura de Diseño de la Superficie de Aguas dentro del sumidero.
- f. Pendiente de los sumideros.
- g. Coeficiente de rugosidad de la superficie de las cunetas.

C.2.5. Rejillas

Para un sistema de Drenaje Pluvial las rejillas son esenciales. Según (Wikipedia, 2016) considera que: “considera que: esta pieza tiene múltiples funciones un sistema de drenaje ,la que consiste en múltiples elementos de acero o de materiales resistentes a la abrasión y esfuerzos ,ya que estas serán sometidas a distintos interperismos y cargas”.



Figura 18. Rejilla En Drenaje Pluvial.
Fuente: (Wikipedia, 2016)

Para un mejor análisis y determinación de elegir una correcta rejilla es conveniente seguir ciertas consideraciones. Según el (RNE, 2016) considera que:

Las rejillas se clasifican teniendo en cuenta 2 consideraciones: Por el material utilizado y la dirección principal de la corriente. En su mayoría se clasifican por su geometría o por características como rectangulares, cuadradas y circulares. Siendo las más comúnmente utilizadas y adaptables al entorno las rectangulares. (p.166)

C.2.4.6. Colectores de Aguas Pluviales

El colector principal es aquel que conduce, lleva o transporta la mayor cantidad de agua residuales o pluvial. Los secundarios son los que trasportan y recogen las aguas

pluviales de los distintos elementos como son techos, pavimentos, veredas entre otros y los vierten a las principales. Así de esta manera tenemos las cunetas principales que recogen de las secundarias siendo estas primeras las de mayor longitud llegando a verter las aguas pluviales en canales o quebradas. Como criterio de diseño se puede optar por un diseño en el que evite las intersecciones ha 90° con la finalidad de que los encuentros de los colectores secundarios y primarios no sea en contracorriente.

En el Perú se tiene en cuenta más el Sistema de Saneamiento y Agua Potable que el Sistema de Drenaje Pluvial, esto debido a que se es una necesidad nacional. Pero simultáneamente a estos paradigmas, es indispensable recalcar que ante un evento extraordinario si no se cuenta con un sistema de drenaje o con un eficiente Sistema de Drenaje Pluvial los sistemas antes mencionados colapsarán. Teniendo en cuenta esto, los colectores cumplen un papel importante para el buen funcionamiento para ambos sistemas.

Por ello es necesario diseñar las tuberías bajo ciertos criterios y recomendaciones. Según el (RNE, 2016) considera que:

La finalidad de un drenaje pluvial urbano es la de recoger la mayor cantidad de agua pluvial que afecte y perjudique el pavimento u otros elementos en las vías de una.: Ubicación de alineamiento, Dimensiones en función del caudal, Resistencia del concreto, Selección del tipo de cunetas, Altura de relleno, Diseño Hidráulico, Velocidad mínima, Velocidad máxima y la Pendiente mínima.

Tabla 12.

Diámetros Mínimos De Tuberías En Colectores De Agua De Lluvia

Tipo de colector	Diámetro Mínimo (m)
Colector Troncal	0.50
Lateral Troncal	0.40
Conductor Lateral	0.40

Nota: RNE, (2016)

Tabla 13.

Coefficientes De Rugosidad Para Cada Tipo De Material De Tubería.

Tubería	Coefficiente de Rugosidad “n” de Manning
Asbesto Cemento.	0.010
Hierro Fundido Dúctil.	0.010
Cloruro de Polivinilo.	0.010
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla vitrificada.	0.010

Nota: Rocha Felices, (2007)

Tabla 14.
La Velocidad Máxima En Los Colectores Con Cantidades No Significantes De Sedimentos En Suspensión.

Material de la Tubería	Agua con fragmentos de Arena y Grava
Asbesto Cemento.	3.0
Hierro Fundido Dúctil.	3.0
Cloruro de Polivinilo.	6.0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio.	3.0
Arcilla vitrificada.	3.5
	140 Kg/cm ²
	210 Kg/cm ²
concreto Armado de:	250 Kg/cm ²
	280 Kg/cm ²
	315 Kg/cm ²
Concreto Armado de > 280Kg/cm² cuadrado al vapor	6.6

Nota: RNE, (2016)

C.2.4.7. Registros

Las cunetas serán diseñadas teniendo en cuenta su mantenimiento por lo que en sus dimensiones serán consideradas una persona promedio por lo que el diámetro mínimo de los sumideros serán 1.2 m. (RNE, 2016, p.179)

C.2.4.8. Estructura de Unión

Se utilizará sólo cuando el colector troncal sea de diámetro mayor a 1 m. (RNE, 2016, p.179)

D. Depresiones para drenaje

D.1. Finalidad.

Un desnivel es una forma definida para un desagüe revestido, compuesta de un conducto que reúne aguas pluviales, elaborado para coleccionar y conducir la corriente dentro de la concavidad de entrada del sumidero cumpliendo con su capacidad.

D.2. Normas Especiales.

Los desniveles para cunetas deberán tener medidas que no sean inferiores a 1.50 m; en ningún caso deberán invadir las áreas de berma, en desniveles iguales o mayores al 2%

la fosa del desnivel deberá ser 15 cm, y se reducirá a 10 cm cuando la pendiente sea menor al 2%.

D.3. Ensanches de cuneta.

Son extensiones pavimentadas que unen las orillas de veredas con los conductos y entradas de sumideros con la finalidad de distribuir y tener una buena recolección y entrada de agua pluvial, evitando el desbordamiento de la superficie de rodadura.

Las entradas de agua en las rejillas necesariamente deberán cumplir como mínimo 25 cm debajo de la superficie de rodadura verificando siempre de o tener contrapendientes con respecto a la vereda. Comúnmente los ensanches son de 3 medido desde la parte superior de la pendiente inclinada exclusivo de áreas con pendiente pronunciada que puede superar el valor.

D.4. En cunetas y canales laterales.

Independientemente del modelo y clase de drenaje pluvial urbano estos serán instalados en los extremos de la vía y constarán con una entrada de cada cierto tramo según norma OS.060.

D.5. En cunetas con solera.

Debe ser debidamente dimensionadas: largo, ancho, fondo y forma.

Se construirán de concreto con una resistencia de acorde a su ubicación y propósito y evitando invadir la calzada

D.6. Tipo de pavimento

En pavimentos asfálticos se le colocaran hendiduras de 5cm de grosor recubiertas con canto rodado y pasta cementante con 10 cm de espesor.

D.7. Diseño

Todo drenaje pluvial está dotado de un desnivel en el ingreso este o no pavimentado la calle, en caso de no estar muy claro se data un pendiente mayor en lugar de aumentar las dimensiones de la entrada.

E. Tuberías ranuradas.

Las tuberías ranuradas serán sustentadas según criterios y estimaciones propuestas según sea el caso en el que amerite este tipo de conducto.

F. Evacuación de las aguas recolectadas.

La acumulación de este caudal recolectado por el drenaje pluvial urbano será conducida a afluentes o reservas naturales como son ríos, quebradas, lagos o mar según sea el caso, y reservas artificiales. la salida a estos cuerpos de agua será según aspectos técnicos y validando su impacto ambiental sea mínimo.

G. Sistemas de evacuación

G.1. Sistema de Evacuación por Gravedad

En casos de evacuación al mar, la altura mínima será 1.5m sobre el nivel agua, en ríos 1.00m sobre el nivel del agua, calculado para un tiempo de retorno de 50 años para lagos deberá estar a 1.00 m, por encima del velo de agua, por lo general para desembocaduras en cuerpos de agua naturales era mínimo 1.00m sobre el cuerpo de para impedir que el drenaje se obstruya y quede inutilizable, así como prevenir fallas.

G.2. Sistema de Bombeo

En casos que sea imposible la salida de agua por gravedad es necesario la utilización con este sistema alternativo el usa equipos de bombeo que ayudan a evacuar las aguas pluviales.

G.3. Sistema de Evacuación Mixto

Teniendo en cuenta que, los impedimentos para trabajar los puntos indicados anteriormente se produzcan, se puede aceptar una evacuación mixta según sea el caso, es decir las condiciones del nivel receptor permitan evacuar por gravedad lo dichas aguas.

G.4. Equipos de Bombeo

En aguas pluviales la exigencia es de grandes caudales y relativamente cargas bajas para evacuar, las más útiles para esta acción son las bombas axiales de gran diámetro y fuerza.

1.3.3.6. Costos y Presupuesto

A. Componentes de Precios Unitarios

El coste de una obra, es el cálculo previo, necesario para ejecutarla una obra civil. Como guía se debe tener la experiencia adquirida en obras y construcciones de diferentes especialidades o similar descomponiendo cada partida según sus precios unitarios.

El coste final de la obra será según las partidas en las que se destacan la mano de obra y materiales o insumos atizados en la obra. Además, estos costos finales deben estar analizados y corregido para no tener complicaciones más adelante con la misma empresa o alguna entidad del Estado; este trabajo se puede realizar más fácil usando el S10 o algún programa sobre Presupuesto de obra.

A.1. Costos Directos

Es la suma directa del costo de todas las partidas a realizarse en el proyecto. Según este costo se derivan los costos de la utilidad y gastos generales los cuales serán la base para el pie del presupuesto.

El precio de los insumos afecta directamente a cada partida y están en si afectan directamente a cada costo unitario e cada partida, estos deben estar evaluados según criterios y experiencia en campo ya que se toma como base el rendimiento de la mano de obra o la maquinaria empleada en dichos trabajos.

A.2. Costos Indirectos

Son costos independientemente de los insumos o equipamiento o de la mano de obra, los cuales están en función a un porcentaje de acuerdo a costos directos o sub total de presupuesto según sea el caso u obra que se ejecute. Según sea el caso de cada proyecto los costos indirectos varían en un 15 a 30 % del costo directo en operación y en obras.

B. Costos Básicos De Materiales Y Mano De Obra

Estos precios varían según factores que están en función al lugar y los medios de transporte, a el proyecto donde se requiere ejecutar dicha obra. Mediante el ente público de la Contraloría General del Estado, se publican en internet los precios actualizados de mano de obra, insumos o maquinarias. Comúnmente siempre son variables independientemente de cada lugar.

