



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

**TESIS:**

**“DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN  
LOS PUEBLOS JÓVENES SAN LORENZO Y SANTA  
ANA - DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ -  
PROVINCIA DE CHICLAYO - REGIÓN  
LAMBAYEQUE”**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autores:**

**Bach. Colmenares Vásquez Dirze Malú**

**Bach. Salvador Vasquez Juan Jacob**

**Asesor:**

**Mg. Serrepe Ranno Miriam Marcela**

**Línea de Investigación**

**Ingeniería de procesos**

**Pimentel - Perú**

**2019**

**TOMO I**

## **TESIS**

# **“DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN LOS PUEBLOS JÓVENES SAN LORENZO Y SANTA ANA - DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - PROVINCIA DE CHICLAYO - REGIÓN LAMBAYEQUE”**

**Aprobado por:**

---

Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Presidente de jurado

---

Mg. Idrogo Pérez, Cesar Antonio

Secretario de jurado

---

Ing. Arriola Carrasco, Guillermo Gustavo

Vocal de jurado

## **DEDICATORIA**

Dedico la tesis a Dios por permitirme llegar a ésta etapa de mi vida, a mis padres y hermana por ser mi apoyo y fortaleza en los momentos difíciles, por enseñarme a valorar lo que tengo e inculcarme cosas buenas y positivas, a mis docentes que a lo largo de la carrera profesional nos impartieron conocimiento y experiencias para poder sobrellevar algún obstáculo que se nos presente en la vida profesional y a todas las personas que apoyaron de una manera u otra para lograr terminar con éxito la presente investigación que he desarrollado con mi compañero (Juan Jacob Salvador Vásquez), quien demostró interés y perseverancia ante cada obstáculo que se presentó.

**Dirze Malú**

Dedico la tesis a mis padres, hermanos y tía, porque me apoyaron en todo momento, por la confianza puesta en mí desde el inicio de mi vida universitaria, por los valores que cultivan en mí, como: la humildad, solidaridad, honradez y en especial la perseverancia, para lograr alcanzar mis objetivos, de igual manera a todas las personas que nos ayudaron a complementar la tesis con sus aportes e ideas con la finalidad de mejorar la presente investigación que la realicé con mi compañera (Dirze Malú Colmenares Vásquez), quien con su esfuerzo, dedicación y perseverancia fue posible realizar la tesis en los tiempo exigidos por la universidad.

**Juan Jacob**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Guillermo Gustavo Arriola Carrasco, por el apoyo incondicional demostrado ante las dudas presentes en el transcurso del desarrollo de la investigación.

Al Téc. Wilson Olaya Aguilar, por el apoyo y conocimientos aportados ante los inconvenientes presentados en el desarrollo de la investigación.

Un agradecimiento especial a los asesores metodológicos, MSc. Miriam Marcela Serrepe Ranno y MSc. Ana María Guerrero Millones, por brindarnos pautas específicas para la correcta presentación del proyecto de investigación.

Agradecemos a la Universidad Señor de Sipán por brindarnos las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, siendo de gran apoyo para terminar satisfactoriamente los ensayos realizados.

A la Municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz, por brindarnos información y permisos necesarios para el desarrollo de la investigación.

A la Comisaría de José Leonardo Ortiz, por brindarnos resguardo policial en el transcurso del levantamiento topográfico.

**Los autores**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE JURADOS .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Trabajos previos .....	18
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	23
1.4. Delimitación de la Investigación.....	69
1.5. Formulación del Problema .....	69
1.6. Justificación e Importancia de la investigación .....	70
1.7. Hipótesis.....	70
1.8. Objetivos .....	71
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	73
2.1. Tipo y diseño de la investigación .....	73
2.2. Métodos de investigación.....	73
2.3. Variables.....	74
2.4. Población y muestra .....	78
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	78
2.6. Métodos de análisis de datos .....	80
2.7. Aspectos éticos .....	80
III. RESULTADOS .....	82
3.1. Levantamiento Topográfico .....	82
3.2. Ensayo de Mecánica de Suelos .....	83
3.3. Estudio hidrológico e hidráulico .....	93
3.4. Diseño geométrico y estructural de pistas y veredas .....	100
3.5. Estudio técnico de Ingeniería definitivo.....	100
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	111
4.1. Levantamiento topográfico.....	111
4.2. Ensayo de mecánica de suelos .....	111
4.3. Estudio hidrológico e hidráulico .....	113
4.4. Diseño geométrico y estructural de pistas y veredas.....	114
4.5. Estudio técnico de ingeniería definitivo .....	114
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1. Conclusiones .....	117
5.2. Recomendaciones .....	118
6. REFERENCIAS.....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Coeficiente de escorrentía para ser utilizados en el método racional.....	26
<b>Tabla 2</b>	Coeficiente de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno .....	27
<b>Tabla 3</b>	Coeficiente de escorrentía en áreas no desarrolladas en función del tipo de suelo .....	27
<b>Tabla 4</b>	Coeficientes de Rugosidades en función de los acabados.....	33
<b>Tabla 5</b>	Diámetros mínimos según el tipo de tubería .....	42
<b>Tabla 6</b>	Coeficientes de rugosidad de Manning según el tipo tuberías .....	43
<b>Tabla 7</b>	Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado.....	44
<b>Tabla 8</b>	Técnicas de investigación de campo .....	50
<b>Tabla 9</b>	Ensayos de laboratorio .....	51
<b>Tabla 10</b>	Técnicas de investigación y nomenclatura .....	52
<b>Tabla 11</b>	Simbología de Suelos (Referencial) .....	53
<b>Tabla 12</b>	Clasificación de suelos- método AASHTO.....	54
<b>Tabla 13</b>	Clasificación de suelos- sistema SUCS.....	56
<b>Tabla 14</b>	Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	57
<b>Tabla 15</b>	Número mínimo de puntos de investigación .....	60
<b>Tabla 16</b>	Ensayos de mecánica de suelos con su normativa correspondiente .....	61
<b>Tabla 17</b>	Tabla de los factores impactados producto del proyecto.....	63
<b>Tabla 18</b>	Tabla de presupuesto total del proyecto de investigación .....	66
<b>Tabla 19</b>	Tabla de definiciones de términos básicos para el diseño de drenaje pluvial urbano .....	67
<b>Tabla 20</b>	Resumen de las características técnicas de Topmix Permeable .....	69
<b>Tabla 21:</b>	Diseño de la investigación .....	73
<b>Tabla 22</b>	Cuadro de variables independientes .....	75
<b>Tabla 23</b>	Cuadro de variables dependientes .....	76
<b>Tabla 24</b>	Tabla de Normas con sus respectivas aplicaciones .....	80
<b>Tabla 25</b>	Tabla del resumen de los resultados de cada ensayo por estrato.....	83
<b>Tabla 26</b>	Tabla de resumen de resultados del ensayo de proctor modificado .....	90
<b>Tabla 27</b>	Tabla de resumen de resultados del ensayo de CBR.....	92
<b>Tabla 28:</b>	Tabla resumen de registros de precipitaciones de la Estación Lambayeque.....	94
<b>Tabla 29</b>	Tabla de intensidades- tiempo de duración .....	97
<b>Tabla 30</b>	Tabla resumen de tiempo de concentración por calle .....	97
<b>Tabla 31.</b>	Resumen del caudal total a evacuar .....	98
<b>Tabla 32:</b>	Resumen de diámetros para calles colectoras .....	99
<b>Tabla 33:</b>	Resumen de metrados de cada partida. ....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de la zona de estudio, Adaptado de Google Earth Pro, imágenes por satélite	16
<b>Figura 2:</b> Imagen de las calles del Pueblo Joven Santa Ana	17
<b>Figura 3:</b> Imagen de las calles del Pueblo Joven Nuevo San Lorenzo	17
<b>Figura 4:</b> Secciones transversales de cunetas. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, P.59	31
<b>Figura 5:</b> Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.60	32
<b>Figura 6:</b> Tipos de sumideros. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060, 2006, p.61	34
<b>Figura 7:</b> Sumidero tipo grande conectado a cámara-S1. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.63	36
<b>Figura 8:</b> Sumidero tipo grande conectado a tubería-S2. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.64	37
<b>Figura 9:</b> Sumidero tipo chico conectado a la cámara-S3. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.65	38
<b>Figura 10:</b> Sumidero tipo chico conectado a la tubería-S4. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.66	39
<b>Figura 11:</b> Impacto de la Urbanización. Adaptado de Lafarge Tarmac, (2015). Topmix Permeable, the ultimate concrete solution for Surface and storm water management	68
<b>Figura 12:</b> Topografía del terreno de los pueblos jóvenes Nuevo san Lorenzo y Santa Ana. Adaptado del CivilCAD	82
<b>Figura 13:</b> Resumen de los resultados del ensayo de contenido de humedad por estrato	84
<b>Figura 14:</b> Resumen de los resultados del ensayo de límites de Atterberg por estrato	85
<b>Figura 15:</b> Resumen de los resultados del ensayo de contenido de sales por estrato	86
<b>Figura 16:</b> Resumen de los resultados del ensayo de granulometría del estrato 1	87
<b>Figura 17:</b> Resumen de los resultados del ensayo de granulometría del estrato 2	88
<b>Figura 18:</b> Grafica del ensayo de proctor de la calicata N°8	89
<b>Figura 19:</b> Grafica del ensayo de proctor de la calicata N°9	90
<b>Figura 20:</b> Grafica del ensayo de proctor de la calicata N°10	90
<b>Figura 21:</b> Grafica del ensayo de CBR vs Densidad de la calicata N°8	91
<b>Figura 22:</b> Grafica del ensayo de CBR vs Densidad de la calicata N°9	92
<b>Figura 23:</b> Grafica del ensayo de CBR vs Densidad de la calicata N°10	92
<b>Figura 24:</b> Curvas IDF con el método de Dyck y Peschke	95
<b>Figura 25:</b> Curvas IDF con el método de Frederich Bell	95
<b>Figura 26:</b> Curvas IDF con el método de Precipitación sobre tiempo	96
<b>Figura 27:</b> Curvas IDF con el método de Bernard	96
<b>Figura 28:</b> Dimensiones de las tuberías colectoras y las cunetas de calles secundarias	99
<b>Figura 29:</b> Estructura del pavimento rígido	100
<b>Figura 30:</b> Ubicación de la zona del proyecto de investigación	101
<b>Figura 31:</b> Fórmula polinómica del proyecto de investigación	108

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Ecuación de método racional .....	25
<b>Ecuación 2:</b> Tiempo de concentración de aguas pluviales. ....	28
<b>Ecuación 3:</b> Tiempo de flujo de agua pluvial.....	28
<b>Ecuación 4:</b> Intensidad de lluvia. ....	29
<b>Ecuación 5:</b> Manning, cálculo de caudal.....	48



## RESUMEN

La región Lambayeque se viene recuperando de uno de los desastres más fuertes de los últimos tiempos, el llamado “Niño Costero”, el fenómeno trajo consigo fuertes lluvias en toda la región; el Distrito de José Leonardo Ortiz se vio perjudicada, especialmente los Pueblos Jóvenes Nuevo San Lorenzo y Santa Ana; con éste fenómeno se produjo el derrumbe de viviendas, las calles quedaron inundadas, los buzones colapsaron, esto generado por falta de un sistema de drenaje pluvial en la zona. Por esta razón la presente investigación tiene el objetivo de diseñar una red de drenaje pluvial para dichos Pueblos Jóvenes, con la finalidad de evitar que los habitantes se vean afectados en tiempos de lluvias.

La eficiencia de un sistema de drenaje pluvial depende del tipo de superficie que éste tenga para poder drenar las aguas, el proyecto en mención tiene la característica de ser un sistema que incluye drenaje pluvial, así como el diseño de pistas y veredas.

Se realizaron los estudios correspondientes de mecánica de suelos, topografía, diseño hidrológicos e hidráulicos para la elaboración de un informe técnico de ingeniería para el diseño de red de drenaje pluvial y pistas y veredas.

El proyecto tiene la finalidad de drenar las aguas pluviales hacia siete calles colectoras y estas a la vez evacuarán las aguas a la Av. Chiclayo, siendo ésta una vía canal que recolecta las aguas y las transporta hacia el dren 3000.

**Palabras claves:** Drenaje pluvial, pavimento, pendiente longitudinal, pendiente transversal, precipitación, caudal.

## **ABSTRACT**

The Lambayeque region has been recovering from one of the strongest disasters in recent times, the so-called "niño costero", the phenomenon brought heavy rains throughout the site; the José Leonardo Ortiz' district was harmed, especially the areas of San Lorenzo and Santa Ana; in consequence the houses collapsed, the streets were flooded, the mailboxes drainage collapsed. All of this generated by the lack of a storm drainage system in the area. For this reason the present investigation has the objective of designing a network of pluvial drainage for said Young Peoples, with the purpose of avoiding that the inhabitants are affected in times of rains.

The efficiency of a storm drainage system depends on the type of surface it has to drain the water, the project has the characteristic of being a system that includes storm drainage, as well as the design of tracks and sidewalks.

The corresponding studies of soil mechanics, topography, hydrological and hydraulic design were made for the elaboration of a technical engineering report for the design of rainwater drainage network and tracks and sidewalks.

The project has the purpose of draining rainwater to seven collector streets and these at the same time will evacuate the water to Chiclayo Avenue, this being a channel that collects the water and transports it to drain 3000.

### **Key Words:**

Pluvial drainage, pavement, longitudinal slope, transversal slope, precipitation, flow.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de drenaje pluvial son indispensables en zonas urbanas, esto con el objetivo de evitar problemas de inundación dentro de la población en temporada de lluvias, los pueblos jóvenes Nuevo San Lorenzo y Santa Ana actualmente no cuentan con pistas y veredas, lo que genera que en temporada de lluvias sus vías se conviertan en un verdadero problema para el tránsito vehicular como peatonal, esto debido a la acumulación de aguas pluviales dentro las calles, ocasionando que los vehículos tengan serios problemas para su transitabilidad.

Según (Espinosa et al., 2015), la infiltración de aguas pluviales en la ciudad de México, es un fenómeno que puede afectar de manera negativa el desplazamiento de dichas aguas por el aumento de volumen que genera. Los efectos en caso excesivo tienen costos técnicos y económicos que engloban por ejemplo el desbordamiento de las tuberías y problemas en la operación en las plantas de tratamiento.

El proyecto tiene como objetivo principal diseñar la red de drenaje pluvial en los pueblos jóvenes antes mencionados, aplicando el sistema de evacuación de aguas por gravedad y bombeo, esto debido a la topografía del área del proyecto.

Un distrito con pistas y veredas ejecutadas contribuye al desarrollo poblacional, mejorando su calidad de vida de la población, dejando atrás las vías intransitables en caso de lluvias y el daño estructural que causa en sus viviendas en algunos casos llevándole al colapso total de la edificación.

La estructura del proyecto está dividida en 5 capítulos en los cuales se encuentra la elaboración de un informe técnico de ingeniería con la finalidad de plasmar el diseño de pistas, veredas y red drenaje propuesto a partir de las características físicas y mecánicas del terreno, también estimando el presupuesto y el cronograma de ejecución en caso de la ejecución del presente proyecto.

## **1.1. Realidad problemática**

### **1.1.1. A nivel internacional**

El Barrio Abel Amaya es uno de los lugares más críticos en cuanto a la falta de planificación de obras; según las interrogantes que realizó el diario Crónica a la población, la señora Karina Stoyanoff señaló que es necesario que se realice la pavimentación de la avenida Chile porque cuando llueve las aguas bajan por las calles transversales y desembocan ahí, transformando dicha avenida prácticamente en un río sin acceso a la comunidad. Las calles al tener greda y salitre se produce un suelo muy arcillosos y es imposible la entrada de cada uno de los habitantes a la capilla (Crónica, 2017).

Bolivia presenta un gran problema en tiempos de lluvia; la inundación en las calles a consecuencia de que los drenajes pluviales se encuentran tapados por la basura que los mismo vecinos dejan en las esquinas de su zona, Marcelo Vidal, jefe de la unidad de drenaje urbano del gobierno autónomo de Oruro (GAMO), manifestó que este problema afecta de gran manera, porque cuando llueve esta basura es arrastrada hasta los puntos más bajos, siendo estos los de drenaje pluvial que mayormente se encuentran en las esquinas de la cuadra (Vidal, 2017).

Según (Espinosa et al., 2015), la infiltración de aguas pluviales en la ciudad de México, es un fenómeno que puede afectar de manera negativa el desplazamiento de dichas aguas por el aumento de volumen que genera. Los efectos en caso excesivo tienen costos técnicos y económicos que engloban por ejemplo el desbordamiento de las tuberías y problemas en la operación en las plantas de tratamiento.

En Barranquilla-Colombia, el enfoque de manejo integral de drenaje urbano, implica no sólo el manejo de la cantidad de agua y la calidad, sino también la capacidad de adaptabilidad frente al cambio climático del sistema de drenaje que se proyecte para la ciudad. La cuenca oriental, actualmente urbanizada en más del 90%, carece de alcantarillado pluvial. Por eso, la escorrentía superficial fluye sobre las vías con caudales muy peligrosos que pueden afectar la integridad física de las personas y generan daños significativos en la infraestructura y la economía de la ciudad. La cuenca occidental, en su porción urbanizada, también carece de un alcantarillado pluvial y, a pesar de que algunos arroyos estén canalizados, muchos de

ellos presentan insuficiencias y alto riesgo de inundaciones en zonas bajas. Ambas cuencas requieren de un plan maestro de drenaje para las intervenciones futuras (Ávila, 2012).

### **1.1.2. A nivel nacional**

El Barrio Manto Central ubicado en el distrito de Puno, es un problema para la población puesto que se encuentra sin pavimentar, afectando directamente a las familias que viven en la zona intervenida, aumentando los índices de contaminación ambiental, perjudicando propiedades públicas y privadas; así mismo obstaculizan el desplazamiento normal de los peatones y vehículos a consecuencia de las precipitaciones pluviales que en el distrito de Puno es 750.80 mm según la estación meteorológica Puno, produciéndose ríos de lodo, charcos, barro, entre otros que incomodan al habitante. La incomodidad por parte de los pobladores de la zona, se dan a consecuencia del polvo cuando hay presencia de vientos, el barro, charcos y arrastre de material en la zona, por encontrarse en laderas den cerro Negro Peque, estos a consecuencia de precipitaciones pluviales en el periodo de lluvia; dichos problemas que se generan en las vías afectan a los residentes de la zona afectada. (Platero, 2017, p. 21,22)

En el Diario La República se informó que el drenaje pluvial en Arequipa es poco apreciado por las autoridades políticas. En febrero del mismo año, debido a las fuertes lluvias, se registraron cinco personas muertas y millonarias pérdidas, siendo un golpe no solo para miles de familias, sino para las autoridades, que ahora si apuntan a canalizar recursos para construir la red de alcantarillado pluvial (Turpo, 2013).

El PhD. Bonifacio, experto en hidrología, informó para la Universidad de Piura (UDEP) que dicha provincia al igual que varias ciudades latinoamericanas se han incrementado de manera rápida en el siglo XX, creciendo desordenadamente, con escasa infraestructura, sin contar con un drenaje pluvial, algunas sin servicios básicos como agua y desagüe, la mayoría de calles sin pavimentar, etc. Es importante analizar si la ciudad crece de forma adecuada, para prevenir problemas en el futuro y luego, resolver los que ya están creados inadecuadamente. Por otra parte, el crecimiento de la ciudad ha devastado la red natural de drenajes; anteriormente, el agua se desplazaba por pequeños lechos que ahora han sido invadidos por calles y viviendas (Fernández, 2012).

### **1.1.3. A nivel local**

RPP NOTICIAS (2017) informó, que, tras la llegada del Niño Costero, el secretario técnico de la plataforma distrital, Sub Gerente de Defensa Civil, Arturo Huanca Bejarano, realizó un recorrido por los diferentes sectores, registrando el colapso de 26 viviendas, dejando a 250 personas damnificadas; asimismo más de 200 casas, dos centros de salud y dos colegios inundados en el Distrito de J.L.O. Tras este suceso, la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque (Epsel) presentó un proyecto de drenaje pluvial, para evitar que futuras lluvias puedan afectar las zonas urbanas de Chiclayo, José Leonardo Ortiz y la Victoria (Coronado, 2017).

Por otro lado, en el periódico EXPRESIÓN, Edición N°1005 (2017), el Ingeniero sanitario y presidente de la Comisión de Contingencia del CIP Lambayeque, Pablo Valdivia Chacón, informó que el drenaje no necesariamente trabaja aprovechando las pendientes que existen en la topografía urbana, sino que en algunos casos también puede requerirse de mecanismos de bombeo para agilizar la eliminación de las aguas de lluvia. Chiclayo metropolitano presenta como característica no solo la urgencia del drenaje pluvial, sino también la de renovación integral del sistema de alcantarillado. Para el casco central de la ciudad se suma otro factor, la estrechez de las calles, que impediría tener el espacio suficiente para la habilitación de los canales subterráneos de evacuación de las aguas; la solución estaría en la adecuación de estructuras superficiales como las cunetas. Respecto a Chiclayo, indica que, al no existir un Plan de Desarrollo Urbano vigente, es imposible proyectar cómo se debería ejecutar el drenaje, porque tampoco se tiene definidas las zonas de la ciudad hacia las que debe extenderse el crecimiento urbano y, por lo tanto, es incierta la conducción del drenaje y su sistema de colectores. Un proyecto de sistema de drenaje pluvial debe sustentarse en el plan de desarrollo urbano y eso es lo que la ciudad no tiene (Valdivia, 2017).

Montículos de basura, calles sin asfaltar, caos vehicular y robos al paso, son los principales problemas que aquejan al distrito de José Leonardo Ortiz y que los pobladores esperan se solucione, lo más pronto posibles. Todos estos factores, hacen del populoso distrito un lugar con escasa calidad de vida, pues basta con recorrer sus principales avenidas tratando de no ingerir ráfagas de polvo, para darse cuenta. Respecto al estado deprimente de las calles, Epifanio Cubas Coronado, alcalde de dicho distrito, ofrece ejecutar proyectos de

pavimentación pero sin antes renovar el sistema de desagüe que incluya un nuevo colector norte-norte para que después no colapse el alcantarillado (Cabrera, 2014).

La tesis se desarrolló en dos pueblos jóvenes (Nuevo San Lorenzo y Santa Ana). El área de estudio en Santa Ana es de 6.00 ha con 9 lotes y un parque, el centro del pueblo joven tiene como coordenadas: Latitud 6°44'59.57" S y Longitud 79°50'55.63" O ubicada entre las calles Santa Catalina y San Salvador. El área de estudio en Nuevo San Lorenzo es de 14.00 ha con 12 lotes y un parque, el centro del pueblo joven tiene como coordenadas: Latitud 6°44'59.61" S y Longitud 79°51'5.60" O ubicada en el centro de la calle 22 De Febrero. Ambos pueblos sufrieron daños en la última llegada del Niño Costero, se derrumbaron viviendas, las calles quedaron inundadas, los buzones colapsaron, entre otros; el pueblo más afectado fue el de Nuevo San Lorenzo.







*Figura 2:* Imagen de las calles del Pueblo Joven Santa Ana



*Figura 3:* Imagen de las calles del Pueblo Joven Nuevo San Lorenzo

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. A nivel internacional**

(López, 2016) en su tesis titulada “Diseño y simulación de una red de drenaje pluvial para la zona centro-Este de la ciudad de Trinidad”, informa que en los últimos años el área urbana de Trinidad ha crecido considerablemente debido al incremento poblacional que ha tenido como consecuencia del aumento del turismo. La ciudad en general se caracteriza por no contar con una suficiente infraestructura de alcantarillado para evacuar las aguas excedentes de drenaje pluvial (p. 9).

“En la presente investigación se analiza el problema de las inundaciones de la Cuenca Norte del Municipio de Trinidad-Cuba, considerando los parámetros hidrológicos, topográficos y geológicos que intervienen en el fenómeno, para que los mismos puedan ser utilizados para el diseño hidráulico” (p. 8).

“Para el diseño de la red de alcantarillado pluvial se realizó utilizando el programa para el diseño óptimo de redes hidráulicas urbanas (ROKO), y para la simulación del comportamiento hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje se emplea el software profesional SWMM 5.0.” (p. 8), las tuberías a emplear serán de PVC sanitario.

Los resultados de la modelación no reflejan ningún tipo de inundación al considerar la tormenta de diseño, lográndose la validación de diseño. El programa ROKO, resuelve el problema de la optimización de las redes, por lo que representa un considerable ahorro de tiempo a la hora de buscar una solución técnico-económica, se recomienda su empleo en futuros proyectos. (p. 61)

(Abellán, 2013) menciona en su investigación titulada “Sistemas de drenaje urbano sostenible: aplicación práctica a un tramo de la diagonal de Barcelona“, que las técnicas de drenaje sostenible permiten el desarrollo de los planteamientos expuestos en esta tesina, controlando tanto los caudales picos de las aguas de escorrentía urbana como la calidad de las aguas vertidas al medio. El tramo de estudio escogido es una parte de la conocida avenida Diagonal de Barcelona, donde las técnicas de drenaje urbano sostenible diseñadas, suponen un caso hipotético y se adaptan a la morfología actual del tramo de estudio.

Este estudio se ha dividido en dos partes. La primera consiste una revisión acerca de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SDUS), su historia, tipología y ventajas; profundización así en el conocimiento de dichas técnicas aprendiendo a seleccionar las más adecuadas en cada caso. La segunda parte se diseña y analiza un SDUS para un tramo de la

calle Diagonal de Barcelona. Para ello se aplicará lo aprendido acerca de estas técnicas en la primera parte, desarrollando las herramientas de cálculo necesarias como el SWMM. (p. 2) Los factores a considerar en la selección de la SDUS son: el control de la calidad y cantidad del agua que se espera que proporcione la infraestructura, los usos de suelos, los usos urbanos, entre otros.

En todas las simulaciones realizadas han quedado más que patente las ventajas de una implantación de un Sistema de Drenaje Urbano Sostenible, tanto en la gestión de la cantidad como la calidad del agua de escorrentía.

Este trabajo versa sobre un caso hipotético, por lo que los resultados obtenidos no pueden ajustarse a una “predicción real” de lo que ocurrirá tras implantar un Sistema de Drenaje Urbano Sostenible. Para ellos se tendría que haber trabajado sobre una parcela de experimentación, estudiando las características físicas del sitio, recogiendo datos y haciendo las calibraciones pertinentes; pero sí que puede considerarse una “predicción estimada” de lo que ocurriría. (p. 185)

### **1.2.2. Nivel nacional**

(Rojas & Humpiri, 2016) en su investigación titulada “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la Ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM”, informa que la ciudad de Juliaca presenta una superficie llana, las redes de drenaje están diseñadas con pendientes mínimas (mayormente entre 0.03% y 0.15%), por lo que se ha observado que no garantiza el flujo de materiales sólidos. Es por ello que en la presente tesis se evaluará y planteará un nuevo diseño hidráulico que garantice el funcionamiento adecuado del sistema para recolectar, transportar y evacuar las aguas pluviales a un adecuado destinatario; utilizando el programa de modelamiento SWMM.

Se iniciará con la revisión del expediente técnico, para determinar las insuficiencias y de ser necesario proponer recomendaciones. Se trabajaron por sectores, DJA, DJB, DJC, y DJD; obteniendo mediante el software SWMM los siguientes resultados:

Para el sector DJA, el área de cuenca según el expediente técnico es de 5.97 Km<sup>2</sup>, y según el presente proyecto es de 5.19 Km<sup>2</sup>; el dren planteado en la Av. Huancané del expediente técnico tiene dos canales en ambos márgenes (derecho e izquierdo), los cuales son insuficientes con las dimensiones actuales de 1.00 m x 0.50 m, por lo cual se plantea un canal en la berma central. Para el sector DJB, el área de cuenca según el expediente técnico es de 21.77 Km<sup>2</sup>, y según el presente proyecto es de 15.69 Km<sup>2</sup>. El canal de entrega se plantea que

tenga forma trapezoidal ( $b = 5 \text{ m}$ ;  $h = 1.5 \text{ m}$ ) y las dimensiones de canal abierto de  $2.80 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}$ . Para el sector DJC, el área de cuenca según el expediente técnico es de  $20.66 \text{ Km}^2$ , y según el presente proyecto es de  $7.91 \text{ Km}^2$ ; tomando en cuenta la reducción del área de la cuenca, el canal de entrega considerado en el proyecto es de 3 tubos de  $1.50 \text{ m}$  de diámetro, y según los resultados del modelamiento se reduce a una sección circular de  $1.8 \text{ m}$  de diámetro. Para el sector DJD, el área de cuenca según el expediente técnico es de  $26.34 \text{ Km}^2$ , y según el presente proyecto es de  $15.58 \text{ Km}^2$ ; tomando en consideración la protección de áreas verdes adyacente al río Torococha, se cambió la forma y dimensiones de canal planteado por el expediente técnico en algunos tramos. Por lo cual se planteó canal abierto trapezoidal ( $b=4.00 \text{ m}$  y  $h=1.20 \text{ m}$ ), hasta llegar al canal existente del Torococha que inicia en el Jr. Huayna Roque.

Se concluye que, según la evaluación realizada, se ha determinado que los estudios básicos de ingeniería en el expediente técnico han sido desarrollados con un sustento técnico deficiente.

(Quispe & Rojas, 2015) detalla en su tesis titulada “Diseño del sistema de drenaje pluvial de la comunidad 3 de mayo de Pucarumi del Distrito de Ascensión-Huancavelica“, que la ciudad de Huancavelica, debido a que se encuentra a los  $3680 \text{ m.s.n.m.}$ , posee un clima templado y frío, ocasionando un gran número de tormentas anualmente; el volumen de escorrentía y el número de caudales máximos de lluvia aumentan debido a que las calles de esta ciudad se encuentran pavimentadas, inundando a la red sanitaria haciendo que estas colapsen por lo que no están diseñadas para soportar una demanda adicional de las aguas de lluvia. Éste problema se genera por falta de una red de drenaje pluvial independiente al sistema de alcantarillado de la ciudad; por tal razón se hace el planteamiento de dicha tesis. “Se realizaron trabajos de campo como: Uso de tierras, registro de precipitaciones, estudios hidrológicos de la microcuenca, identificación de tipos de vía urbana y determinación de patrones de escurrimiento” (p. 62,63). A demás se delimitó la cuenca, se halló el área, perímetro, índice de compacidad, pendientes, coeficiente de escurrimiento, intensidad duración frecuencia y el caudal por el método racional.

El sistema de drenaje pluvial básicamente está conformado por sumideros, pozos de visita (depósitos de retención) y por las tuberías de PVC, que van a recolectar y transportar el escurrimiento producido por las precipitaciones desde las partes más elevadas hasta el punto vertido en el Río Ichu.