C. Análisis De Precios Unitarios

Para la estimación de los costos y calculo anticipado de los precios en todos los componentes que conforman el proyecto. Los precios unitarios están en función de los costos directos más los costos indirectos, y así como de herramientas y mano de obra y estas a su vez responden a un rendimiento según sea el tipo de partida conllevara un mayor o menor tiempo.

D. Presupuesto de Obra

Definido como aquel que, mediante mediciones y valorizaciones, acorde al mercado nos da un conste del proyecto, la cantidad de gasto económico de la obra, lo más cercana a la realizar ya que este será el precio final o costo final de la obra según el estudio realizado.

1.3.3.7. Impacto Ambiental

A. Evaluación de Impacto Ambiental

La valoración ambiental se origina como un instrumento de seguridad ambiental que, gestiona el desarrollo de proyectos en materia ambiental con la finalidad de respaldar las instituciones ambientales o medios ambientales para que fortalezcan los intereses y planes políticos con fines. (Maza, 2007, p. 579)

Los proyectos ambientales se caracterizan por estar dirigidos a la prevención y evaluación del riesgo ambiental, se puede predecir e interpretar las posibles consecuencias de acciones constructivas en el ambiente de acuerdo a la magnitud del proyecto, tamaño e innovación, así como a determinar las medidas de actualización y reducción de colisiones, para su ejecución. (Soberanis, 2004, p. 2)

La identificación de los efectos indeseables que ha largo o corto plazo serán costosos corregirlos son las razones más importantes para estimar los impactos ambientales. En los Estados Unidos desde comienzos de los años setenta y en el presente al menos en unos 80 países, es necesario de un estudio o de una resolución de impacto ambiental para accionar seleccionadas que tienen efectos significativos sobre el medio ambiente. En la gran mayoría de países los costos de dichos estudios se estiman en un promedio de entre 1% y 5,4% del costo total del proyecto. Generalmente los cambios en los diseños de los proyectos ayudan muchas veces a reducir los costos finales, así como ejemplo el impacto ambiental realizar cambios en el planteamiento de un proyecto ahorrando US\$ 35 millones en gastos de construcción para 49 plantas de tratamiento de aguas de alcantarillado en un país. (Bisset, 1980, p. 11)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, por defecto se asume que la Evaluación de Impacto ambiental es un punto muy importante para un proyecto. En los últimos años ha trascendido enormemente. Además, según el RNE, (2016) afirma que:

Para su óptimo manejo y funcionamiento de todo drenaje pluvial es necesario una evaluación ambiental. Sin tener un límite específico se deben considerar algunos puntos como: los problemas ambientales de la zona, los problemas jurídicos referentes al Reglamento, los problemas que deriven del flujo del agua, los problemas que

derivasen de máximas avenidas, la ubicación en zona de riesgo sísmico, la evacuación de las agua pluviales, la no aceptación de sistema combinados, la evaluación económica y aspectos relacionados a ella, la seguridad del proyecto, la compatibilización del Sistema de Drenaje con el Sistema Urbano. (p. 157)

B. Mitigación de Impacto Ambiental

Asegurando el uso medido de los insumos en proyectos sostenibles, la mitigación ambiental es la base para la prevención, control, atención. restauración y compensación de impactos negativos que se presentan el desarrollo del proyecto.

- a. Medidas de prevención. Se realizan en todo proyecto en general, para evitar impactos negativos.
- b. Medidas de minimización. Para casos en los que no se pueden prevenir, reducir, mitigar o corregir la duración intensidad o grado de consecuencia de dichos impactos negativos.
- c. Medidas de rehabilitación. Según las actividades del proyecto, estos casos generan uno o más alteraciones en el ecosistema los cuales se deben tratar de minimizar o restaurar según sea el caso.
- d. Medidas de compensación. Dirigidas a implementar acciones de rehabilitación o de recuperación en zonas equivalentes a la afectada por el proyecto con el fin de ayudar a los ecosistemas perdidos recuperar su biodiversidad en flora y fauna, así como sus ambientes ecológicamente sustentables.

1.4. Formulación del Problema

¿Cómo influye el diseño de drenaje pluvial urbano de manera que beneficie a la población de la zona urbana del distrito de Santa Cruz para evitar inundaciones en el año 2017?

1.5. Justificación e importancia del estudio

El diseño del Drenaje Pluvial estuvo justificado debido a los fenómenos naturales que acontecen en nuestro país cada cierto tiempo y que causan daños ambientales como por ejemplo la repercusión en el desarrollo de algunos alimentos debido al cambio de temperatura y el desborde de ríos que posteriormente inundan cultivos y en otros casos ocurren sequías que se pronuncian en algunas partes del sur peruano.

El presente diseño resultó sumamente importante en la sociedad cajamarquina de la Provincia de Santa Cruz debido a que evitará el colapso de las calles y cultivos ante posibles inundaciones y que además se podrá utilizar esta agua de lluvia como agua potable o para siembra siempre y cuando se diseñe alternadamente un sistema de almacenamiento.

1.6. Hipótesis

Mediante la elaboración de un Sistema de Drenaje Pluvial Urbano Convencional y económico lograremos optimizar la evacuación de las máximas avenidas, para evitar posibles inundaciones; sin que esto genere un impacto ambiental negativo importante beneficiando a la población de la zona urbana del distrito de Santa Cruz en el año 2017.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar la red de Drenaje Pluvial Urbano Convencional en la Provincia de Santa Cruz teniendo en cuenta los lineamientos y normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a. Efectuar los estudios topográficos y los estudios geotécnicos de la Provincia de Santa Cruz, teniendo como caso particular la zona central.
- b. Determinar el caudal de diseño de acuerdo al estudio hidrológico de lugar y realizar el diseño del Canal de Drenaje Pluvial de la Provincia de Santa Cruz.
- c. Elaborar un estudio económico a través de un presupuesto y costos unitarios, del diseño antes mencionado.
- d. Evaluar el impacto ambiental de la zona urbana del distrito de Santa Cruz de la provincia de Santa Cruz.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODO

II: MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

La presente tesis tiene un tipo de investigación cuantitativa, de acuerdo ello, se trabajó, de una forma detallada; a base ensayos, topografía, hidrología, entre otros; los cuales estuvieron relacionados a la parte experimental de la investigación; y por ende, se determinó datos necesarios cumplir con los objetivos del proyecto.

La investigación Cuantitativa, buscó contestar eficientemente las preguntas planteadas en el proyecto de investigación y comprobar la hipótesis.

2.1.2. Diseño de Investigación

Para la tesis se utilizó un diseño cuasi - Experimental. Los estudios Cuasi-Experimentales se enfocaron en la ejecución de trabajos experimentales (en campo y laboratorio) y en el uso de software; en conjunto. Además, por su versatilidad se usó de manera provechosa para el desarrollo de la tesis.

Cabe mencionar de manera adicional que en cuanto a los diseños y análisis apropiados, los cuasi-experimentos ofrecieron una evidencia contundente para las conclusiones y resultados obtenidos del proyecto.

2.2. Población y Muestra

La población en estudio ha sido Departamento de Cajamarca.

La muestra tomada de la población fue la zona urbana del distrito de Santa Cruz, en un área aproximada de 40 hectáreas, destinada en su mayoría a la construcción de viviendas unifamiliares y parques.

2.3. Variables, Operacionalización

2.3.1. Variable Dependiente

Inundaciones

2.3.2. Variable Independiente

Sistema de Drenaje Pluvial

2.3.3. Operacionalización

Cuadro de Variable Dependiente

Tabla 15.

Cuadro de Variables Dependientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	SUB-INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS DE REC. DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
INUNDACIONES	Propiedades Físicas Del Suelo.	Tamaño De Partículas	Fino	Mm	Observación	Guía De Observación	Tamices, Balanza, Horno
			Grueso	Mm	Observación	Guía De Observación	Tamices, Balanza, Horno
		CONSISTENCIA	Líquido	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
			Plástico	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
	Propiedades Químicas Del Suelo.	HUMEDAD	---	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
		Salinidad	---	Ppm	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
	Características Físicas De Las Precipitaciones	Alt. De Precipitación	---	Mm	Observación	Guía De Observación	Pluviómetro
		Intensidad	---	Mm/Hr	Observación	Guía De Observación	Pluviógrafo
Duración	---		Hr	Observación	Guía De Observación	Cronómetro	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro de Variable Independiente

Tabla 16.

Cuadro de Variables Independientes.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	SUB-INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS DE REC. DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	Estudios De Mecánica De Suelos	Granulometría	Fino	Mm	Observación	Guía De Observación	Tamices, Balanza, Horno	
			Grueso	Mm	Observación	Guía De Observación	Tamices, Balanza, Horno	
		Consistencia	Líquido	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza	
			Plástico	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza	
			Humedad	---	%	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
			Salinidad	---	Ppm	Observación	Guía De Observación	Horno, Balanza
	Estudios Hidrológicos	Intensidad	Área	---	Ha	Observación	Guía De Observación	Estación Total
			Intensidad	---	Mm/Hr	Observación	Guía De Observación	Pluviógrafo
		Tiempo De Concentración	---	Mín.	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Cronómetro	
		Escorrentía	---	---	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Cronómetro	
	Diseño Hidráulico	Caudal	---	---	M ³	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Caudalímetro
			Rugosidad	---	---	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Rugosímetros
		Pendiente	---	M/M	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Estación Total	
		Área	---	Ha	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Wincha	
	Levantamiento Topográfico	Planimetría	Coordenadas	UTM	Observación	Guía De Observación	Estación Total	
		Altimetría	Cotas	Msnm	Observación	Guía De Observación	Estación Total	
	Costos Y Presupuestos	Costos Unitarios	---	---	Soles	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Formato De Costos
		Metrados	---	---	Varios	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Formato De Metrados
		Presupuesto	---	---	Soles	Análisis De Documentos	Guía Anal. De Documentos	Formato De Presupuestos

Fuente: Elaboración Propia.

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

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

2.4.1.1. Observación

Se utilizó en reiteradas veces la técnica de la observación en la cual fue de gran importancia al momento de analizar las propiedades de suelo y las características físicas de las precipitaciones. Además, esta técnica fue trascendental para la realización y recolección de información de los estudios de mecánica de Suelos y el levantamiento topográfico.

2.4.1.2. Análisis de Documentos

Aplicando esta técnica se recopiló y analizó información necesaria para el desarrollo de la investigación. Esta información recopilada se basó en documentos de apoyo, tesis de otros autores, libros, artículos científicos, artículos de periódicos, ensayos, entre otros; relacionándola netamente con temas como la problemática del proyecto, antecedentes, trabajos previos, tiempo de concentración, escorrentía, caudales, costos unitarios, Metrados, presupuesto, entre otros.

2.4.2. Instrumentos de recolección de Datos

2.4.2.1. Guía de Observación

Inicialmente, para el desarrollo de la investigación se usó como herramienta la guía de observación, en donde se emplearon formatos y guías para los estudios geotécnicos y topográficos. Adicionalmente se utilizó guías para el análisis de propiedades del suelo y de las precipitaciones.

2.4.2.2. Guía de Análisis de Documentos

La guía de análisis de documentos permitió para analizar las normas técnicas de ensayos, los manuales de hidrología y drenaje las cuales establecen criterios, especificaciones y parámetros para la ejecución adecuada del diseño del Drenaje Pluvial Urbano.

2.5. Procedimientos de Análisis de Datos

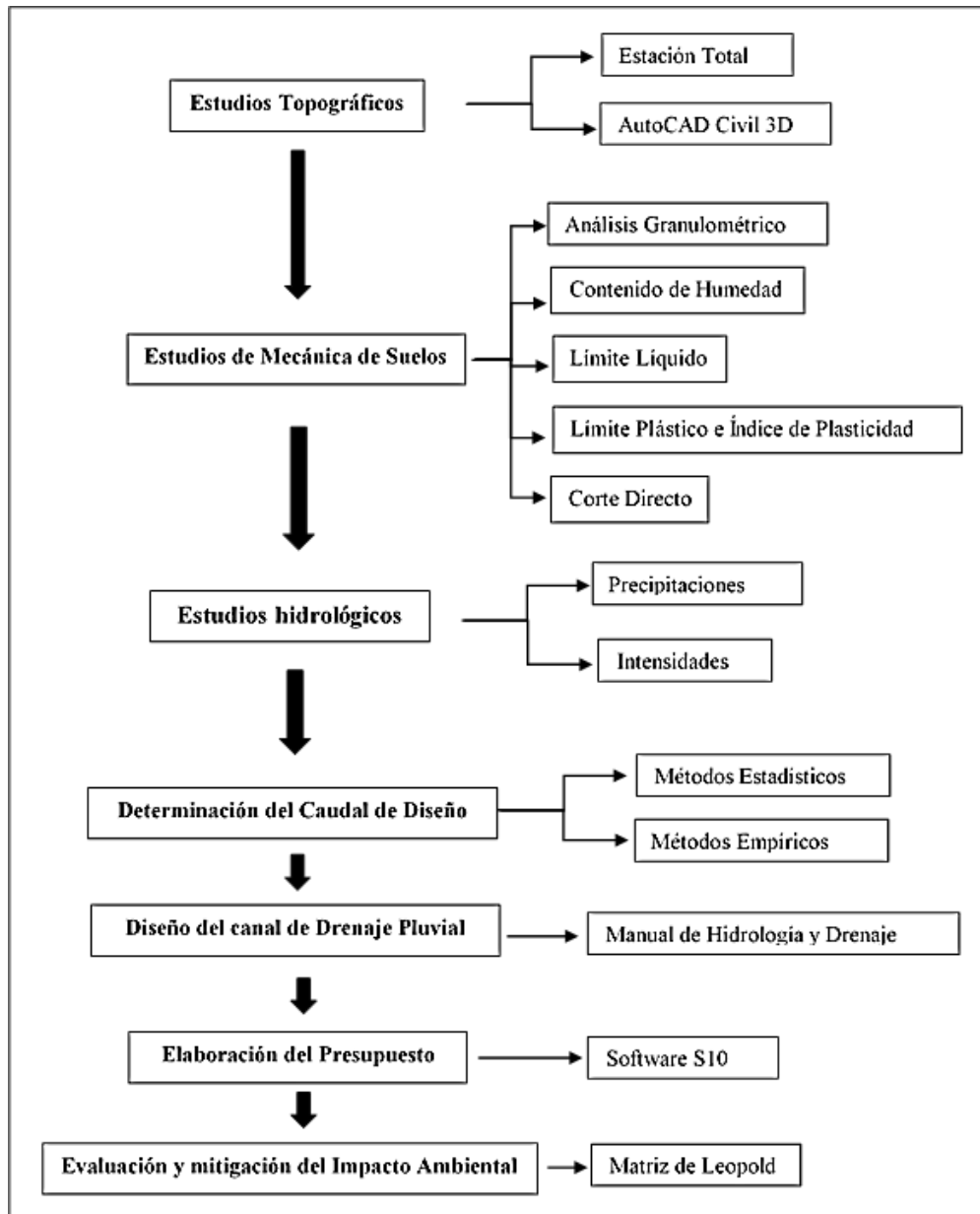


Figura 19. Diagrama del Proceso del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

La información obtenida se analizó teniendo en cuenta la fiabilidad y validez de las distintas técnicas e instrumentos que se han utilizado convenientemente para el análisis de información correspondiente.

2.6. Descripción de Procesos

2.6.1. Estudios topográficos

Para la realización del levantamiento topográfico se inició localizando el BM principal, ubicado en la plaza central del Distrito de Santa Cruz. Una vez ubicados los puntos necesarios para la topografía se procedió a realizar el trabajo de Gabinete. Adicionalmente con el estudio topográfico se determinó la delimitación del área del proyecto. Para ello se realizó el recorrido de todas las calles dentro de esta delimitación. Los instrumentos usados para la topografía fueron una estación total GEOMAS ZOMM 35X, nivel de mano, 3 prismas, Wincha de mano, libreta de campo y plomada.

2.6.2. Estudios de Mecánica de Suelos

Para la realización de los estudios de suelos se efectuó la excavación de 7 calicatas dentro de la zona del proyecto. De acuerdo a la norma vigente por cada 1000 m² de área se debe realizar una calicata por lo que se realizaron 7 calicatas., las cuales se observan en la siguiente imagen.



Figura 20. Ubicación de calicatas.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se efectuaron los ensayos de granulometría, para obtener la distribución granulométrica de la muestra. Simultáneamente se efectuó también el ensayo de límites de Atterberg de las muestras obtenidas, así como también el ensayo de CBR que nos ayudó a saber el máximo contenido de humedad y la capacidad portante del suelo y corte directo para verificar el Angulo de fricción y la penetración.

Para este primer estudio de Análisis Granulométrico se utiliza los tamices de 3" y sucesivos hasta llegar al tamiz N° 4. Se zarandea por malla por 10 minutos. Luego se decreta la cantidad de masa de cada fracción y se anota.



Figura 21. Tamizado granulométrico de las muestras de suelo.
Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de contenido de humedad se inicia determinando y registrando la masa de un recipiente limpio y seco. Después colocar la muestra de ensayo húmedo en el recipiente registrado. Posteriormente se determina el peso del contenedor y del material húmedo simultáneamente. Seguidamente se seca el material hasta obtener una masa uniforme. Mantener el secado del horno. Se determina el peso del recipiente y el material secado al horno usando la misma balanza utilizada anteriormente.



Figura 22. Ensayo de contenido de humedad para las muestras de suelo
Fuente: Elaboración propia.

Para el ensayo de los límites de Atterberg se determinaron en conjunto los ensayos de límite plástico y límite líquido.



Figura 23. Ensayos de límite líquido de las muestras de suelo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Ensayos de límite plástico de las muestras de suelo.
Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Estudios hidrológicos.

Para asegurar la veracidad de la investigación se solicitaron los datos pluviométricos del SENAMHI los cuales fueron analizados para poder realizar todos los estudios hidrológicos, los cuales arrojaron resultados que posteriormente se detallaran en hojas de cálculo (anexo).

Estación Chancay Baños	
Año	Pmáx.
1987	12.60
1988	35.70
1989	58.00
1990	25.20
1991	42.20
1992	26.30
1993	45.20
1994	46.90
1995	42.40
1996	64.20
1997	51.10
1998	50.20
1999	67.90
2000	52.00
2001	56.30
2002	46.70
2003	57.50
2004	36.00
2005	50.50
2006	56.50
2007	77.80
2008	42.20
2009	41.90
2010	88.80
2011	43.90
2012	56.60
2013	43.10

Figura 25. Precipitaciones máximas de la estación Chancay Baños.
Fuente: Elaboración propia.

2.6.4 Determinación de la intensidad de diseño.

Mediante el análisis estadístico de distribuciones se realiza un proceso en donde por criterio se evalúan las distribuciones según el manual y se verifica que distribuciones son aceptables y cuáles se rechaza. Posteriormente se determinan las intensidades de acuerdo al periodo de retorno y a la duración. Después de obtener estos cálculos hidrológicos y mediante un análisis de regresión potencial se obtuvieron los resultados expresados en curvas IDF, de las cuales servirán para conseguir las intensidades de diseño necesarias para el diseño del caudal.

2.6.5 Diseño del canal del drenaje pluvial.

Inicialmente para el diseño del caudal se determinan las áreas tributarias, y una vez determinadas estas áreas, se calculó el tiempo de concentración, eligiendo a criterio, tres métodos del Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Luego se utilizó el método racional para hallar el caudal por calle utilizando los datos descritos anteriormente, estos resultados de caudales se dan por calle. Ya habiendo calculado los caudales por calle se define los caudales de salida que derivan de acuerdo a las pendientes a la parte más baja. Con estos conceptos se define los parámetros hidráulicos del canal o cuneta a diseñarse.