El proyecto de tesis concluye que el “diseño del drenaje pluvial para la Comunidad 3 de Mayo de Pucarumi esta dimensionado para verter un caudal total de 2.65 m<sup>3</sup>/s de agua hacia el Rio Ichu, y que la proyección de estructuras de retención son para disminuir los caudales pico de escorrentía” (p. 108).

(Yañez, 2014) centra su investigación titulada “Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”, en la Ciudad de Cajamarca puesto que la precipitación pluvial promedio anual en este lugar es de 620 mm, con tres periodos, uno lluvioso con el 55% de la precipitación anual (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), un periodo intermedio de 36% de la precipitación anual (Abril, Setiembre, Octubre y Noviembre) y un periodo seco con 9% de la precipitación anual (Mayo, Junio, Julio y Agosto), según (SENAMHI – CAJAMARCA, 2012).

Al visualizar que la población de Cajamarca presenta grandes problemas cuando las precipitaciones se presentan en índices elevados, calculó las intensidades máximas para 5-10-15-30-60-120-180-360-720 y 1440 minutos, utilizando programas como el Hydroesta y el SWMM.

Se analizaron las cunetas en dos secciones diferentes (Sección A2 Y A3), obteniendo como resultados en la sección A2 para 2 y 10 años un caudal máximo de 0.289 m<sup>3</sup>/s y 0.374 m<sup>3</sup>/s para una velocidad máxima de 0.62 m/s y 0.60 m/s; y para la sección A3 para 2 y 10 años un caudal máximo de 0.289 m<sup>3</sup>/s y 0.374 m<sup>3</sup>/s para una velocidad máxima de 0.62 m/s y 0.60 m/s.

Como la capacidad hidráulica actual en la sección A2 era de 0.246 m<sup>3</sup>/s y en la sección A3 era 0.231 m<sup>3</sup>/s, se obtuvo las siguientes eficiencias: Para un T<sub>R</sub> de 2 años en el A2 es 85% y en el A3 es 65.7% y para un T<sub>R</sub> de 10 años en el A2 es 79% y en el A3 es 61.7%.

(Yañez, 2014) concluyó que al estudiar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, la red de drenaje pluvial no es el adecuado para su eficaz funcionamiento, siendo esta una de las causas que varían la eficiencia del drenaje pluvial.

### **1.2.3. A nivel local**

(Becerra & Ugaz, 2015) en su proyecto de tesis titulada “Estudio de la pavimentación de los pueblos jóvenes del Sur, del Distrito de la Victoria, Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque“, evalúa alternativas tanto técnicas como económicas, para elegir el diseño del pavimento adecuado para la zona en estudio (p. 16). Se realizaron

estudios básicos como topografía, estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico y estudio hidrológico. En lo que se refiere al levantamiento topográfico, se ha tomado puntos en los buzones existentes y en las esquinas de cuadras, para “la elección del eje definitivo se hizo a través de un modelamiento digital con el software AutoCAD Civil 3D 2015” (p. 24). Se realizó el diseño vial urbano, donde se realiza el diseño geométrico de vías, diseño de pavimento, diseño de veredas y drenaje superficial de la vía.

Se presentaron 3 alternativas para el diseño con pavimento flexible; la primera con un espesor de capa asfáltica de 2.5”, espesor de base granular de 4” y sub-base granular de 13.5”, para la alternativa 2 un espesor de capa asfáltica de 4”, espesor de base granular de 2” y sub-base granular de 4” y para la alternativa 3 un espesor de capa asfáltica de 2.5”, espesor de base granular de 6” y sub-base granular de 6”.

Para un diseño con pavimento rígido se obtuvo un espesor de losa de 5” con una sub-base de 6”.

Par el diseño de pavimento articulado se utilizó el método IPCI obteniendo una sub-base de 15 cm, base de 20 cm, cama de arena de 4 cm y adoquín de 8 cm, para vías colectoras una sub-base de 15 cm, base de 20 cm, cama de arena de 4 cm y adoquín de 6 cm y, para vías colectoras una sub-base de 15 cm, base de 20 cm, cama de arena de 4 cm y adoquín de 6 cm. Después de analizar técnicamente los factores que intervienen en la selección del tipo de pavimento, se optó por realizar el diseño con pavimento de tipo flexible porque es más asequible que el resto, no necesita juntas de dilatación ni de construcción, se puede realizar por tramos, presentan flexibilidad para acondicionarse a las fallas y fácil trabajo de parchados y reparación de las rajaduras.

(García, 2015) basa su investigación titulada “Diseño de pavimentación en la habilitación urbana las Dunas de Lambayeque“, en las Dunas de Lambayeque, la cual se empezó a construir en el año 2011, y actualmente es necesario la construcción de una pavimentación con carpeta asfáltica para mejorar la calidad de los pobladores y mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular de la zona.

Se inició con el estudio topográfico utilizando un teodolito electrónico Nikon NE-101, se realizaron mediciones de ángulos horizontales, verticales e inclinados, luego se realizó un estudio geotécnico obteniendo como resultado que en ningún pozo se encontró nivel freático.

Para la construcción de veredas proyectadas, se considera una capa de base con afirmado con un espesor promedio de  $e = 0.010$  m, con un grado de compactación al 95% de la densidad máxima del ensayo de proctor modificado.

Se obtuvieron los siguientes espesores: para la sub-base de 20 cm, para la base de 15 cm y capa de rodadura de 5 cm, cabe indicar que el terreno de fundación a nivel de subrasante definida deberá compactarse adecuadamente; para llegar a este resultado se iniciaron diferentes ensayos como análisis granulométrico, contenido de humedad natural, límite líquido, plástico, CBR y Proctor.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

El trabajo de investigación se rige básicamente en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), específicamente en las Normas de: Drenaje Pluvial (OS. 060), Suelos y Cimentaciones (E 0.50), que al mismo tiempo tienen normas como las ASTM y NTP.

#### **1.3.1. Agua pluvial**

##### **A. Introducción**

El agua es un recurso vital para la producción vegetal y animal, pero sí de precipitaciones en zonas urbanas hablamos estas muchas veces se convierten en un problema para la población, debido a la ineficiente o inexistente red de drenaje pluvial con la que se cuenta.

##### **B. Definición**

Son las aguas provenientes de las lluvias que se desplazan por la superficie del terreno. Según las teorías de Horton, se forman cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo.

##### **C. Estudio hidrológico**

En el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) se indica que los estudios hidrológicos correspondientes serán elaborados de acuerdo a lo indicado en el Anexo N°1 de la Norma OS.060 (p. 71,72).

### **C.1. Análisis de consistencia**

El libro de Hidrología Estadística (Villón Bejar , Hidrología Estadística, 2005) menciona, que el análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos: Análisis visual gráfico, Análisis doble masa y Análisis estadístico.

### **C.2. Pruebas de bondad de ajuste**

La prueba de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teóricas seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales, según lo indica el libro de (Villón Bejar , Hidrología Estadística, 2005).

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son: Ajuste gráfico y ajuste estadístico la cual incluye la prueba Chi Cuadrado y la Prueba de Smirnov-Kolmogorov.

### **C.3. Curvas IDF**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) menciona que la curva duración frecuencia, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno.

### **C.4. Cálculo de caudales de escurrimiento**

Según lo indicado en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 75) se recomienda que los caudales de escurrimiento deben obtenerse por el método racional, el cual es aplicable para zonas menores de 13 km<sup>2</sup>.

#### **a. Método racional**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) detalla que en zonas urbanas, donde el área de drenaje está conformado por sub-áreas o sub-cuencas de distintas características, el caudal máximo u pico obtenido por el método racional está dado por:



$$Q = \frac{C.I.A}{360} \dots \dots (1)$$

**Ecuación 1:** Ecuación de método racional

Donde:

Q: caudal pico en m<sup>3</sup>/s.

I: intensidad de lluvia de diseño en mm/hora.

A: área de drenaje de las sub-cuencas, en has.

C: coeficiente de escorrentía para sub-cuencas.

Las sub-cuencas están definidas por las entradas o sumideros a los ductos y/o canalizaciones del sistema de drenaje.

La cuenta está definida por la entrega final de las aguas a un depósito natural o artificial (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 75).

#### **b. Coeficiente de escorrentía**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la elección del valor del coeficiente de escorrentía tiene que sustentarse tomando en cuenta: las características de la superficie de la zona, área urbana, intensidad de lluvia, porcentaje de caída del terreno (pendiente), y una proyección hacia el futuro de la vida útil del proyecto.

Se puede tomar otros criterios como a que altura se encuentra el almacenamiento por depresiones del terreno, porosidad del terreno y nivel freático.

Las siguientes tablas (2, 3 y 4) pueden emplearse para la obtención de los coeficientes de escorrentía. Los coeficientes de escorrentía en el caso de área de drenaje con características diferentes tienen que ser estimadas como un promedio ponderado de los distintos coeficientes para cada una de las superficies (superficie de los techos, superficie de rodadura, zonas verdes, etc.) teniendo que el factor de ponderación es la fracción del área de cada tipo al área total.

**Tabla 1***Coefficiente de escorrentía para ser utilizados en el método racional*

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS URBANAS</b>							
<b>Asfalto</b>							
<b>Concreto/Techos</b>							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	<b>1.00</b>
Concreto/Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	<b>1.00</b>
<b>Áreas verdes (jardines, parques, etc)</b>							
<b>condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	<b>0.58</b>
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	<b>0.61</b>
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	<b>0.62</b>
<b>Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	<b>0.53</b>
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	<b>0.58</b>
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	<b>0.60</b>
<b>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.20	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	<b>0.49</b>
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	<b>0.56</b>
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	<b>0.58</b>
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS</b>							
<b>Área de Cultivos</b>							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	<b>0.57</b>
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	<b>0.60</b>
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	<b>0.61</b>
<b>Pastizales</b>							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	<b>0.53</b>
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	<b>0.58</b>
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	<b>0.60</b>
<b>Bosques</b>							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	<b>0.48</b>
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	<b>0.56</b>
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	<b>0.58</b>

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 76)

**Tabla 2**

*Coefficiente de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno*

Características de la superficie	Coefficiente de Escorrentía
Calles	
Pavimento Asfáltico	0.70 a 0.95
Pavimento de Concreto	0.80 a 0.95
Pavimento de Adoquines	0.70 a 0.85
Veredas	0.70 a 0.85
Techos y Azoteas	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0.05 a 0.10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0.10 a 0.15
Pronunciado (> 7%) Pendiente	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0.13 a 0.17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0.18 a 0.22
Pronunciado (> 7%) Pendiente	0.25 a 0.35
Praderas	0.20

**Fuente:**

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 76)

**Tabla 3**

*Coefficiente de escorrentía en áreas no desarrolladas en función del tipo de suelo*

Topografía y Vegetación	Tipo de Suelo		
	Tierra Arenosa	Limo Arcilloso	Arcilla Pesada
<b>Bosques</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Pronunciado	0.30	0.50	0.60
<b>Pradera</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Pronunciado	0.22	0.42	0.60
<b>Terreno de Cultivo</b>			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Pronunciado	0.52	0.72	0.82

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006. Norma OS.060, 2006, p. 76

### c. Intensidad de la lluvia

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la intensidad de la lluvia de diseño para un específico punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje; esto quiere decir que para hallarla utilizando la curva intensidad-duración-frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana de estudio, se utiliza una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje (p. 75).

El trayecto de un flujo hasta un punto del sistema de drenaje según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), está conformada:

- a. Por el flujo que recorre la superficie desde el punto más lejano del área hasta el punto de inicio del sistema de ductos y canalizaciones.
- b. Por el flujo que recorre desde el sistema de ductos desde la entrada en este hasta el punto donde nos interesa que cumpla (p. 75).

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en correlación a las partes en que transita el flujo, mencionadas en el párrafo anterior, el tiempo de concentración a través de un trayecto hasta un punto del sistema de drenaje es la sumatoria de: El tiempo de ingreso al sistema de ductos,  $t_0$ , y el tiempo del flujo dentro de alcantarillas desde la entrada hasta el punto,  $t_f$ . siendo:

$$t_c = t_0 + t_f \dots \dots (2)$$

**Ecuación 2:** Tiempo de concentración de aguas pluviales.

El tiempo de ingreso,  $t_0$ , se obtiene con experimentaciones en campo.

Se determinará una ecuación pertinente para obtener el  $t_0$  según el tipo de escorrentía que se presente.

El tiempo de concentración debe ser 10 minutos y no menor a este valor.

El tiempo del flujo,  $t_f$ , está dado por la ecuación:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} \dots \dots (3)$$

**Ecuación 3:** Tiempo de flujo de agua pluvial.

Donde:

$L_i$ = longitud del  $i$ -ésimo conducción (ducto o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo.

$V_i$ = velocidad del flujo en el ducto o canalización.

#### **d. Área de drenaje**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) utilizando mapas actualizados de la topografía de la zona se determinará la forma y tamaño de las sub-cuencas o cuencas. La separación de las curvas de nivel estará dada de manera que se pueda visualizar la dirección del flujo superficial.

Debe calcularse el área de drenaje que comprende al sistema que se está diseñando y las sub-áreas de drenaje que comprende a cada uno de los puntos de ingreso a los ductos y canalizaciones del sistema de drenaje.

### **C.5. Periodo de retorno**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006) el sistema de drenaje mayor se tendrá que diseñar para 25 años de periodo de retorno; en este punto se tomará en cuenta los últimos acontecimientos sucedidos en la zona a estudiar (p. 75,76) .

### **C.6. Información pluviométrica**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) menciona que si el estudio hidrológico requiere las curvas (IDF) del lugar a estudiar, se actuará de la siguiente manera:

- a. Si el área en estudio se encuentra cerca de una estación pluviométrica, se tomará de manera inmediata los datos de la curva IDF que pertenece a esta estación.
- b. Si para el área o zona que se va a estudiar únicamente existen datos pluviométricos, se hallará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de la estación existente, y después junto con la utilización de los datos de la estación pluviográfica más cercana se evaluará las precipitaciones para duraciones menores de 24 horas y para el periodo de retorno que se requieran. La intensidad se hallará por siguiente la fórmula:

$$I_{(t,T)} = \frac{P_{(t,T)}}{t} \dots\dots (4)$$

**Ecuación 4:** Intensidad de lluvia.

Donde:

$I_{(t,T)}$ : Es la intensidad para una duración  $t$  y periodo de retorno  $T$  requeridos.

$P_{(t,T)}$ : Es la precipitación para las mismas condiciones.

## **D. Estudio hidráulico**

### **D.1. Captación en zona vehicular – pista.**

Según lo indicado en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 57), para el drenaje de las aguas de lluvia encausadas, veredas y procedentes de las edificaciones se tendrá presente los siguientes criterios:

#### **a. Orientación Del Flujo.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para diseñar pistas se dispondrá de pendientes longitudinales y transversales, representadas por  $S_l$  y  $S_t$  respectivamente, con el fin de hacer más fácil la concentración del agua que incurre sobre el pavimento o superficie de rodadura hacia los bordes de la calzada. Las pendientes que se recomiendan:  $S_l$  tiene que ser mayor a 0.5%,  $S_t$  varía entre 2% a 4%.

#### **b. Captación y Transporte de aguas Pluviales de calzadas y aceras**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la salida de las aguas de lluvia que fluye sobre la superficie de rodadura y veredas se realizan a través de cunetas, éstas aguas son conducidas hacia las zonas más bajas donde serán captadas por los sumideros, para luego ser dirigidas a las alcantarillas del sistema de agua pluvial de la ciudad (p. 57).

##### **b.1. Secciones transversales de cunetas**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006) existen diferentes secciones transversales, las más comunes son: Sección circular, triangular, trapezoidal, en V y sección mixta o compuesta.

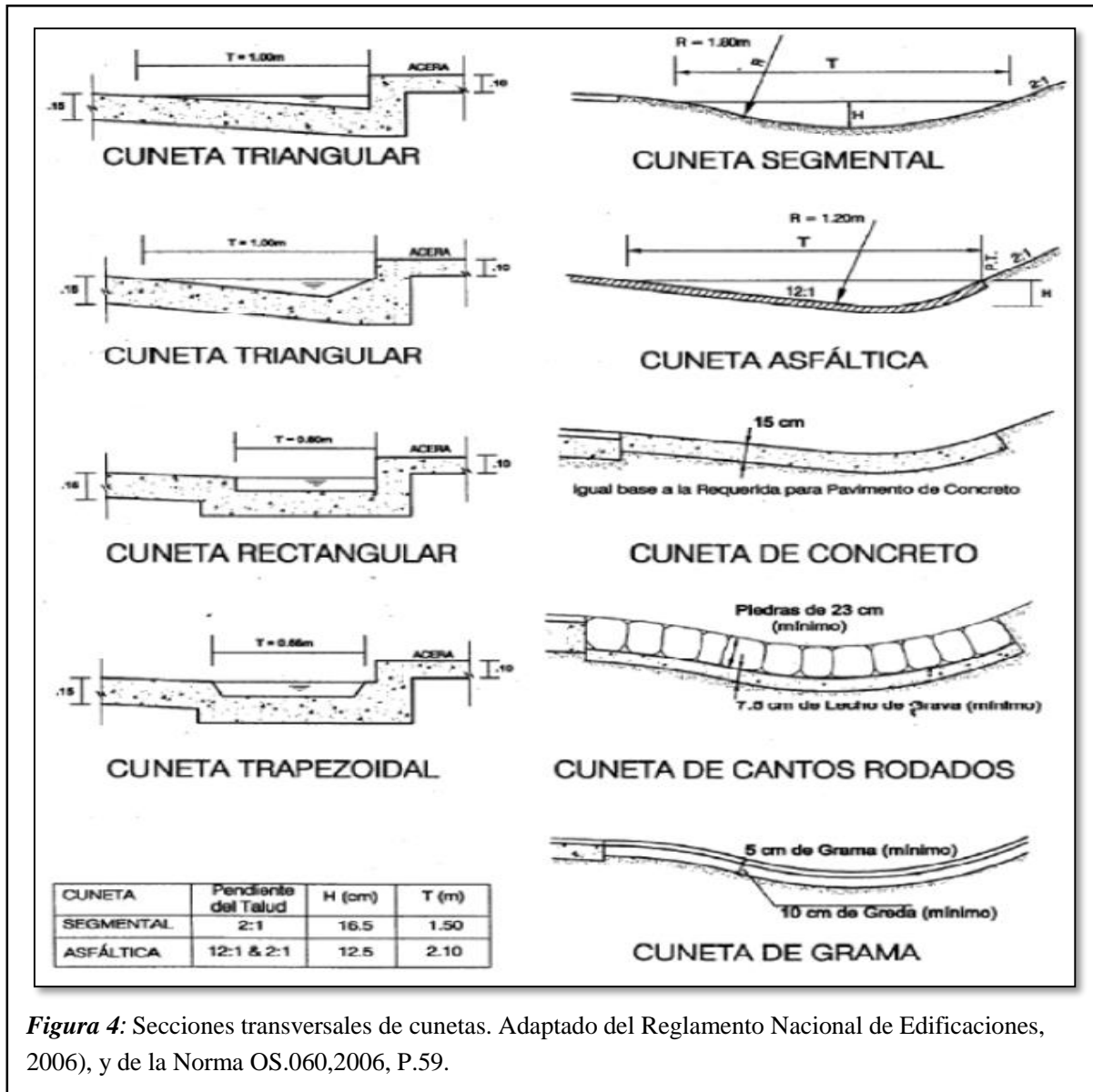


Figura 4: Secciones transversales de cunetas. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006), y de la Norma OS.060,2006, P.59.

### b.2. Determinación de la capacidad de la cuneta

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la capacidad de las cunetas dependen de sus características hidráulicas como: sección transversal, pendiente y rugosidad del material con capacidad con que se construya.

La sección transversal que mayormente se emplea es la de triángulo rectángulo ya que con la ayuda del sardinel este forma el lado recto del triángulo. En la figura 6 se aprecia las características de algunos tipos de cuneta de sección triangular con sus respectivas ecuaciones que ayudan a calcular el caudal que por ellas se desliza utilizando la ecuación de Manning (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 57).

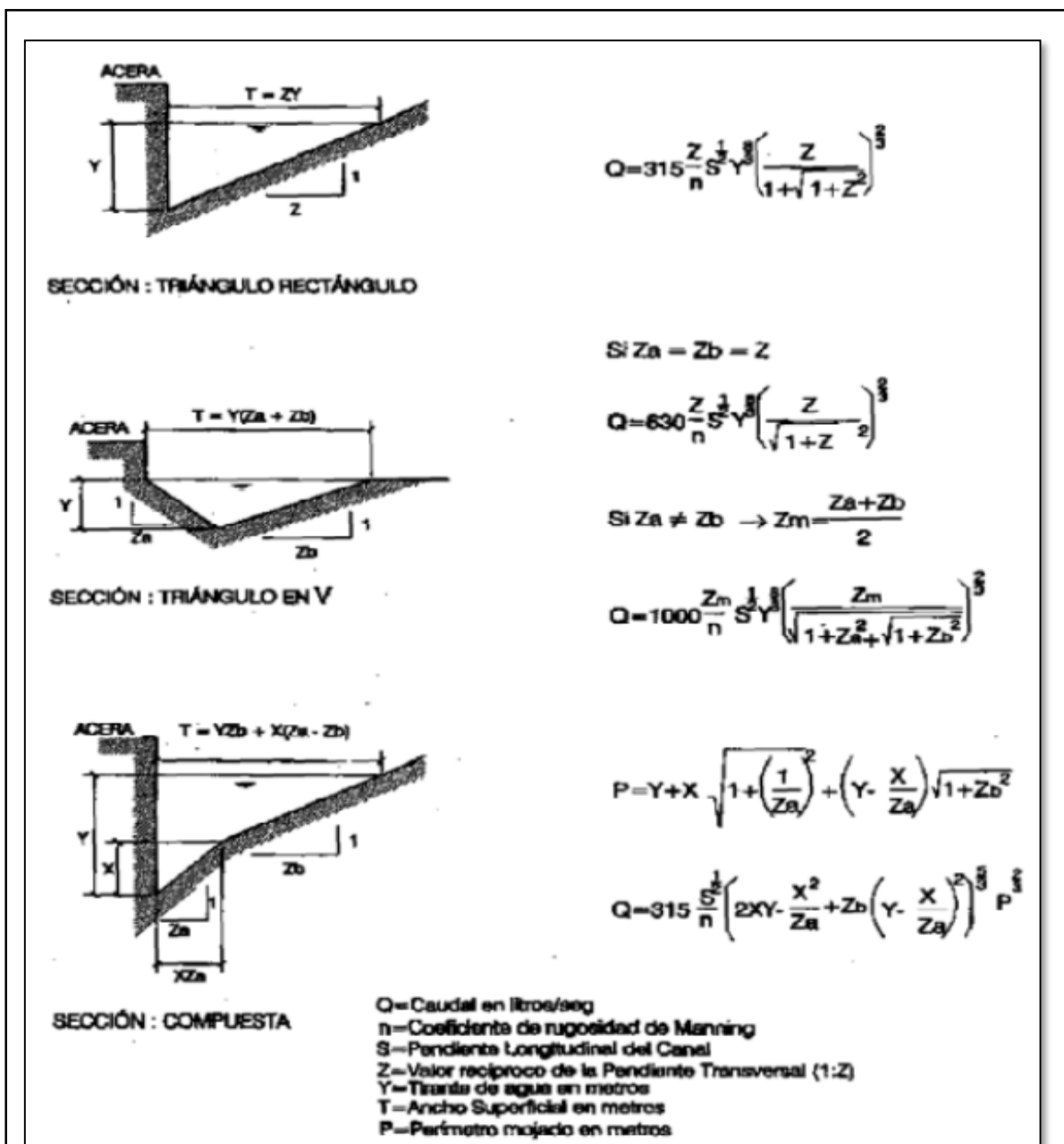


Figura 5: Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.60.

La longitud máxima del espejo (T) de la superficie del agua sobre la pista:  
Se da igual al ancho de la berma siempre y cuando se trate de una vía principal.  
Se da una longitud igual a la mitad de la calzada si se trata de una vía secundaria.



### **Coefficiente de rugosidad.**

La tabla número 5 nos da a conocer los coeficiente de rugosidad de Manning pertinentes a los distintos acabados según los materiales de las cunetas en las calles y bermas centrales que se detalla en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 58) .

**Tabla 4**

*Coefficientes de Rugosidades en función de los acabados*

<b>Cuentas de las calles</b>	<b>Coefficiente de rugosidad N</b>
<b>a. Cuneta de concreto con acabado paleteado</b>	0.012
<b>b. Pavimento asfáltico</b>	
1) textura liso	0.013
2) textura rugosa	0.016
<b>c. cuneta de concreto de pavimento asfáltico.</b>	
1) Textura liso	0.013
2) Textura rugosa	0.015
<b>d. Pavimento de concreto</b>	
1) Acabado con llano de madera.	0.014
2) Acabados escobillados.	0.016
<b>e. Ladrillo</b>	
<b>f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse se incrementa los valores arriba indicados de n, en:</b>	0.002

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 58).

### **b.3. Evacuación de aguas transportadas por las cunetas**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para la evacuación o salida de las aguas de lluvia, las cunetas deberán contar con sumideros de acuerdo a las pendientes de las cunetas y condiciones del flujo (p. 58).

b.4. Sumideros.

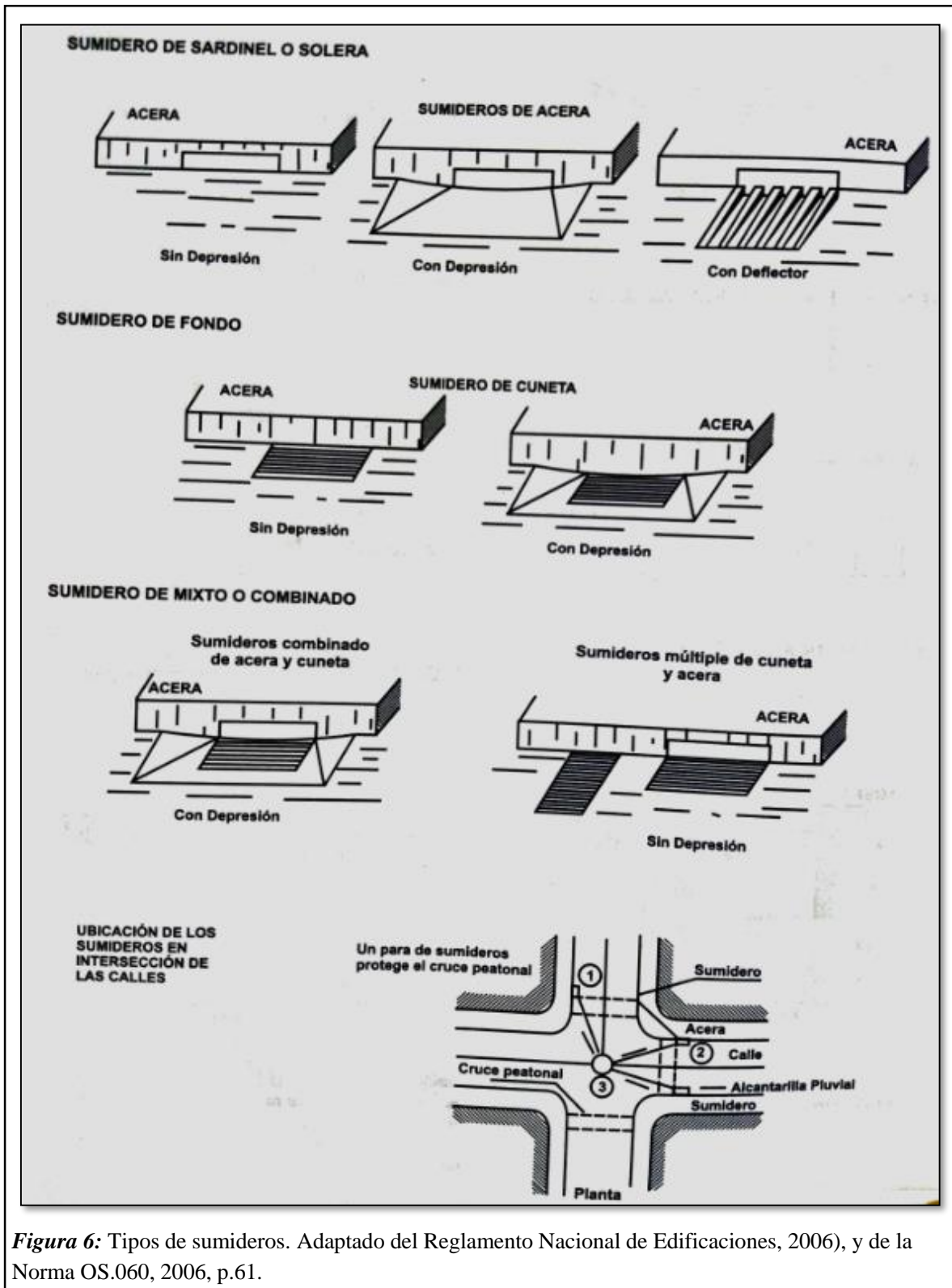


Figura 6: Tipos de sumideros. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060, 2006, p.61.

Para la selección del sumidero dependerá de las características hidráulicas, de la disposición económica y de la ubicación; pueden estar divididos en 3 tipos, cada uno con muchas variaciones como lo indica el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 58).

**a. Sumideros laterales en sardinel o solera.** - Este tipo de entrada consta en una abertura o ranura vertical del sardinel que a través de este pasa el flujo de las cunetas. Su empleo solo se llevará a cabo si la pendiente longitudinal no exceda el 3%.

**b. Sumideros de fondo.** - Este tipo de entrada consta en una ranura en la cuneta que se encuentra cubierta por más de un sumidero. Su empleo solo se llevará a cabo si las pendientes longitudinales de las cunetas excedan el 3%.

Los diseños de las rejillas para estos sumideros podrán ser con barras paralelas a las cunetas. Se adicionarán barras cruzadas si se requiere estructuralmente, pero siempre están cerca de las barras longitudinales.

Estos sumideros pueden tener una depresión para que su capacidad de almacenamiento aumente.

**c. Sumideros mixtos o combinados.** - Este tipo de unidades consiste en la unión de un sumidero de fondo y un sumidero lateral de sardinel, actuando como un solo sumidero. Los tubos de descarga hacia los buzones no tendrán un diámetro menor a 10”.

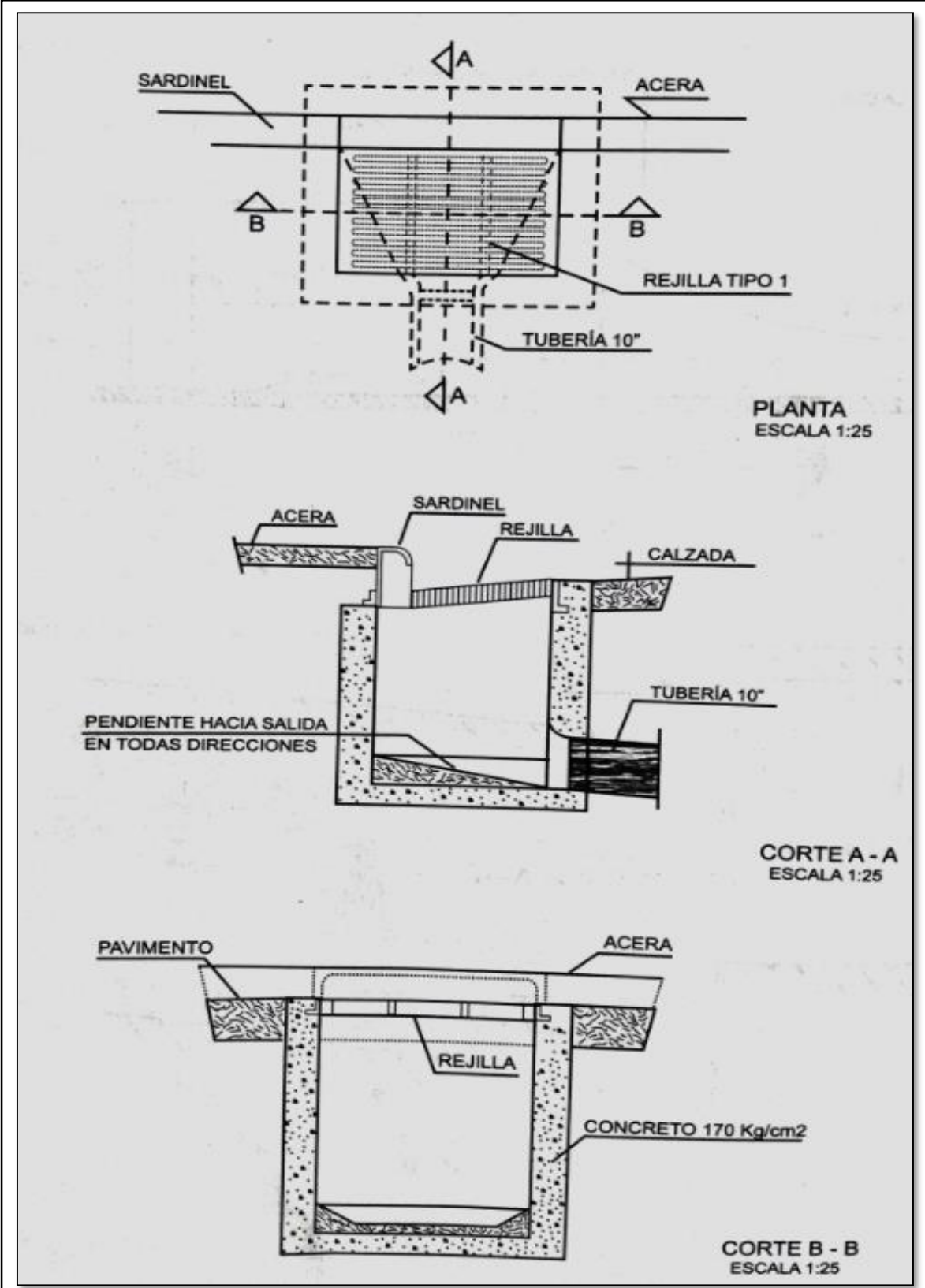
Los sumideros que se usarán son los indicados en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 58):

**Tipo S1:** Tipo grande conectado a la cámara correspondiente a sumideros de tipo mixto (Ver figura 5)

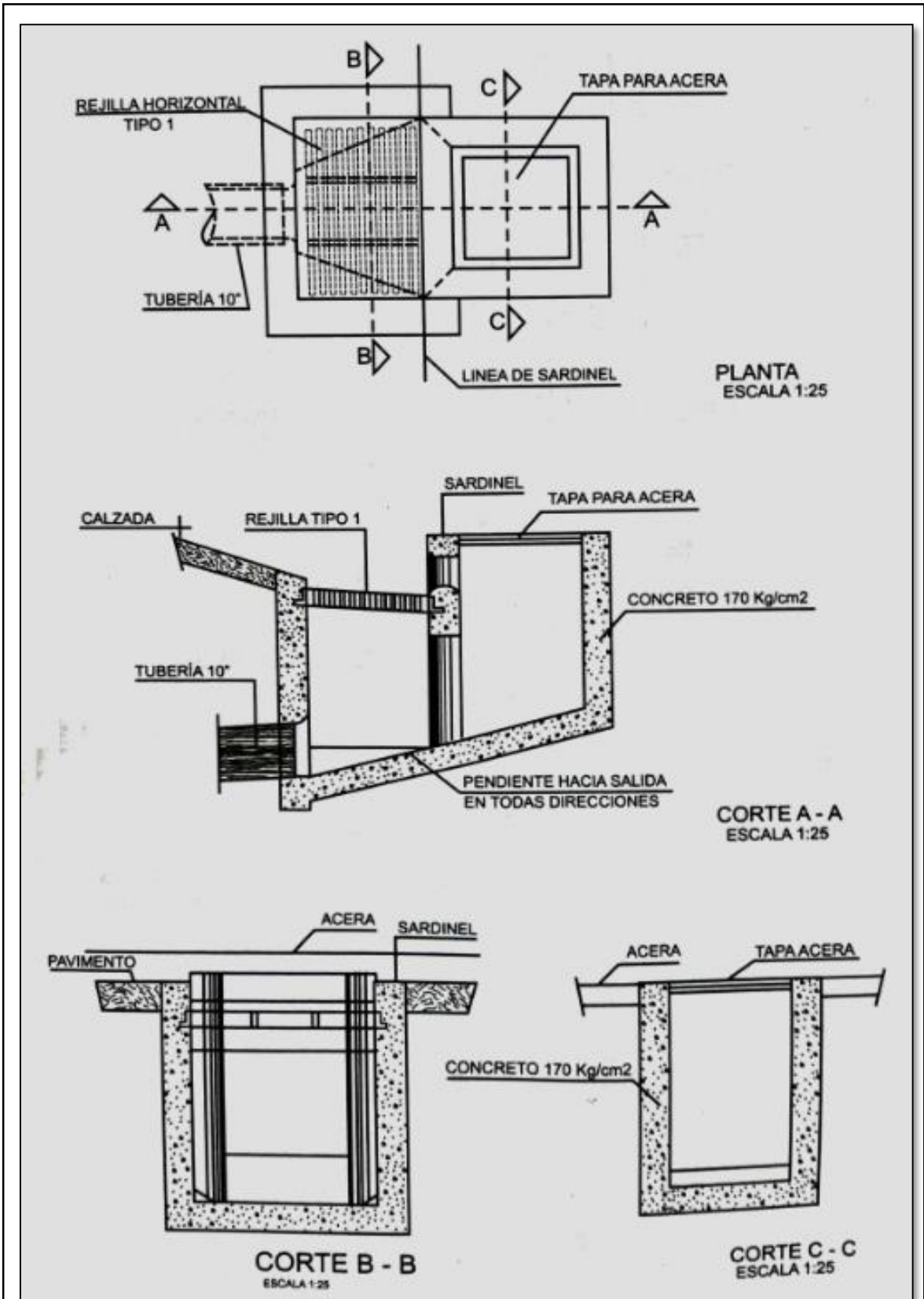
**TIPO S2:** Tipo grande conectado a la tubería correspondiente a sumideros de tipo mixto (Ver figura 6)

**TIPO S3:** Tipo chico conectado a la cámara (Ver figura 7)

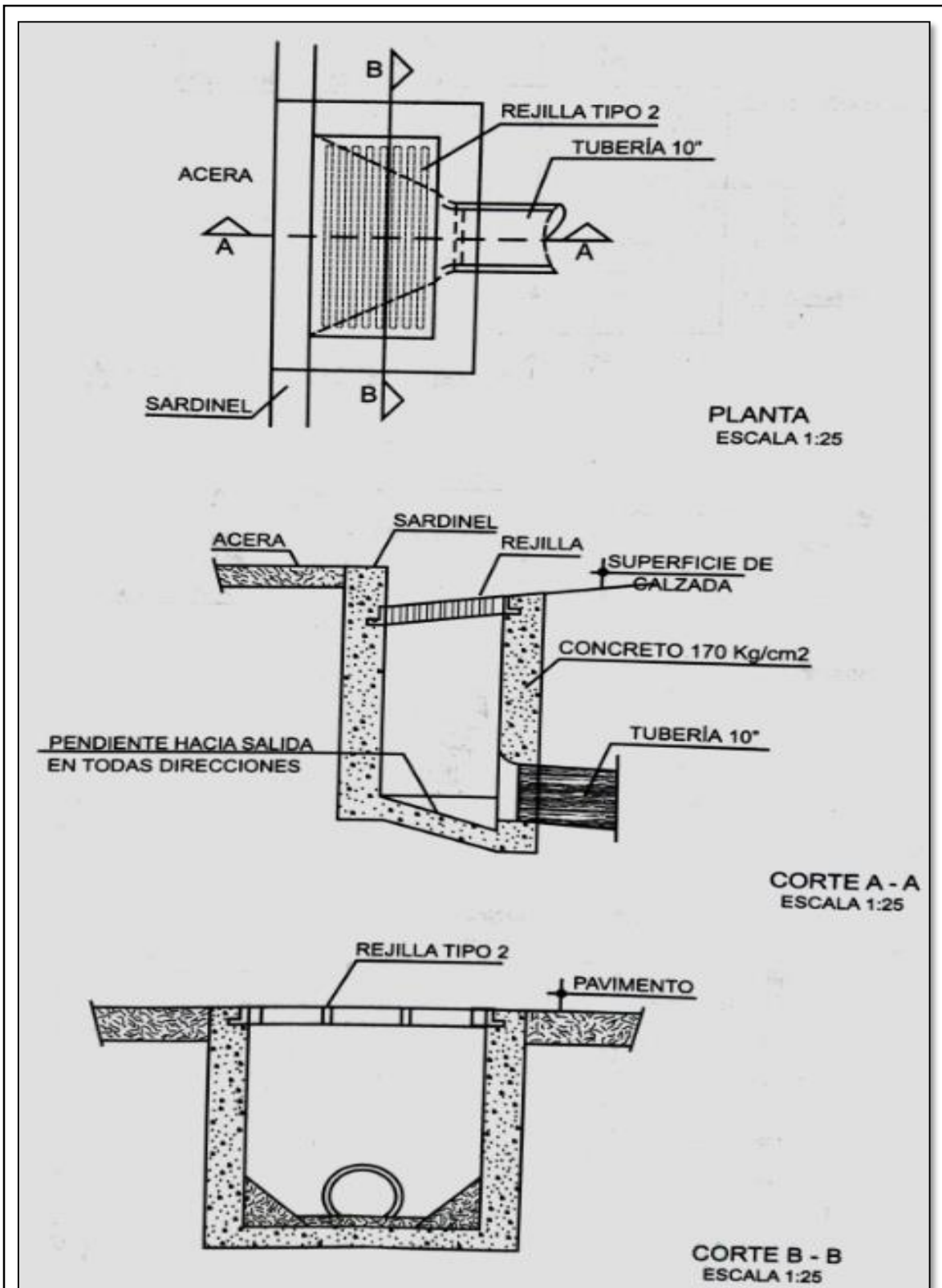
**TIPO S4:** Tipo chico conectado a la tubería (Ver figura 8)



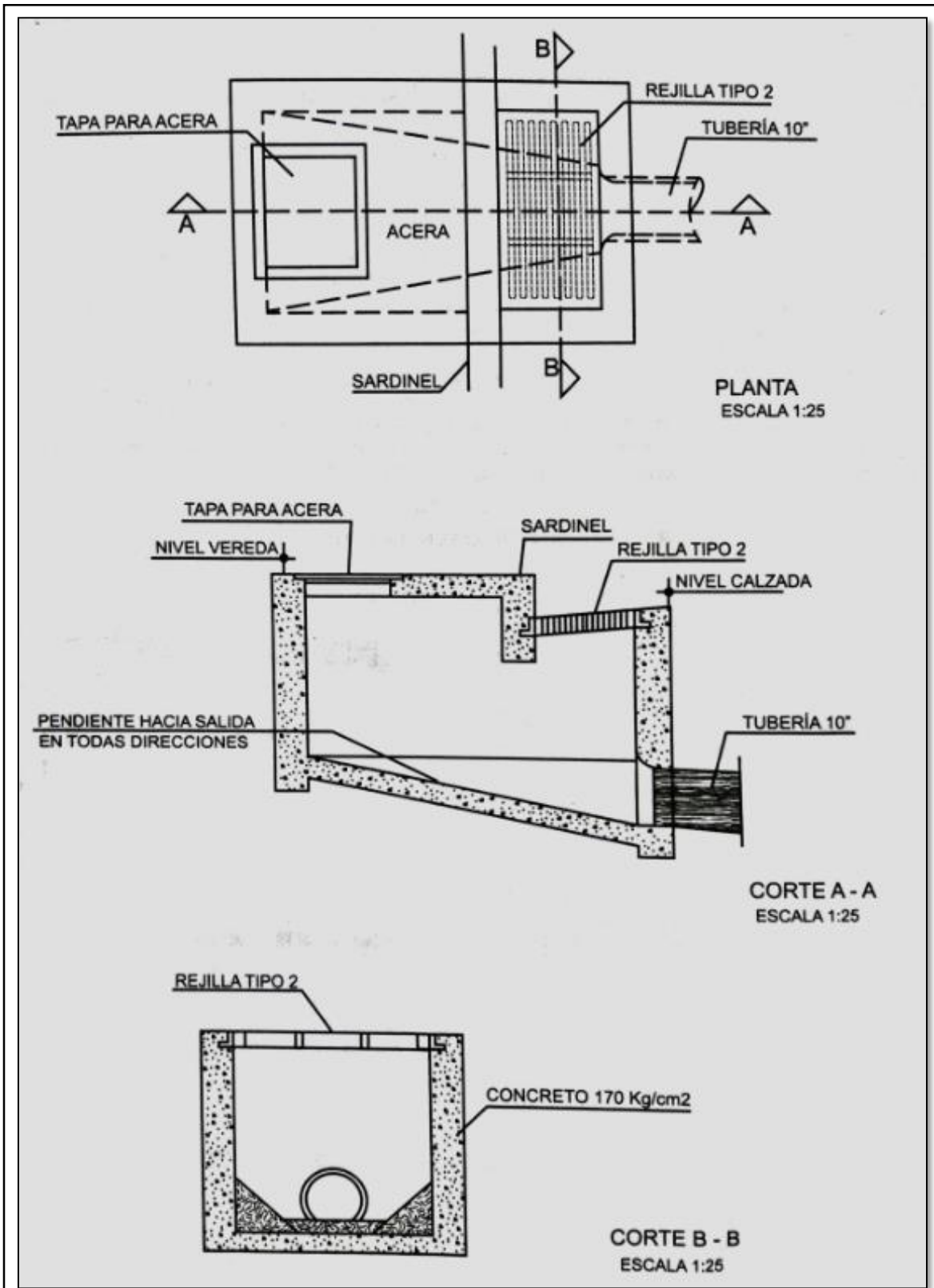
**Figura 7:** Sumidero tipo grande conectado a cámara-S1. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.63.



**Figura 8:** Sumidero tipo grande conectado a tubería-S2. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.64.



**Figura 9:** Sumidero tipo chico conectado a la cámara-S3. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.65.



**Figura 10:** Sumidero tipo chico conectado a la tubería-S4. Adaptado del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), y de la Norma OS.060,2006, p.66.

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) los sumideros tipo S3 y S4 se usarán solamente en las siguientes situaciones:

- a. Cuando la ubicación del sumidero se encuentra en el centro de una avenida que contiene dos calzadas.
- b. Cuando se conecten serie con tipo grande S1 o S2.
- c. Para la evacuación de las aguas de lluvia procedentes de las calles y según especifique el proyectista.

Si se diera el caso de que se requiera una situación distinta se tendrá que diseñar un sumidero especial.

### **Ubicación de los sumideros.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para la colocación de los sumideros se tomará en cuenta el caudal con que se va a diseñar, el desnivel de inicio con la parte final, la geometría de estos mismos, el ancho del flujo permitido, la cantidad de sólidos y la transitabilidad tanto peatonal como vehicular.

De manera genérica la ubicación de los sumideros serán en los puntos más bajos según lo indica el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 58) habitualmente se ubica en las partes finales de los cruces de las calles (esquinas), pero siendo estas interrumpidas por el tráfico se colocará un poco antes a los ejes de las fachadas (ver fig. N° 4).

Cuando las áreas de las manzanas son amplias, se colocará sumideros en las partes medias.

Tomando en cuenta los criterios económicos se aconseja colocar los sumideros cerca de las alcantarillas y conductos de evacuación del sistema pluvial.

### **Espaciamiento de los sumideros.**

Se determinará según lo mencionado en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 58) el cual se tendrá en apreciación los factores mencionados para la colocación de los sumideros, dicho anteriormente.

Para calcular el espacio de sumideros colocados en cuneta medianera, el profesional que diseñará tendrá en cuenta el grado de absorción del suelo (permeabilidad) y degradación del suelo (erosionabilidad).



Si las circunstancias requieren de una instalación múltiple o de sumideros en serie, el espacio de separación no será menos a 6.00 m.

### **Diseño hidráulico de los sumideros.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para el diseño de sumideros se debe contar con: un perfil del desnivel de la zona (pendiente), pendiente transversal de cuneta, declives locales, acumulación de sólidos, altura de la superficie del agua en el sumidero y coeficiente de rugosidad de las cunetas.

#### **b.5. Rejillas**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), la clasificación de las rejillas se dan bajo las siguientes consideraciones:

- a. Por el material del que están fabricadas, las cuales pueden ser de fierro fundido y fierro laminado.
- b. Por su ubicación en concordancia con el sentido del desplazamiento principal de flujo; pueden ser: Rejillas horizontales y verticales.

#### **b.6. Colectores de aguas pluviales**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 67) el alcantarillado de aguas de lluvia está compuesto por un conjunto de colectores subterráneo y canales indispensables para retirar la escorrentía superficial ocasionada por las lluvias.

El agua es acoplada por medio de los sumideros en las calles y las conexiones domiciliarias y conducida a una red de conducto subterráneo que van incrementando su diámetro conforme aumenta el área de drenaje y desembocan directamente al punto cercano no de un curso de agua; por ende los colectores pluviales no necesitan de tuberías de gran longitud (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 67).

Para diseñar tuberías a ser empleadas en colectores pluviales se debe tener en cuenta las consideraciones mencionadas a continuación:

### **Ubicación y alineamiento.**

Se debe tener en cuenta que, para un drenaje de plataforma, los colectores no deben estar ubicados ni debajo de la pavimentación ni de las bermas. Si las conexiones bajo la calzada son inevitables, se debe tener en cuenta la colocación de registros provistos de accesos, los

cuales deberán estar fuera de los límites de las bermas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 67).

Si se producen quiebres provenientes de las deflexiones de alineamiento, estos deben realizarse con curvas circulares.

Si las deflexiones de alineamiento en los puntos de quiebre superan de 10 r, se debe emplear una cámara de registro en dichos puntos.

### **Diámetro de tubos.**

La siguiente tabla muestra los diámetros mínimos de acuerdo al tipo de colector. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006):

**Tabla 5**

*Diámetros mínimos según el tipo de tubería*

<b>Tipo de Colector</b>	<b>Diámetro Mínimo (m)</b>
Colector Troncal	0.50
Lateral Troncal	0.40
Conductor Lateral	0.40

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 67)

En conexiones localizadas parcial o totalmente debajo de la calzada, se incrementará su diámetro en 0.50m aproximadamente. Los diámetros máximos de la tubería se encuentran limitadas de acuerdo al material con que se elaboran, indicado en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 67).

### **Resistencia.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la utilización de tuberías en alcantarillados de aguas de lluvia deben cumplir con lo indicado en las especificaciones de resistencia específicas en la NTP vigente o a las normas ASTM, AWWA o DIN, según el lugar de origen de las tuberías utilizadas (p. 67).

### **Selección del tipo de tubería**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) se debe tener en cuenta las consideraciones especificadas en la Norma Técnica Peruana vigente, los tipos de tuberías más comunes que son utilizadas para alcantarillado pluviales son:

- a. Asbesto cemento: Concreto armado centrifugado
- b. Hierro fundido dúctil: Concreto pretensado centrifugado
- c. Poly (cloruro de vinilo) PVC: Concreto armado vibrado con recubrimiento interior de polietileno PVC
- d. Poliéster reforzado con fibra de vidrio GRP: Arcilla vitrificada

### Altura de relleno

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 69) la profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1 m. Se aplicarán las recomendaciones detalladas en la Norma Técnica Peruana o las mencionadas en las normas ASTM o DIN.

### Diseño Hidráulico

Para diseñar hidráulicamente los colectores de aguas pluviales, se podrá tener en cuenta los métodos de diseño de conductos cerrados mencionados en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

El cálculo del caudal se hallará con la fórmula de Manning utilizando los coeficientes de rugosidad según el tipo de material, estas rugosidades se detallan a continuación:

**Tabla 6**

*Coefficientes de rugosidad de Manning según el tipo tuberías*

<b>Tubería</b>	<b>Coefficiente de Rugosidad “n” de Manning</b>
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

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 70)

### Velocidad mínima

Según la Norma OS.060, para impedir la sedimentación producida por las aguas pluviales, la velocidad mínima es de 0.90m/s circulando las aguas a tubo lleno (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

## Velocidad máxima

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), para evitar la erosión en las paredes, la velocidad máxima en las tuberías con mínimas cantidades de sedimentos en suspensión del material con que están fabricadas las tuberías, no deberán sobrepasar los siguientes valores (p. 72).

**Tabla 7**

*Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado*

Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)	
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
Concreto armado de:	
140 kg/cm <sup>2</sup>	2.0
210 kg/cm <sup>2</sup>	3.3
250 kg/cm <sup>2</sup>	4.0
280 kg/cm <sup>2</sup>	4.3
315 kg/cm <sup>2</sup>	5.0
Concreto armado de curado al vapor > 280 kg/cm <sup>2</sup>	6.6

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 72)

## Pendiente mínima

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) el desnivel mínimo de alturas para el diseño con relación a sus diámetros, tienen que cumplir como mínimo una velocidad de 0.90 m/s diseñada para conducto lleno. Por ende, la pendiente de la tubería de vez en cuando incrementa considerablemente la pendiente de la superficie del terreno.

### b.7. Registros

Los registros colocados poseerán la capacidad necesaria para que una persona pueda acceder a la construcción de una chimenea. El diámetro mínimo de registro para colectores es de 1.20 metros (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

La instalación de un registro no será necesario si el conducto utilizado presenta una dimensión apta para el desplazamiento de una persona (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

Si los registros están instalados en las calles o caminos de servicio, hay que tener en cuenta que estos no sean colocados en las intersecciones; sin embargo, lo más conveniente sería ubicarlos fuera de la calzada.

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72) la instalación de los registros se debe realizar preferentemente en:

- a. Concurrencia de dos o más drenes.
- b. Puntos intermedios de tuberías muy largas.
- c. En lugares donde se produzcan cambios de diámetros en las tuberías.
- d. En curvas o deflexiones de alineamiento (no es imprescindible instalar registros en cada curva o deflexión)
- e. En puntos donde la pendiente disminuye de manera violenta.

### **Espaciamiento**

Cuando las tuberías o conductos de secciones transversales presenten un diámetro mayor o igual a 1.20 metros, la equidistancia de los registros serán de 200 a 350 metros según lo indica el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

Cuando los diámetros sean menores de 1.20 metros las equidistancias de los registros serán de 100 a 200 metros. Cuando las velocidades no pueden realizar la auto limpieza de estas tuberías, se debe instalar registros cada 100 metros (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

Si en cambio, las velocidades puedan realizar la auto limpieza de las tuberías satisfactoriamente, los espaciamientos entre registros estarán dadas por los límites mencionados en los párrafos anteriores (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

### **Buzones**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006) indica que:

Para alcantarillas de diámetro menor de 1.20 m, el buzón de entrada se ubicará en la parte central sobre el eje longitudinal del colector.

Cuando el diámetro de la alcantarilla sea superior al diámetro del buzón, este se desplazará hasta ser tangente a uno de los lados del tubo para mejor ubicación de los escalines del registro.

En alcantarillas de diámetro superior a 1.20 m con llegadas de laterales por ambos lados del registro, el desplazamiento se efectuará hacia el lado del lateral menor.

### **Disposición de los laterales o sub colectores.**

Los laterales que llegan a un punto deberán converger formando un ángulo favorable con la dirección del flujo principal.

Si la conservación de la carga es crítica, se deberán proveer canales de encauzamiento en el radier de la cámara (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

## **D.2. Depresiones para drenaje**

### **a. Finalidad**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006), una depresión para drenaje es una concavidad revestida, dispuesta en el fondo de un conducto de aguas pluviales, diseñada para concretar e impulsar el flujo hacia la entrada del sumidero para que éste desarrolle su plena capacidad (p. 72).

### **b. Normas especiales**

Las depresiones para drenaje deben tener medidas no menor a 1.50 m, y de ningún modo deben invadir el área de la berma (p. 72).

En pendientes iguales o mayores al 2%, la profundidad de la depresión será de 15 cm, y cuando la pendiente sea menor a 2%, esta se reducirá a 10 cm (p. 72).

### **c. Ensanches de cunetas**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), los ensanches de cunetas unen el borde exterior de la berma con las bocas de entrada de vertederos y bajadas de agua. Las inundaciones exageradas en las calzadas se evitan cuando las depresiones posibilitan el desarrollo de una plena capacidad de admisión en la entrada de las instalaciones mencionadas (p. 72).

La línea de flujo en la entrada debe deprimirse con un mínimo de 15 cm bajo el nivel de la berma, tratando de no incluir modificaciones que puedan ocasionar depresiones en la berma.

La ampliación debe ser de 3.00 m de longitud tomada desde aguas arriba de la bajada de aguas, con excepción en los lugares con pendiente fuerte en las que se puede exceder este valor (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

**d. En cunetas y canales laterales**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en cualquier tipo de admisión, los sumideros de tubo instalados en una cuneta o canal exterior a la calzada, deben presentar una abertura de entrada ubicada de 10 a 15 cm bajo la línea de flujo del cauce afluente y la transición pavimentada del mismo se ampliará aproximadamente un metro aguas arriba de la entrada (p. 72).

**e. En cuneta con solera**

Serán dimensionadas teniendo en cuenta la longitud, ancho, profundidad y forma.

Deben componerse de concreto o cualquier otro material resistente a la abrasión de acuerdo a las especificaciones del pavimento de la calzada según indicaciones del (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 72).

**f. Tipo de pavimento**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) las depresiones locales exteriores a la calzada deben revestirse con pavimento asfáltico de 5 cm de espesor o con un revestimiento de piedras unidas con mortero de 10 cm de espesor (p. 72).

**g. Diseño**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) detalla que todo sumidero debe tener una depresión en su entrada por razones de seguridad de tráfico, a si el canal afluente no esté pavimentado. Si las dimensiones de la abertura de la entrada está en controversia, se debe seleccionar teniendo en cuenta una depresión de mayor profundidad antes de aumentar la sección de la abertura (p. 72).

### **D.3. Tuberías ranuradas**

Para el cálculo de tuberías ranuradas deberá sustentarse los criterios de cálculo adoptados (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

### **D.4. Evaluación de las aguas recolectadas**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) las aguas almacenadas por los Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano, deben ser retiradas hacia depósitos naturales (mar, ríos, lagos, quebradas, depresiones, etc.)

Las evacuaciones deben realizarse considerando los aspectos técnicos, económicos y de seguridad del sistema.

### **E. Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbano mayor**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) nos indica que para lluvias de pocas reiteraciones, tanto el drenaje menor, como el mayor, deben tener completa capacidad de soportar y drenar el agua, para así evitar inundaciones.

### **F. Consideraciones Básicas de Diseño**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) se detalla que:

Para cuencas que tienen un área menor de 13 km<sup>2</sup> solo se aplicara el método racional. Se empleará el método de Hidrograma Unitario para un sistema mayor.

El periodo de retorno será de acuerdo a los últimos acontecimientos ocurridos en la zona de estudio.

El caudal que discurre a través de los terrenos y calles debe ser evacuado por el sistema menor.

Para definir la escorrentía superficial en la zona de drenaje urbano, se empleará la siguiente formula.

$$V = \frac{R^{2/3} x S^{1/2}}{n} \rightarrow Q = V x A \rightarrow Q = \frac{AxR^{2/3} x S^{1/2}}{n} \dots\dots (5)$$

*Ecuación 5:* Manning, cálculo de caudal

Donde:

V= Velocidad media de desplazamiento (m/s)



R= Radio medio hidráulico (m)

S= Pendiente de la canalización

N= Coeficiente de rugosidad de Manning

A= Sección transversal de la canalización (m<sup>2</sup>)

Q= Caudal (Escorrentía superficial pico) (m<sup>3</sup>/s)

Para disminuir la escorrentía superficial pico en las calles debido a valores no apropiados, se utilizará el método de desembocar mediante la utilización de lagunas de retención.

Las Lagunas de Retención son pequeños reservorios con estructuras de descarga regulada que acumulan el volumen de agua producida por el incremento de caudales pico y que el sistema de drenaje existente no puede evacuar sin causar daños.

Proceso de cálculo en las Lagunas de Retención. Para la evacuación de volumen almacenado a fin de evitar daños en el sistema drenaje proyectado o existente se aplicarán procesos de cálculo denominados Transito a través de Reservorios.

Evacuación del Sistema Mayor. Las vías calle, de acuerdo a su área de influencia, descargan, por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la ubicación de una calle de gran capacidad de drenaje, denominada calle principal o evacuador principal(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 73)

### **1.3.2. Suelo**

#### **A. Estudio de suelos**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) se tiene que realizar el estudio de suelos pertinentes, con el propósito de obtener las características del suelo por donde pasará nuestro ducto de drenaje; se harán calicatas cada 100 – 500 m según los requerimientos del estudio. Este informe debe tener: información de las características del suelo, una descripción de todos los ensayos realizados, el procedimiento realizado en laboratorio para cada uno de los ensayos, a que profundidad encontramos la napa freática, etc.

### **A.1. Del terreno a investigar**

Se presentará el plano de cómo y por dónde acceder al lugar de investigación y su ubicación exacta.

Se presentará un plano topográfico con sus curvas de nivel visibles. Se realizará un levantamiento planimétrico si el terreno tuviera una pendiente de 5% como promedio. Se indicarán los linderos, usos del terreno, obras anteriores, obras existentes, situación y disposición de acequias y drenajes. En los planos se tendrá que señalar, donde irán ubicadas las obras previstas según detalla el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 225).