2.6.6 Elaboración del presupuesto.

Se inició con el metrado de todas las partidas proyectadas y contempladas en el proyecto luego con la ayuda del software s10 y el Excel, se realizó el presupuesto y el respectivo análisis de costos unitarios para tener el costo total del proyecto contemplando todos los costos necesarios para este. Cabe mencionar que consideró el presupuesto para el Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial.

2.6.7 Evaluación del impacto ambiental.

La evaluación de este apartado fue elaborada a través de la Matriz de Luna B. Leopold, para la actividad realizada se confió ciertos factores y acciones ocurridos en las zonas del proyecto.

2.6. Criterios Éticos

Hoy en día la investigación es una herramienta fundamental para el desarrollo del conocimiento, por esta razón es necesario que se tenga información en la cual se pueda confiar, para lo cual se debe ser cuidadoso en los aspectos éticos relacionados con la publicación de un trabajo. (Laguna Sanjuanelo, y otros, 2007, p. 65)

Según el National Research Council of the National Academies, (2002) la integridad de la investigación puede definirse como una serie de buenas prácticas que incluyen la honestidad intelectual para proponer, ejecutar y presentar los resultados de una investigación, los Detalles con precisión las contribuciones de los autores a las propuestas de investigación y/o sus resultados, la justicia en la revisión de artículos científicos (proceso de revisión por pares o peer review), favorecer la interacción entre las distintas comunidades científicas y el intercambio de recursos, la transparencia en los conflictos de intereses, la protección de las personas que intervienen en las investigaciones; en la investigación animal, proporcionar el cuidado adecuado de los animales con los que se lleva a cabo los estudios, el cumplimiento de las responsabilidades mutuas entre los investigadores y los participantes de una investigación. (p. 15)

Según lo investigado el tema de integridad de las investigaciones no se toma en cuenta debido a que no se duda de la buena práctica de las normas; sin embargo, a veces con la presión por la publicación de algún libro no se considere los estándares de calidad adecuados. Por ello es necesario tener presente los criterios éticos de una investigación como un aval de buena integridad y excelentes principios.

2.7. Criterios de Rigor Científico

Se consideró como criterios generales a la población del proyecto. Para dicho análisis se contó con una muestra importante, reuniendo las cualidades esenciales, que en medida que se lograron, se atribuyeron con resultados obtenidos positivos.

También se consideró los criterios de confiabilidad. Para asegurar precisión, exactitud y resultados confiables, se consultó a los especialistas calificados para el correcto desarrollo, de los procesos considerados para la investigación.

Para la recolección de información, se hizo referencia a los criterios de credibilidad, la cual permitió un análisis correcto y una interpretación adecuada, después de realizado el trabajo en campo y gabinete, fue recopilada los datos con cuidado y coherencia.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados en tablas y figuras

3.1.1. Resultados del levantamiento topográfico

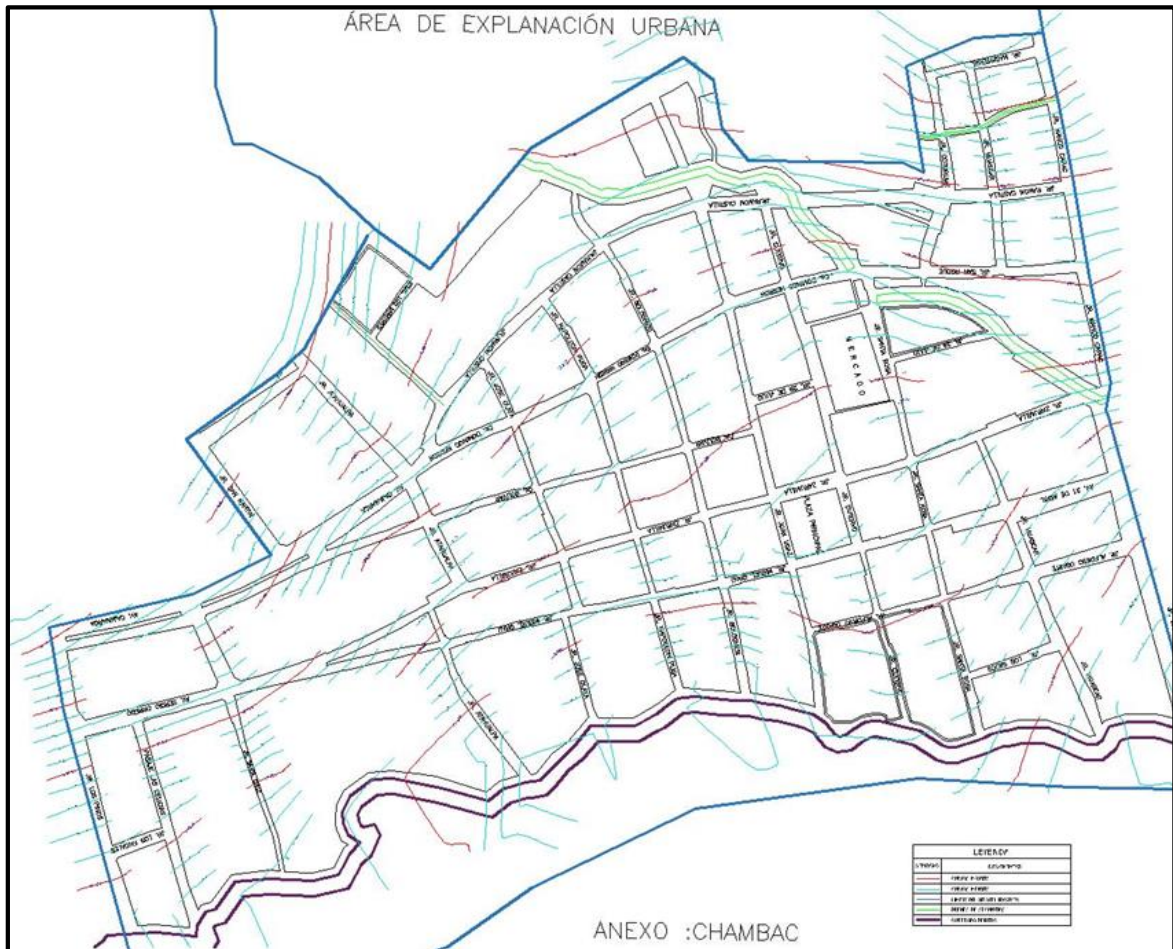


Figura 26. Curvas de nivel obtenidas como resultado de la topografía realizada.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al levantamiento topográfico del cercado del Distrito de Santa Cruz se encontró que, la cota más elevada o la mayor elevación de esta parte del distrito es 2043.00 msnm, así como también la cota que se encuentra en la parte más baja del distrito es 2012.00 msnm. Estos datos se especifican en el plano T-2.

3.1.2. Resultados de los ensayos de mecánica de suelos

Tabla 17.

Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 01

Resultados Calicata 01		
Ensayos de materiales		Muestra C -01
		Grava = 0.00
1. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	Distribución Granulométrica (%)	Arena = 7.60
		Arcilla y Limo = 92.40
2. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	CH (%)	12.44 %
3. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos	LL (%)	25.24 %
4.1. Ensayo para determinar el Límite Plástico	LP (%)	17.07 %
4.2. Ensayo para determinar el Índice de Plasticidad	IP (%)	8.16 %
5. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	Cohesión (C)	0.45 kg/cm ²
	Angulo de fricción interna (θ)	10.10°

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 02

Resultados Calicata 02		
Ensayos de materiales		Muestra C -02
		Grava = 0.00
1. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	Distribución Granulométrica (%)	Arena = 59.70
		Arcilla y Limo = 40.30
2. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	CH (%)	21.83 %
3. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos	LL (%)	47.13 %
4.1. Ensayo para determinar el Límite Plástico	LP (%)	20.16 %
4.2. Ensayo para determinar el Índice de Plasticidad	IP (%)	26.97 %
5. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	Cohesión (C)	0.34 kg/cm ²
	Angulo de fricción interna (θ)	10.67°

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 03

Resultados Calicata 03		
Ensayos de materiales		Muestra C -03
		Grava = 0.00
1. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	Distribución Granulométrica (%)	Arena = 51.90
		Arcilla y Limo = 48.10
2. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	CH (%)	16.66 %
3. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos	LL (%)	38.33 %
4.1. Ensayo para determinar el Límite Plástico	LP (%)	33.33 %
4.2. Ensayo para determinar el Índice de Plasticidad	IP (%)	5.00 %
5. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	Cohesión (C)	0.56 kg/cm ²
	Angulo de fricción interna (θ)	12.33°

Tabla 20.
Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 06

Resultados Calicata 06		
Ensayos de materiales		Muestra C -06
		Grava = 0.00
1. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	Distribución Granulométrica (%)	Arena = 8.70
		Arcilla y Limo = 91.30
2. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	CH (%)	12.44 %
3. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos	LL (%)	28.18 %
4.1. Ensayo para determinar el Límite Plástico	LP (%)	22.62 %
4.2. Ensayo para determinar el Índice de Plasticidad	IP (%)	5.55 %
5. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	Cohesión (C)	0.39 kg/cm ²
	Angulo de fricción interna (θ)	9.30°

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21.
Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos de la Calicata 07

Resultados Calicata 07		
Ensayos de materiales		Muestra C -07
		Grava = 0.00
1. Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	Distribución Granulométrica (%)	Arena = 15.20
		Arcilla y Limo = 84.80
2. Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo	CH (%)	19.93 %
3. Ensayo para determinar el Límite Líquido de los Suelos	LL (%)	37.77 %
4.1. Ensayo para determinar el Límite Plástico	LP (%)	32.92 %
4.2. Ensayo para determinar el Índice de Plasticidad	IP (%)	4.85 %
5. Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado)	Cohesión (C)	0.49 kg/cm ²
	Angulo de fricción interna (θ)	10.55°

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3 Resultados de la intensidad de diseño

En primer lugar, una vez obtenidos los datos hidrológicos de la estación en estudio, se realizó un análisis de consistencia de los datos hidrológicos de la Estación Hidrológicas Chancay Baños. Luego las pruebas de bondad de ajuste, después se realiza el análisis de distribuciones teóricas para las curvas IDF. Se obtuvo los tiempos de concentración y otros datos para determinar el caudal de diseño.