### **A.2. Datos generales de la zona.**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) informa que el Profesional Responsable tendrá los datos disponibles de suelos del solicitante:

- a. El uso del terreno antes del proyecto (terreno de cultivo, actividades mineras, basurales, etc.).
- b. Construcciones actuales y anteriores, si es zona arqueológica u obras parecidas que puedan afectar al estudio de mecánica de suelos.

### **A.3. Técnicas de investigación**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la siguiente tabla se mencionan las técnicas de investigación que más se utilizan:

**Tabla 8**

*Técnicas de investigación de campo*

<b>TÉCNICA</b>	<b>NORMA APLICABLE</b>
Método de Ensayo de Penetración Estándar SPT	NTP 339.133 (ASTM D 1586)
Método para la Clasificación de Suelos con Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487)
Densidad In Situ Mediante el Método del Cono de Arena	NPT 339.143 (ASTM D 1556)
Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visión – Manual)	NTP 33.150 (ASTM D 2488)
Método de Ensayo Normalizado para la Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero de Punta Cónica (DPL)	NTE 339.159 (DIN 4094)
Norma Practica para la Investigación y Muestreo de Suelos por perforación con barrena	NTP 339.161 (ASTM D 1452)

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma E.050, 2006, p. 226)

## a. Aplicaciones de las técnicas de investigación

Se realizará de acuerdo a lo establecido en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 227).

### a.1. Pozos o calicatas y trincheras

Son aquellas perforaciones de diversas maneras que nos facilitan una observación de los estratos del terreno, como también la toma de muestras para poder realizar los ensayos en el mismo lugar (in situ). Las calicatas deberán cumplir con lo establecido en la NTP 339.162 (ASTM D 420), de igual manera para la realización de trincheras.

### a.2. Perforaciones mecánicas y manuales

Son sondeos que dan a conocer la naturaleza y ubicación de los distintos estratos del terreno, como también permite sacar muestras del mismo para realizar los ensayos en el mismo lugar (in situ). La perforación que se recomienda realizar es de 10 m; sin tener limitación en perforación, informa el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 227).

## b. Ensayos de laboratorio

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 228) se realizará de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 9**

*Ensayos de laboratorio*

ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de humedad	NTP 339.127 (ASTM D 2216)
Análisis granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D 422)
Límite líquido y límite plástico	NTP 339.129 (ASTM D 4318)
Peso específico relativo de sólidos	NTP 339.131 (ASTM D 854)
Clasificación unificada de suelos SUCS	NTP 339.134 (ASTM D 2487)
Densidad relativa	NTP 339.137 (ASTM D 4253)
	NTP 339.138 (ASTM D 4254)
Peso volumétrico del suelo cohesivo	NTP 339.139 (BS 1377)
Límite de contracción	NTP 339.140 (ASTM D 427)
Ensayo de comparación proctor modificado	NTP 339.141 (ASTM D 1557)
Descripción Visual – Manual	NTP 339.150 (ASTM D 2488)
Contenido de sales solubles totales en suelos y aguas subterráneas	NTP 339.152 (BS 1377)

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma E.050, 2006, p. 228)

#### A.4. Planos y perfiles del suelo



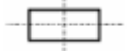

##### a. Plano de Ubicación de Programa de Exploración

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) es el plano topográfico o planímetro del área o terreno a estudiar, se tendrá que presentar con una cota referencial (BM) (p. 230,231).

En la siguiente tabla se indica los gráficos que se usará en el plano de ubicación.

**Tabla 10**

*Técnicas de investigación y nomenclatura*











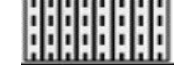



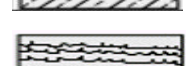
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN		
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN		SÍMBOLO
Pozo o Calicata	C - n	
Perforación	P - n	
Trinchera	T - n	
Auscultación	A - n	

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma E.050, 2006, p. 231)

##### b. Perfil Estratigráfico por Punto Investigado

Se sugiere incluir los siguientes símbolos de la figura a continuación:

**Tabla 11**  
*Simbología de Suelos (Referencial)*

DIVISIONES MAYORES	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN	
	SUCS	GRÁFICO		
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
	ARENAS Y SUELOS ARENOSOS	GC		GRAVA ARCILLOSA
		SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)	SC		ARENA ARCILLOSA
		ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL>50)	OL		LIMO INORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO INORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma E.050, 2006, p. 231)

**Tabla 12***Clasificación de suelos-método AASHTO*

Clasificación en general	Suelos granulosos						Suelos finos				
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.08mm						más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico											
% que pasa por el tamiz de:											
2mm	Max.50										
0.5mm	Max.30	Max.50	Max.50								
0.08mm	Max.15	Max.25	Max10	Max35	Max.35	Max.35	Max.35	Min.35	Min.35	Min.35	Min.35

Límites de Atterberg				Max.40	Min.40	Max.40	Min.40	Max.40	Max.40	Max.40	Min.40	Min.40
<b>Límite de líquido</b>	Max.6	Max.6		Max.10	Max.10	Min.10	Min.10	Max.10	Max.10	Min.10	Min.10	Min.10
<b>Índice de plast.</b>											IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	Max.4	Max.4	Max.8	Max.12	Max.16	Max.20	Max.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno					De pasable a malo						

Fuente: AASHTO M 145

**Tabla 13***Clasificación de suelos- sistema SUCS*

Divisiones mayores			Símbolo del grupo	Nombre del grupo	
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200 (0.075mm)	Grava	Grava limpia menos del 5% pasa por el tamiz n°200	GW	Grava bien gradada, grava fina a gruesa	
		>50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75mm)	GP	Grava pobremente gradada	
	Arena	Grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200		GM	Grava limosa
				GC	Grava arcillosa
		Arena limpia		SW	Arena bien gradada, arena fina a gruesa
				SP	Arena pobremente gradada
		≥50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	SM	Arena limosa
				SC	Arena arcillosa
	Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz n°200	Limos y arcillas	Inorgánico	ML	Limo
		Limite liquido <50		CL	Arcilla
Orgánico			OL	Limo orgánico, arcilla orgánica	
Limo y arcilla		Inorgánico		MH	Limo de alta plasticidad
				CH	Arcilla de alta plasticidad
Limite liquido ≥50		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico	
Suelos altamente orgánicos		Pt	turb		

**Fuente:** (Manual de Carreteras, suelos, geología, 2013)



**Tabla 14***Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
<b>IP&gt;20</b>	Alta	Suelos muy arcillosos
<b>IP≤20</b>	Media	Suelos arcillosos
<b>IP&gt;7</b>		
<b>IP&lt;7</b>	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
<b>IP=0</b>	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** (Manual de Carreteras, suelos, geología, 2013).

### 1.3.3. Topografía del terreno

Este estudio consiste en un levantamiento topográfico, que es la representación de un lugar real a través de puntos y curvas de nivel en un plano, se realiza para el cálculo de volúmenes y áreas que servirán para estudios a realizar en dicho lugar con ayuda de software para la creación de perfiles y planos que nos faciliten el trabajo.

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) la presentación de los planos topográficos se deberá incluir:

- a. Los planos de la zona se presentarán a una escala de 1:500 – 1:1000, indicando las curvas de nivel a una distancia de 1.00 m o de hasta 0.50 m de acuerdo a la llanura del terreno
- b. Los planos para donde se detallarán las estructuras especiales se presentarán a una escala de 1:500 – 1:125.
- c. La representación del eje de las tuberías y ductos serán representados en un perfil longitudinal, teniendo como relación las escalas horizontal y vertical respectivamente de 10:1.
- d. Se tendrá que conseguir las fotos aéreas con las que cuenta la zona a estudiar, información de la cuenca hidrológica, corrientes de agua que afecten, entre otros.
- e. Todo plano será presentado a una escala visible, aun si no cumple con las recomendaciones expuestas.

### **1.3.4. Diseño de la red de drenaje pluvial**

#### **A. Introducción**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) indica que el drenaje pluvial urbano tiene por finalidad el manejo del agua de lluvia en las calles de las ciudades, para no causar daños en las viviendas y construcciones públicas, así como el almacenamiento de agua que da lugar a la contaminación y/o transmisión de enfermedades. (Norma OS.060, 2006, p. 56)

Es importante mencionar que el sistema de alcantarillado está cambiando, anteriormente se recomendaba los sistemas de alcantarillado combinado, es decir, aquellos que desalojan aguas pluviales y residuales; sin embargo, en la actualidad son construidas por separado, ya que las aguas pluviales pueden ser re-usadas además del tratamiento de menores volúmenes de aguas residuales.

#### **B. Definición**

Una red de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, coladeras e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia. Su importancia se manifiesta especialmente en zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables. (Normativa, 2013)

#### **C. Sistema de evacuación**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006, p. 73) se clasifican en:

- 1) Sistemas de Evacuación por Gravedad.
- 2) Sistemas de Evacuación por Bombeo.
- 3) Sistema de evacuación mixto.

##### **C.1. Sistema de Evacuación por Gravedad**

Si las aguas pluviales evacuarán hacia el mar, la cota de entrega de agua (canal o tubería) debe estar como mínimo a 1.50 m por encima del nivel medio del mar.

Si las aguas desembocarán a un río, la cota de entrega de agua (canal o tubería) no debe ser menor que 1.00 m por encima del nivel del agua diseñada para 50 años de periodo de retorno.

De forma genérica el sistema de evacuación debe desembocar libremente (mayor de 1.00 m por encima de los máximos niveles que se espera), para que no obstaculice ni cause estragos en el sistema pluvial.

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para la prevención de posibles entradas de estas aguas a los desagües, se necesita colocar válvulas de retención de mareas; esto se ocasiona debido a que la tubería de descarga está expuesta a una masa de agua con fluctuaciones a su nivel así como la desembocadura en el mar (p. 73).

## **C.2. Sistema de Bombeo.**

Si la topografía no se adapta para un diseño por gravedad el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) nos menciona que se tendrá que optar por la utilización de equipos de bombeo.

### **a. Equipo de Bombeo.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) para la evacuación de aguas de lluvia se requiere de bombas que sean de mejor uso o las que tengan un diámetro grande, puesto que evacuarán caudales grandes con cargas bajas.

Si se utilizara un sistema por bombeo que funcione por cableados eléctrico, deberá contar con un sistema eléctrico diferente, para que funcione de manera alternada.

## **C.3. Sistema de Evacuación Mixto.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) si se presentan restricciones al utilizar los criterios que se mencionaron en los párrafos B.1 y B.2 Se tendrá que optar por un tipo de evacuación mixta, esto quiere decir, la utilización de los dos sistemas el de gravedad para cuando se presente las condiciones apropiadas y el de bombeo para cuando se necesite equipos de bombeo para su evacuación (p. 73).

### 1.3.5. Diseño de pistas

#### A. Diseño estructural

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en cualquier caso se efectuara el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- a. Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
- b. Características y volumen del tránsito durante el periodo de diseño.
- c. Vida útil del pavimento.
- d. Condiciones climáticas y de drenaje.
- e. Características geométricas de la vía.
- f. Tipo de pavimento a usarse.

#### B. Estudios adicionales para la pavimentación urbana

##### B.1. Técnicas de investigación de campo

Los puntos que se van a investigar se realizará cumpliendo con el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) basado en el tipo de vía, indicado en la siguiente tabla, el cual será como mínimo 03.

**Tabla 15**

*Número mínimo de puntos de investigación*

TIPO DE VÍA	NUMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma CE.010, 2010)

Los puntos a investigar se tendrán que ubicar de preferencia en las intersecciones de las vías, también se puede ubicar puntos intermedios, para permitir establecer la estratigrafía a lo largo de la vía.

Si se requiere la renovación de la superficie de rodadura para instalar o reparar algún servicio, se procederá a poner un punto de investigación cada 100 metros con un mínimo de 3.

La excavación de investigación no será menor a 1.50 m por debajo de cota rasante final de la vía.

### 1.3.6. Normativa

Entre las normas técnicas tenemos:

#### A. Normas ASTM

ASTM International (American Society of Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales más grandes del mundo, fundada en 1898.

Aprovechan la experiencia de muchos miembros de ASTM de distintos países, aproximadamente 140, que con la mano de la ciencia e ingeniería trabajan para mejorar la vida de millones de personas, obteniendo hasta el momento más de 12000 estándares de ASTM.

#### B. Normas NTP

Son documentos de aplicación voluntaria, que se encuentran aprobadas por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT) del INDECOPI y elaborados por los comités técnicos de normalización.

En la siguiente tabla se mostrará únicamente los ensayos que se utilizaron para la elaboración de nuestra tesis, con su normativa correspondiente.

**Tabla 16**

*Ensayos de mecánica de suelos con su normativa correspondiente*

ENSAYOS	DESCRIPCIÓN	ASTM	NTP
EMS	Contenido de humedad	D2216	339.127
EMS	Análisis granulométrico por tamizado	D422	339.128
EMS	Límite líquido	D4318	339.129
EMS	Límite plástico	D4318	339.129
EMS	CBR	D1557	339.145
EMS	Sales solubles totales	BS 1377	339.152
AGREGADOS	Contenido de humedad		339.185
AGREGADOS	Análisis granulométrico por tamizado	D422	400.012
AGREGADOS	Límites de Atterberg	D4318	
AGREGADOS	Contenido de sales solubles totales		339.152
AGREGADOS	Proctor modificado	D1557	
AGREGADOS	CBR	D1883	
AGREGADOS	Abrasión de los ángeles	C130	400.019

**Fuente:** Elaboración propia

### **1.3.7. Impacto ambiental**

#### **A. Concepto**

Según (Gestión en Recursos Naturales, 2015), el impacto ambiental la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples, es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

#### **B. Introducción**

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento por el que se identifican y evalúan los efectos de los proyectos sobre el medio físico y social. Existen impactos ambientales directos los cuales se dan desde el inicio de la construcción hasta toda su vida útil; y los indirectos que afectan a componentes ambientales no relacionados al proyecto, como por ejemplo la degradación visual debido a la colocación de carteles.

Según (Ley N°27446, 2011), para elaborar un Plan de Manejo Ambiental se tiene que tener en cuenta una serie de medidas y procesos para prevenir y mitigar posibles consecuencias negativas al medio ambiente, como por ejemplo: Plan de manejo ambiental del proyecto, especificaciones ambientales particulares para la obra, detallar las medidas mitigadoras y órgano responsable de su implementación, certificación de inexistencia de Restos Arqueológicos, medidas de mitigación de los pasivos ambientales considerados críticos y otros según los requerimientos de la normativa vigente.

#### **C. Identificación de impactos ambientales**

Para la elaboración de la siguiente tabla se tomó en cuenta los impactos que se han generado en proyectos similares.

**Tabla 17***Tabla de los factores impactados producto del proyecto*

MEDIO	FACTOR	IMPACTOS	
		POSITIVO	NEGATIVO
FÍSICO	Suelo	Mejor calidad de suelo culminado el proyecto.	Contaminación del suelo producto del combustible de las maquinarias.
	Atmosfera	Disminución de la acumulación de aguas de lluvia, polvos y botaderos de basura, que afectan a la salud de las personas.	Aumento de polvo por el movimiento de tierras y elevación de los niveles de ruido durante la ejecución de la obra.
BIÓTICO	Flora	Proyección de áreas verdes.	Eliminación de jardines o árboles durante la ejecución del proyecto.
	Fauna	Disminución de roedores y aves rapaces.	Destrucción del habitat.
SOCIO-CULTURAL-ECONÓMICO	Territorio	Mejoramiento del Drenaje y de pistas y veredas.	Pérdida de terreno durante la ejecución del proyecto.
	Humano	Bienestar a la salud de la población culminado el proyecto.	Molestias durante el proyecto debido a la polvareda y fuertes ruidos.
	Económico	Empleo temporal, bienes y servicios durante el proyecto.	

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.3.8. Gestión de riesgos

Según el (Manual sobre riesgos, 2015), existen diferentes tipos de riesgos que se pueden presentar en la ejecución de nuestro proyecto de tesis, como lo es: riesgos convencionales o normales, catastróficos extraordinarios e inherentes a la propia obra.

**Convencionales:** entre los más frecuentes tenemos los incendios, los cuales puede ser producidos por un desordenado almacenamiento de madera o mala utilización de líquidos inflamables para la combustión de motores; también se pueden producir explosiones y pérdidas de materiales y equipos.

**Catastróficos:** son aquellos que se producen a causas de la naturaleza, como: vientos, huracanes, inundaciones, terremotos, etc.; que pueden causar daños serios tanto a la construcción como a los trabajadores.

**Inherentes a la propia obra:** son aquellos que se producen en la ejecución de la obra, las cuales pueden ser: defectos de mano de obra, por ejemplo, apuntalamientos incorrectos del encofrado, depósito brusco del concreto, descuido en el manejo de las máquinas, negligencia en la realización de medidas preventivas; errores de cálculo o diseño y empleo de materiales defectuosos o inadecuados.

### **1.3.9. Seguridad**

Según (Instituto Navarro, 2012) en su manual de Seguridad en la obra civil, informa que durante la construcción de cualquier tipo de obra pueden ocurrir diversos tipos de peligro y daños, ya sea al medio ambiente, a las maquinarias y equipos empleados y sobre todo a los trabajadores; para mantener la seguridad se debe tener en cuenta lo siguiente:

**Operador de maquinaria en general:** El trabajador dedicado a esta actividad debe disponer de la formación e información necesaria para el manejo, utilización y mantenimiento de dichas máquinas, así como del Certificado de Profesionalidad de la ocupación de maquinaria y carne de operador.

**Encofrados:** El trabajador debe tener una formación específica para la realización de estos trabajos y de la información de los riesgos derivados del trabajo y del entorno.

**Albañil en general:** El responsable de la ejecución en trabajos de demolición de pavimentos, nivelación, colocación de entibaciones, entre otros, debe estar capacitado y autorizado para la utilización de determinadas máquinas y equipos antes del comienzo de la actividad.

**Instalación de conducciones:** El trabajador debe disponer de información necesaria para poder realizar un trabajo eficaz y evitar problemas tanto en la colocación de las tuberías como en ellos mismos. Se debe verificar que los entibados tengan un buen soporte y evitar desplomes.

**Pavimentado:** Antes e inicio de los trabajos se debe revisar con anticipación que el equipo que se empleara se encuentre en perfectas condiciones y que su funcionamiento sea el adecuado, para garantizar buenos resultados. El encargado de estos trabajos debe contar con su equipo de protección.



**Señalista:** El encargado de la señalización debe conocer las normas del Código de Circulación; debe tener conocimiento de las señales gestuales, así como la información específica de los riesgos derivados de las maquinas, del entorno de la obra y del mantenimiento del buen estado de la señalización.

### **1.3.10. Compatibilidad de usos**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006), cualquier proyecto de drenaje urbano, debe tener el registro de obras de servicio de las entidades como: Telefonía y cable, Energía Eléctrica, Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas, Gas.

De igual manera debe contar con la información técnica de los municipios sobre: Tipo de pavimentos y sus respectivas dimensiones.

La información adquirida en los puntos anteriores prevendrá el uso ilegal de áreas con derechos adquiridos, si no se realiza este procedimiento adecuadamente podría ocasionar detenciones y sobre costo de la obra en ejecución.

Es necesario verificar y exigir que los nuevos proyectos de desarrollo urbano aporten menos caudal que el existente.

En el caso sobrepasen los caudales existentes de escorrentía superficial, el proyectista deberá buscar un lugar para retener y almacenar las aguas de exceso, que son producidas por las alteraciones de los terrenos provenientes de la construcción de nuevas edificaciones.

### **1.3.11. Métodos de costos y presupuestos**

Para determinar los gastos y presupuestos de nuestro proyecto de investigación se tomó en cuenta gastos de servicios, gastos de los tesisistas, gastos para la realización de calicatas, para la topografía y para los ensayos de mecánica de suelos.

Los gastos de servicio están basados en el costo de la tesis en físico (fotocopias, impresiones, ploteos, pasaje y viáticos); para los gastos de tesisistas se consideró la cantidad de horas que se dedicó al tema de investigación con un monto de \$.20.00 por hora para cada tesisista; las calicatas tuvieron una profundidad de 1.50 m pagándose por cada una \$30.00 sin incluir viáticos de los trabajadores; los gastos de topografía estuvieron dados por la cantidad de hectáreas, cobrándose por cada una \$170 sin incluir viáticos y movilidad; por último los

gastos para la realización de los ensayos de mecánica de suelos se costearon en base a los precios que el laboratorio de la Universidad Señor de Sipán nos indica.

**Tabla 18**

*Tabla de presupuesto total del proyecto de investigación*

GASTOS	DETALLE	CANTIDAD	VALOR	MONTO
	Fotocopias	50	0.10	5.00
	Impresiones	420	0.30	126.00
DE SERVICIO	Expediente (impresiones)	300	0.25	75.00
	Ploteos	20	4.00	80.00
	Pasajes y viáticos	2	500.00	1000.00
TESISTAS	Investigador	2	3000.00	6000.00
CALICATAS	Calicatas	10	30.00	300.00
	Viáticos	1	25.00	25.00
	Hectáreas	20	170.00	3400.00
TOPOGRAFÍA	Viáticos	10	25.00	250.00
	Movilidad	1	80.00	80.00
	Contenido de humedad	18	10.00	180.00
	Análisis granulométrico de suelos finos	18	30.00	540.00
	Análisis granulométrico de suelos granulares	18	50.00	900.00
ENSAYOS	Limite liquido	18	20.00	360.00
	Limite plástico	18	20.00	360.00
	Elaboración del perfil stratigráfico	18	250.00	4500.00
	Densidad in-situ	18	30.00	540.00
	CBR	3	150.00	450.00
	Sales solubles totales en suelo	18	40.00	720.00
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>			<b>\$.19,891.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.3.12. Definición de términos básicos

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la (Norma OS.060, 2006, p. 54,55) y en la (Norma CE.010, 2010, p. 38), se tienen las definiciones de los siguientes términos básicos:

**Tabla 19***Tabla de definiciones de términos básicos para el diseño de drenaje pluvial urbano*

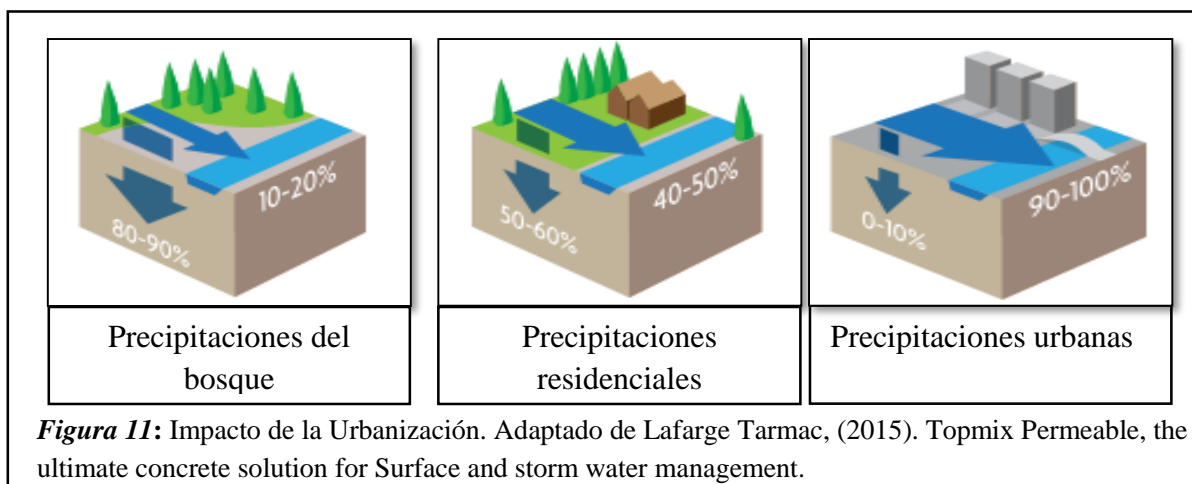
<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Aceras o veredas	Parte de la vía urbana entre la pista y el límite de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden estar contruidos de asfalto, concreto simple, adoquines, o cualquier otro material apropiado.
Alineamiento	Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.
Base	Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico.
Berma	Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.
Bombeo	Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.
Calzada o pistas	Parte de una vía destinada al tránsito de vehículos.
Capa asfáltica de superficie	Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamado también capa de desgaste o capa de rodadura.
Cuenca	Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.
Cuneta	Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.
Dren	Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje.
Drenaje urbano	Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.
Drenaje urbano mayor	Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.
Drenaje menor	Sistema de alcantarillado pluvial que evacua caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.
Frecuencia de lluvias	Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un periodo de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.
Muestra	Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.
Pavimento	Estructura compuesta por capas que aporta en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado periodo de diseño y dentro de un rango de serviciabilidad.
Coefficiente de escorrentía	Coefficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.
Pendiente longitudinal	Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.
Periodo de retorno	Periodo de retorno de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.
Precipitación	Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
Rasante	Es el nivel superior del pavimento terminado. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.
Rejilla	Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener solidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permiten que tales solidos ingresen al sistema.
Sub-rasante	Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), (Norma OS.060, 2006, p. 55,56), (Norma CE.010, 2010)

### 1.3.13. Estado del arte

Según (Lafarge Tarmac, 2015) la población a nivel mundial ha tenido un crecimiento continuo y rápido en los últimos 50 años, dando lugar a grandes espacios de tierra que son pavimentadas con materiales impermeables. Durante el mismo tiempo, las ocasiones en que el Reino Unido ha sufrido fuertes lluvias por más de dos días consecutivos.

Tras el cambio del clima previsto para guiar a las condiciones cada vez más cálidas y húmedas del clima, la precipitación va a continuar aumentando. Teniendo como resultados grandes inundaciones como en el 2007, 2013 y 2014, siendo este cada día más frecuentes, de tal modo que se tiene que tomar medidas de solución rápidas.



En las ciudades y pueblos donde hay mucho paisaje duro y espacio verde limitado, el agua de lluvia es absorbida por el suelo solo en su décima parte. Siendo un porcentaje del 80-90% en áreas rurales.

El Topmix permeable tiene una función muy importante en casi todos los diseños de sistema de drenaje urbano sostenible (SuDS), nos da una solución rápida y práctica a las inundaciones causadas por las aguas de lluvia de manera económica.

Una nueva solución es el pavimento de hormigón de drenaje rápido, ya que evacua rápidamente el exceso de agua de lluvias lejos de las viviendas, calles, estacionamientos, calzadas. Este tipo de pavimento tiene huecos en su estructura en un porcentaje del 20 al 35%, gracias a esto permite que el agua de lluvias que cae a la superficie sea drenada por el interior de sus sub-estratos y corra naturalmente, evitando las inundaciones de las aguas superficiales y contaminación del curso de agua.

**Tabla 20**

*Resumen de las características técnicas de Topmix Permeable*

Capacidad de drenaje	De 150-1000 litros por metro cuadrado por minuto.
Contenido de vacíos	20-35 %
Resistencia a la compresión típica	10-20 N/mm <sup>2</sup>
Fuerza flexible	1.5-3 N/mm <sup>2</sup>
Mezcla de 6 mm	Final estético
Mezcla de 10mm	Estabilización del suelo debajo de los bloques

**Fuente:** (Lafarge Tarmac, 2015). Topmix Permeable, the ultimate concrete solution for Surface and storm water management.

Un sistema permeable eficaz del pavimento tiene que ser diseñada que sus estructuras de sus capas almacenen el agua pluvial. Teniendo como principal razón no dejar agua almacenada en la superficie de la calzada, debido a los diferentes cambios de clima, que tiene como consecuencia el cambio de estados del agua y podrían dañar el pavimento. En este caso Topmix permeable de Lafarge Tarmac nos da una muy buena solución, ya que es muy resistente a las temperaturas altas y bajas. Otro punto importante es que el Topmix permeable de Lafarge Tarmac no requiere varillas de acero, por tanto, no es afectado por el agua ni los cloruros.

El Topmix permeable de Lafarge Tarmac tiene una resistencia al deslizamiento comparable al asfalto de baja textura y al hormigón utilizado típicamente en la construcción de senderos y aparcamientos en el Reino Unido cuando se prueba en condiciones húmedas de acuerdo con ENG1-961 y HD26/ 011. Por lo tanto, se tiene que procurar aplicar velocidades bajas alrededor de 13 km/seg.

#### **1.4. Delimitación de la Investigación**

El diseño y toma de datos se realizó en los PP.JJ. San Lorenzo y Santa Ana, cuyo perímetro está dado por las calles: San Martin, Puerto Rico, San Lucas, Unión, Santos Atahualpa y la AV. Chiclayo, con un área aproximadamente de 20.00 hectáreas.

#### **1.5. Formulación del Problema**

¿La falta de un diseño de red de drenaje pluvial impide un adecuado escurrimiento de las aguas en los pueblos jóvenes San Lorenzo y Santa Ana del Distrito de J.L.O., Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque?

## **1.6. Justificación e Importancia de la investigación**

### **1.6.1. Justificación tecnológica**

Con la investigación no solo se pretende realizar el diseño de la red de drenaje pluvial sino también, realizar estudios de mecánica de suelos. Para el desarrollo del diseño de drenaje pluvial se emplearán equipos de topografía y el uso del laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán, los cuales permitirán realizar un cálculo y diseño exacto de la problemática que presenta los pueblos jóvenes en estudio y así obtener buenos resultados.

### **1.6.2. Justificación ambiental**

La elaboración del proyecto de investigación se realiza con el propósito de evitar la acumulación de aguas pluviales, las cuales producen malos olores, llegadas de insectos y sobre todo son causales de los colapsos de desagües; todo ello puede ocasionar aumento de riesgo de enfermedades.

### **1.6.3. Justificación social**

La presente investigación se desarrolla con el propósito que, ante la presencia de lluvias en los Pueblos Jóvenes, la población no se vea afectada y puedan realizar sus actividades de manera cotidiana.

### **1.6.4. Justificación económica**

Se puede ahorrar gastos en reconstrucción de zonas, a la vez servirá a la Municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz si en algún momento llegase a ejecutar el proyecto de investigación. De igual manera el proyecto es una anticipación para no caer en las mismas deficiencias de la zona de estudio, que va creciendo sin una planificación en el manejo de aguas de lluvia

## **1.7. Hipótesis**

Al diseñar la red de drenaje pluvial se podrá mejorar el escurrimiento de las aguas de lluvia y a la vez la transitabilidad vehicular y peatonal en épocas de precipitaciones.

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo General**

Diseñar la red de drenaje pluvial en los PP.JJ. Nuevo San Lorenzo y Santa Ana del Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.

### **1.8.2. Objetivos Específicos**

- A. Realizar el levantamiento topográfico del perímetro dado por calles San Martín, Puerto Rico, San Lucas, Unión, Santos Atahualpa y la AV. Chiclayo.
- B. Desarrollar el Estudio de Mecánica de Suelos con los ensayos correspondientes.
- C. Ejecutar el estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de la red drenaje pluvial.
- D. Realizar el estudio geométrico y estructural de pistas y veredas.
- E. Elaborar el estudio técnico de ingeniería definitivo.