2000	70.58	AÑO	PRECIP. (mm)	2014	67.30
2001	69.74	1987	65.31	2015	68.77
2002	68.81	1988	66.73	2016	71.14
2003	69.51	1989	65.52	2017	70.53
2004	69.01	1990	64.52	2018	70.74
2005	68.92	1991	63.67	2019	69.57
2006	68.42	1992	62.74		
2007	67.96	1993	62.32		
2008	67.11	1994	73.20		
2009	66.78	1995	73.62		
2010	65.60	1996	72.69		
2011	64.37	1997	72.02		
2012	63.23	1998	71.54		
2013	63.72	1999	71.60		

Figura 27. Resumen del Análisis de Consistencia de los datos hidrológicos.
Fuente: Elaboración propia.

$(x_c^2 > x_t^2)$ $30.46 > 7.81$	Valores de Δ_{max} según los diferentes Tr			Δ crítico
	Δ_{max} según Weibull	0.0846	<	
	Δ_{max} según California	0.0891		
	Δ_{max} según Hazen	0.0944		
	Δ_{max} según Tukey	0.0970		
	0.2367			

Figura 28. Resumen las pruebas de bondad de ajuste.
Fuente: Elaboración propia

Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos - Modelos de Distribución - $\Delta_{m\acute{a}x}$.					
Estación	D. Normal	D. LogNormal 2 p	D. Gamma 3 p	D. Gumbel	D. LogGumbel
Chancay	Se acepta la distribución	Se acepta la distribución	No se acepta la distribución	Se acepta la distribución	Se acepta la distribución
Baños	0.0824	0.0905	0.9706	0.1505	0.1579

Figura 29. Resumen del análisis estadístico de datos hidrológicos
Fuente: Elaboración Propia

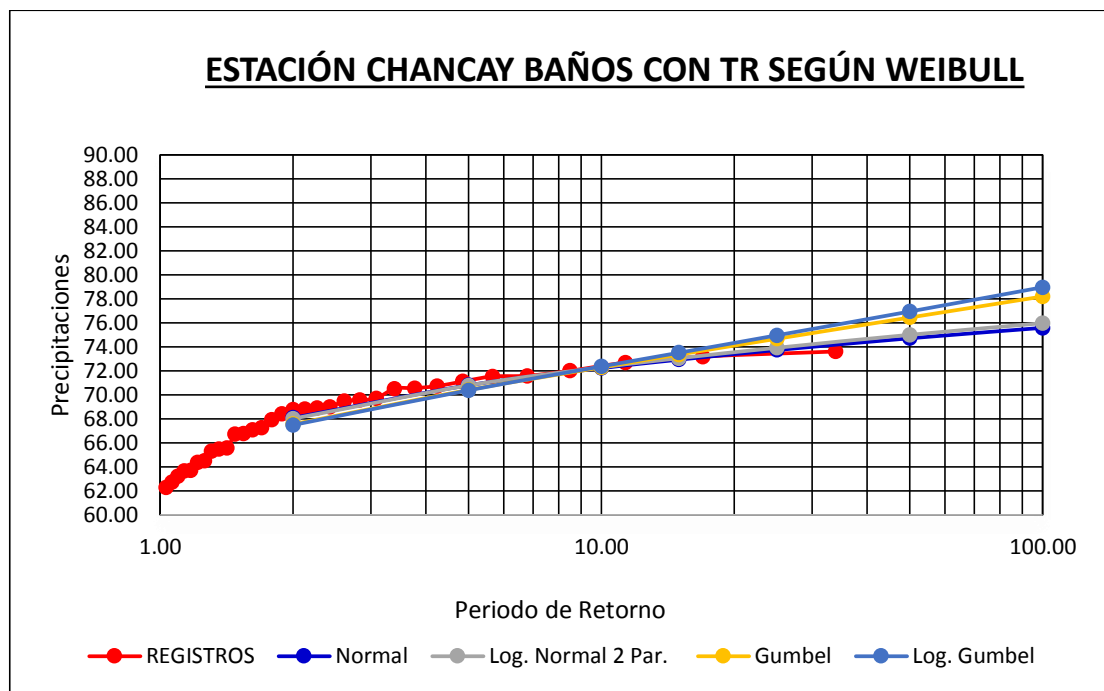


Figura 30. Análisis estadístico de las distribuciones teóricas
Fuente: Elaboración Propia

Después de determinar la distribución a utilizar se calcula las intensidades de lluvia; de acuerdo al tiempo de retorno y al tiempo de duración. En las figuras siguientes se muestran visualmente los datos obtenidos para diferentes periodos de retorno de las estaciones Chancay Baños. Posteriormente al procedimiento de cálculo de intensidades, se realiza un proceso de regresión potencial para los periodos de retorno. Finalmente se elabora una tabla de intensidad – tiempo de duración – periodo de retorno, las cuales me sirvieron para graficar las curvas IDF

En las figuras se muestran los datos de intensidades obtenidos para diversos periodos de retorno de las estaciones Chancay Baños.

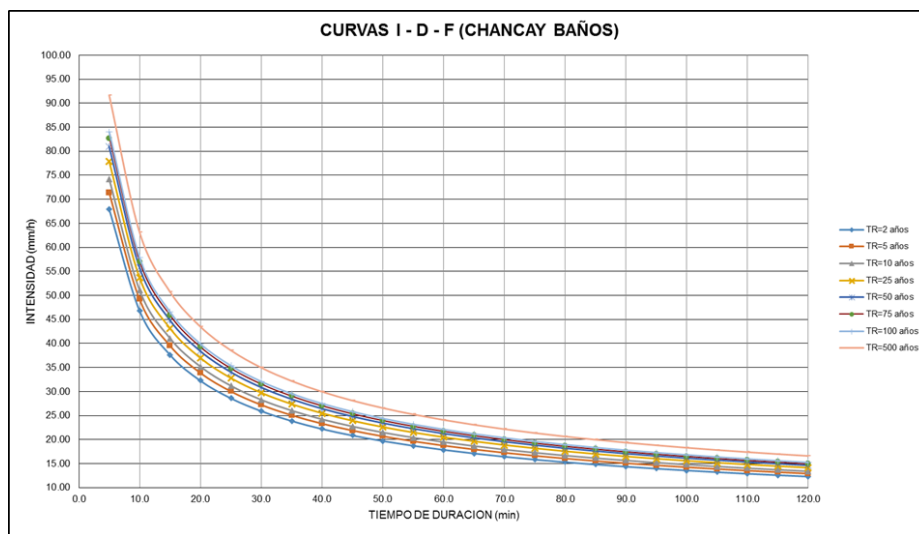


Figura 31. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método del Manual
Fuente: Elaboración Propia

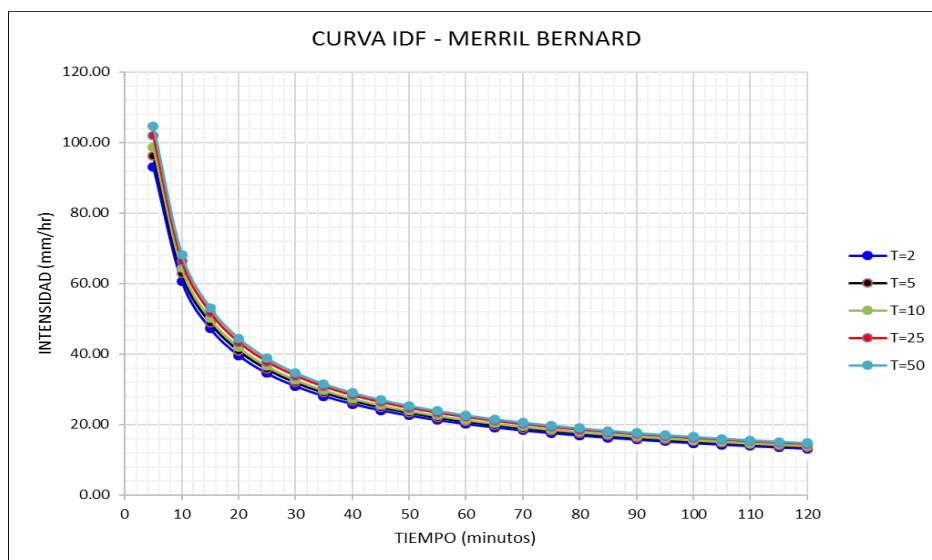


Figura 32. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Merrill Bernard.
Fuente: Elaboración Propia

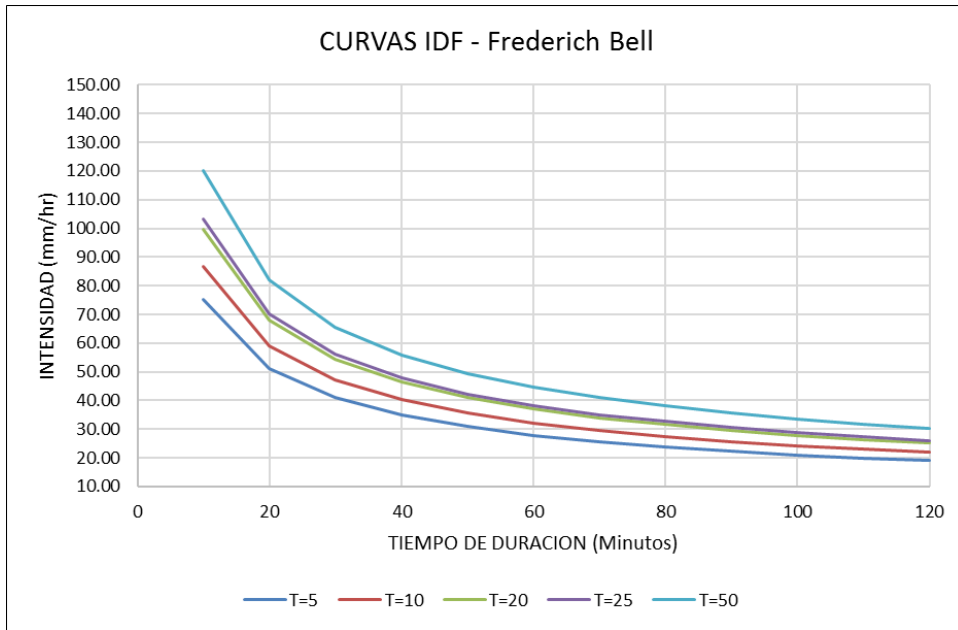


Figura 33. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Frederich Bell.
Fuente: Elaboración Propia