# **CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS**



## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación

#### 2.1.1. Tipo de la investigación

El proyecto presenta una investigación tipo analítico-descriptivo puesto que se obtuvo información necesaria, para el diseño de la red de drenaje pluvial, con el fin de prevenir daños ante la presencia fuertes lluvias.

#### 2.1.2. Diseño de la investigación

La investigación es del tipo aplicada, ya que se realizaron los estudios previos para posteriormente poder realizar un correcto diseño del proyecto, además es tangible, observable y medible

**Tabla 21:**

*Diseño de la investigación*

PROBLEMA	SOLUCIÓN	REALIDAD
Acumulación de aguas de lluvia producto de la inexistencia de pistas, veredas y red de drenaje pluvial en los pueblos jóvenes Nuevo san Lorenzo y Santa Ana.	Proponer un diseño de pistas, veredas y red de drenaje pluvial para los pueblos jóvenes.	a) Realizar un diseño de pistas, veredas y red de drenaje pluvial, para que su funcionamiento sea por gravedad y bombeo. b) Realizar un adecuado cálculo hidrológico, hidráulico y sanitario, de tal forma que en caso de ejecutarse en un futuro tenga un funcionamiento óptimo y mejore la calidad de vida de la población.

**Fuente:** (Elaboración propia)

### 2.2. Métodos de investigación

#### Método Analítico

Porque después de haber definido las variables independientes y dependientes, se infirió la hipótesis para un adecuado diseño de la red de drenaje pluvial en los Pueblos Jóvenes Nuevo San Lorenzo y Santa Ana.

## **Método Inductivo**

Porque luego de haber obtenido tanto información de revistas, tesis, entre otros; así como también un estudio de campo, topografía, estudio hidrológico e hidráulico, estudio de mecánica de suelos y otros complementarios, se inició con el diseño de la red de drenaje pluvial.

### **2.3. Variables**

#### **2.3.1. Variable dependiente**

Agua pluvial, Suelo y Topografía del terreno.

**Agua pluvial:** Es el agua proveniente de las lluvias y que discurren superficialmente por una vía.

**Suelo:** Es la capa superficial de la corteza terrestre, proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que asientan en ella.

**Topografía del terreno:** Es la descripción de las características del terreno tanto de altimetría como planimetría.

#### **2.3.2. Variable independiente**

Diseño de la Red de Drenaje Pluvial.

**Diseño de la Red de Drenaje Pluvial:** Es la forma o estructura que se diseñará para evacuar adecuadamente las aguas de lluvia, ésta puede estar compuesta por un conjunto de tuberías, por cunetas o por bombeo.

#### **2.3.3. Operacionalización de variables**

**Tabla 22**

*Cuadro de variables dependientes*

Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Sub Indicadores	Índices	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumentos de medición
<b>Agua Pluvial</b>	Caudal	Coeficiente de escorrentía	Lamina escurrida	mm	Observación	Guía de observación	Institución consultada: SENAMHI
			Precipitación	mm			
		Intensidades de las precipitaciones	Precipitación	Mm	Observación	Guía de observación	
			Tiempo de concentración	seg			
	Área de la cuenca	-	m <sup>2</sup>	Observación	Guía de observación		
<b>Suelo</b>	Humedad	Cantidad de H <sub>2</sub> O	-	%	Observación	Guía de observación	Formatos y ensayos del laboratorio de mecánica de suelos de la USS.
	Sales	Cantidad de sales	-	Ppm	Observación	Guía de observación	
	Granulometría	Grava	-	>4.75 mm	Observación	Guía de observación	
		Arena	-	4.75-0.075 mm			
		Finos	-	<0.075 mm			
	Consistencia	Limite liquido	N° de golpes	%	Observación	Guía de observación	
			Contenido de humedad	%			
		Limite plástico	Unidades de moldeo (cilindros)	%	Observación	Guía de observación	
	Densidad	Masa	-	kg	Observación	Guía de observación	
		Volumen	-	m <sup>3</sup>			
<b>Topografía del terreno</b>	Pendiente	Cotas	-	msnm	Observación	Guía de observación	Nivel
		Longitud	-	Km			
	Coordenadas	Longitud	-	UTM	Observación	Guía de observación	GPS
		Latitud	-				
	Área	Poligonal	Longitud	Km	Observación	Guía de observación	AutoCAD
		Ángulos	°				

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 23**

*Cuadro de variables independientes*

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub Indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de medición</b>	
<b>Diseño de la Red de Drenaje Pluvial</b>	Levantamiento Topográfico	Altimetría	Cotas	msnm	Observación	Guía de observación	Estación total, teodolito y/o nivel	
		Planimetría	Longitud	m				
	EMS		Contenido de Humedad	-	%	Observación	Guía de observación	Formatos y ensayos del laboratorio de mecánica de suelos de la USS.
			Contenido de Sales	-	Ppm	Observación	Guía de observación	
			Límites de Atterberg	Límite liquido	%	Observación	Guía de observación	
				Límite plástico	%			
			Granulometría	Grava	>4.75 mm	Observación	Guía de observación	
				Arena	4.75-0.075 mm			
	Finos	<0.075 mm						
	CBR	Proctor		Observación	Guía de observación			
	Estudio Hidrológico		Caudal	Intensidad	mm/h	Observación	Guía de observación	Institución consultada: SENAMHI
			Área	-	m <sup>2</sup>			
			Tiempo	-	h			
	Estudio Hidráulico	Parámetros hidráulicos	Rugosidad		µm	Observación	Guía de observación	Formatos realizados por testistas
			Pendiente		m/m			
Área				m <sup>2</sup>				
Perímetro				m				
Velocidad				m/s				
Energía				m				
Diseño propiamente dicho	Sistema de Evacuación	Gravedad		m <sup>3</sup> /s	Observación	Guía de observación	Formatos realizados por testistas	
Impacto Ambiental	Propuesta	Protocolo		Positivo	Observación	Guía de observación	Formatos realizados por testistas	
	Instrumentos de gestión ambiental	Documento		Negativo				
	Costos Directos	Metrados		-	Observación	Guía de observación		

Costos y Presupuestos		Costos unitarios	-			S10
	Costos Indirectos	Gastos generales	-	Observación	Guía de observación	

**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.4. Población y muestra**

### **2.4.1. Población**

La población es los PP.JJ. Nuevo San Lorenzo y Santa Ana del Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.

### **2.4.2. Muestra**

La muestra seleccionada para la tesis está dada por el perímetro de las calles: San Martín, Puerto Rico, San Lucas, Unión, Santos Atahualpa y la AV. Chiclayo, con un área aproximadamente de 20.00 hectáreas.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **2.5.1. Técnicas de recolección**

#### **A. Observación**

Tras la presencia del fenómeno del niño costero se indagó las zonas más afectadas en el distrito de J.L.O para realizar un estudio y proponer un diseño de la red de drenaje pluvial que ayude a evitar inundaciones en la zona de estudio, se realizó el levantamiento topográfico, la perforación de las 10 calicatas para su posterior estudio de mecánica de suelos, el estudio hidrológico e hidráulico y el análisis del tipo del sistema de evacuación.

#### **B. Entrevista**

Se entrevistó al técnico Wilson Olaya Aguilar sobre los ensayos que se realizaron en laboratorio para tener una mejor idea del procedimiento de los mismos y al Ingeniero Pablo Valdivia Chacón, quienes colaboraron para tener una idea clara del desarrollo a seguir.

#### **C. Análisis de documentos**

Se realizó el análisis de las técnicas que se usaron para la recopilación de información adecuada y obtención de resultados, se analizó el impacto negativo y positivo que podría producir la ejecución del proyecto de investigación, se recopiló información sobre temas de seguridad y prevención de riesgos.

## **2.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

### **A. Guía de observación**

Se utilizaron formatos para la recopilación de los resultados obtenidos de cada ensayo que se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos; los formatos fueron brindados por el técnico Wilson Olaya Aguilar de la universidad Señor de Sipán.

Se tienen 10 calicatas, la calicata 04 y la 10 tienen un solo estrato y el resto tienen dos estratos; los ensayos que se realizaron son: granulometría, límite líquido y límite plástico, contenido de humedad, contenido de sales, Proctor Modificado y el ensayo de CBR; el ensayo de Proctor y CBR solo se realizó a 3 calicatas (C-08, C-09 y C-10), a continuación, se detalla el número de fichas utilizadas en cada ensayo.

Hay 18 fichas del ensayo de granulometría, 18 fichas para el ensayo de límite líquido, 18 para límite plástico, 18 fichas para contenido de humedad, 18 fichas para contenido de sales, 3 para Proctor Modificado y 3 fichas para el ensayo de CBR. En total hay 96 fichas (guías) que se usaron para el estudio de mecánica de suelos.

### **B. Cuestionario**

Se realizó la entrevista al técnico Wilson Olaya Aguilar interrogándole las siguientes preguntas:

- a. ¿Qué ensayos se realizan para el diseño de drenaje pluvial y diseño de pistas y veredas?
- b. ¿Cuál es el procedimiento para realizar el ensayo de CBR?

Las respuestas serán detalladas en el Anexo "E".

### **C. Guía de análisis de documentos**

La presente investigación se realizó tomando en cuenta Normas técnicas, legales, de impacto ambiental y de gestión de riesgos, las cuales se muestran en la siguiente tabla con su respectiva descripción y aplicación.

**Tabla 24***Tabla de Normas con sus respectivas aplicaciones*

NORMA		DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
LEGAL	CE. 010	Pavimentos urbanos	Se utilizó como guía base, para realizar la propuesta de diseño de pavimentos en la zona de estudio.
	OS. 060	Drenaje pluvial urbano	Se utilizó para el diseño de evacuación de las aguas pluviales hacia la vía canal más cercana.
	E. 050	Suelos y cimentaciones	Se utilizó para realizar los ensayos de laboratorio.
IMPACTO AMBIENTAL	Nº27446	Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental	Se utilizó para identificar y prevenir con anticipación los posibles impactos negativos que genere la realización del proyecto.
GESTIÓN DE RIESGOS	G.050	Seguridad durante la construcción	Se utilizó para conocer la seguridad a tener en cuenta en las actividades de construcción del proyecto de investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.6. Métodos de análisis de datos

### 2.6.1. Enfoque cuantitativo

Es un enfoque cuantitativo por los diversos resultados obtenidos a partir de la extracción de muestras de suelo, levantamientos topográficos y ensayos realizados dentro de las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos y de materiales, adicionalmente se emplearon softwares para el procesamiento de los resultados, tales como, Autocad, Civil 3D, Hydroesta, Hcanales, Excel y Word.

### 2.7. Aspectos éticos

Para el buen desarrollo de los procesos de investigación fueron consultados con especialistas renombrados y de prestigio a nivel regional, con la finalidad de asegurar la validez de los criterios adoptados.

Se validó todos los formatos en Excel, tanto del laboratorio de mecánica de suelos, como los empleados en campo con la finalidad de extraer datos de carácter técnico y que sirvan para el buen desarrollo de la presente investigación.

La recolección de información sirvió para un correcto análisis de interpretación y posterior diseño, de tal forma que se obtuvo un correcto y adecuado diseño de pistas, veredas y red de drenaje pluvial, esto con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población de San Lorenzo y Santa Ana.



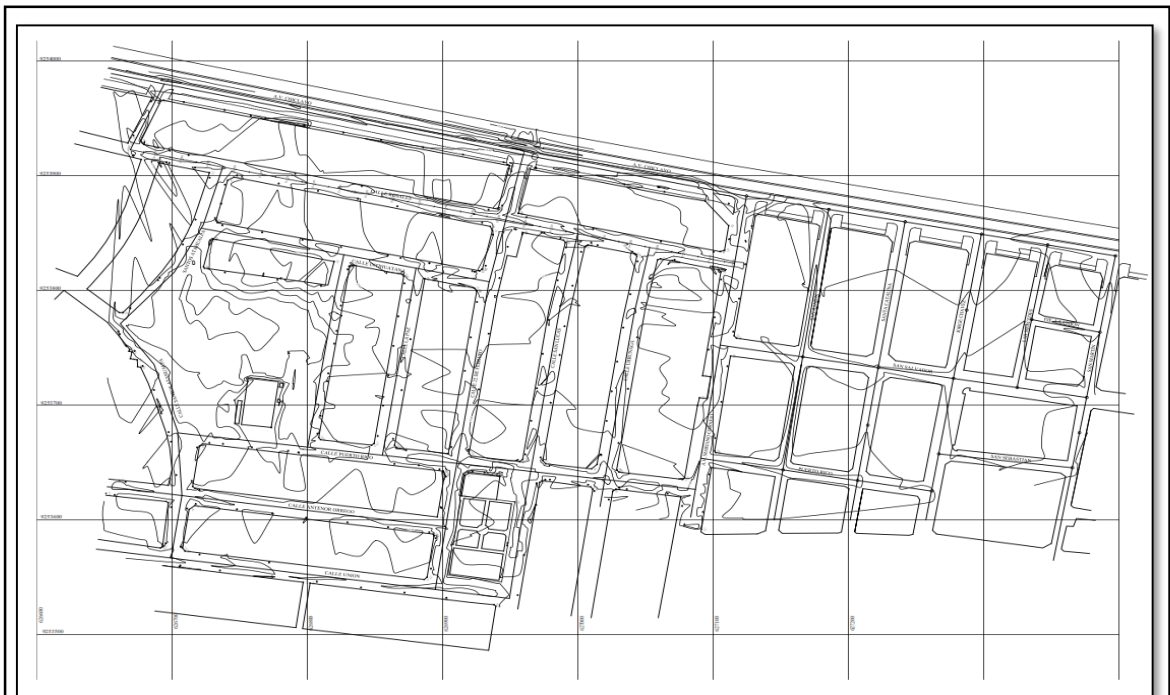
# **CAPITULO III**

## **RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Levantamiento Topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se inició con el reconocimiento de campo, quedando establecidos puntos clave para iniciar con el trabajo; se procedió a realizar el levantamiento topográfico, utilizando 1 teodolito, 5 prismas y 2 winchas; se tomó puntos en los buzones existentes, los postes, en las esquinas de cada intersección, en el eje de la vía y en dos ejes del terreno.



**Figura 12:** Topografía del terreno de los pueblos jóvenes Nuevo San Lorenzo y Santa Ana. Adaptado del CivilCAD.

El estudio topográfico se realizó para obtener la superficie de la zona del proyecto de tesis, y así poder obtener la planimetría y altimetría.

La altimetría en la zona a estudiar se caracteriza por ser un terreno llano sin pendientes pronunciadas las cuales presentan una cota mínima de 26.25 m.s.n.m y cota máxima de 27.54 m.s.n.m, no obstante, los niveles de algunos buzones se encontraron por debajo de estos niveles, siendo la cota de buzón más bajo 26.40 m.s.n.m y el más alto a 27.35 m.s.n.m. obteniendo estos resultados se puede decir que tenemos una pendiente positiva para un drenaje pluvial en esta zona.

En la parte de planimetría de la zona, las calles son de distintas longitudes, las manzanas son de diferentes medidas, lo cual muestra que la zona ha crecido sin una planificación urbana, teniendo como consecuencia invasión de área de calles.

### 3.2. Ensayo de Mecánica de Suelos

Para iniciar con los ensayos de mecánica de suelos se empezó con la perforación de 10 calicatas, las cuales se obtuvieron sumando las distancias de todas las calles y dividiéndolo entre 500, según lo indicado en la Norma OS.060; en ocho calicatas encontramos 2 estratos (C-1, C-2, C-3, C-5, C-6, C-7, C-8 y C-9) y en la (C-4 y C-10) un solo estrato; las muestras se obtuvieron en bolsas herméticas para conservar su humedad.

A continuación, se muestra una tabla del resumen de todos los ensayos, además se muestra las figuras obtenidas por cada ensayo.

**Tabla 25**

*Tabla del resumen de los resultados de cada ensayo por estrato*

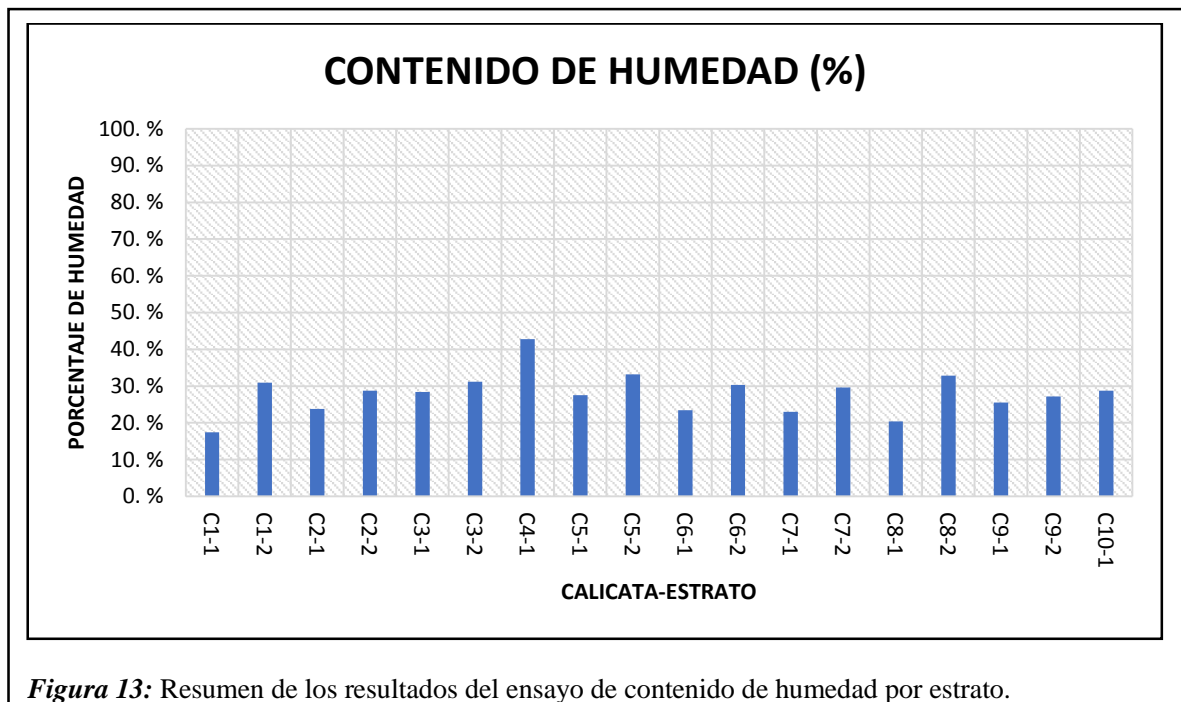
N° CALICATA	N° ESTRATO	%W	LIMITE DE ATTERBERG			% SAL ES	SUCS	AASH TO	ANEXO
			LL	LP	IP				
C-1	1	17.46	73.42	20.89	52.53	1.50	CH	A-7-6	B
	2	30.93	67.84	27.41	40.43	0.70	CH	A-7-6	B
C-2	1	23.75	61.37	27.76	33.61	1.40	CH	A-7-6	B
	2	28.75	66.54	25.99	40.55	0.90	CH	A-7-6	B
C-3	1	28.44	47.74	24.25	23.49	0.80	CL	A-7-6	B
	2	31.21	68.46	27.41	41.05	0.70	CH	A-7-6	B
C-4	1	42.78	63.72	25.56	38.15	0.80	CH	A-7-6	B
C-5	1	27.54	52.69	26.66	26.03	1.10	CH	A-7-6	B
	2	33.22	57.21	25.87	31.33	0.80	CH	A-7-6	B
C-6	1	23.42	32.06	21.03	11.03	1.50	CL	A-6	B
	2	30.34	55.63	17.57	38.06	1.30	CH	A-7-6	B
C-7	1	23.03	53.92	26.10	27.83	1.60	CH	A-7-6	B
	2	29.61	69.51	25.38	44.12	1.60	CH	A-7-6	B
C-8	1	20.42	25.61	19.05	6.57	1.70	SC-SM	A-4	B
	2	32.80	42.47	17.56	24.92	0.25	CL	A-7-6	B
C-9	1	25.50	63.16	22.81	40.35	1.60	CH	A-7-6	B
	2	27.21	43.75	21.50	22.25	0.10	CL	A-7-6	B
C-10	1	28.75	67.20	20.98	46.22	0.40	CH	A-7-6	B

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1. Ensayo de contenido de humedad

Para realizar el ensayo de contenido de humedad se inició con la obtención de las muestras en bolsas herméticas para conservar su humedad de campo, se procedió a llevar las muestras al laboratorio y se pesó 1000 gr de muestra y se colocó al horno, al día siguiente se pesó y se procedió a hallar el contenido de humedad.

Los resultados del ensayo de contenido de humedad que se realizaron a cada estrato, se mostrarán en la siguiente figura:



**Figura 13:** Resumen de los resultados del ensayo de contenido de humedad por estrato.

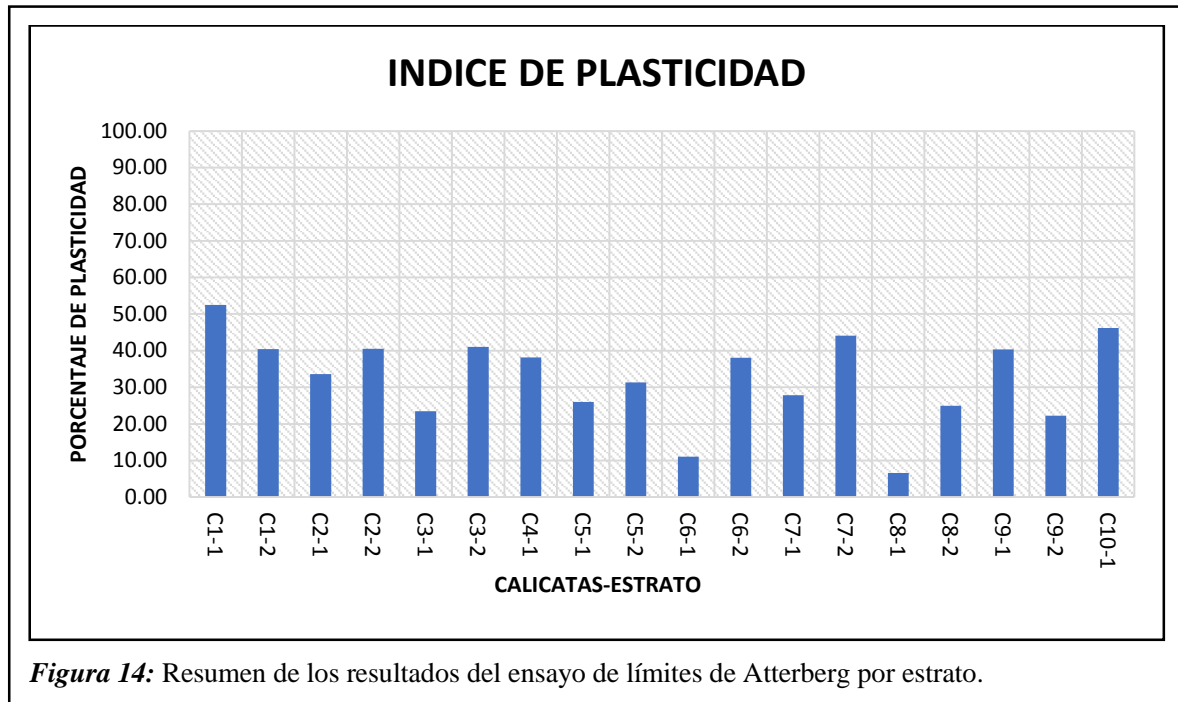
### Interpretación:

En la figura se puede apreciar que en todas las calicatas el mayor porcentaje de humedad se encuentra en el segundo estrato, esto sucede puesto que a mayor profundidad que se encuentre el suelo, mayor será su contenido de humedad.

### 3.2.2. Ensayo de límites de Atterberg

El ensayo de límite de Atterberg consiste en dos ensayos el de límite líquido y límite plástico; para ambos ensayos se inició secando la muestra al horno y luego chancarla y pasar 120 gr de muestra por la malla N° 40 y colocar agua destilada para iniciar con los ensayos; la diferencia es que en el ensayo de limite liquido se utiliza la copa casa grande y en el límite plástico se utiliza una placa de vidrio esmerilado.

Los resultados del ensayo de límite de Atterberg que se realizaron a cada estrato, se mostrarán en la siguiente figura:



**Figura 14:** Resumen de los resultados del ensayo de límites de Atterberg por estrato.

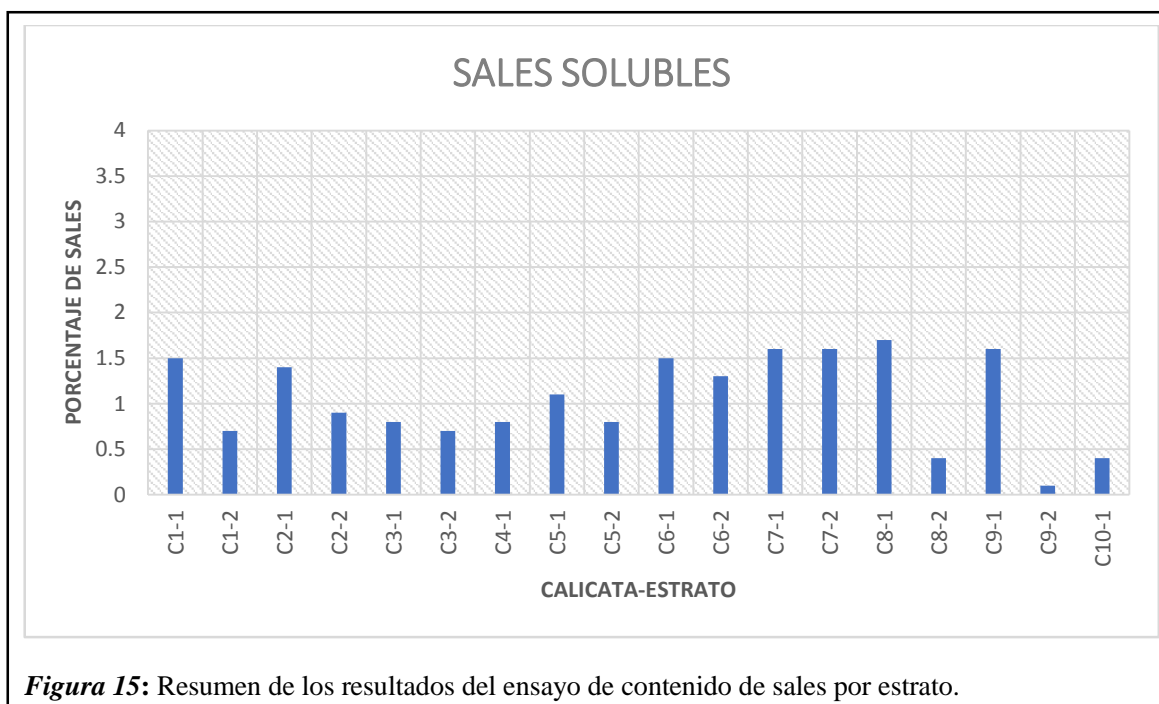
**Interpretación:**

En la figura se muestra los resultados del ensayo de límites de Atterberg, se observa que hay una gran diferencia en las calicatas 8 y 6, debido a que estas son en mayor porcentaje arenas y presentan un índice de plasticidad bajo a diferencia del resto de estratos; la calicata 1 es la que presenta mayor índice de plasticidad, superando el 50%.

**3.2.3. Ensayo de contenido de sales**

Para realizar el ensayo de contenido de sales se inició secando la muestra y al día siguiente se chanco y se procedió a tamizar por la malla N° 10 y se pesó 50 gr, se colocó en una botella de vidrio y se agregó 250 ml de agua destilada y se agito por una hora; posteriormente se dejó reposar un día para pasar por un papel filtro 50 ml y colocar al horno para determinar el contenido de sales de cada estrato.

Los resultados del ensayo de contenido de sales que se realizaron a cada estrato, se mostrarán en la siguiente figura:



**Figura 15:** Resumen de los resultados del ensayo de contenido de sales por estrato.

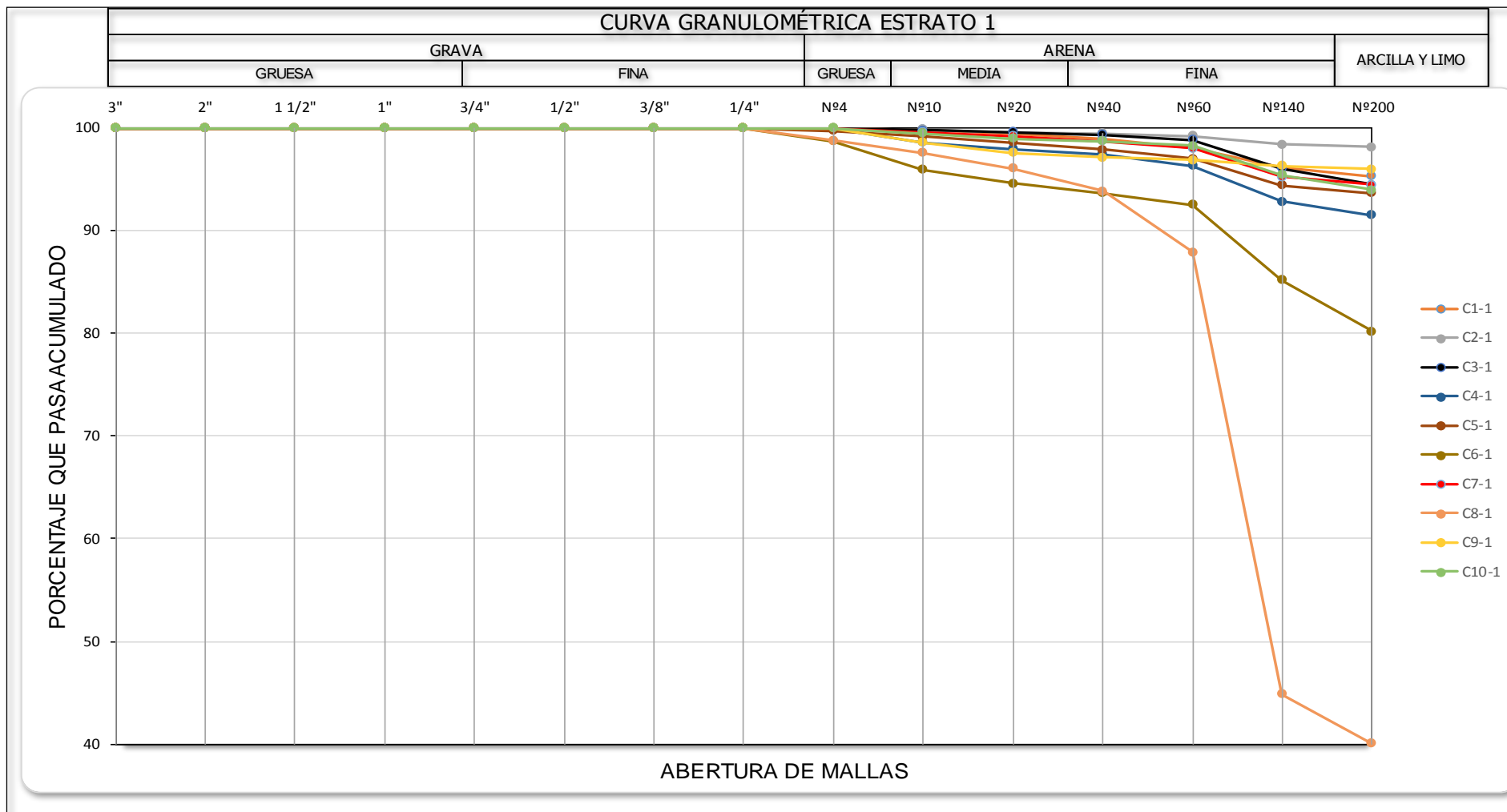
**Interpretación:**

En la figura se muestra el porcentaje de sales solubles, las calicatas 7, 8 y 9 superan el 1.50 de contenido de sales que equivalen a 15000 ppm, esto implica que presenta un grado de alteración perjudicial, pudiendo ocasionar graves problemas al pavimento.

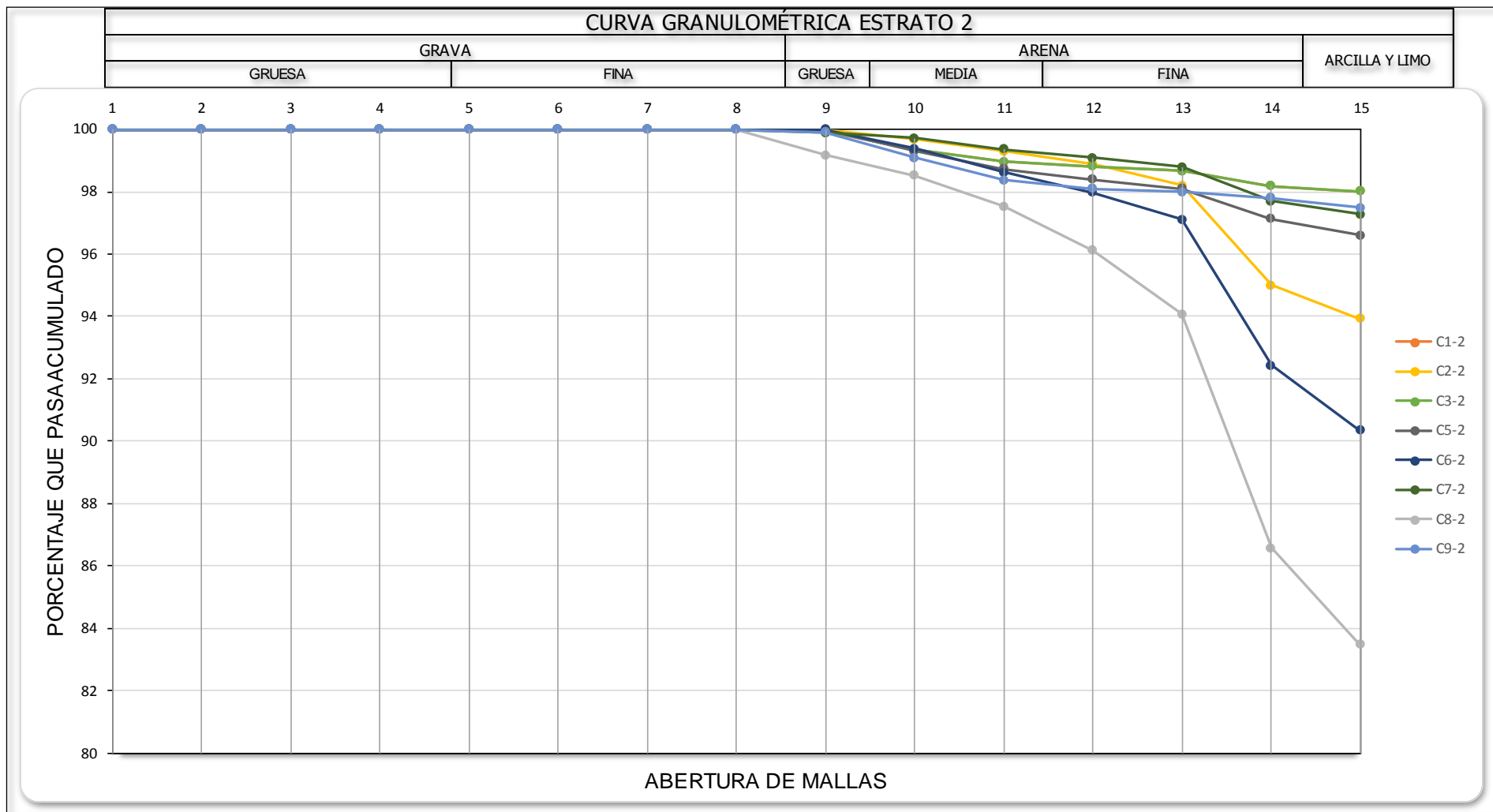
**3.2.4. Ensayo de granulometría**

Para realizar el ensayo de granulometría se inicio secando la muestra al horno y después de las 24 horas chancarla y pesar 500 gr para luego ser saturada, al día siguiente se lavó la muestra en la malla N°200 y lo retenido se colocó al horno 24 horas para posteriormente empezar con el tamizado.

Los resultados del ensayo de granulometría que se realizaron a cada estrato, se mostrarán en la siguiente figura.



**Figura 16:** Resumen de los resultados del ensayo de granulometría del estrato 1.



**Figura 17:** Resumen de los resultados del ensayo de granulometría del estrato 2.



### Interpretación:

En las figuras se muestran los diferentes tipos de granulometrías que tiene los estratos en cada una de las calicatas estudiadas, las cuales se aprecia que en su mayoría con excepción la C-6-1 y C-8-1, son arcillas debido a que pasa alrededor de 90-100% la malla N°200 (0.075mm). En las C-6-1 y C-8-1, se observa que su granulometría es diferente de las demás esto se debe a que contiene mayor porcentaje de arena.

### 3.2.5. Ensayo de proctor modificado

El ensayo de proctor se realizó a 3 calicatas (C-08, C-09 y C-10); se obtuvo más de 80 kg de muestra por calicata, se procedió a secar y tamizar por la malla N° 04, se pesó 4 bolsas de 5.50 kg de muestra y se colocó agua a una de ellas para obtener el contenido de humedad base, se dejó saturar por un día y se procedió a la compactación.

Los resultados del ensayo de proctor modificado que se realizaron a las 3 calicatas, se mostrarán en la siguiente tabla:

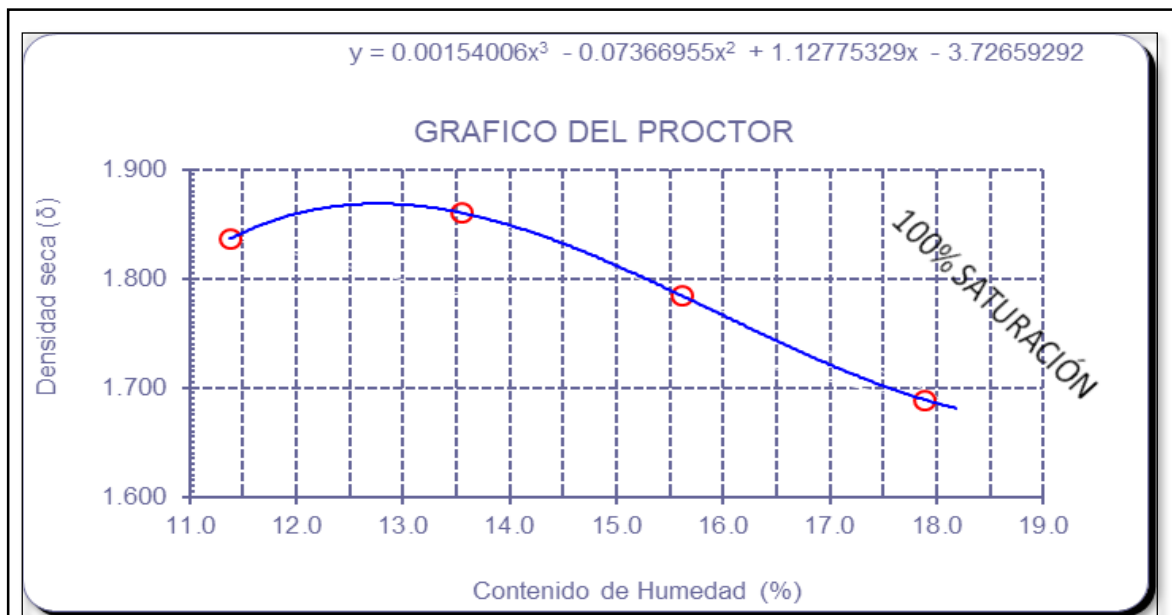
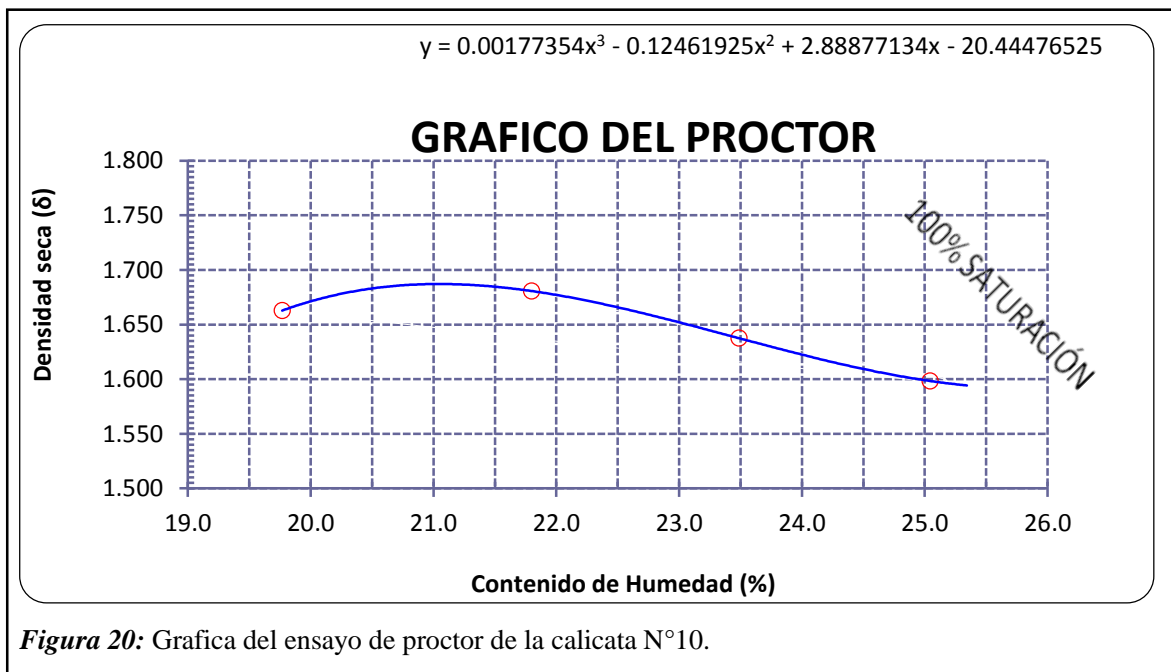
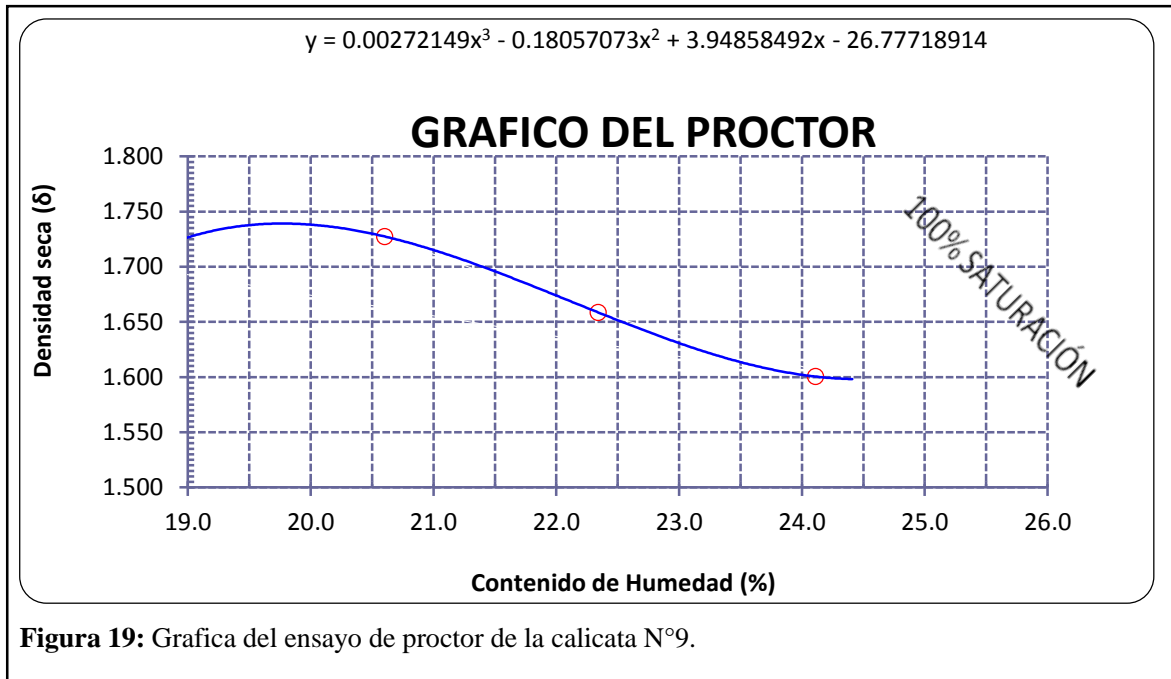


Figura 18: Grafica del ensayo de proctor de la calicata N°8.



**Tabla 26**

*Tabla de resumen de resultados del ensayo de proctor modificado*

N° CALICATA	M.D.S	O.C.H	N° ANEXO
C-08	1.87	12.74	B
C-09	1.74	19.75	B
C-10	1.69	21.03	B

**Fuente:** Elaboración propia.

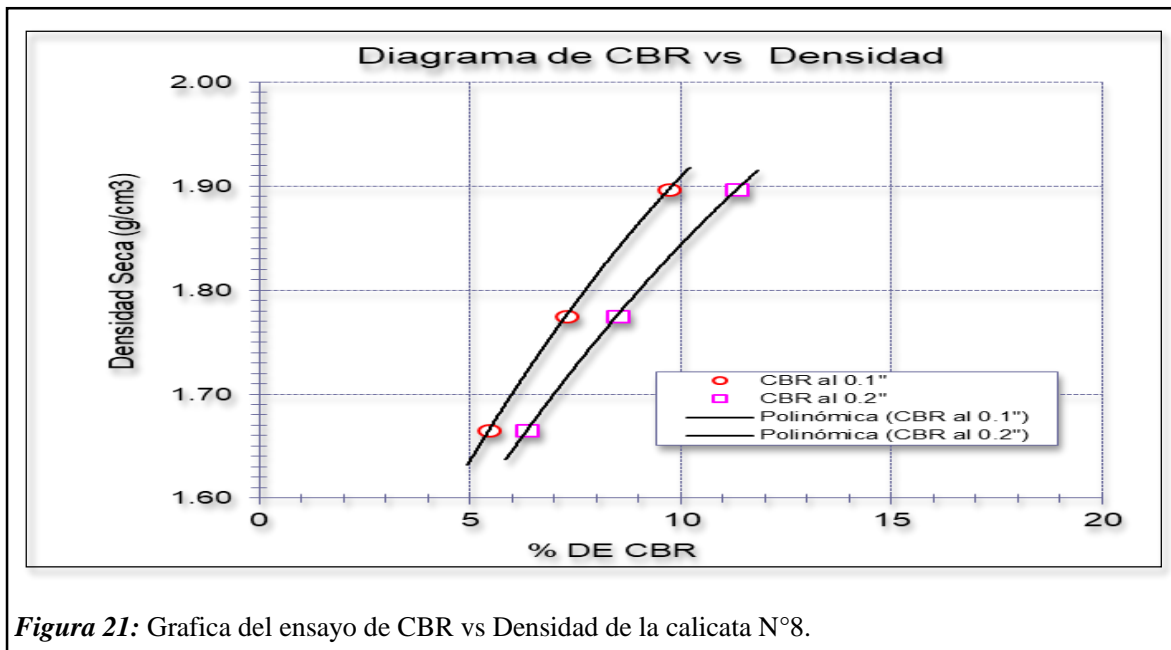
### Interpretación:

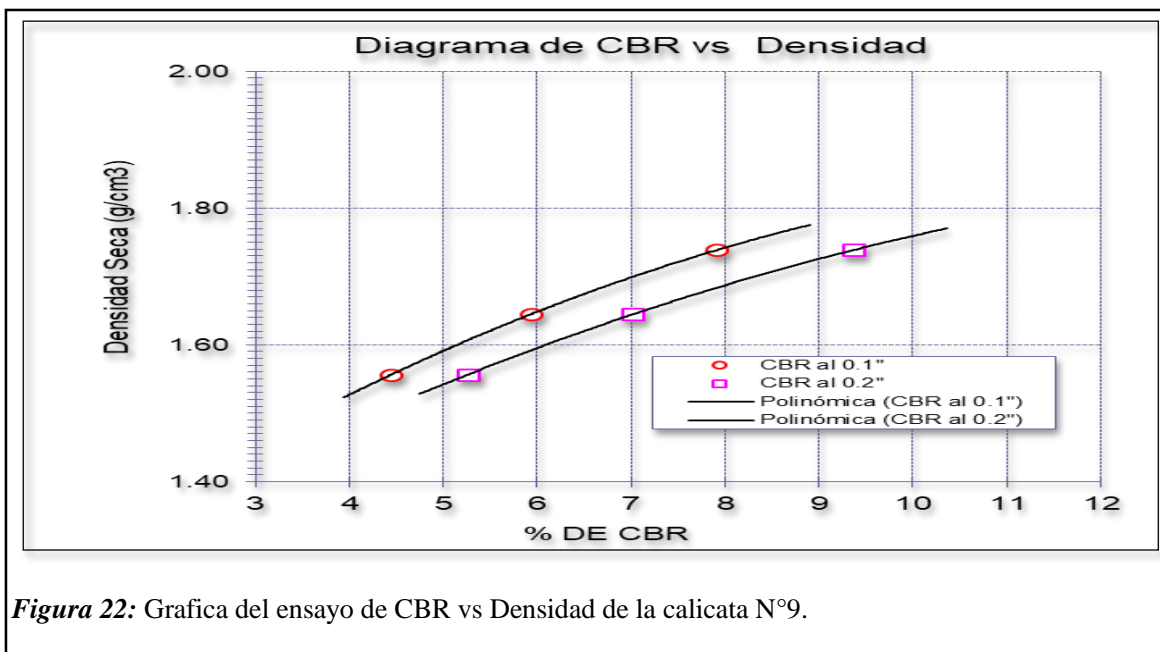
En la tabla se visualiza que la muestra de la calicata 10 requiere mayor contenido de humedad y la calicata 8 requiere menos contenido de humedad; a mayor densidad seca menor será en óptimo contenido de humedad.

### 3.2.6. Ensayo de CBR

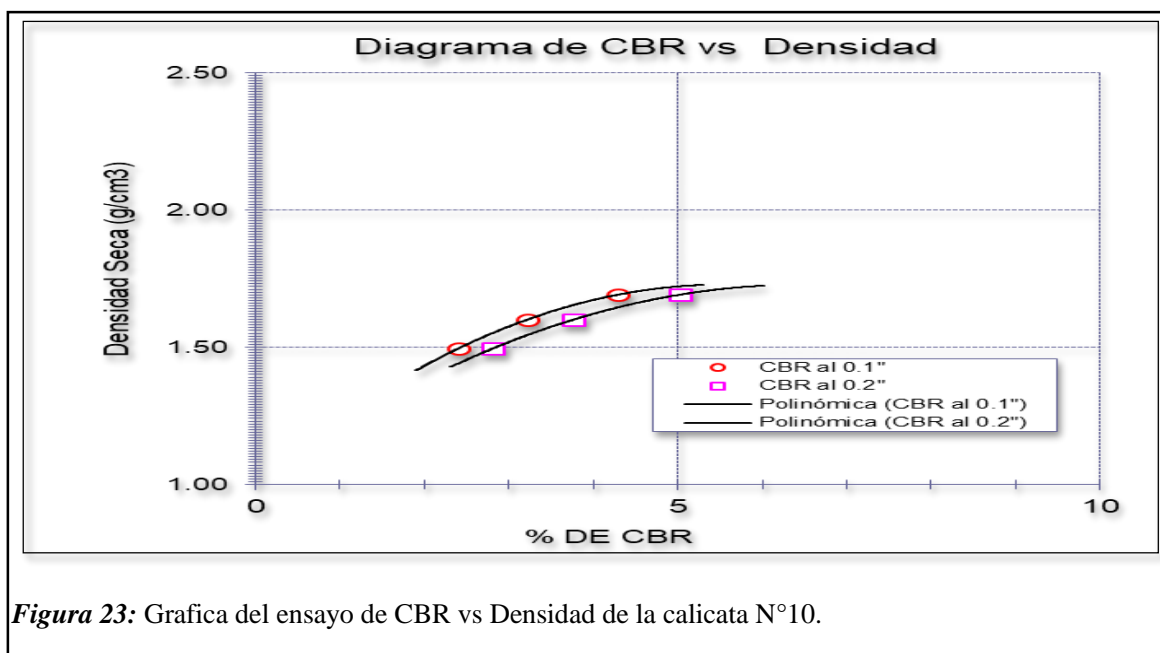
El ensayo de CBR se realizó a 3 calicatas (C-08, C-09 y C-10); se obtuvo más de 80 kg de muestra por calicata, se procedió a secar y tamizar por la malla N° 04, se pesó 3 bolsas de 5.50 kg de muestra y se colocó el óptimo contenido de humedad obtenido del ensayo de proctor modificado y se procedió a la compactación.

Los resultados del ensayo de CBR que se realizaron a la C-08, C-09 y C-10, se muestran en la siguiente tabla:





**Figura 22:** Grafica del ensayo de CBR vs Densidad de la calicata N°9.



**Figura 23:** Grafica del ensayo de CBR vs Densidad de la calicata N°10.

**Tabla 27**

*Tabla de resumen de resultados del ensayo de CBR*

N° CALICATA	CBR (%)	N° ANEXO
C-08	9.19	B
C-09	7.92	B
C-10	4.26	B

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Interpretación:**

En la tabla se visualiza que la calicata 8 presenta mayor porcentaje de CBR, esto se debe que según la granulometría realizada dicha calicata presenta un suelo SC-SM (Arenas arcillosas-Arenas limosas) y la calicata 9 y 10 son CH (Arcillas de alta plasticidad).

### **3.3. Estudio hidrológico e hidráulico**

#### **3.3.1. Estudio hidrológico**

Para realizar el estudio hidrológico se inició con la obtención de los datos de las precipitaciones proporcionadas por el SENAMHI, la cuenca con la que se trabajo es la de Chancay-Lambayeque con la estación de Lambayeque, debido a que es la más cercana a la zona de estudio.

Se inició con el análisis de consistencia, que comprende análisis visual y de doble masa, con la finalidad de obtener una serie confiable (homogénea y consistencia), seguidamente se realiza el análisis de saltos y se corrigen los datos.

Se procedió con las pruebas de bondad de ajuste, el cual incluye la prueba de Chi-Cuadrado y la prueba Smirnov-Kolmogorov. En la prueba Chi-Cuadrado se inicia ordenando los datos pluviométricos de menor a mayor, se procede a hallar el número y la amplitud del intervalo, seguidamente se calcula la frecuencia acumulada y absoluta para verificar si ésta prueba se ajusta o no, en el proyecto de investigación resultó que ésta prueba no se ajusta ya que el Chi-Cuadrado calculado es mayor que el valor tabular. Se procede a realizar la prueba K-S, para ello se utilizaron 4 fórmulas, Weibull, California, Hazen y Tukey; a cada una se le halla el valor absoluto de la diferencia de la probabilidad de distribución teórica con la probabilidad experimental o empírica; se trabaja con el máximo valor obtenido y se compara con el delta crítico, si el delta máximo es menor que el crítico el ajuste es correcto; el resultado del proyecto de investigación dio un ajuste correcto. Ver Anexo “C”

Con los datos corregidos se procede a hallar las variables probabilísticas, se calcula las precipitaciones máximas probables para cada periodo de retorno, se procede a hallar las precipitaciones máximas por tiempo de duración, seguidamente se realiza la curva IDF por 5 métodos o modelos (precipitación sobre tiempo, Bernard, Frederich, Dyck y Peschke y

distribución teórica), relacionando el tiempo de duración (min) con la intensidad (mm/h); quedando el método de Bernard para trabajar como intensidad máxima en una hora.

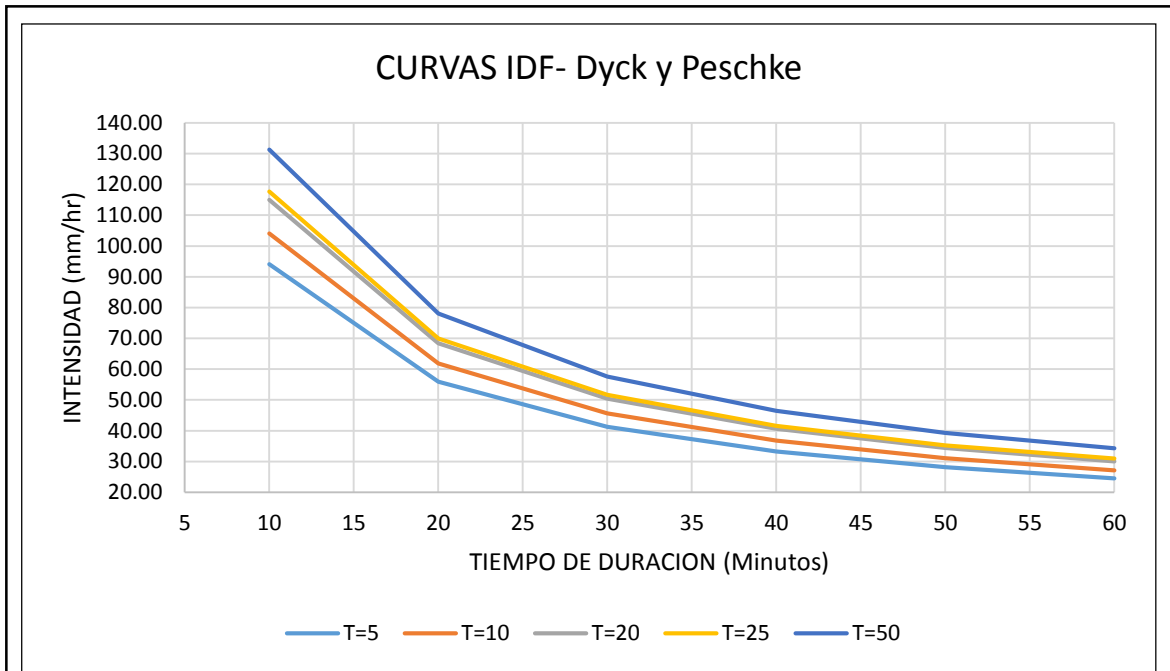
**Tabla 28:**

Tabla de resumen *de registros de precipitaciones de la Estación Lambayeque*

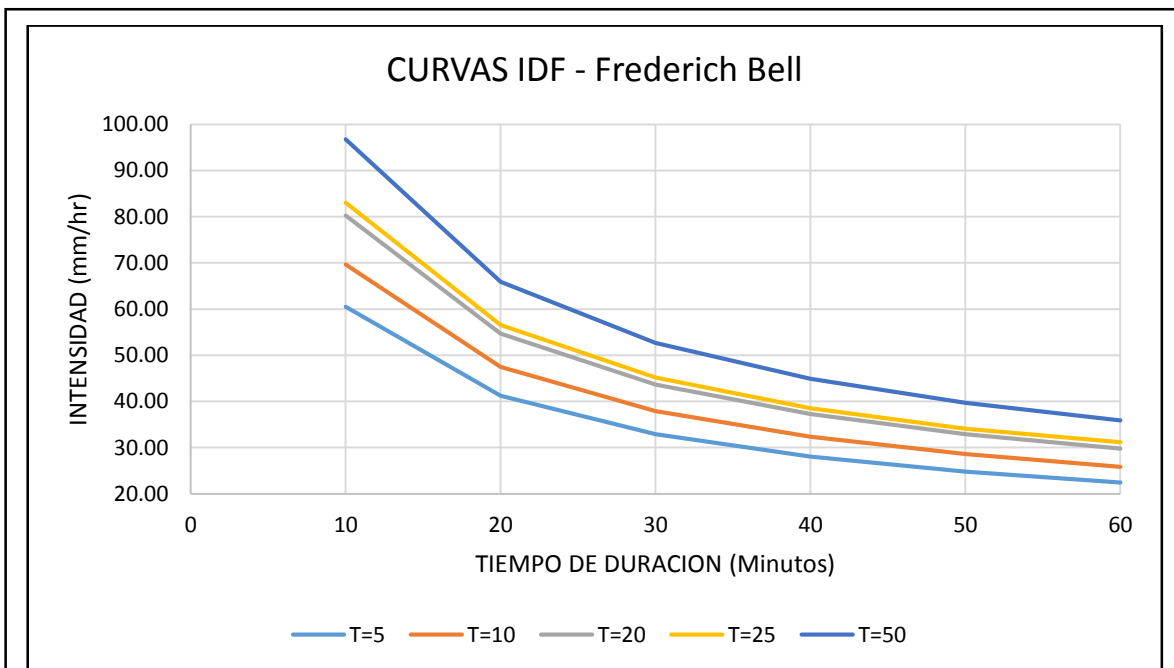
N°	AÑO	PRECIPITACION MAXIMA ANUAL	N°	AÑO	PRECIPITACION MAXIMA ANUAL
1	1964	1.90	28	1991	0.90
2	1965	9.60	29	1992	14.20
3	1966	6.50	30	1993	6.60
4	1967	5.10	31	1994	16.10
5	1968	6.80	32	1995	5.70
6	1969	5.50	33	1996	2.00
7	1970	3.00	34	1997	10.50
8	1971	15.60	35	1998	71.30
9	1972	35.60	36	1999	20.10
10	1973	11.60	37	2000	5.70
11	1974	2.80	38	2001	40.80
12	1975	4.80	39	2002	15.20
13	1976	2.70	40	2003	14.70
14	1977	3.90	41	2004	3.60
15	1978	1.80	42	2005	2.40
16	1979	1.80	43	2006	11.80
17	1980	1.60	44	2007	2.40
18	1981	9.90	45	2008	11.70
19	1982	1.30	46	2009	5.70
20	1983	63.60	47	2010	19.70
21	1984	6.20	48	2011	7.10
22	1985	4.60	49	2012	22.10
23	1986	8.50	50	2013	8.50
24	1987	3.80	51	2014	3.70
25	1988	2.10	52	2015	18.00
26	1989	3.40	53	2016	5.80
27	1990	2.20	54	2017	60.70

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos por el método de curvas IDF.