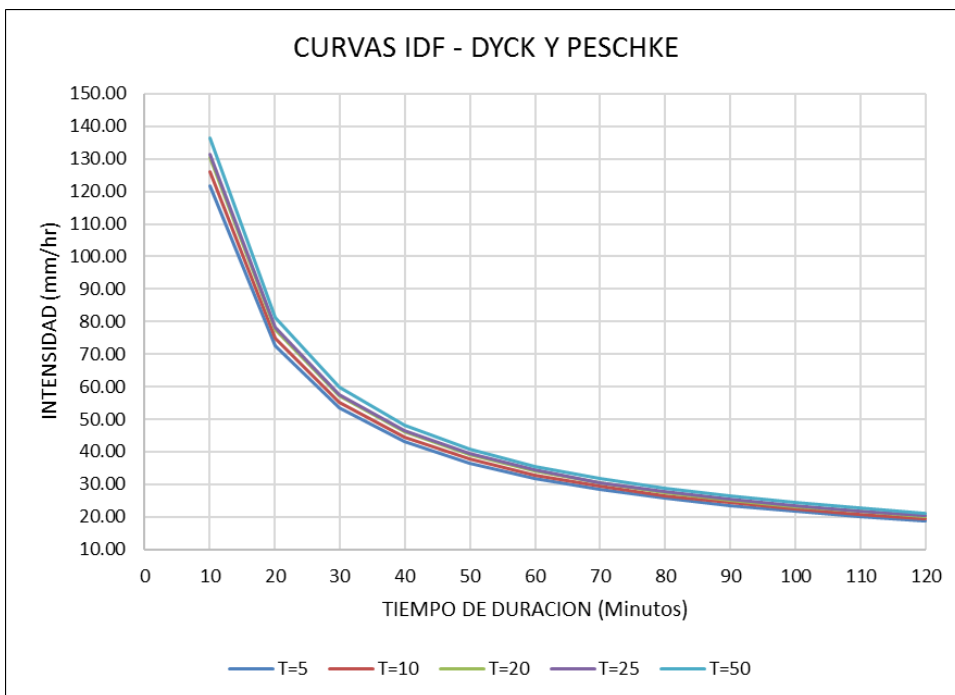


Figura 34. Curvas IDF de la Estación Chancay Baños Método de Dyck y Peschke.
Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Resultados del diseño del canal

Los caudales de diseño se obtuvieron en función a las curvas IDF escogida para el diseño. Cabe mencionar que el tiempo de concentración calculado por calle se encuentra en los anexos de la investigación. A continuación, se exponen los resultados de los caudales de salida para cada canal de derivación. El caudal total de salida es de 3.6226 m³/s.

Tramo	Descripción	Aportantes	Descarga	Caudal	Caudal Acumulado
Tramo	Calles a intervenir	Calles Aportantes Descripción	Canal de evacuación	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
26C	Jr. Los Pinos C3	26B,26A	RIO EL PUEBLO	0.1129	3.1610
25B	Pje. Las Delicias C2	25A,9A		0.1719	
24B	Jr. Santa Cruz C2	24A,9B,5B,23A		0.2180	
22E	Jr. Atahualpa C5	10G,6I,22D,7F,7E,5A,22C,22B,22A,23A,4G		0.3465	
21E	Jr. Jose Olaya C5	21D,21C,21B,21A,10E,6H,7D,4F,2F,2G		0.3816	
20E	Jr. Napoleón Puga C5	20D,20C,20B,20A,9E,9D,6E,6F,7C,7B,4E,4D,2E		0.3075	
19E	Jr. Bolognesi C5	19D,19C,19B,19A,4C,2D		0.2577	
18F	Jr. Juan Ugaz C6	18E,18D,18C,18B,18A,12D,9C,9B,7A,8B,6E,4B		0.3640	
17F	Jr. Cutervo C6	17E,17D,17C,17B,17A,9A,6D,6C,4A,2D		0.2810	
16G	Jr. Santa Rosa C7	16E,16D,16C,16B,16A,12C,8A,		0.2716	
14G	Jr. Huascar C7	14F,14E,14D,6B,6A,12B,11B,6B		0.2599	
13I	Jr. Manco Capac C9	13H,13G,13F,12A,11A,6A		0.1884	
2C	Jr. Ramón Castilla C3		QUEBRADA EL ANCHO	0.0673	0.3241
3C	Jr. San Roque c3	3B,15B,15A,14B,14A,2B,2A,		0.1710	
13E	Jr. Manco Capac C5	13D,13C,13B,3A		0.0858	
15A	Pje. Cuturume C1	1B,3A	CANAL EL PUEBLO	0.0441	0.1375
14A	Jr. Huascar C1			0.0450	
13A	Jr. Manco Capac C1	3B,13A		0.0484	
					3.6226

Figura 35. Resultados de los caudales de salida a su canal de derivación.
Fuente: Elaboración Propia

Simultáneamente con los caudales y otros parámetros hidráulicos se han obtenidos los tirantes de cada canal de derivación para su diseño.

Descripción General de la Calle a intervenir	Caudal de Diseño	Ancho de Solera	Coefficiente de Manning	Pendiente de Fondo	Tirante Normal	
Tramo	Descripción de la Calle	Q (m ³ /s)	b (m)	n	S (m/m)	Y (m)
26C	Jr. Los Pinos C3	0.1129	0.50	0.013	0.0050	0.185
25B	Pje. Las Delicias C2	0.1719	0.50	0.013	0.0050	0.252
24B	Jr. Santa Cruz C2	0.2180	0.50	0.013	0.0050	0.302
22E	Jr. Atahualpa C5	0.3465	0.50	0.013	0.0050	0.435
21E	Jr. Jose Olaya C5	0.3816	0.50	0.013	0.0050	0.470
20E	Jr. Napoleón Puga C5	0.3075	0.50	0.013	0.0050	0.395
19E	Jr. Bolognesi C5	0.2577	0.50	0.013	0.0050	0.344
18F	Jr. Juan Ugaz C6	0.3640	0.50	0.013	0.0050	0.452
17F	Jr. Cutervo C6	0.2810	0.50	0.013	0.0050	0.368
16G	Jr. Santa Rosa C7	0.2716	0.50	0.013	0.0050	0.358
14G	Jr. Huascar C7	0.2599	0.50	0.013	0.0050	0.346
13I	Jr. Manco Capac C9	0.1884	0.50	0.013	0.0050	0.270
2C	Jr. Ramón Castilla C3	0.0673	0.50	0.013	0.0050	0.128
3C	Jr. San Roque c3	0.1710	0.50	0.013	0.0050	0.251
13E	Jr. Manco Capac C5	0.0858	0.50	0.013	0.0050	0.152
15A	Pje. Cuturume C1	0.0441	0.50	0.013	0.0050	0.096
14A	Jr. Huascar C1	0.0450	0.50	0.013	0.0050	0.097
13A	Jr. Manco Capac C1	0.0484	0.50	0.013	0.0050	0.102

Figura 36. Parámetros hidráulicos de los caudales de salida.
Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Resultados de los metrados del Proyecto

A continuación, se han realizado el desagregado de partidas y se han obtenidos los metrados del proyecto tanto para la pavimentación de calles como para el drenaje pluvial del proyecto.

RESUMEN GENERAL DE METRADOS			
“DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO DE LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2017”.			
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA CRUZ, PROVINCIA DE SANTA CRUZ			
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADOS
01	OBRAS PROVISIONALES, SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE		
01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES		
01.01.01	ALMACEN DE OBRA	mes	5.00
01.01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 8.50m x 3.60 m	u	1.00
01.02	FLETE		
01.02.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00
01.03	MOVILIZACION DE CAMPAMENTO MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS		
01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00
01.04	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE		
01.04.01	SEGURIDAD Y SALUD EN LA CONSTRUCCION		
01.04.01.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRAB	glb	1.00
01.04.01.02	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	u	35.00
01.04.01.03	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	glb	12.00
01.04.01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00
01.04.01.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00
01.04.01.06	RECURSOS PARA RSPTS. ANTE EMERG. EN SEGUR. Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00
01.04.02	IMPACTO AMBIENTAL		
01.04.02.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00
02	PAVIMENTO RIGIDO		
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES		
02.01.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO, E=8"	m2	6,842.67
3	CONSTRUCCION DE CANALETAS		
3.01	OBRAS PRELIMINARES		
03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	6,384.46
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO CON EQUIPO	m2	6,384.46
3.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
03.02.01	EXCAVACION MANUAL PARA CANALETAS	m3	6,564.04
03.02.02	REFINE Y NIVELACION DE FONDO CAJA DE CANALETA	m	12,859.62
0.02.03	ELIM. MAT. CARG.MANUAL/VOLQUETE 10 M3,V=30 D= 7 KMS.	m3	7,876.85
3.03	CONCRETO CANALETAS		
03.03.01	CONCRETO PARA CANALETAS $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$	m3	1,532.27
03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALETA	m2	7,661.35
03.03.03	TAPAS DE CONCRETO $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, P/CANALETA, E=0.10m	m3	537.62
03.03.04	TAPAS DE CON CONCRETO EN CAJAS DE REGISTRO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	m3	7.62
03.03.05	ACERO DE REFUERZO $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$, GRADO 60	kg	11,121.42
3.04	VARIOS		
03.04.01	JUNTAS DE DILATACION TECNOPOR 1" SELLADAS CON ASFALTO	m	6,273.66

Figura 37. Metrados del presupuesto del diseño de drenaje pluvial.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Resultados del presupuesto del Proyecto

A continuación, se muestran en las figuras siguientes el presupuesto de drenaje pluvial que en conjunto forman el presupuesto del proyecto de investigación.