**Figura 24:** Curvas IDF con el método de Dyck y Peschke



**Figura 25:** Curvas IDF con el método de Frederich Bell

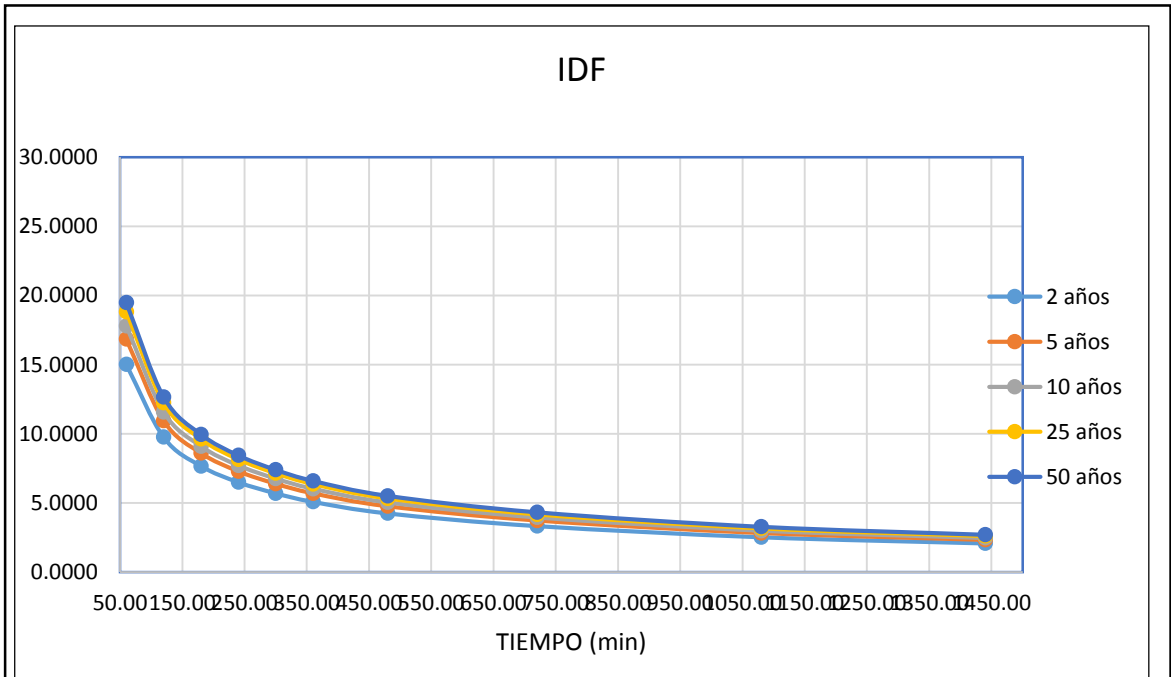


Figura 26: Curvas IDF con el método de Precipitación sobre tiempo

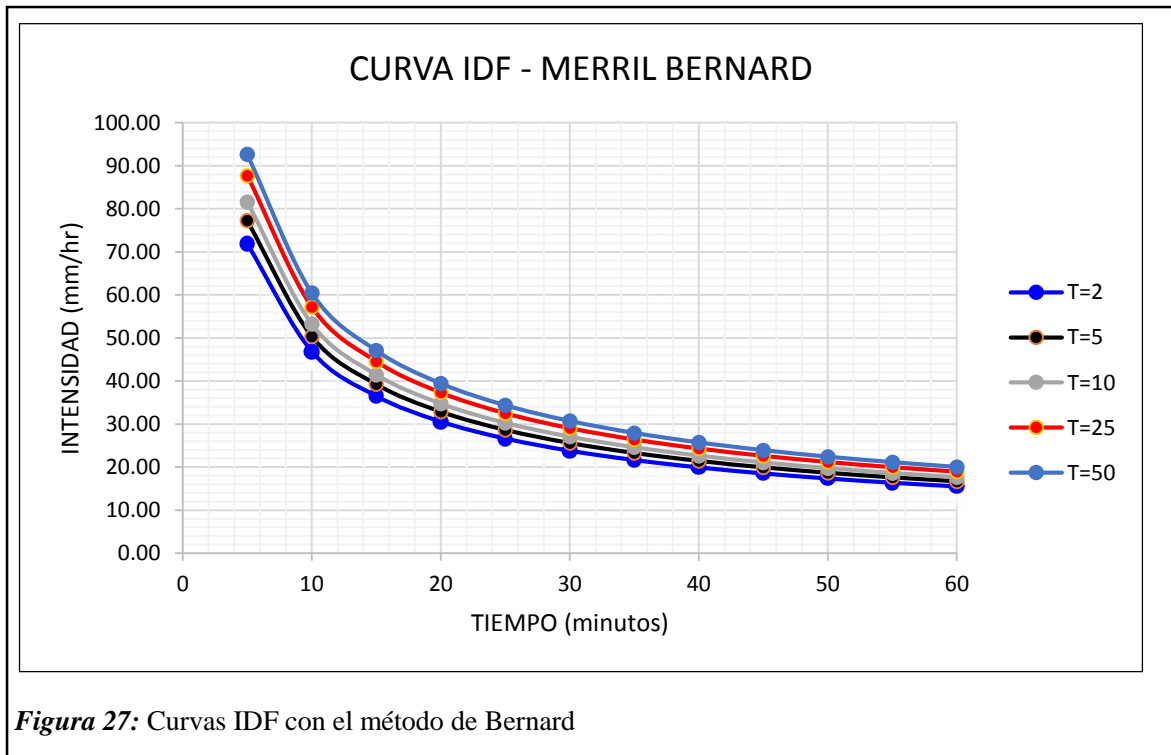


Figura 27: Curvas IDF con el método de Bernard



**Tabla 29***Tabla de resumen de intensidades- tiempo de duración*

Método o Modelo	Intensidad de la lluvia (mm /hr) para T=25 años
Precipitación Tiempo	18.825
<b>Bernard</b>	<b>18.96</b>
Frederich	31.15
Dyck y Peschke	30.97
Distribución Teórica	62.75

**Fuente:** Elaboración propia.

Para elegir el método nos basamos según la Norma O.S.060, la cual indica un diseño para el método precipitación-tiempo, éste método con la de Bernard se asemejan y de ellos se eligió el más crítico, que es el de Bernard; luego se procede a hallar el tiempo de concentración y coeficiente de escorrentía, para finalmente hallar el caudal a evacuar.

**Tabla 30***Tabla resumen de tiempo de concentración por calle*

CALLE	Tiempo de concentración (min)
Progreso	5.30
Las Mercedes	9.19
Jorge Chavez	18.79
Santa Catalina	15.73
San Martin	17.46
22 de Febrero	34.04
Avenida Cornejo	40.85
San Sebastián	17.40
Pasaje Unión	11.73
Pasaje Puerto Rico	22.28
San Salvador	34.43
Los Rosales	37.75
Intihuantana	17.32
Urrunaga	22.70
La Paz	46.61
Union	39.98
San Ramon	15.35
San Lucas	52.57
Santos Atahualpa	36.67
Pampon	11.92
Antenor Orrego	41.27
Puerto Rico	32.66
4 de Noviembre	11.42

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 31.**

*Resumen del caudal total a evacuar*

<b>CALLES COLECTORAS</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>Und.</b>
CALLE EL PROGRESO	0.307	m3/s
CALLE 22 FEBRERO	0.303	m3/s
AV. CORNEJO	0.178	m3/s
CALLE JORGE CHÁVEZ	0.076	m3/s
CALLE LAS MERCEDES	0.037	m3/s
CALLE SANTA CATALINA	0.056	m3/s
CALLE SAN MARTIN	0.042	m3/s
<b>CAUDAL TOTAL A EVACUAR</b>	<b>0.999</b>	<b>m3/s</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Interpretación:**

En la figura 17, 18, 19 y 20 las curvas intensidad-duración para cada tiempo de retorno, de las cuales para el proyecto se tomó en cuenta un periodo de retorno de 25 años para una intensidad máxima de 1 hora; se aprecia que, a mayor tiempo de duración, menor será la intensidad.

En la tabla 28 se visualiza el caudal que se va a evacuar por cada calle recolectora y el caudal total, siendo el que acumulará mayor caudal la calle Progreso.

El procedimiento se detalla paso a paso en el Anexo “C”.

### **3.3.2. Estudio Hidráulico**

En el plano de perfiles longitudinales que se anexa en el expediente técnico, se visualiza que el bombeo de la calzada es de 2%, las pendientes longitudinales varían de 0.2% A 0.5%, evacuando las aguas de los pueblos jóvenes a siete colectoras que son: Calle 22 de febrero, calle el Progreso, Av. Cornejo, calle Jorge Chávez, calle las Mercedes, calle San Martín y a la calle Santa Catalina, las cuales presentaran una evacuación de aguas por tuberías.

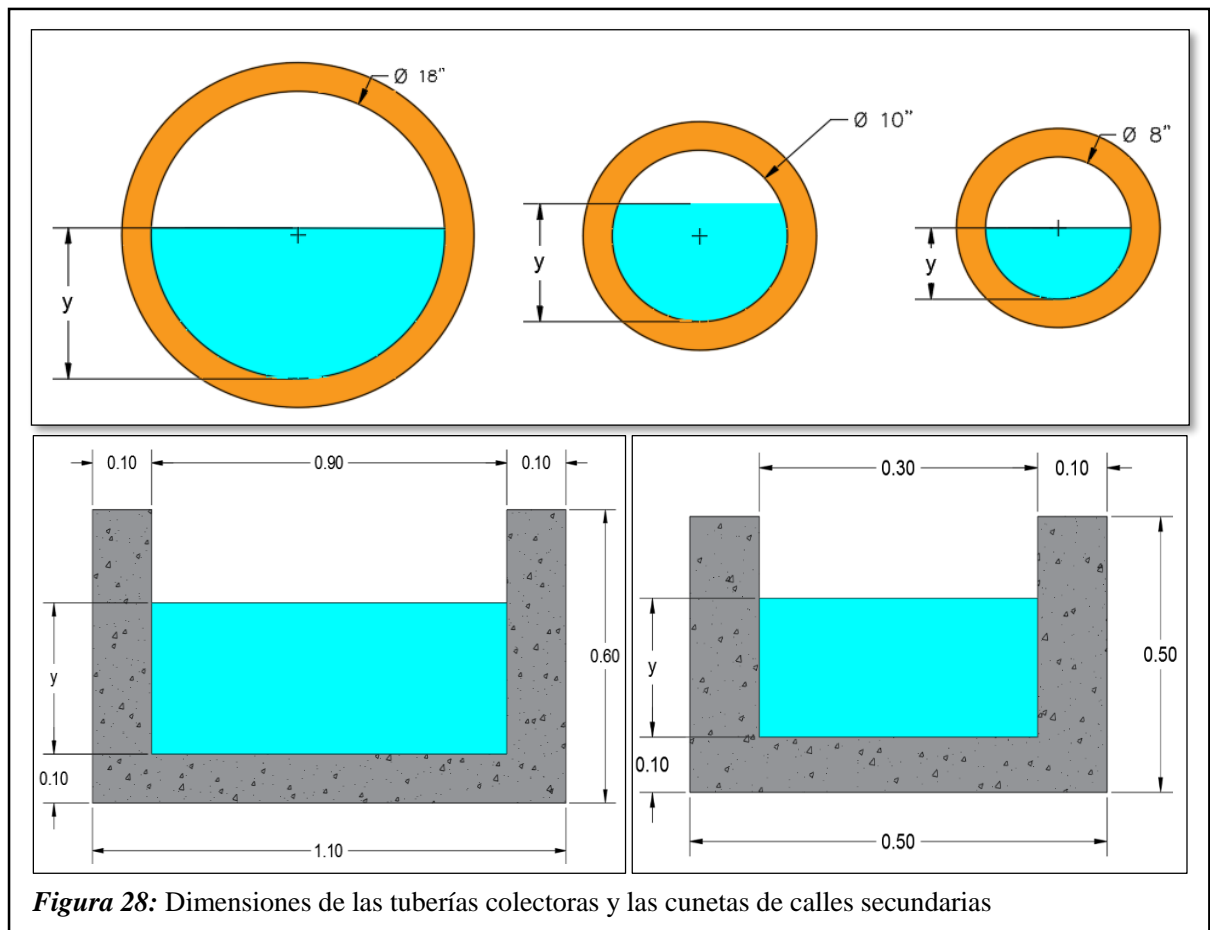
Las dimensiones de cuneta y tuberías se realizaron mediante la ecuación de Manning, las cuales fueron obtenidas mediante el programa de Hcanales.

**Tabla 32:**

*Resumen de diámetros para calles colectoras*

CALLES COLECTORES CON TUBERIA PVC						
CALLE	Q (m <sup>3</sup> /s)	d "	d-int (m)	n	y	s
CALLE 22 DE FEBRERO	0.303	18plg	0.43	0.01	0.30	0.003
CALLE PROGRESO	0.307	18plg	0.43	0.01	0.29	0.0034
CALLE SANTA CATALINA	0.056	8plg	0.19	0.01	0.15	0.006
CALLE JORGE CHAVEZ	0.076	10plg	0.24	0.01	0.17	0.004
CALLE LAS MERCEDES	0.037	8plg	0.19	0.01	0.12	0.004
CALLE SAN MARTIN	0.042	8plg	0.19	0.01	0.14	0.004

**Fuente:** Elaboración propia.



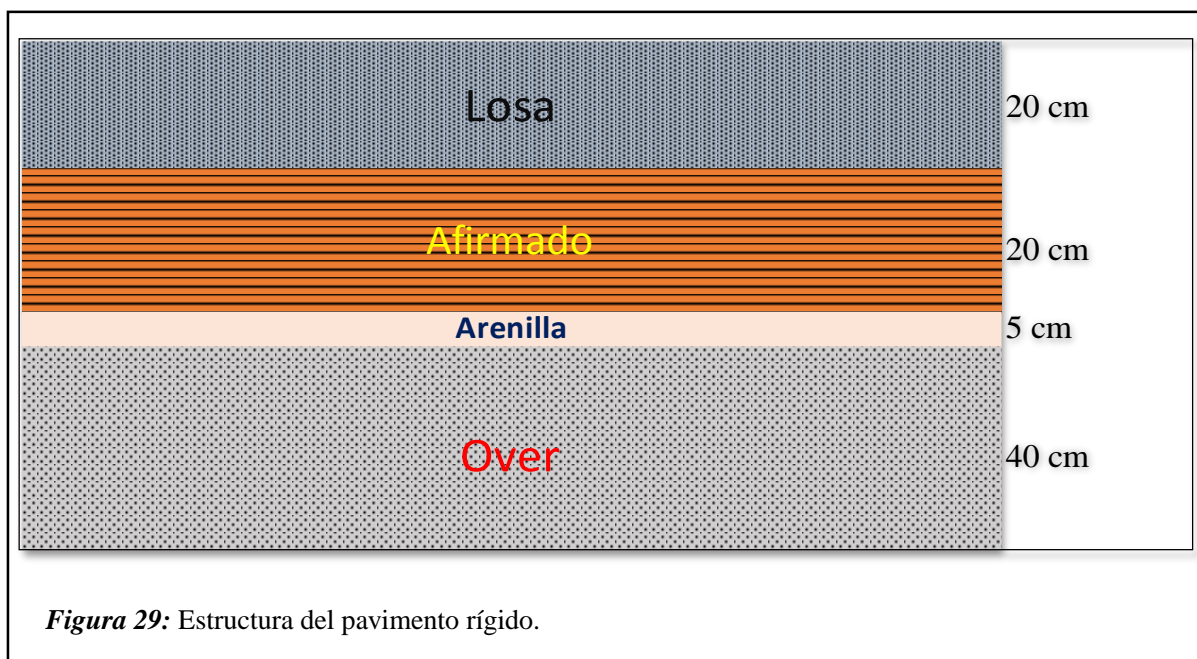
### 3.4. Diseño geométrico y estructural de pistas y veredas

#### 3.4.1. Diseño geométrico

En el plano general de pistas y veredas que se anexa en el expediente técnico, se aprecia que el diseño geométrico del pavimento está dado por un ancho de calzada variable por calle, con sardineles de 0.15 m, áreas verdes de 1.20 m y veredas de 1.20 m; la variación de la calzada se debe a las distintas dimensiones que presenta cada calle de la zona de estudio.

#### 3.4.2. Diseño estructural del pavimento

En el Anexo “D”, se detalla el procedimiento y los espesores que comprende cada parte de la estructura del pavimento, se aprecia un mejoramiento de sub-rasante con over de 40 cm, 5 cm de capa anticontaminante de arenilla, sub-base granular de 20 cm y un espesor de losa de concreto hidráulico de 20 cm; las dimensiones están dadas del estudio de tránsito mediante el método de AASHTO y el PCA, y a la vez por un mejoramiento de suelo.



*Figura 29:* Estructura del pavimento rígido.

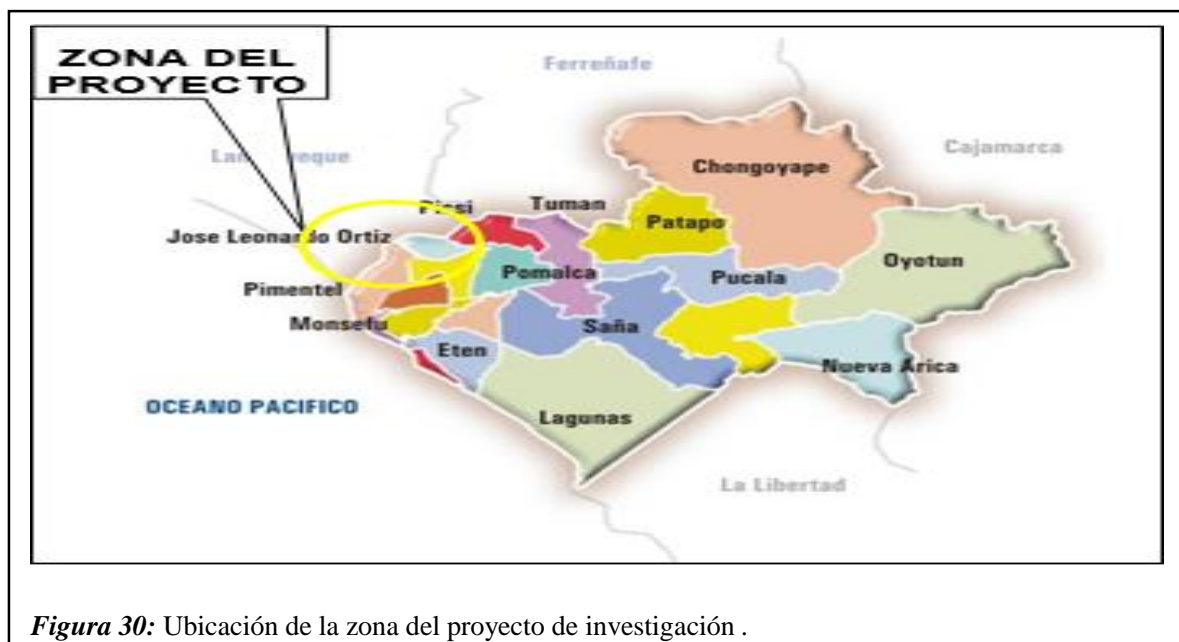
### 3.5. Estudio técnico de Ingeniería definitiva

#### 3.5.1. Memoria descriptiva

La memoria descriptiva consta de un pequeño resumen del total del proyecto; se detalla la zona de estudio, la cual está ubicada en los pueblos jóvenes San Lorenzo y Santa Ana del Distrito de José Leonardo Ortiz, los objetivos principales y secundarios del proyecto, que

son diseñar la red de drenaje pluvial, elaborar los estudios de ingeniería básica, realizar el diseño geométrico y estructural de la pavimentación, así como, formular el expediente técnico definitivo.

Se detalla el plazo de ejecución de la obra que será de 300 días hábiles, el presupuesto total de la obra de S/.16'536,668.03, la estructura que tiene el pavimento (0.40 m de mejoramiento de sub-rasante, 0.05 m de capa anticontaminante de arenilla, 0.20 m de base y 0.20 m de losa de losa de concreto), así como el proceso de selección que será por administración directa y el sistema de contratación será a precios unitarios.



*Figura 30:* Ubicación de la zona del proyecto de investigación .

### 3.5.2. Especificaciones técnicas

En las especificaciones técnicas se detalla paso a paso el procedimiento que se va a realizar durante la ejecución de la obra, el cual presenta la componente de Pavimentación y Drenaje Pluvial; dentro de la componente de pavimentación se encuentra obras provisionales, pavimentación, veredas, martillos, rampas, sardineles de concreto, varios, flete, seguridad y salud y mantenimiento, y dentro de la componente de drenaje pluvial se encuentran cunetas de concreto, tuberías colectores, sumideros, pozos colectores y mantenimiento.

En el punto de obras provisionales, se detalla el cartel de obra, caseta de vigilancia y almacén y movilización y desmovilización de equipos.

En el punto de veredas se detalla los trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, juntas, curado y otros.

En el punto de martillos, se detalla los trabajos preliminares, el movimiento de tierra, el concreto simple y curado.

En la partida de rampas se detalla los trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple y curado.

En el punto de varios se encuentra la limpieza final de obra y placa recordatoria.

En la partida flete, se detallan costo total del traslado de los materiales del lugar de la compra hasta la obra.

En seguridad y obra se detalla el equipo de protección, señalización temporal de seguridad, habilitación de desvíos provisionales, capacitación en seguridad y salud y recursos para respuesta ante emergencias en seguridad y salud.

En mantenimiento se detalla que se realizará una o dos veces al año o cuando sea notoria alguna falla estructural; este trabajo estará a cargo de la municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz.

### **3.5.3. Estudio de impacto ambiental**

El estudio de impacto ambiental en el proyecto de investigación se desarrolló con el método de Battelle, teniendo en cuenta dos acciones, durante la construcción y durante la operación. El ambiente ecológico afectado durante la construcción del proyecto tenemos al aire, suelo, paisaje, seguridad y economía, siendo el impacto negativo mayor el aire (contaminación con polvo y niveles sonoros) con -22.4 y suelo (contaminación del suelo y arrastre de materiales) con -22.4, y el impacto positivo el de economía (generación de empleo) con 12. El ambiente ecológico afectado durante la operación es el aire y paisaje, obteniendo efectos positivos en ambos casos.

El estudio de impacto ambiental realizado mediante el método de Battelle, resulta de menor significancia.

### 3.5.4. Metrados

Se obtuvieron los metrados de cada partida con sus respectivas unidades, obteniendo mayor metrado en la partida de acero estructural  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$  en canal con 151,055.39 kg y la de menor metrado la partida de corte superficial manual en uñas en rampas con 4.38 m<sup>3</sup>. El detalle a fondo del metrado de cada partida se visualiza en el Expediente Técnico.

**Tabla 33:**

Resumen de metrados de cada partida.

RESUMEN DE METRADOS			
Item	Description	Und.	Metrado
<b>01.00.</b>	PAVIMENTACION		
<b>01.01.00</b>	OBRAS PROVISIONALES		
<b>01.01.01</b>	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 8.50M X 3.60M.	und	1.00
<b>01.01.02</b>	CASETA PARA ALMACEN Y GUARDIANIA	GLB	1.00
<b>01.01.03</b>	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	GLB	1.00
<b>01.02.00</b>	PAVIMENTACION		
<b>01.02.01</b>	TRABAJOS PRELIMINARES		
<b>01.02.01.01</b>	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m <sup>2</sup>	53,189.46
<b>01.02.01.02</b>	TRAZO Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	53,189.46
<b>01.02.02</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>01.02.02.01</b>	CORTE CON MAQUINARIA EN TERRENO NATURAL	m <sup>3</sup>	40,357.28
<b>01.02.02.02</b>	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m <sup>2</sup>	53,189.46
<b>01.02.02.03</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROV. DE CORTE	m <sup>3</sup>	50,446.60
<b>01.02.02.04</b>	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON OVER	m <sup>3</sup>	18,616.31
<b>01.02.02.05</b>	CAPA ANTICONTAMINANTE ARENILLA E=2"	m <sup>2</sup>	67,935.88
<b>01.02.02.06</b>	SUBBASE GRANULAR	m <sup>3</sup>	10,637.89
<b>01.02.03</b>	LOSA DE CONCRETO		
<b>01.02.03.01</b>	CONCRETO PREMEZCLADO DIRECTO EN LOSA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	m <sup>3</sup>	10,637.89
<b>01.02.03.02</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA	m <sup>2</sup>	7,281.42
<b>01.02.03.03</b>	JUNTA ASFLATICA DE 1"	m	16,979.38
<b>01.02.04</b>	CURADO		
<b>01.02.04.01</b>	CURADO DEL CONCRETO	m <sup>2</sup>	53,189.46
<b>01.02.05</b>	SEÑALIZACION		
<b>01.02.05.01</b>	SEÑALIZACION HORIZONTAL		
<b>01.02.05.01.01</b>	PINTADO DE LINEA CONTINUA EN PAVIMENTO	m <sup>2</sup>	490.62
<b>01.02.05.01.02</b>	PINTADO DE FLECHAS DIRECCIONALES CON GIRO	m <sup>2</sup>	69.42
<b>01.02.05.01.03</b>	PINTADO DE FLECHAS DIRECCIONALES CON DOBLE GIRO	m <sup>2</sup>	101.20
<b>01.02.05.01.04</b>	PINTADO DE LINEAS DE PASOS PEATONALES	m <sup>2</sup>	1,790.50
<b>01.02.05.01.05</b>	PINTADO DE FLECHAS CON GIRO	m <sup>2</sup>	8.45
<b>01.02.05.01.06</b>	PINTADO DE FLECHAS CON DOBLE GIRO	m <sup>2</sup>	38.14

<b>01.02.05.02</b>	SEÑALIZACION VERTICAL		
<b>01.02.05.02.01</b>	SEÑALIZACION INFORMATIVA	und	46.00
<b>01.02.06</b>	OTROS		
<b>01.02.06.01</b>	ENCIMADO Y NIVELACION DE BUZONES	glb	1.00
<b>01.03.00</b>	VEREDAS		
<b>01.03.01</b>	TRABAJOS PRELIMINARES		
<b>01.03.01.01</b>	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	9,100.28
<b>01.03.01.02</b>	TRAZO Y REPLANTEO DE EJES Y NIVELES	m2	9,100.28
<b>01.03.01.03</b>	DEMOLICION DE VEREDAS	m2	5,046.42
<b>01.03.01.04</b>	DEMOLICION DE UÑAS e = 0.40 m	m2	793.51
<b>01.03.01.05</b>	ELIMINACION DE MATERIAL PROVENIENTE DE DEMOLICIONES D=5 KM	m3	1,027.56
<b>01.03.02</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>01.03.02.01</b>	CORTE SUPERFICIAL MANUAL VEREDAS	m3	2,730.09
<b>01.03.02.02</b>	CORTE SUPERFICIAL MANUAL UÑAS	m3	227.51
<b>01.03.02.03</b>	ACARREO DE MATERIAL PROVENIENTE DEL CORTE.	m3	3,696.99
<b>01.03.02.04</b>	NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE CON EQUIPO LIVIANO	m2	9,100.28
<b>01.03.02.05</b>	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (AFIRMADO E=4")	m2	9,100.28
<b>01.03.02.06</b>	CAPA ANTICONTAMINANTE ARENILLA E=2"	m2	9,100.28
<b>01.03.02.07</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROV. DE CORTE	m3	3,696.99
<b>01.03.03</b>	CONCRETO SIMPLE		
<b>01.03.03.01</b>	CONCRETO EN VEREDAS F'C=175 KG/CM2 ACABADO Y BRUÑADO	m2	9,100.28
<b>01.03.03.02</b>	CONCRETO EN UÑAS F'C=175 KG/CM2 ACABADO Y BRUÑADO	m3	227.51
<b>01.03.03.03</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VEREDAS	m2	3,046.71
<b>01.03.04</b>	JUNTAS		
<b>01.03.04.01</b>	JUNTA DE DILATACIÓN CON TECNOPOR Y SELLADO CON ASFALTO	m	3,033.43
<b>01.03.05</b>	CURADO		
<b>01.03.05.01</b>	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	9,100.28
<b>01.03.06</b>	OTROS		
<b>01.03.06.01</b>	NIVELACION DE CAJAS DE CONEX. DOM. DE AGUA EXISTENTE	und	748.00
<b>01.03.06.02</b>	NIVELACION DE CAJAS DE CONEX. DOM. DE DESAGUE EXISTENTE	und	748.00
<b>01.04.00</b>	MARTILLOS		
<b>01.04.01</b>	TRABAJOS PRELIMINARES		
<b>01.04.01.01</b>	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	884.69
<b>01.04.01.02</b>	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	884.69
<b>01.04.02</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>01.04.02.01</b>	CORTE SUPERFICIAL MANUAL	m3	265.41
<b>01.04.02.02</b>	CORTE SUPERFICIAL MANUAL UÑAS	m3	33.91
<b>01.04.02.03</b>	ACARREO DE MATERIAL PROVENIENTE DEL CORTE	m3	374.15
<b>01.04.02.04</b>	NIVELACION Y APISONADO MANUAL	m2	884.69
<b>01.04.02.05</b>	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (AFIRMADO E=4")	m2	884.69
<b>01.04.02.06</b>	CAPA ANTICONTAMINANTE ARENILLA E=2"	m2	884.69
<b>01.04.02.07</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROV. DE CORTE	m3	374.15
<b>01.04.03</b>	CONCRETO SIMPLE		