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
01	OBRAS PROVISIONALES, SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE				S/134,593.02
01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				S/5,358.58
01.01.01	ALMACEN DE OBRA	mes	5.00	750.00	S/3,750.00
01.01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 8.50m x 3.60 m	und	1.00	1608.58	S/1,608.58
01.02	FLETE				S/50,038.09
01.02.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	50038.09	S/50,038.09
01.03	MOVILIZACION DE CAMPAMENTO MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS				S/2,486.46
01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	2486.46	S/2,486.46
01.04	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE				S/76,709.89
01.04.01	SEGURIDAD Y SALUD EN LA CONSTRUCCION				S/67,017.57
01.04.01.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	4000.00	S/4,000.00
01.04.01.02	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	35.00	184.00	S/6,440.00
01.04.01.03	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	glb	12.00	3804.88	S/45,658.56
01.04.01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	3031.20	S/3,031.20
01.04.01.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	3500.00	S/3,500.00
01.04.01.06	RECURSOS PARA RSPTS. ANTE EMERG. EN SEGUR. Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	4387.81	S/4,387.81

Figura 38. Resultados del presupuesto del diseño del drenaje pluvial. Parte 1
Fuente: Elaboración Propia

01.04.02	IMPACTO AMBIENTAL				S/9,692.32
01.04.02.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00	9692.32	S/9,692.32
02	PAVIMENTO RIGIDO				S/1,588,608.45
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/73,763.98
02.01.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO, E=8"	m2	6842.67	10.78	S/73,763.98
3.00	CONSTRUCCION DE CANALETAS				S/1,514,844.47
3.01	OBRAS PRELIMINARES				S/12,960.45
03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	6384.46	0.60	S/3,830.68
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO CON EQUIPO	m2	6384.46	1.43	S/9,129.78
3.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				S/347,183.52
03.02.01	EXCAVACION MANUAL PARA CANALETAS	m3	6564.04	33.90	S/222,520.96
03.02.02	REFINE Y NIVELACION DE FONDO CAJA DE CANALETA	m	12859.62	1.18	S/15,174.35
0.02.03	ELIM. MAT.CARG.MANUAL/VOLQUETE 10 M3,V=30 D= 7 KMS.	m3	7876.85	13.90	S/109,488.22
3.03	CONCRETO CANALETAS				S/1,111,788.66
03.03.01	ONCRETO PARA CANALETAS f'c = 175 Kg/cm ²	m3	1532.27	383.30	S/587,319.09
03.03.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO CANALETA	m2	7661.35	36.81	S/282,014.29
03.03.03	TAPAS DE CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² , P/CANALETA, E=0.10m	m3	537.62	362.07	S/194,656.07
03.03.04	TAPAS DE CON CONCRETO EN CAJAS DE REGISTRO fc= 210 Kg/cm2	m3	7.62	420.25	S/3,202.31
03.03.05	ACERO DE REFUERZO fy = 4,200 Kg/cm ² , GRADO 60	kg	11121.42	4.01	S/44,596.89
3.04	VARIOS				S/42,911.83
03.04.01	JUNTAS DE DILATACION TECNOPOR 1" SELLADAS CON ASFALTO	m	6273.66	6.84	S/42,911.83
	COSTO DIRECTO				S/3,238,045.94
	GASTOS GENERALES (10%)				S/323,804.59
	UTILIDAD (5%)				S/161,902.30
	SUBTOTAL				S/3,723,752.83
	IGV (18%)				S/670,275.51
	VALOR REFERENCIAL				S/4,394,028.34
	SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRA (3.5)				S/81,564.90
	EXPEDIENTE TECNICO (5%)				S/40,000.00
	PRESUPUESTO TOTAL				S/4,515,593.23

Figura 39. Resultados del presupuesto del diseño del drenaje pluvial. Parte 2
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Discusión de resultados

3.2.1 Discusión de los Resultados del Estudio Topográfico

La topografía tiene esencial importancia en el diseño de drenajes pluvial urbano ya que proporciona los parámetros del terreno sobre el cual se ejecuta todo el proyecto, de acuerdo a esta definición los datos más importantes que se toman para el presente proyecto es la altimetría de toda el área, relieve, pendientes, depresiones, convergencias y las zonas más vulnerables. De acuerdo al manual de Diseño Geométrico 2018, clasifica el relieve del terreno en 4 tipos, los cuales están en función a la característica del relieve y se miden según la pendiente encontrada. Para este proyecto se encontró una pendiente mínima de 10% y una máxima de 43 % por lo que lo calcifica como una orografía tipo 2 que relaciona a un terreno ondulado.

3.2.2 Discusión de los Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos

Se realizaron previamente en el laboratorio USS, se obtuvieron los resultados necesarios para analizarlo y compararlo con el marco teórico del proyecto. Esta comparación hace referencia a la Clasificación SUCS de mecánica de suelos en donde se encontraron diferentes tipos de material CL, SC; SM, ML, ML teniendo como relación predominante arcilla en todos los materiales y teniendo un estado de material regular bueno. Cabe mencionar que las calicatas 4 y 5 no se realizaron debido a ser grava.

3.2.3 Discusión de los Resultados de la intensidad de diseño

Las bases de datos de las precipitaciones máximas anuales del proyecto otorgadas por el SENAMHI cumplen con los requisitos mínimos que es 20 años. Para la construcción de las curvas IDF se realizó mediante análisis estadístico, se ha seleccionado las estaciones que se encuentran cerca de la Provincia de Santa Cruz. Una vez verificado se ha elegido las curvas IDF del Estación Chancay Baños debido a que tiene más data y se ajusta a ciertas distribuciones de modelos hidráulicos.

3.2.4 Discusión de los Resultados del diseño del canal

Los resultados del diseño de caudal se han basado en el Manual se han comparado con informes hidrológicos de la zona, comprobando que los resultados son aceptables. Los resultados del Caudal por calle y los caudales de salida han permitido obtener parámetros de diseño teniendo como base de canal 30 cm y un máximo tirante de 23 cm. Por lo tanto, tomamos una altura de cuneta de 50 cm aceptable para el diseño.

3.2.5 Discusión de los Resultados de los costos unitarios del Proyecto

Los costos unitarios se han obtenidos de acuerdo al libro CAPECO y a las partidas elegidas. Estas partidas se han determinado de acuerdo al tipo de diseño que se va a realizar. En este caso se realiza primero, los costos unitarios de la pavimentación por calles y luego los costos unitarios del drenaje pluvial.

3.2.6 Discusión de los Resultados del presupuesto del Proyecto

El presupuesto corresponde al cálculo monetario del costo total de la investigación y construcción del proyecto que se realizó previamente a base de los metrados de todas las partidas previstas en cada punto de los objetivos a satisfacer, consecuentemente para esto se realiza el análisis de costos unitarios que son los componentes de cada partida a realizarse, de acuerdo a estos conceptos se obtuvieron los siguientes datos que se expresan en los valores encontrados.

3.2.7 Discusión de los Resultados de la EIA del Proyecto

Después de obtener los resultados necesarios de la matriz de Leopold relacionada a nuestro proyecto y que se describe en el marco teórico; el impacto negativo en promedio es [3.73/0.87], mientras que el impacto positivo es [8.73/2.65], estos resultados se interpretan que tiene un impacto positivo de manera general y que además el impacto negativo tiene un porcentaje considerado debido a la modificación del régimen y a las condiciones biológicas. Esta interpretación se basa en lo relacionado a la matriz de Leopold sobre la evaluación de impacto ambiental de un proyecto.

CAPÍTULO IV

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con los resultados de topografía se obtuvo la elevación máxima de la zona urbana del distrito de Santa Cruz que es 2175.00 msnm, y la más baja que es 2030.00 msnm, Por lo tanto, se concluyó Según el Manual de Diseño Geométrico 2018 que el relieve de la zona del proyecto tiene una orografía tipo 2 que describe un terreno ondulado. Por otro lado, los ensayos geotécnicos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán otorgaron los resultados necesarios de las muestras de suelo extraídas, para realizar la clasificación de suelos. De ello, se obtuvo resultados que consisten en gravas y arenas arcillosas, también limos en alguna de ellas, los cuales resultaron ser de baja plasticidad, además se determinó un contenido de humedad promedio de 20 %. Para la zona urbana del distrito, el suelo consiste en gravas arcillosas que se encuentran en la parte media de la zona de estudio.
- De acuerdo a los resultados del estudio hidrológico de las estaciones pluviométricas se concluye que para el diseño las intensidades mediante las curvas IDF se tomas los resultados de la Estación Chancay Baños, porque tiene una mayor cantidad de data con respecto a la otra estación y además se acepta en algunas distribuciones cuando se evalúa los datos hidrológicos. Es conveniente expresar que para un diseño de Drenaje pluvial el periodo de retorno seleccionado es de 25 años por 2 razones; una tiene que ver con la expansión urbana y la segunda por la continuidad de las lluvias en temporadas específicas del año. En cuanto al diseño hidráulico del proyecto se concluye que el caudal total obtenido es de 3.6226 m³/s y que se distribuye en tres vertientes: Canal "La Población", Quebrada "El Ancho" y el Río "El Pueblo". Teniendo en cuenta estas consideraciones se diseñó canales de salida a cada vertiente y del cual se determinó un B=30 cm y una H= 50 cm en base a que el mayor tirante obtenido por el diseño es de 27cm ubicado en la calle Napoleón Puga.
- De acuerdo a la elaboración del presupuesto total del proyecto, y teniendo en cuenta que se realizó un presupuesto que abarca el Drenaje Pluvial el cual se obtuvo un presupuesto final de s/. 4'515,593.23