01.04.03.01	CONCRETO EN MARTILLOS F'C=175 KG/CM2 ACABADO Y BRUÑADO	m2	884.69
01.04.03.02	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 EN UÑAS	m3	33.91
01.04.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MARTILLOS	m2	339.13
01.04.04	CURADO		
01.04.04.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	884.69
01.05.00	RAMPAS		
01.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES		
01.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	175.20
01.05.01.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	175.20
01.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.05.02.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL	m3	52.56
01.05.02.02	CORTE SUPERFICIAL MANUAL UÑAS	m3	4.38
01.05.02.03	ACARREO DE MATERIAL PROVENIENTE DE CORTE	m3	71.18
01.05.02.04	NIVELACION Y APISONADO MANUAL	m2	175.20
01.05.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (AFIRMADO E=4")	m2	175.20
01.05.02.06	CAPA ANTICONTAMINANTE ARENILLA E=2"	m2	175.20
01.05.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROV. DE CORTE	m3	71.18
01.05.03	CONCRETO SIMPLE		
01.05.03.01	CONCRETO EN RAMPAS F'C=175 KG/CM2 E=10CM ACABADO Y BRUÑADO	m2	175.20
01.05.03.02	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 EN UÑAS	m3	4.38
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	43.80
01.05.04	CURADO		
01.05.04.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	175.20
01.06.00	SARDINELES DE CONCRETO		
01.06.01	OBRAS PROVISIONALES		
01.06.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DE EJES Y NIVELES	m2	1,054.72
01.06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.06.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m3	316.42
01.06.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE CORTE	m3	395.52
01.06.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
01.06.03.01	SARDINEL DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2	m3	580.10
01.06.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SARDINELES	m2	2,109.44
01.06.03.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 EN SARDINELES	kg	27,169.04
01.06.04	JUNTAS		
01.06.04.01	JUNTA DE DILATACIÓN CON TECNOPOR Y SELLADO CON ASFALTO	m	2,343.83
01.06.05	PINTURA		
01.06.05.01	SEÑALIZACION Y PINTADO DE SARDINELES	m2	3,164.17
01.06.06	JARDINERIA		
01.06.06.01	AREAS VERDES		
01.06.06.01.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL	m3	1,246.17
01.06.06.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE CORTE	m3	1,557.71
01.06.06.01.03	CAPA ANTICONTAMINANTE ARENILLA E=2"	m2	8,307.80
01.06.06.01.04	TIERRA DE CHACRA PARA RELLENO EN AREAS VERDES	m3	1,038.48

<b>01.06.06.01.05</b>	SEBRADO DE GRASS	m2	8,307.80
<b>01.06.06.01.06</b>	SEBRADO DE PLANTONES	und	865.40
<b>01.06.07</b>	CURADO EN SARDINELES		
<b>01.06.07.01</b>	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	3,164.17
<b>01.07.00</b>	VARIOS		
<b>01.07.01</b>	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	63,349.63
<b>01.07.02</b>	PLACA RECORDATORIA	und	1.00
<b>01.08.00</b>	FLETE		
<b>01.08.01</b>	FLETE TERRESTRE	GLB	1.00
<b>01.09.00</b>	SEGURIDAD Y SALUD		
<b>01.09.01</b>	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD		
<b>01.09.01.01</b>	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	45.00
<b>01.09.01.02</b>	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00
<b>01.09.01.03</b>	HABILITACIÓN DE DESVÍOS PROVISIONALES	GLB	1.00
<b>01.09.01.04</b>	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	GLB	1.00
<b>01.09.01.05</b>	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD	GLB	1.00
<b>01.10.00</b>	MANTENIMIENTO		
<b>01.10.01.00</b>	MANTENIMIENTO EN PAVIMENTO	GLB	1.00
<b>02.00.</b>	DRENAJE PLUVIAL		
<b>02.01.00</b>	CUNETAS DE CONCRETO		
<b>02.01.01</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>02.01.01.01</b>	EXCAVACION DE TERRENO NORMAL	m3	3,048.33
<b>02.01.01.02</b>	SOLADO E=2" MEZCLA 1:12 CEMENTO HORMIGON	m2	1,649.45
<b>02.01.01.03</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	3,810.42
<b>02.01.02</b>	CONCRETO ARMADO		
<b>02.01.02.01</b>	CONCRETO EN CANAL F'C=210 KG/CM2	m3	1,528.62
<b>02.01.02.02</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN CANAL	m2	6,646.16
<b>02.01.02.03</b>	ACERO ESTRUCTURAL FY=2400 KG/CM2 EN CANAL	kg	151,055.39
<b>02.02.00</b>	TUBERIAS PARA COLECTORES		
<b>02.02.01</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>02.02.01.01</b>	EXCAVACION DE TERRENO NORMAL	m3	893.74
<b>02.02.01.02</b>	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS	ml	2,212.24
<b>02.02.01.03</b>	CAMA DE APOYO Y PROTECCIÓN CON ARENA	ml	2,212.24
<b>02.02.01.04</b>	RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA VIBRATORIA	ml	2,212.24
<b>02.02.02</b>	TUBERIAS		
<b>02.02.02.01</b>	SUMISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC	ml	2,212.24
<b>02.02.03</b>	ACCESORIOS		
<b>02.02.03.01</b>	ACCESORIOS VARIOS PARA TUBERÍA DE PVC	und	72.00
<b>02.03.00</b>	SUMIDEROS		
<b>02.03.01</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>02.03.01.01</b>	EXCAVACION DE TERRENO NORMAL	m3	103.88
<b>02.03.01.02</b>	SOLADO E=2" MEZCLA 1:12 CEMENTO HORMIGON	m2	103.88
<b>02.03.01.03</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	129.85
<b>02.03.02</b>	CONCRETO ARMADO		
<b>02.03.02.01</b>	CONCRETO EN SUMIDEROS F'C=210 KG/CM2	m3	22.77

<b>02.03.02.02</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SUMIDERO	m2	18.55
<b>02.03.02.03</b>	ACERO ESTRUCTURAL FY=2400 KG/CM2 EN SUMIDERO	kg	1,852.03
<b>02.03.02.04</b>	REJILLAS	und	106.00
<b>02.03.03</b>	ACCESORIOS		
<b>02.03.03.01</b>	ACCESORIOS VARIOS PARA SUMIDEROS	und	318.00
<b>02.04.00</b>	POZOS COLECTORES		
<b>02.04.01</b>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
<b>02.04.01.01</b>	EXCAVACION DE TERRENO NORMAL	m3	134.29
<b>02.04.01.02</b>	SOLADO E=2" MEZCLA 1:12 CEMENTO HORMIGON	m2	43.32
<b>02.04.01.03</b>	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	167.87
<b>02.04.02</b>	CONCRETO ARMADO		
<b>02.04.02.01</b>	CONCRETO EN POZOS COLECTORES	m3	14.14
<b>02.04.02.02</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	45.60
<b>02.04.02.03</b>	ACERO ESTRUCTURAL FY=2400 KG/CM2	kg	4,199.37
<b>02.05.00</b>	MANTENIMIENTO		
<b>02.05.01</b>	MANTENIMIENTO DE CUNETAS Y POZOS COLECTORES	GLB	1.00

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5.5. Presupuesto

El presupuesto total obtenido para la realización de la obra es de S/.16'536,668.03, la cual incluye la elaboración del expediente técnico un monto, que consta de gastos de servicios, gastos de tesistas, gastos para realización de calicatas, para la realización de la topografía y para realizar los ensayos de mecánica de suelos.

### 3.5.6. Fórmula Polinómica

S10 Página : 1

**Fórmula Polinómica**

Presupuesto **0901020** DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN LOS PUEBLOS JÓVENES SAN LORENZO Y SANTA ANA - DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - PROVINCIA DE CHICLAYO - REGIÓN LAMBAYEQUE

Subpresupuesto **001 PAVIMENTACIÓN**

Fecha Presupuesto **01/08/2017**

Moneda **NUEVOS SOLES**

Ubicación Geográfica **140105 LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ**

**K = 0.396\*(Cr / Co) + 0.143\*(Mr / Mo) + 0.128\*(Mr / Mo) + 0.140\*(Ar / Ao) + 0.131\*(Ir / Io) + 0.062\*(Mr / Mo)**

Monomio	Factor	(%)	Simbolo	Indice	Descripción
01	0.396	100.000	C	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
02	0.143	100.000	M	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
03	0.128	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
04	0.140	100.000	A	05	AGREGADO GRUESO
05	0.131	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
06	0.062	100.000	M	45	MADERA TERCIA DA PARA ENCOFRADO

S10 Página : 1

**Fórmula Polinómica**

Presupuesto **0901020** DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN LOS PUEBLOS JÓVENES SAN LORENZO Y SANTA ANA - DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - PROVINCIA DE CHICLAYO - REGIÓN LAMBAYEQUE

Subpresupuesto **002 DRENAJE PLUVIAL**

Fecha Presupuesto **01/08/2017**

Moneda **NUEVOS SOLES**

Ubicación Geográfica **140105 LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ**

**K = 0.245\*(Ar / Ao) + 0.211\*(Mr / Mo) + 0.139\*(Ir / Io) + 0.128\*(Cr / Co) + 0.088\*(Tr / To) + 0.068\*(Mr / Mo) + 0.065\*(Mr / Mo) + 0.056\*(Ar / Ao)**

Monomio	Factor	(%)	Simbolo	Indice	Descripción
01	0.245	100.000	A	02	ACERO DE CONSTRUCCION LISO
02	0.211	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
03	0.139	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
04	0.128	100.000	C	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
05	0.088	100.000	T	72	TUBERIA DE PVC PARA AGUA
06	0.068	100.000	M	43	MADERA NACIONAL PARA ENCOF. Y CARPINT.
07	0.065	100.000	M	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
08	0.056	100.000	A	05	AGREGADO GRUESO

**Figura 31:** Fórmula polinómica del proyecto de investigación.

### Interpretación:

En la figura 22 se observa la fórmula polinómica para el proyecto de pavimentación, conformada por 6 índices unificados y drenaje pluvial, conformada por 8 índices unificados.

### 3.5.7. Cronograma

El tiempo de ejecución del proyecto es de 300 días hábiles; esto significa que se trabajará de lunes a sábado excepto los feriados como navidad, año nuevo, semana santa, día del trabajador y fiestas patrias; el inicio de la obra es desde el 01 de Agosto del 2017 hasta el 10 de Julio del 2018. El cronograma a detalle se muestra en el expediente técnico, que se presenta en el Anexo "F".

### **3.5.8. Análisis de precios unitarios**

El análisis de precios unitarios muestra cada partida desarrollada con su rendimiento y el detalle de cada recurso. El precio unitario para el operario es S/.18.36, oficial de S/.15.39, peón de S/.13.84 y del capataz de S/.20.20, todas son horas hombre.

### **3.5.9. Estudios básicos**

#### **A. Estudio topográfico**

Los resultados del estudio topográfico se muestran en el ítem 3.1. y con más detalle en el anexo “F”.

#### **B. Estudio de mecánica de suelos**

Los resultados del estudio de mecánica de suelos se muestran en el Ítem 3.2.3 tabla 21 y con más detalle en el Anexo “B”.

#### **C. Estudio hidrológico**

Los resultados del estudio hidrológico se muestran en el Ítem 3.3.1 y con más detalle en el Anexo “C”.

#### **D. Estudio hidráulico**

Los resultados del estudio hidráulico se muestran en el Ítem 3.3.2 y con más detalle en el Anexo “C”.

#### **E. Estructura del pavimento**

Los resultados de la estructura del pavimento se muestran en el Ítem 3.4 y con más detalle en el Anexo “D”.

### **3.5.10. Planos**

El proyecto presenta 14 planos, los cuales son: plano de ubicación, plano topográfico, plano de ubicación de calicatas, plano general de pistas y veredas, detalle de veredas, detalle de martillos, orden y líneas de flujo, delimitación de sub cuencas, perfiles longitudinales y secciones transversales, plano general de drenaje, detalle de secciones de cunetas, detalle de sumideros, detalle de pozos colectores y planos adicionales de proyecto de cámara de bombeo; cada plano a detalle se presenta en el Anexo “F”.

**CAPITULO IV**  
**DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## **IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Levantamiento topográfico.**

El estudio topográfico realizado para el proyecto de investigación, fue en el mes de Agosto del presente año, el cual al comparar con el levantamiento topográfico realizado por la Municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz (catastro), se verificó que el plano catastral tiene las actualizaciones debidas, ya que se muestra que en la Calle 22 de Febrero y en la Avenida Mariano Cornejo existen viviendas que están invadiendo la vía pública.

Por otro lado, en el software Google Earth, también se puede visualizar dichas áreas invadidas. Las altitudes que presenta la zona de estudio están alrededor de 26 y 27 m.s.n.m., lo cual está muy próximo al estudio que se realizó por parte de los investigadores; se discutió con el software Google Earth debido a que no existe un plano catastral con elevaciones en esta zona.

### **4.2. Ensayo de mecánica de suelos**

#### **4.2.1. Ensayo de contenido de humedad**

Según la (NTP 339.127, 1998), las muestras que se almacenan antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroíbles; las muestras fueron obtenidas y almacenadas en bolsas herméticas y selladas adecuadamente como lo indica la Norma. Se puede afirmar que la toma de muestras del ensayo de contenido de humedad fueron las correctas.

Además, se indica que para partículas que pasen el 100% por la malla N° 4 la muestra mínima es de 100 gr y para las que pasen por la de 3/8" la muestra mínima a usar es de 500 gr. El proyecto tiene 18 estratos, de los cuales 12 presentan partículas que pasan el 100% por la malla de 3/8" y 6 que pasan el 100% por la malla N° 4; por lo tanto, el peso de inicio tomado en cada estrato es el correcto.

La Norma detalla que los resultados de dos ensayos realizados con el mismo equipo, no deberían diferir del 7.8 % de su media; se verificó que ninguno de los estratos varía o difieren de tal porcentaje.

#### **4.2.2. Ensayo de límites de Atterberg**

La (NTP 339.129, 1999), detalla en la tabla 1 de estimados de precisión, que el rango aceptable de dos ensayos realizados con un operador simple es: para el límite líquido 2.4 y para el límite plástico 2.6; comparando los resultados obtenidos en los ensayos se verifica que cumplen con los rangos indicados anteriormente.

En el (Manual de Carreteras, suelos, geología, 2013), se muestra una tabla en la que detalla la plasticidad y características del suelo según los resultados del índice de plasticidad; para  $IP < 7$  presenta plasticidad baja y son suelos arcillosos, coincidiendo con el resultado obtenido en la C-8-1; para  $IP$  entre 7 y 20 suelos de plasticidad baja y arcillosos, coincidiendo con el resultado de la calicata C-6-1 y para  $IP > 20$  suelos altamente plásticos arcillosos, coincidiendo con los 16 estratos restantes.

#### **4.2.3. Ensayo de contenido de sales**

La (NTP 339.152, 2002), indica que el contenido de sales solubles de un suelo se determina en un estrato preparado, usando una relación de suelo-agua de 1:5; por ende el procedimiento que se realizó es el correcto ya que la relación suelo-agua del proyecto coincide con lo indicado.

En el informe de mecánica de suelos “Mejoramiento y rehabilitación del sistema de agua potable y alcantarillado para A.H. Conde de la Vega-Cercado de Lima”, se visualiza una tabla indicando que para estratos que presenten un contenido de sales  $>15000$  p.p.m, el grado de alteración es perjudicial y podría ocasionar daños en la estructura; en el proyecto que se está desarrollando se encontraron 4 estratos (C7-1, C7-2, C8-1 y C9-1) que superan la cantidad mencionada, por lo tanto se tendría que hacer un mejoramiento del suelo en este tramo del proyecto.



#### **4.2.4. Ensayo de granulometría**

El (Manual de Carreteras, suelos, geología, 2013), indica que en un suelo el contenido de arcilla es un elemento riesgoso para la estructura del pavimento, ya que es sensible al agua; los ensayos del proyecto de investigación en su mayoría son arcillosos, por lo que pueden ser un peligro en el proyecto sino se toman medidas preventivas.

El profesor (Cruz, 2015), indica que para muestras que pasan el 50% y las que están entre 12%-50% no se realiza el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) ni el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ); todos los estratos ensayados están dentro de esos rangos por lo que no se realizó dichos coeficientes.

#### **4.2.5. Ensayo de proctor modificado**

Según el catedrático de ingeniería del terreno (Eduardo, n.d.), los suelos de alta plasticidad tienen un óptimo contenido de humedad que varía de 18%-24% y para arenas entre 8%-12%, dando como aceptado los ensayos realizados ya que están dentro de estos rangos.

#### **4.2.6. Ensayo de CBR**

(Bañón, 2014) detalla en la tabla 49 que para  $CBR > 3$  el suelo es tolerable y están dentro de ellas los ML, CL, OL, MH, CH, SM y SC; los resultados obtenidos en la presente investigación están dentro de este rango, por lo que el suelo es tolerable.

### **4.3. Estudio hidrológico e hidráulico**

#### **4.3.1. Estudio hidrológico**

El (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) en la Norma OS.060 informa, que los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deben ser calculados por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a  $1 \text{ Km}^2$  y que el periodo de retorno deberá considerarse para 25 años; el análisis realizado para el proyecto cumple con las condiciones detalladas anteriormente.

#### **4.3.2. Estudio hidráulico**

En el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), se indica que la elección del tipo de sumidero dependerá de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación del lugar en estudio, la investigación presenta un drenaje por gravedad utilizando cunetas debajo de las veredas y estas a su vez serán evacuadas a 7 calles colectoras, las cuales evacuarán las aguas mediante tuberías hacía pozos colectores y finalmente a una cámara de bombeo de aguas residuales del Pueblo Joven Santa Ana.

#### **4.4. Diseño geométrico y estructural de pistas y veredas.**

Según el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), detalla que en el diseño de pistas y vereda se deberá prever pendiente longitudinales  $>$  al 0.5% y pendientes transversales entre 2% a 4%, a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada, el resultados de la investigación cumple con los rangos detallados anteriormente.

Los suelos arcillosos son expansivos y perjudiciales para la estructura del pavimento, por lo que se requiere realizar un mejoramiento de suelo; la tesis presenta suelos arcillosos y por ende en el diseño estructural se tuvo en cuenta un mejoramiento de suelo de acuerdo a lo indicado.

#### **4.5. Estudio técnico de ingeniería definitivo**

La (OSCE, 2013), detalla que el expediente técnico debe contener memoria descriptiva, especificaciones técnicas, metrados, presupuesto de obra, fórmula polinómica, análisis de precios unitarios, cronograma, planos, y si el caso lo requiere estudio de impacto ambiental y estudios básicos; el desarrollo del expediente técnico del proyecto cumple con lo indicado.

Además indica que en la memoria descriptiva se tiene que detallar de forma precisa los objetivos a alcanzar con el desarrollo de la obra o trabajos planteados, los estudios básicos de ejecutan de acuerdo a la naturaleza de la obra; en las especificaciones técnicas se describen los trabajos, métodos de construcción, calidad de los materiales, sistemas de control de calidad, procedimientos constructivos y métodos de medición y de pago requeridos en la ejecución de la obra, los metrados constituyen la expresión cuantificada por

partidas de los trabajos de construcción que se ha programado ejecutar en un plazo determinado, expresadas en la unidad de medida que ha sido establecidas y que son necesarios para determinar el presupuesto de obra, por cuanto representa el volumen de trabajo de cada partida, la fórmula polinómica se elabora a partir del presupuesto que constituye el valor referencial, en el análisis de precios unitarios no se incluirá el impuesto general a las ventas de los insumos y en los planos se hace una representación gráfica de las dimensiones y distribuciones de los componentes que integran el proyecto; el desarrollo que se realizó para elaborar el expediente técnico, cumple con lo indicado en la OSCE.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

**A.** La superficie que presenta el lugar donde se realizó el proyecto de investigación es plano o llano, con cambios ligeros de pendientes siendo la cota mínima de 26.25 m.s.n.m y una cota máxima de 27.54 m.s.n.m. La cota de la Av. Chiclayo se encuentra por debajo de las cotas de las calles colectoras, por tal motivo se está diseñando pozos colectoras, y luego evacuar las aguas a una cámara de bombeo existente.

**B.** El tipo de suelo que presenta la zona proyectada según los ensayos realizados y clasificados por el método SUCS, son suelos arcillosos inorgánicos (CH) altamente plásticos, con excepción de la calicata 8 que se encontró arenas limosas-arcillosas de baja plasticidad y la calicata 6 que se encontró un suelo arcilloso orgánico de baja plasticidad. Las características que presenta el suelo es perjudicial para la estructura del pavimento, ya que presentan comportamiento mecánico malo a aceptable y una capacidad de drenaje casi impermeable.

**C.** El estudio hidrológico como se demostró en el proyecto de investigación, está dado por el análisis de consistencia, pruebas de bondad de ajuste y el cálculo estadístico, lo que nos lleva a concluir que el caudal de diseño que se evacuará es de  $0.999 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Realizado el estudio hidráulico se concluyó que la evacuación de las aguas pluviales será mediante el sistema de gravedad, para la cual se planteó el diseño de evacuación con cunetas debajo de las veredas, y las 7 calles colectoras una evacuación mediante tuberías; al final de cada tramo se planteó pozos colectoras (Progreso, 22 de Febrero, Jorge Chávez, Las Mercedes, Santa Catalina, San Martín y Av. Cornejo); las calles mencionadas evacuarán finalmente las aguas pluviales hacia una cámara de bombeo de aguas residuales del pueblo joven Santa Ana.

**D.** El diseño geométrico y estructural del pavimento está dado por un ancho de calzada variable por calle, sardineles de 0.15 m, veredas 1.20 m. y jardineras de 1.20 m, los martillos se diseñaron con las longitudes de las jardineras y veredas.

La estructura del pavimento está diseñada en base a un estudio de tráfico y al tipo de suelo presente en la zona, presentando un mejoramiento de la subrasante con over de 40.00 cm, una capa anticontaminante de arenilla de 5.00 cm, una capa de sub-base granular de 20.00 cm, y carpeta de concreto hidráulico de 20.00 cm.

**E.** El presupuesto total de la obra es de S/.16'536,668.03, el cual incluye el monto para la realización del expediente técnico y el monto para la ejecución de la obra. Los planos que presenta la tesis son: plano de ubicación, plano topográfico, plano de ubicación de calicatas, plano general de pistas y veredas, detalle de veredas, detalle de martillos, orden y líneas de flujo, delimitación de sub cuencas, perfiles longitudinales y secciones transversales, plano general de drenaje, detalle de secciones de cunetas, detalle de sumideros, detalle de pozos colectores y planos adicionales de proyecto de cámara de bombeo.

Los impactos ambientales que generarían las actividades del proyecto resultan de menor significancia.

## **5.2. Recomendaciones**

**A.** Hacer el reconocimiento del terreno unos días antes del levantamiento topográfico, para ver qué problemas se presentan en la zona, por ejemplo, determinar la ubicación de todos los buzones y límites de las calles donde se realizará el levantamiento.

Contar con seguridad constante durante todas las horas en que se realizará el levantamiento topográfico.

En las calles con mayor tránsito realizar el levamiento en horas estratégicas donde el flujo vehicular sea el menor posible y contar con conos de seguridad.

**B.** Para la realización de las perforaciones de calicatas, indagar o investigar la ubicación de las tuberías tanto de agua como desagüe, y así evitar complicaciones producidas por alguna ruptura de tubería; además ubicarlas en zonas donde no afecte el desplazamiento de los habitantes (intersecciones, parques, entre otros).

Durante la toma de muestra, colocarlas en bolsas impermeables con la finalidad de mantener la humedad encontrada en campo y evitar alteraciones en el ensayo de contenido de humedad. Se debe verificar la temperatura del horno y la cantidad de horas que debe estar en éste; a la vez utilizar una balanza de gramos que tenga una precisión mínima de 2 decimales.

Si el suelo es arcillosos altamente plástico y presenta napa freática, se recomienda realizar un diseño de mejoramiento de suelo para evitar inconvenientes durante la construcción de la obra y daños en la estructura después de ésta.

**C.** Trabajar con la estación pluviométrica más cercana a la zona de estudio, a la vez dicha estación debe contar con las precipitaciones de todos los años; si no presenta todos los datos, buscar otra estación cercana y completar los datos faltantes.

No pasar por alto el análisis de consistencia y las pruebas de bondad y ajuste para el cálculo de las precipitaciones de diseño.

**D.** Se recomienda realizar un estudio de tráfico adecuado, al menos durante una semana para conocer los tipos de vehículos que circulan por la zona del proyecto y así realizar un adecuado diseño geométrico y estructural del pavimento.

**E.** Al realizar el expediente técnico verificar que las especificaciones técnicas tengan las mismas partidas que el presupuesto de la obra; especificar si se realizará algún mejoramiento de suelo, las dimensiones de cada componente del pavimento y el procedimiento que se llevará a cabo, así como los ensayos que se realizarán durante la construcción de la obra.

Realizar el estudio de impacto ambiental para verificar si la obra presentará impactos negativos significativos y al momento de ejecutar el proyecto cumplir con las medidas de mitigación necesarias.

## 6. REFERENCIAS

- Abellán, A. (2013). *Sistema de drenaje urbano sostenible: aplicación a un tramo de la diagonal de Barcelona*. Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/40238>
- Ávila, H. (2012). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 54–59. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i36.135>
- Bañón, L. (2014). Clasificación de Suelos. Lima-Perú. Retrieved from [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_carreteras/02010103.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_carreteras/02010103.pdf)
- Becerra, A., & Ugaz, J. (2015). *Estudio de pavimentación de los pueblos jóvenes del Sur, del Distrito de la Victoria, Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Cabrera, O. (2014). Propuestas ante la cruda realidad de José Leonardo Ortiz. *Correo*. Retrieved from <http://diariocorreo.pe/ciudad/propuestas-ante-la-cruda-realidad-de-jose-le-2981/>
- Coronado, R. (2017). Chiclayo y José Leonardo Ortiz fueron los más afectados por lluvias. *RPP Noticias*. Retrieved from <http://rpp.pe/peru/lambayeque/chiclayo-y-jose-leonardo-ortiz-fueron-los-mas-afectados-por-lluvias-noticia-1028157>
- Crónica, D. (2017). Calles sin asfaltar, inundaciones y derrames cloacales, los principales problemas de Amaya. *Crónica*. Retrieved from <http://www.diariocronica.com.ar/86982-calles-sin-asfaltar-inundaciones-y-derrames-cloacales-los-principales-problemas-del-amaya.html>
- Cruz, L. (2015). Clasificación de suelos. In *Clasificación de suelos*. Colombia. Retrieved from [file:///C:/Users/PC02/Downloads/Mecanica de Suelos I ESLAGE \(28\\_29\\_30\) \(1\).pdf](file:///C:/Users/PC02/Downloads/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAGE%20(28_29_30)%20(1).pdf)
- Eduardo, A. (n.d.). *Suelos compactados en la teoría y en la práctica*. Barcelona. Retrieved from <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573409891/SuelosCompTeoPrat.pdf>
- Espinosa, G., Mareike, P., Otterpohl, R., Paredes, J., Zambrano, R., & González, L. (2015). Evaluación de las infiltraciones al sistema de drenaje mediante análisis comparativo de las concentraciones de contaminación en agua residual, caso de estudio en Tepic, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(1), 89–98. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992015000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Fernández, B. (2012). Piura necesita una red de drenaje de aguas negras. *Udep*. Retrieved from <http://udep.edu.pe/hoy/2012/experto-chileno-piura-necesita-red-drenaje-aguas-negras/>
- García, J. (2015). *Diseño de pavimentación en la habilitación urbana las dunas de Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Gestión en Recursos Naturales. (2015). No Title. *GRN*. Retrieved from <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>



- Instituto Navarro. (2012). *Manual de Seguridad en la Obra Civil* (Vol. 771).
- Lafarge Tarmac. (2015). Topmix Permeable. Retrieved from <http://www.tarmac.com/solutions/readymix/topmix-permeable/>
- Ley N°27446. (2011). *Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. (Ministerio del Ambiente, Ed.). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>
- López, O. (2016). *Diseño y simulación de una red de drenaje pluvial para la zona Centro-Este de la Ciudad de Trinidad*. Universidad Centras “Marta Abreu” de las Villas.
- Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima-Perú. Retrieved from [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Manual sobre riesgos. (2015). MANUAL SOBRE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN, DAÑOS A LA OBRA Y PÉRDIDA DE BENEFICIOS ANTICIPADA ( ALOP ). Retrieved from [https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Manual-Riesgos-Construccion-ALOP\\_tcm636-81085.pdf](https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Manual-Riesgos-Construccion-ALOP_tcm636-81085.pdf)
- Norma CE.010. (2010). Pavimentos Urbanos. In *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú.
- Norma E.050. (2006). Suelos y Cimentaciones. In *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú. <https://doi.org/D.S 003-2008-MINAM>
- Norma OS.060. (2006). Drenaje Pluvial Urbano. In *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pp. 54–77). Perú.
- Normativa. (2013). *Normatividad de la Red de Drenaje Pluvial*.
- NTP 339.127. (1998). *Norma Técnica Peruana*. Lima-Perú. Retrieved from <file:///C:/Users/PC02/Desktop/CONTENIDO DE HUMEDAD.pdf>
- NTP 339.129. (1999). *Norma Técnica Peruana*. Lima-Perú. Retrieved from <file:///C:/Users/PC02/Desktop/pdf tesis ensayos NTP/Limites de Atterberg/limites de atterberg.pdf>
- NTP 339.152. (2002). *Norma Técnica Peruana*. Lima-Perú. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/232432852/NTP339-152-2002-Sales-Solubles-en-Suelos-y-Agua-Subterranea>
- OSCE. (2013). El expediente técnico de obra. In *Subdirección de Desarrollo de capacidades de la Dirección Técnico Normativa*. Retrieved from [http://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Capacitacion/Virtual/curso\\_contratacion\\_obras/ppt\\_cap3\\_obras.pdf](http://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Capacitacion/Virtual/curso_contratacion_obras/ppt_cap3_obras.pdf)
- Platero, G. (2017). *Análisis y diseño de pistas y veredas de los Jirones San Batolomé y Túpac Yupanqui del Barrio Manto central del Distrito y Provincia de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, J., & Rojas, E. (2015). *Diseño del sistema de drenaje pluvial en la Comunidad 3 de Mayo de Pucarumi del Distrito de Ascensión-Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/268>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú. Retrieved from <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>

- Rojas, P., & Humpiri, V. (2016). *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del Software SWMM*. Universidad Nacional del Altiplano.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2007.10.0022IPBS>
- Turpo, J. (2013). Priorizará drenaje pluvial y torrenteras para evitar inundaciones. *La República*. Retrieved from <http://larepublica.pe/20-02-2013/reconstruccion-priorizara-drenaje-pluvial-y-torrenteras-para-evitar-inundaciones>
- Valdivia, P. (2017). El drenaje pluvial: Veredas sobre ansiado proyecto. *Expresión*. Retrieved from <http://www.semanarioexpresion.com/Presentacion/noticia2.php?noticia=967&categoria=Columnas&edicionbuscada=1005>
- Vidal, M. (2017). Mal uso de los drenajes pluviales ocasiona problemas en la ciudad. *La Patria*. Retrieved from <http://www.lapatriaenlinea.com/?t=mal-uso-de-los-drenajes-pluviales-ocasiona-problemas-en-la-ciudad&nota=283972>
- Yañez, E. (2014). *Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y JR. Santa Rosa*. Universidad Privada del Norte.
- Villón Bejar , M. (2005). *Hidrología Estadística*. Lima-Perú: Editorial Villon.