- Con los resultados obtenidos de la matriz de Leopold relacionada a nuestro proyecto, se concluyó que el impacto negativo en promedio es [3.73/0.87], mientras que el impacto positivo es [8.73/2.65], estos resultados tienen un impacto positivo de manera general y que se debe a que las acciones propuestas frente a las características y condiciones del medio ambiente tiene una magnitud e importancia dentro de la zona del proyecto.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener sumo cuidado con la manipulación de los equipos topográficos ya que son muy sensibles y su mal manejo llevaría consecuencias en los datos tomados o levantados, dando errores en los cálculos iniciales del proyecto. Para la correcta toma de muestras de suelo en campo se debe proceder con las herramientas necesarias tomando las medidas de seguridad para evitar el colapso del talud de acuerdo al terreno y la profundidad de la calicata. Se recomienda tomar las muestras inalteradas con especial cuidado para lo cual se llevaron unos recipientes impermeables con el fin de conservar la humedad natural del y determinar con exactitud los ensayar necesarios.
- Se recomienda para los cálculos hidrológicos e hidráulicos la verificación con algún software que corrobore los cálculos en las hojas de Excel con la finalidad de darle mejor validez y consistencia a los resultados. Se recomienda Verificar para el diseño hidráulico las cotas del desembocque en los canales principales que colectan las aguas pluviales y desembocan en el canal principal, quebrada o río, con el fin de que estas sean mayores incluso aun en épocas de máximas avenidas y así evitar la inundación de os canales principales.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Yañez Porta, E. P. (2014). “*Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa*”. Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Alejandro Hernandez, S., & Macea, F. (2006). *Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Óptimo y Funcional para el Sector la Rotaria de la Parroquia Raúl Leoni de Maracaibo EDO-ZULIA*. (Tesis de grado), Univerdad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.
- Almazán Gárate, J. L. (2005). *Tubería de Hormigon Armado*. Madrid: Atha. Obtenido de Atha: http://www.atha.es/atha_archivos/biblioteca/biblioteca.htm
- Bateman, A. (2007). *HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA*. Samoa: GITS.
- Bisset, R. (1980). *Methods for environmental impact analysis: recent trends and future prospects*. Diario de Gestión Ambiental.
- Blog Hidrasoftware. (15 de Noviembre de 2015). *Hidrasoftware*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017, de Hidrasoftware Web Site.
- Borlongan, J. (17 de Julio de 2017). *ehowenespanol*. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de ehowenespanol Web Site: http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-del-sistema-drenaje-lista_94208/
- Braja M., D. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA*. California: CENGAGE LEARNING.
- Cañizález V., M. (3 de Julio de 2014). El 90% del sistema de drenajes de la ciudad presenta fallas. *El Universal*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de El Universal: <http://www.eluniversal.com/caracas/140703/90-del-sistema-de-drenajes-de-la-ciudad-presenta-fallas>
- Caracas, A. M. (10 de Setiembre de 2014). *Plan Caracas 2020*. Obtenido de Plan Caracas 2020 Web Site: <http://www.plancaracas2020.com>
- Castellanos, J. Z. (2004). Salinidad de Suelos Problemas de Fertilidad. En J. Z. Castellanos, *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. (págs. 130-140). México: INTAGRI. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/salinidad-de-suelos-problema-de-fertilidad>
- Castillejos, J. (16 de Julio de 2014). El 70% de la lluvia en México termina en el drenaje. *El Publímetro*. Recuperado el 12 de Setiembre de 2017, de Publímetro Web site:

<https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2014/07/16/el-70-de-la-lluvia-en-mexico-termina-en-el-drenaje.html>

- Chávez Aguilar, F. J. (2006). *Simulación y Optimización de un Sistema de Alcantarillado Urbano*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Consultoria FEM S.A. de C.V. (2008). *Proyecto Ejecutivo Integral de Drenaje Pluvial en la Zona Centro de la Ciudad de Piedras Negras Coahuila*. informe final, Maracaibo, Venezuela. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <https://es.scribd.com/document/295801155/Drenaje-Pluvial-Piedras-Negras-Informe-Final>
- El Tiempo. (17 de Julio de 2017). Con sistema de drenaje pluvial se evitaría el colapso del alcantarillado. *El Tiempo*. Recuperado el 4 de Octubre de 2017, de <http://eltiempo.pe/gerente-eps-sistema-drenaje-pluvial-se-evitaria-colapso-del-alcantarillado/>
- Gaceta Ucayalina. (26 de Marzo de 2017). *Aprueban proyecto de ley para drenaje pluvial en la ciudad de Chiclayo*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Gaceta Ucayalina Web site: <http://www.gacetaucayalina.com/2017/05/26/aprueban-proyecto-de-ley-para-drenaje-pluvial-en-la-ciudad-de-chiclayo/>
- Gestión y Aprovechamiento de Aguas Pluviales. (2010). GUÍA TÉCNICA de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificio. *AQUA ESPAÑA*, 17.
- Granda Acha, R. (2013). *Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos*. (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Guzman, L. R. (2015). *Interacción de una Tecnología de Agua Pluvial con Calidad en el Municipio de Toluca a partir de la Vivienda Urbana*. (tesis de doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mexico.
- ISO. (1993). *Determination of dry matter and water content on a mass basis-Gravimetric method*. Obtenido de mct.dgf.uchile.cl: http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.4.htm
- Juárez Badillo, E. (2005). *FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. México: Limusa.
- Laguna Sanjuanelo, S., Lewis, V., Santiago, M., Salamanca, J. F., Daza, W., & Fourzali, A. (2007). Consideraciones Éticas en la publicación de investigaciones Científicas. *Salud Uninorte*, 64-78.

- Loayza Rivas, C. A. (2005). *Mecanica de Fluidos I*. Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de <https://es.scribd.com/document/333188249/149279971-Loayza-Rivas-Mecanica-de-Fluidos-i-pdf>
- Manual de Ensayo de Materiales MTC. (2000). *MTC E 107 - 2000 "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO"*. Lima, Perú: ICG.
- Manual de Ensayo de Materiales MTC. (2000). *MTC E 180 - 2000 "MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO"*. Lima, Perú: ICG.
- Maza, C. L. (2007). *MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES*. Editorial Universitaria.
- MTC Manual de Hidrología, H. y. (2008). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima: Laboratorio DDE.
- National Research Council of the National Academies. (2002). *Integrity in Scientific Research: creating an environment that promotes responsible*. Whashington: The National Academies Press.
- Nave, M. O. (2005). *hyperphysics*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de hyperphysics web site: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pber.html#beq>
- Osorio, S. (1 de Noviembre de 2010). *Apuntes de Geotecnia con énfasis en laderas*. Obtenido de geotecnia-sor.blogspot.com: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo.html>
- Palacios Ruiz, A. (2008). *ACUEDUCTOS, CLOACAS y DRENAJE* (Segunda ed.). Caracas: Publicaciones UCAB.
- Perales Momparler, S. (1 de Junio de 2017). *Sistema de Drenaje Sostenible (SuDS): experiencias del cambio de paradigma*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Emaya Web site: <https://www.emaya.es/media/4046/presentaci%C3%B3-dmma17-sara-perales.pdf>
- Pérez, I. F. (2009). *Diseño Asistido del Sistema de Sumideros de una Población*. Tesis de Pregrado. Recuperado el 19 de Octubre de 2017
- Redacción La República. (23 de Octubre de 2013). Es necesario que Trujillo cuente con un sistema de drenaje, según ingenieros. *La República*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://larepublica.pe/archivo/746705-es-necesario-que-trujillo-cuente-con-un-sistema-de-drenaje-segun-ingenieros>
- RNE. (2016). Lima: Megabyte.

- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Lima, Perú: UNI.
- Rodríguez Díaz, H. A. (2013). *Drenaje Urbano Elementos de Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- RPP. (24 de Marzo de 2017). *Huamanga preparada para enfrentar lluvias con sistema de drenaje pluvial*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de RPP Noticias Web site: <http://rpp.pe/peru/ayacucho/sistema-de-drenaje-pluvial-evita-inundaciones-en-huamanga-noticia-1040294>
- RPP. (23 de Octubre de 2017). *Ligera lluvia de estación vuelve a ocasionar aniegos en Piura*. *RPP Noticias*, pág. 1. Recuperado el 17 de 11 de 5, de <http://rpp.pe/peru/piura/ligera-lluvia-de-estacion-vuelve-a-ocasionar-aniegos-en-piura-noticia-1084289>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo: Facultad de Agronomía.
- Sánchez Pachón, C. (2010). *Gestión sostenible del agua en el desarrollo urbano*. En C. Sánchez Pachón, *Gestión sostenible del agua en el desarrollo urbano*. (pág. 29). Buenos Aires: FODECO.
- Segerer, C. D., & Villodas, R. (2006). *Hidrología*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.
- Silva Mercedes, M., & Pachar Cando, J. (2012). *Diseño de Drenaje Superficial de Calles, en el proyecto vial sector 3, de la parroquia parcuales*. Tesis de Grado, Universidad Rafael Urdaneta, Guayaquil, Ecuador.
- Soberanis, A. N. (2004). *METODOLOGÍAS MATRICIALES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA PAÍSES EN DESARROLLO: MATRIZ DE LEOPOLD Y MÉTODO DE MEL-ENEL*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- The Phantom of the opera. (09 de 11 de 2009). *matdeconstruccion Datum Corporation*. Recuperado el 14 de 11 de 2018, de *matdeconstruccion* Web site: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/tag/tamano-de-particulas/>
- Wikipedia. (20 de Septiembre de 2015). Obtenido de Wikipedia Web site: [https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci%C3%B3n_\(meteorolog%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci%C3%B3n_(meteorolog%C3%ADa))
- Wikipedia. (26 de Abril de 2016). *Wikipedia*. Recuperado el 29 de Octubre de 2017, de Wikipedia Web Site: <https://es.wikipedia.org/wiki/Rejilla>

ANEXOS